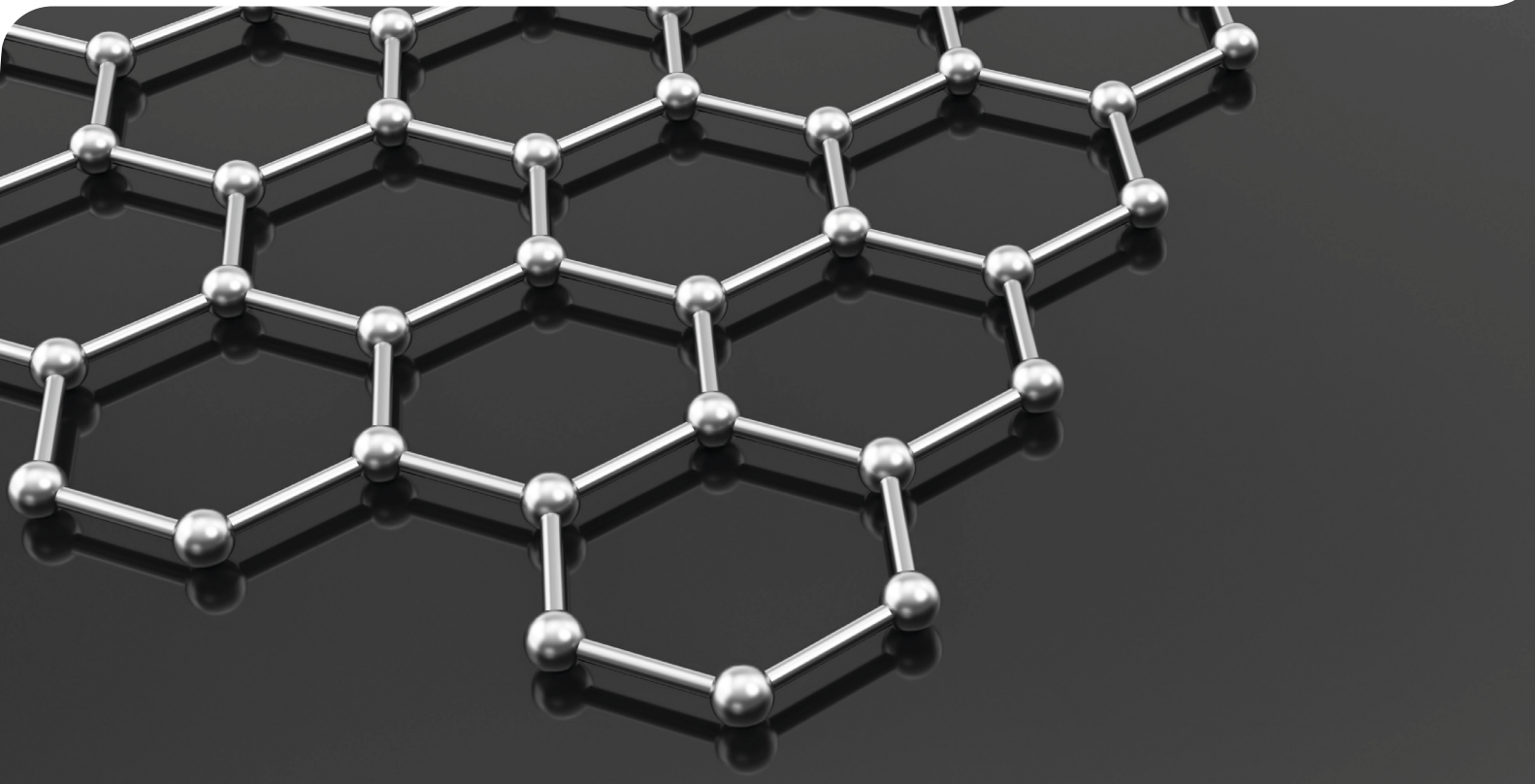
VIII Krajowa Konferencja Nanotechnologii

VIII Krajowa Konferencja Nanotechnologii

Łódź 20–23 VI 2017



Książka abstraktów

Organizatorzy:
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Wydział Chemii

UNIWERSYTET ŁÓDZKI

nano2017.uni.lodz.pl

VIII KRAJOWA KONFERENCJA NANOTECHNOLOGII

20–23 czerwca 2017, Łódź

KOMITET ORGANIZACYJNY

Uniwersytet Łódzki

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

prof. dr hab. Zbigniew Klusek
dr Adam Busiakiewicz
mgr Justyna Czerwińska
dr Paweł Dąbrowski
dr hab. Paweł Kowalczyk
dr Witold Kozłowski
mgr inż. Michał Piskorski
dr Maciej Rogala
dr hab. Karol Szałowski, prof. nadzw
prof. dr hab. Ilona Zasada

Wydział Chemii

dr hab. Jarosław Grobelny, prof. nadzw.
dr hab. Grzegorz Celichowski, prof. nadzw.
dr hab. Michał Cichomski, prof. nadzw.
dr Aneta Kisielewska
dr hab. Ireneusz Piwoński, prof. nadzw.
dr Maciej Psarski
mgr Marta Sieradzka
dr Katarzyna Soliwoda
dr Emilia Tomaszewska

KOMITET NAUKOWY

Prof. Zbigniew Adamczyk
Prof. Józef Barnaś
Prof. Andrzej Burian
Prof. Ryszard Czajka
Prof. Danek Elbaum
Prof. Jarosław Grobelny
Prof. Andrzej Huczko
Prof. Bogdan Idzikowski
Prof. Mieczysław Jałochowski
Prof. Stefan Jurga
Prof. Ryszard Kaleńczuk
Prof. Zbigniew Klusek
Prof. Jacek Kossut
Prof. Sebastian Maćkowski
Prof. Leszek Markowski
Prof. Jan Misiewicz
Prof. Włodzimierz Mozgawa
Prof. Urszula Narkiewicz
Prof. Regina Paszkiewicz
Prof. Marek Przybylski
Prof. Wojciech Sadowski
Prof. Grzegorz Schroeder
Prof. Feliks Stobiecki
Prof. Tomasz Stobiecki
Prof. Eugeniusz Szeregij
Prof. Jan Szmidt
Prof. Marek Szymoński
Prof. Marek Tłaczała
Prof. Wojciech Wąsowicz
Prof. Tomasz Wojtowicz

www.nano2017.uni.lodz.pl

PATRONAT HONOROWY

Jego Magnificencja Rektor UŁ
Prof. zw. dr hab. Antoni Różalski

MARSZAŁEK
WOJEWÓDZTWA ŁÓDZKIEGO
Witold Stępień

PREZYDENT MIASTA ŁODZI
HANNA ZDANOWSKA

PATRONAT

UNIWERSYTET ŁÓDZKI

Polskie Towarzystwo Próżniowe

Laboratoria.net
Innowacje Nauka Technologie

WYKŁADY PLENARNE

NANOFIZYKA JAKO ŁĄCZNIK POMIĘDZY FIZYKĄ KWANTOWĄ MAŁYCH/NISKOWYMIAROWYCH UKŁADÓW A NANOTECHNOLOGIĄ? _____ 21
JÓZEJ SPAŁEK

CZY TLENKI METALI PRZEJŚCIOWYCH MOGĄ ZREWOLUCJONIZOWAĆ NANO-ELEKTRONIKĘ? _____ 22
KRZYSZTOF SZOT

NANOTECHNOLOGIA W MEDYCYNIE: PERSPEKTYWY I ZAGROŻENIA _____ 24
MARTA BŁAŻEWICZ

NIELINIOWA ABSORPCJA W NANOMATERIAŁACH _____ 25
MAREK SAMOĆ, K. Matczyszyn, M. Nyk, J. Olesiak-Bańska, D. Wawrzyńczyk, L. M. Mazur, J. Szeremeta, M. Klekotko, K. Brach, M. Waszkielewicz, J. K. Zaręba, A. Justyniarski, M. Deiana, R. Deska, J. Sobska

WYKŁADY SEKCYJNE

SEKCJA NNN – NANOELEKTRONIKA, NANOFOTONIKA I UKŁADY NISKOWYMIAROWE

GRANICE NANOTECHNOLOGII: OD NANOMETRA DO FEMTOSEKUNDY _____ 29
M. Przybylski

INORGANIC NANOCRYSTALS FOR APPLICATIONS IN PHOTONICS AND BIOPHOTONICS _____ 30
A. Podhorodecki, M. Banski, A. Noculak, A. Lesiak, M. Chrzanowski, H. Woznica, B. Sojka, L. W. Golacki, B. Krajnik

NIEJEDNORODNE STUDNIE KWANTOWE GAINNAS – REDUKCJA KWANTOWEGO EFEKTU STARKA ___ 31
D. Pucicki, K. Bielak, M. Tłaczała

TRANSPORT CIEPLA I DZWIEKU W DWUWYMIAROWYCH KRYSZTALACH FONONICZNYCH _____ 32
B. Graczykowski, A. El Sachat, J. S. Reparaz, M. Sledzinska, M. R. Wagner, E. Chavez-Angel, S. Volz, Y. Wu, F. Alzina, C. M. Sotomayor Torres

OPTYCZNE WŁASNOŚCI HETEROZŁĄCZY OBJĘTOŚCIOWYCH NA BAZIE TiO_2 I MoS_2 _____ 33
Ł. Jarosiński, K. Kollbek, K. Przeszło, M. Przybylski

PRZEWODNICTWO I FALE ŁADUNKOWE W UKŁADACH NISKOWYMIAROWYCH _____ 34
T. Kwapiński, M. Jałochowski

MODYFIKACJE WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRONOWYCH UKŁADÓW GRAFENOWYCH _____ 35
P. Dąbrowski, M. Rogala, I. Lutsyk, W. Kozłowski, A. Busiakiewicz, P. Kowalczyk, Z. Klusek

DOSTRAJANIE WŁAŚCIWOŚCI ELEKTROCHEMICZNYCH GRAFENU POPRZEZ ODKSZTAŁCANIE SIECI ___ 36
P. Szroeder, I. Sagalianov, T. Radchenko

PRZEKAZ ENERGII Z BIAŁKA FOTOSYNTETYCZNEGO DO GRAFENU _____ 37
K. Sulowska, K. Wiwatowski, J. David, J. Olmos, P. Szustakiewicz, W. Lewandowski, J. Niedziółka-Jönsson, J. Kargul, S. Maćkowski

DWUPRÓBNIKOWE POMIARY STM W SKALI ATOMOWEJ _____ 38
M. Kolmer

HYBRYDOWE STRUKTURY DWUWYMIAROWE BIZMUTU I ANTYMONU _____ 39
P. J. Kowalczyk, W. Kozłowski, M. Rogala, P. Dąbrowski, A. Busiakiewicz, Z. Klusek, T. Maerkl, M. Le Ster, I. V. Mahajan, H. Pire, Z. Ahmed, S. A. Brown, G. Bian, X. Wang, T. -C. Chiang

WZROST ZŁOTA O STRUKTURZE HEKSAGONALNEJ (Au hcp) W PROCESIE SAMOORGANIZACJI INDUKOWANEJ TEMPERATUROWO NA POWIERZCHNI Ge(001) _____ 40
B. R. Jany, N. Gauquelin, T. Willhammar, M. Nikiel, K. H. W. van den Bos, A. Janas, K. Szajna, J. Verbeeck, S. Van Aert, G. Van Tendeloo, F. Krok

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE STOPU POWIERZCHNIOWEGO Ba-Ga WYTWORZONEGO NA POWIERZCHNI Ge(001) _____ 41
W. Koczorowski, T. Grzela, M. W. Radny, R. Czajka

SYNTEZA ANIZOTROPOWYCH NANOSTRUKTUR METALICZNYCH NA POWIERZCHNIACH KRYSZTAŁÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH TYPU AIIIBV 42
A. Janas, B. R. Jany, K. Szajna, O. Kryshtal, G. Cempura, A. Kruk, A. Czyrska-Filemonowicz, F. Krok

MOLEKULARNE PRZEŁĄCZNIKI, SAMO-ORGANIZACJA I MOLEKULARNE NANODRUTY DLA ELEKTRONIKI I SPINTRONIKI 43
M. Bazarnik, A. Wykrota, E. Sierda, W. KoczorowskI, J. Nowakowski, R. Czajka

OBRAZOWANIE I MODELOWANIE UKŁADÓW MOLEKULARNYCH W STM I AFM 44
W. Kamiński

POJEDYNCZE MOLEKUŁY I NIEWYSYCONE WIĄZANIA NA POWIERZCHNI UWODORNIONEGO PÓŁPRZEWODNIKA 45
S. Godlewski, M. Kolmer, M. Engelund, H. Kawai, R. Zuzak, A. Garcia-Lekue, A. Echavaren, D. Pena, D. Perez, E. Guitian, G. Dridi, C. Joachim, D. Sanchez-Portal, M. Saeys, M. Szymoński

METODYKA OPRACOWYWANIA TECHNOLOGII WYTWARZANIA STRUKTURY DIODY ULTRAFIOLETOWEJ UV-LED 46
S. Złotnik, J. Sitek, K. Rosiński, P. Caban, M. Rudziński

PRZEZROCZYSTE SUPERKONDENSATORY OPARTE NA NANOSTRUKTURALNYCH ELEKTRODACH ZnO/MnO_2 47
M. A. Borysiewicz, M. Ekielski, M. Wzorek, Z. Ogorzałek, J. Kaczmarski, T. Wojciechowski, E. Kamińska

POLIMEROWE OGNIWA SŁONECZNE – FIZYKA ZAANGAŻOWANA W POPRAWĘ ICH WYDAJNOŚCI 48
M. Kamińska, S. Grankowska-Ciechanowicz, A. Wincukiewicz, K. Korona, A. Wołoś, A. Drabińska, J. Wojtkiewicz, A. Iwan

FOTOGENERACJA NOŚNIKÓW ŁADUNKU W FULERENIE MODYFIKOWANYM ESTREM KWASU MASŁOWEGO 49
J. Jung, A. Stefaniuk-Grams, J. Ulański

ULTRA-CIENKIE TRANZYSTORY POLOWE NA BAZIE PÓŁPRZEWODNIKÓW ORGANICZNYCH 50
W. Pisula

PRZEWODNICTWO ELEKTRYCZNE W SKALI NANO - OD MEMRYSTORÓW DO ELASTYCZNEJ ELEKTRONIKI 51
M. Rogala, P. Dąbrowski, P. J. Kowalczyk, I. Własny, W. Kozłowski, A. Busiakiewicz, I. Karaduman, L. Lipińska, W. Strupiński, J. M. Baranowski, K. Szot, Z. Klusek

NOWE HYBRYDOWE ORGANICZNO-NIEORGANICZNE NANOKOMPOZYTY DO ZASTOSOWAŃ W FOTODIODACH 52
B. Łuszczyńska, T. Kłąb, P. Bujak, J. Jung, J. Ulański, A. Proń, J. Pfleger

MIKROFALOWE NANOURZĄDZENIA ELEKTRONIKI SPINOWEJ 53
W. Skowroński

SPINOWY EFEKT HALLA W NANOUKŁADACH ELEKTRONIKI SPINOWEJ 54
M. Cecot, W. Skowroński, Ł. Karwacki, J. Kanak, J. Wrona, A. Żywczak, R. Francica, L. Yao, S. van Dijken, J. Barnaś, T. Stobiecki

UKŁAD DO KĄTOWO-ZALEŻNYCH POMIARÓW MAGNETYCZNYCH NANOELEMENTÓW ELEKTRONIKI SPINOWEJ 55
P. Rzeszut, W. Skowroński, S. Ziętek, T. Stobiecki, J. Budzioch

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA NISKOSTRATNYCH DIELEKTYKÓW CERAMICZNYCH OTRZYMANYCH W REAKCJI NANOWARSTW TYTANIANOWYCH Z JONAMI BARU 56
A. Wypych-Puszkarz, I. Bobowska, A. Wrzesińska, A. Opasińska, W. Maniukiewicz, J. Ulański

ODWRACALNE WYTRĄCANIE NANOCZĄSTEK METALI NA POWIERZCHNI TiO2(001): EFEKT PAMIĘCI, WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRONOWE MAGNETYZM I FOTOKATALIZA 57
A. Busiakiewicz

SEKCJA BNB – BIOTECHNOLOGIA, NANOMEDYCYNA I BEZPIECZEŃSTWO W DZIEDZINIE NANOMATERIAŁÓW

MIKROSKOPIA I SPEKTROSKOPIA SIŁ ATOMOWYCH W DIAGNOSTYCE CHORÓB CYWILIZACYJNYCH _61
M. Szymoński

WŁASNOŚCI MECHANICZNE POJEDYNCZYCH KOMÓREK JAKO NARZĘDZIE NANOMEDYCYNY _____62
M. Lekka, J. Zemła, J. Pabijan

NANOMECHANIKA ŚRÓDBŁONKA W CUKRZYCY: OBRAZ NA PODSTAWIE POMIARÓW EX VIVO W MYSIM MODELU CUKRZYCY II-GO STOPNIA _____63
M. Targosz-Korecka, M. Jaglarz, K. Małek, A. Gregorius, B. Sitek, Z. Rajfur, B. Jany, F. Krok, S. Chłopicki, M. Szymoński

OCENA WPŁYWU NANOCZĄSTEK NA MORFOLOGIĘ ORAZ WŁAŚCIWOŚCI SPRĘŻYSTE KOMÓREK ŚRÓDBŁONKA ZA POMOCĄ MIKROSKOPII I SPEKTROSKOPII SIŁ ATOMOWYCH _____64
A. Kołodziejczyk, A. Jakubowska, M. Kucińska, S. Kotarba, M. Siatkowska, P. Sokołowska, P. Komorowski, K. Makowski, B. Walkowiak

OCENA EFEKTÓW TOKSYCZNYCH IN VITRO NANOCZĄSTEK SREBRA W KOMBINACJI Z WYBRANYMI SKŁADNIKAMI KOSMETYKÓW _____65
M. Stępnik, J. Roszak, K. Domeradzka-Gajda, M. Nocuń, B. Janasik, C. D. Quarles Jr., W. Wąsowicz, J. Grobelny, E. Tomaszewska, G. Celichowski, K. Ranoszek-Soliwoda, S. Spryszyńska, A. Kozajda, M. Cieślak, D. Puchowicz, J. J. Gonzalez, R. E. Russo

CYTOTOKSYCZNOŚĆ NANOCZĄSTEK SREBRA O ZRÓŻNICOWANYCH WŁAŚCIWOŚCIACH POWIERZCHNIOWYCH ORAZ KONTROLOWANYM PROFILU UWALNIANIA JONÓW SREBRA _____66
M. Oćwieja, A. Barbasz, M. Roman

BIAŁKA IMMOBILIZOWANE NA NANOCZĄSTKACH – OKREŚLENIE STOPNIA OBSADZENIA Z WYKORZYSTANIEM ELEKTROFOREZY ŻELOWEJ _____67
K. Ranoszek-Soliwoda, E. Czechowska, E. Tomaszewska, G. Celichowski, J. Szemraj, J. Grobelny

NANOCZĄSTKI ZrO_2:PR JAKO KONTRAST LUMINESCENCYJNY DO ZASTOSOWAŃ W BIOLOGII I MEDYCYNIE _____68
J. Kaszewski, M. M. Godlewski, P. Kiełbik, J. Nojszewski, B. Witkowski, Z. Gajewski, M. Godlewski

DENDRYMERY W BADANIACH BIOLOGICZNYCH – WYNIKI I PERSPEKTYWY _____69
B. Klajnert-Maculewicz

MAGNETYCZNE NANOCZĄSTEK POKRYTE POLIDOPAMINĄ JAKO NOŚNIKI LEKÓW I ZWIĄZKI KONTRASTUJĄCE W MRI _____70
R. Mrówczyński, A. Woźniak, J. Wojnarowicz, E. Coy, K. Załęski, R. Markiewicz, K. Szutkowski, S. Jurga

KONIUGATY EKSTRAKTÓW ROŚLINNYCH Z NANOCZĄSTKAMI SREBRA DO ZASTOSOWAŃ DERMALNYCH _____71
E. Tomaszewska, K. Ranoszek-Soliwoda, G. Celichowski, K. Małek, E. Czechowska, P. Orłowski, M. Krzyżowska, J. Grobelny

UWALNIANIE LEKÓW Z POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH _____72
E. Gronczewska, W. Worobiec, A. Defort, A. Jurkowski, J. J. Kozioł

NANO-SCALE SURFACE MODIFICATION OF MEDICAL DEVICES _____73
T. Ciach, B. Butruk, A. Kuźmińska, P. Trzaskowska, A. Poniatowska

WPŁYW NANOSTRUKTUR GRAFENOWYCH I KRZEMIONKOWYCH NA KOMÓRKI NOWOTWOROWE _____74
E. Mijowska, M. Perużyńska, K. Cendrowski, M. Barylak, S. Szeląg, K. Trzeciak, D. Rogińska, K. Piotrowska, M. Kurzawski, M. Droździk

GRAFEN PŁATKOWY DLA MEDYCYNY _____75
L. Lipińska, J. Jagiełło, M. Kurcz, K. Kurp, M. Woluntarski, M. Sekuła, E. Karnas, S. Noga, E. Zuba-Surma

WPŁYW MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH NA WZROST I ADHEZJĘ WYBRANYCH TYPÓW KOMÓREK LUDZKICH 76
A. Warowicka, B. M. Maciejewska, J. Litowczenko, M. Kościński, S. Jurga

DWUWYMIAROWA (2D) RAMANOWSKA ANALIZA KORELACYJNA W OCENIE BIOZGODNOŚCI NANOKOMPOZYTÓW WĘGLOWYCH 77
A. Wesełucha-Birczyńska, E. Stodolak-Zych, W. Piś, E. Długoń, M. Błażewicz

MODYFIKACJA POWIERZCHNI NANOSREBRA W CELU KSZTAŁTOWANIA JEGO WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNYCH 78
E. Mackiewicza, P. Giesz, M. Cieślak, E. Tomaszewska, M. Górecka, J. Grobelny, G. Celichowski

NOWY KONCEPT IDENTYFIKACJI I GRUPOWANIA NANOMATERIAŁÓW 79
B. Walkowiaka, P. Komorowskia, M. Walkowiak-Przybyło

NANOKOMPOZYTY GQDs@MSNs JAKO EFEKTYWNE ZNACZNIKI FLUORESCENCYJNE DO BIOOBRAZOWANIA ORAZ SYSTEMY DOSTARCZANIA LEKÓW 80
D. Flak, Ł. Przysiecka, G. Nowaczyk, M. Kościński, S. Jurga

KOMPLEKSY TANIN NANOCZĄSTEK SREBRA JAKO CZYNNINI STYMULUJĄCE PROCES GOJENIA RAN SKÓRY 81
G. Celichowski, P. Orłowski, E. Tomaszewska, M. Krzyżowska, K. Ranoszek-Soliwoda, E. Mackiewicz, J. Grobelny

OTRZYMYWANIE MLECZANU METYLU Z WYKORZYSTANIEM MEZOPOROWATYCH, HIERARCHICZNYCH ZEOLITÓW 82
A. Feliczak-Guzik, M. Sprynskyy, I. Nowak, B. Buszewski

BADANIE AKTYWNOŚCI KATALAZY ZAADSORBOWANEJ NA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK ZŁOTA 83
E. Czechowska, K. Ranoszek-Soliwoda, E. Tomaszewska, G. Celichowski, J. Szemraj, J. Grobelny

ZASTOSOWANIE ELEKTRONOWEJ KRIOMIKROSKOPII TRANSMISYJNEJ DO WYZNACZANIA STRUKTURY 3D BIOMOLEKUŁ I WIRUSÓW Z ROZDZIELCZOŚCIĄ SUBNANOMETRYCZNĄ 84
B. Lich, G. Sharma, S. Arabasz

SEKCJA WCN – WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA NANOMATERIAŁÓW

WZROST GRAFENU NA PODŁOŻACH METALICZNYCH I GERMANIE 87
I. Pasternak

WYTWARZANIE, MODYFIKACJA I ZASTOSOWANIE WIELOWARSTWOWYCH DWUWYMIAROWYCH STRUKTUR MXenes W SENSORACH GAZOWYCH 88
B. Scheibe, K. Dunst, M. Jarek, B. Peplińska, P. Jasiński

UKŁADY SAMOORGANIZUJĄCE SIĘ I ICH WYKORZYSTANIE W NANOTECHNOLOGII 89
S. Jurga

STRUKTURA I STABILNOŚĆ MONOWARSTWY SAM NA BAZIE WIĄZANIA C-Au 90
T. Żaba, A. Noworolska, J. Ossowski, A. Krzykawska, C. M. Bowers, G. M. Whitesides, P. Cyganik

BADANIA EMISJI ŚWIATŁA W SKALI MOLEKULARNEJ POCHODZĄCEGO Z ZAADSORBOWANYCH NA POWIERZCHNI MOLEKUŁ HELICENY WZBUDZANYCH ZA POMOCĄ IGŁY STM-u 91
P. Krukowski, S. Chaunchaiyakul, N. Yajima, Y. Ito, M. Akai-Kasaya, A. Saito, H. Osuga, Y. Kuwahara

ZASTOSOWANIE EC-STM DO BADAŃ UKŁADÓW FAZOWYCH CIECZ-CIAŁO STAŁE 92
B. Madry, K. Wandelt, M. Nowickia

MECHANIZM OTRZYMYWANIA MIKROCZĄSTEK TLENKÓW MIEDZI NA DRODZE ELEKTROCHEMICZNEJ 93
M. Starowicz

ANODOWE UTLENIANIE METALI JAKO OBIECUJĄCA METODA OTRZYMYWANIA NANOSTRUKTURALNYCH TLENKÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH O RÓŻNYCH MORFOLOGIACH 94
L. Zaraska, K. Gawlak, K. Mika, G. D. Sulka

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA WŁAŚCIWOŚCI FOTOKATALITYCZNYCH GRAFITOWEGO AZOTKU WĘGLA ORAZ JEGO KOMPOZYTÓW Z TiO_2 95
J. Komar, W. Kukułka, E. Mijowska, B. Zielińska, R. J. Kaleńczuk

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI CIENKICH WARSTW MOLEKULARNYCH NA MODYFIKOWANYCH PODŁOŻACH Z KRYSZTAŁÓW TiO2(110) 96
F. Krok

ULTRACIENKIE WARSTWY ORGANICZNE DO ZASTOSOWAŃ TRIBOLOGICZNYCH 97
M. Cichomski, M. Prowizor, E. Bystrzycka, W. Kozłowski

OCENA STOPNIA ZDEFEKTOWANIA WARSTW POLIKRYSTALICZNEGO GRAFENU PO TRANSFERZE NA POROWATE PODŁOŻA NOŚNE 98
K. Dybowski, P. Kula, A. Jeziorna, R. Atraszkiewicz, P. Kowalczyk, K. Jakubowski

HgCdTe ALLOYS AS NATURAL 3D ANALOG OF GRAPHENE 99
G. Tomaka, P. Śliż, M. Marchewka, D. Żak, J. Polit, E. M. Sheregii

ADHEZJA LODU DO HYDROFOBOWYCH I SUPERHYDROFOBOWYCH POWIERZCHNI WYTWARZANYCH Z ŻYWIC EPOKSYDOWYCH 100
M. Psarski, D. Pawlak, G. Celichowski

DYNAMIKA EKSCYTONÓW I NOŚNIKÓW W NANODRUTACH TYPU RDZEŃ/OTOCZKA ZnTe/ZnMgTe 101
M. Szymura, Ł. Kłopotowski, A. A. Mitioglu, P. Wojnar, G. Karczewski, T. Wojtowicz, D. K. Maude, P. Płochocka, J. Kossut

WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNIE ANIZOTROPOWYCH ZWIĄZKÓW NA BAZIE KOBALTU I BORU OTRZYMYWANYCH Z FAZ METASTABILNYCH STRUKTURALNIE 102
A. Musiał, Z. Śniadecki, Y. Ivanisenko, D. Wang, B. Idzikowski

ZABAWA KSZTAŁTEM I SKŁADEM CHEMICZNYM NANOSTRUKTUR DLA RÓŻNYCH ZASTOSOWAŃ 103
M. Parlinska-Wojtan, G. Gruzeł, E. Roga, J. Depciuch, J. G. Rousset

ZASTOSOWANIE LASEROWO INDUKOWANYCH ŹRÓDEŁ SKRAJNEGO NADFIOLETU I PLAZMY NISKOTEMPERATUROWEJ DO MIKRO- I NANOOBRÓBKI MATERIAŁÓW 104
A. Bartnik, H. Fiedorowicz, J. Czwartos, P. Wachulak, R. Jarocki, M. Szczurek, J. Kostecki, T. Fok, Ł. Węgrzyński

MODYFIKACJA STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRONOWYCH EPITAKSJALNEGO GRAFENU NA Ru(0001) POPRZEZ INTERKALACJĘ 105
M. Lewandowski, E. Madej, Z. Miłosz, D. Wilgocka-Ślęzak, M. Hermanowicz, N. Spiridis, J. Korecki, S. Jurga, F. Stobiecki

PLATFORMY PLAZMONICZNE OTRZYMANE METODĄ UKIERUNKOWANEGO WZROSTU EUTEKTYCZNEGO: WYTWARZANIE, STRUKTURA I ZASTOSOWANIA 106
B. Kościelska, M. Łapiński, A. Gapska, A. Synak, P. Syty, W. Sadowski, J. E. Sienkiewicz, L. Kułak, L. Gołębiowski

SYNTEZA I MODYFIKACJA NANOSTRUKTUR PLAZMONICZNYCH I ICH ZASTOSOWANIE CZUJNIKOWE 107
J. Niedziółka-Jönsson, S. Maćkowski

ZAAWANSOWANE FOTOKATALIZATORY TiO_2 108
I. Piwoński, A. Kisielewska, J. Ginter, K. Spilarewicz-Stanek

NANORURKI TLENKU TYTANU IV – CHARAKTERYSTYKA, WŁAŚCIWOŚCI, ZASTOSOWANIE 109
M. Pisarek, A. Roguska, A. Kudelski, P. Kędzierzawski, M. Andrzejczuk, M. Krawczyk, M. Hołdyński, M. Janik-Czachor

WŁAŚCIWOŚCI POWIERZCHNIOWE WYBRANYCH NISKOWYMIAROWYCH NANOSTRUKTUR ZnO W ASPEKCIE ZASTOSOWAŃ SENSOROWYCH 110
M. Kwoka, J. Szuber

WZROST KRYSTALICZNYCH PRZEWODZĄCYCH NANODRUTÓW NA POWIERZCHNI $SrTiO_3$ 111

D. Wrana, C. Rodenbücher, B. R. Jany, J. Rysz, P. Indyka, O. Kryshtal, G. Cempura, A. Kruk, A. Czyrska-Filemonowicz, K. Szot, F. Krok

WYKORZYSTANIE PROFILI STARZENIOWYCH NANOKOMPOZYTÓW W OCENIE NIEJEDNORODNOŚCI POWIERZCHNI W SKALI SUBMIKROMETROWEJ ____ 112
A. Sikora, M. Moczała

ANALIZA TERMODYNAMIKI PRZEMIANY METAL-IZOLATOR W NANOKRYSTALICZNYCH TLENKACH WANADU ____ 113
M. Prześniak-Welenc, A. Mielewczyk-Gryń, M. Łapiński, W. Sadowski, B. Kościelska

WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA POWIERZCHNI AMORFICZNYCH WARSTW TLENKU ITRU ____ 114
M. Krawczyk, M. Pisarek, W. Lisowski, K. Nikiforow, A. Jabłoński

SESJA POSTEROWA

SEKCJA NNN – NANOELEKTRONIKA, NANOFOTONIKA I UKŁADY NISKOWYMIAROWE

KOMPLEKSY IRYDU (III), Z PODSTAWIONYMI UGRUPOWANIAMI DONOROWYMI I AKCEPTOROWYMI, JAKO EMITERY W POLIMEROWYCH DIODACH ELEKTROLUMINESCENCYJNYCH ____ 117
E. Witkowska, G. Wiosna-Sałyga, I. Głowacki, B. Łuszczyńska, J. Ulański

SZCZOTKI POLIMEROWE JAKO SWOISTE RUSZTOWANIA DO WYTWARZANIA CIENKICH WARSTW TiO_2 DO ZASTOSOWAŃ W OFET-ach ____ 118
E. Krysiak, A. Wypych-Puszkarz, Ł. Janasz, B. G. R. Dupont, J. Grams, G. Nowaczyk, J. Ulański

NANODRUTY SREBRA MODYFIKOWANE TLENKIEM CYNY ____ 119
E. Mackiewicz, J. Grobelny, G. Celichowski

WPŁYW DOMIESZKOWANIA KRZEMEM NA WŁAŚCIWOŚCI DIAMENTOPODOBNYCH POWŁOK WĘGLOWYCH ____ 120
E. Bystrzycka, M. Prowizor, A. Kisielewska, I. Piwoński, W. Kozłowski, M. Cichomski

WPŁYW NAOCZĄSTEK ZŁOTA NA PARAMETRY OPTYCZNE KOMÓRKI CIEKŁOKRYSTALICZNEJ ____ 121
N. Przybysz, A. Mackiewicz, P. Marć, E. Tomaszewska, J. Grobelny, L. R. Jaroszewicz

WPŁYW DIELEKTRYKA NA LUMINESCENCJĘ WSPOMAGANĄ REZONANSEM PLAZMONOWYM ____ 122
M. Łapiński, A. Gapska, A. Synak, B. Kościelska, W. Sadowski

TKANINA BAWEŁNIANA DO ZASTOSOWAŃ TEKSTRONICZNYCH ____ 123
G. Celichowski, P. Giesza, M. Cieślak, E. Mackiewicz, D. Puchowicz

ODDZIAŁYWANIE TYPU EXCHANGE BIAS W STRUKTURACH WARSTWOWYCH FERROMAGNETYK/FERRIMAGNETYK ____ 124
Ł. Frąckowiak, P. Kuświk, M. Matczak, B. Szymański, J. Aleksiejew, M. Schmidt, F. Stobiecki

EPITAKSJALNE WARSTWY STOPU HEUSLERA Co2FeSi NA PODŁOŻU InAs(111)B ____ 125
K. Załęski, E. Coy, H. Głowiński, J. Dubowik, H. P. Schönherr, J. Herfort

WYTWARZANIE I CHARAKTERYSTYKA TRIBOLOGICZNA WARSTW KWASÓW ALKILOFOSFONOWYCH ____ 126
M. Cichomski, M. Prowizor, E. Bystrzycka, W. Kozłowski, M. Dudek, D. Batory

WPŁYW RODZAJU ZASTOSOWANEJ TKANINY NA EFEKTY MODYFIKACJI AgNWs/TiO_2 ____ 127
P. Giesz, M. Cieślak, G. Celichowski, E. Mackiewicz

WYTWARZANIE I CHARAKTERYSTYKA POWŁOK DLC DOMIESZKOWANYCH TYTANEM ____ 128
M. Prowizor, E. Bystrzycka, W. Kozłowski, M. Cichomski

WPŁYW WARUNKÓW POPROCESOWEGO WYGRZEWANIA NA AKTYWOWANIE DOMIESZKI AKCEPTOROWEJ W WARSTWACH EPITAKSJALNYCH $Al_xGa_{1-x}N$ DLA TECHNOLOGII DIOD UV LED ____ 129
J. Sitek, S. Złotnik, K. Rosiński, M. Rudziński

EPITAKSJA SELEKTYWNA NA PODŁOŻU PROFILOWANYM HETEROSTRUKTUR InGaAs/InP ____ 130
Ł. Kosior, I. Zborowska-Lindert, M. Badura, B. Ściana

TRANSPORT ELEKTRONOWY W UKŁADACH WIELOWARSTWOWYCH ZAWIERAJĄCYCH CIENKIE WARSTWY METALI MAGNETYCZNYCH ODDZIELONYCH CIENKIMI NIEMAGNETYCZNYMI PRZEKŁADKAMI 131
K. Warda, L. Wojtczak

BADANIE STRUKTURY ELEKTRONOWEJ 1T-TaS_2 ORAZ HYBRYDY GRAFEN/1T-TaS_2 ZA POMOCĄ TECHNIK ARPES/STM/STS/LEED/RAMAN ORAZ DFT 132
I. Lutsyk, P. Dąbrowski, M. Rogala, P. Krukowski, P. J. Kowalczyk, W. Kozłowski, K. Szałowski, M. Gmitra, E. Łacińska, N. Olszowska, A. Wysmołek, J. J. Kołodziej, Z. Klusek

SEKCJA BNB – BIOTECHNOLOGIA, NANOMEDYCYNA I BEZPIECZEŃSTWO W DZIEDZINIE NANOMATERIAŁÓW

BIOIMAGING PROPERTIES OF CdCoS QUANTUM DOTS CONJUGATED WITH HUMAN SERUM ALBUMIN 135
R. Wojnarowska-Nowak, J. Polit, A. Zięba, I. D. Stolyarchuk, S. Nowak, M. Romerowicz-Misielak, E. M. Sheregii

OCENA WPŁYWU NANOCZĄSTEK SREBRA MODYFIKOWANYCH TANINAMI NA POTENCJAŁ REGENERACYJNY *IN VITRO* 136
P. Orłowski, E. Tomaszewska, K. Soliwoda-Ranoszek, G. Celichowski, J. Grobelny, M. Krzyżowska

ZASTOSOWANIE FIB DO OBRAZOWANIA MORFOLOGII, ULTRASTRUKTURY POWIERZCHNI I WNĘTRZA KOMÓREK PODDANYCH DZIAŁANIU NANOCZĄSTEK I*N VITRO* 137
P. Orłowski, M. Gniadek, O. Łabędź, J. Nowakowska, J. Grobelny, M. Krzyżowska

METODA ULTRADŹWIĘKOWA DO POKRYWANIA WARSTWĄ NOHYDROKSYAPATYTU SKAFOLDÓW OTRZYMANYCH Z POLIKAPROLAKTONU 138
P. Oberbek, K. Czarnecka, B. Woźniak, M. J. Woźniak

PRZECIWDROBNOUSTROJOWE DZIAŁANIE POCHODNYCH 1,4-DIHYDROPIRYDYNY IMMOBILIZOWANYCH NA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH 139
K. Niemirowicz, E. Piktel, K. Głuszek, A. Plotniece, P. A. Janmey, R. Bucki

IMMUNOMODULUJĄCE DZIAŁANIE POCHODNYCH 1,4-DIHYDROPIRYDYNY ZIMMOBILIZOWANYCH NA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH 140
R. Bucki, K. Niemirowicz, E. Piktel, K. Głuszek, A. Plotniece, P. A. Janmey

FOTOKATALITYCZNA SYNTEZA NANOCZĄSTEK O AKTYWNOŚCI PRZECIWDROBNOUSTROJOWEJ W ŚRODOWISKU WODNYM 141
R. Banasiuk, J. Frąckowiak, M. Krychowiak, M. Matuszewska, A. Kawiak, Z. Lendzion-Bieluń, M. Narajczyk, A. Królicka

ZIELONA SYNTEZA NANOCZĄSTEK SREBRA Z UŻYCIEM *DROSERA INDICA* 142
W. Tomaszewicz, R. Banasiuk, M. Krychowiak, M. Ziąbka, M. Narajczyk, A. Królicka

NANORURKI HALOIZYTU, JAKO NOŚNIKI LEKÓW W NOWOCZESNYCH OPATRUNKACH ŻELOWYCH 143
J. Kurczewska, G. Schroeder

OTRZYMYWANIE I ZASTOSOWANIE FUNKCJONALNYCH NANOMATERIAŁÓW W ANALIZIE FAPA MS 144
G. Schroeder, J. Silberring, M. Smoluch, M. Cegłowski, J. Kurczewska

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA FIZYKOCHEMICZNA KOMPOZYTU MAGNETYT/POLIDOPAMINA/B-CYKLODEKSTRYNY ORAZ OCENA JEGO ZASTOSOWANIA JAKO POTENCJALNEGO NOŚNIKA LEKÓW W TERAPII PRZECIWNOWOTWOROWEJ 145
A. Jędrzak, E. Coy, B. Grześkowiak, R. Markiewicz, S. Jurga, T. Jesionowski, R. Mrówczyński

ZASTOSOWANIE NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH OTOCZONYCH POLIETYLENOIMINĄ W TERAPII NOWOTWORÓW MÓZGU OPARTEJ NA INTERFERENCJI RNA _____ 146
R. Mrówczyński, B. F. Grześkowiak, K. Szutkowski, K. Rolle, M. Grabowska, D. Wawrzyniak, P. Głodowicz, J. Barciszewski, S. Jurga

NANOFACTURING – PROJEKTOWANIE I BUDOWA PLATFORMY PROCESU PRODUKCYJNEGO NANOCZĄSTECZEK FARMACEUTYCZNYCH W SKALI PILOTAŻOWEJ I PRZEMYSŁOWEJ _____ 147
D. Witt, S. Antoniów, A. Wojewódka, P. Barski, J. Puzewicz-Barska, A. Lindstaedt

NANOSYSTEMY DO KONTROLOWANEGO DOSTARCZANIA TLENKU AZOTU _____ 148
R. Markiewicz, J. Litowczenko, J. Gapiński, R. Mrówczyński, S. Jurga, A. Patkowski

KOMÓRKI KOSTNIAKOMIĘSAKA LINII SAOS-2 W PASAŻACH NISKICH I WYSOKICH JAKO MODEL DO BADAŃ WRAŻLIWOŚCI KOMÓREK NOWOTWOROWYCH NA NANOCZĄSTKI SREBRA _____ 149
P. Sokołowska, M. Siatkowska, K. Białkowska, K. Działoszyńska, M. Rosowski, W. Żak, T. Wasiak, P. Komorowski, K. Makowski, B. Walkowiak

BADANIE AKTYWNOŚCI KATALAZY ZAADSORBOWANEJ NA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK ZŁOTA _____ 150
E. Czechowska, K. Ranoszek-Soliwoda, G. Celichowski, J. Szemraj, J. Grobelny

NANOCZĄSTKI MAGNETYCZNE O WŁAŚCIWOŚCIACH ANTYNOWOTWOROWYCH JAKO DODATEK DO HYDROŻELI POLIMEROWYCH _____ 151
M. Kędzierska, S. Kudłacik-Kramarczyk, A. Drabczykb, B. Tyliszczak

ANALIZA ZMIAN W EKSPRESJI GENÓW I BIAŁEK W KOMÓRKACH LINII EA. hy926 W ODPOWIEDZI NA STRES WYWOŁANY PRZEZ KONTAKT Z NANOMATERIAŁAMI _____ 152
P. Komorowski, M. Siatkowska, T. Wasiak, K. Działoszyńska, S. Kotarba, K. Kądzioła, N. Bartoszek, P. Sokołowska, M. Elgalal, K. Makowski, B. Walkowiak

SEKCJA WCN – WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA NANOMATERIAŁÓW

NANOCZĄSTKI SREBRA WYTWARZANE W MATRYCACH POLIMEROWYCH UZYSKANYCH NA DRODZE POLIMERYZACJI INDUKUJĄCEJ SAMOORGANIZACJĘ _____ 155
Y. Zhang, P. Filipczak, G. He, G. Nowaczyk, Ł. Witczak, W. Raj, M. Kozanecki, J. Pietrasik, K. Matyjaszewski

WPŁYW TEMPERATURY PIECA NA STĘŻENIE LICZBOWE ORAZ ROZKŁAD YMIAROWY CZĄSTEK PODCZAS GENEROWANIA NANOOBIEKTÓW WĘGLA I SREBRA _____ 156
B. Kaczorowska

WYKORZYSTANIE MIKROSKOPII SIŁ ATOMOWYCH W OBSERWACJI PROCESU REKONSTRUKCJI WARSTWY PASYWACYJNEJ STALI NIERDZEWNEJ _____ 157
M. Błaszczyk, M. Durko, Z. Iwanicka, P. Lochyński, A. Sikora

KINETYKA TWORZENIA MONOWARSTW I BIWARSTW NANOCZĄSTEK ZŁOTA NA POWIERZCHNI BIOSENSORÓW _____ 158
J. Maciejewska-Prończuk, A. Pomorska, M. Oćwieja, Z. Adamczyk

FIZYKOCHEMICZNA CHARAKTERYZACJA ANTYBAKTERYJNYCH NANOKOMPOZYTÓW SREBRNYCH I MIEDZIOWYCH UWIĘZIONYCH W MATRYCY TLENKÓW METALI _____ 159
A. Nowak, J. Peszke, M. Dulski, M. Zubko, K. Balin, S. Sułowicz, J. Szade

CIENKIE WARSTWY TiO_2 OTRZYMYWANE METODĄ LANGMUIRA – BLODGETT DLA ZASTOSOWAŃ SENSOROWYCH _____ 160
P. Nowak, W. Maziarz, K. Kowalski, K. Zakrzewska

BADANIA STRUKTURALNE 3D TRÓJSKŁADNIKOWYCH NANOCZĄSTEK DO PRODUKCJI ENERGII ____ 161
M. Parlinska-Wojtan, G. Gruzeł, E. Roga, J. Depciuch, A. Kowal

BADANIA STRUKTURY MOLEKULARNEJ I KRYSTALICZNEJ WARSTW C-Ni-Pd ZA POMOCĄ SPEKTROSKOPII FTIR ORAZ DYFRAKCJI RENTGENOWSKIEJ XRD _____ 162
I. Stępińska, E. Czerwosz, R. Diduszko, M. Kozłowski, H. Wronka

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA NANOCZĄSTEK OTRZYMYWANYCH Z (BIS)AMINO KARBOKSYLANOWYCH KOMPLEKSÓW SREBRA I PALLADU 163
J. Zakrzewska, P. Uznański

MIKROFALOWA SOLWOTERMALNA SYNTEZA ORAZ CHARAKTERYZACJA NANOCZĄSTEK ZnO WSPÓŁDOMIESZKOWANYCH JONAMI Mn^{2+} i Co^{2+} 164
J. Wojnarowicz, M. Omelchenko, T. Chudoba, A. Majhofer, A. Twardowski, J. Szczytko, W. Lojkowski

MECHANIZM REGULACJI ROZMIARU NANOCZĄSTEK ZnO OTRZYMYWANYCH W MIKROFALOWEJ SYNTEZIE SOLWOTERMALNEJ 165
J. Wojnarowicz, T. Chudoba, W. Lojkowski

WPŁYW MORFOLOGII MODYFIKOWANEJ JONOWO POWIERZCHNI TiO2(110) NA POWSTAWANIE STABILNYCH I METASTABILNYCH STRUKTUR PARA-HEKSAFENYLU 166
W. Bełza, K. Szajna, D. Wrana, B. Jany, F. Krok

USUWANIE WOLNEGO WĘGLA AMONIAKIEM Z NANOPROSZKOWYCH KOMPOZYTÓW C/SiC OTRZYMANYCH METODĄ AEROZOLOWĄ 167
C. Czosnek, K. Kapusta, P. Jeleń, J. F. Janik

WŁAŚCIWOŚCI STRUKTURALNE I MORFOLOGIA NANOPROSZKOWEGO KESTERYTU OTRZYMANEGO NA DRODZE MECHANOCHEMICZNEJ SYNTEZY 168
K. Kapusta, M. Drygaś, J. F. Janik

WPŁYW WARUNKÓW SYNTEZY NA WŁAŚCIWOŚCI FOTOELEKTROCHEMICZNE ANODOWEGO TLENKU CYNY 169
L. Zaraska, K. Gawlak, M. Gurgul, K. Syrek, G. D. Sulka

OTRZYMYWANIE NANOCZĄSTEK MIEDZI CHELATOWANYCH KWASEM TANINOWYM I FENCHONEM DO ZASTOSOWAŃ FUNGISTYCZNYCH I ANTYBAKTERYJNYCH 170
A. Pietrasz, H. Różański

CHARAKTERYZACJA PLATFORM PLAZMONICZNYCH OTRZYMYWANYCH METODĄ UKIERUNKOWANEGO WZROSTU EUTEKTYCZNEGO NANOSTRUKTUR ZŁOTA NA UTLENIONYM PODŁOŻU KRZEMOWYM 171
A. Gapska, M. Łapiński, B. Kościelska, W. Sadowski

ANALIZA ODDZIAŁYWAŃ MAGNETYCZNYCH W DOMIESZKOWANYCH JONAMI METALI AEROŻELACH GRAFENOWYCH 172
K. Tadyszak, B. Scheibe, M. Augustyniak Jabłokow, R. Strzelczyk

CHARAKTERYSTYKA GRAFENU UTLENIONEGO OTRZYMANEGO WYBRANYMI METODAMI CHEMICZNYMI 173
A. Kisielewska, A. Jakimińska

OPTYMALIZACJA SYNTEZY NANODRUTÓW ZnO METODĄ ANODOWEGO UTLENIANIA W ROZTWORACH WODOROWĘGLANÓW 174
K. Mika, L. Zaraska, G. D. Sulka

SUPERHYDROFOBOWE POWŁOKI NANOKOMPOZYTOWE JAKO PASYWNE SYSTEMY ANTY-OBLODZENIOWE 175
J. Marczak, T. Baraniecki

PORÓWNANIE CHEMICZNEJ I RADIOLITYCZNEJ METODY REDUKCJI TLENKU GRAFENU 176
K. Spilarewicz-Stanek, J. Ginter, A. Kisielewska, M. Wolszczak, I. Piwoński

EKSFOLIACJA AZOTKU WĘGLA (g-C_3N_4) PRZY UŻYCIU CIECZY JONOWYCH 177
P. Florczak, R. Markiewicz, E. Alwin, M. Pietrowski, E. Coy, K. Szutkowski, S. Jurga

TELLUROWE SZKŁO – CERAMIKI ZAWIERAJĄCE NANOKRYSZTAŁY SrF_2:RE^{3+} 178
M. Walas, M. Lisowska, T. Lewandowski, M. Łapiński, M. Narajczyk, A. Synak, W. Sadowski, B. Kościelska

WPŁYW WARUNKÓW WYGRZEWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI SZKŁA I SZKŁO-CERAMIKI W UKŁADZIE 73TeO2-4BaO-3Bi_2O_3-2Eu_2O_3-xAg 179
T. Lewandowski, M. Dembski, M. Walas, M. Łapiński, M. Narajczyk, W. Sadowski, B. Kościelska

WPŁYW MIKRO- I NANOSTRUKTURY POWIERZCHNI FOTOREZYSTU I ŻYWICY EPOKSYDOWEJ NA ICH WŁAŚCIWOŚCI SUPERHYDROFOBOWE _____ 180
D. Pawlak, M. Psarski, G. Celichowski

ORGANIZACJA NANOCZĄSTEK NA MATRYCACH KOPOLIMEROWYCH _____ 181
J. Jenczyk, M. Woźniak-Budych, M. Jarek, M. Grzeszkowiak, G. Nowaczyk, S. Jurga

WPŁYW PARAMETRÓW SYNTEZY NANOKOMPOZYTÓW GRAFEN/Fe_2O_3 NA ICH WŁAŚCIWOŚCI STRUKTURALNE I PRZEWODNICTWO ELEKTRYCZNE _____ 182
A. Jędrzejewska, D. Sibera, R. Jędrzejewski, R. Pełech

OTRZYMYWANIE I WŁAŚCIWOŚCI SPIO IMPREGNOWANEGO TLENKIEM TYTANU(IV) _____ 183
A. Pachla, Z. Lendzion-Bieluń, U. Narkiewicz

CHARAKTERYSTYKA KRYSZTAŁÓW FOTONICZNYCH TiO_2 MODYFIKOWANYCH NANOCZĄSTKAMI PLATYNY _____ 184
J. Ginter, K. Spilarewicz-Stanek, A. Kisielewska, I. Piwoński

WPŁYW WARUNKÓW SYNTEZY NA WŁAŚCIWOŚCI I CHARAKTERYSTYKĘ ZEOLITÓW HIERARCHICZNYCH ZAWIERAJĄCYCH CYNĘ _____ 185
A. Feliczak-Guzik, M. Sprynskyy, I. Nowak, B. Buszewski

AKTYWNOŚĆ KATALITYCZNA MATERIAŁU TYPU SBA-16 MODYFIKOWANEGO RUTENEM W REAKCJI HYDRODEOKSYGENACJI 1,3-DIMETOKSYBENZENU _____ 186
P. Dębek, A. Feliczak-Guzik, I. Nowak

FOTOFIZYCZNE I STRUKTURALNE WŁASNOŚCI CIENKICH WARSTW HINOKSALINOFENENTROFENAZYNY I JEJ POCHODNEJ OSADZANYCH PRÓŻNIOWO I METODĄ *ZONE CASTING* _____ 187
E. Frątczak, P. Uznański, T. Makowski, B. R. Kaafarani, M. Moneta

OTRZYMYWANIE I CHARAKTERYSTYKA FIZYKOCHEMICZNA NANOMATERIAŁÓW WĘGLOWYCH Z GRUPAMI FOSFONOWYMI _____ 188
K. Żelechowska, R. Olszewski, I. Kondratowicz, M. Prześniak-Welenc, M. Łapiński

WPŁYW PROCESU REDUKCJI TLENKU GRAFENU NA JEGO WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE _____ 189
M. Weiss, Ł. Majchrzycki, A. Ptak

TEMPERATUROWO KONTROLOWANA NANOSTRUKTURYZACJA POWIERZCHNI KRYSZTAŁÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH Z GRUPY AIII-BV NISKOENERGETYCZNĄ WIĄZKĄ JONOWĄ Ar^+ _____ 190
E. Trynkiewicz, B . R. Jany, D. Wrana, A . Janas, F. Krok

WYKORZYSTANIE NANOCZĄSTEK METALI STABILIZOWANYCH HIPERROZGAŁĘZIONYM POLIGLICYDOLEM DO ELEKTROREDUKCJI TLENU _____ 191
M. Pietrzak, I. Papka, P. G. Parzuchowski, E. Malinowska

BADANIA KORELACJI MIĘDZY STRATEGIĄ SYNTEZY I OCZYSZCZANIA A WŁAŚCIWOŚCIAMI OPTYCZNYMI ZŁOTYCH NANOPOWŁOK _____ 192
M. Pietrzak, M. Drozd, E. Malinowska

STUDIA NAD DOMIESZKOWANIEM EUROPEM CIENKICH WARSTW TLENKU HAFNU Z UŻYCIEM NANOCZĄSTEK HfO_2:Eu OTRZYMANYCH METODĄ HYDROTERMALNĄ MIKROFALOWĄ _____ 193
J. Kaszewski, R. Pietruszka, B. Witkowski, M. Godlewski

SAMOORGANIZACJA ANODOWEGO TLENKU NA POWIERZCHNI STOPU FAZY MIĘDZYMETALICZNEJ FeAl _____ 194
P. Chilimoniuk, T. Czujko, W. Stępniowski

W KIERUNKU NOWEGO STANDARDU SAM- BIFENYLOKARBOKSYLE NA PODŁOŻU Ag111) _____ 195
A. Krzykawska, J. Ossowski, T. Żaba, P. Cyganik

ELEKTROCHEMICZNE OTRZYMYWANIE NANOCZĄSTEK TLENKU KOBALTU W ROZTWORACH ETANOLOWO-WODNYCH _____ 196
A. Waliczek, M. Starowicz, P. Starowicz, T. Jaworska-Gołąb

MORFOLOGIA UPORZĄDKOWANYCH WARSTW MOLEKULARNYCH NA SILNIE ANIZOTROPOWYCH PODŁOŻACH TiO_2(110) – WPŁYW DŁUGOŚCI RZĘDÓW ATOMOWYCH 197
K. Szajna, M. Krazter, W. Bełza, D. Wrana, B. R. Jany, C. Teichert, F. Krok

PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNYCH POWŁOK Si_xN_y:C OTRZYMYWANYCH Z RÓŻNYCH PREKURSORÓW KRZEMOWYCH 198
K. Oleśko, H. Szymanowski, M. Gazicki-Lipman, A. Sobczyk-Guzenda

WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE NANOKOMPOZYTOWYCH POWŁOK A-C:H/Ti DOMIESZKOWANYCH SREBREM W SYMULOWANYCH PŁYNACH USTROJOWYCH 199
Ł. Kołodziejczyk, W. Szymański, D. Batory, A. Kołodziejczyk, A. Jędrzejczak, A. Sobczyk-Guzenda, P. Komorowski

MATERIAŁY PROMOCYJNE

LABSOFT 204

AP VACUUM 205

RAITH 205

LABIS 206

BIONANOPARK 206

PIK INSTRUMENTS 206

INDEKS AUTORÓW 209

WYKŁADY PLENARNE

http://dx.doi.org/10.18778/8088-712-1.01

NANOFIZYKA JAKO ŁĄCZNIK POMIĘDZY FIZYKĄ KWANTOWĄ MAŁYCH/NISKOWYMIAROWYCH UKŁADÓW A NANOTECHNOLOGIĄ?

Józef Spałek

Zakład Teorii Materii Skondensowanej i Nanofizyki, Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

W referacie najpierw zadam kilka elementarnych pytań, np. jak mały może być drut kwantowy, żeby spełniał rolę przewodnika w układach na skali miliwoltowej czy nawet mniejszej? Powiem także krótko o emergentności tych układów, tj. jak układy nano ze sztywną kwantową strukturą elektronową może przekształcać się w układy funkcjonalne.

Główną częścią będzie przedstawienie pewnych dokładnych wyników dla układów: przejście od nanometalu do nanoizolatora (półprzewodnika), pojawienie się rozkładu Fermiego-Diraca wraz ze wzrostem rozmiaru układu, a także tzw. inżynieria funkcji falowej na przykładzie układu kropka kwantowa – nanoring.

Cechą łączącą i jednocześnie odróżniającą nanoukłady od układów makro jest kluczowa dla tych pierwszych rola korelacji między-elektronowych :
(I) blokada kulombowska,
(II) nietrywialne właściwości magnetyczne i to nawet bez uporządkowania magnetycznego,
(III) lokalne parowanie,
(IV) efekt Kondo,
itp.), i w tym sensie mają one wiele wspólnego z układami silnie skorelowanych elektronów.

Referat będzie bez szczegółów obliczeń, żeby był zrozumiały dla szerszego grona.

CZY TLENKI METALI PRZEJŚCIOWYCH MOGĄ ZREWOLUCJONIZOWAĆ NANO-ELEKTRONIKĘ?

Krzysztof Szot

Forschungzentrum Julich, Uniwersytet Śląski

Problemy z postępującą miniaturyzacją aktywnych elementów półprzewodnikowych, wykonanych w technologii krzemowej, wymuszają poszukiwania alternatywnych materiałów, które spełniałyby podobne funkcje i były w pełni kompatybilne z dotychczasową technologią. Pionier ery półprzewodników, twórca tranzystora złączowego, noblista prof. William Schockley przewidywał w 1983 roku[1], że w przyszłości w układach elektronicznych będą wykorzystywane na dużą skale dyslokacje, spełniające rolę elektronicznych nano-przełączników. Ten rodzaj „nano-przełączników, zmieniających swój opór elektryczny, pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego odkryłem wraz z moimi Kolegami z Instytutu im. Petera Grünberga (Forschungszentrum–Jülich) w 2005 roku. Zaobserwowaliśmy, że przepływu prądu stałego wzdłuż dyslokacjach krawędziowych (występujących w ogromnej koncentracji ~10^{10}-10^{12}/cm^2 w warstwie powierzchniowej podwójnych tlenków metali przejściowych (np. : $SrTiO_3$ lub TiO_2)) indukuje w nich przejście ze stanu półprzewodnikowego do metalicznego i odwrotnie[2,3]. Zrozumienie natury przejścia izolator/metal w otoczeniu rdzenia dyslokacji jest nie tylko istotne z punktu widzenia potencjalnych aplikacji ale jest nowym wyzwaniem rzuconym fizyce i chemii ciała stałego. W swoim wykładzie chciałbym przedstawić kompleksowość zjawisk przełączania rezystywnego (zwanego również w literaturze efektem memrystorowym) wykorzystywanego w nieulotnych pamięciach typu RRAM. Szczególny nacisk położę na analizę procesów redox zachodzących preferencyjnie wzdłuż dyslokacji, które są powiązane z procesami dyfuzji kanalikowej jonów tlenu. Stosunkowo mała odchyłka od stechiometrii tlenowej, w otoczeniu rdzenia dyslokacji wymusza drastyczną transformację struktury krystalicznej, struktury elektronowej oraz w końcowej fazie prowadzi również do zmiany lokalnego składu chemicznego. Bezpośrednim przykładem potwierdzającym lokalny charakter procesów transformacji jest np. : obrazowanie przepływu prądu z rozdzielczością atomową za pomocą mikroskopu LCAFM, czy też analiza składu chemicznego dyslokacji wykorzystującego technikę ChemiSTEM lub stopnia utlenienia metalu przejściowego (EELS). Procesy zachodzące wzdłuż rdzenia dyslokacji są w swojej naturze podobne do zachowania się warstwy powierzchniowej tych tlenków poddanych działaniu różnych gradientów termodynamicznych[4]. Udział defektów rozciągłych w tych transformacjach zmusza do weryfikacji klasycznych postulatów chemii defektów uwzględniających de facto w swoim opisie tylko defekty punktowe (najczęściej tzw. wakancje tlenowe).

Pomimo wielu trudności jakie wiążą się za zrozumieniem całokształtu procesów fizyko-chemicznych towarzyszących przełączaniu rezystywnego największe firmy elektroniczne np.: Intel, HP, IBM, Samsung przeznaczają ogromne środki na badania podstawowe i wdrożenia. Jest mi bardzo miło, że nasz Instytut im. Petera Grünberga pod kierownictwem prof. Wasera (jako wiodący Instytut w tej dziedzinie na świecie) współpracuje nie tylko z wymienionymi gigantami przemysłu elektronicznego ale rowniez z polskimi ośrodkami naukowymi takimi jak: Uniwersytet Śląski, Uniwersytet Łódzki czy też Uniwersytet Jagielloński. Najlepsza

rekomendacja naszych dokonań w tej dziedzinie to zakwalifikowanie naszego odkrycia przez noblistę prof. T. W Hänscha do 100 znaczących produktów na przyszłość[5]. Ta przyszłość już się rozpoczęła, czego dowodzi pamięć RRAM o pojemności 1TByte wprowadzony na rynek w 2016 przez firmę Crossbar.

[1] W. Shockley, *Do dislocations hold technological promise?*, Solid State Technol. 26, 75 (1983).

[2] K. Szot, W. Speier, G. Bihlmayer, et al., *Switching the electrical resistance of individual dislocations in single-crystalline* $SrTiO_3$, NATURE MATERIALS 54, 312, (2006).

[3] R. Waser, R. Dittmann, G. Staikov, K. Szot, *Redox-Based Resistive Switching Memories –Nanoionic Mechanisms, Prospects, and Challenges*, Adv. Mater., 21, 2632–2663 (2009).

[4] K. Szot, G. Bihlmayer, W. Speier, *Nature of the Resistive Switching Phenomena in* TiO_2 *and* $SrTiO_3$*: Origin of the Reversible Insulator–Metal Transition*, Solid State Physics, 65, 353 (2014).

[5] T. W. Hänsch, *100 Produkte der Zukunft: Wegweisende Ideen, die unser Leben verändern werden*, Econ (September 2007).

NANOTECHNOLOGIA W MEDYCYNIE: PERSPEKTYWY I ZAGROŻENIA

Marta Błażewicz

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
mblzaew@agh.edu.pl

Nanomedycyna, to zgodnie z definicją, nanotechnologia w medycynie. Nanocząstki, dzięki swym unikatowym właściwościom, otworzyły zupełnie nowe możliwości dla dalszego rozwoju medycyny. Materia w skali nanometrycznej może w kontrolowany sposób oddziaływać z komórkami i biomolekułami, stwarzając niedostępne do tej pory rozwiązania, prowadzące do powstania nowych metod terapii i diagnostyki. Obszar, dotyczący rozwiązań nanotechnologicznych w medycynie obejmuje aktualnie nowe rozwiązania; w diagnostyce in vitro i in vivo, diagnostykę złożoną, obejmującą rozwiązania określne jako „lab-on-chip", następnie pasywne i aktywne nośniki leków lub genów, terapie termiczne nowej generacji oraz nanomateriały do regeneracji tkanek[1]. Niemniej jednak, te same czynniki, które odpowiedzialne są za atrakcyjność nanocząstek w zastosowaniach medycznych, mogą również być przyczyną ich toksyczności. Do tej pory, pomimo wielu badań, prowadzonych w tym zakresie, wiele pytań dotyczących zachowania nanocząstek w środowisku *in vivo* pozostaje bez odpowiedzi. Wiadomo, że nanocząstki mogą indukować stan zapalny, działać kancerogennie, negatywnie wpływać na układ krążenia, akumulować się w płucach, wątrobie czy śledzionie. Jedną z wielu nanocząstek, która może znaleźć zastosowania w terapii medycznej jest nanorurka węglowa. Wiadomo już obecnie, że ta nanoforma węgla może nie tylko być wykorzystywana do wytwarzania nośników leków, biosensorów, implantowalnych elektrod czy do konstrukcji biomateriałów, przeznaczonych do indukowania procesów regeneracji tkanek, ale również może być przydatna dla termicznych terapii antynowotworowych. Uważa się powszechnie, że nietoksyczne są, przede wszystkim nanorurki o określonej geometrii i odpowiednio sfunkcjonalizowanej powierzchni. Niemniej jednak, natura materiałów węglowych stwarza jeszcze inne możliwości w zakresie wytwarzania biozgodnych, bezpiecznych dla organizmu nanomateriałów. Potencjał tych nanomateriałów tkwi zarówno w tzw. nanocząstkach hybrydowych, np. nanorurka dekorowana nanocząstką superparamagnetyczną, jak i w wytwarzaniu nanoform węgla o kontrolowanej orientacji płaszczyzn grafenowych.

Praca finansowana przez Narodowe Centrum Nauki, (Projekt nr: UMO-2014/13/B/ST8/01195).

[1] Editor: T. Webster, Nanomedicine Technologies and Applications, Woodhead Publishing, 2012.

NIELINIOWA ABSORPCJA W NANOMATERIAŁACH

Marek Samoć, Katarzyna Matczyszyn, Marcin Nyk, Joanna Olesiak-Bańska, Dominika Wawrzyńczyk, Leszek M. Mazur, Janusz Szeremeta, Magdalena Klekotko, Katarzyna Brach, Magdalena Waszkielewicz, Jan K. Zaręba, Adrian Justyniarski, Marco Deiana, Radosław Deska, Joanna Sobska

Katedra Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych, Wydział Chemiczny Politechniki Wrocławskiej, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
marek.samoc@pwr.edu.pl

Pośród rozmaitych zjawisk zaliczanych do nieliniowej optyki, ważną rolę pełnią procesy absorpcji wielofotonowej, ze względu na ich szerokie zastosowania, m.in. w litografii 3D, zapisie informacji i biofotonice. W pracach prowadzonych w naszej grupie badawczej poszukujemy nowych materiałów o zoptymalizowanych parametrach dotyczących ich absorpcji nieliniowej (np. absorpcji dwufotonowej bądź trójfotonowej) oraz innych istotnych właściwości takich jak wydajność kwantowa fluorescencji czy biokompatybilność. Badaliśmy m.in. nanocząstki rozmaitych materiałów, w tym półprzewodników[1,2], nanocząstki plazmoniczne[3,4], nanocząstki zawierające jony lantanowców[5] czy też klastery metaliczne[6]. We wszystkich przypadkach naszym zamierzeniem było ilościowe określenie pełnych zależności spektralnych odpowiednich przekroi czynnych (np. σ2– przekrój na absorpcję dwufotonową) przy użyciu femtosekundowych impulsów laserowych przy niskiej częstości repetycji, co jest kluczowe dla uzyskania wiarygodnych wyników. Nanocząstki wykazujące silną absorpcję dwufotonową mogą być wykorzystane bezpośrednio, np. jako wskaźniki w mikroskopii nieliniowej[7], lub jako składniki skomplikowanych systemów teranostycznych[8]. Ostatnio okazało się, że bardzo interesującymi materiałami wykazującymi silną absorpcję nieliniową są polimery koordynacyjne. Bardzo silną absorpcję trójfotonową zaobserwowaliśmy dla błękitu pruskiego[7], obiecujące są też połączenia typu MOF (metal organic framework).

[1] M. Nyk, D. Wawrzynczyk, J. Szeremeta, M. Samoc, Appl. Phys. Lett. 2012, 100, 041102.
[2] J. Szeremeta, M. Nyk, D. Wawrzynczyk, M. Samoc, Nanoscale 2013, 5, 2388.
[3] J. Olesiak-Banska, et al., J. Phys. Chem. C 2012, 116, 13731.
[4] M. Gordel, et al., J. Mat. Chem. C 2014, 2, 7239.
[5] D. Wawrzynczyk, M. Nyk, M. Samoc, J. Mat. Chem. C 2013, 1, 5837.
[6] J. Olesiak-Banska, M. Waszkielewicz, K. Matczyszyn, M. Samoc, RSC Advances 2016, 6, 98748.
[7] J. Olesiak-Banska, et al, Nanoscale 2013, 5, 10975.
[8] S. Drozdek, J. Szeremeta, L. Lamch, M. Nyk, M. Samoc, K. A. Wilk, J. Phys. Chem. C 2016, 120, 15460.
[9] J. K. Zaręba, et al, Inorg. Chem. 2016, 55, 9501.

WYKŁADY SEKCYJNE

SEKCJA NNN

NANOELEKTRONIKA, NANOFOTONIKA I UKŁADY NISKOWYMIAROWE

http://dx.doi.org/10.18778/8088-712-1.02

GRANICE NANOTECHNOLOGII: OD NANOMETRA DO FEMTOSEKUNDY

Marek Przybylski

Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii
i Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków
marprzyb@agh.edu.pl

Zmniejszenie średnicy nanocząstki do 10 nm powoduje, że udział atomów powierzchniowych wzrasta do rzędu 20%, co kreuje własności nanocząstki znacząco różne od tych dla materiału objętościowego. Tak mały obiekt wykazuje zupełnie inne właściwości niż jego odpowiednik w skali makro również dlatego, że wzrasta rola drgań termicznych, do opisu zjawisk trzeba stosować mechanikę kwantową, a pojedynczy elektron może odgrywać decydującą rolę.

Elektron, którego ruch w nanocząstce (lub innej strukturze o jednym z wymiarów rzędu nanometrów) jest ograniczony, tworzy stany studni kwantowych, jego energia jest skwantowana i zależy od rozmiaru nanocząstki. W przypadku półprzewodników pozwala to manipulować szerokością przerwy energetycznej, a więc także kolorem emitowanego światła. Jeśli źródłem stanów studni kwantowych będą elektrony *d* w cienkich warstwach ferromagnetycznych, to wraz ze wzrostem grubości stany o danej energii (np. bliskiej E_F) będą się pojawiały i znikały. W konsekwencji oscylować będą własności warstw zależne od tych elektronów, np. własności magnetyczne, takie jak anizotropia magnetyczna.

Obserwacja efektów oscylacyjnych spowodowanych kwantowo-mechanicznym zachowaniem elektronów jest trudna ze względu na termiczne poszerzenie stanów i musi być prowadzona w niskich temperaturach. Kropka kwantowa, w której dwa stany elektronowe w temperaturze pokojowej dzieli energia większa niż kT musi być naprawdę mała, rzędu kilku nanometrów, co stwarza poważne problemy technologiczne.

W referacie omówię te prawa fizyki, które w sposób fundamentalny stanowią granice nanotechnologii i nie pozwolą nam na zwiększanie w nieskończoność czy to gęstości zapisu danych (np. na dyskach magnetycznych), czy liczby tranzystorów możliwych do zmieszczenia na jednostce powierzchni.

INORGANIC NANOCRYSTALS FOR APPLICATIONS IN PHOTONICS AND BIOPHOTONICS

A. Podhorodecki, M. Banski, A. Noculak, A. Lesiak, M. Chrzanowski, H. Woznica, B. Sojka, L. W. Golacki, B. Krajnik

Department of Experimental Physics, WRUT, Wyb. Wyspianskiego 27, Wroclaw 50-370, Poland
artur.p.podhorodecki@pwr.edu.pl

Optically active inorganic nanocrystals (NCs) are recently widely used in life science research as efficient optical markers for *in vitro* and *in vivo* imaging and in bio-sensors. NCs have better optical parameters and gives more functionalities than proteins or molecular markers having also several disadvantages for bio-medical application: low bio-degradability, high toxicity and hydrophobic nature of their surface. Some of these drawbacks can be reduced or even eliminated and if we consider unique properties of these potential biomarkers the others can be accepted. On the other hand, nanomaterials flexibility in controlling they physical and chemical properties gives the potential for a number of new optoelectronic and electronic applications including PV cells, LEDs, batteries or conversion modules. In this case the main drawback in use of such materials are problems related to their isolating surface or in more general view their weakness in electrical activation. Thus, the main problem which must be solved to overcome the threshold between the science and most of applications is precise and reproducible control of NCs surface chemistry.

In this work, we will present how the optical properties of four kinds of nanomaterials can be precisely controlled. This will include control of ZnSe[1], CdSe, PbS and $NaGdF_4$:Yb,Er[2] based nanostructures grown by us with wet chemistry approach. The control of their properties has been achieved by control of their size, shape (dots, rods, plates) or architecture including core-shell structures or dot-in-rod architecture. We will also briefly discuss how the surface properties of selected nanomaterials can be modified to achieve –OH, -COOH or $-NH_2$ functional groups. In addition, we will show some examples of use of obtained by us nanostructures in biophotonics[3,4].

[1] M. Banski at all. *A Special Role for Zinc Stearate and Octadecene in the Synthesis of Luminescent ZnSe Nanocrystals*, Chem. Mater. 27,3797 (2015).

[2] A. Noculak, A. Podhorodecki, *Size and shape effects in β-$NaGdF_4$:Yb,Er nanocrystals*, Nanotechnology, doi. org/10. 1088/1361-6528/aa6522 (2017).

[3] R. Bilyy, A. Podhorodecki, *Can we use rare-earth nanocrystals to target glycans for the visualization of melanoma?*, Nanomedicine 10, 1997 (2015).

[4] B. Sojka et all. *$NaGdF_4$:Eu^{3+} nanocrystal markers for melanoma tumor imaging*, RSC Advances 6, 57854 (2016).

NIEJEDNORODNE STUDNIE KWANTOWE GAINNAS – REDUKCJA KWANTOWEGO EFEKTU STARKA

Damian Pucicki, Bielak Katarzyna, Marek Tłaczała

Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki, Politechnika Wrocławska,
ul. Janiszewskiegi 11/17, 50-372 Wrocław
Damian.Pucicki@pwr.edu.pl

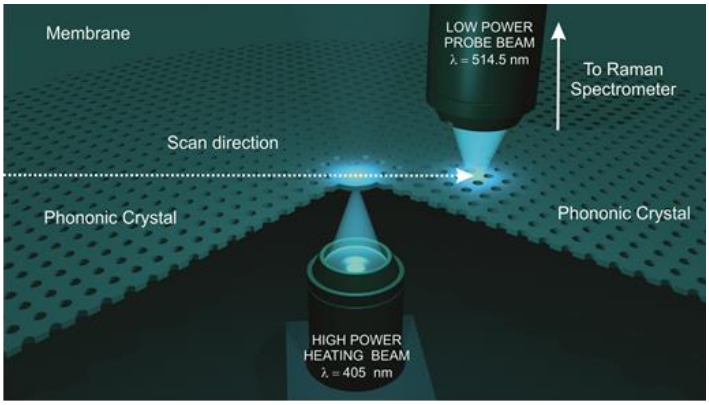
Sprawność kwantowa, a zarazem czułość fotodetektorów półprzewodnikowych, zależy głównie od właściwości absorpcyjnych obszarów aktywnych tych przyrządów. Stosowanie cienkich warstw absorpcyjnych w postaci studni kwantowych QW (ang. quantum well) silnie ogranicza możliwości detekcyjne przyrządów, dlatego istotnym stało się zagadnienie zwiększenia sprawności detektorów z kwantowymi obszarami aktywnymi. W fotodiodach półprzewodnikowych, pracujących w warunkach polaryzacji zaporowej, w obszar aktywny wbudowane jest silne pole elektryczne wynikające zarówno z potencjału wbudowanego w złącze p-n lub złącze Schottky'ego oraz polaryzacji zewnętrznej przyrządu. Pole to silnie modyfikuje struktury elektronowe studni kwantowych oraz zmienia reguły wyboru, a tym samym prawdopodobieństwa optycznych przejść absorpcyjnych, co jest opisane kwantowym efektem Starka QCSE (ang. quantum confined Stark effect). Zwiększenie sprawności absorpcji w studniach kwantowych, umieszczonych w zaporowo spolaryzowanym złączu p-n (p-i-n) lub złączu Schottky'ego, jest możliwe dzięki kompensacji niekorzystnego wpływu kwantowego efektu Starka na właściwości absorpcyjne wykorzystując niejednorodne studnie kwantowe. Naturalnie powstające gradienty składu warstw półprzewodników metastabilnych, takich jak GaInNAs, jak i schodkowe studnie kwantowe GaInNAs/GaInNAs/GaAs mogą zostać wykorzystane do konstrukcji detektorów, w przypadku których wewnętrzna sprawność kwantowa rośnie wraz ze wzrostem natężenia pola elektrycznego wbudowanego w zaporowo spolaryzowane złącza. W ramach zgłoszonego tematu omówione zostanie zagadnienie zwiększenia sprawności detektorów złączowych zawierających studnie kwantowe oraz konstrukcje obszarów aktywnych typu QW umożliwiających eliminacje wpływu QCSE na właściwości absorpcyjne.

TRANSPORT CIEPLA I DZWIEKU W DWUWYMIAROWYCH KRYSZTALACH FONONICZNYCH

B. Graczykowski[a,b], A. El Sachat[c,d], J. S. Reparaz[c], M. Sledzinska[c], M. R. Wagner[c], E. Chavez-Angel[c], S. Volz[e], Y. Wu[e], F. Alzina[c], C. M. Sotomayor Torres[c,f]

[a] *NanoBioMedical Centre, Adam Mickiewicz University, ul. Umultowska 85, PL-61614 Poznan, Poland*
[b] *Max Planck Institute for Polymer Research, Ackermannweg 10, 55128, Mainz,Germany*
[c] *Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology (ICN2), CSIC and The Barcelona Institute of Science and Technology Campus UAB, Bellaterra, 08193 Barcelona, Spain*
[d] Dept. *of Physics, Universitat Autnoma de Barcelona, Campus UAB, Bellaterra, 08193 Barcelona, Spain*
[e] *Laboratoire dEnergetique Moleculaire et Macroscopique, Combustion, CNRS, CentraleSupelec, Grande Voie des Vignes, 92295 Chatenay-Malabry, France*
[f] *ICREA - Institucio Catalana de Recerca i Estudis Avancats, 08010 Barcelona, Spain*
bgraczykowski@gmail.com

Propagacja fal akustycznych w ciele stałym determinująca transport dźwięku oraz ciepła, może być opisana za pomocą kwazicząstek – fononów. Ich właściwości opisane są poprzez zależność dyspersyjną (dozwolone częstotliwości przy określonej długości fali) oraz średnią drogę swobodną. Obie te cechy mogą być swobodnie manipulowane poprzez odpowiednia modyfikację materiału ukierunkowana na określona częstotliwość/długość fali akustycznej[1,2,3]. Jedna z metod wykorzystuje w tym celu kryształy fotoniczne (ang. *Phononic Crystals*), tj. struktury o periodycznie zmieniających się właściwościach sprężystych. Przedstawione beda wyniki badan spektroskopii Brillouina dyspersji fononów akustycznych (GHz) oraz dwu-laserowej spektroskopii Ramana przewodnictwa cieplnego oraz dysypacji konwekcyjnej w kryształach fotonicznych wykonanych na cienkich monokrystalicznych membranach krzemowych[4,5.]



Rysunek 1. Schemat eksperymentu pomiaru przewodnictwa cieplnego za pomocą dwu-laserowej spektroskopii Ramana.

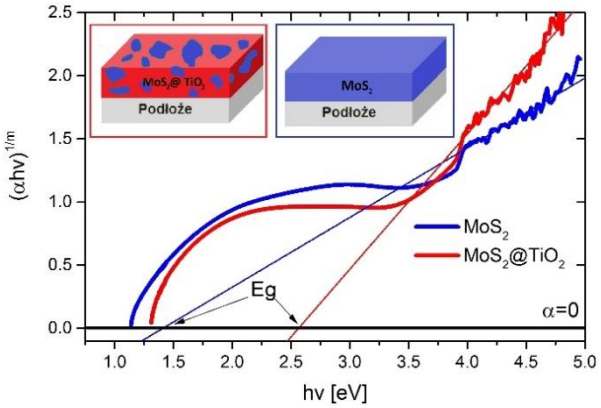
[1] M. Maldovan, Nature 503, 209 (2013).
[2] M. R. Wagner, B. Graczykowski, J. R. Reparaz et al., Nanoletters 16(9), 5661–5668 (2016).
[3] B. Graczykowski, M. Sledzinska, F. Alzina et al., Physical Review B 91, 075414 (2015).
[4] B. Graczykowski, A. El Sachat, J. R. Reparaz et al. Nature Communications (2017).
[5] J. Reparaz, E. Chavez-Angel, M. Wagner et al., Review of Scientific Instruments 85, 034901 (2014).

OPTYCZNE WŁASNOŚCI HETEROZŁĄCZY OBJĘTOŚCIOWYCH NA BAZIE TiO_2 I MoS_2

Łukasz Jarosiński[a], Kamila Kollbek[b], Katarzyna Przeszło[c], Marek Przybylski[a]

[a] *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowane,*
[b] *Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii,*
[c] *Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,*
Akademia Górniczo- Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.
Lukasz.Jarosinski@fis.agh.edu.pl

Półprzewodnikom wykorzystywanym w alternatywnych źródłach energii takich jak ogniwa słoneczne stawia się szereg wymagań (np. niska rekombinacja, wysoka stabilność), z których większość spełnia dwutlenek tytanu (TiO_2). Jednakże szerokość przerwy energetycznej TiO_2 jest za duża (3.0 eV dla rutylu, 3.2 eV dla anatazu) i aby uzyskać odpowiednią efektywność procesu konwersji energii słonecznej należy ten materiał modyfikować[1]. Ostatnio duże nadzieje budzi połączenie TiO_2 z dwusiarczkiem molibdenu (MoS_2), którego przerwa energetyczna (1.2 eV dla materiału objętościowego, 1.8 eV dla monowarstwy[2]) sprawia że materiał ten absorbuje światło w zakresie widzialnym. MoS_2 w połączeniu z TiO_2 stanowi złącze o takiej konfiguracji poziomów elektronowych, która umożliwia dyfuzję nośników ładunku w złączu. Heterozłącza objętościowe na bazie MoS_2 oraz TiO_2 zostały otrzymane metodą rozpylania magnetronowego i przebadane pod kątem własności optycznych i elektrycznych. Z analizy wyników metodą Tauc'a wynika, że szerokość przerwy energetycznej (E_g) heterozłącza MoS_2@TiO_2 (w stosunku około 1:1) wynosi 2,54 eV, co zwiększa prawdopodobieństwo wydajnej konwersji światła widzialnego.



Rysunek 1 Wartości przerwy energetycznej dla cienkich warstw MoS_2 oraz heterozłączy MoS_2@TiO_2 (hv- energia fotonu, α- współczynnik absorpcji, m = 1/2 – przejście proste dozwolone).

[1] Z. He, et al., Journal of Alloys and Compounds 672 (2016) 481–488.
[2] T. Cheiwchanchamnangij, et al., Physical Rewiew B 85 (2012) 205302.

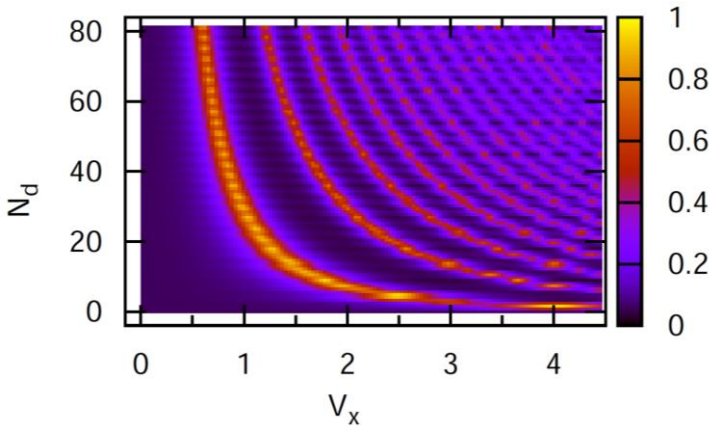
PRZEWODNICTWO I FALE ŁADUNKOWE W UKŁADACH NISKOWYMIAROWYCH

Tomasz Kwapiński, Mieczysław Jałochowski

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej Instytut Fizyki, pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin
tomasz.kwapinski@umcs.pl

Badania własności elektrycznych układów niskowymiarowych są istotne w kontekście ich przyszłych zastosowań w nanoelektronice. W szczególności, stabilne łańcuchy atomowe o grubości *n*-atomów ($n > 0$) wytwarzane na modyfikowanych powierzchniach schodkowych np. Si(335), Si(557) czy Si(553) stanowią najcieńsze z możliwych przewodniki prądu[1,2].

W prezentacji przedstawione zostaną eksperymentalne i teoretyczne badania przewodnictwa elektrycznego wzdłuż tarasów Si(553)/Au podczas formowania się atomowych łańcuchów Pb. Analizowane będą również przestrzenne rozkłady gęstości stanów oraz fale ładunkowe idealnych i zaburzonych łańcuchów. Okazuje się, że obserwowane w badaniach STM zmiany topografii wzdłuż łańcuchów nie odzwierciedlają fal gęstości ładunkowej układu. W układach sprzężonych łańcuchów atomowych obliczenia teoretyczne wykazują istnienie długookresowych oscylacji przewodnictwa (rys. 1) – łańcuchy te są więc nieczułe na zewnętrzne zaburzenia, co jest kluczowe dla ich możliwości aplikacyjnych.



Rysunek 1. Przewodnictwo wzdłuż łańcucha atomowego o długości N=100 atomów w funkcji sprzężenia z drugim łańcuchem, V_x, o zmiennej długości N_d. Oscylacje przewodnictwa widoczne są dla ustalonego parametru V_x w funkcji długości łańcucha N_d.

Badania wspierane są przez grant Narodowego Centrum Nauki nr 2014/13/B/ST5/04442.

[1] M. Jałochowski, T. Kwapiński, P. Łukasik, P. Nita, M. Kopciuszyński. J. Phys. : Condens. Matter 29, 095304.

[2] R. Losio, K. Altmann, A. Kirakosian, J. L. Lin, D. Petrovykh, F. Himpsel 2001 Phys. Rev. Lett. 86 4632.

MODYFIKACJE WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRONOWYCH UKŁADÓW GRAFENOWYCH

Paweł Dąbrowski, Maciej Rogala, Iaroslav Lutsyk, Witold Kozłowski, Adam Busiakiewicz, Paweł Kowalczyk, Zbigniew Klusek

Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, Pomorska 149/153, 90-236 Łódź, Polska
apdabr@uni.lodz.pl

Grafen jest jednym z najważniejszych materiałów nowej generacji. Jego unikalność związana jest z połączeniem w jednym materiale takich własności jak bardzo dobre przewodnictwo elektryczne i cieplne, transparentność, wytrzymałość oraz elastyczność. Grafen stanowi układ bazowy, którego własności można kontrolować oraz zmieniać w szerokich granicach. Otwiera to nowe możliwości dla zastosowania układów zawierających grafen w dziedzinie nowych technologii. Niemniej procesy zachodzące w grafenie na skutek jego modyfikacji wciąż nie są do końca poznane i wymagają szczegółowej analizy.

Przedstawione zostaną zaawansowane możliwości modyfikowania struktury elektronowej grafenu. Omówione będą zmiany, jakie zachodzą na sutek oddziaływania warstw grafenowych z podłożem oraz w wyniku chemicznej funkcjonalizacji materiału i wprowadzenia do sieci węglowej atomów innych pierwiastków. Wyniki badań makroskopowych zestawione zostaną z wynikami otrzymanymi za pomocą mikroskopii sił atomowych oraz skaningowej mikroskopii tunelowej. Komplementarne rezultaty badań eksperymentalnych będą uzupełnione symulacjami numerycznymi otrzymanymi w ramach teorii funkcjonału gęstości. Zaproponowane podejście pozwala na pełną analizę i zrozumienie zmian zachodzących w strukturze elektronowej materiału oraz rozpoznanie kierujących nimi mechanizmów.

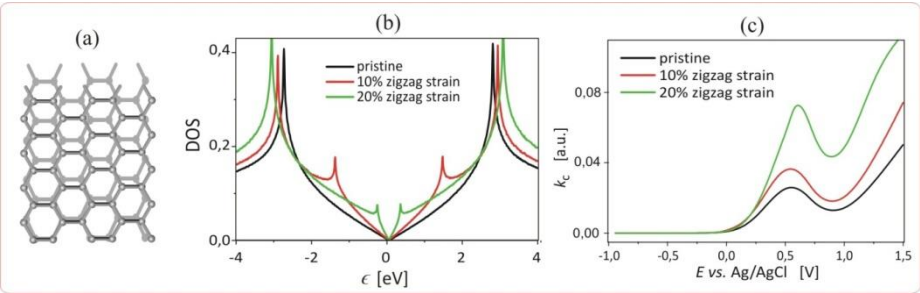
Prace finansowane były przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu GRAF-TECH/NCBR/15/25/2013 oraz przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektów DEC-2012/05/B/ST5/00354, DEC -2015/19/B/ST3/03142, DEC-2015/19/D/ST5/0193.

DOSTRAJANIE WŁAŚCIWOŚCI ELEKTROCHEMICZNYCH GRAFENU POPRZEZ ODKSZTAŁCANIE SIECI

Paweł Szroeder[a,b], Igor Sagalianov[c], Taras Radchenko[d]

[a]*Instytut Fizyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Powstańców Wielkopolskich 2, 85-090 Bydgoszcz, Poland*
[b]*Instytut Technik Węglowych sp. z o.o., Gagarina 5, 87-100 Toruń, Poland*
[c]*Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64 Volodymyrska Street, UA-03022 Kyiv, Ukraine,G. V.*
[d]*Kurdyumov Institute for Metal Physics of N. A. S. of Ukraine, 36 Academician Vernadsky Boulevard, UA-03142 Kyiv, Ukraine*
psz@ukw.edu.pl

Perspektywy wykorzystania nanomateriałów węglowych o hybrydyzacji sp^2, takich jak grafen[1], nanorurki węglowe[2,3] jako materiału do konstrukcji czujników elektrochemicznych oraz urządzeń do konwersji i magazynowania energii wymagają pogłębionych analiz dotyczących wpływu deformacji sieci o strukturze plastra miodu na kinetykę heterogenicznej reakcji przeniesienia elektronu. Odkształcenia sieci powstają w sposób naturalny w pochodnych grafenu. Mogą być również wywoływane w warunkach laboratoryjnych na dobrze określonych strukturach grafenowych, które po poddaniu naprężeniom sieci wykazują mierzalne efekty. Obliczenia gęstości stanów elektronowych grafenu poddanego rozciąganiu oraz oparte o te wyniki symulacje kinetyki heterogenicznej reakcji przeniesienia elektronu pokazują, że grafen jest materiałem bardzo wrażliwym na naprężenia. Współczynnik reakcji elektrodowej grafenu rozciągniętego o 20% wzdłuż kierunku zygzak powoduje wzrost stałej standardowej reakcji dla $Fe(CN)_6^{3-/4-}$ o 70%. Rozciąganie grafenu wzdłuż kierunku „krzesełkowego" sieci powoduje ponad dwukrotny wzrost stałej. W obliczeniach rozważamy również wpływ defektów punktowych, takich jak wakanse oraz domieszki.



Rysunek 1. (a) Rozciąganie wzdłuż kierunku zygzak. (b) Zależność gęstości stanów π-elektronowych grafenu od naprężenia. (c) Obliczone szybkości reakcji k_c dla heterogenicznej reakcji redukcji $Fe(CN)_6^{3-}$ na rozciąganej elektrodzie grafenowej.

[1] T. M. Radchenko et al. Carbon 101 (2016) 37-48.
[2] P. Szroeder, et al. Carbon 48 (15), (2010) 4489-4496.
[3] P. Szroeder, Physica E 44 (2), (2011) 470-475.

PRZEKAZ ENERGII Z BIAŁKA FOTOSYNTETYCZNEGO DO GRAFENU

Karolina Sulowska[a], Kamil Wiwatowski[a], Julian David Janna Olmos[b], Piotr Szustakiewicz[c], Wiktor Lewandowski[c], Joanna Niedziółka-Jönsson[d], Joanna Kargul[b], Sebastian Maćkowski[a,e]

[a] *Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń*
[b] *Centrum Nowych Technologii, Uniwersytet Warszawski, Warszawa*
[c] *Wydział Chemii, Uniwersytet Warszawski, Warszawa*
[d] *Instytut Chemii Fizycznej PAN, Warszawa*
[d] *Bałtycki Instytut Technologiczny, Gdynia*
258937@stud.umk.pl

Grafen dzięki swoim unikalnym właściwościom związanym z pochłanianiem energii świetlnej w całym zakresie spektralnym, jest wyjątkowym akceptorem w nanostrukturach hybrydowych. W pracy skoncentrowano się na opisie wpływu morfologii warstwy grafenowej na wydajność przekazu energii z naturalnych kompleksów fotosyntetycznych. Ich szeroki zakres absorpcji pozwala na określenie wpływu długości fali wzbudzenia na wydajność tego procesu[1]. Eksperymenty prowadzone były z wykorzystaniem zawansowanych technik mikroskopii fluorescencyjnej.

W przypadku gdy struktura grafenowa składa się z jednej monowarstwy, obserwujemy wydajny i jednorodny przekaz energii z kompleksów fotosyntetycznych do grafenu, co objawia się znaczną redukcją natężenia emisji oraz skróceniem czasu zaniku fluorescencji. W przypadku struktury, w której zmieniana była liczba warstw grafenu, pojawia się silna korelacja pomiędzy transmisją a natężeniem fluorescencji. Oznacza to, że wydajność przekazu energii silnie zależy od liczby warstw grafenu i że w miarę wzrostu liczby warstw wydajność ta spada[2].

Najważniejszym rezultatem przeprowadzonych badań jest wykazanie, że nie tylko wydajność przekazu energii do grafenu zależy od energii wzbudzenia nanostruktury hybrydowej białko fotosyntetyczne – grafen, ale że ta zależność jest funkcją liczby warstw grafenu. Wynik ten otwiera zupełnie nowe perspektywy związane z wykorzystaniem materiałów grafenowych w układach optoelektronicznych i architekturach czujnikowych.

Research was supported by the project DEC-2013/10/E/ST3/00034 funded by the National Science Center and by the grant no. DZP/POLTUR-1/50/2016 funded by the Polish National Centre for Research and Development.

[1] S. Mackowski, I. Kamińska, Applied Physics Letters 2015, 107, 023110.
[2] I. Kaminska, K. Wiwatowski, S. Mackowski, RSC Advances 2016, 6, 102791.

DWUPRÓBNIKOWE POMIARY STM W SKALI ATOMOWEJ

Marek Kolmer

Centrum Badań Układów Nanoskopowych i Zaawansowanych Materiałów, NANOSAM, Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
marek.kolmer@uj.edu.pl

Pomimo znacznego rozwoju technik doświadczalnych bazujących na koncepcji mikroskopii sond skanujących bezpośredni pomiar właściwości transportowych nanostruktur jest ciągle otwartym zagadnieniem. W szczególności pomiary transportowe wykonywane w *geometrii planarnej* są kluczowe z punktu widzenia praktycznych zastosowań atomowych[1] lub monomolekularnych układów[2], które w tej chwili charakteryzowane są najczęściej za pomocą technik STM/STS, tj. w *geometrii wertykalnej*.

W referacie przedstawię wyniki naszych badań wykonanych na nowym cztero-próbnikowym mikroskopie STM LT-Nanoprobe firmy Scienta Omicron. Przede wszystkim na przykładzie testowych pomiarów prowadzonych na powierzchni Au(111) w temperaturze 4.5 K pokażę, że niezależne skanery STM nawigowane przez wysokorozdzielczy skaningowy mikroskop elektronowy pozwalają wykonywać jednoczesne pomiary STM na tej samej powierzchni w dokładnie zdefiniowanych względem siebie pozycjach ze stabilnością porównywalną do standardowych jedno-próbnikowych mikroskopów LT-STM[3].

W głównej części referatu, na przykładzie drutów atomowych na powierzchniach Ge(001) oraz Ge(001):H, omówię naszą metodologię dwu-próbnikowych pomiarów STM. W tym kontekście po pierwsze pokażę, że atomowo-precyzyjnie umieszone względem siebie ostrza STM mogą pracować stabilnie na odległościach poniżej 40 nm. Następnie przedstawię naszą realizację dwu-próbnikowej spektroskopii STS, która pozwala na badanie właściwości transportowych układów atomowych bądź molekularnych w *geometrii planarnej* poprzez systematyczny pomiar sygnału $dI_2/dV_1(V_1)$ (transkonduktancja). Na omawianym przykładzie wyznaczę w ten sposób reżimy transportu balistycznego przez stany powierzchniowe Ge(001)[4].

[1] M. Kolmer, R. Zuzak, G. Dridi, S. Godlewski, C. Joachim, M. Szymonski, Nanoscale 7, 12325–12330 (2015).
[2] S. Godlewski, et al., ACS Nano 7 (11), 10105-10111 (2013) & ACS Nano 10 (9), 8499–8507 (2016).
[3] J. Yang, D. Sordes, M. Kolmer, D. Martrou, C. Joachim, Eur. Phys. J. Appl. Phys., 73, 10702 (2016).
[4] M. Kolmer et al. w przygotowaniu (2017).

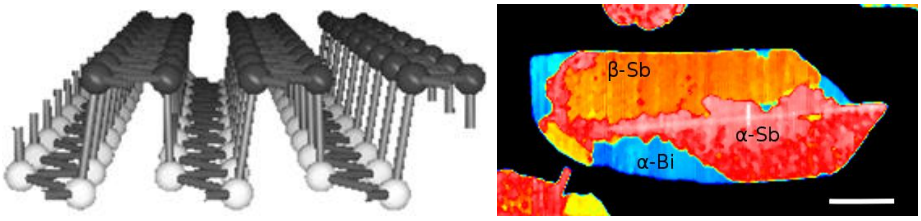
HYBRYDOWE STRUKTURY DWUWYMIAROWE BIZMUTU I ANTYMONU

P. J. Kowalczyk[a], W. Kozłowski[a], M. Rogala[a], P. Dąbrowski[a], A. Busiakiewicz[a], Z. Klusek[a], T. Maerkl[b], M. Le Ster[b], I. V. Mahajan[b], H. Pire[b], Z. Ahmed[b], S. A. Brown[b], G. Bian[c], X. Wang[d], T. -C. Chiang[e]

[a] *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, Pomorska 149/153, 90-236 Łódź*
[b] *University of Canterbury, Private Bag 4800, Christchurch 8140, New Zealand*
[c] *University of Missouri, Columbia, Missouri 65211, USA*
[d] *Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China*
[e] *University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois 61801-3080, USA*
pawel.kowalczyk@uni.lodz.pl

W prezentacji tej przedstawimy najnowsze wyniki dotyczące wzrostu, oraz właściwości elektronicznych materiałów 2D oraz struktur hybrydowych wytworzonych w oparciu o pierwiastki z 15 grupy układu okresowego. W szczególności w naszych badaniach wykorzystujemy 2D izolator topologiczny α-bizmuten (Bi krystalizujący w dwuwarstwowej strukturze A17 czarnego fosforu (zobacz rysunek 1)), na którym jesteśmy w stanie wytworzyć nigdy wcześniej nie obserwowane monoatomowe warstwy bizmutenu (MBi) oraz α-antimonen'u. Omówimy także, wzrost β-antimonen'u (Sb w strukturze A7 niebieskiego fosforu), który koegzystuje z fazą α (zobacz rysunek 1).

Badania nasze prowadzimy z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii i spektroskopii tunelowej a także przy użyciu DFT. Nasze wyniki jasno wskazują na metaliczny charakter MBi oraz półprzewodnikowy dla α- i β-antimonen'u. Nasze obliczenia teoretyczne wskazują na topologiczny charakter α-antimonen'u. Pokażemy również, że mierzona funkcja gęstości stanów elektronowych jest wypadkową dla układu hybrydowego, w którym podłoże stanowi α-bizmuten. Omawiane przez nas materiały dwuwymiarowe i ich połączenia hybrydowe wydają się być idealnymi kandydatami do wytwarzania nowoczesnej elektroniki ze względu na ich nietrywialne własności topologiczne.



Rysunek 1. (lewo) Struktura czarnego fosforu charakterystyczna dla α-bizmuten'u i α-antimonen'u. (prawo) Obraz STM pokazujący układ hybrydowy α-bizmuten'u (α-Bi) z β-antimonenem (β-Sb) i α-antimonenem (α-Sb) uzyskany w ramach jednej nanostruktury. Belka odpowiada 100 nm.

Podziękowania: P. J. K. dziękuje Narodowemu Centrum Nauki DEC-2015/17/B/ST3/02362.

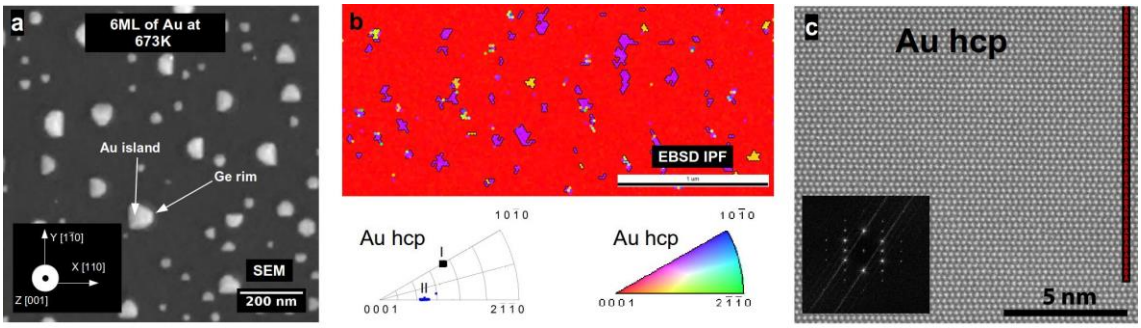
WZROST ZŁOTA O STRUKTURZE HEKSAGONALNEJ (Au hcp) W PROCESIE SAMOORGANIZACJI INDUKOWANEJ TEMPERATUROWO NA POWIERZCHNI Ge(001)

B. R. Jany[a], N. Gauquelin[b], T. Willhammar[b], M. Nikiel[a], K. H. W. van den Bos[b], A. Janas[a], K. Szajna[a], J. Verbeeck[b], S. Van Aert[b], G. Van Tendeloo[b], F. Krok[a]

[a]*Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*
[b]*EMAT University of Antwerp, Groenenborgerlaan 171, BE-2020 Antwerp, Belgium*
benedykt.jany@uj.edu.pl

Złoto, w strukturach o rozmiarach nanometrów, jest obecnie ważnym materiałem stosowanym w wielu dziedzinach nauki i technologii. Struktura heksagonalna Au typu hcp jest bardzo niezwykłą i rzadką strukturą gdyż złoto naturalnie występuje w formie kubicznej typu fcc. Sam układ Au/Ge(001) jest także bardzo ciekawy ze względu na możliwość występowania w nim kanałów przewodnictwa 1D[1] mogących być zastosowanych w budowie przyszłych urządzeń elektronicznych mono-molekularnych.

W prezentacji przedstawione zostaną wyniki badań indukowanej temperaturowo samoorganizacji cienkiej warstwy (kilku monowarstw) Au na powierzchni (2x1) Ge(001) w UHV, które pozwoliły uzyskać stabilne nanostruktury 3D zbudowane z fazy Au hcp o kontrolowanym rozmiarze[2]. Powstałe w procesie samoorganizacji nanostruktury, zostały początkowo scharakteryzowane za pomocą wysoko-rozdzielczej mikroskopii EBSD/SEM. Zarówno struktura krystalograficzna wysp zbudowana z fazy Au hcp jak i interfejs Au/Ge został następnie dokładnie zbadany za pomocą atomowo-rozdzielczej mikroskopii HAADF STEM. Pomiary te na poziomie atomowym pozwoliły wyznaczyć diagram fazowy oraz model opisujący pojawianie się fazy Au hcp w wygrzewanym układzie Au/Ge(001)[2].



Rysunek 1. Nanostruktury Au hcp na powierzchni Ge(001), a) obraz SEM, b) mapa EBSD IPF – widać fazę Au hcp, c) atomowo-rozdzielczy HAADF STEM pokazujący fazę Au hcp.

[1] C. Blumenstein, et al. Nature Physics 7, 776-780 (2011).
[2] B. R. Jany, et al. Scientific Reports 7, 42420 (2017).

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE STOPU POWIERZCHNIOWEGO Ba-Ga WYTWORZONEGO NA POWIERZCHNI Ge(001)

Wojciech Koczorowski[a], Tomasz Grzela[a], Marian W. Radny[a,b], Ryszard Czajka[a]

[a] *Instytut Fizyki, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska*
[b] *Faculty of Science, School of Mathematical and Physical Sciences, Newcastle, Australia*
Wojciech.Koczorowski@put.poznan.pl

Zastosowanie Germanu (Ge) jest jednym z najbardziej obiecujących modyfikacji istniejącej technologii CMOS w celu zwiększenia jej funkcjonalności, która polegać może na zwiększeniu częstotliwości pracy układów logicznych i zmniejszeniu potrzebnej mocy zasilania. Pełna integracja Ge z technologia krzemową wymaga rozwiązania szeregu problemów technologicznych, m.in. wytwarzania dobrze zdefiniowanych, niskooporowych nanostruktur na powierzchni Ge(001) rozpatrywanych jako funkcjonalne kontakty omowe[1,2].

Innym problem technologicznym jest wytwarzanie cienkich warstw pasywacyjnych, które pozwalają na zwolnienie procesów degradacji powierzchni podłoża półprzewodnikowego i efektywniejsze ich wykorzystanie w technologii wytwarzania urządzeń elektronowych budowanych na podłożu Ge. Przykładem takiej warstwy o mono-atomowej grubości jest stop powierzchniowy Ba-Ge[3]. Składa się ona z atomów Ba wbudowanych w zewnętrzną warstwę półprzewodnika, które tworzą regularną strukturę o rekonstrukcji powierzchniowej 2×3[4]. W prezentacji przedstawione zostaną eksperymentalne badania z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu tunelowego (STM) dotyczące właściwości strukturalnych takiej warstwy. Dodatkowo zostanie wykazana stabilność termiczna takiej warstwy w temperaturze 1070 K, wraz z określeniem szybkości i mechanizmu desorpcji atomów Ba z badanej powierzchni.

Praca częściowo finansowana ze środków MNiSW projekt nr 06/62/DSPB/0217.

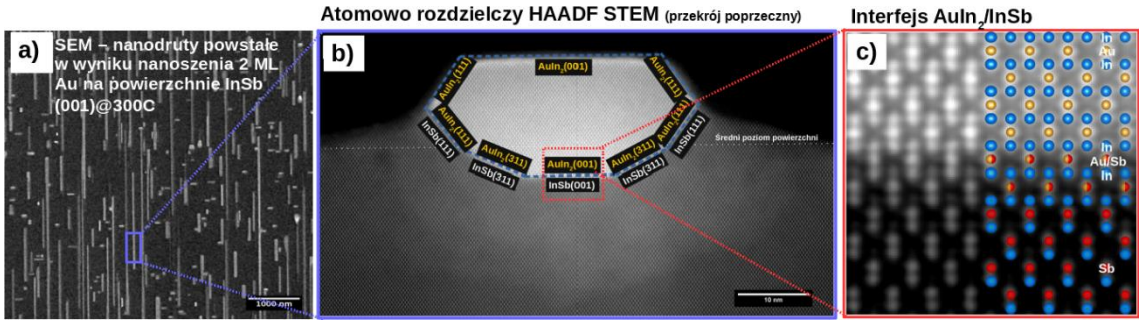
[1] T. Grzela, et al., J. Appl. Phys. 115 (2014) 074307.
[2] T. Grzela et al., Nanotechnology 26 (2015) 385701.
[3] W. Koczorowski et al., Nanotechnology 26 (2015) 155701.
[4] W. Koczorowski et al., Phys Rev B 93 (2016) 195304.

SYNTEZA ANIZOTROPOWYCH NANOSTRUKTUR METALICZNYCH NA POWIERZCHNIACH KRYSZTAŁÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH TYPU AIIIBV

A. Janas[a], B. R. Jany[a], K. Szajna[a], O. Kryshtal[b], G. Cempura[b], A. Kruk[b], A. Czyrska-Filemonowicz[b], F. Krok[a]

[a]*Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*
[b]*Międzynarodowe Centrum Mikroskopii Elektronowej dla Inżynierii Materiałowej, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, 30-059 Kraków*
arkadiusz.janas@doctoral.uj.edu.pl

Półprzewodniki z grupy AIII-BV ze względu na wysoką ruchliwość ładunków jak i prostą przerwę energetyczną są obiecującym materiałem do zastąpienia technologii krzemowej. W prezentacji przedstawione zostaną wyniki badań dotyczących morfologii i struktury krystalicznej nanostruktur metalicznych powstających na zrekonstruowanych powierzchniach kryształów półprzewodnikowych z grupy AIII-BV (np. InSb, GaSb) w wyniku temperaturowo-indukowanej organizacji naniesionych cienkich warstw Au. Podczas wygrzewania 2 ML Au w temperaturze 330°C, w zależności od rodzaju podłoża zaobserwowano wzrost nanowysp z samego Au (dla podłoży z GaP i GaAs) lub stopów $AuIn_2$, $AuGa_2$, Au_3In (dla podłoży z InSb, GaSb, InAs) o anizotropowym kształcie. Badania z wykorzystaniem transmisyjnego mikroskopu elektronowego (TEM) w trybie HAADF STEM z rozdzielczością atomową w połączeniu z fluorescencją rentgenowską (EDX) wykazały, że dla układu Au/GaSb(001) obserwujemy atomowo ostry interfejs między nanowyspami $AuGa_2$ a podłożem. Z kolei dla układu Au/InSb(001) zaobserwowano koherentne przejście pomiędzy nanodrutami AuIn2 a matrycą InSb poprzez wbudowywanie się atomów Au w pozycję węzłowe atomów Sb. Badania morfologii przeprowadzone zostały za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) oraz mikroskopii sił atomowych (AFM).



Rysunek 1 a) Obrazy SEM struktur metalicznych powstałych w wyniku wygrzewania 2ML Au/InSb(001) w temp. 300C, b) przekrój poprzeczny nanodrutu, c) struktura atomowa interfejsu nanodrut/podłoże.

MOLEKULARNE PRZEŁĄCZNIKI, SAMO-ORGANIZACJA I MOLEKULARNE NANODRUTY DLA ELEKTRONIKI I SPINTRONIKI

M. Bazarnik[a,b], A. Wykrota[a,c], E. Sierda[a,b], W. Koczorowski[a], J. Nowakowski[a,d]
R. Czajka[a]

[a] *Wydzial Fizyki Technicznej Politetchniki Poznańskiej,* [b] *Institute of Applied Physics, University of Hamburg, Germany,* [c]*Sigma Surface Science GmbH, Taunusstein, Germany,* [d] *Paul Scherrer Institute, Switzerland*
ryszard.czajka@put.poznan.pl

Rozwój elektroniki molekularnej wiąże się z wykorzystaniem monowarstw i nanodrutów tworzonych przez cząsteczki związków organicznych oraz pojedynczych cząsteczek, jako elementów aktywnych układów i przyrządów nanoelektronicznych. Układy molekularne mogą wykorzystywać zarówno transport ładunku elektrycznego (nano-elektronika), jak i propagację informacji spinowej (nano-spintronika). W dziedzinie badań zwanych nano-spintroniką informacja magnetyczna (tzw. spin) zastępuje ładunek elektronu, jako nośnik informacji. Przewaga układów magnetycznych nad układami opartymi na przesyle prądu elektrycznego polega na dużo mniejszym zużyciu energii oraz znacznym zwiększeniu prędkości propagacji informacji.

W trakcie wykładu będą przedstawione m. in. przykłady wykorzystania pojedynczych cząsteczek organicznych (np. pochodnych azobenzenu, dzięki możliwości indukowania zmian ich konformacji – izomeryzacji), jako przełączników elektronicznych[1] i potencjalne aplikacje tych molekuł, jako funkcjonalnych elementów w złożonych układach logicznych. Kontrolowana adsorpcja cząsteczek organicznych na podłożach półprzewodnikowych może być również wykorzystana do inicjowania wzrostu stabilnych nanodrutów metalicznych. Z kolei uporządkowane monowarstwy (2-wymiarowe matryce) odpowiednio dobranych cząsteczek organicznych, tworzone z wykorzystaniem efektów tzw. „samoorganizacji", zawierających atomy pierwiastków magnetycznych[2], mogą służyć jako detektory ekstremalnie małych stężeń gazów, których cząsteczki zaadsorbowane na powierzchni matryc molekularnych zmieniają ich molekularny moment spinowy. Przechodząc do przykładów struktur molekularnych przydatnych dla spintroniki zostaną zaprezentowane techniki wytwarzania nanodrutów molekuł zawierających atomy pierwiastków magnetycznych. Nanodruty te mogą być wykorzystane do budowy elementów połączeń oraz złączy tworzących bramki logiczne[3]. Takie liniowe molekularne układy liniowe pozwalają na znaczną minimalizację rozmiarów urządzeń elektronicznych, aż do skali pojedynczych nanometrów. Wykorzystując te technologie, jak i niedawno odkryte niekolinearne struktury magnetyczne, zwane skymionami[4], można bezstratnie przesłać informację cyfrową na znaczne odległości oraz wytworzyć urządzenia spintroniczne działające w temperaturach, co najmniej o rząd wielkości wyższych niż dotychczas osiągnięte.

[1] A. Wykrota, M. Bazarnik, R. Czajka, K. Morgenstern, Phys. Chem. Chem. Phys. 17, (2015), 28830.
[2] J. Girovsky, K. Tarafder, C. Waeckerlin, J. Nowakowski, D. Siewert et al., Phys. Rev. B 90 (2014) 220404.
[3] M . Bazarnik, B. Bugenhagen, M. Elsebach, E. Sierda, A. Frank, M. H. Prosenc, R. Wiesendanger, Nano Lett. 16 (2016) 577.
[4] J. Brede, N. Atodiresei, V. Caciuc, M. Bazarnik, A. Al-Zubi, S. Blügel, R. Wiesendanger, Nature Nanotechology 9 (2014) 1018.

OBRAZOWANIE I MODELOWANIE UKŁADÓW MOLEKULARNYCH W STM I AFM

Wojciech Kamiński

Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski, plac Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław
wojciech.kaminski@uwr.edu.pl

Elektronika molekularna stanowi atrakcyjną alternatywę wobec obecnie stosowanych urzadzeń elektronicznych, umożliwiając w szczególności kolejny postęp w ich miniaturyzacji. Wzrost zainteresowania zastosowaniem molekuł organicznych jako podstawowych elementów elektronicznych — takich jak przełączniki, diody, elementy pamięci czy tranzystory — rodzi potrzebę pełnego zrozumienia podstawowych procesów zachodzących w układach molekularnych.

W referacie zostaną zaprezentowane zastosowania skaningowej mikroskopii bliskich oddziaływań STM/AFM do obrazowania i charakteryzacji molekuł organicznych zaadsorbowanych na powierzchniach metali i półprzewodników. W szczególności przedstawiona zostanie procedura wykorzystująca jednoczesne obrazowanie metodami STM i AFM, która pozwala na jednoznaczne rozróżnienie zaadsorbowanych molekuł od defektów powierzchniowych. Metoda ta pozwala nie tylko na samą identyfikację molekuł, ale również na precyzyjne określenie ich konfiguracji oraz miejsca adsorpcji. Poprawność zaproponowanej techniki pomiarów została potwierdzona teoretycznie: uzyskano dobrą zgodność wynikami obliczeń *ab initio*.

Coraz powszechniej eksperymentom z układami molekularnymi towarzyszą komplementarne badania teoretyczne obejmujące obliczenia z pierwszych zasad w ramach teorii funkcjonału gęstości (DFT). Pozwalają one nie tylko określić związek pomiędzy optymalną konfiguracją atomową a strukturą elektronową układów molekularnych, ale również umożliwiają modelowanie obrazów analogicznych do tych uzyskiwanych ekperymentalnie technikami STM/AFM. W końcowej części wykładu przedstawione będą przykłady wyników badań teoretycznych obrazowania molekuł organicznych w STM i AFM pozwalających na właściwą interpretację danych doświadczalnych.

POJEDYNCZE MOLEKUŁY I NIEWYSYCONE WIĄZANIA NA POWIERZCHNI UWODORNIONEGO PÓŁPRZEWODNIKA

Szymon Godlewski[a], Marek Kolmer[a], Mads Engelund[b], Hiroyo Kawai[c], Rafal Zuzak[a], Aran Garcia-Lekue[d], Antonio Echavaren[e], Diego Pena[f], Dolores Perez[f], Enrique Guitian[f], Ghassen Dridi[g], Christian Joachim[g], Daniel Sanchez-Portal[b,d], Mark Saeys[h], Marek Szymoński[a]

[a] *Centrum NANOSAM, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Łojasiewicza 11, PL 30-348 Kraków*

[b]*Centro de Fisica de Materiales CSIC,Paseo Manual de Lardizabal 5,E-20018, San Sebastian, Hiszpania*

[c] *IMRE, 2 Fusionopolis Way, Innovis, #08-03, Singapur 138634, Singapur*

[d]*Donostia International Physics Center, Paseo Manual de Lardizabal 4, 20018, San Sebastian, Hiszpania*

[e]*Institute of Chemical Research of Catalonia (ICIQ), Av. Països Catalans 16, 43007 Tarragona,Hiszpania*

[f]*CiQUS, Universidad de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela, Hiszpania*

[g]*CEMES-CNRS, 29 rue Jeanne Marvig, F-31055 Toulouse, Francja & NIMS, 1-1 Namiki, Tsukuba, Ibaraki 305-0044, Japonia*

[h]*Laboratory for Chemical Technology, Ghent University, Technologiepark 914, 9052 Ghent, Belgia*

szymon.godlewski@uj.edu.pl

W okresie ostatnich kilkunastu lat szybki rozwój mikroskopów bliskich oddziaływań umożliwił obrazowanie, charakteryzację i kontrolowaną manipulację atomami i molekułami z precyzją subnanometrową. W efekcie obserwujemy znaczący wzrost zainteresowania tworzeniem struktur w nanoskali i ich potencjalnymi przyszłościowymi zastosowaniami. Jednym z pomysłów jest wykorzystanie pojedynczych molekuł oraz struktur atomowych w przyszłościowych urządzeniach liczących oraz innych układach funkcjonalnych. W szczególności rozwój technik umożliwiających tworzenie struktur z precyzją atomową oraz analizę oddziaływania molekuł z pojedynczymi atomami wydaje się być kluczowy w kontekście wytwarzania prototypowych układów w nanoskali. Kontrola właściwości elektronowych układów molekularnych i atomowych w nanoskali wymaga odizolowania ich od wpływu podłoża. Można to osiągnąć stosując pasywowane powierzchnie półprzewodników[1]. W szczególności pasywowane wodorem powierzchnie krzemu i germanu wydają się szczególnie perspektywiczne z uwagi na możliwości wytwarzania struktur zbudowanych z niewysyconych wiązań w sposób kontrolowany i z precyzją atomową. Co więcej, obecność aktywnych chemicznie wakancji wodorowych umożliwia kontrolowane łączenie molekuł z podłożem i tworzenie powierzchniowych prototypowych obwodów[2-3]. W prezentacji omówione zostaną możliwości kontrolowanego i odwracalnego sprzęgania molekuł organicznych z podłożem dzięki tworzeniu wiązań chemicznych z niewysyconymi powierzchniowymi wiązaniami. W szczególności pokazane zostanie, że molekuły wiążą się z powierzchnią poprzez reakcję [4+2] cykloaddycji[4]. Pokażemy również, że w temperaturach kriogenicznych wiązania molekuł z podłożem mogą zostać zerwane przy użyciu skaningowego mikroskopu tunelowego, co umożliwia przełączanie pomiędzy dwoma znacząco różnymi stanami układu. Umożliwia to wytworzenie prototypowych wirników molekularnych z niewysyconymi wiązaniami pełniącymi rolę łożysk[5]. Zademonstrowane zostanie również tworzenie bramek logicznych opartych na powierzchniowych układach niewysyconych wiązań[3].

Prace finansowane w ramach projektu Sonata 8 NCN (nr UMO-2014/15/D/ST3/02975) oraz projektu PAMS z 7 Programu Ramowego EU (kontrakt nr 610446).

[1] S. Godlewski et al. ACS Nano 7, 10105 (2013); A. Bellec et al. Nano Lett. 9, 144 (2009); S. Godlewski et al. Phys. Chem. Chem. Phys. 18, 3854 (2016).

[2] M. Kolmer et al. Phys. Rev. B 86, 125307 (2012).

[3] M. Kolmer et al. Nanoscale 7, 12325 (2015).

[4] S. Godlewski et al. Phys. Chem. Chem. Phys. 18, 16757 (2016).

[5] S. Godlewski et al. ACS Nano 10, 8499 (2016).

METODYKA OPRACOWYWANIA TECHNOLOGII WYTWARZANIA STRUKTURY DIODY ULTRAFIOLETOWEJ UV-LED

Sebastian Złotnik[a], Jakub Sitek[a,b], Krzysztof Rosiński[a], Piotr Caban[a], Mariusz Rudziński[a]

[a] *Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa*
[b] *Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice*
sebastian.zlotnik@itme.edu.pl

Diody elektroluminescencyjne (LED) emitujące w zakresie promieniowania ultrafioletowego (UV) są wytwarzane na bazie związków azotu tzw. A^{III}-B^{N}, takich jak $Al_xGa_{1-x}N$, ze względu na ich szeroką przerwę energetyczną (3.4_{GaN} - 6.2_{AlN} eV)[1]. Ten fakt umożliwia efektywną generację promieniowania od koloru fioletowego do UV. Teoretycznie przy użyciu tych materiałów możliwe jest wytwarzanie diod w pełnym zakresie światła widzialnego i UV, jednak obecny stan technologii nie pozwala na otrzymanie odpowiednio wysokiej jakości warstw o dużej zawartości Al w $Al_xGa_{1-x}N$. To powoduje, że uzyskuje się diody UV-LED z tylko kilku procentową zewnętrzną wydajnością kwantową[2]. Dlatego ważnym zagadnieniem badawczym jest odpowiednia konstrukcja struktur i sposoby ekstrakcji światła z części aktywnej diody w celu podniesienia wydajności diod UV-LED z równoczesnym wydoskonalaniem tych struktur od strony epitaksji. Heterostruktury $Al_xGa_yIn_{(1-x-y)}N/GaN$ oraz $Al_xGa_yIn_{(1-x-y)}N/AlN$, stanowiące aktywną część diody elektroluminescencyjnej zostały naniesione na podłoża Al_2O_3 i AlN metodą epitaksji ze związków metaloorganicznych w fazie gazowej (z ang. *LP MOVPE – Low Pressure Metal-Organic Vapour Phase Epitaxy*).

W pracy przedstawione zostaną wyniki badań dotyczących opracowania technologii otrzymywania heterostruktur $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N/AlN$ na podłożach szafirowych i objętościowych kryształach AlN, ukierunkowanych na zastosowanie UV-LED. Wytwarzanie wysokiej jakości wielokrotnych studni kwantowych, stanowiących część aktywną diod elektroluminescencyjnych np. wielowarstw $n^x(Al_xGa_{1-x}N/Al_xGa_{1-x}N)$, jest dużym wyzwaniem. Na podstawie wyników przekrojów poprzecznych struktur z mikroskopii elektronowej (TEM i STEM) omówiony zostanie układ różnych studni kwantowych w zależności od projektowanej barwy diody. Szczególną uwagę zwrócono na uzyskanie wysokiej jakości struktur (pomiary HR-XRD, AFM, SIMS). Optyczne badania struktur przeprowadzone zostały metodami fotoluminescencji oraz odbicia[3]. Tak kompleksowe podejście do tematyki jest konieczne do realizacji wysokiej jakości struktur diod UV-LED.

Podziękowania: Niniejsza praca była finansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu ramowego INNOTECH-K2/IN2/85/182066/NCBR/13, oraz częściowo finansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS10 2015/19/B/ST7/02163.

[1] M. Kneissl, *A brief review of III-Nitride UV emitter technologies and their applications*, Springer, 2015, 1–25.
[2] S. Fujita, *Wide-bandgap semiconductor materials: For their full bloom*, Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 030101.
[3] M. Gladysiewicz, M. Rudzinski, R. Kudrawiec, *Simulation of emission and material gain spectra of polar $Al_xGa_{(1-x)}N$ quantum wells grown on virtual $Al_yGa_{(1-y)}N$ substrates with $0<y<1$*, submitted (2017).

PRZEZROCZYSTE SUPERKONDENSATORY OPARTE NA NANOSTRUKTURALNYCH ELEKTRODACH ZnO/MnO_2

Michał A. Borysiewicz[a], Marek Ekielski[a], Marek Wzorek[a], Zuzanna Ogorzałek[b], Jakub Kaczmarski[a], Tomasz Wojciechowski[b], Eliana Kamińska[a]

[a] *Instytut Technologii Elektronowej, al. Lotników 32/46, 02-668, Warszawa, Poland*
[b] *Wydział Fizyki UW, Pasteura 5, 02-093, Warszawa, Poland*
[c] *Instytut Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668, Warszawa, Poland*
mbory@ite.waw.pl

Rozwój elektroniki przezroczystej, najsilniej widoczny w obszarze przezroczystych wyświetlaczy i układów sterujących wymaga równoczesnych badań nad przezroczystymi przyrządami do magazynowania energii. Dotychczasowe prace dotyczące przezroczystych superkondensatorów korzystały z bardzo cienkich elektrod z nanostruktur węglowych, wypełnionych silnym elektrolitem kwasowym, których pojemności wynosiły poniżej 1 mF/cm^2, a przezroczystość nie przekraczała 55%[1].

W niniejszym komunikacie prezentowane jest autorskie rozwiązanie w zakresie technologii przezroczystych superkondensatorów, w których wykorzystywane są elektrody z nanostrukturalnego ZnO pokrytego nanocząstkami MnO_2. ZnO służy jako przezroczysty szkielet dla adsorpcji nanocząstek MnO_2 i jest wytwarzany na drodze magnetronowego rozpylania katodowego z wygrzewaniem poosadzeniowym, na podłożach ze szkła pokrytego tlenkiem indowo-cynkowym domieszkowanym fluorem. Nanocząstki MnO_2 wytworzono na dwa sposoby, w reakcjach $KMnO_4$ z $Mn(Ac)_2$ i z poli(chlorowodorkiem alliloaminy), PAH.

Badania TEM wykazały, że na drodze syntezy z wykorzystaniem $Mn(Ac)_2$ otrzymano głównie nanocząstki β-MnO_2 z mniejszościowym udziałem fazy α-MnO_2. W przypadku syntezy PAH, powstały duże amorficzne cząstki z zagnieżdżonymi nanoziarnami β-MnO_2.

Przeprowadzono testy superkondensatorów z elektrolitem żelowym LiCl/ PVA w zakresie 0-1 V z zastosowaniem woltamperometrii cyklicznej przy różnych prędkościach przemiatania, cyklicznych procesów ładowania i rozładowania oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej. Superkondensatory oparte na MnO_2 z reakcji z $Mn(Ac)_2$ i PAH charakteryzowały się bardzo wysokimi pojemnościami, odpowiednio 2. 6 mF/cm^2 i 1. 6 mF/cm^2 oraz wysokim stopniem przezroczystości, odpowiednio 86% i 58% dla światła 550 nm. Powiązano parametry użytkowe z fazami i strukturą nanocząstek MnO_2.

Badania były dofinansowane ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Lider V, nr umowy LIDER/030/615/L-5/NCBR/2014.

[1] J. Ge, G. Cheng, L. Chen, Nanoscale, 2011, 3, 3084; K. Gao, Z. Shao, X. Wu,X. Wang, Y. Zhang, W. Wang, F. Wang, Nanoscale, 2013, 5, 5307.

POLIMEROWE OGNIWA SŁONECZNE – FIZYKA ZAANGAŻOWANA W POPRAWĘ ICH WYDAJNOŚCI

Maria Kamińska[a], Sylwia Grankowska-Ciechanowicz[a], Adam Wincukiewicz, Krzysztof Korona[a], Agnieszka Wołoś[a], Aneta Drabińska[a], Jacek Wojtkiewicz[a], Agnieszka Iwan[b]

[a] *Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska*
[b] *Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej, ul. Obornicka 136, 50-961 Wrocław, Polska*
Maria.Kaminska@fuw.edu.pl

Wobec ograniczonych zasobów paliw kopalnych, negatywnego wpływu zwiększającej się emisji dwutlenku węgla do atmosfery oraz problemów ze składowaniem odpadów promieniotwórczych z elektrowni atomowych, energia słoneczna stanowi niewątpliwie najbardziej przyszłościowe i praktycznie niewyczerpywalne źródło energii dla ludzkości. Generowana obecnie energia elektryczna z promieniowania słonecznego zaspokaja niewiele ponad 1% naszych potrzeb, ale fotowoltaika jest najszybciej rozwijającą się metodą pozyskiwania energii. Wśród ogniw fotowoltaicznych dominuje wykorzystanie złącz półprzewodnikowych, przede wszystkim krzemowych, jednakże duży potencjał zastosowawczy ma również fotowoltaika organiczna. Związane jest to z prostymi, tanimi i przyjaznymi dla środowiska technologiami otrzymywania ogniw słonecznych na bazie polimerów, związków małocząsteczkowych, barwników, czy też bardzo modnych ostatnio hybrydowych perowskitów. Dodatkowymi atutami są niska waga, elastyczność takich ogniw oraz możliwość łatwego pokrywania nimi dużych powierzchni. Niestety podstawowymi problemami ogniw organicznych jest ich niestabilność i relatywnie niska wydajność, co jest oczywistym obiektem prac badawczych prowadzonych w wielu laboratoriach.

W prezentacji przedstawiona zostanie w sposób elementarny zasada działania ogniw organicznych oraz zastosowane metody badania zachodzących w nich procesów, które decydują o wydajności pracy tych ogniw. Pokazane będą wyniki badań prowadzonych na komercyjnie dostępnych polimerach i perowskitach hybrydowych, jak również polimerach z grupy poliazometin, otrzymanych przez prof. Iwan. Podstawowym rozpatrywanym zjawiskiem będzie tzw. przekaz ładunku (charge transfer), którego efektywność, absolutnie kluczowa dla sprawności ogniw, śledzona była przy pomocy czasowo rozdzielczej luminescencji i podświetlanego rezonansu spinowego. Analiza wyników eksperymentalnych w połączeniu z wynikami modelowania metodą DFT (Density Functional Theory) dają spójny obraz fizyczny oraz pozwalają na lepsze zrozumienie i wskazują kierunki korzystnych modyfikacji materiałów dla ogniw organicznych.

FOTOGENERACJA NOŚNIKÓW ŁADUNKU W FULERENIE MODYFIKOWANYM ESTREM KWASU MASŁOWEGO

Jarosław Jung, Anna Stefaniuk-Grams, Jacek Ulański

Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
jaroslaw.jung@p.lodz.pl

Od szeregu lat prowadzone są intensywne badania nad wykorzystaniem półprzewodników organicznych do budowy elastycznych, lekkich oraz tanich w produkcji baterii słonecznych[1]. Często do tego celu wykorzystywane są mieszaniny półprzewodników polimerowych o przewodnictwie dziurowym i małocząsteczkowych wykazujących transport elektronowy. Relatywnie wysoką sprawność konwersji energii uzyskano dla cienkich warstw wytworzonych z mieszaniny półprzewodnika typu *p* - poli(3-heksylotiofenu) (P3HT) i typu *n* - fulerenu C_{60} modyfikowanego estrem kwasu masłowego (PCBM) [2].

Mieszaniny P3HT+PCBM w proporcji 1:1 tworzą w objętości gęstą sieć wzajemnie przenikających się materiałów typu *p* i *n*. Na granicy styku donora i akceptora powstaje objętościowe heterozłącze *p-n* o bardzo rozbudowanej powierzchni. W obszarze tego złącza zachodzi efektywna fotogeneracja nośników ładunku, co można dobrze opisać mechanizmem opartym na modelu Onsagera-Brauna[3]. Mechanizm fotogeneracji nośników ładunku poza obszarem złącza jest inny i można go opisać z wykorzystaniem modelu rekombinacji bliźniaczej Onsagera[4,5].

W pracy przedstawiono wyniki badań fotogeneracji nośników ładunku w modelowych warstwach PCBM zawierających niewielką (5% wag.) domieszkę P3HT, lub izolatorów polimerowych. Wydajność kwantową fotogeneracji wyznaczono metodą kserograficzną[6]. Na podstawie przeprowadzonych analiz zaproponowano mechanizm fotogeneracji nośników ładunku jaki jest odpowiedzialny za efekt fotowoltaiczny w układach P3HT+PCBM dla światła o $\lambda < 430$ nm, tzn. w zakresie w którym dominuje absorpcja światła przez PCBM.

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Diamentowy Grant” nr DI2012 02234.

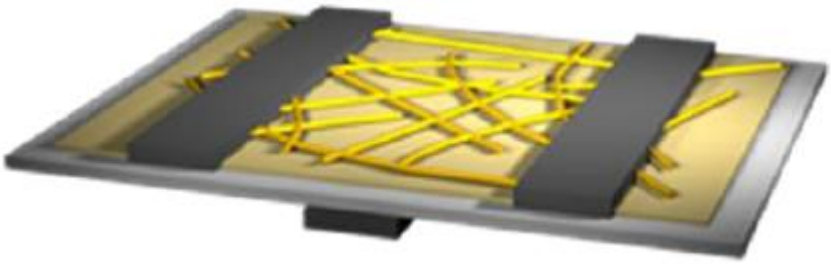
[1] L. Lu, T. Zheng, Q. Wu, A. M. Schneider, D. Zhao, L. Yu, Chem. Rev., 2015, 115, 12666−12731
[2] J. H. Bannock, N. D. Treat, M. Chabiny, N. Stingelin, M. Heeney, J. C. de Mello, Sci. Rep 2016, 5, 23651.
[3] C. L. Braun, Electric-Field, J. Chem. Phys. 1984, 80, 4157-4161.
[4] T. Hahn, S. Tscheuschner, C. Saller, P. Strohriegl, B. Puttaraju, T. Mukhopadhyay, S. Patil, D. Neher, H. Bässler, A. J. Köhler, Phys. Chem. C., 2016, 120, 43, 25083–25091.
[5] J. Jung, Synth. Met. 162 (2012) 1073– 1078.
[6] J. Jung, R. Gisko, A. Rybak, Przegląd Elektrotechniczny, 2009, 85(2), 177-181.

ULTRA-CIENKIE TRANZYSTORY POLOWE NA BAZIE PÓŁPRZEWODNIKÓW ORGANICZNYCH

Wojciech Pisula

Max Planck Institute for Polymer Research, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, Germany i Katedra Fizyki Molekularnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Polska
pisula@mpip-mainz.mpg.de

Wzrost zainteresowania organicznymi tranzystorami z efektem polowym jest wynikiem ich potencjalnego zastosowania w nisko-kosztowej, elastycznej elektronice organicznej. Jednym z podstawowych czynników wpływających na parametry użytkowe tranzystorów jest mikrostruktura warstwy półprzewodnika na powierzchni dielektryka. Rola złącza dielektryk-półprzewodnik oraz transport nośników ładunków na granicy faz jest częściowo opisany w literaturze[1] jednakże opisane wyniki nie odnoszą się do ultra cienkich warstw półprzewodnikowych.



Rysunek 1. Schemat tranzystora na bazie monowarstwy z mikrostrukturą nanowłókien polimerów skoniugowanych otrzymanej metodą roztworową.

Niniejsza praca omawia wpływ uporządkowania cząsteczek w pierwszej warstwie półprzewodnika (znajdującej się przy powierzchni izolatora elektrody bramki) na mikrostrukturę a także morfologię grubszych warstw tworzących kanał przewodzenia, oraz ich znaczenie w transporcie nośników ładunków[1]. Dodatkowo wykazano, że precyzyjna kontrola chropowatości podłoża (dielektryka) umożliwia w sposób kontrolowany zmianę mikrostruktury warstwy półprzewodnika organicznego na granicy faz dielektryk-półprzewodnik, bez bezpośredniego wpływu na morfologię w górnych warstwach półprzewodnika[2].

Praca została wykonana w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki UMO-2015/18/E/ST3/00322.

[1] a) S. Wang, A. Kiersnowski, W. Pisula, K. Müllen, J. Am. Chem. Soc. 134, 4015 (2012); b) S. H. Wang, M. Kappl, I. Liebewirth, M. Müller, K. Kirchhoff, W. Pisula, K. Müllen, Adv. Mater. 24, 417 (2012); c) M. Li, C. An, W. Pisula, K. Müllen, Small 10, 1926 (2014); d) X. Guo, S. R. Puniredd, M. Baumgarten, W. Pisula, K. Müllen, Adv. Mater. 25, 5467 (2013).

[2] a) M. Li, C. An, T. Marszalek, M. Baumgarten, K. Müllen, W. Pisula, Adv. Mater. 28, 2245 (2016); b) M. Li, T. Marszalek, Y. Zheng, I. Lieberwirth, K. Müllen, W. Pisula, ACS Nano 10, 4268 (2016); c) M. Li, F. Hinkel, K. Müllen, W. Pisula, Nanoscale 8, 9211 (2016); d) L. Janasz, D. Chlebosz, M. Gradzka, W. Zajaczkowski, T. Marszalek, K. Müllen, J. Ulanski, A. Kiersnowski, W. Pisula, J. Mater. Chem. C, 4, 11488 (2016); e) M. Li, T. Marszalek, K. Müllen, W. Pisula, ACS Appl. Mater. Interfaces, 8, 16200 (2016).

PRZEWODNICTWO ELEKTRYCZNE W SKALI NANO - OD MEMRYSTORÓW DO ELASTYCZNEJ ELEKTRONIKI

M. Rogala[a], P. Dąbrowski[a], P. J. Kowalczyk[a], I. Własny[a,b], W. Kozłowski[a], A. Busiakiewicz[a], I. Karaduman[c], L. Lipińska[d], W. Strupiński[d], J. M. Baranowski[d], K. Szot[e], Z. Klusek[a]

[a] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Uniwersytet Łódzki, Pomorska 149/153, 90-236 Łódź, Polska*
[b] *Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska*
[c] *Department of Physics, Gazi University, Teknikokullar, 06500 Ankara, Turkey*
[d] *Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Polska*
[e] *Instytut Fizyki im A. Chelkowskiego, Uniwersytet Śląski, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, Polska*
rogala@uni.lodz.pl

Przełączanie rezystywne (RS) i związane z nim zjawisko memrystancji pozwala na opracowanie nowych metod nieulotnego zapisu informacji na potrzeby układów elektronicznych. Zapis danych w urządzeniach ReRAM (z ang. resistive random-access memory) opiera się na wywoływanych elektrycznie odwracalnych transformacjach materiału pomiędzy dwoma dobrze rozróżnialnymi stanami o niskiej i wysokiej rezystancji elektrycznej. Przewiduje się, że RS może stanowić również optymalną drogę to tworzenia sztucznych synaps w rozwijanych obecnie układach neuromorficznych.

Bez względu na materiał w którym RS występuje, źródeł i mechanizmów tego zjawiska należy szukać w skali pojedynczych atomów, defektów strukturalnych i ich przestrzennej organizacji[1].

Jednym z materiałów, w których RS występuje jest tlenek grafenu, który dzięki swoim właściwościom stwarza unikalne możliwości modyfikacji. Zastosowanie może znaleźć jednocześnie w nowej klasie nośników danych (opartych o memrystory) oraz przy produkcji elastycznej elektroniki. Przedstawiony zostanie mechanizm, który umożliwia modyfikację przewodnictwa elektrycznego warstw tlenku grafenu poprzez stymulację elektryczną[2]. Dyskusja ta zostanie poprzedzona szerszym omówieniem zjawiska przełączania rezystywnego oraz potencjalnych zastosowań układów memrystywnych. Jednocześnie zaprezentowane zostaną kluczowe aspekty technologii, która pozwala na wykorzystanie tlenku grafenu do efektywnego druku komponentów elektronicznych[3].

Badania częściowo finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu 2016/21/D/ST3/00955.

[1] M. Rogala, et al., Adv. Funct. Mater. 25 6382 (2015).
[2] M. Rogala et al., Appl. Phys. Lett. 106 263104 (2015).
[3] M. Rogala et al., Appl. Phys. Lett. 106 041901 (2015).

NOWE HYBRYDOWE ORGANICZNO-NIEORGANICZNE NANOKOMPOZYTY DO ZASTOSOWAŃ W FOTODIODACH

Beata Łuszczyńska[a], Tomasz Kłąb[a], Piotr Bujak[b], Jarosław Jung[a], Jacek Ulański[a], Adam Proń[b], Jiri Pfleger[c]

[a] *Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, ul. Zeromskiego 116, 90-924 Łódź*
[b] *Politechnika Warszawska, Katedra Chemii i Technologii Polimerów, ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa*
[c] *Institute of Macromolecular Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, 162 06 Prague 6,*
jacek.ulanski@p.lodz.pl

Zastosowanie do budowy fotodiod organiczno-nieorganicznych układów hybrydowych z nieorganicznymi nanokryształami pozwala uzyskać czułość spektralną fotodiod nawet do 3000 nm [1]. Jednak większość opisanych w literaturze nanocząstek stosowanych w fotodetektorach zawiera atomy toksycznych metali ciężkich[2]. Dlatego od szeregu lat w laboratoriach na całym świecie prowadzone są intensywne badania nad syntezą nanocząstek półprzewodników wolnych od metali ciężkich, o kontrolowanych rozmiarach i morfologii i o wąskiej przerwie energetycznej, oraz nad konstruowaniem układów hybrydowych, w których matrycę organiczną stanowi mieszanina związków donorowych i akceptorowych, a nanocząstki działają, jako fotouczulacze.

Powierzchnia nanokryształów do zastosowań w optoelektronice powinna być pasywowana ligandami organicznymi, które stabilizują nanocząstki w układach koloidalnych oraz zabezpieczają je przed adsorbowaniem tlenu na ich powierzchni. Jednak ligandy organiczne mogą wpływać na mechanizm transportu nośników ładunków nanocząstek i powodować tworzenia się pułapek, co stanowi istotny problem ograniczający ich zastosowanie w urządzeniach optoelektronicznych[3]. Postęp i ograniczenia w zastosowaniu nanokryształów w optoelektronice będzie dyskutowany na przykładzie układów hybrydowych z zastosowaniem nanocząstek AgInZnS and CuInSe stabilizowanych różne typu ligandami. . Badania fotodiod z zastosowaniem tych układów będą uzupełnione badaniami wydajności kwantowej fotogeneracji oraz pomiarami ruchliwości nośników ładunku.

Podziękowania:
Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu nr UMO-013/09/B/ST5/03521.

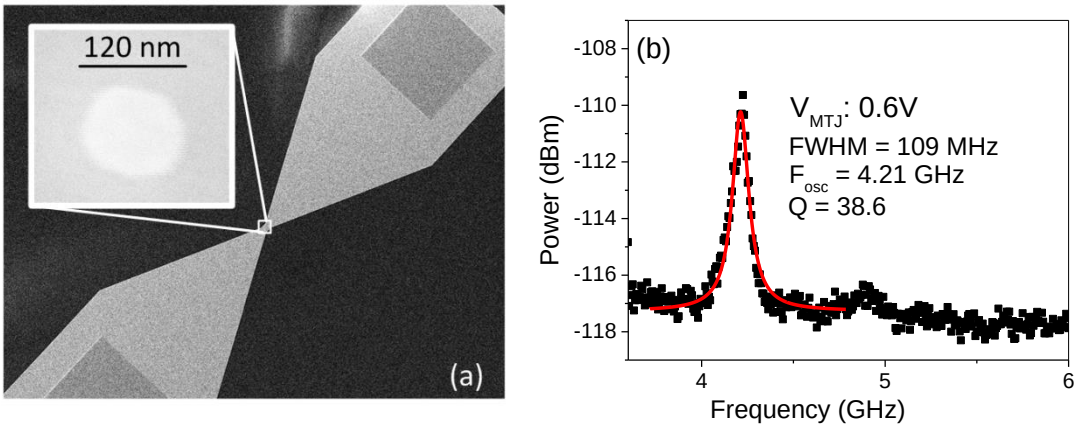
[1] M. Boberl, M. V. Kovalenko, S. Gamarith, E. J. List, W. Heiss, Adv. Mater. 2007, 19, 3574.
[2.] T. Rauch, M. Boberl, S. F. Tedde, J. Furst, M. V. Kovalenko, G. Hesser, U. Lemmer, W. Heiss, O. Hayden, Nature Photonics 2009, 3, 332.
[3] F. P. G. Arquer, T. Lasanta, M. Bernechea, G. Konstantatos, Small 11, 2636 (2015).

MIKROFALOWE NANOURZĄDZENIA ELEKTRONIKI SPINOWEJ

Witold Skowroński

AGH w Krakowie, Wydział Informatyki Elektroniki i Telekomunikacji, Katedra Elektroniki
skowron@agh.edu.pl

Nanourządzenia elektroniki spinowej, które do przechowywania i przetwarzania informacji wykorzystują nie tylko ładunek, ale również spin elektronu są obiecującymi kandydatami do stworzenia architektury nowatorskich i energooszczędnych urządzeń elektronicznych[1]. Obok skomercjalizowanych rozwiązań, takich jak czujniki pola magnetycznego w pamięciach masowych czy komórki magnetycznych pamięci o dostępie swobodnym (magnetic random access memory – MRAM), istnieje możliwość potencjalnego zastosowania urządzeń spintronicznych w zakresie mikrofalowym. W referacie przedstawione zostaną zarówno metody wytwarzania, procesy nanolitografii jak i sposoby charakteryzacji mikrofalowych nanourządzeń elektroniki spinowej. Do pracy ww. urządzeń wykorzystywanych jest szereg unikalnych efektów fizycznych, takich jak tunelowa magnetorezystancja, transfer spinowego momentu siły czy spinowy efekt Halla, które zostaną szczegółowo opisane. Na zakończenie zaproponowana zostanie koncepcja generatorów i detektorów sygnałów elektromagnetycznych w zakresie mikrofal oraz przykładowe wyniki eksperymentalne[2].



Rysunek 1. Przykład magnetycznego złącza tunelowego wraz z elektrodami doprowadzającymi sygnał elektryczny (a) oraz widmo sygnału generowanego przez urządzenie przy napięciu V = 0.6 V.

Podziękowania: Autor dziękuje współpracownikom: S. Ziętek, T. Stobiecki, J. Wrona, M. Frankowski, M. Czapkiewicz, A. Żywczak, J. Kanak, P. Wiśniowski, M. Cecot, J. Chęciński, P. Rzeszut. Praca realizowana w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju nr LIDER/467/L-6/14/NCBR/2015.

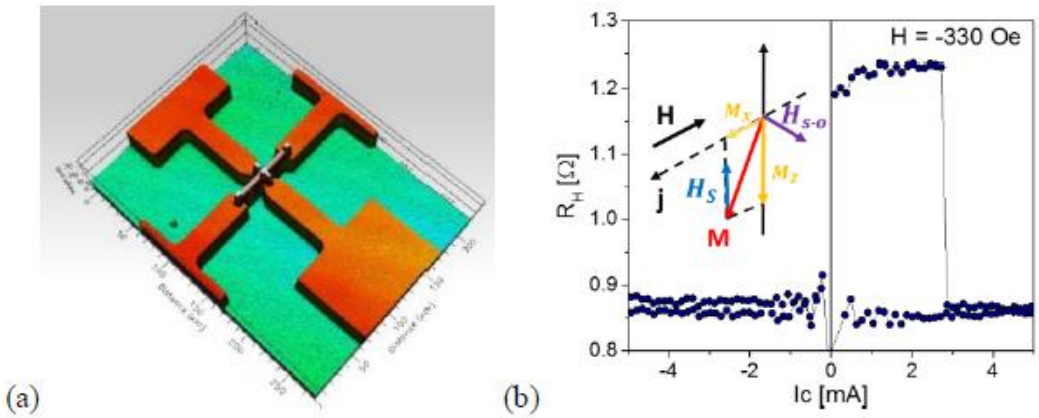
[1] R. L. Stamps et al. J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 333001 (2014).
[2] W. Skowroński et al. Appl. Phys. Lett. 105, 072409 (2014) oraz W. Skowroński et al. arxiv 1701. 06411 (2017).

SPINOWY EFEKT HALLA W NANOUKŁADACH ELEKTRONIKI SPINOWEJ

Monika Cecot[a], Witold Skowroński[a], Łukasz Karwacki[b], Jarosław Kanak[a], Jerzy Wrona[c], Antoni Żywczak[d], Roberto Francica[a], Lide Yao[e], Sebastiaan van Dijken[e], Józef Barnaś[b,f], Tomasz Stobiecki[a]

[a] *AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Elektroniki, Kraków, Polska*
[b] *Wydział Fizyki, Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań, Polska*
[c] *Singulus Technologies AG, Kahl am Main, 63796, Niemcy*
[d] *AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Akademickie Centrum Materiałów i Nanostruktur, Kraków, Polska*
[e] *NanoSpin, Department of Applied Physics, Aalto University School of Science, Finlandia*
monika.cecot@agh.edu.pl

Prądy spinowe wykorzystywane w energooszczędnych elementach nanoelektroniki spinowej mogą być generowane nie tylko w warstwach magnetycznych, ale także w niemagnetycznych metalach ciężkich wykazujących spinowy efekt Halla (Spin Hall Effect - SHE). Wskutek spinowo-orbitalnego rozpraszania elektronów można uzyskać poprzeczną do kierunku przepływu prądu ładunkowego akumulację spinów, którą wykorzystuje się do wzbudzenia w warstwie ferromagnetyka precesji wektora namagnesowania lub przełączenie jego kierunku[1]. Do badań SHE wybrano nanoukłady wielowarstwowe z anizotropią prostopadłą[2,3]: Ta/CoFeB/MgO oraz W/CoFeB/MgO. Badania strukturalne, elektryczne pomiary wyindukowanych pól efektywnych oraz pomiary prądów przełączeń pozwoliły wyznaczyć parametry efektywności konwersji prądu ładunkowego na prąd spinowy.



Rysunek 1. Układ do badania SHE (a), pomiar prądu przełączenia dla pola H=-330 Oe przyłożonego w płaszczyźnie próbki (b) (H_{eff} to pole od efektów spin-orbita, H_s to efektywne pole przełączenia[1]).

Praca realizowana w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki nr 2015/17/D/ST3/00500, TS dziękuje za finansowanie statutowe 11.11.230.017.

[1] I. M. Miron et al. *Perpendicular switching of a single ferromagnetic layer induced by in-plane current injection*, Nature 476, 191 (2011).
[2] M. Cecot et al. *Influence of intermixing at the Ta/CoFeB interface on spin Hall angle in Ta/CoFeB/MgO heterostructures*, arXiv:1612. 03020 (2016).
[3] W. Skowroński et al. *Temperature dependence of spin-orbit torques in W/CoFeB bilayers*, Appl. Phys. Lett. 109, 062407 (2016).

UKŁAD DO KĄTOWO-ZALEŻNYCH POMIARÓW MAGNETYCZNYCH NANOELEMENTÓW ELEKTRONIKI SPINOWEJ

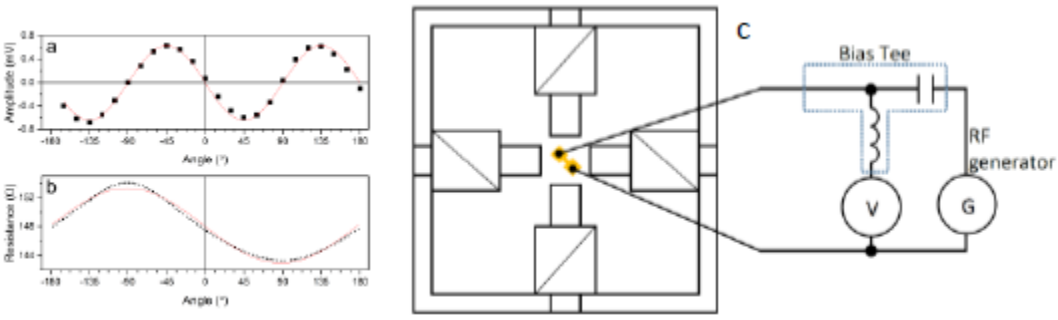
Piotr Rzeszut[a], Witold Skowroński[a], Sławomir Ziętek[a], Tomasz Stobiecki[a], Janusz Budzioch[b]

[a] *AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Elektroniki, Kraków*
[b] *Measline, Kraków*
piotrva@agh.edu.pl

Analiza rezonansu ferromagnetycznego (Ferromagnetic Resonance – FMR) w nanoelementach elektroniki spinowej może dostarczyć istotnych z punktu widzenia zastosowania praktycznego informacji na temat parametrów, takich jak anizotropia magnetyczna czy tłumienie. Pomiary sygnałów FMR wzbudzonych prądem zmiennym o częstotliwości mikrofalowej wymagają przykładania zewnętrznego pola magnetycznego pod dowolnym kątem w stosunku do osi próbki.

W tym celu zbudowany został elektromagnes kwadrupolowy ze specjalnie profilowanymi nabiegunnikami[1], które zwiększają obszar jednorodnego pola magnetycznego. W celu precyzyjnej kontroli kierunku i wartości wektora pola magnetycznego działającego na próbkę, skonstruowano układ zaopatrzony w trójosiowy czujnik pola magnetycznego i pętlę sprzężenia zwrotnego w układzie zasilania elektromagnesu. Dodatkowo układ pomiarowy został wyposażony w generator oraz okablowanie wraz z sondą mikrofalową, które umożliwiają pomiar efektu diody spinowej (SD - spin torque diode) w zakresie częstotliwości FMR[2].

W celu weryfikacji działania urządzenia przeprowadzono pomiary zależności kątowej sygnałów FMR pochodzących od efektu SD w nanostrukturach wykazujących efekty magnetorezystancyjne[3].



Rysunek 1. Pomiary amplitudy sygnałów SD (a) oraz rezystancji próbki (b) w funkcji kąta pola magnetycznego H = 400 Oe przyłożonego w płaszczyźnie próbki, schemat układu pomiarowego (c).

Podziękowania: Praca realizowana w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju nr LIDER/467/L-6/14/NCBR/2015, TS dziękuje za finansowanie statutowe *11.11.230.017*.

[1] P. Rzeszut et al., Zgłoszenie patentowe P. 417862: *Zespół elektromagnesów do wytwarzania pola magnetycznego*.
[2] A. Tulapurkar et al., *Spin-torque diode effect in magnetic tunnel junctions*, Nature, vol. 438, (2005).
[3] S. Ziętek et al.,*The influence of interlayer exchange coupling in giantmagnetoresistive devices on spin diode effect in wide frequency range*, Appl. Phys. Lett. vol. 107, 122410, (2015).

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA NISKOSTRATNYCH DIELEKTYKÓW CERAMICZNYCH OTRZYMANYCH W REAKCJI NANOWARSTW TYTANIANOWYCH Z JONAMI BARU

Aleksandra Wypych-Puszkarz[a], Izabela Bobowska[a], Angelika Wrzesińska[a], Agnieszka Opasińska[a], Waldemar Maniukiewicz[b], Jacek Ulański[a]

[a] *Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, ul. Zeromskiego 116, 90-924 Łódź*
[b] *Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, ul. Zeromskiego 116, 90-924 Łódź*
aleksandra.wypych@p.lodz.pl

Ceramiczne nanocząstki które charakteryzują się podwyższoną wartością przenikalności elektrycznej (ε) i niskimi wartościami tangensa kąta strat można zaliczyć do nowoczesnych nanomateriałów funkcjonalnych, zaś ich synteza, morfologia (tj. kształt, rozmiar czy dyspersja wielkości) oraz pożądane właściwości dielektryczne są kluczowym punktem w dynamicznie rozwijającej się współczesnej elektronice. Paraelektryczne tytaniany baru, z większościowym udziałem dwutlenku tytanu, należą do tej grupy związków i wykazują dodatkowo niski współczynnik zmian temperaturowych.

W wyniku reakcji nanowarstw tytanianowych z jonami baru otrzymano nanokompozyt organiczno-nieorganiczny, stanowiący prekursor tytanianu baru, który poddany stopniowej kalcynacji pozwolił na otrzymanie tytanianów o stechiometrii $BaTi_4O_9$ lub $Ba_2Ti_9O_{20}$. Nanocząstki tych związków są istotne we współczesnej elektronice dlatego tez równocześnie z zastosowanym wypalaniem prowadzone były badania: strukturalne (XRD, spektroskopia Ramana), morfologii ziaren (z użyciem skanningowej mikroskopii elektronowej) oraz własności dielektrycznych które określone zostały z zastosowaniem szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej. Poprzez zastosowanie stopniowej kalcynacji w zakresie temperatur 900÷1300°C otrzymano niskostratny tytanianu baru którego ε wzrosła od 25 do 42, a współczynnik zmian temperaturowych może być regulowany od -32 ppm/^{o}C (dla prekursora wypalanego w T=900°C) do +37 ppm/^{o}C (po kalcynacji w T=1300°C). Analiza XRD i badania Ramana stopniowo wypalanego prekursora pozwoliły na obserwację transformacji $BaTi_4O_9$ do $Ba_2Ti_9O_{20}$ która to następuje w temperaturach wyższych niż 1100°C. Biorąc pod uwagę powszechny trend do miniaturyzacji urządzeń i wynikający stąd wymóg nanowymiarowości używanych obiektów, wybrano temperatury wypalania w zakresie 900÷1100°C jako optymalne warunki kalcynacji badanego prekursora, które gwarantują zadowalającą wartość przenikalności elektrycznej i nanomeryczny rozmiar ziaren.

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu DEC-2011/03/D/ST5/06074 oraz przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach grantu MISTRZ 9./2013.

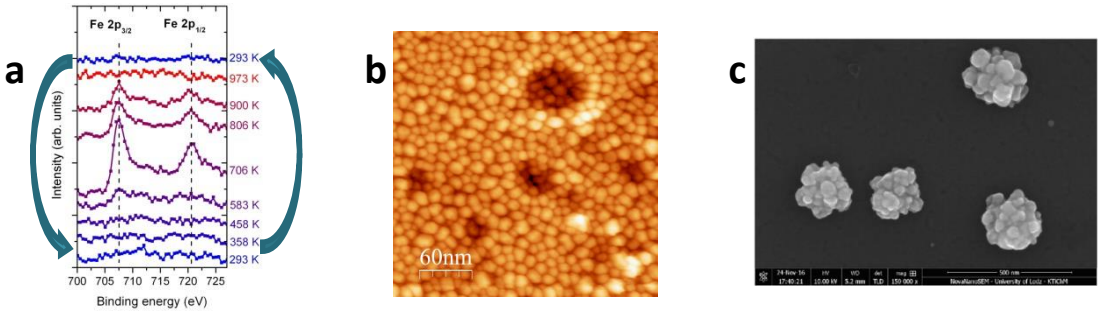
ODWRACALNE WYTRĄCANIE NANOCZĄSTEK METALI NA POWIERZCHNI TiO_2(001): EFEKT PAMIĘCI, WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRONOWE, MAGNETYZM I FOTOKATALIZA

Adam Busiakiewicz

Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, Pomorska 149/153, 90-236 Łódź
adambus@uni.lodz.pl

Wytwarzanie nanocząstek na powierzchniach różnymi metodami często nastręcza problemów np. związanych z kontrolą ich wielkości i rozmieszczeniem na powierzchni (tworzenie się konglomeratów). Przedstawiona metoda otrzymywania nanocząstek częściowo usuwa te niedogodności i pozwala na bezpośrednie ich wytrącanie z fazy stałej. Co więcej, przy pomocy temperatury można w określonym zakresie regulować zarówno rozmiar, koncentrację jak i strukturę nanocząstek na powierzchni TiO_2(001). Dodatkowo mamy także do czynienia z efektem pamięci tj. próbka może zostać w pełni odwracalnie przełączona termicznie w odrębne stany o zróżnicowanych parametrach nanocząstek.

Zostaną zaprezentowane badania powtarzalnego wytrącania nanocząstek takich metali jak Fe [1], Co i Ni [2] na powierzchni rutylu TiO_2(001), które prowadzi do wytworzenia powierzchniowych nanostruktur metalicznych wraz z obecnością tlenków. W przypadku Fe zaprezentowany zostanie również wpływ anizotropii i obecności ubytków tlenu w TiO_2 na wzrost nanostruktur [3]. Zostaną omówione wstępne wyniki dotyczące magnetyzmu i właściwości elektronowych nanostruktur bogatych w Fe oraz wpływu Fe na aktywność fotokatalityczną TiO_2(001) na przykładzie syntezy nanocząstek srebra[4].



Rysunek 1. Efekt odwracalnego wytrącania na TiO_2(001) a) dla Fe (XPS), b) wzrost nanocząstek Ni (STM) c) wpływ Fe na fotokatalityczną syntezę nanocząstek Ag (SEM).

[1] A. Busiakiewicz, Thin Solid Films 550 (2014) 347.
[2] A. Busiakiewicz, W. Kozłowski, P. Dąbrowski, M. Rogala, Z. Klusek, Mater. Res. Express 3 (2016) 085004.
[3] A. Busiakiewicz, Appl. Surf. Sci. 311 (2014) 391.
[4] A. Busiakiewicz, A. Kisielewska, I. Piwoński, D. Batory, Appl. Surf. Sci. 401 (2017) 378.

SEKCJA BNB

BIOTECHNOLOGIA, NANOMEDYCYNA I BEZPIECZEŃSTWO W DZIEDZINIE NANOMATERIAŁÓW

http://dx.doi.org/10.18778/8088-712-1.03

MIKROSKOPIA I SPEKTROSKOPIA SIŁ ATOMOWYCH W DIAGNOSTYCE CHORÓB CYWILIZACYJNYCH

Marek Szymoński

Centrum Badań Układów Nanoskopowych i Zaawansowanych Materiałów, NANOSAM, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, ul. Prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

ufszymon@cyf-kr.edu.pl

Zastosowanie metod mikroskopii atomowej do obrazowania delikatnych komórek w warunkach przeżyciowych potencjalnie stanowi unikalne narzędzie do prowadzenia badań biologicznych, medycznych i farmakologicznych. W najczęściej stosowanym trybie kontaktowym poprawny pomiar topografii/morfologii próbki wymaga jednak dobrej znajomości jej właściwości mechanicznych w skali nanometrowej dla ilościowego oszacowania odpowiedzi na kontrolowany nacisk ostrza próbnika. Materiał biologiczny, taki jak pojedyncze komórki czy wycinek tkanki, jest bardzo zróżnicowany zarówno pod względem morfologicznym jak i mechanicznym, zatem ilościowy pomiar topograficzny jest bardzo trudny do realizacji. Ostatnie rozwiązania techniczne w mikroskopii sił atomowych pozwalają jednak na dokonanie znacznego postępu w praktycznym obrazowaniu materiału biologicznego poprzez wykorzystanie pomiarów spektroskopowych nanoindentacji w każdym punkcie (pikselu) rejestrowanego obrazu przy dokładnie kontrolowanej sile nacisku.

W moim referacie przedstawię demonstrację zastosowania takiej metody obrazowania do wysokorozdzielczej analizy struktury tak zwanych "fenestracji", czyli zgrupowań porów w błonie komórek śródbłonka naczyń mysiej wątroby. W szczególności możliwość akwizycji zarówno danych topograficznych jak właściwości nanomechanicznych wybranych obszarów komórki w czasie poniżej 1 minuty, pozwala na śledzenie, praktycznie w czasie rzeczywistym, dynamicznych przemian struktury cytoszkieletu aktynowego żywych komórek śródbłonka, związanych z tworzeniem lub zamykaniem fenestracji zarówno w stanie natywnym, jak i w odpowiedzi na zmianę środowiska wskutek czynników fizjologicznych, podawania leków lub zatrucia szkodliwymi toksynami. Otwiera to możliwość badań diagnostycznych w warunkach „in vitro” odpowiedzi komórek na stan zapalny, czynniki toksyczne, na testowanie leków śródbłonkowo aktywnych, oraz przemian wywoływanych rozwojem szeregu chorób cywilizacyjnych, takich jak cukrzyca czy niealkoholowe stłuszczenie wątroby. W końcowej części wykładu przedstawione zostaną wybrane przykłady takich badań.

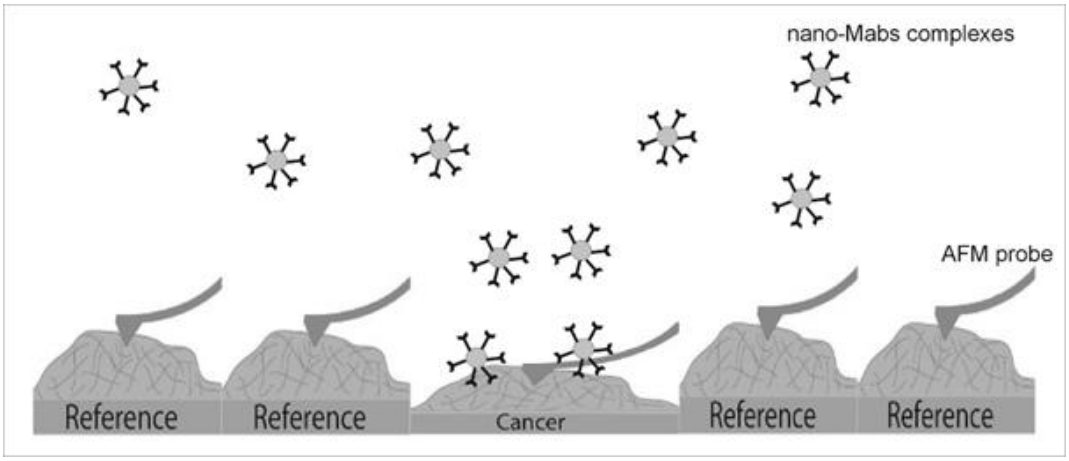
Podziękowanie: Przedstawione wyniki są częścią projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu “SYMFONIA 3”, kontrakt nr: UMO-2015/16/W/NZ4/00070.

WŁASNOŚCI MECHANICZNE POJEDYNCZYCH KOMÓREK JAKO NARZĘDZIE NANOMEDYCYNY

Małgorzata Lekka, Joanna Zemła, Joanna Pabijan

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, Polska
Malgorzata.Lekka@ifj.edu.pl

Mikroskopia sił atomowych (AFM) pracująca w trybie spektroskopii sił jest szeroko wykorzystywanym narzędziem do badania własności żywych komórek. Jeden z obecnie prowadzonych kierunków badań skupia się na poszukiwaniu takich parametrów biofizycznych jak zdolność komórki do deformacji[1], odpowiedź mechaniczna komórki na zmieniające się warunki otoczenia[2] czy zmiany własności adhezyjnych mierzonych na poziomie pojedynczych molekuł[3]. Własności te mogą być wykorzystane jako markery zmian chorobowych na poziomie pojedynczych komórek[4].



Rysunek 1. Ilustracja wykorzystania mikroskopii sił atomowych (AFM) do monitorowania zmian komórkowych zachodzących pod wpływem działania kompleksów nanocząsteczek z przeciwciałami.

[1] Lekka et al. Arch. Biochem. Biophys. 518 (2012) 151–156.
[2] Pogoda et al. New J. Phys. 16 (2014) 075002.
[3] Omidvar et al. J. Biomech. 47 (2014) 3373–3379.
[4] Pillet et al. Biochim. Biophys. Acta – Gen. Subj. 1840 (2014) 1028–1050.

NANOMECHANIKA ŚRÓDBŁONKA W CUKRZYCY: OBRAZ NA PODSTAWIE POMIARÓW *EX VIVO* W MYSIM MODELU CUKRZYCY II-GO STOPNIA

Marta Targosz-Korecka[a], Magdalena Jaglarz[a], Katarzyna Małek[a], Aleksandra Gregorius[b], Barbara Sitek[b], Zenon Rajfur[c], Benedykt Jany[d], Franciszek Krok[d], Stefan Chłopicki[b], Marek Szymoński[a]

[a] *Center for Nanometer-scale Science and Advanced Materials (NANOSAM), Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Prof. Stanisława Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*
[b] *Jagiellońskie Centrum Rozwoju Leków (JCET), ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków*
[c] *Zakład Fizyki Materiałów Organicznych, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Prof. Stanisława Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*
[d] *Zakład Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Prof. Stanisława Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*
marta.targosz-korecka@uj.edu.pl

W niniejszej pracy metodę nanoindentacji próbnikiem AFM zastosowano do wyznaczenia parametru elastyczności śródbłonka w mysim modelu cukrzycy II-go stopnia. W badaniach wykorzystano myszy szczepu *db/db diabetic JAX*, u których rozwój cukrzycy postępuje z wiekiem myszy. Pomiary przeprowadzono na wycinkach aorty zstępującej (preparatyka *en face*) dla myszy we wczesnym (11, 12 tydzień) i późnym (16 i 19 tydzień) stadium rozwoju cukrzycy. Analizę krzywych siła-odległość przeprowadzono korzystając z metody zaproponowanej przez Sokolov et al.[1], pozwalającej na wyznaczenie parametrów elastyczności zróżnicowanych warstw tkanki aorty z obszaru *intima*. W celu kontroli progresji cukrzycy oraz funkcjonowania śródbłonka wykonano panel badań biochemicznych. Przeprowadzone pomiary nanomechaniczne wykazały, iż progresji cukrzycy towarzyszy wzrost sztywności warstwy *intima* aorty, w tym śródbłonka naczyniowego. Zmiany sztywności śródbłonka korelują ze wzrostem stężenia glikowanej hemoglobiny w osoczu, świadczącym o przedłużającym się stresie oksydacyjnym wywołanym hiperglikemią. Jednocześnie konsekwencją wzrostu sztywności śródbłonka jest spadek produkcji tlenku azotu. Badania *ex vivo* zmian nanomechanicznych warstwy śródbłonka wnoszą dodatkowe informacje na temat przyczyny powstawania komplikacji naczyniowych i nadciśnienia u chorych na cukrzycę.

[1] I. Sokolov, M. E. Dokukin, N. V. Guz (2013) *Method for quantitative measurements of the elastic modulus of biological cells in AFM indentation experiments*, Methods 1;60(2):202-13.

OCENA WPŁYWU NANOCZĄSTEK NA MORFOLOGIĘ ORAZ WŁAŚCIWOŚCI SPRĘŻYSTE KOMÓREK ŚRÓDBŁONKA ZA POMOCĄ MIKROSKOPII I SPEKTROSKOPII SIŁ ATOMOWYCH

Agnieszka Kołodziejczyk[a], Aleksandra Jakubowska[a], Magdalena Kucińska[a], Sylwia Kotarba[a], Małgorzata Siatkowska[a], Paulina Sokołowska[a], Piotr Komorowski[a,b], Krzysztof Makowski[a], Bogdan Walkowiak[a,b]

[a] *Bionanopark Sp. z o.o.,ul. Dubois 114/116, 93-465 Łódź*
[b] *Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź*
a.kolodziejczyk@bionanopark.pl

W ciągu ostatnich dwóch dekad nastąpił ogromny wzrost wykorzystania mikroskopii sił atomowych do oceny wpływu różnych czynników w tym np. nanocząstek, leków czy cytokin na komórki śródbłonka[1,2]. Metoda ta pozwala na jednoczesne badanie morfologii jak również właściwości sprężystych komórek w komorze cieczowej[3], która przybliża środowisko do warunków fizjologicznych. Śródbłonek ze względu na swoje umiejscowienie *in vivo*, podlega ciągłemu kurczeniu i rozszerzaniu, stąd też sprężystość tych komórek pełni kluczową rolę w zrozumieniu fizjologicznych procesów międzykomórkowych związanych z przepływem krwi, endogenezą oraz regulacją ciśnienia tętniczego. Prezentowana praca obejmuje badanie wpływu trzech rodzajów nanostruktur: dendrymerów 4.0 generacji (PAMAM), wielościennych nanorurek węglowych (MWCNT) oraz nanocząstek srebra (SNP) na linię komórkową EA. hy926 za pomocą mikroskopii sił atomowych. Istotną nowością pracy jest badanie właściwości sprężystych komórek poddanych działaniu nanostruktur w kontekście pomiarów globalnej odpowiedzi komórki, wykorzystując do tego celu próbnik w kształcie sfery o średnicy porównywalnej z rozmiarem komórki. Badania zostały uzupełnione o skaningową mikroskopię elektronową oraz fluorescencyjne wybarwianie cytoszkieletu komórkowego. Kompleksowa analiza wpływu nanocząstek na morfologię komórek i ich sprężystość przybliży zrozumienie odpowiedzi śródbłonka podczas transportu leków i innych czynników przez nanocząstki.

[1] A. M. Kolodziejczyk i wsp., International Journal of Nanomedicine, 2013;8:2757 – 67.
[2] T. Wojcik i wsp.,Toxicol In Vitro 2015;29:512–21.
[3] A. M. Szczygiel i wsp.,PflugersArchiv : European journal of physiology 2012;463(3):487-9.

OCENA EFEKTÓW TOKSYCZNYCH IN VITRO NANOCZĄSTEK SREBRA W KOMBINACJI Z WYBRANYMI SKŁADNIKAMI KOSMETYKÓW

Stępnik Maciej[a], Joanna Roszak[a], Katarzyna Domeradzka-Gajda[a], Marek Nocuń[a], Beata Janasik[a], C. Derrick Quarles Jr. [d], Wojciech Wąsowicz[a], Jarosław Grobelny[b], Emilia Tomaszewska[b], Grzegorz Celichowski[b], Katarzyna Ranoszek-Soliwoda[b], Spryszyńska S[a], Kozajda A[a], Małgorzata Cieślak[c], Dorota Puchowicz[c], Jhanis J. Gonzalez[d], Richard E. Russo[d]

[a] *Department of Toxicology and Carcinogenesis, Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poland*
[b] *Department of Materials Technology and Chemistry, University of Łódź, Łódź, Poland*
[c] *Scientific Department of Unconventional Technologies and Textiles, Textile Research Institute, Łódź, Poland*
[d] *Applied Spectra, Inc., Fremont, CA, USA*
maciej.stepnik@imp.lodz.pl

Nanocząstki srebra (AgNP) są obecnie jednymi z naczęściej wykorzystywanych nanomateriałów. Ze względu na swe przeciwbakteryjne i przeciwgrzybowe właściwości AgNP stosowane są m. in. w kosmetykach, opakowaniach produktów spożywczych, tekstyliach czy wyrobach medycznych. Pomimo szerokiego zastosowania w produktach codziennego użytku toksyczność AgNP na organizmy ssaków jest nadal niewystarczająco udokumentowana. Wśród różnych efektów toksycznych AgNP opisano m. in. efekty cytotoksyczne i genotoksyczne, będące głównie skutkiem indukcji stresu oksydacyjnego lub stresu siateczki śródplazmatycznej. Znaczna większość tych badań została wykonana po narażeniu wyłącznie na AgNP. Oczywiste jest jednak, że w produktach, np. kosmetycznych AgNP występują w kombinacjach z różnego rodzaju związkami chemicznymi, które mogą wykazywać szerokie spektrum toksyczności. Jednymi z najczęściej stosowanych składników kosmetyków są nieorganiczne związki glinu (działanie zmniejszające wydzielanie potu), parabeny (działanie konserwujące) oraz ftalany (rozpuszczalniki, plastyfikatory).

W obecnym wykładzie zostaną przedstawione wyniki badań własnych w modelach in vitro nad absorpcją przeskórną oraz działaniem genotoksycznym nanocząstek srebra w kombinacji z ww. związkami.

CYTOTOKSYCZNOŚĆ NANOCZĄSTEK SREBRA O ZRÓŻNICOWANYCH WŁAŚCIWOŚCIACH POWIERZCHNIOWYCH ORAZ KONTROLOWANYM PROFILU UWALNIANIA JONÓW SREBRA

Magdalena Oćwieja[a], Anna Barbasz[b], Maciej Roman[c]

[a] *Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk*
[b] *Instytut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie*
[c] *Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk*
ncocwiej@cyf-kr.edu.pl

Chociaż mechanizm aktywności biologicznej koloidalnego srebra nie został dostatecznie poznany wiele doniesień literaturowych wskazuje, że jest on związany z właściwościami powierzchniowymi nanocząstek. Z tego powodu, celem powziętych badań było określenie cytotoksyczności trzech typów nanocząstek srebra wobec komórek ludzkiej ostrej białaczki promielocytowej (HL-60) oraz monoblastycznej (U-937).

Nanocząstki srebra zostały otrzymane metodą redukcji chemicznej przy użyciu borowodorku sodu, a następnie zmodyfikowane za pomocą cytrynianu trisodu oraz chlorowodorku cyteaminy. Właściwości fizykochemiczne nanocząstek zostały określone za pomocą techniki dynamicznego rozpraszania światła (DLS), transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM), powierzchniowo wzmocnionej spektroskopii Ramana (SERS) oraz atomowej spektrometrii absorpcyjne (ASA). Testy oceny żywotności komórek, a także badania zmian w integralności błon komórkowych i zdolność do propagacji stanu zapalnego zostały wykonane w celu określenia odpowiedzi komórkowej na kontakt z nanocząstkami srebra. Wyniki badań pokazały, że dodatnio naładowane nanocząstki srebra, stabilizowane cysteaminą, charakteryzowały się najniższą toksycznością pomimo, że wykazywały podobny profil uwalniania srebra jonowego jak ujemnie naładowane nanocząstki otrzymane przy użyciu borowodorku sodu. Nanocząstki srebra stabilizowane cytrynianem trisodu znacząco indukowały aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) zarówno w komórkach HL-60 jak i U-937 pomimo, że były oporne na procesy utleniającego roztwarzania.

Zestawienie zmian morfologicznych i fizjologicznych zachodzących w komórkach na skutek traktowania nanocząstkami srebra o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych pozwala stwierdzić, że mechanizm ich aktywności biologicznej jest kombinacją efektów pochodzących od ładunku nanocząstek, struktury chemicznej ich stabilizatora, a także stężenia uwolnionych jonów srebra.

Podziękowania: Badania powstały w ramach realizacji projektu Iuventus Plus IP2015055974 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

BIAŁKA IMMOBILIZOWANE NA NANOCZĄSTKACH - OKREŚLENIE STOPNIA OBSADZENIA Z WYKORZYSTANIEM ELEKTROFOREZY ŻELOWEJ

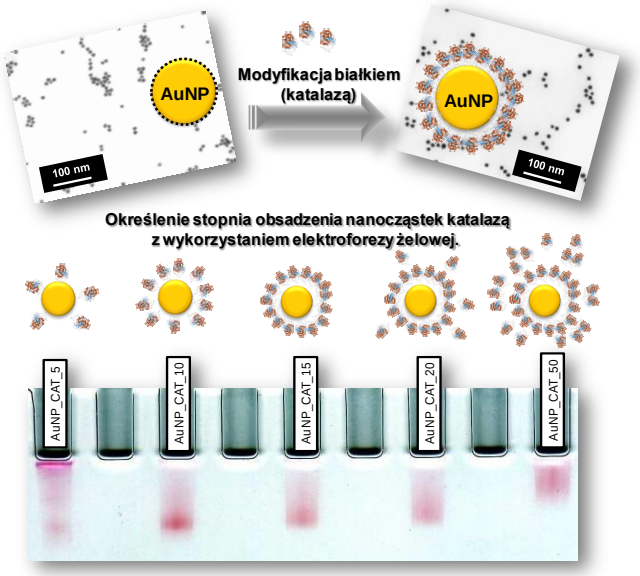
Katarzyna Ranoszek-Soliwoda[a], Ewa Czechowska[a], Emilia Tomaszewska[a], Grzegorz Celichowski[a], Janusz Szemraj[b], Jaroslaw Grobelny[a]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, Pomorska 163, 90-236 Łódź*

[b] *Katedra Biochemii Medycznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Mazowiecka 6/8, 92-215 Łódź*

katarzynas@uni.lodz.pl

Jednym ze sposobów zwiększenia efektywności działania białek jest ich immobilizacja na podłożach stałych. Nanomateriały, w tym szczególnie nanocząstki mogą być stosowane, jako podłoże do immobilizacji białek ze względu na swoją dużą powierzchnię właściwą dostępną do modyfikacji, co daje możliwość uzyskania dużego stopnia pokrycia nanocząstek białkiem. Aby móc wprowadzić do organizmu białka immobilizowane na nanocząstkach należy precyzyjnie scharakteryzować same nanocząstki (rozmiar, rozrzut rozmiaru, kształt) oraz określić ilość białek znajdującą się na ich powierzchni. Metody pomiarowe stosowane do określenie ilości białka powinny z jednej strony pozwalać na precyzyjny pomiar stopnia pokrycia nanocząstek białkiem, natomiast z drugiej, nie zaburzać stabilności samych nanocząstek, prowadząc do utraty ich unikalnych właściwości. W prezentacji przestawiona zostanie uniwersalna metoda pozwalająca na określenie stopnia pokrycia nanocząstek białkiem w układzie koloidalnym w oparciu o elektroforezę żelową stosowaną typowo do określania ilości białek w preparatach biologicznych.



Rysunek 1. Schemat procedury działania do określenia stopnia pokrycia nanocząstek białkiem z wykorzystaniem elektroforezy żelowej.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu nr 2013/09/B/NZ7/01019.

NANOCZĄSTKI ZrO_2:PR JAKO KONTRAST LUMINESCENCYJNY DO ZASTOSOWAŃ W BIOLOGII I MEDYCYNIE

Jarosław Kaszewski[a,b,c], Michał M. Godlewski[b], Paula Kiełbik[b], Jakub Nojszewski[b], Bartłomiej Witkowski[a], Zdzisław Gajewski[b], Marek Godlewski[a]

[a] *Instytut Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*
[b] *Weterynaryjne Centrum Badawcze, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego - SGGW, Nowoursynowska 100, 02-797 Warsaw, Poland*
[c] *Katedra Nauk Fizjologicznych, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego - SGGW, Nowoursynowska 159, 02-776 Warsaw, Poland*
kaszewski@ifpan.edu.pl

Ditlenek cyrkonu wykazuje właściwości umożliwiające zastosowanie go jako matrycy dla luminescencyjnych jonów lantanowców. Sprzyjają temu wysoki współczynnik załamania światła, szeroka przerwa energetyczna, niskie częstotliwości fononów oraz przezroczystość dla światła w szerokim zakresie spektralnym. Ditlenek cyrkonu został także przetestowany w implantach dentystycznych, wykazując długofalową biozgodność.

Technika hydrotermalna mikrofalowa zapewnia wysoką czystość uzyskiwanych produktów otrzymywanych w relatywnie niskich temperaturach. Metoda ta umożliwia syntezę nanokrystalicznych tlenków metali przejściowych w obecności wody, co likwiduje problem oczyszczania produktów. Dodatkowo środowisko wodne jest bioobojętne.

Jony Pr^{3+} wykazują, podobnie jak inne lantanowce, wąskie linie emisji luminescencji. Zależnie od matrycy emisja następuje w zakresie od światła fioletowego do bliskiej podczerwieni, co jest efektem wewnątrzkonfiguracyjnych przejść z poziomów ^3P_J do ^3F_J i ^3H_J. Jony prazeodymu wykazują także absorpcję wielofotonową, co wydaje się atrakcyjne w zastosowaniach biologicznych.

W niniejszej pracy zostaną omówione właściwości luminescencyjne nanokrystalicznego tlenku cyrkonu domieszkowanego prazeodymem. Zostanie omówiony wpływ stabilizacji oraz zawartości prazeodymu na charakter luminescencji materiału. Wszystko to zostanie omówione w kontekście możliwości wykorzystania ZrO_2 jako znaczników luminescencyjnych w organizmach żywych, biologicznego okna transmisji oraz biozgodności.

DENDRYMERY W BADANIACH BIOLOGICZNYCH – WYNIKI I PERSPEKTYWY

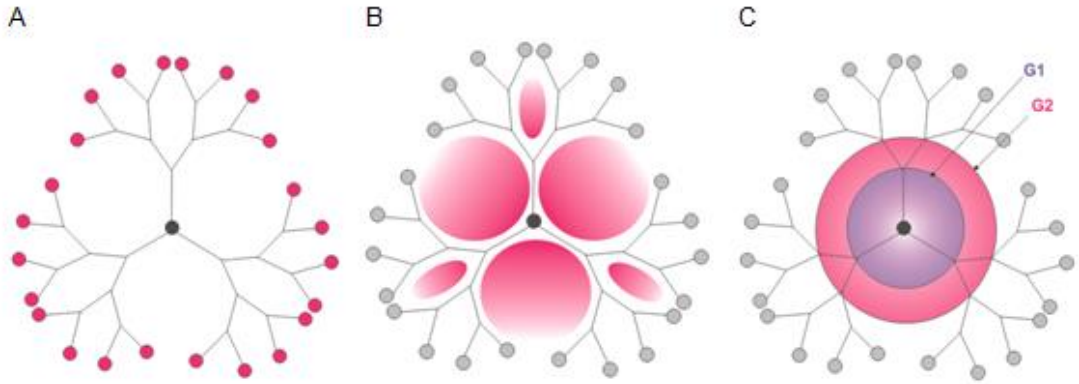
Barbara Klajnert-Maculewicz[a,b]

[a] *Katedra Biofizyki Ogólnej, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 141/143, 90-236 Łódź*
[b] *Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, Hohe Str. 6, 0106, Drezno*
barbara.klajnert@biol.uni.lodz.pl

Dendrymery należą do stosunkowo nowej grupy polimerów, która została zsyntezowana po raz pierwszy w połowie lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Początkowo związki te budziły głównie zainteresowanie chemików z racji na specyficzną budowę. Najpopularniejsza metoda syntezy polega na przyłączaniu do cząsteczki rdzeniowej kolejnych warstw rozgałęzionych monomerów. W miarę jak wzrasta liczba warstw, wzrasta też tzw. generacja (G) dendrymeru (Rys. 1C).

Wkrótce dostrzeżono możliwości aplikacyjne dendrymerów, będące konsekwencją ich szczególnych właściwości, takich jak duża liczba grup funkcyjnych na powierzchni (Rys. 1A), czy obecność wolnych przestrzeni wewnątrz cząsteczki (Rys. 1B). Cechy te odróżniają dendrymery od klasycznych polimerów. Wśród możliwych zastosowań dendrymerów pierwszoplanową rolę odgrywają zastosowania biomedyczne polegające m. in. na przenoszeniu leków.

Szczególnie obiecujące wydaje się zastosowanie dendrymerów jako nośników analogów nukleotydów stosowanych w leczeniu białaczek oraz jako transporterów fotouczulaczy stosowanych w terapii fotodynamicznej.



Rysunek 1. Schemat budowy dendrymeru pokazujący liczne grupy funkcyjne na powierzchni (A), wolne przestrzenie wewnątrz dendrymeru (B) oraz czym jest generacja dendrymeru (C).

MAGNETYCZNE NANOCZĄSTEK POKRYTE POLIDOPAMINĄ JAKO NOŚNIKI LEKÓW I ZWIĄZKI KONTRASTUJĄCE W MRI

Radosław Mrówczyński[a], Anna Woźniak[a], Jacek Wojnarowicz[b], Emerson Coy[a], Karol Załęski[a], Roksana Markiewicz[a], Kosma Szutkowski[a], Stefan Jurga[a]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 85, 60-687 Poznań*
[b] *Instytut Wysokich Ciśnień PAN, Sokołowska 29/37, 01-142 Warszawa*
rm53520@amu.edu.pl

Wielozadaniowe nanohybryd mają znaczną przewagę nad nanomateriałami niższej generacji mimo wyższej ceny ich produkcji. W przypadku zastosowań biomedycznych wzrasta efektywność dostarczenia leku np. do komórek nowotworowych, co prowadzi do lepszych wyników terapii oraz do obniżenia niepożądanych skutków ubocznych leczenia chorego. Wprowadzenie środka kontrastującego umożliwia monitorowanie rozmieszczenia materiałów w organizmie co pomaga w podjęciu decyzji na temat strategii leczenia. Badana nad przeniesieniem „wynalazków" znanych z natury zaowocowały zsyntetyzowaniem nowego polimeru – polidopaminy[1,2]. Silne właściwości adhezyjne tego polimeru zostały wykazane osadzając go na powierzchni wielu wymagających materiałów w tym nanocząsteczkach złota i magnetytu[3,4].

W ramach wystąpienia zostaną przedstawione wyniki badań dotyczące syntezy i zastosowania magnetycznych nanocząstek opłaszczonych polidopaminą jako wielozadaniowych nanonośników leku do różnych typów komórek nowotworowych a także ocena ich potencjalnego zastosowania jako środków kontrastujących w obrazowaniu magnetycznym rezonansem jądrowym (MRI). Omówione zostaną wyniki badań biologicznych z uwzględnieniem oddziaływania nanomateriałów z DNA. Przedyskutowana zostanie również stabilność nanocząstek w różnych mediach takich jak woda i pożywki.

Podziękowania
Badania finansowane z grantu SONAT 7 przyznanego przez Narodowe Centrum Nauki numer 2014/13/D/ST5/02793.

[1] Lee et al. Science 2007, 318, 426.
[2] Liebscher et al. Langmuir, 2013, 29, 10539.
[3] Li et al. RSC Adv. 2016,6, 33083.
[4] Mrówczyński et al. RSC Adv. 2016, 6, 5936.

KONIUGATY EKSTRAKTÓW ROŚLINNYCH Z NANOCZĄSTKAMI SREBRA DO ZASTOSOWAŃ DERMALNYCH

Emilia Tomaszewska[a], Katarzyna Ranoszek-Soliwoda[a], Grzegorz Celichowski[a], Karolina Małek[a], Ewa Czechowska[a], Piotr Orłowski[b], Małgorzata Krzyżowska[b], Jarosław Grobelny[b]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, Pomorska 163, 90-236 Łódź*

[b] *Samodzielna Pracownia Nanobiologii i Biomateriałów, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, Kozielska 4, 01-163 Warszawa*

etomaszewska@uni.lodz.pl

Rośliny w celach obronnych wytwarzają w swoich tkankach taniny (polifenole i flawonoidy), które wykazują właściwości redukujące i mogą zostać wykorzystane w syntezie nanocząstek. Pod względem chemicznym taniny to pochodne fenoli. Ze względu na budowę i reaktywność tych związków dzielą się na hydrolizujące i skondensowane. Taniny hydrolizujące zbudowane są z cząsteczki cukru połączonej z cząsteczkami kwasu galusowego wiązaniami estrowymi. Taniny skondensowane inaczej niehydrolizujące są pochodnymi flawonoidów.

Synteza nanocząstek srebra z ekstraktami roślinnymi jest znana od wielu lat. Należy jednak pamiętać, że kontrolowane otrzymanie nanomateriałów wymaga opracowania procedury ekstrakcji i oczyszczenia wybranych frakcji związków naturalnych. Synteza nanocząstek monodyspersyjnych o pożądanym kształcie i rozmiarze wymaga kontroli wielu parametrów, takich jak stosunek molowy reagentów, temperatura i czas trwania reakcji, itd.

W prezentowanej pracy przedstawiono syntezę nanocząstek srebra z wykorzystaniem ekstraktów z pestek winogron (łac. *Vitis vinifera*) i ziaren kakaowca (łac. *Theobroma cacao*). Monodyspersyjne kuliste nanocząstki uzyskano przez wprowadzenie do układu cytrynianu sodu, pełniącego rolę dodatkowego reduktora i stabilizatora. Otrzymane koloidy scharakteryzowano z wykorzystaniem spektroskopii UV-Vis oraz dynamicznego pomiaru światła rozproszonego, natomiast kształt i rozmiar rdzenia metalicznego nanocząstek określono używając mikroskopii elektronowej. Kompleksy nanocząstek srebra z taninami zawartymi w ekstraktach roślinnych wykorzystano jako preparat wspomagający gojenie ran skóry.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu UMO 2014/13/B/NZ5/01356.

UWALNIANIE LEKÓW Z POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH

Ewelina Gronczewska[a], Weronika Worobiec[a,b], Alicja Defort[b],
Andrzej Jurkowski[a,] Jacek J. Kozioł[a,b]

[a] *Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra*
[b] *Innovation Center – "Technologies for Human Health", Science and Technology Park of Zielona Góra University Ltd. ul. Nowy Kisielin - A. Wysockiego 4, 66-002 Zielona Góra*
vang@vp.pl

Nanocząstki tlenków żelaza o właściwościach magnetycznych (MNPs) znajdują zastosowanie w diagnostyce i terapii biomedycznej. Te obszary zastosowań są nomenklaturowo ujmowane jako odrębna dyscyplina – nanoteranostyka[1]. Prezentowane wyniki dotyczą badań nad uwalnianiem substancji aktywnych z powierzchni nanonośników, w których rolę rdzenia pełnią MNPs. W tym celu zsyntetyzowano nanocząstki magnetyczne tlenku żelaza (Fe_3O_4) wykorzystując metodę koprecypitacji Massarta[2]. Następnie ich powierzchnię sfunkcjonalizowano za pomocą dekstranu i zimmobilizowano z użyciem związków z grupy niesteroidowych leków przeciwzapalnych: ibuprofenu i diklofenaku oraz katecholaminowego neuroprzekaźnika – dopaminy.

Proces uwalniania i dyfuzji badanych leków był prowadzony przez membranę dializacyjną o parametrach zbliżonych do układów biologicznych. Mechanizm uwalniania leku ze sfunkcjonalizowanych nośników magnetycznych analizowano przy użyciu teoretycznego modelu kinetycznego Korsmeyera – Peppasa[3]. Uzyskane wyniki pokazują, że różnice w mechanizmie uwalniania leków zależą od czasu procesu dyfuzji i rodzaju badanej substancji aktywnej. Wskazują również na selektywność błony, w porównaniu z wynikami uzyskanymi z pomiarów dla uwalniania leków bezpośrednio do roztworu. Przeprowadzone badania za pomocą mikroskopu sił atomowych i fluorescencyjnego mikroskopu konfokalnego w celu zbadania możliwych interakcji pomiędzy komórkami bakterii *Lactobacillus acidophilus PCM2499,* a MNPs dały wynik pozytywny.

[1] G. Kandasamy, D. Maity, *Recent advances In superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) for in vitro and in vivo cancer nanotheranostics*, Int. J. Pharm., 496 (2015) 191–218.

[2] R. Massart, *Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acidic media*, *IEEE Trans.* Magn., 17 (1981) 1247 – 1248.

[3] R. W. Korsmeyer, N. A. Peppas, *Effect of the morphology of hydrophilic polymeric matrices on the diffusion and release of water soluble drugs*, J. Membr. Sci., 9(1981) 211—227.

NANO-SCALE SURFACE MODIFICATION OF MEDICAL DEVICES

Tomasz Ciach, Beata Butruk, Aleksandra Kuźmińska, Paulina Trzaskowska, Aleksandra Poniatowska

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej, ul. Waryńskiego 1, 00-645 Warsaw, Poland, www. biomedlab. ichip. pw. edu. pl
Tomasz.Ciach@pw.edu.pl

Surface of a medical device, or an implant, is like a front line between two worlds, between living system and lifeless product of our primitive technology trying to mimic the first one. Various processes taking place on this boundary frequently decide on the war and rejection of the implant or ceasefire, but piece is always fragile there. These processes frequently decide on the success or complete failure of complex medical procedure, and may even bring fatal consequences for a patient. That's why proper rational design of this interface is so important. Advanced biocompatible and bioactive coatings are important in many types of medical devices and implants. Starting from simple urological catheters where proper coating can ease the pain by decreasing local friction coefficient and prevent bacterial infection, through vascular catheters and coronary stents, implants, ending in vascular and heart prosthesis which have constant contact with blood. This liquid is on one hand very aggressive and corroding, on the other hand full of easy to activate platelets which are ready to form a dangerous cloth either in place or in fine vessels of our brain. Because most of the important cell machinery operates in the nanometric size range, like protein folding and adhesion, platelet surface activation, cell membrane receptor – target interaction, we postulate that nanotechnology can help in designing and manufacturing surfaces that exhibit desired medically properties.

Various types of nanoscale medical coatings were designed and manufactured. All of the coatings were designed to mimic various components and structures of cellular membrane: outer hydrogel brush, lipid bilayer and protein-like nanostructures responsible for cell-cell interactions. Manufactured coatings were tested in the contact with bacteria, human cell lines and natural human-derived cells (HUVEC), mammalian tissue, human blood, and some were implanted into living animals. Rational nanoscale surface modification allows to control physical and biological processes like friction coefficient, bacteria adhesion, human cell adhesion and platelet activation. One of the designed coatings was already implemented in the industrial practice and the second is in preparatory stage for this process.

[1] Surface modification and endothelialization of polyurethane for vascular…, Biomater. Sci., 2017, 5, 22.
[2] Endothelialization of polyurethanes…, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 144 (2016) 335–343.

WPŁYW NANOSTRUKTUR GRAFENOWYCH I KRZEMIONKOWYCH NA KOMÓRKI NOWOTWOROWE

E. Mijowska[a], M. Perużyńska[b], K. Cendrowski[a], M. Barylak[a], S. Szeląg[b], K. Trzeciak[b], D. Rogińska[c], K. Piotrowska[d], M. Kurzawski[b], M. Droździk[b]

[a] *Katedra Fizykochemii Nanomateriałów, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, al. Piastów 45, 70-311 Szczecin*
[b] *Zakład Farmakologii Doświadczalnej i Klinicznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny, Powstanców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin*
[c] *Zakład Patologii Ogólnej, Pomorski Uniwersytet Medyczny, Powstanców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin*
[d] *Katedra Fizjologii, Pomorski Uniwersytet Medyczny, Powstanców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin*
emijowska@zut.edu.pl

Problemy współczesnej chemioterapii warunkują konieczność poszukiwania nowych metod bardziej wybiórczego i skutecznego dostarczania leków do komórek nowotworowych. Jedną z opracowywanych strategii, jest metoda transportu leków za pomocą nanonośników, które charakteryzują się zwiększoną powierzchnią czynną, wysoką stabilnością *in vivo,* stosunkowo tanią i nieskomplikowaną syntezą. Odpowiednia funkcjonalizacja nanomateriałów przeciwciałami, znacznikami fluorescencyjnymi, fotouczulaczami lub ferromagnetykami pozwala na selektywny transport leków do komórek docelowych lub też zastosowanie ich w diagnostyce, terapii fotodynamicznej czy hipertermii. Skuteczny transport leków do komórek nowotworowych za pomocą nanonośników wymaga poznania mechanizmów odpowiedzialnych za ich internalizację, oraz efektywność magazynowania i uwalniania leków.

W niniejszej prezentacji przedstawiono wyniki z szeregu badań nad nanomateriałami grafenowymi oraz krzemionkowymi. Nanomateriały użyte w badaniach został przygotowany metodą Hummersa[1], oraz Stöbera[2,3] oraz scharakteryzowane za pomocą transmisyjnego mikroskopu elektronowego (TEM), mirkoskopu sił atomowych (AMF) analizy termograwimetrycznej (TGA) oraz spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR).

Uzyskane wyniki pokazują, potencjał zastosowania tlenek grafenu oraz nanostruktur krzemionkowych na bazie tlenku grafenu jako nośników leków wraz z szczegółową analizą wpływu nanostruktur na komórki nowotworowe.

[1] Chem. Phys. Lett., 568-569 (2013) 151-15; Toxicology in Vitro 41 (2017) 205–213.
[2] Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 136 (2015) 119-125.
[3] Biomed. Mater., 10 (2015) 065012, doi: 10. 1088/1748-6041/10/6/065012; Int. J. Pharm., 506 (2016) 458-468.

GRAFEN PŁATKOWY DLA MEDYCYNY

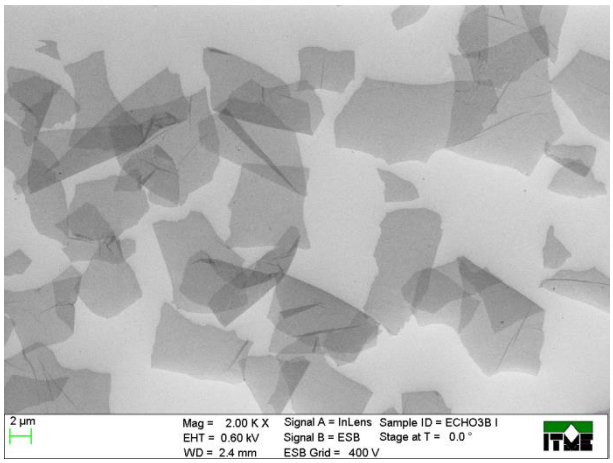
Ludwika Lipińska[a], Joanna Jagiełło[a], Magdalena Kurcz[a], Katarzyna Kurp[a], Michał Woluntarski[a], Małgorzata Sekuła[b], Elżbieta Karnas[b], Sylwia Noga[b], Ewa Zuba-Surma[b]

[a] *Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa*
[b] *Zakład Biologii Komórki, Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii, Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków*
Ludwika.Lipinska@itme.edu.pl

Metody chemiczne są uważane za najbardziej perspektywiczne dla masowej produkcji grafenu płatkowego przeznaczonego do bardzo szerokiego spektrum zastosowań. Zostanie przedstawiona jedna z nich - metoda utleniania/redukcji. Pozwala ona otrzymywać jednoatomowe warstwy węgla. Produkt pośredni tlenek grafenu (GO) ma bardzo interesujące właściwości i wiele potencjalnych zastosowań. Ma silne właściwości adsorpcyjne, stanowi znakomitą platformę do osadzania różnego typu molekuł np. biologicznych.

Zostaną przedstawione najważniejsze kierunki zastosowań grafenu płatkowego w medycynie. Zarówno tlenek grafenu jak i jego zredukowana postać rGO wykazują dużą biozgodność. Ta właściwość jest wykorzystywana w projektowaniu rusztowań dla mezenchymalnych komórek macierzystych (hMSC). Dzięki obecności tlenowych grup na powierzchni płatków GO i RGO jest możliwość ich biofunkcjonalizacji przez wytworzenie wiązań z różnymi molekułami biologicznymi.

Celem obecnie realizowanych projektów jest przygotowanie podłoży hodowlanych z użyciem różnych form grafenu płatkowego w postaci czystej i zmodyfikowanej biologicznie, a następnie wyhodowanie na nich hMSC izolowanych z galarety Whartona i zbadanie ich funkcji biologicznych.



Rysunek 1. Obraz SEM płatków tlenku grafenu naniesionych z zawiesiny metodą nawirowania.

Podziękowania: Prace są realizowane w ramach projektu SYMFONIA 3: „Optymalizacja złożonych biokompatybilnych rusztowań opartych o grafen oraz zdefiniowane populacje komórek macierzystych dla celów regeneracji tkanek" (UMO-2015/16/W/NZ4/00071), finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, którego beneficjentami są UJ i ITME.

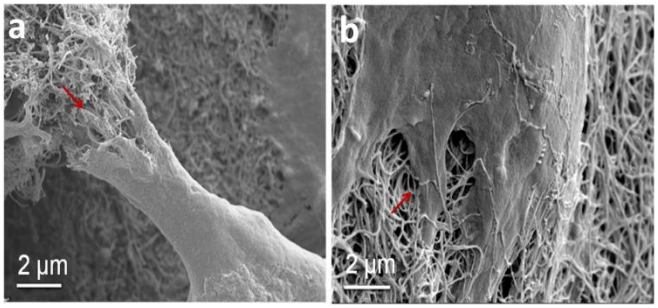
WPŁYW MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH NA WZROST I ADHEZJĘ WYBRANYCH TYPÓW KOMÓREK LUDZKICH

Alicja Warowicka[a], Barbara M. Maciejewska[a], Jagoda Litowczenko[a], Mikołaj Kościński[b], Stefan Jurga[a]

[a] *Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Centrum NanoBioMedyczne, ul. Umultowska 85, 61-614, Poznań*
[b] *Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Fizyki, ul. Wojska Polskiego 38/32, 60-637, Poznań*
alicja@amu.edu.pl

Szybki rozwój inżynierii tkankowej i medycyny regeneracyjnej wymaga ciągłego poszukiwania nowych i udoskonalonych rozwiązań w zakresie biomateriałów. Materiały te powinny charakteryzować się określonymi właściwościami, które mogą wpływać na wzrost, adhezję komórek, a także na ich proliferację, różnicowanie oraz migrację. Ze względu na szereg unikatowych właściwości duże nadzieje w medycynie regeneracyjnej wiąże się z zastosowaniem nanomateriałów węglowych oraz ich kompozytów.

Do badań wykorzystano linię komórkową ludzkich fibroblastów (HGF-1), kostniakomięsaka (*osteosarcoma*, U2OS) oraz nerwiaka (*neuroblastoma*, SH-SY5Y). Za pomocą technik SEM, AFM oraz mikroskopii konfokalnej zbadano wzrost komórek na dywanach wielościennych nanorurek węglowych (ang. multi-walled carbon nanotubes, MWCNTs) oraz kompozytach MWCNTs i polimerów. Metodą Real-time PCR (qRT-PCR) zmierzono poziom ekspresji wybranych genów kodujących białka adhezyjne.



Rysunek 1. Interakcje pomiędzy komórkami HGF-1 i MWCNTs (analiza SEM).

Analiza SEM wykazała występowanie ścisłych połączeń pomiędzy komórkami i MWCNTs (Rysunek 1.). Dodatkowo wykazano wzrost poziomu ekspresji genów kodujących białka zaangażowane w proces adhezji komórkowej (integryny, fibronektyna, talina).

Otrzymane wyniki badań sugerują, że matryce na bazie materiałów węglowych oraz kompozyty węglowo-polimerowe mogą stanowić biokompatybilne podłoża do hodowli komórek oraz ich ukierunkowanego wzrostu[1].

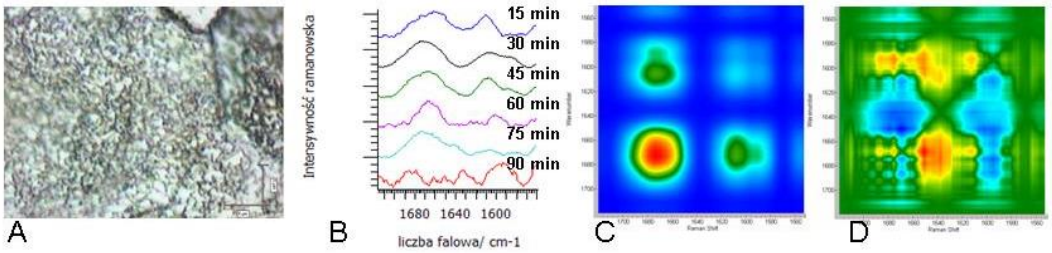
[1] A. Warowicka, B. M. Maciejewska, J. Litowczenko, M. Koscinski, A. Baranowka-Korczyc, M. Jasiurkowska-Delaporte, K. K. Koziol, S. Jurga, *MWCNT based matrices as a platform for adhesion and growth of cells*, Composites Science and Technology (2016).

DWUWYMIAROWA (2D) RAMANOWSKA ANALIZA KORELACYJNA W OCENIE BIOZGODNOŚCI NANOKOMPOZYTÓW WĘGLOWYCH

Aleksandra Wesełucha-Birczyńska[a], Ewa Stodolak-Zych[b], Wojciech Piś[a], Elżbieta Długoń[b], Marta Błażewicz[b]

[a] *Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków*
[b] *Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków*
birczyns@chemia.uj.edu.pl

Nanorurki węglowe to materiały perspektywiczne dla zastosowań medycznych. Uważa się, że materiały te mogą w niedalekiej przyszłości zrewolucjonizować sposób podawania leków (nanonośniki leków), metody diagnostyczne (biosensory) terapie antynowotworową (hipertermia), sfunkcjonalizować implanty wspierające regenerację tkanki nerwowej, kostnej czy chrzęstnej[1,2]. Pomimo niezwykle obszernej literatury w zakresie badań nad nanorurkami węglowymi nadal brak jest spójnej teorii, tłumaczącej ich oddziaływanie z żywym organizmem. W naszych badaniach stosowaliśmy spektroskopię Ramana, oraz ramanowską korelację dwuwymiarową 2D i udowodniliśmy jej przydatność w zakresie charakterystyki nanoform węgla przeznaczonych do zastosowań biologicznych.



Rysunek 1. Podłoże tytanowe z zaadsorbowanym filmem albuminy: (A) mikrofotografia, obiektyw 100×; (B) widma ramanowskie, zaznaczony czas inkubacji, zakres 1720-1550 cm^{-1}; mapy ramanowskie 2D: (C) synchroniczna i (D) asynchroniczna.

Wyniki naszych badań obejmowały różne rodzaje nanoform węgla (nanorurki węglowe, nanowłókna węglowe) jak i wytwarzane na ich bazie kompozyty, przedmiotem analizy były zarówno materiały wyjściowe, sfunkcjonalizowane jak i takie, które poddano działaniu środowiska biologicznego w warunkach *in vitro*.

Praca finansowana przez Narodowe Centrum Nauki (Projekty nr: 2013/09/B/ST8/00146 oraz 2014/13/B/ST8/01195).

[1] L. Zhang, T. J. Webster, Nano Today 4, 2009.
[2] Y. Usui, H. Haniu, S. Tsuruoka, N. Saito, Medicinal Chemistry,vol. 2. 1-6, 2012.

MODYFIKACJA POWIERZCHNI NANOSREBRA W CELU KSZTAŁTOWANIA JEGO WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNYCH

Ewelina Mackiewicz[a], Patrycja Giesz[a,b], Małgorzata Cieślak[b], Emilia Tomaszewska[a], Magdalena Górecka[c], Jarosław Grobelny[a], Grzegorz Celichowski[a]

[a] *Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Instytut Włókiennictwa, Zakład Naukowy Niekonwencjonalnych Technik i Wyrobów Włókienniczych, ul. Brzezińska 5/15, 92-103 Łódź*
[c] *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Ogrodnictwa Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Katedra Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa*
ewelina.mackiewicz@chemia.uni.lodz.pl

Nanosrebro stanowi obecnie przedmiot wielu badań w kontekście jego wykorzystania w aplikacjach takich jak optoelektronika, tekstronika, nanomedycyna czy aplikacje biologiczne. Kontrolując rozmiary i budowę geometryczną nanostruktur (np. nanocząstki AgNPs, nanodruty AgNWs) oraz budowę chemiczną ich powierzchni (obecność stabilizatorów, modyfikatorów organicznych lub otoczek tlenkowych), możemy kształtować właściwości otrzymywanego nanomateriału[1,2].

W ramach prowadzonych prac przeprowadzono kontrolowaną syntezę koloidów AgNPs i AgNWs na drodze redukcji chemicznej. W późniejszym etapie pokryto ich powierzchnie tlenkami tytanu i cyny w celu wytworzenia struktur typu core-shell (nanosrebro@tlenek). Wytworzone materiały scharakteryzowano fizykochemicznie za pomocą techniki DLS, UV-Vis, FT-IR, spektroskopii Ramanowskiej i zobrazowano wykorzystując transmisyjną skaningową mikroskopię elektronową (STEM).

W przypadku nanocząstek zbadany został następnie ich wpływ na proces wzrostu roślin na przykładzie *Arabidopsis thaliana*. Natomiast nanodruty zdeponowano na materiale włókienniczym i zbadano ich właściwości antybakteryjne względem bakterii *Staphylococcus aureus* i *Klebsiella pneumoniae*.

Uzyskane wyniki wskazują na ogromny potencjał jaki niesie z sobą łączenie właściwości nanomateriałów zawierających srebro z tlenkami tytanu i cyny.

[1] S. Coskun, B. Aksoy, H. E. Unalan, Cryst. Growth Des. 2011, 11, 4963-4969.
[2] P. Giesz, E. Mackiewicz, A. Nejman, G. Celichowski, M. Cieślak, Cellulose 2017, 24, 409-422.

NOWY KONCEPT IDENTYFIKACJI I GRUPOWANIA NANOMATERIAŁÓW

Bogdan Walkowiak[a,b], Piotr Komorowski[a,b], Magdalena Walkowiak-Przybyło[a]

[a] *Zakład Biofizyki, Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, Stefanowskiego 1/15, Łódź*
[b]*Laboratorium Biofizyki Molekularnej i Nanostrukturalnej, Bionanopark Sp. z o.o., Dubois 114/116,*
bogdan.walkowiak@p.lodz.pl

Prezentowany koncept opiera się na obserwacjach pochodzących z dwóch odległych od siebie obszarów nauki. Dotyczy to powszechności efektów kwantowych obserwowanych w skali nano, a także specyficzności odpowiedzi metabolicznej komórek na stres powodowany kontaktem z nanostrukturami. Dostępne są narzędzia do badania kwantowych właściwości nanomateriałow. W ujęciu teoretycznym jest to teoria kwantowa wspomagana metodami obliczeniowymi teorii funkcjonałów gęstości (DFT – density functionals theory), natomiast w ujęciu eksperymentalnym przydatnymi wydają być się metody skaningowej mikroskopii tunelowej (STM – scanning tunneling microscopy) połączone z metodami spektrometrii fotoelektronów (PES – photoemission spectroscopy). Natomiast biologiczne rozpoznanie nanocząstek może być dokonane z wykorzystaniem narzędzi biologii molekularnej – transkryptomiki i proteomiki.

Biorąc pod uwagę, że funkcjonalne biomolekuły są w istocie także nanocząstkami, ich specyficzne oddziaływania muszą również podlegać regułom kwantowym. Dlatego oba podejścia należy traktować jako komplementarne.

Prezentowany koncept ma szanse na umożliwienie identyfikacji, klasyfikacji i grupowania nanomateriałów na podstawie podobieństw i różnic orbitali elektronów obecnych na powierzchni nanocząstek oraz na podstawie podobieństw i różnic profili transkryptomu i proteomu komórki kontaktującej się z naocząstkami, a w konsekwencji na skuteczne użycie modeli QSAR (quantitative structure–activity relationship) i procedur read across użytecznych w procesie rejestracji nanomateriałów.

NANOKOMPOZYTY GQDs@MSNs JAKO EFEKTYWNE ZNACZNIKI FLUORESCENCYJNE DO BIOOBRAZOWANIA ORAZ SYSTEMY DOSTARCZANIA LEKÓW

Dorota Flak[a], Łucja Przysiecka[a], Grzegorz Nowaczyk[a], Mikołaj Kościński[b], Stefan Jurga[a]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*
[b] *Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Katedra Fizyki, ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-637 Poznań*
dorfla@amu.edu.pl

Grafenowe kropki kwantowe (GQDs) jako biokompatybilne materiały węglowe o unikatowej strukturze i właściwościach, stanowią nową klasę znaczników, które mogą być wykorzystanie w diagnostyce obrazowej nowotworów[1]. Wyzwaniem pozostaje jednak poprawienie ich wydajności kwantowej fluorescencji oraz zdolności efektywnego wnikania do wnętrza komórki. Z kolei mezoporowate nanocząstki krzemionki (MSNs) ze względu na wysoką powierzchnię właściwą oraz właściwości powierzchniowe, które mogą być z łatwością modyfikowane, z powodzeniem stosuje się w roli uniwersalnego biokompatybilnego nośnika, zarówno znaczników fluorescencyjnych jak i leków[2].

W celu stworzenia dwufunkcyjnej platformy teranostycznej przygotowane zostały nanokompozyty GQDs@MSNs, w których przyłączone za pomocą wiązań chemicznych GQDs pełnią rolę znaczników fluorescencyjnych, natomiast MSNs stanowią nośnik zarówno dla GQDs jak i molekuł leku cytostatycznego (doksorubicyny). Otrzymane nanomateriały oraz ich nanokompozyty zostały scharakteryzowane pod względem struktury, morfologii, składu chemicznego oraz właściwości optycznych. Wstępne analizy cytotoksyczności przygotowanych nanokompozytów potwierdzają ich biokompatybilność. Z kolei wyniki badań obrazowania komórek za pomocą skaningowego laserowego mikroskopu konfokalnego (CLSM) pokazują istotne zwiększenie wydajności fluorescencji nanokompozytów GQDs@MSNs, na skutek unieruchomienia i zagregowania grafenowych kropek kwantowych na powierzchni MSNs, jak również ich efektywniejszego wnikania do komórki. Nanokompozyty GQDs@MSNs wykazują również duży potencjał w dostarczaniu doksorubicyny oraz jej kontrolowanym uwalnianiu.

[1] J. Lin, X. Chen, P. Huang, *Graphene-based nanomaterials for bioimaging*, Advanced Drug Delivery Reviews, 2016, 105, 242-254.
[2] Y. Wang,, et al., *Mesoporous silica nanoparticles in drug delivery and biomedical applications*, Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 2015, 11, 313-327.

KOMPLEKSY TANIN I NANOCZĄSTEK SREBRA JAKO CZYNNIKI STYMULUJĄCE PROCES GOJENIA RAN SKÓRY

Grzegorz Celichowski[a], Piotr Orłowski[b], Emilia Tomaszewska[a], Małgorzata Krzyżowska[b]
Katarzyna Ranoszek-Soliwoda[a], Ewelina Mackiewicz[a], Jaroslaw Grobelny[a]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki*
ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź
[b] *Samodzielna Pracownia Nanobiologii i Biomateriałów, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii,*
ul. Kozielska 4, 01-163 Warszawa
gcelichowski@uni.lodz.pl

W prezentowanych badaniach dokonano oceny współdziałania nanocząstek srebra (AgNP) i szeregu tanin pod kątem właściwości stymulujących proces gojenia ran skóry. Uzyskane wyniki pozwalają na wskazanie układu nanocząstki srebra-taniny o najlepszych właściwościach do zastosowania podczas wspomagania gojenia ran skóry.

Nanocząstki srebra są materiałem o dużej aktywności biologicznej wykazujące działanie: bakterio- i wirusobójcze, immunomodulacyjne i proregeneracyjne. Ich właściwości zależą od wielu czynników takich jak: rozmiar i jego rozrzut, kształt nanoobiektów, substancje zaadsorbowane i/lub przyłączone do ich powierzchni oraz znajdujące się w koloidzie. Wszystkie te właściwości zależą od metody syntezy oraz sposobu dalszej obróbki koloidalnych roztworów AgNP.

Polifenole są metabolitami wtórnymi pełniącymi istotna rolę w funkcjonowaniu roślin naczyniowych. W medycynie naturalnej stosuje się je jako środki o działaniu antyseptycznym, ściągającym i przeciwzapalnym. Materiał roślinny jest też podstawowym źródłem pozyskiwania polifenoli zarówno do badań naukowych jak i do zastosowań terapeutycznych.

Gojenie ran skóry jest kompleksowym procesem, w który zaangażowanych jest wiele grup komórek. m. in. keratynocyty odpowiedzialne za zamknięcie rany przez odbudowę naskórka oraz makrofagi biorące udział w oczyszczaniu rany z resztek martwych komórek i patogenów oraz stanowiące źródło cytokin i czynników wzrostowych.

Prezentowane wyniki badań opisują zastosowanie nanocząstek srebra o średnicy 5, 13 i 33 nm wytwarzanych w procesach chemicznej redukcji soli srebra w obecności odpowiednich stabilizatorów, modyfikowanych na kolejnych etapach prac następującymi polifenolami: kwasem taninowym, chebulowym, galusowym, elagowym, kofeinowym, moriną, polidatiną, katechiną, epikatechiną, epigalokatechiną, galusanem epikatechiny, galusanem epigalokatechiny, penta-o-galloyl-β-D-glukozą, punikalaginą lub resweratrolem, taksyfoliną. Prace obejmowały również dobór optymalnych stężeń, które testowano w zakresie od 25 do 1000 μM oraz sposobu wprowadzania tanin do koloidów srebra.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu nr UMO 2014/13/B/NZ5/01356.

OTRZYMYWANIE MLECZANU METYLU Z WYKORZYSTANIEM MEZOPOROWATYCH, HIERARCHICZNYCH ZEOLITÓW

Agnieszka Feliczak-Guzik[a], Myroslav Sprynskyy[a], Izabela Nowak[b], Bogusław Buszewski[a]

[a] *Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, ul. Gagarina 7, 84-100 Toruń, Polska*
[b] *Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Umultowska 89b, 61-614 Poznań, Polska*
agaguzik@amu.edu.pl; agnieszka.guzik@umk.pl

W ostatnich latach otrzymywanie estrów kwasu mlekowego stało się obiektem zainteresowań wielu badaczy, ze względu na fakt, że są one uzyskiwane z odnawialnych źródeł. Związki te otrzymywane są z kwasu mlekowego i alkoholu przy użyciu różnych katalizatorów. Mleczany alkilowe stosowane są w formulacjach kosmetycznych, środkach ochrony roślin, wykorzystywane są także jako rozpuszczalniki i plastyfikatory plastików celulozowych czy żywic winylowych[1].

Tematyka prezentowanych badań dotyczy syntezy mleczanu metylu w reakcji izomeryzacji dihydroksyacetonu (DHA) z wykorzystaniem zeolitów hierarchicznych zawierających ruten jako katalizatorów. Zeolity te stanowią nową klasę materiałów posiadających oprócz mikroporów dodatkowy system porów, głównie w zakresie mezoporów. Wpływa to na zwiększenie aktywności katalitycznej oraz zmniejszenie podatności katalizatora na dezaktywację[2].

Reakcję izomeryzacji DHA, w fazie ciekłej z metanolem, prowadzono w 80°C przez 5h. Próbki pobierano odpowiednio co 5, 10, 20, 40, 60 minut oraz po 5 h i analizowano za pomocą chromatografii gazowej. Głównymi produktami reakcji były: aldehyd pirogronowy (PA), mleczan metylu oraz acetal dimetylowy aldehydu pirogronowego. Selektywność do mleczanu metylu po 5h reakcji dla wszystkich przetestowanych katalizatorów wynosiła od 70% do 90%, natomiast konwersja dihydroksyacetonu 100%.

Podziękowania
Agnieszka Feliczak-Guzik pragnie podziękować Narodowemu Centrum Nauki za sfinansowanie prezentowanych badań (projekt FUGA-5, 2016/20/S/ST4/00547).

[1] E. Pighin, V. K. Díez, J. I. Di Cosimo, Applied Catalysis A: General 517 (2016) 151–160.
[2] M. Hartmann, A. Gonche, W. Schwieger, Chem. Soc. Rev.,45 (2016) 3313—3330.

BADANIE AKTYWNOŚCI KATALAZY ZAADSORBOWANEJ NA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK ZŁOTA

Ewa Czechowska[a], Katarzyna Ranoszek-Soliwoda[a], Emilia Tomaszewska[a], Grzegorz Celichowski[a], Janusz Szemraj[b], Jarosław Grobelny[a]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Katedra Biochemii Medycznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, ul. Mazowiecka 6/8, 92-215 Łódź*
ewa.czechowska@chemia.uni.lodz.pl

Wykorzystanie białek i enzymów do celów terapeutycznych wymaga utrzymania dostatecznej ich aktywności w okresie leczenia *in vivo*. Wiele białek wykazuje krótki okres półtrwania *in vivo*, dlatego wymagają zastosowania struktur nośnikowych, umożliwiających ich selektywny transport do chorych komórek czy tkanek. Biokompatybilność i zdolność do tworzenia funkcjonalizowanych biokoniugatów czyni nanocząstki złota (AuNPs) doskonałymi kandydatami do tworzenia tego typu struktur[1].

Praca przedstawia porównanie aktywności antyoksydacyjnej katalazy immobilizowanej na powierzchni AuNPs dwiema metodami. Pierwsza polega na adsorpcji białka bezpośrednio na powierzchni nanocząstki. Druga bazuje na chemicznym przyłączeniu enzymu, poprzez specyficzne wiązanie pomiędzy imidazolowymi grupami histydyny metki His-tag katalazy a jonem Ni^{2+}, kompleksowanym przez resztę kwasu nitrylotrioctowego, obecnego na powierzchni AuNPs (NTA-linker). Zastosowanie NTA-linkera umożliwia modyfikację nanocząstek katalazą bez utraty jej aktywności enzymatycznej.

Praca naukowa współfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu 2013/09/B/NZ7/01019.

[1] H. D. Chirra, T. Sexton, D. Biswal, L. B. Hersh, J. Z. Hilt Acta Biomaterialia 2011, 7, 2865-2872.

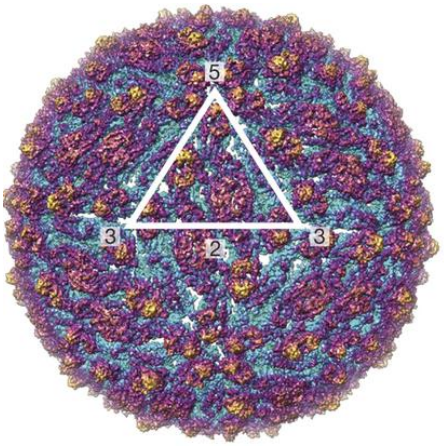
ZASTOSOWANIE ELEKTRONOWEJ KRIOMIKROSKOPII TRANSMISYJNEJ DO WYZNACZANIA STRUKTURY 3D BIOMOLEKUŁ I WIRUSÓW Z ROZDZIELCZOŚCIĄ SUBNANOMETRYCZNĄ

Ben Lich[a], Guarav Sharma[a], Sebastian Arabasz[b]

[a] *Thermo Fisher Scientific, Materials and Structural Analysis (FEI), Achtseweg Noord 5, Eindhoven, Holandia*
[b] *Labsoft-Krzysztof Herman, Puławska 469, 02-844 Warszawa*
sebastian.arabasz@labsoft.pl

Elektronowa kriomikroskopia transmisyjna (cryo-TEM), a w szczególności metoda SPA (Single Particle Analysis), stała się w ostatnich latach jedną z głównych technik wyznaczania struktury trójwymiarowej biomolekuł i wirusów o masie molekularnej powyżej kilkuset kDa z rozdzielczością lepszą niż 5 Å. Rekonstrukcja 3D na tak wysokim poziomie szczegółowości ma znaczenie poznawcze, gdyż umożliwia analizę zależności między strukturą a funkcją biologiczną realizowaną przez makrocząsteczkę [1], ale również jest niezbędna przy projektowaniu leków i szczepionek [2]. Cryo-TEM daje komplementarne wyniki do standardowo stosowanych technik krystalografii rentgenowskiej (XRD) oraz jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR), chociaż w chwili obecnej ciągle o nieznacznie mniejszej rozdzielczości [3].W przeciwieństwie do XRD, technika ta umożliwia łatwą analizę makromolekuł, których krystalizacja jest trudna lub niemożliwa. Należą tu przede wszystkim białka błonowe i cytozolowe, rybosomy, duże kompleksy białkowe i wirusy.

W prezentacji zostanie przedstawiony aktualny stan rozwoju techniki SPA i nowe trendy oraz przytoczone zostaną liczne literaturowe przykłady zastosowań, w tym komplementarne z technikami XRD i NMR.



Struktura wirusa ZIKA wyznaczona techniką SPA z rozdzielczością 3,7 Å [4].

[1] M.T. Degiacomi et al., Nat. Chem. Biol. 9 (2013) 623-9.
[2] A. Merk, Cell 165 (2016) 1698-1707.
[3] S.C. Harrison, Science 329 (2010) 1026-7.
[4] V.A. Kostyuchenko et al. Nature (2016): doi:10.1038/nature17994.

SEKCJA WCN

WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA NANOMATERIAŁÓW

http://dx.doi.org/10.18778/8088-712-1.04

WZROST GRAFENU NA PODŁOŻACH METALICZNYCH I GERMANIE

Iwona Pasternak

Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa
iwona.pasternak@itme.edu.pl

Celem wystąpienia jest omówienie sposobu wytwarzania warstw grafenu metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (Chemical Vapor Deposition – CVD) na podłożach metalicznych (w szczególności miedzi) i germanie przy jednoczesnym odniesieniu się do innych metod uzyskiwania grafenu. Wybrana do szerszego omówienia metoda CVD wyróżnia się przede wszystkim możliwością skalowania procesu oraz uniwersalnością jego stosowania.

Ponadto, zostaną przedyskutowane podobieństwa i różnice oraz konsekwencje z nich wynikające w sposobie wytwarzania grafenu na różnych podłożach takich jak nikiel, rozmaite formy miedzi a także różne kierunki krystalograficzne germanu. Przy okazji omówione zostaną możliwości zastosowania grafenu otrzymanego na różnych podłożach między innymi w technologii CMOS.

Dodatkowo w wystąpieniu przedstawione zostaną komplementarne metody charakteryzacji warstw grafenu oraz ich użyteczność zwłaszcza w odniesieniu do wielkoformatowego grafenu.

WYTWARZANIE, MODYFIKACJA I ZASTOSOWANIE WIELOWARSTWOWYCH DWUWYMIAROWYCH STRUKTUR MXenes W SENSORACH GAZOWYCH

Błażej Scheibe[a], Katarzyna Dunst[b], Marcin Jarek[a], Barbara Peplińska[a], Piotr Jasiński[b]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań, Polska*
[b] *Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, ul Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska*
bscheibe@amu.edu.pl

Od czasu odkrycia grafenu, istnieje wzrastający trend wytwarzania nanomateriałów dwuwymiarowych (2D) o niespotykanych właściwościach i szerokim spektrum potencjalnych zastosowań. Wśród kilku intensywnie badanych grup nanomateriałów 2D, największym zainteresowaniem cieszą się nowo odkryte węgliki i azotki metali przejściowych zwane MXenes (*fonetycznie Mexins*).

Struktury MXenes wytwarzane są z trójskładnikowych stopów ceramicznych o układzie heksagonalnym – faz MAX ($M_{n+1}AX_n$), w których: M - określa metal przejściowy, A – pierwiastek grupy 13 lub 14, X - C i/lub N, a n = 1, 2, 3. Usunięcie warstwy A prowadzi do wytworzenia wielowarstwowych nanomateriałów quasi 2D o strukturze harmonii, z których na drodze interkalacji i delaminacji warstw, wytwarza się jednowarstwowe struktury MXene.

Obecnie większość prac badawczych pod kątem zastosowania struktur MXenes prowadzona jest na proszkowych nanomateriałach wielowarstwowych. Ich duża powierzchnia właściwa umożliwia otrzymanie satysfakcjonujących wyników głównie w obszarze systemów przechowywania energii. Innym obiecującym kierunkiem badań wskazanym przez prace o charakterze teoretycznym, jest zastosowanie MXenów w formie materiału aktywnego w rezystywnych sensorach gazów.

Niniejsza praca prezentuje wyniki pionierskich, eksperymentalnych prac badawczych nad zastosowaniem modelowych, wielowarstwowych struktur $Ti_3C_2T_x$ (gdzie T_x oznacza grupy funkcyjne -F, =O, O-H) w sensorach gazów. Sensory gazowe wytworzono metodą elektro-osadzania oraz nakrapiania MXenów na płytkę z układem złotych elektrod. Badania wykazały, że wytworzone sensory cechuje wysoka selektywność w kierunku gazów NH_3 oraz NO_2 (w zależności od rodzaju wytworzonego czujnika), a także niska wrażliwość na obecność wilgotności.

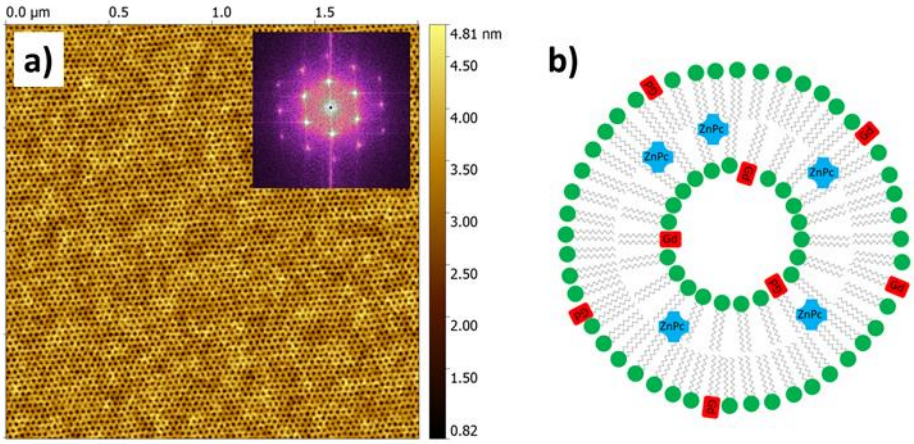
Prace badawcze zostały sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki – w ramach programu Sonata 7, w latach 2015-2018 (2014/13/D/ST5/02824).

UKŁADY SAMOORGANIZUJĄCE SIĘ I ICH WYKORZYSTANIE W NANOTECHNOLOGII

Stefan Jurga

Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań
stjurga@amu.edu.pl

Zjawisko samoorganizacji jest napędzanym termodynamicznie procesem, który prowadzi do określonej, przestrzennej organizacji molekuł. Przy zadanych warunkach zewnętrznych (temperatury, ciśnienia), molekuły mogą w sposób spontaniczny reorganizować się tworząc większe struktury i minimalizując w ten sposób energię całego układu. Różnorodność obserwowanych struktur, ich nanometryczne rozmiary oraz względnie niskie koszty ich wytwarzania powodują, że układy samoorganizujące cieszą się dużym zainteresowaniem wśród naukowców oraz inżynierów zajmujących się zarówno medycyną jak również mikroelektroniką. Układy samoorganizujące obejmują bardzo szeroką grupę struktur począwszy od pęcherzyków micelarnych formujących się w roztworach cząsteczek amfifilowych w zakresie niskich stężeń, kończąc na różnorodnych periodycznych strukturach domenowych powstających w wyniku separacji fazowej w fazie litej np. w kopolimerach blokowych. W efekcie układy samoorganizujące się umożliwiają projektowanie zarówno nowoczesnych nośników leków, ale również wysokiej klasy masek do nanolitografii.



Rysunek 1. a) matryca heksagonalnie rozmieszczonych, cylindrycznych domen w cienkiej warstwie wytworzonej z kopolimeru, b) specjalnie zaprojektowana nanocząstka liposomalna do zastosowań w kontrastowaniu rezonansem magnetycznym MRI.

Podziękowania:
Niniejsza praca wykonana została w ramach projektu o numerze 2013/11/B/ST3/04190, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

STRUKTURA I STABILNOŚĆ MONOWARSTWY SAM NA BAZIE WIĄZANIA C-Au

Tomasz Żaba[a], Agnieszka Noworolska[a], Jakub Ossowski[a], Anna Krzykawska[a], Carleen M. Bowers[b], George M. Whitesides[b], Piotr Cyganik[a]

[a] *Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński,ul. Stanisława Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*
[b]*Department of Chemistry and Chemical Biology, Harvard University, 12 Oxford Street, Cambridge, MA 02138, USA*

W wykładzie przedstawione zostaną wyniki badań monowarstw organicznych typu SAM (Self-Assembled Monolayers) zbudowanych z molekuł *n*-alkynów na powierzchni Au(111) ($HC{\equiv}C(CH_2)_nCH_3$, n = 5, 7, 9, and 11), które powstają poprzez utworzenie wiązania chemicznego C-Au. Monowarstwy te zostały scharakteryzowane w zakresie swojej struktury mikroskopowej, czystości chemicznej oraz stabilności na wymianę oraz stabilności termicznej za pomocą mikroskopii STM, spektroskopii podczerwonej (IRRAS), spektroskopii fotoelektronów rentgenowskich (XPS) oraz pomiarów kąta zwilżania. W przeciwieństwie do wcześniejszych badań[1-3] tego typu układów badania przeprowadzone przez nasz zespół po raz pierwszy potwierdziły możliwość tworzenia uporządkowanych monowarstw organicznych typu SAM, których struktura jest zbliżona do standardowych monowarstw SAM opartych na wiązaniu S-Au poprzez zastosowanie molekuł alkanotioli[4]. Nasze badania wskazują także na większą stabilność wiązania C-Au w porównaniu do wiązania S-Au w monowarstwach SAM do podłożu Au(111)[5].

[1] S. Zhang, K. L. Chandra, C. B Gorman,. J. Am. Chem. Soc. 2007, 129, 4876.
[2] A. M. McDonagh, H. M. Zareie, M. J. Ford, C. S. Barton, M. Ginic-Markovic, J. G. Matisons, J. Am. Chem. Soc. 2007, 129, 3533.
[3] F. Scholz, E. Kaletova, E. S. Stensrud, W. E. Ford, A. Kohutova, M. Mucha, I. Stibor, J. Michl, F. Wrochem, J. Phys. Chem. Lett. 2013, 4, 2624−2629.
[4] T. Żaba, A. Noworolska, C. M. Bowers, B. Breiten, G. M. Whitesides, P. Cyganik, J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 11918.
[5] T. Zaba, J. Ossowski, A. Krzykawska, C. M. Bowers, G. M. Whitesides, P. Cyganik, in preparation.

BADANIA EMISJI ŚWIATŁA W SKALI MOLEKULARNEJ POCHODZĄCEGO Z ZAADSORBOWANYCH NA POWIERZCHNI MOLEKUŁ HELICENY WZBUDZANYCH ZA POMOCĄ IGŁY STM-u

Paweł Krukowski[a,c], Songpol Chaunchaiyakul[a], Nami Yajima[a], Yuki Ito[a], Megumi Akai-Kasaya[a], Akira Saito[a], Hideji Osuga[b], Yuji Kuwahara[a]

[a] *Department of Precision Science and Technology, Graduate School of Engineering, Osaka University, 2-1 Yamada-oka, Suita 565-0871, Japan*
[b] *Department of Materials Science and Chemistry, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, Sakaedani 930 Wakayama 640-8510, Japan*
[c] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, Pomorska 149/153, Polska*
pawel.krukowski@uni.lodz.pl

Obrazowanie samoorganizacji molekuł chiralnych na powierzchni metali za pomocą skaningowego mikroskopu tunelowego (STM) jest obiecującym podejściem do zrozumienia natury oddziaływań pomiędzy molekułami chiralnymi odpowiedzialnymi za proces spontanicznej segregacji. Ze względu na trudności w identyfikacji chiralności molekuł w oparciu tylko o obrazy STM-owe, wydaje się konieczne użycie dodatkowej metody umożliwiającej weryfikację ich chiralności. W związku z powyższym dobrym rozwiązaniem wydaje się identyfikacja chiralności molekuł poprzez analizę różnicy emisji kołowo spolaryzowanego światła lewo i prawoskrętnie przez poszczególne zaadsorbowane enancjomery wzbudzane za pomocą igły STM-u.

W pracy przedstawiamy nasze badania adsorpcji racemicznej mieszaniny molekuł heliceny (2,13-bis(aldehyde)[7]-thiaheterohelicene) na powierzchni Au(111), Cu(001) oraz NiAl(110), jak również detekcji światła emitowanego przez molekuły heliceny powstałego w wyniku wzbudzania zaadsorbowanych molekuł igłą STM-u. Pomimo takich samych warunków nanoszenia tylko na powierzchni Au(111) racemiczna mieszanina molekuł heliceny tworzy monowarstwę samoorganizującą w której ponadto można wyróżnić zarówno homo jak i heterochiralne domeny. Na szczególną uwagę zasługuje fakt bardzo silnej emisji światła z molekuł heliceny zaadsorbowanych na powierzchni NiAl(110) o widmie zbliżonym do konwencjonalnego widma ekscytacji fotoluminescencji (PLE) co sugeruje molekularny charakter światła emitowanego przez badane molekuły.

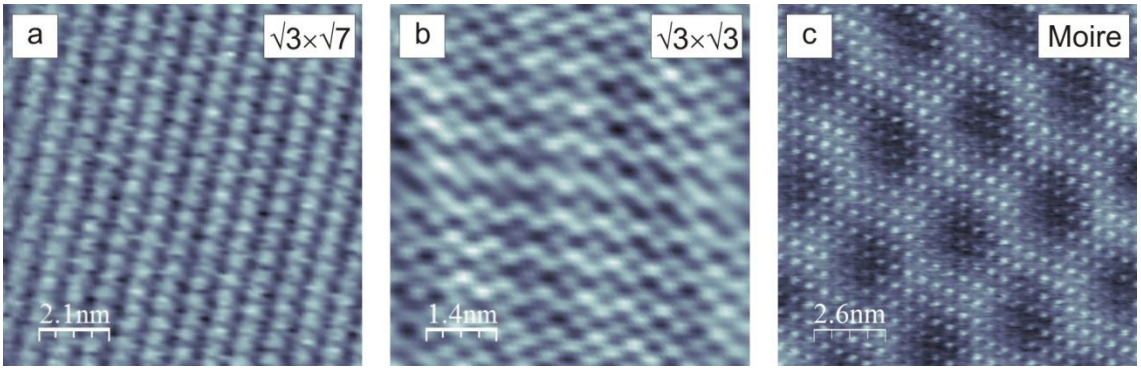
Źródło finansowania (Grant-in-Aid for Scientific Research (S), No. 24221009, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan).

ZASTOSOWANIE EC-STM DO BADAŃ UKŁADÓW FAZOWYCH CIECZ-CIAŁO STAŁE

Bartosz Madry[a], Klaus Wandelt[a,b], Marek Nowicki[a]

[a] *Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski, Pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław*
[b] *Institute of Physical and Theoretical Chemistry,University of Bonn, Wegelerstr. 12, 53115 Bonn*
nowicki@ifd.uni.wroc.pl

Adsorpcję anionów siarczanowych oraz kationów miedzi na powierzchni Au(111) z roztworu 0.1 mM $CuSO_4$ + 0.1 M H_2SO_4 badano przy zastosowaniu elektrochemicznego skaningowego mikroskopu tunelowego (EC-STM) oraz cyklicznej woltamperometrii (CV). Woltamogramy zarejestrowane w obszarze podpotencjałowego i nadpotencjałowego osadzania jonów ujawniają maksima odpowiadające adsorpcji/desorpcji 2/3 ML, 1/3 ML oraz kilku warstw Cu[1-3]. Po utworzeniu pierwszej pseudomorficznej warstwy Cu na Au(111) obrazy STM świadczą o obecności nieuporządkowanej warstwy anionów SO_4^{2-}. Obrazy zarejestrowane dla potencjałów mniejszych od -900mV (Pt/PtO) ujawniają nukleację domen anionów siarczanowych o strukturze $\left(\sqrt{3}\times\sqrt{7}\right)$ na pierwszej monowarstwie Cu, podobnie jak to ma miejsce na czystej powierzchni Au(111). Dalsza adsorpcja miedzi z roztworu prowadzi do wzrostu drugiej warstwy Cu, na której aniony SO_4^{2-} tworzą strukturę $\left(\sqrt{3}\times\sqrt{3}\right)$ o mniejszej stałej sieci niż dla 2/3 ML Cu. Aniony siarczanowe zaadsorbowane są w lukach po atomach Cu drugiej niepełnej warstwy. Ciągła adsorpcja Cu powoduje jednoczesny wzrost kolejnych warstw miedzi, które charakteryzuje struktura Moire.



Rysunek 1. Obrazy STM zarejestrowane dla anionów siarczanowych na pierwszej monowarstwie Cu (a), drugiej niepełnej warstwie (5/3ML) Cu (b) oraz kilku warstwach Cu (c) zaadsorbowanych na powierzchni Au(111).

[1] B. Madry, K. Wandelt, M. Nowicki, Surface Science 637-638 (2015) 77.
[2] B. Madry, K. Wandelt, M. Nowicki, Applied Surface Science 388 (2016) 678.
[3] B. Madry, K. Wandelt, M. Nowicki, Electrochimica Acta 217 (2016) 249.

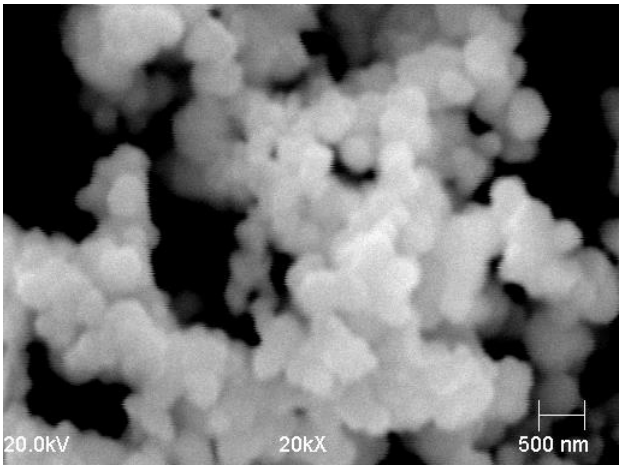
MECHANIZM OTRZYMYWANIA MIKROCZĄSTEK TLENKÓW MIEDZI NA DRODZE ELEKTROCHEMICZNEJ

Maria Starowicz

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Odlewnictwa, Katedra Chemii i Korozji Metali, 30-059 Kraków Reymonta 23
mariast@agh.edu.pl

Praca przedstawia badania elektrochemiczne miedzi w roztworach chlorku litu w bezwodnym etanolu jak również w roztworach alkoholowo-wodnych. Badania wykazały, że miedź w badanych roztworach ulega anodowemu roztwarzaniu i przechodzi do roztworu w postaci jonów. W wyniku reakcji wtórnych otrzymano mikrocząstki związków miedzi[1].

Mikrocząstki były analizowane przy pomocy mikroskopu skaningowego SEM (rys. 1), dyfrakcji rentgenowskiej XRD i spektroskopii w podczerwieni FTIR. Badania wykazały, że zarówno skład chemiczny jak i morfologia silnie zależą od proporcji alkohol-woda. Przy niskich zawartościach wody (do 25% obj.) w roztworze otrzymano mikrocząstki Cu_2O. Przy wyższych zawartościach wody produktem były mikrocząstki CuO.



Rysunek 1. Zdjęcie SEM nanoczastek Cu_2O otrzymanych podczas chronoamperometrycznej polaryzacji Cu w 0. 1 M LiCl-C_2H_5OH + 3% H_2O.

Podziękowania:
Praca zrealizowana w ramach pracy statutowej 11.11.170.318 zad. 12.

[1] M. Starowicz, *Anodowe roztwarzanie metali jako metoda otrzymywania nanocząstek metali i tlenków*, Wydawnictwo AKAPIT 2013.

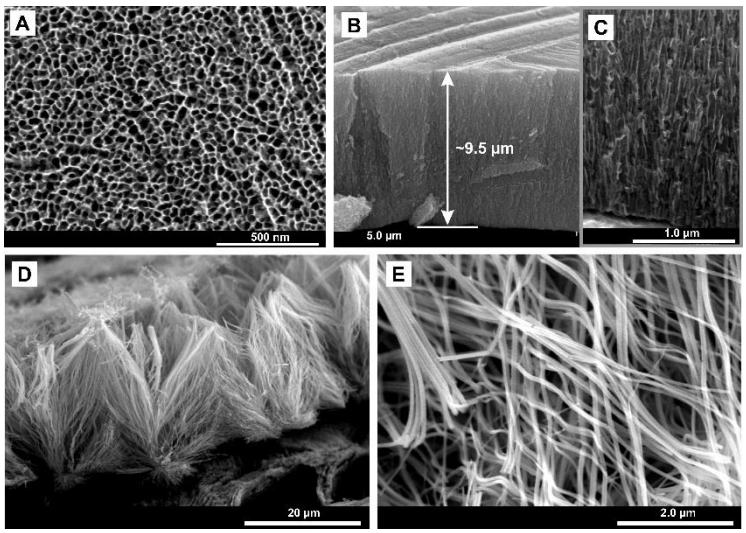
ANODOWE UTLENIANIE METALI JAKO OBIECUJĄCA METODA OTRZYMYWANIA NANOSTRUKTURALNYCH TLENKÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH O RÓŻNYCH MORFOLOGIACH

Leszek Zaraska, Karolina Gawlak, Krystyna Mika, Grzegorz D. Sulka

Zakład Chemii Fizycznej i Elektrochemii, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, ul. Ingardena 3, 30-060 Kraków
zaraska@chemia.uj.edu.pl

Jedną z najpowszechniej stosowanych metod otrzymywania nanostrukturalnych warstw tlenkowych na powierzchni metali jest ich kontrolowane anodowe utlenianie (anodyzacja) prowadzone w roztworach elektrolitów o odpowiednim składzie. Do najważniejszych zalet tej grupy metod należy niewątpliwie możliwość uzyskiwania nanomateriałów na relatywnie dużej powierzchni substratu, a także możliwość otrzymania produktów o ściśle określonej morfologii i składzie poprzez precyzyjny dobór warunków elektrolizy. Co więcej, proces nie wymaga stosowania kosztownej aparatury i skomplikowanych procedur.

W ostatnim czasie, metodę tę, pierwotnie wykorzystywaną do uzyskiwania nanoporowatych struktur Al_2O_3[1], zaczęto z powodzeniem stosować do otrzymywania nanostrukturalnych tlenków półprzewodnikowych, jak np. SnO_2[2], czy ZnO[3]. Przykładowe zdjęcia SEM nanoporowatych warstw SnO_2 (A – C) oraz struktur nanodrutów ZnO (D, E) przedstawiono na Rysunku 1.



Rysunek 1. Zdjęcia SEM nanoporowatych filmów SnO_2 (A–C) oraz struktur nanodrutów ZnO (D, E) otrzymanych w procesie anodowego utleniania odpowiednich metali.

Badania finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/13/D/ST5/02750.

[1] L. Zaraska, A. Brudzisz, E. Wierzbicka, G. D. Sulka, Electrochim. Acta 198 (2016) 259–267.
[2] L. Zaraska, D. Gilek, K. Gawlak, M. Jaskuła, G. D. Sulka, Appl. Surf. Sci. 390 (2016) 31–37.
[3] D. O. Miles, P. J. Cameron, D. Mattia, J. Mater. Chem. A 3 (2015) 17569–17577.

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA WŁAŚCIWOŚCI FOTOKATALITYCZNYCH GRAFITOWEGO AZOTKU WĘGLA ORAZ JEGO KOMPOZYTÓW Z TiO_2

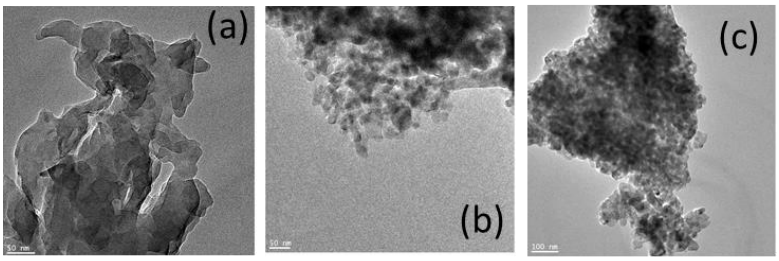
J. Komar, W. Kukułka, E. Mijowska, B. Zielińska, R. J. Kaleńczuk

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,, Zakład Nanotechnologii, ul. Pułaskiego 10, 70-322 Szczecin
rk@zut.edu.pl

Coraz więcej uwagi poświęca się grafitowemu azotkowi węgla (g-C_3N_4), ze względu na jego wysoką stabilność chemiczną i termiczną oraz odpowiednią przerwę energetyczną dla zastosowania światła widzialnego (2,7 eV)[1-3]. Materiał ten jest coraz szerzej badany jako fotokatalizator. Wadą czystego g-C_3N_4 jest jego niska aktywność fotokatalityczna, ze względu na wysoką szybkość rekombinacji fotogenerowanych elektronów i dziur oraz niewielką powierzchnię właściwą (~10 m^2/g)[3]. W nanokompozytach elektrony i dziury mogą przemieszczać się od jednego składnika nanokompozytu (półprzewodnik) do drugiego (inny półprzewodnik, metal, tlenki metali, siarczki metali, materiały węglowe itp.), dzięki czemu ich rozdział jest lepszy i wzrasta prawdopodobieństwo zajścia reakcji fotokatalitycznych.

Badano syntezę grafitowego azotku węgla (g-C_3N_4) oraz jego kompozytów z ditlenkiem tytanu. Zdjęcia TEM czystego g-C_3N_4 oraz jego kompozytów z TiO_2-P25 i TiO_2-P przedstawiono na rys. 1.

Otrzymane materiały scharakteryzowano za pomocą technik : mikroskopii elektronowej skaningowej SEM i wysokorozdzielczej transmisyjnej TEM, XRD, spektroskopii Ramana, spektroskopii UV-VIS DRS oraz metody niskotemperaturowej sorpcji azotu. Zbadano aktywność fotokatalityczną badanych katalizatorów w reakcji pod działaniem światła. Dowiedziono, że nanokompozyty są aktywne w zakresie VIS i UV.



Rys. 1. Zdjęcia TEM g-C_3N_4 (a) oraz nanokompozytów g-C_3N_4/TiO_2-P25 (b), g-C_3N_4/TiO_2-P-550 (c).

Pracę wykonano ze wsparciem finansowym Narodowego Centrum Nauki, praca nr UMO-2016/21/B/ST8/02733.

[1] X. Wang, S. Blechert, M. Antonietti, ACS Catal. 2 (2012) 1596.
[2] Y. Zhao, J. Zhang, L. Qu, Chem. Nano. Mat. 1 (2015) 298.
[3] J. Zhu, P. Xiao, H. Li et al, ACS Appl. Mater. Interfaces 6 (2014) 16449.

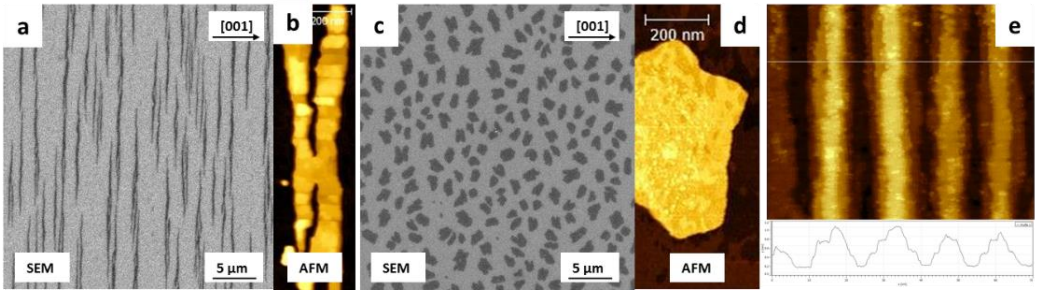
BADANIE WŁAŚCIWOŚCI CIENKICH WARSTW MOLEKULARNYCH NA MODYFIKOWANYCH PODŁOŻACH Z KRYSZTAŁÓW TiO_2(110)

Franciszek Krok

Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
franciszek.krok@uj.edu.pl

Badania układów zbudowanych z cienkich warstw organicznych na podłożach półprzewodnikowych uwarunkowane są olbrzymim potencjałem aplikacyjnym tkwiącym w łączeniu ze sobą właściwości organicznych molekuł z nieorganicznymi podłożami, szczególnie w zakresie elektroniki organicznej. Badanie oraz kontrola wzrostu warstw o różnych właściwościach optoelektronicznych jest kluczowe dla głębszego zrozumienia procesów dyfuzji molekuł na powierzchni oraz zjawisk, które nimi rządzą.

Przedstawione zostaną wyniki prac dotyczących procesów wzrostu struktur molekularnych zbudowanych z podłużnych, półprzewodzących molekuł para-hexafenylu (6P) nanoszonych na modyfikowane podłoża z TiO_2(110). Molekuły 6P tworzą struktury, które ze względu na ich kształt oraz ich budowę wewnętrzną można podzielić na dwie grupy: długie druty zbudowane z molekuł leżących[1] (Rys. 1a-b) oraz płaskie wyspy zbudowane z molekuł stojących[2] (Rys. 1c-d). Orientacja molekuł względem podłoża jest zadana przez wartość ich wzajemnego oddziaływania. Oddziaływanie to można zmieniać w kontrolowany sposób m. in. poprzez bombardowanie powierzchni wiązką jonową. W efekcie zostają wprowadzone dodatkowe defekty powierzchniowe (niskie dozy wiązki) lub można wytworzyć nanometrowe, anizotropowa struktury (wysokie dozy) w postaci tzw. zmarszczek (ang. ripples) wpływające na kształt samoorganizujących się struktur molekularnych[3].



Rysunek 1. a-b) Obrazy SEM oraz AFM drutów 6P na atomowo płaskiej powierzchni TiO_2(110); c-d) Obrazy SEM oraz AFM wysp 6P na zmodyfikowanej powierzchni TiO_2(110); e) Obraz STM (70x50nm) struktury zmarszczek na TiO_2(110) z widocznymi tarasami.

[1] D. Wrana et al. J. Phys. Chem. C, 119, 17004 (2015).
[2] K. Szajna et al. J. Chem. Phys. 145, 144703 (2016).
[3] M. Kratzer et al. Phys. Chem. Chem. Phys. 16, 26112 (2014).

ULTRACIENKIE WARSTWY ORGANICZNE DO ZASTOSOWAŃ TRIBOLOGICZNYCH

Michał Cichomski[a], Milena Prowizor[a], Ewelina Bystrzycka[a], Witold Kozłowski[b]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź*
m.cichom@uni.lodz.pl

Wraz z postępem technologicznym nastąpił dynamiczny rozwój miniaturowych struktur półprzewodnikowych, z których tworzone są systemy mikro-/nanoelektromechaniczne (MEMS/NEMS). W celu zwiększenia efektywności i czasu ich działania oraz wyeliminowania zachodzących procesów tribologicznych, poszukuje się nowych materiałów oraz środków zabezpieczających powierzchnie urządzeń przed zużyciem. Metoda, mająca na celu rozwiązanie tych problemów wykorzystuje związki samoorganizujące (SAMs) do utworzenia cienkiej warstwy organicznej na powierzchni. Związkami organicznymi najczęściej stosowanymi podczas depozycji są silany bądź kwasy fosfonowe[1,2]. Dzięki ich właściwościom takim jak: hydrofobowość, odporność na korozję, stabilność termiczną oraz zdolność do tworzenia silnego wiązania z podłożem, możliwe jest uzyskanie monowarstwy zmniejszającej zużycie[3].

W niniejszej pracy charakterystyka ultracienkich warstw organicznych przeprowadzona została za pomocą technik spektroskopowych: rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronów (XPS), spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR) oraz mikroskopowych: mikroskopii sił atomowych (AFM), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), a także goniometru. Ponadto za pomocą pomiarów współczynników tarcia oraz sił adhezji dokonano analizy wpływu struktury związków samoorganizujących na właściwości tarciowe otrzymanych warstw.

Badania finansowane z Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/13 / B / ST8 / 03114.

[1] A. Ptak, M. Makowski, M. Cichomski, Chemical Physics Letters 489 (2010) 54-58.
[2] B. Bhushan, M. Cichomski, E. Hoque, J. A. DeRose, P. Hoffmann, H. J. Mathieu, Journal of Chemical Physics 124 (2006) 174710.
[3] B. Bhushan, M. Cichomski, Journal of Vacuum Science and Technology A: Vacuum, Surfaces and Films 25 (2007) 1285-1293.

OCENA STOPNIA ZDEFEKTOWANIA WARSTW POLIKRYSTALICZNEGO GRAFENU PO TRANSFERZE NA POROWATE PODŁOŻA NOŚNE

Konrad Dybowski, Piotr Kula, Agata Jeziorna, Radomir Atraszkiewicz, Paulina Kowalczyk, Krzysztof Jakubowski

Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Materiałowej, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź
konrad.dybowski@p.lodz.pl

Warstwy polikrystalicznego grafenu transferowano na porowate podłoża nośne w celu wytworzenia membrany kompozytowej przeznaczonej do filtracji wody. Grafen wykorzystywany do budowy kompozytów wytworzono metodą metalurgiczną na podłożu metalicznej fazy ciekłej[1,2]. Metoda ta pozwala na osiągnięcie dużych powierzchni polikrystalicznego grafenu o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie[3], co umożliwić może dobre pokrycie porowatej powierzchni podłoża nośnego ciągłą warstwą grafenu dla przedmiotowego zastosowania. Transfer grafenu z podłoża wzrostowego na podłoże docelowe realizowano za pomocą polimetakrylanu metylu. Pokrywano wytworzony grafen PMMA, następnie trawiono w chlorku żelaza metalowy substrat, a po przeniesieniu na porowate podłoże nośne rozpuszczano PMMA w oparach gorącego acetonu. Zastosowana metoda transferu może wprowadzać do warstwy grafenu defekty, które uniemożliwiają wytworzenie membrany kompozytowej o zakładanym przeznaczeniu. Oczyszczanie wody na takiej membranie nie będzie efektywne; cząsteczki/jony zanieczyszczeń nie będą skutecznie blokowane na grafenie. Istnieje więc konieczność kontroli jakości transferu w celu eliminacji wad powstających na tym etapie procesu wytwarzania kompozytu. Zakres zrealizowanych w tym obszarze badań pozwolił na opracowanie metody oceny ciągłości warstw grafenu po transferze, co z kolei dało możliwość charakterystyki powstających wad i skuteczną ich eliminację.

Badania zrealizowano ze środków UE w ramach projektu nr POIR. 04. 01. 04-00-0089/15, Działanie 4.1 „Badania naukowe i prace rozwojowe”, Poddziałanie 4.1.4 „Projekty aplikacyjne” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, 2014-2020, tytuł projektu: „Materiały kompozytowe na bazie grafenu przeznaczone do oczyszczania wody”.

[1] US 9 284 640, USA, *Method of producing graphene from liquid metal*, P. Kula, A. Rzepkowski. R. Pietrasik, R. Atraszkiewicz, K. Dybowski, W. Modrzyk, Advanced Graphene Products Sp. z o.o., Politechnika Łódzka.

[2] PL224409-B, PL, *Sposób wytwarzania grafenu z ciekłego metalu*, P. Kula, A. Rzepkowski. R. Pietrasik, R. Atraszkiewicz, K. Dybowski, W. Modrzyk, SECO/WARWICK SA, Politechnika Łódzka.

[3] P. Kula, W. Szymanski, Ł. Kołodziejczyk, R. Atraszkiewicz, K. Dybowski, J. Grabarczyk, R. Pietrasik, P. Niedzielski, Ł. Kaczmarek, M. Clapa, *High Strength Metallurgical Graphene - Mechanisms of Growth and Properties*, Archives of Metallurgy and Materials, Volume 60 Issue 4/2015, pp. 2535-2541.

HgCdTE ALLOYS AS NATURAL 3D ANALOG OF GRAPHENE

G. Tomaka, P. Śliż, M. Marchewka, D. Żak, J. Polit, E. M. Sheregii

Centre for Microelectronics and Nanotechnology, University of Rzeszow, Pigonia str. 1, 35-959 Rzeszow, Poland; http://www. nanocentrum. univ. rzeszow. pl/
sheregii@ur.edu.pl

HgCdTe (MCT) alloy is a typical material with strong spin-orbital interaction which lifts the Γ8 band above the Γ6 one. That is why a Dirac point (the Γ6 and Γ8 crossing that causes massless fermions) is realized when the composition of MCT is varied from HgTe to CdTe what makes the 3D topological Dirac semimetal HgCdTe as a natural analogue of graphene in 3D.

In this report experimental results of the magneto-transport measurements over a wide interval of temperatures for nineteen samples of MCT (x ≈ 0.13 - 0.15) grown by MBE are presented[1]. The results obtained for sample A9 – strained thin layer on the GaAs/CdTe substrate – are presented in Fig. 1a. The Rxx(B) and Rxy(B) curves are shown for different temperatures over wide range from 0.4 K to 50 K. The well-defined quantized plateaus in Rxy with values h/(2e2) = 12.9 kΩ, accompanied by vanishing Rxx is observed at 0.4 K what explicitly indicate on the Integer Quantum Hall Effect (IQHE) and Shubnikov-de Haas (SdH) oscillations characteristic for 2D electron gas. The R_{xx}(B) and R_{xy}(B) curves are reproducible up to 20 K and above this temperature the Integer Quantum Hall Conductivity (IQHC) is observed up to 50 K. That can be explained by conductivity on topologically protected surface states (TPSS). An amazing temperature stability of the SdH-oscillation period and amplitude is observed in the entire temperature interval of measurements up to 50 K for samples of series AB (Fig. 1b) and B also. Moreover, the IQHE behavior of the Hall resistance is registered in the same temperature interval. In the case of not strained layers (series AB and B) it is assumed that the QHC on the TPSS contributes also to the conductance of the bulk samples.

As Topological Insulator (IT) HgCdTe have important advantages: high value of the Fermi velocity – approximately the same as for graphene, what leads to an increase in the attractiveness of this TI for future applications: as massless Weyl fermions[2].

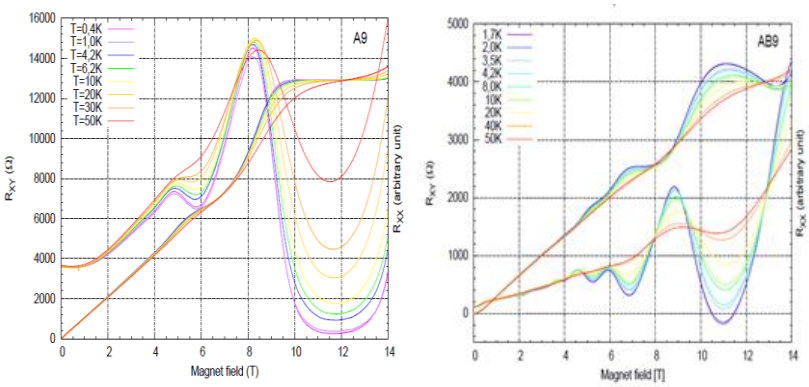


Fig1. Magneto-resistances, R_{xx} and R_{xy} vs magnetic field at the temperatures of 0. 4 - 50 K for a) sample of series A; b) sample of series AB.

We acknowledge support from the grant - contract WND-PPK.01.03.00-18-053/12.

[1] G. Tomaka et al., Phys. Rev. B, 93, 205419 (2016).
[2] M. Marchewka, et al., Solid State Communication, 250, 104-107 (2016)US 9.

ADHEZJA LODU DO HYDROFOBOWYCH I SUPERHYDROFOBOWYCH POWIERZCHNI WYTWARZANYCH Z ŻYWIC EPOKSYDOWYCH

Maciej Psarski, Daniel Pawlak, Grzegorz Celichowski

Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź
mpsarski@uni.lodz.pl

Obladzanie jest poważnym problemem, zarówno w warunkach przemysłowych, jak i codziennych (samoloty, linie energetyczne, szyby samochodowe, lodówki itp.). Stosowane obecnie metody zapobiegania obladzaniu są niewystarczająco skuteczne i/lub mało ekonomiczne, dlatego poszukiwane są nowe rozwiązania. Większość eksplorowanych obecnie strategii opiera się na hydrofobowości powierzchni podłoża jako warunku wstępnym. Powierzchnie zapewniające skrajną niezwilżalność, czyli superhydrofobowe (SH), łączą hierarchiczną topografię nano- i mikrometryczną z małą swobodną energią powierzchniową (SEP). Potencjał przeciwoblodzeniowy powierzchni SH jest obecnie przedmiotem zainteresowania wielu zespołów badawczych.

W prezentowanych tu badaniach mikrostruktury powierzchniowe o regularnych, periodycznych kształtach (mikrosłupy, siatka prostopadłościenna, struktura plastra miodu) wytwarzano fotolitograficznie w fotorezyście epoksydowym SU-8 lub - poprzez replikację – w żywicy epoksydowej. Na powierzchni mikrostruktur budowano nanometryczną chropowatość, za pomocą trawienia w niskotemperaturowej plazmie RF. Zastosowanie materiałów epoksydowych zapewnia wysoką trwałość mechaniczną tych delikatnych struktur. Hydrofobizację żywicy epoksydowej i SU-8 prowadzono poprzez osadzanie z fazy gazowej 1H,1H,2H,2H-perfluorododecylotrichlorosilanu (C12), wybranego na podstawie badań szeregu fluoroalkilosilanów, zawierających od 3 do 12 atomów węgla w łańcuchu alkilowym.

Adhezja lodu do wytwarzanych tak powierzchni SH badana była poprzez pomiar naprężenia odrywającego zamrożoną kroplę wody. Stwierdzono redukcję naprężenia odrywającego o 2 rzędy wielkości na powierzchniach SH, w porównaniu do odpowiednich płaskich powierzchni, zmodyfikowanych C12.

Badane materiały charakteryzują się wysoką przeźroczystością, co umożliwiło obserwację z dołu powierzchni międzyfazowej podczas zamarzania wody na powierzchniach SH. Badano przejścia z trybu kropli zawieszonej na strukturze powierzchniowej, opisanego przez model Cassiego-Baxtera, do trybu pełnego zwilżenia powierzchni podłoża, opisanego przez model Wenzla.

Praca finansowana przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr UMO-2012/05/B/ST8/02876.

DYNAMIKA EKSCYTONÓW I NOŚNIKÓW W NANODRUTACH TYPU RDZEŃ/OTOCZKA ZnTe/ZnMgTe

M. Szymura[a], Ł. Kłopotowski[a], A. A. Mitioglu[b], P. Wojnar[a], G. Karczewski[a], T. Wojtowicz[a], D. K. Maude[b], P. Płochocka[b], J. Kossut[a]

[a] *Instytut Fizyki, PAN, Warszawa, Polska*
[b] *Narodowe Laboratorium Wysokich Pól Magnetycznych, UPR 3228, CNRS-UJF-UPS-INSA, Grenoble i Tuluza, Francja*
szymura@ifpan.edu.pl

Nanodruty cieszą się dużym zainteresowaniem ze względu na praktyczne wykorzystanie tych struktur m. in. w kwantowej technologii informacyjnej czy urządzeniach optoelektronicznych takich jak: diody elektroluminescencyjne, lasery i tranzystory o wysokiej ruchliwości elektronów. W celu osiągnięcia wysokiej wydajności tych urządzeń, niezbędne jest zrozumienie dynamiki rekombinacji ekscytonów w systemach jednowymiarowych.

Zmierzono fotoluminescencję rozdzieloną w czasie (TRPL) i wyznaczono czas życia ekscytonów i nośników w nanodrutach typu rdzeń/otoczka ZnTe/ZnMgTe. Nanodruty zostały wyhodowane za pomocą epitaksji z wiązek molekularnych, z wykorzystaniem mechanizmu wzrostu para-ciecz-ciało stałe (VLS). Wyhodowano nanodruty o różnych grubościach otoczek: 3 nm, 8 nm, 12 nm i 16 nm. Następnie przy użyciu izopropanolu i ultradźwięków sporządzono próbki z pojedynczymi nanodrutami. Fotoluminescencja rozdzielona w czasie była pobudzana światłem o długości fali 505 nm z optycznego oscylatora parametrycznego (OPO), który był pompowany impulsowym femtosekundowym laserem szafirowotytanowym. Wiązkę pobudzającą skupiano obiektywem mikroskopu do plamki o średnicy 2 μm. Detektorem była kamera smugowa o rozdzielczości czasowej ok. 7 ps. Zmierzono TRPL na zespole nanodrutów i drutach pojedynczych. Pomiary przeprowadzono w zakresie temperatur od 5 K do 100 K, a także w funkcji grubości otoczki.

Stwierdzono, że tunelowanie ekscytonu przez otoczkę kontroluje dynamikę fotoluminescencji (PL). Wraz ze wzrostem temperatury zaobserwowano znaczne skrócenie czasu życia PL związane z aktywacją termiczną procesów nieradiacyjnych. Natomiast wraz ze wzrostem grubości otoczki nanodrutu zaobserwowano wydłużenie czasu życia PL, w wyniku zmniejszenia prawdopodobieństwa tunelowania nośników z rdzenia do nieradiacyjnych stanów powierzchniowych.

WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNIE ANIZOTROPOWYCH ZWIĄZKÓW NA BAZIE KOBALTU I BORU OTRZYMYWANYCH Z FAZ METASTABILNYCH STRUKTURALNIE

Andrzej Musiał[a], Zbigniew Śniadecki[a], Yu. Ivanisenko[b], D. Wang[b], Bogdan Idzikowski[a]

[a] *Instytut Fizyki Molekularnej, Polska Akademia Nauk, M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, Polska*
[b] *Institute of Nanotechnology, Karlsruhe Institute of Technology, Eggenstein-Leopoldshafen, Germany*
idzikowski@ifmpan.poznan.pl

Jako magnesy trwałe stosowane są obecnie związki oparte głównie na pierwiastkach ziem rzadkich, do których dostęp jest ograniczony, a ich cena jest niestabilna. Znalezienie nowego materiału magnetycznego nie zawierającego pierwiastków ziem rzadkich, którego iloczyn energii wynosiłby co najmniej połowę wartości używanego powszechnie układu Nd-Fe-B, pozwoliłoby na zastąpienie tego materiału w wielu urządzeniach komercyjnych. Taki stop oprócz dużej anizotropii magnetokrystalicznej powinien posiadać również wysoką temperaturę Curie. Z tego względu potencjalnymi materiałami na magnesy trwałe są obecnie związki na bazie kobaltu lub żelaza, zawierające dodatkowo hafn i bor.

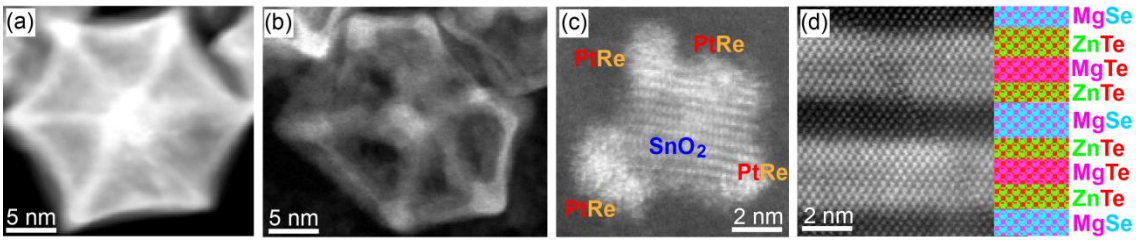
W przypadku stopu $Hf_2Co_{11}B$ uzyskano nanokrystaliczną fazę magnetycznie twardą w wyniku gwałtownego chłodzenia z fazy ciekłej. Jej struktura i właściwości ulegają modyfikacjom w wyniku późniejszego wygrzewania, które prowadzi również do krystalizacji faz magnetycznie miękkich, co może skutkować powstaniem międzyfazowego sprzężenia typu *exchange spring*. Uzyskany nanokompozyt łączy pożądane właściwości charakterystyczne dla tych faz, np. zwiększone namagnesowanie w stanie nasycenia dla fazy miękkiej oraz duże pole koercji dla fazy twardej magnetycznie. Otrzymane stopy $Hf_2Co_{11}B$ charakteryzują się dużą wartością anizotropii magnetokrystalicznej (~ 15 Merg/cm^3) oraz temperaturą Curie wynoszącą ponad 500°C. Wyjściowo, w stanie po wytworzeniu metodą szybkiego chłodzenia z fazy ciekłej, uzyskano dwie różne struktury, amorficzną i częściowo krystaliczną. Potwierdzone zostało występowanie dwóch faz Hf_2Co_{11} o różnych strukturach krystalicznych, rombowej i twardej magnetycznie romboedrycznej. Pokazano również, że w przypadku próbek zawierających nanokryształy fazy twardej, wygrzewanie izotermiczne skutkuje dużo większym polem koercji oraz iloczynem energii w porównaniu do taśm wygrzewanych ze stanu amorficznego. Zastosowanie techniki skręcania pod wysokim ciśnieniem (ang. HPT) umożliwiło amorfizację stopu nanokrystalicznego. Ponowne wygrzanie zdeformowanego tą metodą stopu spowodowało znaczny wzrost jego pola koercji, potwierdzając w ten sposób możliwość sterowania i optymalizacji właściwości magnetycznych badanych układów.

ZABAWA KSZTAŁTEM I SKŁADEM CHEMICZNYM NANOSTRUKTUR DLA RÓŻNYCH ZASTOSOWAŃ

Magdalena Parlinska-Wojtan[a], Grzegorz Gruzeł[a], Elżbieta Roga[a], Joanna Depciuch[a], Jean-Guy Rousset[b]

[a] *Instytut Fizyki Jądrowej PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków*
[b] *Zakład Fizyki Ciała Stałego, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

W dzisiejszych czasach nanocząstki (NPs) o rozmiarach pomiędzy 2 a 50 nm stają się coraz bardziej popularne, ponieważ mogą być stosowane w inżynierii materiałowej, chemii, katalizie, medycynie i biologii. W szczególności duże zainteresowanie wzbudzają nanocząstki o fantazyjnych kształtach, również dlatego, że można je wytwarzać tanimi metodami syntez chemicznych. W niniejszej pracy przeprowadzone zostały badania morfologiczne i analityczne techniką transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM, STEM i EDS) różnych typów NPs do zastosowań katalitycznych oraz kropek kwantowych i nanostruktur wielowarstwowych znajdujących się w osnowie litej. Przebadano trójwymiarowe (3D) katalizatory[1] będące obiecującymi nanomateriałami do zastosowań w ogniwach paliwowych. Są to bimetaliczne NPs $PtNi_3$ w kształcie dwunastościanu rombowego, które składają się z niklowego rdzenia i otaczającego go platynowego szkieletu zewnętrznego. Po usunięciu rdzenia, pozostająca pusta nanoramka Pt oferuje znacznie większą powierzchnię aktywną w porównaniu do sferycznych NPs. Drugi zbadany nanomateriał to nanocząstki SnO_2 będące bardzo dobrymi substratami dla NPs metali szlachetnych (Pt, Re), ponieważ ich kombinacje wykazują dobre własności katalityczne do utleniania etanolu[2]. Fizyczny kontakt pomiędzy Pt, Re i SnO_2 jest kluczowy dla efektywności katalizatora, gdyż rozerwanie wiązania C–C następuje właśnie na powierzchniach kontaktu. Trzeci materiał jest materiałem litym, o bardzo dobrych właściwościach optycznych, składającym samoorganizujących się kropek kwantowych CdTe oraz ze struktur warstwowych tzw. luster Bragga zbudowanych z Te i Se[3].



Rys. 1 Nanocząstki 3D $PtNi_3$ (a – z rdzeniem Ni), (b – po usunięciu Ni), (c) $PtRe/SnO_2$ NPs, (d) lustro Bragga.

[1] C. Chen et all, Science 343 (2014) 1339.
[2] A. Kowal et all, Nature Materials 9 (2009) 325.
[3] J. -G. Rousset et all, J. Appl. Phys., 119 (2016) 183105.

ZASTOSOWANIE LASEROWO INDUKOWANYCH ŹRÓDEŁ SKRAJNEGO NADFIOLETU I PLAZMY NISKOTEMPERATUROWEJ DO MIKRO- I NANOOBRÓBKI MATERIAŁÓW

Andrzej Bartnik, Henryk Fiedorowicz, Joanna Czwartos, Przemysław Wachulak, Roman Jarocki, Mirosław Szczurek, Jerzy Kostecki, Tomasz Fok, Łukasz Węgrzyński

Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna, Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
andrzej.bartnik@wat.edu.pl

Obróbkę powierzchni realizuje się metodami chemicznymi, fizycznymi bądź fizyko-chemicznymi. W przypadku dwóch ostatnich metod, stosowane jest min. naświetlanie promieniowaniem jonizującym oraz ekspozycja na plazmę niskotemperaturową. W wyniku działania tego typu czynników następują procesy ablacji i modyfikacji powierzchni. Można w ten sposób wytwarzać mikro- i nanostruktury o zadanej geometrii lub wywoływać zmiany morfologii i struktury chemicznej w warstwie wierzchniej wpływające na pewne własności powierzchni. Obróbka plazmą o odpowiednio dobranych parametrach i składzie umożliwia zmiany zwilżalności, adhezji czy biokompatybilności. Sieciowanie będące wynikiem ekspozycji na plazmę umożliwia wytworzenie nierozpuszczalnej powierzchni materiału. Fluorowanie powierzchni wywołuje obniżenie zwilżalności. Ekspozycja krzemu na plazmę wytwarzaną w SF_6 może powodować jego konwersję na tzw. czarny krzem. Tego typu plazma służy też do funkcjonalizacji grafenu czy nanorurek węglowych.

W wyniku wieloletnich badań, prowadzonych w Instytucie Optoelektroniki WAT, opracowano laserowo-plazmowe źródła promieniowania z zakresu skrajnego nadfioletu (EUV) o dużej intensywności[1], z możliwością wytwarzania niskotemperaturowej plazmy fotojonizacyjnej[2]. Źródła te zostały zastosowane do obróbki powierzchni różnych materiałów, w szczególności polimerów organicznych. W wyniku przeprowadzonych badań dotyczących ekspozycji materiałów na promieniowanie EUV oraz plazmę fotojonizacyjną, uzyskano różnego typu zmiany morfologii powierzchni zarówno w skali nano- jak i mikro. Wykazano też możliwość uzyskania zmian struktury chemicznej w warstwie wierzchniej[3]. Określono warunki powstawania mikro- i nanostruktur na powierzchni różnego typu polimerów w wyniku naświetlania promieniowaniem jonizującym. Pokazano też wpływ plazmy niskotemperaturowej na powstawanie takich struktur oraz zmiany w strukturze molekularnej materiału poddanego ekspozycji na plazmę i promieniowanie.

[1] A. Bartnik, Optoelectronics Review 23, 172-186 (2015).
[2] A. Bartnik et al., Journal of Instrumentation 11, Issue 3, C03009 (2016).
[3] A. Bartnik et al., Appl Phys A 109, 39-43 (2012).

MODYFIKACJA STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRONOWYCH EPITAKSJALNEGO GRAFENU NA Ru(0001) POPRZEZ INTERKALACJĘ

Mikołaj Lewandowski[a], Ewa Madej[b], Zygmunt Miłosz[a], Dorota Wilgocka-Ślęzak[b], Michał Hermanowicz[c], Nika Spiridis[b], Józef Korecki[b], Stefan Jurga[a], Feliks Stobiecki[a]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*
[b] *Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN, ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków*
[c] *Instytut Fizyki, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań*
lewandowski@amu.edu.pl

Epitaksjalny grafen (EG) może zostać wytworzony na powierzchni Ru(0001) poprzez termiczną dekompozycję węglowodorów (np. etylenu)[1]. Monowarstwa EG na Ru(0001) charakteryzuje się silnym oddziaływaniem z podłożem, co skutkuje występowaniem nadstruktury Moiré o periodyczności ok. 30 Å oraz lokalną modyfikacją struktury elektronowej[2]. Wykazano, iż poprzez interkalowanie EG/Ru(0001) atomami różnych pierwiastków możliwe jest modyfikowanie struktury i właściwości elektronowych grafenu, co jest związane zarówno z osłabieniem jego oddziaływania z podłożem Ru(0001), jak również z oddziaływaniem grafenu z interkalowanym materiałem[3-5].

W pracy zastosowano skaningową mikroskopię tunelową (STM) oraz mikroskopię i dyfrakcję elektronów niskiej energii (LEEM, LEED) do badania interkalowanego EG/Ru(0001). Wykazano bezpośredni wpływ parametrów wytwarzania grafenu na mechanizmy jego interkalacji. Badania eksperymentalne zostały wsparte teoretycznymi obliczeniami *ab initio*.

Praca finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki (projekt OPUS nr DEC-2014/15/B/ST3/02927).

[1] S. Marchni, S. Günther, and J. Wintterlin, Phys. Rev. B 76 (2007) 075429.
[2] M. Gyamfi, T. Eelbo, M. Waśniowska, and R. Wiesendanger, Phys. Rev. B 83 (2011) 153418.
[3] P. Sutter, P. Albrecht, X. Tong, E. Sutter, J. Phys. Chem. C 117 (2013) 6320.
[4] L. Huang, Y. Pan, L. Pan, M. Gao, W. Xu, Y. Que, H. Zhou, Y. Wang, S. Du, and H. -J. Gao, Appl. Phys. Lett. 99 (2011) 163107.
[5] X. Fei, L. Zhang, W. Xiao, H. Chen, Y. Que, L. Liu, K. Yang, S. Du, and H. -J. Gao, J. Phys. Chem. C 119 (2015) 9839.

PLATFORMY PLAZMONICZNE OTRZYMANE METODĄ UKIERUNKOWANEGO WZROSTU EUTEKTYCZNEGO: WYTWARZANIE, STRUKTURA I ZASTOSOWANIA

Barbara Kościelska[a], Marcin Łapiński[a], Anna Gapska[a], Anna Synak[b], Paweł Syty[c], Wojciech Sadowski[a], Józef E. Sienkiewicz[c], Leszek Kułak[c], Leszek Gołębiowski[c]

[a] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*
[b] *Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 57/246, 80-952 Gdańsk*
[c] *Katedra Fizyki Teoretycznej i Informatyki Kwantowej, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,, Politechnika Gdańska, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*
basia@mif.pg.gda.pl

W ostatnich latach wiele badań poświęcono wytwarzaniu i wykorzystaniu nanostruktur metali. Powodem tego jest, między innymi, powstający w nich pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego zlokalizowany rezonans plazmonów powierzchniowych (LSPR), który może prowadzić zarówno do wzmocnienia jak i powstania interesujących zjawisk optycznych. Niezwykle ważne wydaje się więc zaprojektowanie i wytworzenie powierzchni, zbudowanych z nanostruktur o odpowiednim kształcie, rozmiarach i rozmieszczeniu, czyli platform plazmonicznych.

W niniejszej pracy do wytwarzania platform plazmonicznych zaproponowano metodę ukierunkowanego wzrostu eutektycznego. W rezultacie otrzymano nanocząstki złota na dwóch różnych podłożach: krzemie i szkle. Strukturę krystaliczną przygotowanych próbek zbadano metodą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) natomiast ich morfologię obserwowano skaningowym mikroskopem elektronowym (SEM) oraz mikroskopem sił atomowych (AFM). Wiązania chemiczne analizowano metodą rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronów (XPS). Nanocząstki pokrywano następnie cienką warstwą Al_2O_3 i testowano pod względem wzmocnienia luminescencji. Jako fluorofor zastosowano walrubicynę w PVA. Zaobserwowano, że nanostruktura złota wzmacnia luminescencję. Ponadto dokonano symulacji rozkładu pola elektrycznego wokół nanostruktur złota. Obliczenia zrobiono metodą różnic skończonych w dziedzinie czasu (FDTD).

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr2 015/17/B/ST5/03143 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki (A. S.).

SYNTEZA I MODYFIKACJA NANOSTRUKTUR PLAZMONICZNYCH I ICH ZASTOSOWANIE CZUJNIKOWE

Joanna Niedziółka-Jönsson[a,b], Sebastian Maćkowski[b,c]

[a] *Instytut Chemii Fizycznej PAN, Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa*
[b] *Bałtycki Instytut Technologiczny, Al. Zwycięstwa 96/98, 81-451 Gdynia*
[c] *Instytut Fizyki UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń*
jniedziolka@ichf.edu.pl

Nanostruktury o własnościach plazmonowych, takie jak nanocząstki czy nanodruty metaliczne, mogą być uzyskiwane na wiele sposobów: poprzez fizyczne osadzanie na podłożach, wykorzystanie technik elektrochemicznych czy litografii elektronowej. Jednak najpopularniejszą, i prawdopodobnie najtańszą, metodą ich otrzymywania jest synteza chemiczna, polegająca zwykle na redukcji soli metalu w roztworze. W tym przypadku obecność substancji specyficznie adsorbowanych na wybranych płaszczyznach krystalograficznych metalu prowadzi do otrzymywania nanostruktur o preferowanym kształcie[1].

W takcie wykładu zaprezentowane zostaną metody otrzymywania nanostruktur metalicznych o różnych kształtach tj. sfery, sześciany czy druty, wraz z opisem różnych strategii modyfikacji ich powierzchni. Tak uzyskane nanostruktury metaliczne znajdują zastosowanie w konstrukcji czujników do wykrywania i oznaczania wirusów bakteryjnych – bakteriofagów. Jednym z przykładów jest wykorzystanie sferycznych nanocząstek złota zmodyfikowanych przeciwciałami[2] lub polimerem[3] do obserwacji zmiany pasma zlokalizowanego rezonansu plazmonowego na skutek tworzenia kompleksu immunologicznego przeciwciało-antygen. Powstałe w ten sposób czułe i szybkie testy kolorymetryczne osiągają wykrywalność na poziomie pM [2] oraz fM [3]. Obserwacja tworzenia kompleksu immunologicznego możliwa jest również z wykorzystaniem mikroskopii fluorescencyjnej struktur opartych o nanodruty metaliczne. W tym przypadku możliwa staje się obserwacja pojedynczych wirusów znajdujących się w roztworze. Z kolei nanostruktury posiadające liczne krawędzie i wierzchołki, takie jak trójkąty czy sześciany, mogą posłużyć do wykrywania obecności metali ciężkich.

[1] A. U. Khan, S. Zhao, G. Liu, J. Phys. Chem. C 120 (2016) 19353.
[2] A. Leśniewski; M. Łoś, M. Jönsson-Niedziółka, A. Krajewska, K. Szot, J. Łoś, J. Niedziółka-Jönsson, Bioconjugate Chemistry, 25 (2014) 644.
[3] P. Kannan, M. Łoś, J. Łoś, J. Niedziółka-Jönsson, Analyst, 139 (2014) 3563.

ZAAWANSOWANE FOTOKATALIZATORY TiO_2

Ireneusz Piwoński, Aneta Kisielewska, Joanna Ginter, Kaja Spilarewicz-Stanek

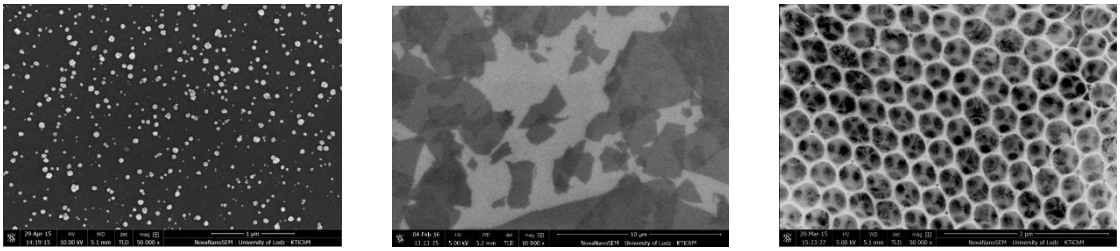
Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów
ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź
irek@uni.lodz.pl

Fotokatalizatory na bazie TiO_2 nabierają w ostatnich latach szczególnego znaczenia, ze względu na ich wykorzystanie w ochronie środowiska, a także do zrównoważonego wytwarzania energii. Połączenie TiO_2 z nanomateriałami pozwala na zwiększenie efektywności oraz rozszerzenie jego działania, poprzez wydłużenie czasu życia elektron-dziura, zwiększenie adsorpcji zanieczyszczeń, a także lepszego wykorzystania światła.

Pierwsza część pracy dotyczy wytwarzania nanostruktur srebra na powierzchni TiO_2 metodą fotoredukcji jonów srebra pod wpływem promieniowania UV. Przedstawione zostaną mechanizmy generowania srebra oraz jego wpływ na właściwości fotokatalityczne i antybakteryjne[1-4].

Druga część poświęcona jest charakterystyce kompozytów TiO_2 z grafenem i srebrem, uwzględniającej wpływ utlenionej i zredukowanej formy grafenu na wzrost struktur srebra oraz na właściwości fotokatalityczne całego układu[5].

Ostatnia część dotyczy efektywnego wykorzystania światła w strukturach TiO_2 zwanych kryształami fotonicznymi, charakteryzującymi się wysokim stopniem uporządkowania komórek elementarnych o periodycznie zmieniającym się współczynniku załamania światła i występowaniem fotonicznej przerwy wzbronionej[6].



a **b** **c**

Rysunek 1. Obrazy SEM układów: srebro-TiO_2 (a), grafen-TiO_2 (b) oraz kryształu fotonicznego TiO_2 (c).

[1] I. Piwoński *et al.* Applied Surface Science 257 (2011) 7076-7082.
[2] I. Piwoński *et al.* Applied Surface Science 373 (2016) 38-44.
[3] K. Kądzioła *et al.* Applied Surface Science 288 (2014) 503-512.
[4] K. Zawadzka *et al.* New Journal of Chemistry 38 (2014) 3275-3281.
[5] K. Spilarewicz-Stanek *et al.* RSC Advances 6 (2016) 60056-60067.
[6] J. Ginter *et al.* Microporous and Mesoporous Materials 225 (2015) 580-589.

NANORURKI TLENKU TYTANU IV – CHARAKTERYSTYKA, WŁAŚCIWOŚCI, ZASTOSOWANIE

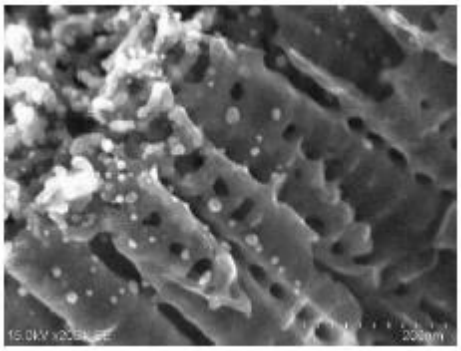
Marcin Pisarek[a], Agata Roguska[a], Andrzej Kudelski[b], Piotr Kędzierzawski[a], Mariusz Andrzejczuk[c], Mirosław Krawczyk[a], Marcin Hołdyński[a], Maria Janik-Czachor[a]

[a] *Instytut Chemii Fizycznej PAN – Laboratorium Analizy Powierzchni*
[b] *Uniwersytet Warszawski – Wydział Chemii*
[c] *Politechnika Warszawska – Wydział Inżynierii Materiałowej*
mpisarek@ichf.edu.pl

Rozwój nanotechnologii przyniósł wiele możliwości w kształtowaniu materiałów funkcjonalnych metodami elektrochemicznymi, które prowadzą między innymi do wytwarzania nanostruktur tlenkowych na metalach/stopach w postaci nanorurek lub nanoporowatych warstw. Zastosowanie gęsto upakowanych nanorurek tlenku tytanu IV jako nanorezonatorów do badań SERS oraz nośników katalitycznych po ich modyfikacji powierzchni nanocząstkami metali: Ag, Pt, Pd i Au jest istotne ze względu na kreowanie ich nowych właściwości użytkowych[1]. Wykorzystanie wielostronnych badań z pogranicza inżynierii materiałowej oraz chemii (SEM, STEM, EDX, XPS, AES, CV) przyczyniło się do określenia istotnych właściwości fizykochemicznych wytworzonych materiałów – TiO_2 NT (NT – „nanotubes”) w odniesieniu do ich zastosowań jako:

– aktywne i stabilne podłoża do badań podstawowych SERS (powierzchniowo wzmocniona spektroskopia Ramana), które charakteryzowały się współczynnikiem wzmocnienia (EF) w zakresie od 104 do 106 w zależności od średniej średnicy nanorurek[2] (Ag);

– efektywne katalizatory mogące mieć zastosowanie w ogniwach paliwowych[3], np. w reakcji elektro-utleniania kwasu mrówkowego, gdzie zaobserwowano ich aktywność zbliżoną do katalizatorów opartych o struktury węglowe (Pt, Pd).



Rysunek 1. Widok boczny warstwy nanorurek TiO_2 po depozycji Ag.

[1] K. Lee, A. Mazare, P. Schmuki,Chem. Rev. 114 (2014) 9385–9454.
[2] M. Pisarek, M. Holdynski, A. Roguska, A. Kudelski, M. Janik-Czachor, J. Solid State Electrochem. 18 (2014) 3099–3109.
[3] S. Chen, M. Malig, M. Tian, A. Chen, J. Phys. Chem. C. 116 (2012) 3298–3304.

WŁAŚCIWOŚCI POWIERZCHNIOWE WYBRANYCH NISKOWYMIAROWYCH NANOSTRUKTUR ZNO W ASPEKCIE ZASTOSOWAŃ SENSOROWYCH

Monika Kwoka, Jacek Szuber

Instytut Elektroniki, Politechnika Śląska, 44-100 Gliwice, Akademicka 16
Jacek.Szuber@polsl.pl

W ostatnich latach tlenek cynku ZnO, jeden z najbardziej popularnych przezroczystych tlenków przewodzących (TCO), ze względu na swoje unikatowe właściwości optyczne i elektryczne, jest przedmiotem szerokiego zainteresowania, m. in. elektroniki ciała stałego[1,2]. Ze względu na wysokie przewodnictwo elektryczne (10^2 $\Omega^{-1}\cdot cm^{-1}$) i dużą ruchliwość nośników (~2 $cm^2/V\cdot s$) ZnO, znalazł w ostatnich latach szerokie zastosowanie, głównie w formie struktur warstwowych m. in. w sensorach wybranych gazów toksycznych[3,4].

Mimo wielu lat intensywnych badań udało się jednak jedynie stwierdzić, że charakterystyki sensorowe struktur warstwowych ZnO silnie zależą od ich morfologii. Z niejasnych powodów w dostępnej literaturze światowej przy próbie wyjaśnienia charakterystyk sensorowych kompletnie ignorowane są informacje o ich właściwościach powierzchniowych, mimo że jak powszechnie wiadomo efekt sensorowy zachodzi jedynie w przypowierzchniowej w warstwie materiału sensorowego, na głębokości ekranowania Debye'a[3,4].

W prezentacji zostaną przedstawione ważniejsze informacje o właściwościach powierzchniowych wybranych niskowymiarowych nanostruktur ZnO uzyskane w badaniach własnych, ze szczególnym uwzględnieniem ich morfologii i chemii powierzchni, w tym zwłaszcza ich niestechiometrii i niekorzystnych zanieczyszczeń na ich powierzchni. Informacje te okazały się bardzo przydatne do wyjaśnienia charakterystyk sensorowych niskowymiarowych nanostruktur ZnO w atmosferze gazów toksycznych.

Praca była finansowana przez projekt badawczy Narodowego Centrum Nauki Nr 2016/21/B/ST7/02244, oraz częściowo realizowana w ramach projektu Badań Kierunkowych Instytutu Elektroniki Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

[1] Ch. Yagadish, S. J. Pearton (Eds.) *Zinc Oxide-Bulk, Thin Films and Nanostructures*, Elsevier, Amsterdam, 2006.
[2] K. Elmer, A. Klein, B. Rech (Eds.)*Transparent Conductive Zinc Oxide*, Springer, Berlin, 2008.
[3] G. Eranna, *Metal oxide nanostructures as gas sensing devices*, CRC Press, Boca Raton, 2012.
[4] M. A. Carpenter, S. Mathur, A. Kolmakov, *Metal oxide nanomaterials for chemical sensors*, Springer, NY, 2012.
[5] M. Masłyk, M. A. Borysiewicz, M. Wzorek, T. Wojciechowski, M. Kwoka, E. Kaminska, *Applied Surface Science* 389 (2016) 287–293.

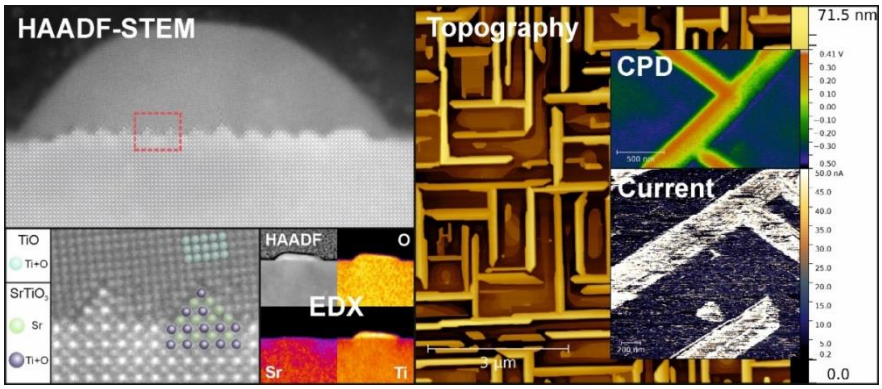
WZROST KRYSTALICZNYCH PRZEWODZĄCYCH NANODRUTÓW NA POWIERZCHNI $SrTiO_3$

Dominik Wrana[a], C. Rodenbücher[b], B. R. Jany[a], J. Rysz[a], P. Indyka[e], O. Kryshtal[d], G. Cempura[d], A. Kruk[d], A. Czyrska-Filemonowicz[d], K. Szot[b,c], F. Krok[a]

[a] *Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński*
[b] *Peter Grünberg Institute (PGI-7), Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich.*
[c] *Instytut Fizyki im. Augusta Chełkowskiego, Uniwersytet Śląski*
[d] *Międzynarodowe Centrum Mikroskopii Elektronowej, W. Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, AGH*
[e] *Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński*
dominik.wrana@uj.edu.pl

Jedną z najbardziej obiecujących klas tlenków metali są perowskity ABO_3, znajdujące szerokie zastosowanie jako memrystywne komórki pamięci czy w egzotycznych heterostrukturach[1]. Ponieważ ich właściwości są silnie związane z istnieniem wakancji tlenowych, kluczowe jest zrozumienie procesów redoks oraz ich wpływu na stechiometrię.

W prezentacji przedstawione zostaną wyniki prac nad redukcją i utlenieniem tytanianu strontu $SrTiO_3$(100), przeprowadzonych w warunkach ultrawysokiej próżni (10^{-10} mbar). Okazuje się, że wraz z postępującą termoredukcją następują zmiany struktury powierzchni, pojawia się metaliczny charakter przewodnictwa a przy wysokotemperaturowej redukcji (1000°C) segregacja faz powoduje powstanie krystalicznych nanodrutów zbudowanych z tlenku tytanu TiO. Struktury te zorientowane są wzdłuż głównych kierunków krystalograficznych powierzchni $SrTiO_3$ a ich długość oraz wysokość może być kontrolowana przez dobór temperatury wygrzewania. Nanodruty z TiO odznaczają się o kilka rzędów wielkości lepszym przewodnictwem elektrycznym niż podłoże, a ich lokalny potencjał powierzchniowy jest wyższy o 0. 8 eV. W przeciwieństwie do zredukowanego $SrTiO_3$, ich właściwości pozostają niezmienione po ekspozycji na tlen, co czyni je obiecującymi materiałami do zastosowań w rzeczywistych układach, np. memrystorowych[2].



Rysunek 1. Struktura drutów TiO na powierzchni $SrTiO_3$(100)– topografia AFM, potencjał kontaktowy KPFM, przewodnictwo LC-AFM, struktura atomowa i chemiczna z HAADF STEM oraz spektroskopii EDX i EELS.

[1] J. A. Bert, et al. Nature physics 7(10) (2011): 767-771.
[2] E. Verrelli, et al. Applied Physics Letters 102(2) (2013): 022909.

WYKORZYSTANIE PROFILI STARZENIOWYCH NANOKOMPOZYTÓW W OCENIE NIEJEDNORODNOŚCI POWIERZCHNI W SKALI SUBMIKROMETROWEJ

Andrzej Sikora, Magdalena Moczała

Instytut Elektrotechniki Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego we Wrocławiu, ul. M. Skłodowskiej-Curie 55/61, 50-369 Wrocław
sikora@iel.wroc.pl

Mikroskopia sił atomowych jest doskonałym narzędziem umożliwiającym ocenę wpływu różnego rodzaju czynników na powierzchnię badanego materiału[1,2]. Wykorzystanie nowej metody diagnostycznej polegającej na cyklicznym procesie oceny wpływu czynników degradujących na powierzchnię materiału w połączeniu z precyzyjnym, powtarzalnym pozycjonowaniu obszaru skanowania, pozwala na wykonywanie pomiarów w ustalonych lokalizacjach próbki, przez co istotnie redukowany jest wpływ niejednorodności powierzchni na uzyskiwane dane. W ten sposób wyniki zmian chropowatości materiału w odniesieniu do konkretnych obszarów pozwalają na stworzenie profili starzeniowych charakteryzujących się dużo większą czułością detekcji zmian właściwości powierzchni, niż w dotychczas stosowanych metodach[3-6]. Różnice między seriami takich krzywych zarejestrowanych w różnych punktach próbki, pozwalają na wykrywanie niejednorodności materiałowych, co jest niezwykle użytecznym narzędziem w badaniach nanomateriałów. Dedykowane narzędzia analizy tego typu wyników pozwalają na ilościowy opis stopnia niejednorodności powierzchni.

[1] A. Sikora, A. Grabarek, L. Moroń, M. Wałecki, P. Kryla, 2016, *The investigation of the light radiation caused polyethylene based materials deterioration by means of atomic force microscopy*, IOP Conference Series, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 113, 012016.

[2] P. Lochyński, A. Sikora, B. Szczygieł, 2017, *Surface morphology and passive film composition after pickling and electropolishing*, Surf. Eng. 33 (5), 395-403.

[3] A. Sikora, 2013, *Development and utilization of the nanomarkers for precise AFM tip positioning in the investigation of the surface morphology change*, Optica Applicata, 43(1) 163-171.

[4] A. Sikora, 2014, *Improvement of the scanning area positioning repeatability using nanomarkers developed with a nanoscratching method*, Measurement Science and Technology 25, 055401.

[5] A. Sikora, 2017, *The improvement of the roughness changes analysis of the non-uniform surfaces investigated by means of atomic force microscopy with precise repetitive scanning area positioning*, Measurement Science and Technology, 28 034016.

[6] A. Sikora, 2017, *A novel, high accuracy and sensitivity method of the observation of the surface's morphology changes by means of atomic force microscopy supported with cyclic, precise sample positioning*, Nanoscience and Nanometrology, in print.

ANALIZA TERMODYNAMIKI PRZEMIANY METAL-IZOLATOR W NANOKRYSTALICZNYCH TLENKACH WANADU

Marta Prześniak-Welenc, Aleksandra Mielewczyk-Gryń, Marcin Łapiński, Wojciech Sadowski, Barbara Kościelska

Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
Narutowicza 11/12 80-233 Gdańsk
mprzesniak@mif.pg.gda.pl

Ditlenek wanadu jest zaliczany do tzw. głównych tlenków wanadu. Jego charakterystyczną właściwością jest przemiana fazowa pierwszego rodzaju metal-izolator (MIT ang. Metal-Insulator Transition). Zachodzi ona pomiędzy metastabilną fazą α-VO_2 (struktura jednoskośna), a fazą β-VO_2 (struktura rutylu) blisko temperatury pokojowej (68°C)[1]. W wyniku tej przemiany przewodność elektryczna zmienia się o kilka rzędów wielkości, ponadto nagłej zmianie ulegają także właściwości optyczne tego tlenku. Dlatego też, ditlenek wanadu znajduje potencjalne zastosowanie w przełącznikach, czujnikach czy też termochromowych inteligentnych oknach. Temperaturę przejścia MIT (T_C) można zaobserwować poprzez chłodzenie materiału, natomiast temperaturę IMT (T_H) w przeciwnym kierunku w wyniku ogrzewania próbki. Pomiędzy tymi temperaturami obserwuję się przesunięcie temperaturowe w zakresie od 1°C do 15°C odpowiednio dla pojedynczego kryształu VO_2 oraz formy cienkowarstwowej[2]. Na kształt przemiany można wpływać poprzez selektywne domieszkowanie wolframem, molibdenem lub niobem bądź też poprzez kontrolowanie mikrostruktury/defektów[3,4].

Z tego też względu zbadano wpływ obecności obcej fazy na kinetykę przemiany MIT w nanokrystalicznym ditlenku wanadu. W tym celu zsyntezowano materiał wyjściowy metodą zol-żel, który był następnie wygrzewany w atmosferze obojętnej wyniku czego otrzymano mieszaninę faz VO_2/V_2O_3, w której koncentracja poszczególnych faz zależała od temperatury wygrzewania. Strukturę krystaliczną próbek zbadano metodą dyfrakcji rentgenowskiej, analizę stopnia utlenienia jonów wanadu w poszczególnych próbkach przeprowadzono metodą spektroskopii fotoelektronów. Natomiast morfologię próbek zobrazowano skaningowym mikroskopem elektronowym. Kinetykę reakcji oraz stabilność termiczną próbek w kolejnych cyklach zbadano metodą skaningowej kalorymetrii różnicowej.

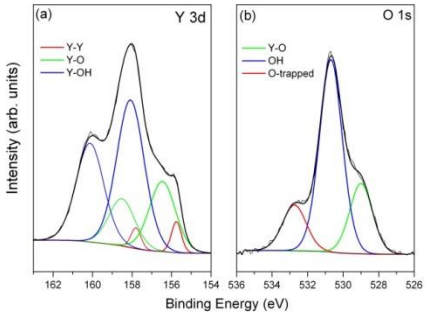
[1] F. J. Morin, Phys. Rev. Lett. 3 (1959) 34–36.
[2] J. Nag, R. F. Jr Flagunf, J. Phys. Condens. Matter 20 (2008) 264016 [14 pp].
[3] D. Liu, H. Cheng, X. Xing, C. Zhang, W. Zheng, Infrared Phys. Technol. 77 (2016) 339–343.
[4] C. Whittaker, Z. Jaye, D. A. Fu, S. Fischer, Banerjee, J. Am. Chem. Soc. 131 (2009) 8884–8894.

WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA POWIERZCHNI AMORFICZNYCH WARSTW TLENKU ITRU

M. Krawczyk, M. Pisarek, W. Lisowski, K. Nikiforow, A. Jabłoński

Instytut Chemii Fizycznej PAN, Laboratorium Analizy Powierzchni, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa
mkrawczyk@ichf.edu.pl

Cienkie warstwy amorficznego tlenku itru (Y) o gładkiej powierzchni znajdują zastosowanie m. in. w optyce precyzyjnej (w światłowodach)[1]. W tej pracy, warstwy tlenku Y o grubości ok. 4.7 nm i strukturze amorficznej[2] były wytwarzane na podłożu Y w wyniku kontrolowanej reakcji z tlenem, w temperaturze 25°C, w warunkach ultra-wysokiej próżni. Analiza *in-situ* metodą XPS powierzchni warstwy tlenkowej, wykonana po ekspozycji itru względem 2340 L (1 L = 10^{-6} Torr s) tlenu, pokazała, że stosunek atomowy tlenu do itru (O/Y) był równy 1.48 i był tylko nieznacznie mniejszy od stosunku O/Y w tlenku Y_2O_3 (1.5).



Rys. 1. Wysokorozdzielcze widma XPS Y 3d (a) i O 1s (b) z powierzchni Y po utlenieniu (2340 L tlenu, 25°C).

Rysunek 1 wskazuje na obecność nieutlenionego Y i wiązań O-H na powierzchni tlenku itru.

Skład powierzchni warstw tlenkowych po bombardowaniu jonami Ar^+ (3kV, 5 min) i transport elektronów o energii 200-2000 eV w obszarze powierzchni tych warstw były charakteryzowane *ex-situ* za pomocą odpowiednio spektroskopii AES i spektroskopii piku elastycznego EPES. Wyznaczono po raz pierwszy średnią drogę swobodną (λ), charakteryzującą transport elektronów, dla powierzchni tlenków $Y_{0.383}O_{0.465}C_{0.152}$ (stechiometria z analizy AES) i Y_2O_3, oraz porównano z odpowiednimi wartościami λ, obliczonymi z wzoru predykcyjnego TPP-2M[3]. Stwierdzono, że obecność węgla na powierzchni ma istotne znaczenie tylko dla wartości λ elektronów o energii 200 eV.

Ponadto, zbadano metodą mikroskopii SEM morfologię warstw tlenkowych powstałych na podłożach itru trawionych i nietrawionych jonami Ar^+ (5 kV, 10 min) przed reakcją z tlenem, i zaobserwowano wyraźną zmianę morfologii tych warstw.

[1] P. Lei, J. Zhu, Y. Zhu, Ch. Jiang, X. Yin, Appl. Phys. A 108 (2012) 621.
[2] V. H. Mudavakkat, V. V. Atuchin, V. N. Kruchinin, A. Kayani, C. V. Ramana, Opt. Mater. 34 (2012) 893.
[3] S. Tanuma, C. J. Powell, D. R. Penn, Surf. Interface Anal. 21 (1994) 165.

SESJA POSTEROWA

SEKCJA NNN

NANOELEKTRONIKA, NANOFOTONIKA I UKŁADY NISKOWYMIAROWE

http://dx.doi.org/10.18778/8088-712-1.05

KOMPLEKSY IRYDU (III), Z PODSTAWIONYMI UGRUPOWANIAMI DONOROWYMI I AKCEPTOROWYMI, JAKO EMITERY W POLIMEROWYCH DIODACH ELEKTROLUMINESCENCYJNYCH

Ewelina Witkowska, Gabriela Wiosna-Sałyga, Ireneusz Głowacki,
Beata Łuszczyńska, Jacek Ulański

Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
ewelina.witkowska@p.lodz.pl

Główną zaletą aplikacyjną polimerowych diod elektroluminescencyjnych (z ang. *Polymer Light-Emitting Diodes*) (PLEDów) jest możliwość ich wytwarzania tzw. technikami roztworowymi, które nie wymagają stosowania wysokiej próżni i wysokich temperatur. Umożliwia to konstrukcję elastycznych i lekkich wyświetlaczy oraz urządzeń optoelektronicznych niskim kosztem w sposób przyjazny dla środowiska[1].

W celu zwiększenia wydajności elektroluminescencji poszukuje się materiałów fosforescencyjnych, tj. takich, w których proces rekombinacji promienistej występuje również ze stanów trypletowych. Do tej grupy związków należą m. in. kompleksy metali ciężkich, np. irydu[2]. Występujące w nich silne sprzężenie spin-orbita, powoduje mieszanie stanów singletowych i trypletowych, co może prowadzić do osiągnięcia teoretycznej wartości wydajności elektroluminescencji - 100%[3]. Z uwagi na występujący efekt samowygaszania się stanów wzbudzonych w litych warstwach materiałów fosforescencyjnych często stosowanym rozwiązaniem są układy matryca-emiter. W układach takich występuje przeniesienie ładunku lub/i energii z cząsteczek matrycy na cząsteczki domieszki, które są w stanie wydajnie emitować promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu widzialnego. W celu zwiększenia wydajność przechwytywania nośników ładunku z cząsteczek matrycy poprzez cząsteczki emitera, proponowanym rozwiązaniem jest dołączenie do struktury emitera grup o charakterze donorowym (np. ugupowań trifenyloaminowych) i/lub akceptorowym (np. ugrupowań oksadiazolowych).

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu nr UMO-2013/11/B ST5/01334.

[1] S. Hameed, P. Predeep, M. R. Baiju, Reviews on Advanced Materials Science, 2010, 26, 30-42.
[2] X. Gong, S. H. Lim, J. C. Ostrowski, D. Moses, C. J. Bardeen, G. C. Bazan, Journal of Applied Physics 2004, 95, 948-953.
[3] Y. Kawamura, K. Goushi, J. Brooks, J. J. Brown, H. Sasabe, C. Adachi, Applied Physics Letters 2005, 86, 071104-1–3.

SZCZOTKI POLIMEROWE JAKO SWOISTE RUSZTOWANIA DO WYTWARZANIA CIENKICH WARSTW TiO_2 DO ZASTOSOWAŃ W OFET-ach

Ewa Krysiak[a], Aleksandra Wypych-Puszkarz[a], Łukasz Janasz[a], Bertrand G. R. Dupont[a], Jacek Grams[b],Grzegorz Nowaczyk[b], Jacek Ulański[a]

[a] *Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*
[b] *Centrum NanBioMedyczeUAM, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*
aleksandra.wypych@p.lodz.pl

Nieorganiczne nanocząstki należą do najważniejszych materiałów bazowych używanych do wytwarzania urządzeń różnego typu. W ostatnich latach używane są dość intensywnie jako materiały aktywne w katalizatorach, sensorach, organicznych tranzystorach z efektem polowym, fotodiodach i medycynie[1].

Powszechnie wiadomym jest, iż nanocząstki posiadają szczególne właściwości w porównaniu do cząstek o większych rozmiarach[2]. Ich unikalne i znakomite właściwości znacząco obniżają się wraz ze wzrostem rozmiaru cząstek np. w skutek ich agregacji. Aby zniwelować to negatywne zjawisko, stosowanych jest wiele układów stabilizujących nanoczastki takich jak: ligandy (w tym polimerowe), dendrymery, żele, polimerowe szczotki czy gwiazdy.

Hybrydowe nanokompozyty mogą być wytwarzane na dwóch rodzajach powierzchni: zakrzywionej lub płaskiej. Do najczęściej modyfikowanych powierzchni poprzez wykorzystanie szczotek polimerowych, należą: złoto, stal nierdzewna, krzemionka czy wafle krzemowe. Polimerowe szczotki mogą być szczepione „do” lub „z” powierzchni z zastosowaniem wielu różnych syntez. Jedną z najczęściej wykorzystywanych polimeryzacji jest polimeryzacja rodnikowa przez przeniesienie atomu (*ang. Atom Transfer Radical Polymerization*). Obecnie, polimerowe szczotki są stosowane do wytwarzani organiczno-nieorganicznych kompozytów. Tego typu matryce polimerowe są stosowane do otrzymywania wielu różnych rodzajów nanocząstek, w tym: metali (Ag, Au, Pt, Pd, Ni), tlenków metali (TiO_2, Fe_3O_4, MnO_2) lub innych (CdS, CdSe)[3].

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach grantu MISTRZ 9./2013 oraz przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu DEC-2013/08/M/ST5/00914.

[1] S. E. Lohse, C. J. Murphy, J. Am. Chem. Soc, 2012, 134, 15607.
[2] Z. Lu, Y. Yin, Chem. Soc. Rev., 2012, 41, 6874.
[3] G. Nie, G. Li, L. Wang, X. Zhang, Polymer Chemistry, 2016, 7, 753.

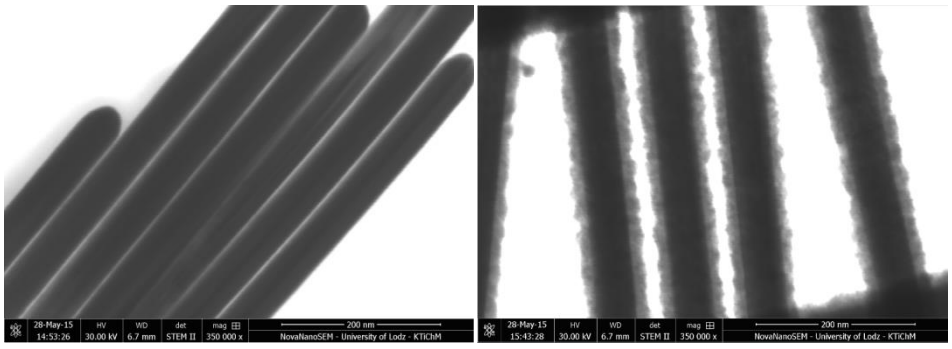
NANODRUTY SREBRA MODYFIKOWANE TLENKIEM CYNY

Ewelina Mackiewicz, Jarosław Grobelny, Grzegorz Celichowski

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów,
ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź
ewelina.mackiewicz@chemia.uni.lodz.pl

Nanodruty srebra (AgNWs) to materiał niezwykle ważny z punktu widzenia zastosowań elektronicznych i optoelektronicznych, a więc wszędzie tam gdzie można wykorzystać jego unikalne właściwości. Przede wszystkim srebro to materiał o najwyższym przewodnictwie właściwym wśród metali, dlatego też z jego użyciem wytwarzane są tusze i farby do nanoszenia ścieżek przewodzących i elementów elektroniki drukowanej. Obecnie prowadzone są intensywne prace zmierzające do zastąpienia tlenku indowo-cynowego nanodrutami srebra przy wytwarzaniu przezroczystych elektrod niezbędnych do produkcji płaskich ekranów i modułów fotowoltaicznych. Istotne jest nie tylko samo wytworzenie materiału, ale również jego zabezpieczenie przed ewentualną degradacją poprzez skuteczną modyfikację srebra, która nie tylko chroni metaliczny rdzeń przed degradacją, ale również może dostarczać nowych właściwości powłokom wykonanym z AgNWs@SnO_2[1,2].

Badania obejmowały kontrolowaną syntezę koloidów AgNWs metodą redukcji chemicznej, modyfikację powierzchni nanodrutów tlenkiem cyny w celu wytworzenia materiału typu core-shell (AgNWs@SnO_2), a następnie ich charakterystykę technikami spektroskopowymi i mikroskopowymi (m.in. UV-Vis, STEM, FT-IR, Raman). Otrzymano nanodruty srebra o średnicy 46 ± 2 nm oraz długości ok. 8 μm, zaś wytworzona powłoka SnO_2 miała grubość 15 nm. W dalszym etapie dokonano depozycji materiału na różnych podłożach, a uzyskane powłoki scharakteryzowano w celu określenia ich właściwości fizykochemicznych, w tym przewodnictwa, a zarejestrowana rezystancja powierzchniowa rzędu 20 Ω potwierdziła, iż AgNWs@SnO_2 są nanomateriałem o dużym potencjale aplikacyjnym.



Rysunek 1. Obrazy STEM wytworzonych nanodrutów srebra oraz nanodrutów pokrytych tlenkiem cyny.

[1] S. Coskun, B. Aksoy, H. E. Unalan, Cryst. Growth Des. 2011, 11, 4963-4969.
[2] K. Zilberberg, F. Gasse, R. Pagui, A. Polywka et al., Adv. Funct. Mater. 2014, 24, 1671-1678.

WPŁYW DOMIESZKOWANIA KRZEMEM NA WŁAŚCIWOŚCI DIAMENTOPODOBNYCH POWŁOK WĘGLOWYCH

Ewelina Bystrzycka[a], Milena Prowizor[a], Aneta Kisielewska[a], Ireneusz Piwoński[a], Witold Kozłowski[b], Michał Cichomski[a]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź*
e.bystrzycka@chemia.uni.lodz.pl

Diamentopodobne powłoki węglowe (DLC) są obecnie intensywnie badane ze względu na swoje doskonałe właściwości mechaniczne i fizykochemiczne. Determinują one ich wyjątkowość i możliwość zastosowania w wielu gałęziach przemysłu[1]. Dzięki wbudowaniu atomów krzemu w ich strukturę uzyskuje się dodatkowe cechy. Powłoki domieszkowane krzemem (Si-DLC) mogą być stosowane w medycynie, głównie ze względu na dużą twardość, odporność chemiczną, biokompatybilność oraz wysoką odporność na korozję[2].

W pracy zaprezentowano badania powłok DLC uzyskanych za pomocą wspomaganej falami radiowymi i aktywowanej plazmą depozycji z fazy gazowej (RF PACVD). W celu identyfikacji struktury materiałów wykonano badania spektroskopowe. Wykorzystano spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR) i spektroskopię fotoelektronów (XPS). Wytworzone powłoki scharakteryzowano poprzez badania wykonane za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM), analizę kątów zwilżania oraz wyznaczenie wartości swobodnej energii powierzchniowej (SEP). Wyznaczono również współczynniki tarcia oraz wartości sił adhezji w miliskali. Na podstawie otrzymanych wyników przedstawiono wpływ domieszkowania krzemu na właściwości diamentopodobnych powłok węglowych. Wraz ze wzrostem zawartości Si w powłoce zmniejszają się współczynniki tarcia i siły adhezji. Prowadzi to do potencjalnego zastosowania powłok w aplikacjach medycznych i tribologicznych.

Badania finansowane z Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/13/B/ST8/03114.

[1] S. E. Ong, S. Zhang, H. Du, H. C. Too, K. N. Aung, Biomaterials 28 (2007) 4033–4038.
[2] W. J. Ma, A. J. Ruys, R. S. Mason, P. J. Martin, A. Bendavid, Z. Liu, M. Ionescu, H. Zreiqat, Biomaterials 28(9) (2007) 1620.

WPŁYW NAOCZĄSTEK ZŁOTA NA PARAMETRY OPTYCZNE KOMÓRKI CIEKŁOKRYSTALICZNEJ

Natalia Przybysz[a], Agnieszka Mackiewicz[a], Paweł Marć[a], Emilia Tomaszewska[b], Jarosław Grobelny[b], Leszek R. Jaroszewicz[a]

[a] *Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Fizyki Technicznej, St. Kaliskiego 2, Warszawa*
[b] *Uniwersytet Łódzki, Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Pomorska 163, Łódź*
natalia.przybysz@wat.edu.pl

Celem niniejszej pracy było badanie parametrów optycznych komórki ciekłokrystalicznej z domieszką nanocząstek złota (AuNPs) o różnych rozmiarach molekuł oraz stężeniach.

Podstawowym problemem technologicznym jaki musiał być rozwiązany był transfer AuNPs do ciekłego kryształu (LC). Standardowy roztwór wodny nanocząstek w przypadku ciekłych kryształów nie jest dobrym rozwiązaniem ze względu na degradację tego materiału w obecności wody. Dlatego też, AuNPs przygotowane zostały w rozpuszczalniku organicznym. Umożliwiło to wykonanie pełnego transferu nanocząstek przez odparowanie rozpuszczalnika. Tak przygotowane mieszaniny zostały wprowadzone do komórek ciekłokrystalicznych i przeprowadzono pomiary czasów odpowiedzi dla kilku temperatur oraz ich parametry polaryzacji.

Wyniki pomiarów pokazały, że domieszka w postaci AuNPs o rozmiarze molekuł 5 nm nie wpływa na czas odpowiedzi materiału. Natomiast nanocząstki w rozmiarze 13 nm powodują wydłużenie czasu reakcji układu na napięcie sterujące już dla mieszanin w stosunku 1:1 (LC–AuNPs). Badanie parametrów optycznych, tak przygotowanych komórek ciekłokrystalicznych pokazuje, że w przypadku LC E7 wraz ze wzrostem stężenia nanocząstek w danej mieszaninie obserwujemy zmniejszenie dwójłomności tego materiału. Natomiast w przypadku mieszanin LC 6CHBT z AuNPs dla stosunków stężeń 1:1 i 1:2, nie zaobserwowano zmiany dwójłomności tego materiału. Badania polarymetryczne potwierdzają, że obecność nanocząstek w komórce ciekłokrystalicznej stabilizuje stan polaryzacji światła, przez nie przechodzącego w zależności od napięcia sterującego, co znacząco wpływa na możliwość stosowania tego typu elementów jako stabilnych modulatorów polaryzacji.

WPŁYW DIELEKTRYKA NA LUMINESCENCJĘ WSPOMAGANĄ REZONANSEM PLAZMONOWYM

Marcin Łapiński[a], Anna Gapska[a], Anna Synak[b], Barbara Kościelska[a], Wojciech Sadowski[a]

[a] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*
[b] *Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk*
mlapinski@mif.pg.gda.pl

Powierzchniowy rezonans plazmonowy może prowadzić do wzmocnienia lub powstania liniowych oraz nieliniowych zjawisk optycznych, a w efekcie zwiększyć emisję światła w materiałach luminescencyjnych. Warunkiem koniecznym do wzbudzenia rezonansu jest obecność nanometrycznych struktur wykonanych z materiału o dobrej przewodności elektrycznej.

Autorzy niniejszej pracy zaproponowali wytworzenie nanostruktur złota na szkle Corning 1737. Na szklane podłoże została naniesiona, metodą rozpylania jonowego, kilkunanometrowa warstwa złota. Następnie podłoża z naparowaną warstwą zostały umieszczone w piecu w temperaturze bliskiej temperatury eutektyki układu złoto-ditlenek krzemu. Przetopiona warstwa złota utworzyła wyspowe struktury o rozmiarach kilkunastu nanometrów. Na tak przygotowane platformy plazmoniczne ponownie naniesiono kilkunanometrową warstwę złota, a następnie warstwę dielektryczna Al_2O_3. Dielektryk o zmiennej grubości nanoszono metodą atomic layer deposition (ALD). W ostatnim etapie na wykonane podłoża naniesiono materiał luminescencyjny.

Jakoś wykonanych podłoży badano metodą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz mikroskopii bliskich oddziaływań (AFM/STM), a także spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania rentgenowskiego (XPS) i dyfrakcji rentgenowskiej (XRD)

Pomiary fluorescencji wykonanych struktur pokazały, że obecność dielektryka znacząco wpływa na intensywność emisji światła. Zbadano także wpływ grubości warstwy tritlenku diglinu na widma luminescencji.

TKANINA BAWEŁNIANA DO ZASTOSOWAŃ TEKSTRONICZNYCH

Grzegorz Celichowski[a], Patrycja Giesz[a,b], Małgorzata Cieślak[b], Ewelina Mackiewicz[a], Dorota Puchowicz[b]

[a] *Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Instytut Włókiennictwa, Zakład Naukowy Niekonwencjonalnych Technik i Wyrobów Włókienniczych, ul. Brzezińska 5/15, 92-103 Łódź*

Integrowanie układów elektronicznych bezpośrednio z materiałami włókienniczymi, pozwala na uzyskiwanie wyrobów tekstronicznych nazywanych inaczej e-tekstyliami. Wyroby takie mają szerokie zastosowanie w zależności od rodzaju zainstalowanych sensorów. Pozwalają między innymi na monitorowanie funkcji życiowych tj. oddychanie czy ruch. W celu prawidłowego funkcjonowania wyrobu tekstronicznego, struktury włókiennicze muszą zapewnić możliwość instalowana elementów elektronicznych, ich zasilania oraz stabilność przewodnictwa podczas użytkowania. Celem badań było nadanie tkaninie bawełnianej właściwości przewodzących poprzez jej modyfikację nanodrutami srebra[1,2].

Tkaninę bawełnianą o splocie płóciennym modyfikowano koloidem nanodrutów srebra metodą zanurzeniową. Na podstawie pomiaru wartości rezystancji powierzchniowej (R_s) oceniono wpływ ilości naniesionych nanodrutów srebra na właściwości przewodzące tkaniny i odporność takiej modyfikacji na pranie oraz ścieranie.

Stwierdzono, że tkanina bawełniana po 10-cio krotnym naniesieniu nanodrutów srebra charakteryzuje się bardzo dobrym przewodnictwem elektrycznym ($R_s = 20\ \Omega$). Jest ona odporna na pranie (po 50 praniach wartość $R_s = 195\ \Omega$) oraz na ścieranie (po 20 cyklach ścierania wartość $R_s = 23\ \Omega$).

Badania prowadzone były w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa BZT 0154/2017 oraz na aparaturze zakupionej w ramach projektu POIG.01.03.01-00-004/08 Funkcjonalne nano i mikromateriały włókiennicze – NANOMITEX.

[1] P. Giesz, E. Mackiewicz, A. Nejman, G. Celichowski, M. Cieślak, *Investigation on functionalization of cotton and viscose fabrics with AgNWs*, Cellulose 2017, 24, 409-422.

[2] M. Stoppa, A. Chiolerio *Wearable electronic and smart textiles: a critical review*, Sensor 2014, 14, 11957–11992.

ODDZIAŁYWANIE TYPU *EXCHANGE BIAS* W STRUKTURACH WARSTWOWYCH FERROMAGNETYK/FERRIMAGNETYK

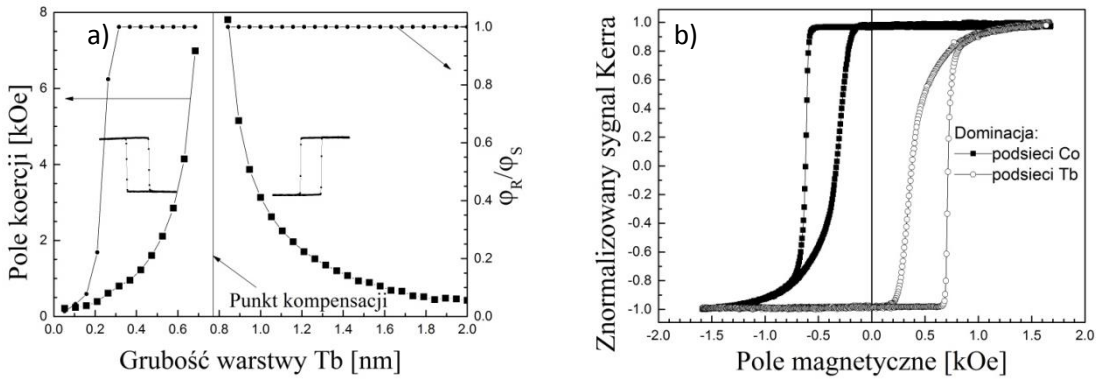
Łukasz Frąckowiak, Piotr Kuświk, Michał Matczak, Bogdan Szymański, Jacek Aleksiejew, Marek Schmidt, Feliks Stobiecki

Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, Poland
lukasz.frackowiak@ifmpan.poznan.pl

Unikalne właściwości magnetyczne materiałów typu ziemia rzadka-metal przejściowy (RE-TM) sprawiają, że są one szeroko badane w celu wykorzystania ich dużego potencjału aplikacyjnego[1].

Struktury warstwowe typu ferromagnetyk/ferrimagnetyk zostały naniesione metodą rozpylania magnetronowego. Proces przemagnesowania rejestrowany był, przy użyciu histerezografu pracujacjego w polarnej konfiguracji magneto-optycznego efektu Kerra.

Wielowarstwy RE-TM (Tb-klin 0-2nm/Co-0.66nm)$_6$ wykazują właściwości ferrimagnetyczne i charakteryzują się prostopadłą anizotropią dla grubości Tb $t_{Tb} \geq 0.31$ nm (Rys. 1a). Dodatkowo dla $t_{Tb} = 0.78$ nm w temperaturze pokojowej zachodzi kompensacja momentów magnetycznych podsieci Tb i Co, a wypadkowy moment jest równy zero. Te właściwości umożliwiają badanie oddziaływania typu exchange bias (EB) pomiędzy wielowarstwami (Au-1nm/Co-0.8nm)$_3$, a (Tb-klin 0-1nm/Co-0.66nm)$_6$ dla dominacji podsieci RE(Tb) lub TM(Co). Na podstawie pomiar minorowych pętli histerezy wykazano, że dodatnie (ujemne) oddziaływanie typu EB uzyskano dla dominacji Tb (Co) (Rys. 1b).



Rysunek 2a) Zależność pola koercji oraz stosunek skręcenia Kerra w remanencji (φ_R) do skręcenia Kerra w nasyceniu (φ_S) układu wielowarstwowego (Tb-klin 0-2nm/Co-0.66nm)$_6$ oraz b) pętle minorowe dla układu (Au-1nm/Co-0.8nm)$_3$ /(Tb-klin 0-1nm/Co-0.66nm)$_6$ z dominacją podsieci Tb (t_{Tb}=0.82nm) i Co (t_{Tb}=0.60nm)

Podziekowania:
Praca finansowana z projektu Narodowego Centrum Nauki SONATA-BIS (UMO-2015/18/E/ST3/00557).

[1] F. Radu, R. Abrudan, I. Radu, D. Schmitz, and H. Zabel," *Nat. Commun.*, vol. 3, p. 715, Mar. 2012.

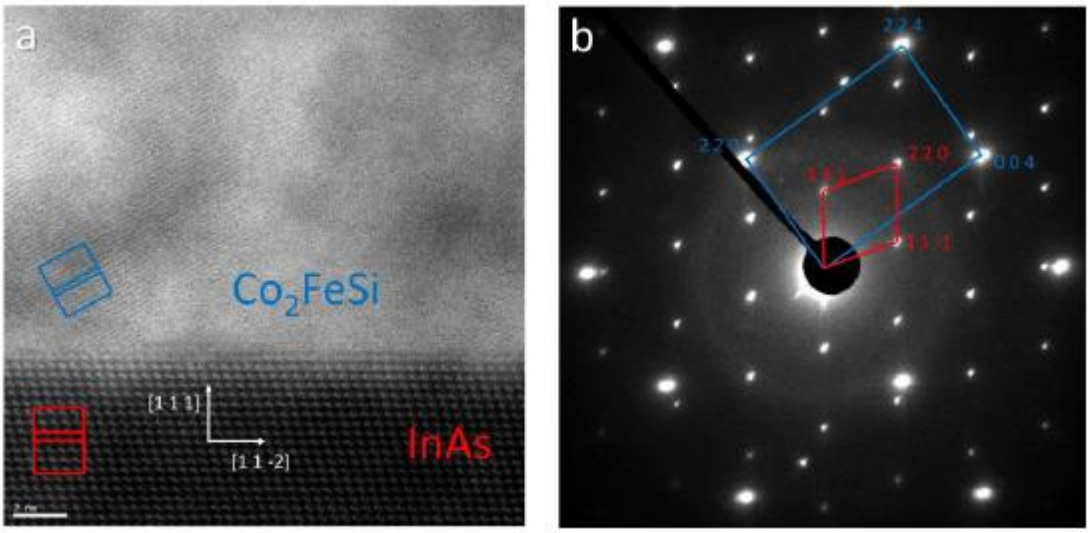
EPITAKSJALNE WARSTWY STOPU HEUSLERA Co_2FeSi NA PODŁOŻU InAs(111)B

Karol Załęski[a], Emerson Coy[a], Hubert Głowiński[b], Janusz Dubowik[b], Hans-Peter Schönherr[c], Jens Herfort[c]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań, Polska*
[b] *Instytut Fizyki Molekularnej, Polska Akademia Nauk, ul. Smoluchowskiego 17, 61-179 Poznań, Polska*
[c] *Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Hausvogteilplatz 5-7, D-10117 Berlin, Niemcy*
zaleski@amu.edu.pl

Jednym z kluczowych zagadnień spintroniki półprzewodnikowej (spinowa dioda elektroluminescencyjna[1], spinowy tranzystor polowy[2]) jest efektywne wstrzykiwanie spinowo spolaryzowanych nośników (elektronów) do półprzewodnika. Źródłem spinowo spolaryzowanych nośników jest najczęściej warstwa metalicznego ferromagnetyka o wysokiej lub pełnej polaryzacji spinowej elektronów na poziomie Fermiego. W celu zachowania stopnia polaryzacji spinowej wstrzykiwanych nośników ważne jest otrzymanie dobrej jakości międzywierzchni o małej ilości defektów.

Prezentowane wyniki dotyczą wzrostu oraz właściwości magnetycznych i strukturalnych (Rys. 1) epitaksjalnych warstw stopu Heuslera Co_2FeSi na podłożu InAs(111)B.



Rysunek 1. a) Obraz HR-TEM przekroju przez próbkę Co_2FeSi osadzonej na podłożu InAs(111) oraz b) obraz dyfrakcyjny z niewielkiego obszaru (SAED) zawierającego międzywierzchnię Co_2FeSi/InAs(111).

Podziękowanie: Praca powstała przy wsparciu finansowym Narodowego Centrum Nauki, projekt nr DEC-2014/15/B/ST3/02927.

[1] M. Rammsteiner, et al., Phys. Rev. B 78, 121303 (2008).
[2] S. Sugahara, et al., Appl. Phys. Lett. 84, 2307 (2014).

WYTWARZANIE I CHARAKTERYSTYKA TRIBOLOGICZNA WARSTW KWASÓW ALKILOFOSFONOWYCH

Michał Cichomski[a], Milena Prowizor[a], Ewelina Bystrzycka[a], Witold Kozłowski[b], Mariusz Dudek[c], Damian Batory[c]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź*
[c] *Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/1, 90-924 Łódź*
mcichom@chemia.uni.lodz.pl

Stop Ti-6Al-4V oraz diamentopodobne warstwy węglowe wykazują doskonałe właściwości mechaniczne i fizykochemiczne. Z tego względu stosowane są w mikroelektronice, optyce, przemyśle narzędziowym, a w szczególności w medycynie, głównie ze względu na dużą twardość, odporność chemiczną i wysoką biokompatybilność. Znajdują również zastosowanie w ortopedii i chirurgii jako implanty i protezy. Dzięki modyfikacji z zastosowaniem związków fosfonowych istnieje możliwość uzyskania ich dodatkowych właściwości fizykochemicznych[1,2].

W niniejszej pracy zaprezentowano właściwości wytworzonych warstw fosfonowych na stopie Ti-6Al-4V i powłokach diamentopodobnych domieszkowanych tytanem (Ti-DLC). W badaniach wykorzystano kwasy fosfonowe o różnej budowie strukturalnej: kwas decylofosfonowy (DPA) i kwas 1H, 1H, 2H, 2H-perfluorodecylofosfonowy (PFDPA). W celu analizy składu wytworzonych struktur wykorzystano: spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR) i rentgenowską spektroskopię fotoelektronową (XPS). Otrzymane warstwy scharakteryzowano za pomocą pomiarów kąta zwilżania i swobodnej energii powierzchniowej (SEP). Ponadto wykonano badania tribologiczne zaabsorbowanych kowalencyjnie cząsteczek kwasów fosfonowych za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM) oraz testera T-23. Otrzymane wyniki wskazują, iż modyfikacja ma znaczący wpływ na zmianę hydrofobowości, współczynnika tarcia oraz siły adhezji.

Badania finansowane z Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/13 / B / ST8 / 03114.

[1] E. Hoque, J. A. DeRose, P. Hoffmann, H. J. Mathieu, B. Bhushan, M. Cichomski, The Journal of Chemical Physics 124 (2007) 174710.
[2] M. Cichomski, K. Kośla, J. Grobelny, W. Kozłowski, W. Szmaja, Applied Surface Science 273 (2013) 570– 577.

WPŁYW RODZAJU ZASTOSOWANEJ TKANINY NA EFEKTY MODYFIKACJI AgNWs/TiO_2

Patrycja Giesz[a,b], Małgorzata Cieślak[b], Grzegorz Celichowski[a], Ewelina Mackiewicz[a]

[a] *Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*

[b] *Instytut Włókiennictwa, Zakład Naukowy Niekonwencjonalnych Technik i Wyrobów Włókienniczych, ul. Brzezińska 5/15, 92-103 Łódź*

Rozwój nanotechnologii pozwala na otrzymanie wielofunkcyjnych materiałów włókienniczych o specjalnych właściwościach[1]. Dobór odpowiedniego podłoża włókienniczego, rodzaju modyfikatora oraz metody aplikacji warunkuje efekty modyfikajcji[2].

Tkaninę bawełniana i wiskozową modyfikowano koloidem nanodrutów srebra (AgNWs) oraz ditlenkiem tytanu (TiO_2) metodą zol-żel, a następnie poddano obróbce w mikrofalach w celu przemiany amorficznej postaci TiO_2 w anataz. Oceniano właściwości przewodzące modyfikowanych materiałów na podstawie pomiaru rezystancji powierzchniowej oraz aktywność fotokatalityczną poprzez rozkład nikotyny z wykorzystaniem techniki spektroskopii FTIR. Wpływ zastosowanych modyfikacji na tkaniny analizowano na podstawie zmiany właściwości mechanicznych oraz stopnia polimeryzacji obu tkanin celulozowych.

Tkanina bawełniana po modyfikacji AgNWs/TiO_2 zachowuje swoje właściwości mechaniczne oraz charakteryzuje się wyższą aktywnością fotokatalityczną i przewodnictwem w porównaniu do tkaniny wiskozowej, dla której nastąpiło pogorszenie właściwości mechanicznych, obniżenie stopnia polimeryzacji oraz utrata właściwości przewodzących.

Badania prowadzone były w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa BZT 0154/2017 oraz na aparaturze zakupionej w ramach projektu POIG.01.03.01-00-004/08 Funkcjonalne nano i mikromateriały włókiennicze – NANOMITEX.

[1] A. K. Yetisen, H. Qu, A. Manbachi, H. Butt, M. R. Dokmeci, J. P. Hinestroza, M. Skorobogatiy, A. Khademhosseini, S. H. Yun, *Nanotechnology in textiles*, ACS Nano, 2016, 10, 3042–3068.

[2] P. Giesz, G. Celichowski, D. Puchowicz, I. Kamińska, J. Grobelny, D, Batory, M. Cieślak, *Microwave-assisted TiO_2: anatase formation on cotton and viscose fabric surfaces*, Cellulose 2016, 23, 2143-2159.

WYTWARZANIE I CHARAKTERYSTYKA POWŁOK DLC DOMIESZKOWANYCH TYTANEM

Milena Prowizor[a], Ewelina Bystrzycka[a], Witold Kozłowski[b], Michał Cichomski[a]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź*
milena.kaczmarek@chemia.uni.lodz.pl

Powłoki diamentopodobne DLC charakteryzują się wysoką twardością, dobrą przewodnością cieplną, niskim współczynnikiem tarcia, odpornością na ścieranie i obojętnością chemiczną. Znajdują one zastosowania m. in. w przemyśle samochodowym, optyce, przemyśle kosmicznym oraz w wytwarzaniu biomateriałów[1,2]. Pomimo wielu zalet powłoki DLC charakteryzują się także wysokimi naprężeniami własnymi na skutek których może wystąpić słaba adhezja oraz skłonność do odkształcenia plastycznego. Jedną z metod obniżania naprężeń własnych powłok diamentopodobnych jest ich domieszkowanie wybranymi pierwiastkami takimi jak: Ti, Cr, Al, W, Ni[3]. W celu poprawy biokompatybilności, stabilności oraz właściwości tarciowych powłok DLC najczęściej stosowanym pierwiastkiem jest tytan.

W badaniach wykorzystano wspomaganą falami radiowymi aktywowaną plazmą metodę chemicznego osadzania z fazy gazowej (RF PACVD) w celu otrzymania powłok DLC o różnej koncentracji tytanu. Analizę składu wytworzonych struktur wykonano za pomocą technik: rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronowej (XPS) oraz spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR). Właściwości powłok Ti-DLC scharakteryzowano przeprowadzając badania za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM) oraz mikrotribometru. Wykonano także analizę wartości swobodnej energii powierzchniowej wyznaczonej na podstawie pomiarów kąta zwilżania oraz przedstawiono zależność wartości kąta zwilżania od stężenia domieszki tytanu. Otrzymane wyniki wskazują, iż zmiana zawartości tytanu w powłoce DLC ma znaczący wpływ na wartości kąta zwilżania, swobodnej energii powierzchniowej oraz współczynnika tarcia.

Badania finansowane z Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/13 / B / ST8 / 03114.

[1] M. Moseler, P. Gumbsch, C. Casiraghi, A. C. Ferrari, J. Robertson, Science 309 (2005) 1545-1548.
[2] R. Narayan, Materials Science and Engineering C 25 (2005) 405–416.
[3] L. Qiang, B. Zhang, Y. Zhou, J. Zhang, Solid State Sciences 20 (2013) 17-22.

WPŁYW WARUNKÓW POPROCESOWEGO WYGRZEWANIA NA AKTYWOWANIE DOMIESZKI AKCEPTOROWEJ W WARSTWACH EPITAKSJALNYCH $Al_xGa_{1-x}N$ DLA TECHNOLOGII DIOD UV LED

Jakub Sitek, Sebastian Złotnik, Krzysztof Rosiński, Mariusz Rudziński

Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa
jakub.sitek@itme.edu.pl

Diody elektroluminescencyjne (LED) stały się jednym z głównych źródeł światła, jednakże diody emitujące światło w zakresie promieniowania ultrafioletowego (UV, λ=200-400 nm) nie są powszechnie wykorzystywane ze względu na ich niską wydajność[1]. Jedną z dominujących przeszkód w wytwarzaniu wysokiej jakości diod UV LED jest brak skutecznego domieszkowania na typ *p* warstw na bazie $Al_xGa_{1-x}N$[2]. Wraz ze zwiększeniem zawartości Al zwiększa się przerwa energetyczna oraz rośnie energia aktywacji domieszki magnezowej. W związku z tym, kluczowym aspektem w rozwoju technologii diod UV LED jest zrozumienie mechanizmu aktywacji domieszki na typ *p* przewodnictwa w materiałach III-N i zarazem znalezienie optymalnej metody jej aktywacji.

W tym celu, początkowe prace badawcze były skupione na wytworzeniu serii warstw epitaksjalnych $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 < x < 1$) domieszkowanych Mg ($[Mg] > 10^{18}$ cm^{-3}) w procesie MOVPE oraz aktywacji domieszki poprzez wygrzewanie in-situ, jak i poprocesowe. Skuteczność aktywacji domieszki w strukturach $Al_xGa_{1-x}N$:Mg/AlN/Al_2O_3 została szczegółowo zweryfikowana na podstawie pomiarów XRD oraz spektroskopii Ramana, a koncentracja Mg na podstawie pomiarów SIMS. Do wyznaczenia koncentracji nośników zostały zastosowane pomiary efektu Halla oraz pomiary impedancyjne. Wyniki wygrzewania poprocesowego jednoznacznie wskazują, że w temperaturach 700-800°C w atmosferach N_2, Ar, O_2 oraz powietrzu następuje zwiększenie koncentracji dziur. Jednocześnie pomiary SIMS wykazały, że zachodzi dyfuzja domieszki magnezowej w kierunku powierzchni.

Podziękowania
Niniejsza praca była finansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS10 2015/19/B/ST7/02163.

[1] M. Rudziński, M. Wesołowski, W. Strupiński, *Niebieskie, zielone i białe emitery światła wytwarzane z półprzewodników A^{III}-B^{N}*, Przegląd Elektrotechniczny, 7 (2014), 1-13.

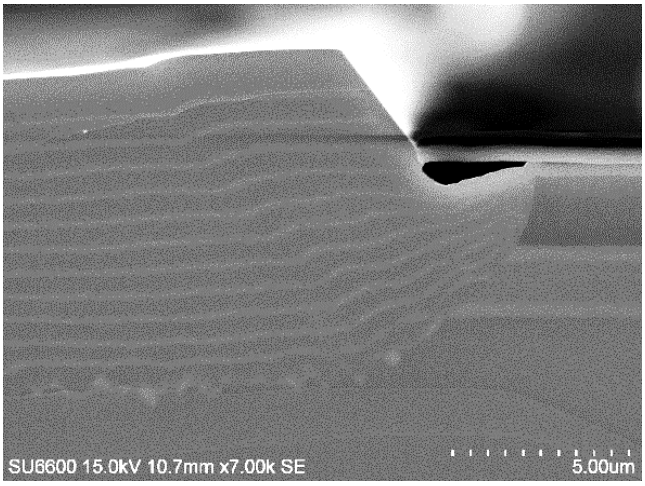
[2] H. Amano, *Nobel Lecture: Growth of GaN on sapphire via low-temperature deposited buffer layer and realization of p-type GaN by Mg doping followed by low-energy electron beam irradiation*, Reviews of Modern Physics, 87 (2015), 1133-1138.

EPITAKSJA SELEKTYWNA NA PODŁOŻU PROFILOWANYM HETEROSTRUKTUR InGaAs/InP

Łukasz Kosior, Iwona Zborowska-Lindert, Mikołaj Badura, Beata Ściana

Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
lukasz.kosior@pwr.edu.pl

Od czasu pierwszej prezentacji kwantowego lasera kaskadowego QCL w roku 1994 nastąpił znaczący postęp w dziedzinie tych urządzeń optoelektronicznych. Swoja popularność zawdzięczają możliwością wykorzystania między innymi w czujnikach gazu, czy spektroskopii. Obecnie jednym z wyzwań stawianych przy konstrukcji QCL jest ich możliwość pracy w temperaturze pokojowej lub wyższej, co wymaga efektywnego odbierania ciepła z rdzenia lasera. Wiodącym rozwiązaniem tego problemu jest wykorzystanie „zagrzebującej" warstwy półizolacyjnej InP:Fe, osadzonej metodą selektywnej epitaksji na podłożu profilowanym. Badania przedstawione w pracy skupiają się na dwóch głównych wyzwaniach. Pierwszym z nich jest wytworzenie grzbietu lasera o odpowiednim kształcie, podtrawieniu pod maskę (warstwa dielektryka Si_3N_4), oraz wysokiej jakości powierzchni po procesie mokrego trawienia chemicznego. Drugim, selektywny wzrost epitaksjalny, wykonany metodą LP MOVPE, na wcześniej przygotowanym podłożu. Na każdym z wymienionych etapów korzystano głównie z trzech metod badawczych: skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), profilografometru bezstykowego wykorzystującego zjawisko interferencji światła białego (WLI), oraz mikroskopii optycznej w trybie kontrastu fazowego. Dodatkowo, w celu eksperymentalnego określenia pożądanych parametrów wzrostu epitaksjalnego dodano marker materiałowy, jakim jest warstwa InGaAs, tworząc heterostrukturę InGaAs/InP. Dzięki temu rozwiązaniu możliwa jest analiza kinetyki wzrostu, na różnych obszarach wytrawionej struktury, na podstawie obrazów przełomów uzyskanych metodą SEM.



Rysunek 1. Obraz SEM przełomu struktury lasera QCL, zagrzebany heterostrukturą InGaAs/InP:Fe.

TRANSPORT ELEKTRONOWY W UKŁADACH WIELOWARSTWOWYCH ZAWIERAJĄCYCH CIENKIE WARSTWY METALI MAGNETYCZNYCH ODDZIELONYCH CIENKIMI NIEMAGNETYCZNYMI PRZEKŁADKAMI

Krzysztof Warda, Leszek Wojtczak

Katedra Fizyki Ciała Stałego, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153,90-236 Łódź
warda@uni.lodz.pl

Bazując na równaniu stanu zastosowanym do opisu układów magnetycznych o zredukowanym wymiarze[1] opracowano model obliczeń oporu oraz magnetoporu elektrycznego dla cienkich układów wielowarstwowych zawierających metal magnetyczny oddzielony cienką niemagnetyczną przekładką. Wcześniejsze prace dotyczące transportu ładunku w materiałach magnetycznych i wielowarstwach pokazały ważną rolę elektronów typu *d* [2,3]. W procesie rozpraszania elektrony typu *s* ze spinem o orientacji góra i dół mogą być rozproszone do pasma typu *s* i typu *d* odpowiednio dla spinów w górę i w dół. Dla elektronów z pasma typu *d* gęstość stanów elektronowych na poziomie Fermiego jest inna dla spinów o orientacji góra niż dla spinów o orientacji dół. W przestawionym modelu gęstość stanów elektronowych w pasmie na poziomie Fermiego jest odwrotna proporcjonalna do szerokości pasma. Otrzymano nowe wyrażenie na magnetoopór dla rozważanych wielowarstw. Istotnymi parametrami w przedstawionym modelu są: szerokość pasma energii elektronów oraz przesunięcie poziomu energii dla dwóch kierunków orientacji spinu, a także energia Fermiego i wielkość próbki (grubość warstw magnetycznych i niemagnetycznych oraz całkowita liczba warstw). Przedstawione wyniki obliczeń zależności oporu oraz magnetooporu dla różnych układów metali magnetycznych z niemagnetycznymi przekładkami w funkcji temperatury czy grubości niemagnetycznej przekładki na różnych układów metali niemagnetycznej przekładki pozostają w większości przypadków zgodne z dostępnymi danymi eksperymentalnymi.

[1] K. Warda, J. Phys. Cond. Matter 21, No 34, 345301 (2009).
[2] B. R. Bułka, J. Barnaś, Phys. Rev. B 51, 6348–6357 (1995).
[3] K. Warda, L. Wojtczak . Acta Physica Polonica A accepted for publication.

BADANIE STRUKTURY ELEKTRONOWEJ 1T-TaS_2 ORAZ HYBRYDY GRAFEN/1T-TaS_2 ZA POMOCĄ TECHNIK ARPES/STM/STS/LEED/RAMAN ORAZ DFT

I. Lutsyk[a], P. Dąbrowski[a], M. Rogala[a], P. Krukowski[a], P. J. Kowalczyk[a], W. Kozłowski[a], K. Szałowski[a], M. Gmitra[b], E. Łacińska[c], N. Olszowska[d], A. Wysmołek[c], J. J. Kołodziej[d], Z. Klusek[a]

[a] *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź, Polska*

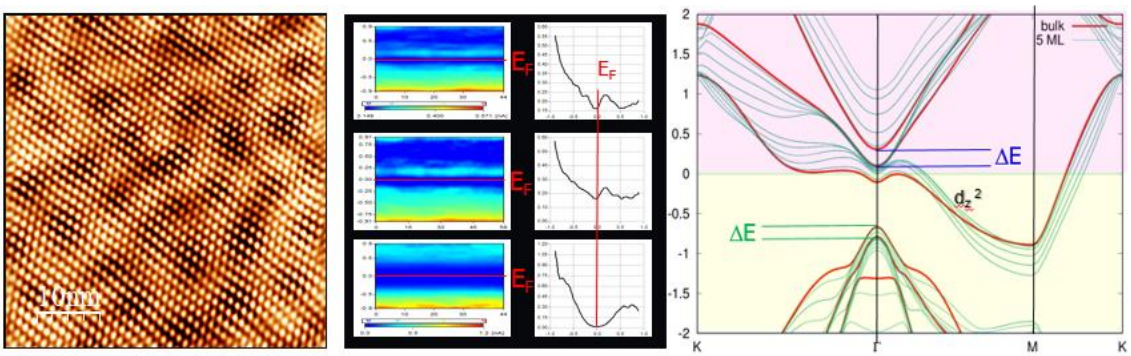
[b] *Instytut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet w Regensburgu, 93040 Regensburg, Niemcy*

[c] *Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska*

[d] *Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków, Polska*

clavikfire@gmail.com

Grafen jest materiałem posiadającym dużą mobilność nośników ładunku z równoczesnym brakiem przerwy energetycznej i bardzo małym sprzężeniem spin-orbita (SOC) co znacznie ogranicza jego zastosowania w spintronice. Aby wprowadzić w grafenie możliwość generacji spinowo rozróżnialnych nośników ładunku łączymy go w układy hybrydowe z dichalkogenkami metali przejściowych (TMDC) posiadającymi SOC. Do chwili obecnej badane były głównie hybrydy grafen/TMDCs gdzie TMDC posiadał przerwę energetyczną. W naszych badanych zajmujemy się hybrydami w skład których wchodzi TaS_2 charakteryzują się sukcesywnymi przejściami fazowymi pierwszego rodzaju związanymi z falami gęstości ładunku (CDW), wyraźnym przejściem izolator-metal oraz relatywnie wysoką wartością SOC. W prezentacji pokażemy uzyskane wyniki STM/STS i ich korelacje z danymi ARPES/LEED/XPS/Raman dla wybranych układów. Dane eksperymentalne będą omawiane w ramach obliczeń DFT wykonanych przy użyciu pakietu QUANTUM ESPRESSO. Przykładowe wyniki zaprezentowano na Rys. 1.



Rys. 1. Topografia STM powierzchni TaS_2 w temperaturze 300 K w raz przestrzennymi rozkładami funkcji LDOS oraz krzywymi dyspersji uzyskanymi metodą DFT.

Przedstawione badania były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu 2015/19/B/ST3/03 142.

SEKCJA BNB

BIOTECHNOLOGIA, NANOMEDYCYNA I BEZPIECZEŃSTWO W DZIEDZINIE NANOMATERIAŁÓW

http://dx.doi.org/10.18778/8088-712-1.06

BIOIMAGING PROPERTIES OF CdCoS QUANTUM DOTS CONJUGATED WITH HUMAN SERUM ALBUMIN

R. Wojnarowska-Nowak[a], J. Polit[a], A. Zięba[a], I. D. Stolyarchuk[b,c], S. Nowak[d], M. Romerowicz-Misielak[d] and E. M. Sheregii

[a] *Centre for Microelectronics and Nanotechnology, University of Rzeszow, 1 Pigonia Street, 35-959 Rzeszow, Poland*

[b] *Department of Physics of Semiconductors and Nanostructures, Chernivtsi National University, 2 Kotsiubynsky Street, 58012 Chernivtsi, Ukraine*

[c] *Department of Theoretical and Applied Physics and Computer Simulations, Ivan Franko Drohobych Pedagogical University, 24 I. Franko str., 82100 Drohobych, Ukraine*

[d] *Department of Animal Physiology and Reproduction, Institute of Biotechnology, University of Rzeszow, Werynia 502, 36-100 Kolbuszowa, Poland*

In the past few decades the research on semiconductor quantum dots (QDs) has intensively studies[1]. The II-VI based QDs are particularly interesting from the biomedical applications point of view, due to the size dependent optical properties, broad absorption spectra, narrow photoluminescence (PL) spectra, long luminescence lifetime or high sensitivity which enable to use them as effective imaging markers. Moreover, semiconductor QDs are able to fluorescence resonance energy transfer process (FRET) and because of this effect they can be also commonly used as biological molecular probes. In addition, II-VI semiconductor compounds have another functionality as a basic matrix for diluted magnetic semiconductors (DMSs), where a fraction of semiconductor cations are replaced by transmission metals (3d or 4f elements). Among DMSs Co-doped II-VI semiconductor based nanoparticles are the most promising because of their chemical stability and strong fluorescence in visible region. In the presented work, the results of the CdCoS QDs interaction with human serum albumin and human cell culture are reported.

The CdCoS QDs were synthesized by using a procedure similar to the one described by Savchuk et al.[2]. The size and morphology of QDs were determined by using TEM, SEM and AFM techniques. For CdCoS QD-HSA bionanocomplex preparation, a HSA solution was added to the colloidal QDs and incubated for 15 min. at room temperature. Optical absorption (OA), photoluminescence (PL) and FTIR spectra are used for the characterization of bionanocomplex. The human osteosarcoma 143b cell line was used for the bioimaging properties of CdCoS QDs and CdCoS QD-HSA bionanocomplexes examination.

The TEM, SEM and AFM images of the colloidal CdCoS QDs suggest that the shape of the nanoparticles is close to spherical and the average diameter is found to be approximately from 4 to 6 nm.

For the evaluation of optical properties of pure QDs, pure HSA and QDs + HSA complex OA, PL, FTIR spectra are recorded and analyzed. An addition of HSA to the colloidal QDs leads to a gradual decrease of optical density and broadening of exciton structure was observed. However, energy position of the exciton bands is not shifted. The Stern-Volmer plots for the CdCoS QDs under interaction with HSA are analyzed. Obtained results suggest existence of static mechanism of fluorescence quenching in the interaction between HSA and QDs. The quenching constants Kq of QDs with average radius 5. 1 nm for HSA to be approximately $7{,}37\times 10^{12}$ l $mol^{-1}c^{-1}$ for the $Cd_{0.95}Co_{0.05}S$ and 9,84 10^{11} for the $Cd_{0.9}Co_{0.1}S$ was calculated.

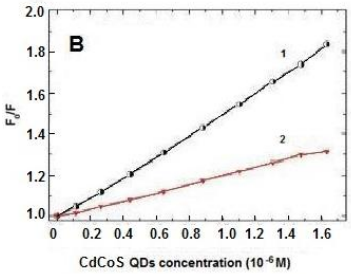


Fig. 1 Stern -Volmer plots for the CdCoS QDs with different concentration of Co element: 1-$Cd_{0.9}Co_{0.1}S$ and 2-$Cd_{0.95}Co_{0.05}S$, under interaction with HSA.

The results of oscillation spectra can give important information about the processes occurring during bionanocomplex formation and indicate a slight reduction of α-helical folding protein type. That means HSA conformation is not much changed after interaction with QDs, and the protein structure is similar to natural one. The human osteosarcoma cell line was selected to determine the interaction of the CdCoS QD-HSA bionanocomplex with cancer cells. The strongest PL signal suggest that it is localized around the nuclear region of cancer cells.

[1] K. D. Wegner, N. Hildebrandt, *Quantum dots: bright and versatile in vitro and in vivo fluorescence imaging biosensors*, Chem. Soc. Rev., 44, 4792 (2015).

[2] A. I. Savchuk, I. D. Stolyarchuk, T. A. Savchuk, M. M. Smolinsky, O. A. Shporta, L. M. Shynkura, *Monitoring of incorporation of magnetic ions into II–VI semiconductor nanocrystals by optical and magneto-optical spectroscopy*, Thin Solid Films, 541, 79 (2013).

OCENA WPŁYWU NANOCZĄSTEK SREBRA MODYFIKOWANYCH TANINAMI NA POTENCJAŁ REGENERACYJNY *IN VITRO*

Piotr Orłowski[a], Emilia Tomaszewska[b], Katarzyna Soliwoda-Ranoszek[b], Grzegorz Celichowski[b], Jarosław Grobelny[b], Małgorzata Krzyżowska[a]

[a] *Samodzielna Pracownia Nanobiologii i Biomateriałów, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, ul. Kozielska 4, 01-163 Warszawa*
[b] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*

Wstęp

Proces gojenia ran skóry podzielony jest na następujące po sobie etapy: hemostazy, zapalenia, proliferacji oraz przebudowy i dojrzewania blizny. Komórkami biorącymi udział w gojeniu są m. in. keratynocyty odpowiedzialne za zamknięcie rany przez odbudowę naskórka oraz makrofagi biorące udział w oczyszczaniu rany z resztek martwych komórek i patogenów stanowiące również źródło cytokin i czynników wzrostowych.

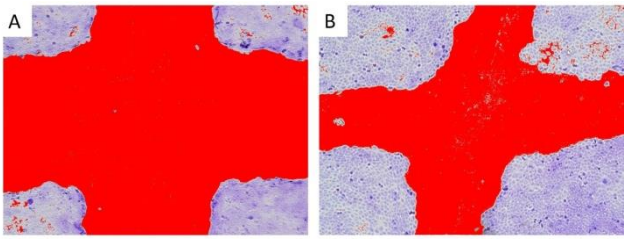
W niniejszych badaniach dokonano oceny modyfikacji powierzchni nanocząstek srebra taninami pod kątem właściwości regeneracyjnych.

Materiały i Metody

W badaniach wykorzystano nanocząstki srebra o średnicy 33 nm syntetyzowane na zarodkach złota modyfikowane kwasem taninowym, chebulowym, galusowym, elagowym, kofeinowym, moriną, polidatiną, katechiną, epikatechiną, epigalokatechiną, galusanem epikatechiny, galusanem epigalokatechiny, penta-o-galloyl-β-D-glukozą, punikalaginą, resweratrolem, taksyfoliną w stężeniach od 25 do 1000 µM. Badania przeprowadzono na linii mysich monocytów RAW 264. 7 oraz linii ludzkich keratynocytów HaCaT. Toksyczność nanocząstek określono mierząc poziom potencjału mitochondrialnego za pomocą JC-1. Potencjał regeneracyjny badano na modelu rany *in vitro* (ang. scratch assay). Do oceny wpływu nanocząstek na syntezę inwolukryny, kadheryny E, wimentyny i PCNA wykorzystano technikę Western Blot.

Wyniki

Najwyższą toksyczność względem monocytów obserwowano podczas ekpozycji na AgNP modyfikowane penta-o-galloyl-β-D-glukozą w stężeniu 100 µM (34,10 ± 2,93 % komórek z ↓ΔΨm) oraz kwasem chebulowym dla stężenia 100 µM (43,12% ± 8,71 komórek z ↓ΔΨm). Spadek potencjału mitochondrialnego nie był zależny od wzrostu produkcji ROS. Z badanych najwyższy potencjał regeneracyjny wskazują modyfikacje polidatiną, resweratrolem, katechiną, epigalokatechiną, galusanem epigalokatechiny, galusanem epikatechiny oraz kwasem elagowym w stężeniu 200 µM, kwasem kofeinowym w stężeniu 50 µM oraz taksyfoliną w stężeniu 100 µM.



Ryc. 1. Pola powierzchni zadrapań (kolor czerwony) monowarstwy komórek linii HaCaT po 24 godzinnej ekspozycji na nanocząstki srebra modyfikowane taninami: A – hodowla kontrolna, B – modyfikacja resweratrolem w stężeniu 200 µM.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu nr UMO-2014/13/B/NZ5/01356.

ZASTOSOWANIE FIB DO OBRAZOWANIA MORFOLOGII, ULTRASTRUKTURY POWIERZCHNI I WNĘTRZA KOMÓREK PODDANYCH DZIAŁANIU NANOCZĄSTEK *IN VITRO*

Piotr Orłowski[a], Marianna Gniadek[b], Olga Łabędź[b], Julita Nowakowska[c], Jarosław Grobelny[d], Małgorzata Krzyżowska[a]

[a] *Samodzielna Pracownia Nanobiologii i Biomateriałów, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, ul. Kozielska 4, 01-163 Warszawa*
[b] *Wydział Chemii, Uniwersytet Warszawski, ul. Ludwika Pasteura 1, 02-093 Warszawa*
[c] *Pracownia Mikroskopii Elektronowej i Konfokalnej, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa*
[d] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*

Wstęp

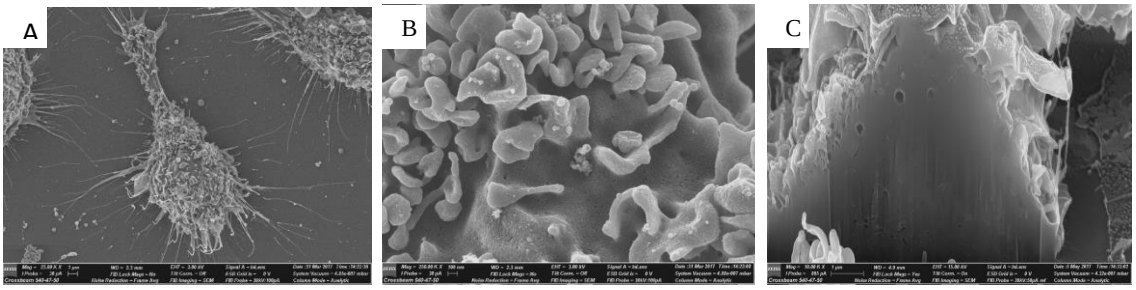
Głównym narzędziem do obrazowania nanocząstek nie wykazujących fluorescencji w materiale biologicznym, jest transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM). Uzyskane obrazy z przekrojów, mimo wysokiej rozdzielczości obrazów, nie dają możliwości obrazowania morfologii i ultrastruktury powierzchni komórek. Zastosowanie skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) do obserwacji morfologii i ultrastruktury powierzchni uniemożliwia uzyskanie obrazu z wnętrza preparatu. Zastosowanie skoncentrowanej wiązki jonów galu (FIB-SEM) pozawala na wykonanie przekroju preparatu w celu dokonania analizy składu pierwiastkowego w obrębie przekroju.

Materiały i metody

W badaniach wykorzystano linię ustaloną mysich monocytów RAW 264.7 oraz nanocząstki srebra o średnicy 33 nm modyfikowane kwasem taninowym. Obrazy uzyskano przy pomocy transmisyjnego mikroskopu elektronowego Jeol JEM – 200EX oraz mikroskopu skaningowego CrossBeam B540 Zeiss.

Wyniki

Analiza komórek poddanych ekspozycji na nanocząstki za pomocą mikroskopu mikroskopu skaningowego CrossBeam B540 Zeiss wyposażonego w FIB pozwala na uzyskanie dokładnego obrazu morfologii komórek oraz ultrastruktury ich powierzchni. Dzięki zastosowaniu FIB wykonano przekroje wybranych obiektów. Użycie EDS pozwoliło na wykonanie analizy składu pierwiastkowego uzyskanego przekroju.



Ryc. 1. Komórki linii RAW 264.7 poddane 24 h ekspozycji na nanocząstki. Obrazy uzyskane za pomocą FIB-SEM: A – morfologia komórki aktywowanej w skutek działania nanocząstek, wydłużony kształt komórki z licznymi wypustkami; B – powiększony fragment komórki widocznej na Ryc. 1 A, nanocząstki widoczne na powierzchni zewnętrznej błony komórkowej; C – przekrój komórki z widocznymi nanocząstkami.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu nr UMO-2014/13/B/NZ5/01356.

METODA ULTRADŹWIĘKOWA DO POKRYWANIA WARSTWĄ NANOHYDROKSYAPATYTU SKAFOLDÓW OTRZYMANYCH Z POLIKAPROLAKTONU

Przemysław Oberbek[a,b], Katarzyna Czarnecka[b], Bartosz Woźniak[c], Michał J. Woźniak[d]

[a] *Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy; Warszawa, Polska*
[b] *Politechnika Warszawska; Warszawa, Polska*
[c] *Polska Akademia Nauk, Instytut Wysokich Ciśnień; Warszawa, Polska*
[d] *45Stages; Warszawa, Polska*
ober@ciop.pl, przemyslaw.oberbek@inmat.pw.edu.pl

Rozwój nowoczesnych technologii doprowadził do otrzymania nowych materiałów polimerowych, które - dzięki swej elastyczności i możliwościom otrzymania z nich skomplikowanych kształtów - znalazły szereg zastosowań w inżynierii tkankowej i medycynie regeneracyjnej. Również w tych dziedzinach świetnie sprawdzają się materiały ceramiczne o odpowiednich właściwościach chemicznych, biologicznych i mechanicznych. W ostatnich latach ich odpowiednio zaprojektowane połączenie kompozytowe, w różnych wariantach, zostało skutecznie przetestowane i znalazło zastosowanie m. in. jako rusztowanie komórkowe (skafold) do leczenia ubytków kostnych, np. po resekcji nowotworu lub wypadku.

Prace wykonywane przez nasz zespół skoncentrowane są głównie na metodzie szybkiego prototypowania (druku 3D) rusztowań wykonanych z polikaprolaktonu (PCL) – biodegradowalnego polimeru, łączonego z nanowymiarowym hydroksyapatytem (HAp) będącym naturalnym składnikiem kości i zębiny kręgowców. Porowate rusztowania służą jako podpory dla nowo rosnących tkanek kości, a w dłuższym okresie nietoksycznie degradują. W celu zapewnienia lepszego kontaktu komórek z materiałem bogatym w wapń i jony fosforanowe, PCL pokrywany jest powierzchniowo nano HAp, za pomocą metody ultradźwiękowej zaprojektowanej w Laboratorium Nanostruktur Instytutu Wysokich Ciśnień PAN. Skuteczność i jakość pokrycia ceramiką w skali mikro i nano na powierzchni skafoldu została zbadana za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz mikroskopii sił atomowych (AFM). Ocena powierzchniowego pokrycia wykorzystana została do optymalizacji parametrów metody ultradźwiękowej i wstępnego zakwalifikowania produktu do zastosowań w chirurgii weterynaryjnej.

PRZECIWDROBNOUSTROJOWE DZIAŁANIE POCHODNYCH 1,4-DIHYDROPIRYDYNY ZIMMOBILIZOWANYCH NA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH

Katarzyna Niemirowicz[a], Ewelina Piktel[a], Katarzyna Głuszek[a], Aiva Plotniece[b], Paul A Janmey[c], Robert Bucki[a,d]

[a] *Samodzielna Pracownia Technik Mikrobiologicznych i Nanobiomedycznych, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Białystok, Polska*
[b.] *Latvian Institute of Organic Synthesis,Ryga, Łotwa*
[c] *Institute for Medicine and Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA*
[d] *Zakład Mikrobiologii i Immunologii, Instytut Nauk Medycznych, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce, Polska*

Najnowsze badania wskazują, iż nanomateriały mogą być wykorzystywane w tworzeniu nowych metod diagnostyki, terapii i prewencji zakażeń. Aktywność przeciwbakteryjna nanocząstek sfunkcjonalizowanych powierzchniowo grupami aminowymi czy też innymi polimerami jest szeroko udokumentowana[1]. Ich mechanizm działania związany jest z indukowaniem w komórkach bakteryjnych reaktywnych form tlenu (RFT) i zaburzeniem ich aktywności metabolicznej. Wykazano, że efekt przeciwdrobnoustrojowy zależy bezpośrednio od ich właściwości fizykochemicznych, a także od rodzaju drobnoustroju[1]. Stąd też aktywność nanostruktur ma charakter wybiórczy. Dane literaturowe wskazują także, iż nanocząstki skoniugowane z klasycznymi antybiotykami poprawiają ich właściwości przeciwdrobnoustrojowe[2]. Interesującymi pod względem przyszłego zastosowania wydają się być chemiczne analogi naturalnych peptydów przeciwbakteryjnych (PPB), charakteryzujące się szerokim spektrum działania przeciwdrobnoustrojowego[3].

Celem poszerzenia spektrum działania nanocząstek oraz wykorzystania ich potencjału jako transportera substancji aktywnej zsyntetyzowano nanosystemy złożone z magnetycznego rdzenia na bazie tlenku żelaza oraz zimmobilizowanych powierzchniowo pochodnych 1,4 – dihydropirydyny będących chemicznymi analogami PPB. Przeprowadzono ocenę wpływu badanych związków na przeżywalność, proliferację wybranych drobnoustrojów chorobotwórczych znajdujących się zarówno w fazie planktonicznej jak i w formie biofilmu.

Praca sfinansowana w ramach grantu NCN: UMO-2014/15/D/NZ6/02665 (KN) i UMO- 2015/17/B/NZ6/03473 (RB).

[1] E. Taylor i wsp., Int J Nanomedicine, 2011. 6: p. 1463-73.
[2] K. Niemirowicz i wsp., Nanomedicine, 2016 2(8):2395-2404.
[3] R. Bucki i wsp., Arch Immunol Ther Exp (Warsz), 2010, 58(1), 15-25.

IMMUNOMODULUJĄCE DZIAŁANIE POCHODNYCH 1,4-DIHYDROPIRYDYNY ZIMMOBILIZOWANYCH NA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH

Robert Bucki[a,b], Katarzyna Niemirowicz[a], Ewelina Piktel[a], Katarzyna Głuszek[a], Aiva Plotniece[c], Paul A Janmey[d]

[a] *Samodzielna Pracownia Technik Mikrobiologicznych i Nanobiomedycznych, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Białystok, Polska*
[b] *Zakład Mikrobiologii i Immunologii, Instytut Nauk Medycznych, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce, Polska*
[c.] *Latvian Institute of Organic Synthesis,Ryga, Łotwa*
[d] *Institute for Medicine and Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA*

Napływ i akumulacja komórek immunokompetentnych w zmienionej tkance jest istotnym przejawem chorób zapalnych. Zjawisko to często koreluje z podwyższonym stężenie cytokin prozapalnych oraz aktywacją szlaków sygnałowych wpływających na procesy proliferacji, apoptozy i migracji komórek, jak również na podtrzymywaniu procesu angiogenezy oraz występowanie zjawiska lekooporności komórek nowotworowych. Stąd też wskazuje się na istotny związek pomiędzy odczynem zapalnym tkanek, a karcynogenezą[1].

Ograniczenie stanu zapalnego i zahamowanie wydzielania cytokin prozapalnych poprzez zastosowanie związków o charakterze immunomodulującym, jest jednym z czynników umożliwiających skuteczną terapią wielu chorób. Dane literaturowe wskazują, iż w tym aspekcie wykorzystany zostać może peptyd LL-37 będący u człowieka jedynym przedstawicielem naturalnych peptydów przeciwdrobnoustrojowych (PPB) z grupy katelicydyn, oraz jego syntetyczne analogi wykazujące działanie plejotropowe obejmujące wpływ na układ immunologiczny[2]. Celem badań była ocena zdolności hamowania procesu zapalnego przez nowe analogii katelicydyny LL-37 zsyntetyzowanych na bazie pochodnych 1,4 – dihydropirydyny. Przeprowadzono ocenę zdolności hamowania wydzielania IL-8 oraz reaktywnych form tlenu z komórek stymulowanych bakteryjnym LPS w obecności badanych związków zastosowanych w formie wolnej i zimmobilizowanej na magnetycznym nośniku.

Praca sfinansowana w ramach grantu UMO- 2015/17/B/NZ6/03473 (RB).

[1] S. I. Grivennikov, i wsp, Cell, 2010, 140(6), 883-899.
[2] R. Bucki i wsp., Arch Immunol Ther Exp (Warsz), 2010, 58(1), 15-25.

FOTOKATALITYCZNA SYNTEZA NANOCZĄSTEK O AKTYWNOŚCI PRZECIWDROBNOUSTROJOWEJ W ŚRODOWISKU WODNYM

Rafał Banasiuk[a], Joanna Frąckowiak[b], Marta Krychowiak[a], Marta Matuszewska[a], Anna Kawiak[a], Zofia Lendzion-Bieluń[c], Magda Narajczyk[d], Aleksandra Królicka[a]

[a] *Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Pracownia Badania Związków Biologicznie Czynnych*
[b] *Gdański Uniwersytet Medyczny, Katedra i Zakład Fizjopatologii*
[c] *Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska*
[d] *Uniwersytet Gdański, Laboratorium Mikroskopii Elektronowej*
rafal.banasiuk@biotech.ug.edu.pl

Nanocząstki srebra (AgNPs) wykazują aktywność przeciwdrobnoustrojową w stosunku do wielu wielolekoopornych patogenów człowieka. Dzięki tej właściwości mogą stanowić alternatywę dla tradycyjnych terapii antybiotykowych, szczególnie w przypadku zakażeń skóry. Obecne trendy obowiązujące w syntezie chemicznej i wzrastające obostrzenia dotyczące ekologicznych procesów syntezy, wymuszają poszukiwanie nowych przyjaznych dla środowiska sposobów wytwarzania AgNPs. Jedną z odpowiedzi środowiska naukowego na ten problem jest wykorzystanie ekstraktów roślinnych/bateryjnych jako reduktora w syntezie i substancji ograniczającej rozmiar nanocząstek. Powyższe rozwiązanie posiada wiele wad związanych przede wszystkim ze standaryzacją ekstraktów wykorzystywanych do syntezy. Naturalna zmienność biologiczna jest nieodzowną częścią każdej hodowli organizmów i efekt ten jest niemożliwy do wyeliminowania mimo pełnej kontroli warunków. Drobne zmiany w kompozycji metabolicznej ekstraktów roślinnych, które nie są znaczące w skali laboratoryjnej, mogą stanowić problem w skali przemysłowej.

Kolejnym problemem „zielonych metod" syntezy AgNPs jest bilans energetyczny procesu. Standardowym sposobem przyspieszenia reakcji jest użycie łaźni wodnej bądź mikrofal jako źródła energii. Skalowanie takich procesów jest trudne.

Mając na uwadze 12 zasad zielonej chemii, a w szczególności efektywność energetyczną, zaprojektowano fotokatalityczną metodę syntezy AgNPs wykorzystującą światło diodowe i ogólnodostępne związki chemiczne[1]. Reakcja charakteryzuje się wysoką powtarzalnością, a nanocząstki zsyntetyzowane tą metodą wykazują działanie w stosunku do szerokiego spektrum lekoopornych patogenów ludzkich, przy. Równocześnie uzyskane AgNPs wykazują niską cytotoksyczność względem komórek keratynocytów i jednojądrzastych komórek krwi obwodowej.

[1] R. Banasiuk i in. (2016), *Synthesis of antimicrobial silver nanoparticles through a photomediated reaction in an aqueous environment*, International Journal of Nanomedicine 11: 315-324.

ZIELONA SYNTEZA NANOCZĄSTEK SREBRA Z UŻYCIEM *DROSERA INDICA*

Wojciech Tomaszewicz[a], Rafał Banasiuk[a], Marta Krychowiak[a], Magdalena Ziąbka[b], Magdalena Narajczyk[c], Aleksandra Królicka[a]

[a] *Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii UG i GUMed, Pracownia Badania Związków Biologicznie Czynnych, ul. Abrahama 58, Gdańsk;*
[b] *Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych, ul. aleja A. Mickiewicza 30, Kraków;*
[c] *Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Laboratorium Mikroskopii Elektronowej, ul. Wita Stwosza 59, Gdańsk*
aleksandra.krolicka@biotech.ug.edu.pl

Drosera indica (Droseraceae) jest rośliną owadożerną zawierającą w swoich tkankach aktywne metabolity wtórne: naftochinony i flawonoidy. Ekstrakty z tej rośliny wykazują między innymi aktywność przeciwdrobnoustrojową. Nanocząstki srebra (AgNPs) to struktury o wielkości od 1 do 100 nm charakteryzujące się w większości przypadków aktywnością biologiczną. Można je uzyskać na drodze zielonej syntezy wykorzystując ekstrakty wodne z roślin. Celem badań była synteza AgNPs z wykorzystaniem *D. indica* oraz zbadanie ich potencjału przeciwdrobnoustrojowego w stosunku do *Staphylococcus aureus* w połączeniu z ekstraktem uzyskanym z tkanek *D. indica* rosnących w kulturach *in vitro* z dodatkiem elicytora abiotycznego – parakwatu.

D. indica hodowano na pożywce płynnej ½ Murashige i Skoog[1], pH 5,5 + 10 μM parakwatu. AgNPs uzyskano z ekstraktu wodnego z *D. indica*, $AgNO_3$ i czynnika blokującego rozmiar nanocząstek w postaci PVP przy użyciu mikrofal i łaźni wodnej o temperaturze 70° C. Minimalne Stężenie Bakteriobójcze (MBC) uzyskanych AgNPs oraz ekstraktów roślinnych zawieszonych w metanolu oznaczono wykorzystując metodę mikrorozcieńczeń w płytkach 96-dołkowych. Do analizy interakcji ekstraktów z tkanek *D. indica* i AgNPs wykorzystano metodę *Checkerboard Titration Method*[2]. Polega ona na łączeniu malejących stężeń dwóch badanych czynników na płytce 96-dołkowej.

Badania wykazały, że AgNPs uzyskane z wykorzystaniem mikrofal wykazywały wyższą aktywność przeciwbakteryjną. Połączenie wyżej wymienionych nanocząstek z ekstraktem z *D. indica* pozwoliło na obniżenie efektywnych dawek obu czynników bakteriobójczych o ¼. Tym samym uzyskano efekt synergistyczny. Przeprowadzone badania wskazują, że zastosowanie zielonej syntezy do produkcji AgNPs i ekstraktów z rośliny owadożernej *D. indica* może być w przyszłości zastosowane do walki z wielolekoopornym patogenem człowieka – *S. aureus*.

[1] T. Murashige, F. Skoog (1962), *A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures*, Physiol. Plant 15: 473–497.
[2] C. Thornsberry (1991), *Antimicrobial susceptibility testing of anaerobic bacteria: review, comments, and opinions*, Ann Otology Rhinology Laryngology Suppl 154:7–10.

NANORURKI HALOIZYTU, JAKO NOŚNIKI LEKÓW W NOWOCZESNYCH OPATRUNKACH ŻELOWYCH

Joanna Kurczewska, Grzogorz Schroeder

Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Umultowska 89B, 61-614 Poznań
schroede@amu.edu.pl

Haloizyt należy do grupy naturalnie występujących materiałów ilastych i zbudowany jest z warstw glinokrzemianów. Materiał pochodzenia naturalnego posiada tetraedryczną warstwę krzemianową i oktaedryczną glinianową, które oddziela monowarstwa wody. Z reguły charakteryzuje się budową rurkową. Na pojedynczą nanorurkę haloizytu składa się od 15 do 20 warstw glinokrzemianowych.

Nanorurki haloizytu, ze względu na swoją budową i biokompatybiloność, są przedmiotem wielu badań nad ich zastosowaniem w obszarze nauk medycznych. Wykorzystuje się zarówno sam materiał, jak również nieorganiczno-organiczne układy hybrydowe na bazie glinokrzemianu. Spośród szeregu zastosowań, nanorurki bada się m. in. pod kątem ich zastosowania, jako nośników substancji leczniczych. Z drugiej jednak strony niewiele badań koncentruje się na wykorzystaniu tego nośnika w miejscowym podawaniu leku.

W pracy przedstawiono zastosowanie nanomateriałów hybrydowych na bazie haloizytu do otrzymywania elastycznych, innowacyjnych opatrunków żelowych. Funkcjonalizacja powierzchni haloizytu za pomocą związków organicznych, umożliwia wiązanie, z wykorzystaniem oddziaływań niekowalencyjnych, substancji leczniczych np. antybiotyków na powierzchni nanomateriału. Tak przygotowany układ hybrydowy, umieszczony w matrycy alginianowej, tworzy materiał (opatrunek) o miejscowym działaniu terapeutycznym. Po optymalizacji szeregu parametrów, zaprojektowany układ charakteryzuje się zdolnością do uwalniania substancji czynnej w sposób kontrolowany przez długi okres czasu, wykazuje wysoką skuteczność antybakteryjną i dużą stabilność. Dlatego też tego typu opatrunek przeciwbakteryjny na bazie sfunkcjonalizowanego haloizytu i alginianu może być interesującym rozwiązaniem w leczeniu trudno i długo gojących się ran[1].

[1] J. Kurczewska, P. Pecyna, M. Ratajczak, M. Gajęcka, G. Schroeder, „Halloysite nanotubes as carriers of vancomycin in alginate-based wound dressing", Saudi Pharmaceutical Journal, doi:10.1016/j.jsps.2017.02.007 (2017).

OTRZYMYWANIE I ZASTOSOWANIE FUNKCJONALNYCH NANOMATERIAŁÓW W ANALIZIE FAPA MS

Grzegorz Schroeder[a], Jerzy Silberring, Marek Smoluch[b], Michał Cegłowski[a], Joanna Kurczewska[a]

[a] *Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Umultowska 89b, 61-614 Poznań*
[b]*Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biochemii i Neurobiologii*
schroede@amu.edu.pl

Opracowano technikę oznaczania niskocząsteczkowych analitów (leków, związków bioaktywnych) metodą spektrometrii mas z niskotemperaturową jonizacją plazmową pod ciśnieniem atmosferycznym (*ang. flowing atmospheric-pressure afterglow mas spectrometry*- FAPA MS) wykorzystując układy supramolekularne. Innowacyjność tej metody polega na zastosowaniu hybrydowych zmiataczy molekularnych, magnetycznych zmiataczy molekularnych oraz polimerów z odciskiem molekularnym umożliwiających selektywne zagęszczanie z roztworów lub fazy gazowej związków organicznych (analitów), ich transporcie w dowolnym czasie do spektrometru mas, oraz termicznej desorpcji umożliwiającej jonizację w strumieniu plazmy. Opracowana metoda analityczna charakteryzuje się bardzo niskim progiem wykrywalności związków organicznych w roztworach i fazie gazowej, dużą selektywnością oznaczania oraz brakiem konieczności przeprowadzania wstępnych procedur analitycznych. W pracy przedstawiono syntezę oraz zastosowanie w technice FAPA MS nanomateriałów oraz polimerów z odciskiem molekularnym dedykowanych do oznaczenia bioaktywnych analitów w różnych matrycach.

This work was supported by the National Science Centre, Poland under grant number 2016/21/B/ST4/02082.

[1] M. Cegłowski, J. Kurczewska, M. Smoluch, E. Reszke, J. Silberring, G. Schroeder, 2015, *Magnetic scavengers as carriers of analytes for flowing atmospheric pressure afterglow mass spectrometry (FAPA-MS)*, Analyst, 140, 17, 6138-6144.

[2] M. Smoluch, M. Ceglowski, J. Kurczewska, M. Babij, T. Gotszalk, J. Silberring, G. Schroeder, 2014, *Molecular Scavengers as Carriers of Analytes for Mass Spectrometry Identification*, Analytical Chemistry, 86, 11226-11229.

[3] M. Cegłowski, M. Smoluch, E. Reszke, J. Silberring, G. Schroeder, 2017, *Molecularly imprinted polymers as selective adsorbents for ambient plasma mass spectrometry*, Analytical and Bioanalytical Chemistry, in press.

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA FIZYKOCHEMICZNA KOMPOZYTU MAGNETYT/POLIDOPAMINA/B-CYKLODEKSTRYNY ORAZ OCENA JEGO ZASTOSOWANIA JAKO POTENCJALNEGO NOŚNIKA LEKÓW W TERAPII PRZECIWNOWOTWOROWEJ

Artur Jędrzak[a,b], Emerson Coy[b], Bartosz Grześkowiak[b], Roksana Markiewicz[b], Stefan Jurga[b], Teofil Jesionowski[a], Radosław Mrówczyński[b]

[a] *Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań*

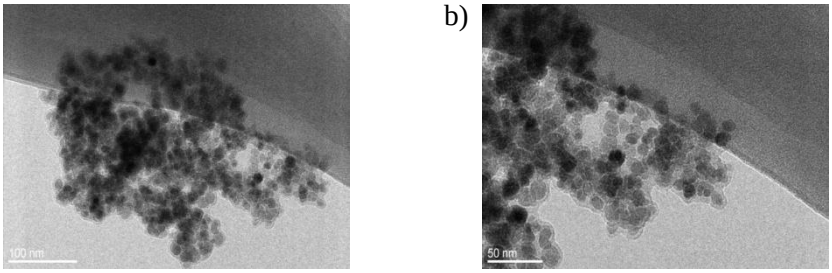
[b] *Centrum NanoBioMedyczne Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*

rm53520@amu.edu.pl

Wraz z rozwojem nanotechnologii nastąpił przełom w syntezie nowoczesnych nośników leków, które pozwalają na dostarczanie hydrofobowych leków do komórek nowotworowych. Wykorzystują one efekt zwiększonej przepuszczalności i retencji (EPR, ang. enhanced permeability and retention effect) sieci naczyń nowotworowych lub aktywne kierowanie nanonośników stosując odpowiednie ligandy np. przeciwciała lub kwas foliowy. Najczęściej stosowanymi materiałami w syntezie zaawansowanych nanostruktur są nanorurki węglowe, grafen, nanocząstki złota oraz magnetyczne nanocząstki tlenków żelaza[1,2]. W tej grupie na szczególną uwagę zasługują magnetyczne nanocząstki, które nie tylko są biokompatybilne ale także pozwalają na celowanie w komórki nowotworowe z zastosowaniem zewnętrznego pola magnetycznego oraz mogą zostać wykorzystane jako środki kontrastujące w obrazowaniu magnetycznym rezonansem jądrowym, co czyni je idealnymi materiałami do budowy zaawansowanych narzędzi teranostycznych.

Przykładem takiego zaawansowanego i nowatorskiego nanomateriału opartym o magnetyczne nanocząstki jest zintegrowany układ magnetyt/polidopamina/β-cyklodekstryny. Szereg właściwości pochodzących od każdego ze składnika kompozytu[1,3-5], czyni go wyjątkowym nanomateriałem. Przedstawione zostaną wyniki badań podjętych nad tym nowatorskim układem, będącym połączeniem magnetycznych nanocząstek, otoczonych polidopaminą[5] - polimerem o właściwościach zarówno fototermicznych jak i udowodnionej biokompatybilności, z β-cyklodekstrynami[6,7] - komponentami, które przejawiają wysoka zdolność załadunku i uwalniania różnych substancji, w tym leków przeciwnowotworowych. Zaprezentowane zostaną wyniki prac nad zdolnością enkapsulacji doksorubicyny przez nanonośnik oraz kinetyka uwalniania leku. Przedyskutowane będą także wyniki analiz biologicznych i fizykochemicznych ze szczególnym uwzględnieniem danych dotyczących wykorzystania kompozytu jako środka kontrastującego w MRI. Jedną z metod wykorzystaną do charakterystyki nanonośnika była transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM), która pozwoliła na zbadanie morfologii układu oraz ocenę grubości powłoki z polidopaminy.

a) b)



Rysunek 1. Zdjęcia TEM ukladu magnetyt/polidopamina/cyklodekstyny.

Podziękowania

Praca finansowana w ramach grantu LIDER przyznanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju nr LIDER/11/0055/L-7/15/NCBR/2016. Dziękujemy Milo Malanga z CycloLab za dostarczenie pochodnej cyklodekstryny.

[1] S. Laurent, et al., *Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical charcterizations, and biological applications*, Chem. Rev., 2008, 108, 2064-2110.

[2] R. Sharma, et al., *Fe_3O_4 (iron oxide)-supported nanocatalysis: synthesis, characterization and applications in coupling reactions*, Green Chem., 2016, 18, 3184-3209.

[3] M. Pio di Cagno, *The potential of cyclodextrins as novel active pharmaceutical ingredients: a short overview*, Molecules, 2017, 22, 1-14.

[4] M. Viswalingam, et al., *Preparation and characterization of a imopramine-β-cyclodextrin inclusion complex*, Instrm. Sci. Technol., 2016, 10, 1-22.

[5] D. Dreyer, et al., *Perspectives on poly(dopamine)*, Chem. Sci., 2013, 4, 3796-3802; Y. Liu, K. Ai, L. Lu, *Polydopamine and its derivative materials: synthesis and promising applications in energy, enviromental, and biomedical fields*, Chem. Rev., 2014, 114, 5057-5115.

[6] B. Singh, et al., *Slow relase of ciprofloxacin from β-cyclodextrin containing drug delivery system through network formation and supramolecular interactions*, Int. J. Biol. Macromol., 2016, 92, 390-400.

[7] L. Szente, J. Szemán, T. Sohajda, *Analytical characterization of cyclodextrins: history, official methods and recommended new techniques*, J. Pharm. Biomed. Anal., 2016, 130, 347-365.

ZASTOSOWANIE NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH OTOCZONYCH POLIETYLENOIMINĄ W TERAPII NOWOTWORÓW MÓZGU OPARTEJ NA INTERFERENCJI RNA

Radosław Mrówczyński[a], Bartosz F. Grześkowiak[a], Kosma Szutkowski, Katarzyna Rolle[b], Małgorzata Grabowska[b], Dariusz Wawrzyniak[b], Paweł Głodowicz[b], Jan Barciszewski[b], Stefan Jurga[a]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 85, 60-687 Poznań*
[b] *Zakład Epigentyki, Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk, ul. Z. Noskowskiego 12/14, 61-704 Poznań*
rm53520@amu.edu.pl

Glejaki są najczęściej występującymi nowotworami centralnego układu nerwowego człowieka. Pomimo coraz lepszego zrozumienia molekularnego podłoża glejaków, a także połączenia leczenia chirurgicznego z radio- i chemioterapią udaje się osiągnąć jedynie ograniczony sukces terapeutyczny wyrażony kilkumiesięcznym wydłużeniem okresu przeżycia[1,2]. Duże nadzieje wiąże się z nowoczesną terapią opartą na interferencji RNA (RNAi), która prowadzi do ograniczenia syntezy białka macierzy pozakomórkowej tenascyny-C (TN-C) w komórkach guzów mózgu poprzez zastosowanie dwuniciowego RNA (dsRNA) komplementarnego do mRNA białka TN-C[3-5].

Wprowadzanie dsRNA z wykorzystaniem nanocząstek magnetycznych może stanowić obiecujące podejście w leczeniu glejaka poprzez ograniczenie aktywności wielofunkcyjnego białka TN-C. Nanocząstki magnetyczne otoczone polietylenoiminą (PEI) zostały zsyntetyzowane i scharakteryzowane, a następnie posłużyły do utworzenia kompleksów z dsRNA. Kompleksy te charakteryzowały się nie tylko niskim poziomem cytotoksyczności w badanym zakresie stężeń, ale również wykazywały znacznie lepszą skuteczność terapeutyczną. Obrazowanie wewnątrzkomórkowe z wykorzystaniem mikroskopii fluorescencyjnej dodatkowo potwierdziło efektywny transport kompleksów do wnętrza komórek nowotworowyh. Badania te sugerują, że wytworzone nanocząstki mogą być wykorzystywane jako nośniki kwasów nukleinowych oraz środki do obrazowania komórkowego w terapii antynowotworowej glejaka.

Podziękowania
Badania finansowane w ramach grantu OPUS 11przyznanego przez Narodowe Centrum Nauki numer 2016/21/B/ST8/00477.

[1] M. Stuplich, D. R. Hadizadeh, K. Kuchelmeister, J. Scorzin, C. Filss, K. -J. Langen, N. Schäfer, F. Mack, H. Schüller, M. Simon, M. Glas, T. Pietsch, H. Urbach, U. Herrlinger, J. Clin. Oncol., 2012, 30, e180-e18.

[2] P. Y. Wen, D. R. Macdonald, D. A. Reardon, T. F. Cloughesy, A. G. Sorensen, E. Galanis, J. DeGroot, W. Wick, M. R. Gilbert, A. B. Lassman, C. Tsien, T. Mikkelsen, E. T. Wong, M. C. Chamberlain, R. Stupp, K. R. Lamborn, M. A. Vogelbaum, M. J. van den Bent, S. M. Chang, J. Clin. Oncol., 2010, 28, 1963-1972.

[3] J. Pas, E. Wyszko, K. Rolle, L. Rychlewski, S. Nowak, R. Żukiel, J. Barciszewski, Int. J. Biochem. Cell Biol., 2006, 38, 1594-1602.

[4] K. Rolle, S. Nowak, E. Wyszko, M. Nowak, R. Zukiel, R. Piestrzeniewicz, I. Gawronska, M. Z. Barciszewska, J. Barciszewski, Cancer Biol. Ther., 2010, 9, 397-407.

[5] R. Zukiel, S. Nowak, E. Wyszko, K. Rolle, I. Gawronska, M. Z. Barciszewska, J. Barciszewski, Cancer Biol. Ther., 2006, 5, 1002-1007.

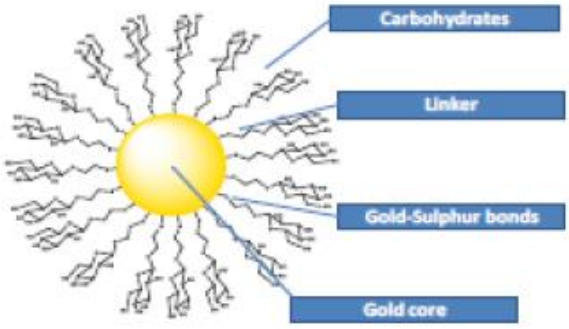
NANOFACTURING – PROJEKTOWANIE I BUDOWA PLATFORMY PROCESU PRODUKCYJNEGO NANOCZĄSTECZEK FARMACEUTYCZNYCH W SKALI PILOTAŻOWEJ I PRZEMYSŁOWEJ

Dariusz Witt, Sylwia Antoniów, Anna Wojewódka, Piotr Barski, Joanna Puzewicz-Barska, Agnieszka Lindstaedt

Prochimia Surfaces Sp. z o.o., Pomorski Park Naukowo-Technologiczny, Zwycięstwa 96/98, Gdynia, Polska
alindstaedt@prochimia.com

Celem projektu NANOFACTURING jest zaprojektowanie i budowa linii produkcyjnych do produkcji nanofarmacetyków w skali pilotażowej i przemysłowej. Projekt skupia się na opracowaniu zwiększenia skali produkcji ligandów i nanocząstek będących składnikami najnowszej generacji nanoleków. Proponujemy kompleksowe rozwiązanie od dostawy ligandów do kompletnej produkcji nanocząstek klasy farmacutycznej i ich analitykę w skali pilotażowej i przemysłowej. Pozwoli to na utworzenie, unikalnej na skalę Unii Europejskiej, otwartej i wspólnej płaszczyzny produkcyjnej dla farmaceutyków w skali laboratoryjnej, pilotażowej i przemysłowej.

Technologia NANOFACTURING opiera się na nanocząstkach złota pasywowanych glikanami. Nanocząstki złota zawierają metaliczny rdzeń złota otoczony warstwą glikanów (cukrów), do których mogą być dołączone właściwe substancje aktywne. Nanocząstki złota wykazują unikalne właściwości i pozwalają na selektywne dostarczanie środków terapeutycznych, które dostarczane do organizmu osobno wykazują niską rozpuszczalność i słabe właściwości farmakokinetyczne.



Rysunek 1. Schemat budowy nanocząstki złota powlekanej glikanami.

Projekt NANOFACTURING umożliwia stworzenie platformy opartej na otwartym dostępie innych nanofarmaceutyków do opracowanej technologii w przyszłości.

NANOFACTURING otrzymał finansowanie z Programu Ramowego Unii Europejskiej Horyzont 2020 na podstawie umowy o dofinansowanie nr 646364.

Partnerzy projektu:

NANOSYSTEMY DO KONTROLOWANEGO DOSTARCZANIA TLENKU AZOTU

Roksana Markiewicz[a], Jagoda Litowczenko[a], Jacek Gapiński[a, b], Radosław Mrówczyński[a], Stefan Jurga[a], Adam Patkowski[a, b]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicz w Poznaniu, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań,*
[b] *Zakład Biofizyki Molekularnej, Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*
roksana.markiewicz@amu.edu.pl

Tlenek azotu (NO) jest cząsteczką zdolną do przenikania przez ściany komórkowe, pełni rolę sygnałową w organizmach ludzi i roślin oraz ważne funkcje w układach: krwionośnym, nerwowym, immunologicznym, mięśniowym i pokarmowym. Wpływa on na szereg kluczowych procesów fizjologicznych zachodzących w organizmie człowieka. W układzie krwionośnym zostaje bardzo szybko unieszkodliwiony przez hemoglobinę (około 150 – 500 µm od miejsca pojawienia się). Wobec tak szybkich przemian NO, niezbędne staje się zastosowanie odpowiedniego jego nośnika. Kluczowym zagadnieniem jest modyfikacja i kontrola procesu uwalniania NO w celu osiągnięcia zamierzonych efektów. Możliwość kontrolowania uwalniania tlenku azotu w organizmie ma kluczowe znaczenie dla wykorzystania donorów NO w przyszłości. Po pierwsze, szybkie i kontrolowane uwolnienie NO (np. na żądanie pod wpływem środowiska pH w komórce lub promieniowania), które może znaleźć zastosowanie w terapii antynowotworowej, ale również spowolnione i długotrwałe wydzielanie NO, co jest czynnikiem wspomagającym proces gojenia się ran (działanie przeciwzapalne, przeciwbakteryjne).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie nowych nanonośników tlenku azotu (biokompatybilne nanostruktury polimerowe). Pierwszym etapem pracy jest synteza nanostruktur polimerowych, ich charakterystyka fizykochemiczna, a następnie modyfikacja w celu umieszczenia donorów NO oraz pomiary jego uwalniania.

Podziękowania:
Niniejsza praca wykonana została w ramach projektu „*System dostarczania tlenku azotu do zastosowań biomedycznych*” o numerze UMO2014/15/B/ST5/04259, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

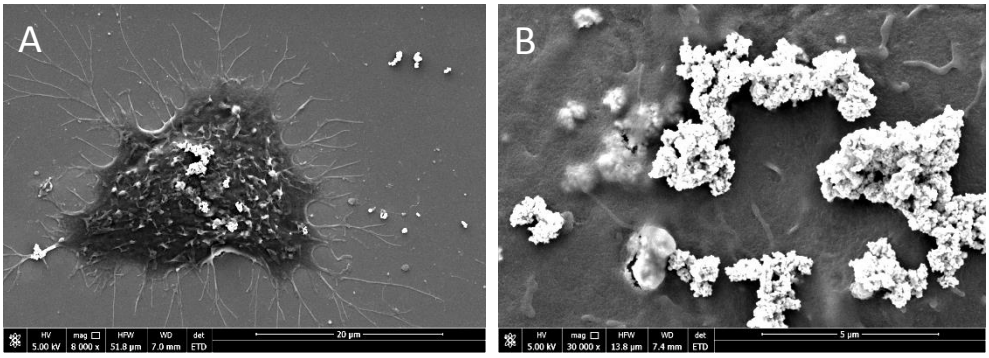
KOMÓRKI KOSTNIAKOMIĘSAKA LINII SAOS-2 W PASAŻACH NISKICH I WYSOKICH JAKO MODEL DO BADAŃ WRAŻLIWOŚCI KOMÓREK NOWOTWOROWYCH NA NANOCZĄSTKI SREBRA

Paulina Sokołowska[a], Małgorzata Siatkowska[a], Kamila Białkowska[a], Katarzyna Działoszyńska[a], Marcin Rosowski[a], Wojciech Żak[a], Tomasz Wasiak[a], Piotr Komorowski[a,b], Krzysztof Makowski[c], Bogdan Walkowiak[a,b,c]

[a]*Laboratorium Biofizyki Molekularnej i Nanostrukturalnej, Bionanopark Sp. z o.o., Dubois 114/116, Łódź*
[b] *Zakład Biofizyki, Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź*
[c] *Laboratorium Biotechnologii Przemysłowej, Bionanopark Sp. z o.o., ul. Dubois 114/116, 93-465 Łódź*
m.siatkowska@bionanopark.pl

Niezwykły postęp w syntezie i charakterystyce nanomateriałów pozwolił na opracowanie szeregu nowych systemów terapeutycznych, opartych na kontrolowanym dostarczaniu leku do miejsca jego przeznaczenia (tzw. *targeted drug delivery systems*). Nanocząstki srebra (SNPs), dobrze znane jako środki przeciwbakteryjne znajdują zastosowanie również w tej dziedzinie, jednakże ze względu słabo poznany profil toksykologiczny, ich aplikacje są wciąż ograniczone[1].

Celem pracy była ocena efektów cyto- i genotoksycznych SNPs w stosunku do komórek kostniakomięsaka (linia Saos-2, ATCC®HTB-85™). Komórki nowotworowe m. in. ze względu na niestabilność genomową i niekontrolowaną proliferację nabywają wysokiego stopnia złośliwości w procesie nowotworzenia, a także stają się mniej podatne na działanie leków. Założono, że hodowane komórki Saos-2 w pasażach niskich (<30) i wysokich (>170) odzwierciedlają cechy nowotworu o różnym stopniu zaawansowania i przez to wykazują różną wrażliwość na obecne w ich środowisku SNPs.



Rysunek 1. Obraz uzyskany za pomocą SEM: a) komórka linii Saos-2 w obecności nanocząstek srebra; b) aglomeraty nanocząstek srebra na powierzchni komórek Saos-2.

[1] C. Ong, J. Z. Lim, C. T. Ng, J. J. Li, L. Y. Yung, B. H. Bay, *Silver nanoparticles in cancer: therapeutic efficacy and toxicity*; Curr Med Chem. 2013 Feb 1;20(6):772-81.

PORÓWNANIE STOPNIA OBSADZENIA NANOCZĄSTEK ZŁOTA I SREBRA BIAŁKIEM ENZYMATYCZNYM - KATALAZĄ

Ewa Czechowska[a], Katarzyna Ranoszek-Soliwoda[a], Emilia Tomaszewska[a], Grzegorz Celichowskia[a], Janusz Szemraj[b], Jarosław Grobelny[a]

[a] *Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Katedra Biochemii Medycznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, ul. Mazowiecka 6/8, 92-215 Łódź*

Nanomateriały są obecnie intensywnie badane pod kątem zastosowań w medycynie głównie ze względu na swoje unikalne właściwości wynikające z rozmiaru, jak również z potencjalnej korzyści wynikającej z adsorpcji białek, enzymów i peptydów na ich powierzchni.

Unieruchomienie biomolekuł na nanocząstkach (NPs) może prowadzić do uzyskania hybrydowych układów wykazujących synergistyczne właściwości, a także skutkować poprawą stabilności, aktywności czy odporności białek na zmiany pH. Doskonałym kandydatem do tworzenia tego typu struktur są nanocząstki srebra (AgNPs) ze względu na właściwości antybakteryjne, jak również nanocząstki złota (AuNPs) ze względu na ich biokompatybilność i zdolność do tworzenia funkcjonalizowanych biokoniugatów.

Praca przedstawia porównanie adsorpcji enzymu antyoksydacyjnego – katalazy na powierzchni AuNPs i AgNPs. Zmodyfikowane koloidy scharakteryzowano za pomocą techniki dynamicznego rozproszenia światła lasera DLS, spektroskopii UV-Vis oraz mikroskopii elektronowej STEM. Stopień obsadzenia nanocząstek białkiem wyznaczono metodą elektroforezy Native-PAGE. Wyznaczenie ilości cząsteczek katalazy zaadsorbowanych na AuNPs i AgNPs opierało się na ilościowym oznaczeniu białka niezwiązanego z powierzchnią nanocząstek.

Praca naukowa współfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu 2013/09/B/NZ7/01019.

NANOCZĄSTKI MAGNETYCZNE O WŁAŚCIWOŚCIACH ANTYNOWOTWOROWYCH JAKO DODATEK DO HYDROŻELI POLIMEROWYCH

Magdalena Kędzierska[a], Sonia Kudłacik-Kramarczyk[b], Anna Drabczyk[b], Bożena Tyliszczak[b]

[a] *Uniwersytet Medyczny w Łodzi*
[b] *Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki*
skudlacik@chemia.pk.edu.pl

Nanotechnologia jest prężnie rozwijającą się dziedziną nauki, której postęp przynosi interesujące zastosowania w wielu dziedzinach życia. Szczególnie duże osiągnięcia odnotowywane są w zastosowaniach biomedycznych. Jednym z najbardziej obiecujących materiałów stosowanych w nanotechnologii są nanocząstki magnetyczne. Dzięki swoim właściwościom takim, jak niskotoksyczność, biozgodność oraz superparamagnetyczność mogą być z powodzeniem używane w wielu aplikacjach in vivo. Diagnozowanie oraz terapia onkologiczna z ich udziałem stanowi bardzo ważny filar medycyny obok tradycyjnych metod walki z nowotworem [1].

Nanocząstki magnetyczne pełnią bardzo istotną rolę w rozpoznawaniu i leczeniu chorób nowotworowych – diagnozowanych u około 10 milionów osób rocznie na całym świecie. Służą jako czynniki kontrastowe w obrazowaniu MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) oraz umożliwiają skuteczne leczenie poprzez hipertermię i kontrolowane dostarczanie leków. Ponadto, do powierzchni nanocząstek można przyłączać specyficzne ligandy i przeciwciała. Taka modyfikacja umożliwia skuteczne leczenie komórek nowotworowych, bez szkodliwego wpływu na komórki zdrowe pacjenta [2].

Obecnie prowadzi się prężne badania nad kompozytami chitozanu z nanomagnetykami. Prowadzone są prace nad syntezą materiałów hydrożelowych, na matrycy hydrożelowej, które są dodatkowo modyfikowane nanocząstkami magnetycznymi otoczkowanymi nanosrebrem lub nanozłotem. Tak otrzymane materiały ze względu na ich możliwość biomedycznego zastosowania należy poddać badaniom na liniach komórkowych. Ocenę cytotoksyczności materiałów hydrożelowych przeprowadzono za pomocą testów MTT oraz XTT zgodnie z polskimi normami PN-EN ISO 10993-5: 2009. Ponadto przeprowadzono również badania morfologii powierzchni, spektroskopowe oraz fizykochemiczne.

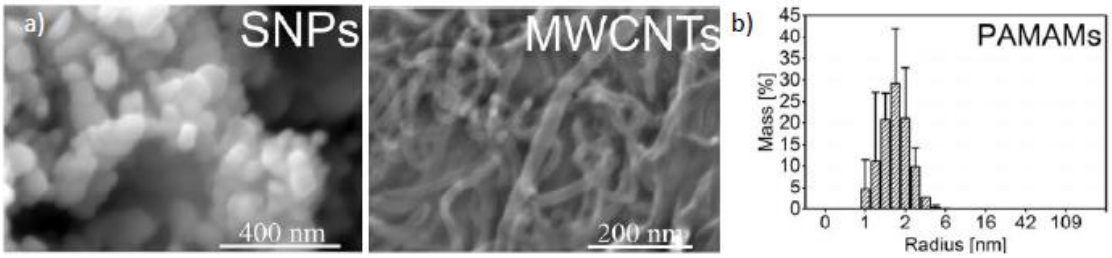
Badania współfinansowane z projektu LIDER/033/697/L-5/13/NCBR/2014.

[1] M. Panczyk, *Farmaceutyczny Przegląd Naukowy*, 10, 2009, 39-48.
[2] Y. Xing, Y. Jin, J. Si, M. Peng, X. Wang, C. Chen, Y. Cui, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 380, 2015, 150-156.

ANALIZA ZMIAN W EKSPRESJI GENÓW I BIAŁEK W KOMÓRKACH LINII EA. hy926 W ODPOWIEDZI NA STRES WYWOŁANY PRZEZ KONTAKT Z NANOMATERIAŁAMI

Piotr Komorowski[a,b], Małgorzata Siatkowska[a], Tomasz Wasiak[a], Katarzyna Działoszyńska[a], Sylwia Kotarba[d], Kinga Kądzioła[a], Nina Bartoszek[a], Paulina Sokołowska[a], Marcin Elgalal[a,e], Krzysztof Makowski[c], Bogdan Walkowiaka,[b,c]

[a]*Laboratorium Biofizyki Molekularnej i Nanostrukturalnej, Bionanopark Sp. z o.o., Dubois 114/116, Łódź*
[b] *Zakład Biofizyki, Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, Łódź*
[c] *Laboratorium Biotechnologii Przemysłowej, Bionanopark Sp. z o.o., ul. Dubois 114/116, Łódź*
[d] *Laboratorium Biosensorów i Elektroniki Organicznej, Bionanopark Sp. z o.o., Dubois 114/116, Łódź*
[e] *Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Międzywydziałowa Katedra Badań Obrazowych i Radiologii, Zakład Diagnostyki i Terapii Radiologicznej i Izotopowej, ul. Żeromskiego 11, Łódź*
k.kadziola@bionanopark.pl



Rysunek. 1 Obrazy nanocząstek srebra (SNP) i nanorurek węglowych (MWCNTs) uzyskane za pomocą mikroskopu SEM, b) rozkład wielkości cząsteczek dendrymerów poliamidoaminowych (PAMAMs) uzyskany za pomocą techniki dynamicznego rozpraszania światła.

Rosnąca ilość aplikacji nanomateriałów budzi wiele pytań odnośnie ich potencjalnej toksyczności. W naszej pracy wykorzystaliśmy narzędzia biologii molekularnej w celu oszacowania zmian w komórkach endotelialnych (EA.hy926, ATCC CRL2922) na poziomie transkryptomui proteomu wywołanych kontaktem tych komórek z trzema rodzajami komercyjnie dostępnych nanomateriałów. Badania wykonane z użyciem mikromacierzy pozwoliły na stwierdzenie, że 24-godzinny kontakt komórek z nanocząstkami srebra, nanorurkami węglowymi i dendrymerami poliamidoaminowymi doprowadził do zmian w ekspresji odpowiednio 299, 1271 i 431 genów. Wyniki różnicowej elektroforezy dwukierunkowej (2D DIGE) i spektrometrii mas wykazały zmienioną ekspresję białek zaangażowanych w różne procesy komórkowe, m. in. takie jak: reorganizacja cytoszkieletu, wzrost, proliferacja i odpowiedź na stres, co sugeruje aktywację mechanizmów adaptacji lub komórek endotelialnych w odpowiedzi na kontakt z tymi nanomateriałami.

SEKCJA WCN

WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA NANOMATERIAŁÓW

http://dx.doi.org/10.18778/8088-712-1.07

NANOCZĄSTKI SREBRA WYTWARZANE W MATRYCACH POLIMEROWYCH UZYSKANYCH NA DRODZE POLIMERYZACJI INDUKUJĄCEJ SAMOORGANIZACJĘ

Yaoming Zhang[a], Paulina Filipczak[b], Guping He[c], Grzegorz Nowaczyk[d], Łukasz Witczak[a], Wojciech Raj[a], Marcin Kozanecki[b], Joanna Pietrasik[a], Krzysztof Matyjaszewski[b,e]

[a] *Instytut Polimerów i Barwników, Politechnika Łódzka, Stefanowskiego 12/16, 90-924 Łódź*
[b] *Katedra Fizyki Molekularnej, Politechnika Łódzka, Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*
[c] *School of Chemistry, University of Nottingham, University Park Nottingham NG7 2RD, Nottingham, UK*
[d] *Centrum NanoBioMedyczne Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, Umultowska 85, 61-614 Poznań*
[e] *Department of Chemistry, Carnegie Mellon University, 4400 Fifth Avenue, Pittsburgh, Pennsylvania 15213, USA*
marcin.kozanecki@p.lodz.pl

Polimeryzacja indukująca samoorganizację (*ang. Polymerization induced self-assembly - PISA*) jest jedną z najnowocześniejszych metod wytwarzania *in situ* nanostruktur polimerowych z kopolimerów blokowych. W procesie tym generuje się wpierw blok solwofilowy, który następnie "przedłuża się" blokami o charakterze sowolfobowym, przy czym monomer drugiego bloku powinien być rozpuszczalny w środowisku reakcji. Wzrost bloku solwofobowego prowadzi do zmian w rozpuszczalności kopolimeru i mikrosepracji faz. W efekcie możliwe uzyskuje się (w zależności stosunku długości bloków) micele (micelles), struktury wydłużone (wormlike), pęcherzyki (visicles) lub struktury wyższego rzędu[1-3].

W niniejszej pracy PISA została użyta do wytworzenia matryc, z kopolimeru poli(kwasu akrylowego) (pAA) i polistyrenu (PS), w których następnie na drodze redukcji wytworzono nanocząstki srebra (Ag NPs). Struktura hydrofobowy rdzeń (PS) – hydrofilowa otoczka (pAA) pozwoliła na selektywne osadzanie Ag NPs jedynie w zewnętrznej warstwie matrycy ze względu na różne powinowactwo prekursora NPs – jonu Ag^+ do PS i pAA. Uzyskane hybrydowe nanostruktury badane były pod kątem właściwości katalitycznych oraz jako aktywne podłoża do powierzchniowo wzmocnionej spektroskopii Ramana.

Podziękowania:
Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu UMO-2014/14/A/ST5/00204.

[1] A. Blanazs, S. P. Armes, A. J. Ryan, (2009). Macromol. Rapid Comm. 30: 267–77.
[2] J. Derry, L. A. Fielding, S. P. Armes, (2016) Prog. Polym. Sci. 52: 1-18.
[3] L. Canning, G. N. Smith, S. P. Armes, (2016) Macromolecules 49: 1985-2001.

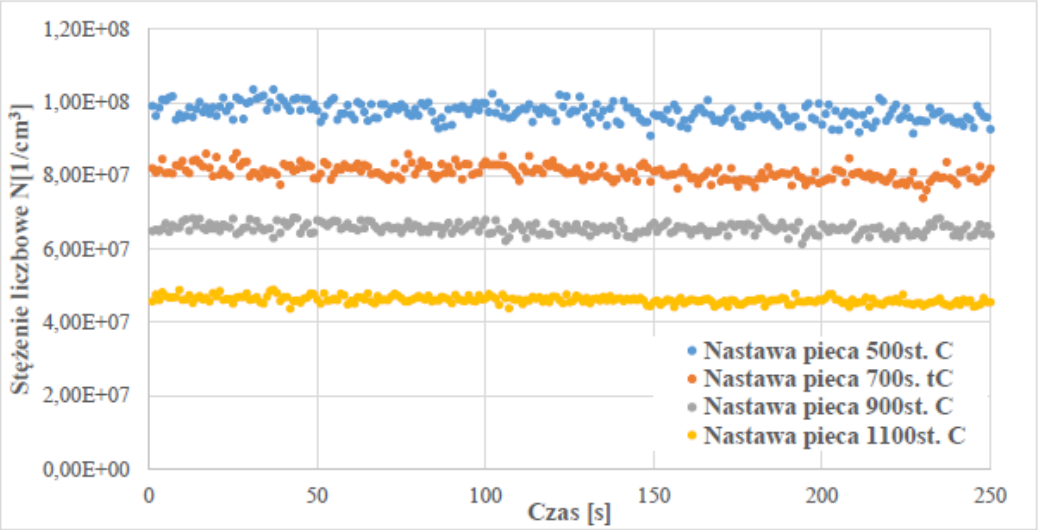
WPŁYW TEMPERATURY PIECA NA STĘŻENIE LICZBOWE ORAZ ROZKŁAD WYMIAROWY CZĄSTEK PODCZAS GENEROWANIA NANOOBIEKTÓW WĘGLA I SREBRA

Beata Kaczorowska

Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy (Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Pracownia Aerozoli, Filtracji i Wentylacji, Warszawa)
bekac@ciop.pl

Stanowisko badawcze wykorzystywane do generowania nanoobiektów o stabilnych stężeniach zostało zbudowane w oparciu o prace[1-5]. Składa się ono z generatora i neutralizatora aerozolu, wysokotemperaturowego pieca, wymiennika ciepła, systemu rozcieńczającego oraz komory poboru próbek. Badanie wpływu temperatury pieca na stężenia liczbowe oraz rozkład wymiarowy cząstek przeprowadzono przy użyciu systemu ELPI+ (DEKATI Ltd.) ze względu na jego szeroki zakres pomiarowy (od 6 nm do 9,91 μm).

Z uzyskanych danych wynika, że stężenie liczbowe cząstek, przy zastosowaniu elektrod węglowych bądź srebrnych, zmniejszało się wraz ze wzrostem nastawy temperatury pieca (Rysunek 1). Dodatkowo uzyskano stabilność stężenia, a także zmiany w rozkładach wymiarowych cząstek dla obu par elektrod podczas pracy pieca w zakresie temperatur od 500 do 1100°C.



Rysunek 1. Zależność całkowitego stężenia liczbowego cząstek od czasu generowania dla elektrod grafitowych dla różnych temperatur nastawy pieca.

[1] B. K. Ku, A. D. Maynard, (2006), *Generation and investigation of airborne silver nanoparticles with specific size and morphology by homogeneous nucleation, coagulation and sintering*, Journal of Aerosol Science, 37. 4, 452-470.

[2] J. H. Jung i in., (2006), *Metal nanoparticle generation using a small ceramic heater with a local heating area*, Journal of aerosol science, 37. 12, 1662-1670.

[3] S. Bau i in., (2010), *Electrical properties of airborne nanoparticles produced by a commercial spark-discharge generator*, Journal of Nanoparticle Research, 12. 6, 1989-1995.

[4] J. Jacoby i in., (2011), *CAIMAN: a versatile facility to produce aerosols of nanoparticles*, In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, p. 012014.

[5] B. Kaczorowska, (2016), *Methodology for generating stable concentrations of nano-objects*, Challenges of Modern Technology, 7. 3, 20-24.

WYKORZYSTANIE MIKROSKOPII SIŁ ATOMOWYCH W OBSERWACJI PROCESU REKONSTRUKCJI WARSTWY PASYWACYJNEJ STALI NIERDZEWNEJ

Marlena Błaszczyk[a], Martyna Durko[a], Zuzanna Iwanicka[a], Paweł Lochyński[b], Andrzej Sikora[c]

[a] *Stowarzyszenie Aktywnych Studentów, Koło SEP nr 1 we Wrocławiu, ul. M. Skłodowskiej-Curie 55/61, 50-369 Wrocław*
[b] *Wydział Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu ul. Grunwaldzka 55, 50-357 Wrocław*
[c] *Elektrotechniki Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego we Wrocławiu, ul. M. Skłodowskiej-Curie 55/61, 50-369 Wrocław*
sikora@iel.wroc.pl

Zapotrzebowanie przemysłu na tańsze i wydajniejsze procesy technologiczne obróbki stali nierdzewnej w połączeniu z rosnącymi wymaganiami odbiorców produktów z tejże stali motywują do badań umożliwiających zrozumienie m. in. zjawisk elektrochemicznych na powierzchni materiału[1,2].

W badaniach efektów związanych z wpływem różnych czynników na powierzchnię materiału niezwykle użytecznym narzędziem jest mikroskopia sił atomowych (AFM)[3,4]. W przypadku prezentowanych prac posłużyła ona do obserwacji procesów rekonstrukcji warstw pasywacyjnych na powierzchni elektropolerowanej stali nierdzewnej. Ostrze sondy skanującej wykorzystano jako narzędzie pozwalające wytworzyć nanometrowej głębokości nacięcie i jednocześnie w procesie ciągłego skanowania do pomiaru zmian głębokości wykonanego nacięcia, w którym następowała rekonstrukcja warstwy pasywującej. Ze względu na skalę zjawiska, konieczność ilościowego pomiaru głębokości zagłębienia oraz również konieczność realizacji badań w kontrolowanych warunkach atmosferycznych, w badaniach tych mikroskopia sił atomowych była niezastąpionym narzędziem, umożliwiającym pomiar dynamiki procesu z subnanometrową rozdzielczością.

[1] P. Lochynski, M. Kowalski, B. Szczygiel, K. Kuczewski, 2016, *Improvement of the stainless steel electropolishing process by organic additives*, Polish J. Chem. Technol. 18, 76–81.

[2] P. Lochyński, A. Sikora, B. Szczygieł, 2017, *Surface morphology and passive film composition after pickling and electropolishing*, Surf. Eng. 33 (5), 395-403.

[3] A. Sikora, 2014, *Improvement of the scanning area positioning repeatability using nanomarkers developed with a nanoscratching method*, Measurement Science and Technology 25, 055401.

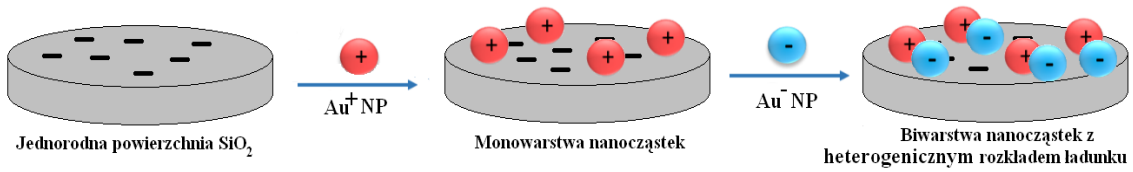
[4] A. Sikora, A. Grabarek, L. Moroń, M. Wałecki, P. Kryla, 2016, *The investigation of the light radiation caused polyethylene based materials deterioration by means of atomic force microscopy*, IOP Conference Series, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 113, 012016.

KINETYKA TWORZENIA MONOWARSTW I BIWARSTW NANOCZĄSTEK ZŁOTA NA POWIERZCHNI BIOSENSORÓW

Julia Maciejewska- Prończuk, Agata Pomorska, Magdalena Oćwieja, Zbigniew Adamczyk

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN, ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków
ncpomors@cyf-kr.edu.pl

Zjawisko oddziaływania białek z podłożem w kontekście początkowego etapu ich wiązania do substratów jest coraz częstszym obiektem badań[1] ze względu na jego znaczenie min. w uzyskaniu antybakteryjnych właściwości powierzchni implantów[2]. Zastosowanie monowarstw nanocząstek metali szlachetnych z heterogenicznym rozkładem ładunku może być jednym z rozwiązań. Tego typu podłoże jest stabilne w medium biologicznym w przeciwieństwie do biopolimerów[3]. Celem tej pracy było określenie mechanizmu samoorganizacji dodatnio i ujemnie naładowanych nanocząstek złota prowadzącej do tworzenia monowarstw i biwarstw na powierzchni sensora krzemowego. Suspensję nanocząstek złota scharakteryzowano w objętości przy użyciu metody dynamicznego rozpraszania światła oraz mikroelektroforezy w szerokim zakresie pH i siły jonowej. Następnie przeprowadzono serię pomiarów *in situ* przy pomocy mikrowagi kwarcowej w celu opracowania powtarzalnej metody wytwarzania monowarstw o kontrolowanym pokryciu i strukturze. Wyniki te w oparciu o pomiary mikroskopowe (AFM, SEM) pozwoliły na opis mechanizmu oddziaływań między nanocząstkami złota, a powierzchnią sensora. Uzyskane rezultaty pozwoliły na opracowanie unikatowej procedury przygotowania biwarstw nanocząstek złota do zastosowania jako biosensory.



[1] Z. Adamczyk, A. Bratek-Skicki, P. Żeliszewska, M. Wasilewska; Curr. Top. Med. Chem., 14 (2014) 702-729.
[2] B. L. Wang et al., ACS App. Mat. Interf., 8 (2016)27207- 27217.
[3] S. L. McArthur, K. M. McLean, P. Kingshott, H. A. W. St. John, R. C. Chatelier, H. J. Griesser; Colloids Surf. B., 18 (2000) 37-48.

FIZYKOCHEMICZNA CHARAKTERYZACJA ANTYBAKTERYJNYCH NANOKOMPOZYTÓW SREBRNYCH I MIEDZIOWYCH UWIĘZIONYCH W MATRYCY TLENKÓW METALI

Anna Nowak[a,b], Jerzy Peszke[a,b,c], Mateusz Dulski[b,d], Maciej Zubko[d], Katarzyna Balin[a,b], Sławomir Sułowicz[e], Jacek Szade[a,b]

[a] *Instytut Fizyki im. Augusta Chełkowskigo, Uniwersytet Śląski, ul. Uniwersytecka 4, Katowice*
[b] *Śląskie Międzywydziałowe Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych, ul. 75 Pułku Piechoty 1a, Chorzów*
[c] *Smart Nanotechnologies sp. z. o.o. ul. Karola Olszewskiego 25 Alwernia*
[d] *Instytut Nauki o Materiałach, Uniwersytet Śląski ul. ul. 75 Pułku Piechoty 1a, Chorzów*
[e] *Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Śląski ul. Jagiellońska 28, Katowice*
anna.m.nowak@us.edu.pl

Obecnie kładziony jest nacisk na materiały działające wielotorowo. Jednym z proponowanych rozwiązań o działaniu przeciw patogennym są nanoukłady zawierające na swojej powierzchni aktywne nanocząstki metali takie jak srebro i miedź. Nośnikiem, prezentowanych rozwiązań są tlenki metali SiO_2 i TiO_2. Ich wielotorowa charakterystyka wykazała, że wytworzone metodami chemicznymi, nanocząstki na powierzchni tlenków metali są rozmieszczone niejednorodnie i osiągają rozmiar od 4 nm do 24 nm. Natomiast, zawartość metalicznego srebra, miedzi i tlenu miedzi (I) i (II) na powierzchni amorficznego tlenku krzemu waha się od 0.15% at – 1.05% at. Podobne rezultaty zostały uzyskane dla tlenku tytanu. Badania ich aktywności biologicznej wykazują, że nanokompozyty zawierające miedź działają znacznie lepiej na grzyby takie jak *Aspergillus terreus* i *Scopulariosis brevicaulis* niż nanokompozyty zawierające srebro. Również podobny efekt został uzyskany dla bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych.

CIENKIE WARSTWY TiO_2 OTRZYMYWANE METODĄ LANGMUIRA - BLODGETT DLA ZASTOSOWAŃ SENSOROWYCH

Piotr Nowak[a], Wojciech Maziarz[a], Kazimierz Kowalski[b], Katarzyna Zakrzewska[a]

[a] *Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, Kraków*

[b] *Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, Kraków*

piotr.nowak@agh.edu.pl

Dwutlenek tytanu jest jednym z tlenków metali stosowanych w sensorach służących do detekcji gazów. Znaczne zmiany właściwości elektrycznych TiO_2 na skutek oddziaływania zarówno z gazami redukującymi, jak i utleniającymi mają charakter odwracalny. Fizyczne metody osadzania w próżni są najbardziej rozpowszechnione w domenie cienkich warstw, jednak technologie takie jak rozpylanie jonowe (sputtering) mają szereg wad, z których najpoważniejszą jest brak możliwości uzyskiwania warstw o kontrolowanym składzie. Wykorzystanie techniki Langmuira – Blodgett (L-B) do nanoszenia cienkich warstw TiO_2 pozwala na tworzenie ultracienkich warstw w temperaturze pokojowej. Jakkolwiek badania monowarstw TiO_2 wytwarzanych metodą L-B są w początkowej fazie[1], jednak z powodzeniem wykorzystuje się ją do nanoszenia warstw organicznych[2], a także tlenków innych metali, np. SnO_2[3].

Do nanoszenia warstw TiO_2 wykorzystano wannę (koryto) Langmuira KSV NIMA Biolin Scientific o powierzchni 270 cm^2. Roztwory TiO_2 zostały przygotowane zarówno z proszków – rutyl, anataz – jako rozpuszczalnika użyto mieszaniny chloroformu i etanolu uzyskując zawiesiny o stężeniu 0,5 mg/ml, jak i ciekłego prekursora TTIP (alkoholan tytanu) – a rozpuszczalnikiem był chloroform (klarowny roztwór o stężeniu 0,48 mg/ml). Subfazą była woda o przewodnictwie właściwym < 0,08 μS/cm, a wynoszenia warstw dokonano na podłożach szklanym i krzemowym przy ciśnieniu powierzchniowym substancji rozproszonej na powierzchni subfazy wynoszącym 5-10 mN/m.

Zarówno metody optyczne (transmisja i odbicie w zakresie UV-VIS), jak i XPS i XRD wykazały obecność tlenku tytanu na nanoszonej powierzchni (Ti 4+), a pomiary SEM pozwoliły ocenić, że otrzymane warstwy mają grubość około 60 nm. Ponadto, na ich podstawie stwierdzono miejscowe odkładanie się ziaren (w przypadku użycia proszków - anataz, rutyl). Dla prekursora TTIP otrzymano warstwę jednorodną, jednak zarówno w przypadku proszków, jak i ciekłego prekursora warstwy mogą być nieciągłe, co znajduje także potwierdzenie w badaniach przewodnictwa elektrycznego podłoży.

Przeprowadzone badania były finansowane z Działalności Statutowej 11.11.230.017.

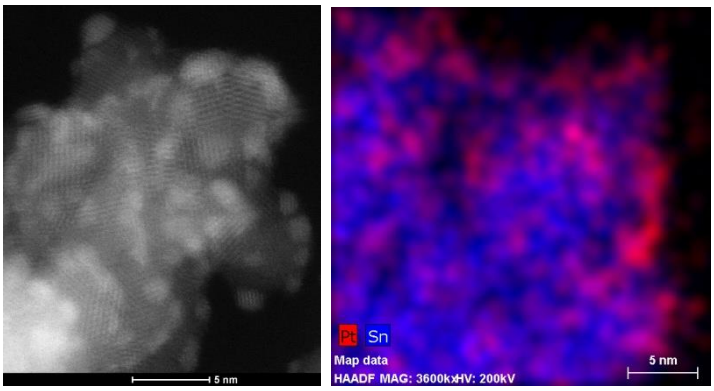
[1] K. Choudhary et al., Langmuir, 31, 1385-1392, (2015).
[2] A. Tepore et al., Langmuir, 17, 8139-8144, (2001).
[3] S. Choudhary et al., Applied Physics Letters, 89, 071914, (2006).

BADANIA STRUKTURALNE 3D TRÓJSKŁADNIKOWYCH NANOCZĄSTEK DO PRODUKCJI ENERGII

Magdalena Parlinska-Wojtan, Grzegorz Gruzeł, Elżbieta Roga, Joanna Depciuch, Andrzej Kowal

Instytut Fizyki Jądrowej PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

Ogniwa paliwowe zasilane etanolem są interesującą alternatywą jako źródła energii. Dotychczas, najlepszymi katalizatorami w reakcji utleniania etanolu były nanocząstki $PtRh/SnO_2$ zaprojektowane przez grupę Adzic'a[1,2]. Aby poprawić ich aktywność katalityczną SnO_2 można dopować je F lub Sb[3]. Rolą rodu w trójskładnikowym katalizatorze jest wzmocnienie reakcji katalitycznej i zapobieganie zatruciu platyny przez CO, który może być produktem pośrednim w reakcji utlenienia etanolu do CO_2. Ze względu na to, że rod jest drogim metalem, droższym niż platyna, powstała koncepcja zastąpienia go metalem tańszym jakim jest Re. Celem badań jest rozwój wiedzy dotyczącej elektrokatalitycznego utleniania etanolu (EOR) oraz próba zastąpienia Rh w katalizatorze trójskładnikowym $PtRh/SnO_2$ przez tańszy ren. Zsyntezowano katalizatory $PtRe/SnO_2$ o różnej zawartości Pt i Rh, katalizator $PtRe/SnO_2$ użyto jako referencji. Analizy strukturalne i chemiczne nanokatalizatorów zostały wykonane przy użyciu transmisyjnej mikroskopii elektronowej w połączeniu z tomografią elektronową w celu trójwymiarowej wizualizacji usytuowania nanocząstek PtRe na SnO_2.



Rys. 1 (a) Wysokorozdzielczy skaningowo-transmisyjny obraz z detektora HAADF nanocząstek PtRe (jasny kontrast)/SnO_2 (ciemniejszy kontrast); (b) mapa rozkładu chemicznego EDS: Pt (czerwony), Sn (niebieski).

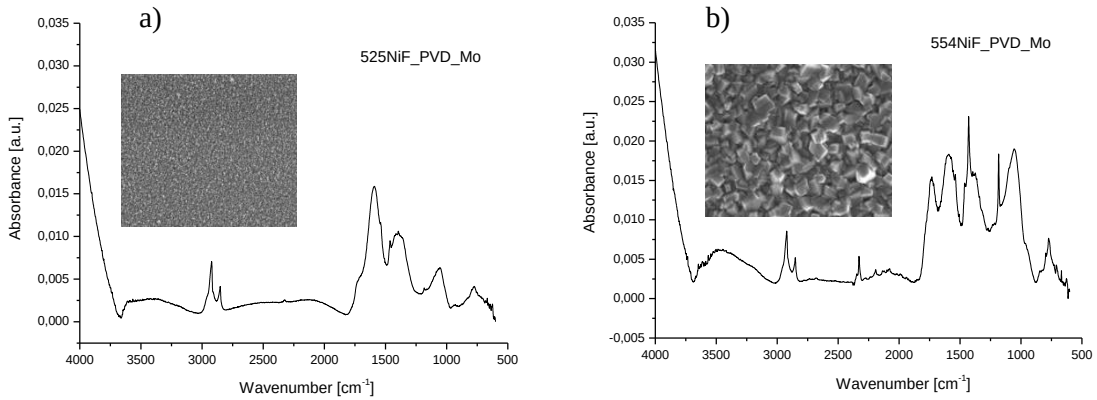
[1] A. Kowal et all, Nature Materials 9 (2009) 325; M. Li et all, Electrochima Acta 55 (2010) 4331.
[2] A. Kowal et all, Electrochem. Comm. 11 (2009) 724.
[3] M. Parlinska-Wojtan et all, Surf. & Interfaces Anal. 46 (2014) 1090.

BADANIA STRUKTURY MOLEKULARNEJ I KRYSTALICZNEJ WARSTW C-Ni-Pd ZA POMOCĄ SPEKTROSKOPII FTIR ORAZ DYFRAKCJI RENTGENOWSKIEJ XRD

Izabela Stępińska, Elżbieta Czerwosz, Ryszard Diduszko, Mirosław Kozłowski, Halina Wronka

Instytut Tele- i Radiotechniczny, Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa
izabela.stepinska@itr.org.pl

W pracy badano strukturę molekularną oraz krystaliczną warstw otrzymanych metodami PVD (Physical Vapor Deposition) oraz CVD (Chemical Vapor Deposition) Warstwy te można podzielić na warstwy nanokompozytowe węglowo-niklowe (C-Ni) otrzymane metodą PVD, warstwy nanokompozytowe C-Ni zmodyfikowane w procesie CVD, zawierające nanorurki węglowe katalizowane nanocząstkami Ni (CNTs-Ni), warstwy CNTs-Ni lub C-Ni poddane dodatkowo procesowi PVD z palladem. Prekursorami tych warstw są octany niklu i palladu, fulleryt oraz ksylen. W zależności od parametrów procesów, w których są otrzymywane, warstwy różnią się budową molekularną i krystaliczną. W celu zbadania struktury molekularnej wykorzystano spektroskopię FTIR, natomiast struktura krystaliczna została scharakteryzowana poprzez dyfrakcję rentgenowską XRD. Na rys. 1. przedstawiono widma FTIR warstw otrzymanych przy różnych warunkach procesu PVD. Na widmach FTIR dla warstw nanokompozytowych obserwuje się charakterystyczne pasma od grup octanowych, a także piki odpowiadające drganiom molekuł fulerenu C_{60}. Badania XRD potwierdzają występowanie fulerenu i niklu w postaci krystalicznej. Warstwy różnią się również topografią powierzchni. Warstwa, której na widmach FTIR obserwuje się charakterystyczne piki od fulerenu charakteryzuje się powierzchnią zbudowaną z dużych ziaren węglowo-niklowych o ostrych krawędziach (rys. 1b), natomiast warstwa o dużej intensywności pasm od octanu Ni charakteryzuje się powierzchnią o małej chropowatości (rys. 1a).



Rysunek 1. Widma FTIR warstw C-Ni otrzymanych przy różnych parametrach procesu PVD na Mo.

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA NANOCZĄSTEK OTRZYMYWANYCH Z (BIS)AMINO KARBOKSYLANOWYCH KOMPLEKSÓW SREBRA I PALLADU

Joanna Zakrzewska, Paweł Uznański

Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN; Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź
jzakrzew@cbmm.lodz.pl

Celem badań była synteza i charakterystyka nanocząstek srebra[1,2] oraz palladu stabilizowanych ligandami słabo oddziałującymi z powierzchnią metalu (grupy karboksylanowe i aminowe) umożliwiających ich pełną reaktywność wykorzystywaną w np. sensorach wodoru lub heterogennej katalizie. Badania w dużej mierze dotyczyły mechanizmów tworzenia się trwałych kompleksów (bis)amino karboksylanowych, które obniżają temperaturę dekompozycji karboksylowych prekursorów cząstek metali szlachetnych.

Kompleksy syntetyzowano z karboksylanów srebra i palladu (octan/laurynian) w obecności amin o różnych długościach łańcucha alifatycznego (oktyloamina, dodecyloamina oraz heksadecyloamina). Kompleksy te w zależności od zastosowanego karboksylanu, jak i dodanej do niego aminy, strącają się w postaci osadu o różnym zabarwieniu. Wytworzone kompleksy metali redukowano za pomocą borowodorku sodu (pallad) bądź w ciśnieniowym naczyniu Fisher-Porter przy użyciu wodoru (srebro). Finalnie otrzymywano stabilne nanocząstki palladu i srebra.

Oddziaływania ligandów w kompleksie z jonami Ag^{+} i Pd^{2+} oraz oddziaływania z metaliczną powierzchnią nanocząstek zbadano za pomocą różnych technik NMR i FTIR. Zbadano również termiczne właściwości kompleksów alkiloaminowych z octanem i karboksylanem srebra oraz palladu za pomocą techniki DSC. Badania te wykazały, że w syntezie nanocząstek aminy pełnią rolę rozpuszczalnika, reduktora oraz ligandu w kompleksie z karboksylanem oraz stabilizatora NCz.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer UMO-2012/05/B/ST5/00366.

[1] P. Uznanski, E. Bryszewska, J Mater Sci 2010, 45, 1547-1552.
[2] P. Uznanski, J. Zakrzewska, F. Favier, et al. J Nanopart Res 2017, 19: 121. DOI 10.1007/s11051-017-3827-5.

MIKROFALOWA SOLWOTERMALNA SYNTEZA ORAZ CHARAKTERYZACJA NANOCZĄSTEK ZnO WSPÓŁDOMIESZKOWANYCH JONAMI Mn^{2+} i Co^{2+}

Jacek Wojnarowicz[a], Myroslava Omelchenko[b], Tadeusz Chudoba[a], Andrzej Majhofer[b], Andrzej Twardowski[b], Jacek Szczytko[b], Witold Lojkowski[a]

[a] *Laboratorium Nanostruktur, Instytut Wysokich Ciśnień PAN, ul. Sokołowska 29/37, 01-142 Warszawa*
[b] *Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Ludwika Pasteura 5, 02-093 Warszawa*
j.wojnarowicz@labnano.pl

Specjalizacją Laboratorium Nanostruktur IWC PAN jest synteza i kompleksowe badanie nanomateriałów. Opracowana przez nas technologia syntezy nanocząstek (NC) ZnO oparta jest na mikrofalowej syntezie solwotermalnej (MSS). Reakcje MSS prowadzone są w szczelnie zamkniętych naczyniach wykonanych z chemicznie obojętnego materiału, Teflonu®, dzięki temu otrzymujemy NC ZnO o wysokiej czystości chemicznej. Opracowana[1-3] przez nas metoda syntezy ZnO została z powodzeniem użyta do otrzymania jednorodnych NC ZnO, domieszkowanych jonami Co^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Cr^{3+}.

Przy użyciu technologii MSS otrzymaliśmy nowy nanomateriał $Zn_{(1-x-y)}Co_xMn_yO$ o średnim rozmiarze od 20 do 30 nm w zależności od zawartości domieszek. Syntezę NC $Zn_{(1-x-y)}Co_xMn_yO$ w glikolu etylenowym można opisać następującym równaniem:

$$(CH_3CO_2)_2Zn + (CH_3CO_2)_2Co_2 + (CH_3CO_2)_2Mn \rightarrow Zn_{(1-x-y)}Co_xMn_y$$

Syntezy NC $Zn_{(1-x-y)}Co_xMn_yO$ prowadziliśmy przez 25 minut w reaktorze mikrofalowym Ertcec 02-02. Zawartość nominalna domieszek Co^{2+} i Mn^{2+} w prekursorze mieściła się w przedziale od 1% do 15% mol (Rys. 1). Określiliśmy następujące parametry uzyskanych NC: gęstość piknometryczną, powierzchnię właściwą, czystość fazową, zawartość domieszki, średni rozmiar cząstek, morfologię. Zbadaliśmy wpływ zawartości domieszek na własności magnetyczne otrzymanych $Zn_{(1-x-y)}Co_xMn_yO$.

Rysunek 1. Wizualne porównanie zmian kolorów zawiesin NC $Zn_{(1-x-y)}$ Co_xMn_yO w zależności od zawartości domieszek.

[1] J. Wojnarowicz, R. Mukhovskyi, E. Pietrzykowska, S. Kusnieruk, J. Mizeracki, W. Lojkowski, Beilstein Journal of Nanotechnology, 2016, 7, 721-732, doi:10.3762/bjnano.7.64.

[2] J. Wojnarowicz, S. Kusnieruk, T. Chudoba, S. Gierlotka, W. Lojkowski, W. Knoff, M. I. Lukasiewicz, B. S. Witkowski, A. Wolska, M. T. Klepka, T. Story, M. Godlewski, Beilstein Journal of Nanotechnology, 2015, 6, 1957-1969, doi:10.3762/bjnano.6.20.

[3] W. Lojkowski, A. Gedanken, E. Grzanka, A. Opalinska, T. Strachowski, R. Pielaszek, A. Tomaszewska-Grzeda, S. Yatsunenko, M. Godlewski, H. Matysiak, K. J. Kurzydłowski, Journal of Nanoparticle Research, 2009, 11, 1991-2002, doi:10.1007/s11051-008-9559-9.

MECHANIZM REGULACJI ROZMIARU NANOCZĄSTEK ZnO OTRZYMYWANYCH W MIKROFALOWEJ SYNTEZIE SOLWOTERMALNEJ

Jacek Wojnarowicz, Tadeusz Chudoba, Witold Lojkowski

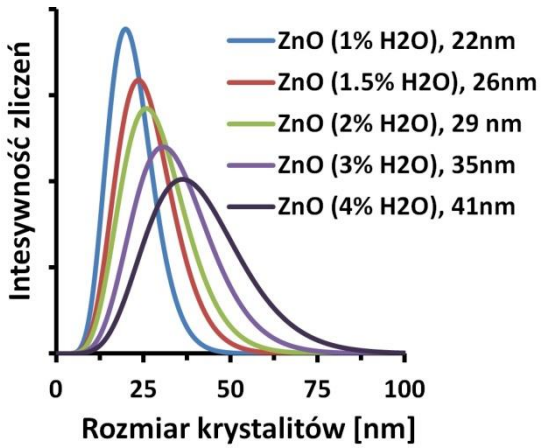
Laboratorium Nanostruktur, Instytut Wysokich Ciśnień PAN, ul. Sokołowska 29/37, 01-142 Warszawa
j.wojnarowicz@labnano.pl

W Laboratorium Nanostruktur IWC PAN od 15 lat rozwijana jest mikrofalowa synteza solwotermalna (MSS) nanomateriałów. MSS to synteza w fazie ciekłej w podwyższonym ciśnieniu, czyli w temperaturze powyżej temperatury wrzenia rozpuszczalnika organicznego w warunkach normalnych, napędzana ogrzewaniem mikrofalowym. Jednym z głównych celów na obecnym etapie rozwoju syntez nanomateriałów, między innymi NC ZnO, jest otrzymywanie powtarzalnych jednorodnych nanostruktur o kontrolowanych właściwościach.

Opracowaliśmy technologię MSS (NC) ZnO w glikolu etylenowym o wąskim rozkładzie wielkości oraz wysokiej czystości chemicznej. Syntezę NC ZnO w glikolu etylenowym można opisać następującym równaniem:

$$(CH_3CO_2)_2Zn\cdot 2H_2O \xrightarrow{C_2H_4(OH)_2,\ H_2O,\ T,\ P} ZnO_{\downarrow} + \text{inne produkty}$$

Reakcje syntezy trwające 25 minut przeprowadzaliśmy w reaktorze mikrofalowym Ertec Model 02-02. Udowodniliśmy[1], że kontrolując stężenie wody w prekursorze można w sposób powtarzalny regulować rozmiar otrzymywanych NC ZnO. Im mniejsza zawartość wody w prekursorze, tym mniejszy jest rozmiar otrzymanych NC ZnO (Rys. 1). Określiliśmy następujące parametry uzyskanych NC ZnO: gęstość piknometryczną, powierzchnię właściwą, czystość fazową, średni rozmiar cząstek, rozkład wielkości cząstek.



Rysunek 1. Rozkład wielkości krystalitów, otrzymany za pomocą Nanopowder XRD Processor Demo, pre·α·ver. 0.0.8.© Pielaszek Research.

Mechanizm kontroli wielkości ZnO NPs wyjaśniliśmy na podstawie wyników badań:

– przewodności właściwej oraz pH w prekursorach i zawiesinach poreakcyjnych
– identyfikacji otrzymanych produktów pośrednich i ubocznych.

[1] J. Wojnarowicz, A. Opalinska, T. Chudoba, S. Gierlotka, R. Mukhovskyi, E. Pietrzykowska, K. Sobczak, W. Lojkowski, Journal of Nanomaterials, 2016, Article ID 2789871, 15 pages, doi: 10.1155/2016/2789871.

WPŁYW MORFOLOGII MODYFIKOWANEJ JONOWO POWIERZCHNI TiO_2(110) NA POWSTAWANIE STABILNYCH I METASTABILNYCH STRUKTUR *PARA*-HEKSAFENYLU

W. Bełza, K. Szajna, D. Wrana, B. Jany, F. Krok

Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, 30-348 Kraków, ul. Łojasiewicza 11
wojciech.belza@student.uj.edu.pl

W dobie szybkiego rozwoju elektroniki organicznej szczególne zainteresowanie budzą powierzchnie tlenków metali, m. in. TiO_2(110), jako podłoża do wzrostu struktur molekularnych. Interesującą pod względem właściwości molekułą (a dokładniej właściwości struktur z nich powstających) jest molekuła *para*-hexksafenylu (6P). Wymuszanie odpowiedniej orientacji cząsteczek względem podłoża daje możliwość kontroli właściwości interfejsu powstającego pomiędzy strukturą molekularną a powierzchnią podłoża.

Układy deponowanych molekuł 6P na uprzednio modyfikowanych jonowo powierzchniach TiO_2(110) zostały już częściowo zbadane. Atomowo płaskie powierzchnie indukują powstawanie nanodrutów molekularnych zbudowanych z molekuł w orientacji poziomej[1]. Modyfikacja jonowa podłoża do morfologii zmarszczek (ang. *ripple*) powoduje, iż korzystniejszą energetycznie formą są wyspy 6P zbudowane z cząsteczek w orientacji pionowej[2]. Do tej pory nie badano jednak struktur przejściowych (metastabilnych), które z upływem czasu ulegają reorganizacji do wspomnianych form stabilnych. Szczególnie interesująca wydaje się swego rodzaju „molekularna warstwa zwilżająca", której charakter badano.

Przedstawione zostaną wyniki dotyczące rodzaju i stabilności powstających w warunkach UHV struktur 6P na modyfikowanych jonowo powierzchniach TiO_2(110). Powierzchnie badano wykorzystując techniki STM i NC-AFM w UHV oraz TM-AFM w warunkach normalnych. Obrazowanie w większej skali wykonano przy pomocy mikroskopii SEM.

[1] D. Wrana et al., J. Phys. Chem. C, 2015, 119, 17004−17015.
[2] M. Kratzer et al., Phys. Chem. Chem. Phys., 2014, 16, 26112.

USUWANIE WOLNEGO WĘGLA AMONIAKIEM Z NANOPROSZKOWYCH KOMPOZYTÓW C/SiC OTRZYMANYCH METODĄ AEROZOLOWĄ

Cezary Czosnek[a], Katarzyna Kapusta[a], Piotr Jeleń[b], Jerzy F. Janik[a]

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza,
[a] *Wydział Energetyki i Paliw,*
[b] *Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki; Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*
k.kapusta92@gmail.com

Korzystne właściwości węglika krzemu SiC sprawiają, że cieszy się on ciągle dużym zainteresowaniem zarówno z punktu widzenia nowych syntez z różnych układów prekursorowych, jak też z powodu pojawiających się wciąż atrakcyjnych zastosowań. Z uwagi na swoją wysoką odporność termiczną i chemiczną SiC jest m. in. rozważany jako nośnik katalizatorów w pewnych wysokotemperaturowych procesach o istotnym znaczeniu w technice, a bardzo dobre przewodnictwo cieplne SiC sprawia, że może on być materiałem konkurencyjnym w stosunku do nośników tlenkowych w niektórych reakcjach egzotermicznych, co zapobiegać może lokalnym przegrzaniom powierzchni katalizatora.

Jako składnik kompozytów ceramicznych, węgiel może być wprowadzany celowo dla poprawy ich spiekalności lub jako reduktor zanieczyszczeń tlenkowych. Może też występować w proszkach kompozytowych typu C/SiC jako tzw. wolny/nadmiarowy węgiel z syntezy. W przypadku konieczności eliminacji takiego węgla z kompozytów można to zrealizować np. poprzez łagodne utlenianie w atmosferze powietrza. W takich warunkach zachodzić może jednak także częściowe utlenianie ziaren SiC, zwłaszcza ziaren drobnych, czego wynikiem będzie powstawanie krzemionki SiO_2.

W przedstawionej prezentacji omówiono wstępne badania, dotyczące możliwości usuwania przy użyciu amoniaku wolnego węgla z nanoproszków C/SiC, wcześniej otrzymanych metodą aerozolową. Proces zakładał wykorzystanie specyficznych reakcji C z NH_3, wiodących do łatwo usuwalnych produktów lotnych, zawierających węgiel. W tym celu proszki poddawane były działaniu gazowego amoniaku w różnych warunkach temperaturowo-czasowych. Stałe i lotne produkty reakcji badane były przy użyciu wybranych metod instrumentalnych, w tym dyfrakcji rentgenowskiej dla proszków XRD, spektroskopii w podczerwieni FT-IR, spektroskopii Ramana oraz skaningowej mikroskopii elektronowej SEM. Wyniki badań potwierdziły skuteczność takiego sposobu eliminacji wolnego węgla z gamy nanoproszkowych kompozytów C/SiC.

Badania były finansowane ze środków AGH na podtrzymanie wydziałowego potencjału badawczego, 2017.

WŁAŚCIWOŚCI STRUKTURALNE I MORFOLOGIA NANOPROSZKOWEGO KESTERYTU OTRZYMANEGO NA DRODZE MECHANOCHEMICZNEJ SYNTEZY

Katarzyna Kapusta, Mariusz Drygaś, Jerzy F. Janik

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Energetyki i Paliw
Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
k.kapusta92@gmail.com

Nanoproszkowy kesteryt Cu_2ZnSnS_4 stanowi atrakcyjny materiał do wytwarzania prostych w konstrukcji i tanich ogniw fotowoltaicznych. Dodatkową zaletą takich ogniw jest przetwarzanie szerokiego spektrum promieniowania widzialnego na energię elektryczną, co znacząco poprawia efektywność konwersji.

W pracy przedstawiono wstępne wyniki badań strukturalnych i morfologicznych nanoproszkowego kesterytu, otrzymanego z wykorzystaniem metody mechanochemicznego mielenia łatwo dostępnych substratów w wysokoenergetycznym młynie kulowym.

Substratami do syntezy były proszkowe metale miedź, cynk i cyna oraz siarka. Po odważeniu substratów w stosunku stechiometrycznym, umieszczano je w młynie kulowym (Pulverisette 7, Fritsch), wprowadzano mielniki z węglika wolframu i dodawano ksylen jako substancję dyspergującą i ułatwiającą mielenie. Proces mielenia prowadzono przy prędkości obrotowej młynka 900 obr. /min. w kilku różnych czasach mielenia. Po mieleniu oddzielano produkt od mielników i odparowywano ksylen, uzyskując surowy produkt. W następnym etapie poddawano go wygrzewaniu w atmosferze argonu w temperaturach z zakresu 450-550 ºC przez 6 godzin, otrzymując finalne produkty. Surowe proszki jak i materiały po wygrzewaniu poddano badaniom strukturalnym z wykorzystaniem dyfrakcji rentgenowskiej XRD oraz badano ich morfologię i skład za pomocą mikroskopii skaningowej SEM/EDX.

Materiały po procesie mielenia składają się głownie z fazy regularnej typu sfalerytu. Ilość tej fazy związana jest z parametrami procesu mielenia. Po dodatkowym wygrzewaniu struktura przeobraża się w formę tetraedryczną typu kesterytu. Badania morfologii z wykorzystaniem SEM ukazują nieregularne, drobne ziarna z równomiernym rozkładem pierwiastków (analiza EDX) w proszkach po mieleniu, oraz występowanie dobrze wykształconych, tetraedrycznych krystalitów kesterytu po procesie dodatkowego wygrzewania.

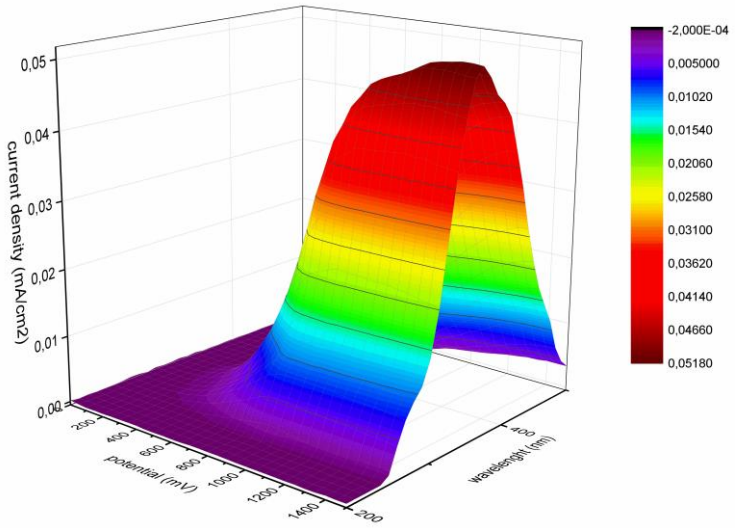
Badania były finansowane ze środków AGH na podtrzymanie wydziałowego potencjału badawczego, 2017.

WPŁYW WARUNKÓW SYNTEZY NA WŁAŚCIWOŚCI FOTOELEKTROCHEMICZNE ANODOWEGO TLENKU CYNY

Leszek Zaraska, Karolina Gawlak, Magdalena Gurgul, Karolina Syrek, Grzegorz D. Sulka

Zakład Chemii Fizycznej i Elektrochemii, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, ul. Ingardena 3, 30-060 Kraków
zaraska@chemia.uj.edu.pl

Nanoporowate warstwy tlenku cyny zostały wytworzone na powierzchni metalicznego substratu w procesie kontrolowanego anodowego utleniania (anodyzacji) w roztworach elektrolitów kwasowych ($H_2C_2O_4$)[1] i zasadowych (NaOH)[2]. Szczególną uwagę poświęcono określeniu korelacji pomiędzy warunkami stosowanymi podczas syntezy (np. rodzaj stosowanego elektrolitu, wartość przyłożonego potencjału, warunki wygrzewania), a morfologią i składem otrzymanych materiałów. Przy użyciu spektrometru fotoelektrycznego przeprowadzono kompleksowa charakterystykę właściwości fotoelektrochemicznych otrzymanych fotoanod, rejestrując dla każdej z nich wartości generowanych fotoprądów w funkcji potencjału oraz długości fali promieniowania padającego[3]. Stwierdzono, że nanoporowate warstwy SnO_2 wykazują bardzo obiecujące właściwości, dające nadzieje na ich wykorzystanie jako fotoanod w procesie fotoelektrochemicznego rozkładu wody.



Rysunek 1. Wartości obserwowanych fotoprądów w funkcji potencjału oraz długości fali promieniowania padającego zarejestrowane dla nanoporowatej warstwy SnO_2 otrzymanej w procesie anodowego utleniania metalicznej cyny w 1M roztworze NaOH przy potencjale 4 V.

Badania finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/13/D/ST5/02750.

[1] L. Zaraska, N. Czopik, M. Bobruk, G. D. Sulka, M. Jaskuła, Electrochim. Acta 104 (2013) 549–557.
[2] L. Zaraska, D. Gilek, K. Gawlak, M. Jaskuła, G. D. Sulka, Appl. Surf. Sci. 390 (2016) 31–37.
[3] L. Zaraska, K. Syrek, K. Hnida, M. Bobruk, A. Krzysik, T. Łojewski, M. Jaskuła, G. D. Sulka, Electrochim. Acta 205 (2016) 273–280.

OTRZYMYWANIE NANOCZĄSTEK MIEDZI CHELATOWANYCH KWASEM TANINOWYM I FENCHONEM DO ZASTOSOWAŃ FUNGISTYCZNYCH I ANTYBAKTERYJNYCH

Anna Pietrasz, Henryk Różański

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie, Instytut Zdrowia i Gospodarki, Zakład Towaroznawstwa, ul. Dmochowskiego 12, 38-400 Krosno
anna.pietrasz@pwsz.krosno.pl

Nanocząsteczki metaliczne wykazują wyjątkowe właściwości chemiczne, fizyczne i mechaniczne[1]. Właściwości nanocząsteczek zależą między innymi od ich wielkości, kształtu oraz struktury[1,2]. Właściwości te umożliwiają szerokie możliwości zastosowania nanocząsteczek w aplikacjach mechanicznych, optycznych, biomedycznych[1] oraz katalitycznych[3].

Nanocząstki miedzi skompleksowane (chelatowane) kwasem taninowym i fenchonem (Cu/KTF) wykazują szerokie działanie funginistyczne oraz antybakteryjne. Właściwości funginistyczne i antybakteryjne (Cu/KTF) mogą mieć zastosowanie w ochronie roślin, przemyśle kosmetycznym i farmaceutycznym. Rozdzielnie czystych Cu/KTF ze środowiska w którym były wytworzone jest procesem trudnym. Więc wszystkie zastosowane substancje w tym procesie muszą być w pełni biokomatybilne.

W przedstawionej pracy badano sposoby otrzymania nanocząstek miedzi skompleksowanych z kwasem taninowym i fenchonem. Na podstawie badań wybrano metodę redukcji chemicznej, w której uzyskuje się cząstki sferyczne. Reakcja była prowadzona przy użyciu reduktora, kwasu taninowego. Średnia wielkość krystalitów miedzi wynosiła 20-50 nm. Nanocząsteczki zostały zdyspergowane w emulsjach liposomalnych oraz cyklitoli.

Wykonano badania pod kątem właściwości funginistycznych i bakteriobójczych otrzymanych nanocząstek miedzi na szczepach Candida sp., Fusarium sp., Aspergillus sp. i Escherichia coli. Wyznaczono ilość MIC i stężenie efektywne Cu/KTF, które działa skutecznie a nie powoduje zagrożenia toksykologicznego i cytotoksycznego dla organizmu chronionego.

[1] A. Pietrasz, H. Różański, *Perspektywy zastosowania nanorurek węglowych w medycynie*, Herbalism nr 1(1)/2015, 101-106.

[2] A. Pietrasz, *Zastosowanie nanorurek węglowych w medycynie*, w: Wawer I., Trziszka T. (red.), *Ziołolecznicwo, biokosmetyki i żywność funkcjonalna*, Materiały naukowe z I Międzynarodowej Konferencji „Ziołolecznictwo, biokosmetyki i żywność funkcjonalna", Krosno, 18–19 kwietnia 2013 s. 57.

[3] U. Narkiewicz, A. Pietrasz, I. Pełech, W. Arabczyk, *Removal of SO_2 from gases on carbon materials*, Polish Journal of Chemical Technology, 2012, 14, 41-45.

[4] M. Carbone, R. Briancesco, L. Bonadonna, *Antimicrobial power of Cu/Zn mixed oxide nanoparticles to Escherichia coli*, Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, In press, accepted manuscript, Available online 3 February 2017.

CHARAKTERYZACJA PLATFORM PLAZMONICZNYCH OTRZYMYWANYCH METODĄ UKIERUNKOWANEGO WZROSTU EUTEKTYCZNEGO NANOSTRUKTUR ZŁOTA NA UTLENIONYM PODŁOŻU KRZEMOWYM

Anna Gapska, Marcin Łapiński, Barbara Kościelska, Wojciech Sadowski

Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
aszumska@mif.pg.gda.pl

Rezonans plazmonowy może prowadzić do zwiększenia emisji światła w materiałach luminescencyjnych. Wzbudzenie powierzchniowego rezonansu plazmonicznego jest możliwe w periodycznych nanostrukturach metalicznych, tak zwanych platformach plazmonicznych. Takie struktury otrzymywano metodą ukierunkowanego wzrostu eutektycznego.

Zaproponowano wytworzenie nanostruktur złota na utlenionym podłożu krzemowym. Na odpowiednio oczyszczonym podłożu krzemowym naniesiono, metodą rozpytania jonowego, cienka warstwa złota o grubości od 1,2 nm do 3,2 nm. Następnie podłoża z naniesioną warstwą umieszczono na 5 min – 15 min w piecu rozgrzanym do temperatury od 550°C do 650°C. Wygrzanie podłoży spowodowało powstanie stopu eutektycznego złoto –krzem, a przetopiona warstwa zakumulowała się na powierzchni w postaci struktur wyspowych o rozmiarach kilkunastu nanometrów.

Jakość wykonanych podłoży zbadano metodą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), mikroskopii sił atomowych (AFM) oraz kelwinowskiej mikroskopii sił atomowych (KPFM), a także spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania rentgenowskiego (XPS). Dwie pierwsze metody pozwoliły na określenie kształtu oraz rozmiaru powstałych struktur. Z kolei pomiary KPFM oraz XPS wykonano w celu jakościowego określenia składu stopu eutektycznego złoto – ditlenek krzemu.

Zaobserwowano, że parametry wytwarzania, jakie jak grubość naniesionej warstwy złota, temperatura oraz czas wygrzewania mają istotny zarówno na rozmiar i kształt wytwarzanych nanostruktur, jak również na ilość wdyfundowanego krzemu w warstwę złota.

ANALIZA ODDZIAŁYWAŃ MAGNETYCZNYCH W DOMIESZKOWANYCH JONAMI METALI AEROŻELACH GRAFENOWYCH

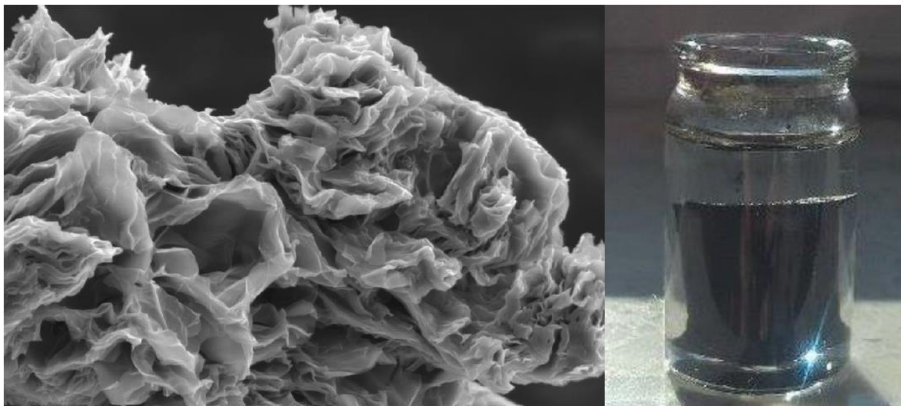
Krzysztof Tadyszak[a,b], Błażej Scheibe[a], Maria Augustyniak Jabłokow[b], Roman Strzelczyk[b]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*
[b] *Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu*
krztad@amu.edu.pl

Celem prowadzonych prac badawczych jest scharakteryzowanie oddziaływań magnetycznych w węglowych układach porowatych powstałych na bazie grafenu. Magnetyzm układów grafenowych silnie zależy od czystości materiału, czasu jaki upłynął od syntezy, a w szczególności od funkcjonalizacji powierzchni i/lub krawędzi.

W niniejszej pracy wytworzono aerożel grafenowy oraz wykonano badania oddziaływań magnetycznych porowatych układów grafenowych domieszkowanych jonami wybranych metali (Rys. 1). Hydrożel otrzymano w procesie zol-żel z dyspersji tlenku grafenu (GO) z chlorkami wybranych metali. Próbkę rozdzielono na trzy frakcje, które poddano różnym procesom: suszeniu w 80°C (kserożel), liofilizacji (aerożel) oraz suszeniu w punkcie krytycznym CO_2 (aerożel), po uprzedniej wymianie wody na alkohol etylowy i płynny CO_2.

Otrzymany materiał scharakteryzowano pod względem morfologii i składu chemicznego (SEM-EDX), wykonano spektroskopię fotoelektronów (XPS), absorpcję w podczerwieni (FT-IR), spektroskopię Ramana, oraz zmierzono właściwości magnetyczne przy pomocy elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) i magnetometrii SQUID.



Rysunek 1. Mikrografia płatka GO (SEM - powiększenie 30 000, z lewej); hydrożel zanurzony w alkoholu etylowym (z prawej).

Wykonane badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w projekcie pt. „Analiza właściwości magnetycznych dwu- i trój- wymiarowych struktur tlenku grafenu" (UMO-2016/21/D/ST3/00975).

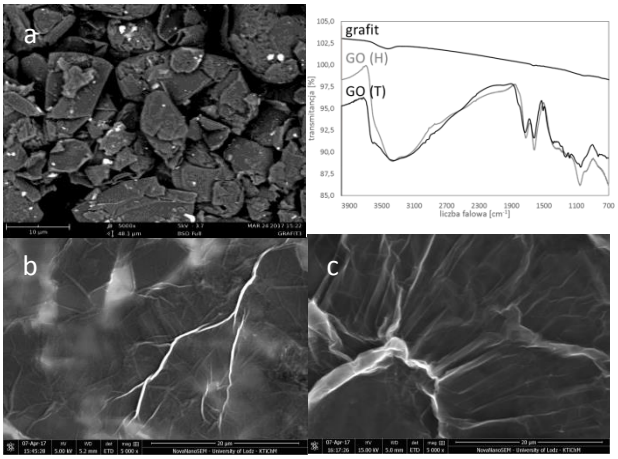
CHARAKTERYSTYKA GRAFENU UTLENIONEGO OTRZYMANEGO WYBRANYMI METODAMI CHEMICZNYMI

Aneta Kisielewska, Anna Jakimińska

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów,
ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź
anetailik@uni.lodz.pl

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych chemicznych metod otrzymywania grafenu utlenionego jest metoda W. Hummersa i R. Offemana[1], która polega na poddaniu grafitu działaniu stężonego kwasu siarkowego (VI), azotanu (V) sodu i manganianu (VII) potasu. Alternatywą dla tego procesu może być metoda zaproponowana przez J. Toura i współpracowników[2], w której wyeliminowano $NaNO_3$, ze względu na potencjalne źródło toksycznych tlenków azotu, zwiększono ilość $KMnO_4$ oraz prowadzono reakcję w mieszaninie kwasów H_2SO_4/H_3PO_4 (9:1, v/v) zamiast w samym H_2SO_4.

Podczas badań otrzymano grafen utleniony metodą Hummersa i zmodyfikowaną metodą Toura. W celu scharakteryzowania produktów obu reakcji zastosowano techniki SEM/EDS, FT-IR i UV-Vis. Uzyskane wyniki wskazują, że z grafitu powstały płatki o morfologii charakterystycznej dla grafenu utlenionego i wysokim stopniu utlenienia (ok. 30%) wynikającym z obecności grup hydroksylowych, karbonylowych i karboksylowych w ich strukturze – rys. 1.



Rysunek 1. Obrazy SEM i widma FT-IR: (a) grafitu, (b) grafenu utlenionego otrzymanego metodą Hummersa - GO (H) i (c) zmodyfikowaną metodą Toura - GO (T).

[1] W. S. Hummers, R. E. Offeman, *Preparation of Graphitic Oxide*,J. Am. Chem. Soc. 80 (1958) 1339.
[2] D. C. Marcano, D. V. Kosynkin, J. M. Berlin, A. Sinitskii, Z. Sun, A. Slesarev, L. B. Alemany, W. Lu, J. M. Tour, *Improved Synthesis of Graphene Oxide*, ACS Nano 4 (2010) 4806–4814.

OPTYMALIZACJA SYNTEZY NANODRUTÓW ZnO METODĄ ANODOWEGO UTLENIANIA W ROZTWORACH WODOROWĘGLANÓW

Krystyna Mika, Leszek Zaraska, Grzegorz D. Sulka

Zakład Chemii Fizycznej i Elektrochemii, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, ul. Ingardena 3, 30-060 Kraków
mika@chemia.uj.edu.pl

Tlenek cynku jest półprzewodnikiem typu n o szerokiej przerwie wzbronionej (ok. 3,37 eV) oraz wysokiej energii wiązania ekscytonu (ok. 60 meV). W ostatnich latach, szczególnym zainteresowaniem cieszą się nanodruty tlenku cynku ze względu na wysoki stosunek powierzchni do objętości i dużą powierzchnię właściwą.

Anodowe utlenianie (anodyzacja) wydaje się być łatwą i tanią metodą otrzymywania różnych nanostruktur tlenków metali. Dla przykładu, w ciągu ostatnich kilku lat wykazano, że istnieje możliwość syntezy nanodrutów ZnO gdy proces anodowego utleniania metalicznego cynku prowadzony jest w elektrolitach na bazie wodorowęglanów[1,2,3].

Przeprowadzono szczegółową analizę warunków anodyzacji blachy cynkowej w roztworach wodorowęglanów w celu zaproponowania mechanizmu narastania nanodrutów oraz znalezienia optymalnych warunków syntezy. Zbadano wpływ następujących czynników na wzrost nanostruktur: wartość przyłożonego potencjału (5–20 V), stężenie elektrolitu (5–50 mM), czas prowadzenia anodyzacji (1–30 min) oraz orientację geometryczną elektrod.

Stwierdzono, że w wyniku anodyzacji metalicznego cynku otrzymano nanodruty zbudowane z hydroksywęglanu cynku, który w wyniku działania wysokiej temperatury rozkłada się do tlenku cynku, wody i tlenku węgla(IV). Morfologię uzyskanych struktur zbadano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (FE-SEM). Skład chemiczny nanodrutów, zarówno bezpośrednio po anodyzacji, jak i po wygrzewaniu w różnych temperaturach, określono za pomocą metody dyfraktometrii rentgenowskiej (XRD). Wartości przerwy wzbronionej otrzymanych tlenków półprzewodnikowych określono na podstawie widm odbiciowych w zakresie UV.

Badania częściowo finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/13/D/ST5/02750.

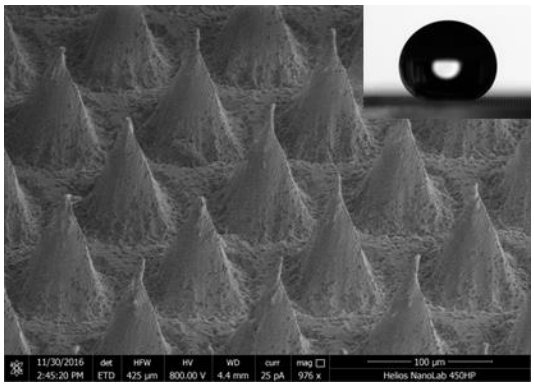
[1] Z. Hu, Q. Chen, Z. Li, Y. Yu, L. -M. Peng, J. Phys. Chem. C 2010, 114, 881.
[2] J. Park, K. Kim, J. Choi, Curr. Appl. Phys. 2013, 13, 1370.
[3] D. O. Miles, P. J. Cameron, D. Mattia, J. Mater. Chem. A 2015, 3, 17569.

SUPERHYDROFOBOWE POWŁOKI NANOKOMPOZYTOWE JAKO PASYWNE SYSTEMY ANTY-OBLODZENIOWE

Jacek Marczak, Tomasz Baraniecki

Wrocławskie Centrum Badań EIT+ Sp. z o.o., ul. Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław
jacek.marczak@eitplus.pl

Wytworzenie pasywnego systemu anty-oblodzeniowego niewymagającego użycia energii jest kluczowe dla wielu dziedzin życia oraz przemysłu. Obecnie stosowane systemy anty-oblodzeniowe wymagają użycia energii do działania i opierają się na zupełnie innych zasadach działania, w związku z czym, prezentowane wyniki badań posiadają duży potencjał komercjalizacji. Problemem jaki należy rozwiązać jest zmniejszenie adhezji przechłodzonych kropli wody do podłoża, a co za tym idzie zapobieganie formowaniu się lodu na zabezpieczanych powierzchni w różnych warunkach atmosferycznych[1,2].



Rysunek 1. Powierzchnia superhydrofobowa o regularnej geometrii struktur i umieszczona na niej kropla wody.

Celem przeprowadzonych prac badawczych było wytworzenie powłok superhydrofobowych o regularnej geometrii struktur i właściwościach anty-oblodzeniowych oraz zbadanie ich efektywności działania (rys. 1). Określono wpływ testów przyspieszonego starzenia (T, promieniowanie UV, szoki termiczne, wilgotność) na efektywność wytworzonych powłok. Zbadano właściwości hydrofobowe, efektywność w opóźnianiu zamarzania kropli wody zdeponowanej na powierzchni powłok oraz wpływ promieniowania UV na strukturę chemiczną wytworzonych powierzchni (FT-IR). Otrzymane powłoki superhydrofobowe na bazie nanokompozytów żywicy epoksydowej cechowały się wysoką efektywnością działania (wartości kąta zwilżania >176° i kąta ślizgania <3°) oraz właściwościami opóźniającymi zamarzanie wody na ich powierzchni.

[1] R. Menini, M. Farzaneh, *Elaboration of Al_2O_3/PTFE icephobic coatings for protecting aluminum surfaces*, Surf. & Coat. Tech., 2009, 203, (14), 1941–1946.

[2] S. A. Kulinich, M. Farzaneh, *Ice adhesion on superhydrophobic surfaces*, App. Surf. Sci., 2009, 255, (18), 8153–8157.

PORÓWNANIE CHEMICZNEJ I RADIOLITYCZNEJ METODY REDUKCJI TLENKU GRAFENU

Kaja Spilarewicz-Stanek[a], Joanna Ginter[a], Aneta Kisielewska[a], Marian Wolszczak[b], Ireneusz Piwoński[a]

[a] *Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*
[b] *Politechnika Łódzka, Wydział Chemii, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej, ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź*
kaja.spilarewicz@chemia.uni.lodz.pl

Problem optymalizacji procesu redukcji tlenku grafenu (GO) jest obecnie jednym z kluczowych kierunków badań. Literatura opisuje wiele metod redukcji, m. in. chemiczną, elektrochemiczną i termiczną[1,2]. Nieliczne publikacje opisują badania porównawcze dotyczące tlenku grafenu w formie zredukowanej (RGO) otrzymanego różnymi metodami. Ponieważ redukcja radiolityczna jest metodą stosunkowo słabo poznaną i brakuje doniesień przedstawiających jej efektywność na tle innych metod, celem pracy było porównanie RGO otrzymanego na drodze radiolizy z RGO otrzymanym metodą chemiczną. Proces redukcji chemicznej był prowadzony przy użyciu kwasu askorbinowego jako reduktora[3]. Natomiast redukcja radiolityczna wykorzystuje jako reduktor elektron solwatowany, który powstaje w wyniku radiolitycznego rozkładu cząsteczek wody. Towarzyszące powstawaniu elektronów solwatowanych rodniki hydroksylowe zostały zneutralizowane przy zastosowaniu etanolu jako zmiatacza wolnych rodników. Źródłem promieniowania jonizującego była wiązka elektronów.

Podjęto próbę porównania skuteczności obu metod redukcji opierając się na wynikach badań spektroskopowych (UV-Vis, Raman, FT-IR) oraz mikroskopowych (SEM). W analizie ujęto etapy pośrednie korelując je ze sobą na podstawie stosunku intensywności piku D do G (I_D/I_G), wyznaczonego przy użyciu spektroskopii Ramana. Monitorowanie procesu redukcji chemicznej polegało na kontroli czasu prowadzenia procesu, a w przypadku redukcji radiolitycznej na podstawie kontroli wielkości dawki promieniowania. Otrzymane wyniki wskazują na porównywalną efektywność obu metod.

[1] S. Pei, H. -M. Cheng, *The reduction of graphene oxide*, Carbon, 201, 250, 3210-3228.

[2] D. R. Dreyer, S. Park, C. W. Bielawski, R. S. Ruoff, *The chemistry of graphene oxide*, Chem. Soc. Rev., 2010, 39, 228-240.

[3] K. Spilarewicz-Stanek, A. Kisielewska, J. Ginter, K. Bałuszyńska, I. Piwoński, *Elucidation of the function of oxygen moieties on graphene oxide and reduced graphene oxide in the nucleation and growth of silver nanoparticles*, RSC Adv., 2016, 6, 60056-60067.

EKSFOLIACJA AZOTKU WĘGLA (g-C_3N_4) PRZY UŻYCIU CIECZY JONOWYCH

Patryk Florczak[a], Roksana Markiewicz[a], Emilia Alwin[b], Mariusz Pietrowski[b], Emerson Coy[a], Kosma Szutkowski[a], Stefan Jurga[a]

[a] *Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Umultowska 85, 61-614 Poznań*

[b] *Zakład Technologii Chemicznej, Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Umultowska 89b, 61-614 Poznań*

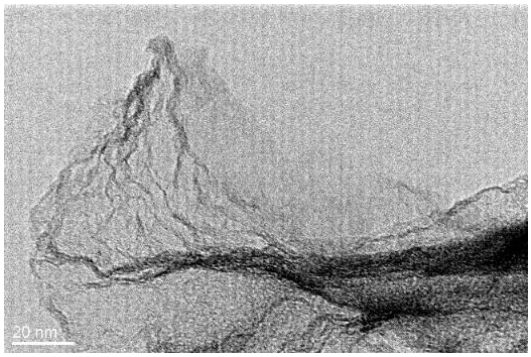
patryk.florczak@amu.edu.pl

Azotek węgla (C_3N_4) jest polimerem zbudowanym z jednostek heptazynowych, tworzących warstwową strukturę przypominającą grafit. Zainteresowanie badaczy tym materiałem wynika z faktu odnotowanej aktywności katalitycznej i fotokatalitycznej, co jest skutkiem obecności w tym układzie przerwy energetycznej wynoszącej 2,7 eV[1].

Podobnie jak ma to miejsce w przypadku grafitu, prowadzone są badania nad eksfoliacją

azotku węgla, których celem jest otrzymanie pojedynczych warstw tego materiału. Do tej pory proces ten prowadzono przy pomocy m. in. ultradźwięków, termicznej eksfoliacji, przy użyciu rozpuszczalników organicznych bądź silnych kwasów. Jednak proponowane do tej pory metody maja swoje wady i ograniczenia. Są nimi m. in. niska wydajność eksfoliacji, czy wprowadzanie do struktury azotku węgla dodatkowych defektów[2].

Celem naszych badań było opracowanie nowej metody eksfoliacji litego C_3N_4 przy użyciu cieczy jonowych. W pierwszym etapie badań otrzymano C_3N_4 na drodze termicznej kondensacji melaminy. Następnie, materiał ten eksfoliowano poprzez m. in. mieszanie azotku z cieczami jonowymi zawierającymi anion bis(trifluorometylosulfonylo)imidkowy. Eksfoliowany materiał poddano charakterystyce: TEM (Rys. 1), AFM, NMR, XRD, oraz za pomocą spektroskopii Ramana. Otrzymane wyniki wskazują na duży potencjał cieczy jonowych, jako czynnika eksfoliującego azotek węgla.



Rysunek 1. Zdjęcie TEM materiału C_3N_4 po procesie eksfoliacji przy użyciu cieczy jonowej.

[1] Sheng Ye et al. Appl. Surf. Sci. 358 (2015) 15.

[2] Xiaoping Dong and Fuxing Cheng, J. Mater. Chem. A, 3 (2015) 23642.

TELLUROWE SZKŁO – CERAMIKI ZAWIERAJĄCE NANOKRYSZTAŁY SrF_2:RE^{3+}

Michalina Walas[a], Marta Lisowska[a], Tomasz Lewandowski[a], Marcin Łapiński[a], Magdalena Narajczyk[b], Anna Synak[c], Wojciech Sadowski[a], Barbara Kościelska[a]

[a] *Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska*
[b] *Wydział Biologii, Laboratorium Mikroskopii Elektronowej, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk, Polska*
[c] *Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk, Polska*
mwalas@mif.pg.gda.pl

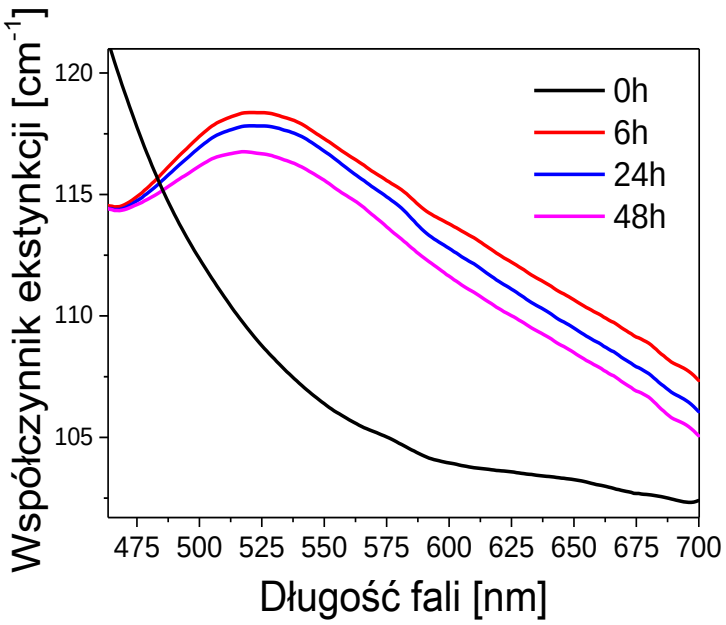
Tellurowe szkło – ceramiki o składzie 73 TeO_2 – 4 BaO – Bi_2O_3 – 18SrF_2 – 2RE^{3+} (RE^{3+}= Eu^{3+}, Dy^{3+}) zostały wytworzone w dwuetapowym procesie z wykorzystaniem klasycznej metody wytopu – chłodzenia oraz wygrzewania w temperaturze 370 °C przez 6 h. Badania metodą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) oraz transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM) otrzymanych szkło – ceramik ujawniły obecność nanokryształów SrF_2 zdyspergowanych w tellurowej matrycy szklistej. Spektroskopia w podczerwieni z transformatą Fouriera (FTIR) oraz spektroskopia fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS) umożliwiły dalszą analizę struktury wytworzonych materiałów, w tym identyfikację istniejących wiązań chemicznych w matrycy oraz określenie walencyjności poszczególnych pierwiastków. Widma absorbcyjne (UV-vis) ujawniły obecność pasm związanych z absorpcją promieniowania przez jony Eu^{3+} i Dy^{3+}. Na podstawie luminescencyjnych widm wzbudzeniowych i emisyjnych określono przejścia elektronowe związane odpowiednio ze wzbudzaniem jonów Eu^{3+} i Dy^{3+}, jak również emisją promieniowania ze stanów zbudzonych do stanów podstawowych tych jonów. Luminescencyjne widma emisyjne posłużyły ponadto do oszacowania koloru emitowanego promieniowania, co zostało przedstawione w postaci diagramu chromatyczności CIE.

WPŁYW WARUNKÓW WYGRZEWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI SZKŁA I SZKŁO-CERAMIKI W UKŁADZIE $73TeO_2$-4BaO-$3Bi_2O_3$-$2Eu_2O_3$-xAg

Tomasz Lewandowski[a], Michał Dembski[a], Michalina Walas[a], Marcin Łapiński[a], Magdalena Narajczyk[b], Wojciech Sadowski[a], Barbara Kościelska[a]

[a] *Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, katedra Fizyki Ciała Stałego, Politechnika Gdańska, Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska*
[b] *Wydział Biologii, Laboratorium Mikroskopii Elektronowej, Uniwersytet Gdański, Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk, Polska*
tlewandowski@mif.pg.gda.pl

Szkło o składzie $73TeO_2$-4BaO-$3Bi_2O_3$-$2Eu_2O_3$-xAg domieszkowane srebrem (gdzie x=1,2,3) zostało z powodzeniem wytworzone konwencjonalną techniką wytopu-chłodzenia. W celu zbadania wpływu warunków obróbki termicznej na tworzenie się w matrycy szklistej nanocząstek srebra, materiał wygrzewano w atmosferze powietrza w różnym czasie i różnej temperaturze. Właściwości strukturalne próbek zbadano technikami dyfraktometrii rentgenowskiej (XRD), spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS), transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM) oraz spektroskopii UV-VIS. Badania potwierdziły obecność nanocząstek srebra w próbkach wygrzewanych w 350 °C.



Rysunek 1. Pasmo rezonansu plazmonowego srebra dla próbek 73TeO2-4BaO-3Bi2O3-2Eu2O3-1Ag wygrzewanych w temperaturze 350 °C w różnym czasie.

WPŁYW MIKRO- I NANOSTRUKTURY POWIERZCHNI FOTOREZYSTU I ŻYWICY EPOKSYDOWEJ NA ICH WŁAŚCIWOŚCI SUPERHYDROFOBOWE

Daniel Pawlak, Maciej Psarski, Grzegorz Celichowski

Katedra Technologii i Chemii Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź
daniel.pawlak@chemia.uni.lodz.pl

Materiały superhydrofobowe są intensywnie badane od kilkudziesięciu lat. Jest to spowodowane dużymi możliwościami aplikacyjnymi tych materiałów, w dziedzinach takich jak budownictwo, energetyka, motoryzacja czy przemysł tekstylny. Badania liści lotosu i podobnych powierzchni pozwoliły ustalić iż w celu uzyskania powierzchni superhydrofobowych konieczne jest zapewnienie małej swobodnej energii powierzchniowej (SEP) materiału oraz odpowiedniej topografii powierzchni.

W prezentowanej pracy badano wpływ mikro- i nanostruktury oraz charakteru chemicznego powierzchni na jej zwilżanie. Badane powierzchnie zostały wykonane z fotorezystu SU-8 i żywicy epoksydowej. Powierzchnie SU-8 z mikrostrukturą otrzymano stosując standardową procedurę fotolitografii, wykorzystując kilka geometrii masek (struktura plastra miodu, mikrosłupy i siatkę prostopadłościenną). Mikrostruktury w żywicy epoksydowej otrzymano poprzez replikację struktur fotorezystu metodą stempla silikonowego. Nanotopografia została uzyskana poprzez trawienie powierzchni przy użyciu plazmy powietrznej. Niska SEP została zapewniona poprzez chemiczną modyfikację przy użyciu 1H,1H,2H,2H-perfluorododecylotrichlorosilanu.

Otrzymane podłoża zostały zobrazowane przy użyciu mikroskopii optycznej, elektronowej (SEM) i sił atomowych (AFM) a także profilometrii optycznej. Skuteczność modyfikacji została potwierdzona przy użyciu spektroskopii w podczerwieni (FT-IR). Zwilżalność otrzymanych powierzchni została scharakteryzowana poprzez pomiar kątów napływu i cofania, oraz histerezy kąta zwilżania.

Jako wynik, otrzymano szereg powierzchni superhydrofobowych, wykonanych zarówno z fotorezystu jak i żywicy epoksydowej. Zaobserwowano znaczny wpływ nanochropowatości oraz kształtu mikrostruktury na właściwości powierzchni. Dla wybranych powierzchni żywicy kąty napływu przekraczały 170° przy histerezie mniejszej niż 10°.

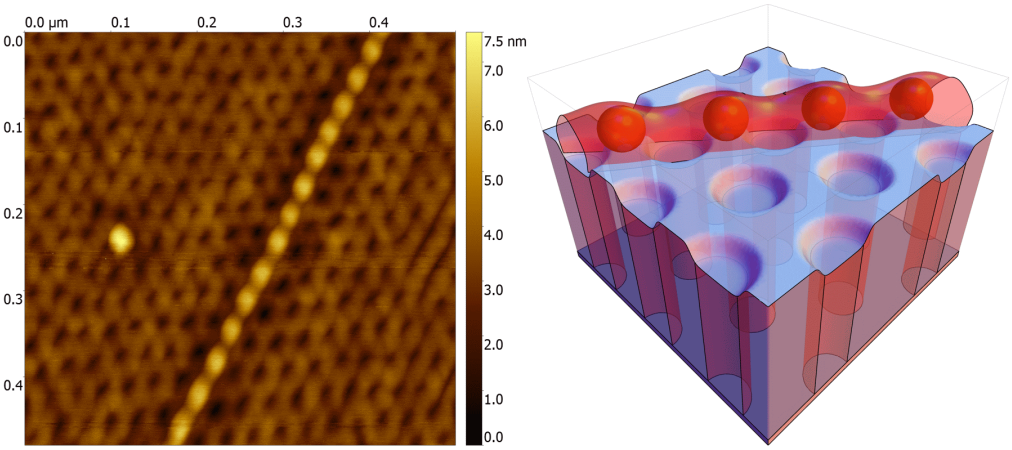
Praca finansowana przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr UMO-2012/05/B/ST8/02876

ORGANIZACJA NANOCZĄSTEK NA MATRYCACH KOPOLIMEROWYCH

Jacek Jenczyk, Marta Woźniak-Budych, Marcin Jarek, Mikołaj Grzeszkowiak, Grzegorz Nowaczyk, Stefan Jurga,

Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań
jacjen@amu.edu.pl

Zaobserwowano powstawanie łańcuchów nanocząstek NP na powierzchni matrycy kopolimeru w wyniku ich depozycji z roztworu koloidalnego[1]. Podłoża kopolimerowe z poli(styrenu-b-tlenku etylenu) PS-PEO wykonano przy pomocy techniki powlekania obrotowego z zastosowaniem termicznie zrekonstruowanych podłoży szafirowych. Użyte NP złota zostały sfunkcjonalizowane powierzchniowo łańcuchami PEO w celu zapewnienia selektywności w oddziaływaniu z kopolimerowym podłożem. Rozmiar NP odpowiadał średnicy cylindrycznych domen PEO w kopolimerze. Zaobserwowane nanodruty charakteryzowały się znaczącą długością sięgającą kilkuset mikrometrów a ich średnica osiągała miejscami rozmiary odpowiadające pojedynczej nanocząstce tak jak przedstawione to zostało na poniższym obrazie mikroskopii sił atomowych. Wykazano selektywne oddziaływanie NP. z podłożem kopolimeru. Potwierdzono, że powstawanie tych struktur związane jest z obecnością zabrudzeń na powierzchni warstwy kopolimeru, na których to inicjowane jest formowanie się łańcuchów NP.



Rysunek 1. Nanocząsteczki formujące nanodrut na powierzchni matrycy kopolimerowej.

Podziękowania:
Niniejsza praca wykonana została w ramach projektu o numerze 2013/11/B/ST3/04190, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

[1] J. Jenczyk, M. Woźniak-Budych, M. Jarek, M. Grzeszkowiak, G. Nowaczyk, S. Jurga Applied Surface Science (2017) 406, pp. 235-244.

WPŁYW PARAMETRÓW SYNTEZY NANOKOMPOZYTÓW GRAFEN/Fe_2O_3 NA ICH WŁAŚCIWOŚCI STRUKTURALNE I PRZEWODNICTWO ELEKTRYCZNE

Anna Jędrzejewska[a], Daniel Sibera[a], Roman Jędrzejewski[b], Robert Pełech[c]

[a] *Instytut Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Pułaskiego 10, 70-322 Szczecin.*
[b] *Instytut Inżynierii Materiałowej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin*
[c] *Instytut Technologii Chemicznej Organicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Pułaskiego 10, 70-322 Szczecin.*
dsibera@zut.edu.pl

Ze względu na swoje fascynujące właściwości takie jak duża powierzchnia właściwa bardzo dobre przewodnictwo elektryczne i cieplne, doskonałe właściwości mechaniczne, optyczne i elektrochemiczne grafen może być idealnym materiałem jako podłoże dla nanokompozytów do zastosowań w elektronice. Warstwy grafenu mogą służyć jako matryca przewodząca umożliwiająca dobry kontakt pomiędzy krystalitami nanomateriałów.

W pracy prezentujemy wyniki badań nad wpływem parametrów syntezy oraz metody otrzymywania kompozytów grafen/Fe_2O_3 na ich właściwości strukturalne i przewodnictwo elektryczne. Przeprowadzono szereg eksperymentów używając komercyjnie dostępnego grafenu (Graphene Nanopowder AO-3) i azotanu żelaza. Materiały uzyskano stosując dwie metody ciśnieniowe: synteza w autoklawie ciśnieniowym oraz synteza w solwotermalnym reaktorze mikrofalowym.

Powierzchnię właściwą otrzymanych próbek oznaczono przez fizyczną adsorpcję N_2 w temperaturze -196 °C przy użyciu urządzenia Quantachrome Quadrasorb Instruments. Pomiary gęstości helowej wykonano na aparacie: Micro-Ultrapyc 1200e. Morfologię nanokompozytów zbadano przy użyciu transmisyjnej mikroskopii elektronowej (FE I TECNAI G2 F-20 S TWIN). Wpływ parametrów syntezy na skład fazowy otrzymanych próbek zbadano przy użyciu dyfrakcji rentgenowskiej na aparacie Empyrean firmy PANalytical. Właściwości termiczne nanokompozytów określono na podstawie badań z wykorzystaniem termowagi z różnicowym analizatorem termicznym DTA-Q600 SDT TA Istruments. Przewodnictwo elektryczne wyznaczono przez pomiar rezystywności metodą Van der Pauw parafinowej płytki zawierającej 10%wag. rozproszonego materiału badawczego.

Badania sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu LIDER/496/L-6/14/NCBR/2015.

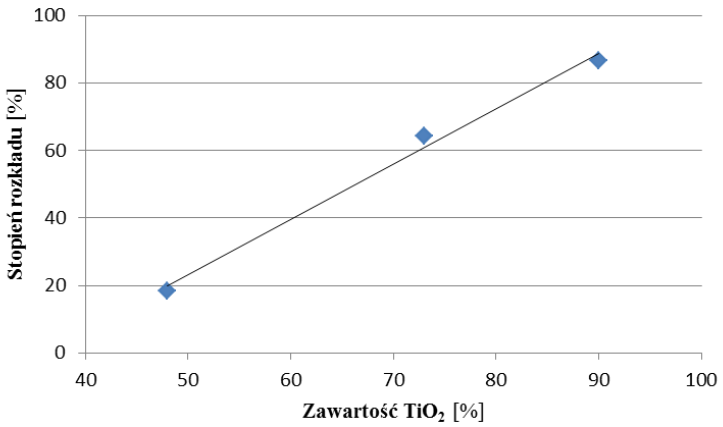
OTRZYMYWANIE I WŁAŚCIWOŚCI SPIO IMPREGNOWANEGO TLENKIEM TYTANU(IV)

Anna Pachla, Zofia Lendzion-Bieluń, Urszula Narkiewicz

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska, ul. Pułaskiego 10, 70-322 Szczecin
zofia.lendzion-bielun@zut.edu.pl

Połączenie właściwości nanokrystalicznego Fe_3O_4 i tlenku tytanu(IV) umożliwia wykorzystanie otrzymanych nanostruktur Fe_3O_4-TiO_2 jako fotokatalizatory do rozkładu zanieczyszczeń organicznych z wody.

W pracy przedstawiono dwuetapowy sposób syntezy nanostruktur Fe_3O_4-TiO_2. W pierwszym etapie otrzymano metodą solwotermalną superparamagnetyczny Fe_3O_4. W drugim etapie tlenek ten poddany został impregnacji prekursorem TiO_2 tytanianem tetrabutylu (TBOT) w środowisku wody amoniakalnej. Otrzymane nanostruktury Fe_3O_4-TiO_2, różniące się ilością użytego prekursora TiO_2, scharakteryzowano pod względem: zawartości krystalicznej fazy TiO_2, średniego rozmiaru krystalitów TiO_2 (XRD), powierzchni właściwej (BET) oraz zawartości grup funkcyjnych na powierzchni (FTIR). Przeprowadzono badania fotokatalitycznej aktywności otrzymanych nanostruktur różniących się zawartością procentową fazy TiO_2 (48, 73 i 90), rysunek 1. Stwierdzono, że wzrost stopnia rozkładu jest proporcjonalny do wzrostu zawartości TiO_2.



Rysunek 1. Stopień rozkładu fenolu po 4h w zależności od zawartości procentowej TiO_2 w próbce.

Superparamagnetyczne nanocząstki tlenku żelaza SPIO (ang. *Superparamagnetic Iron Oxide*)[1] wyróżnia niezwykła mobilność i ultraszybka reakcja na przyłożone zewnętrzne pole magnetyczne[2,3] wynikająca z jednodomenowej struktury. Dzięki temu materiały te można łatwo oddzielić od roztworu i ponownie wykorzystać.

[1] M. Darroudi, E. Hakimi, R. K. Goodarzi, Oskuee, Ceram. Int. 40 (2014) 9.
[2] C. Xu, S. Sun, Polym. Int. 56 (2007) 821.
[3] G. Leem, S. Sarangi, S. Zhang, I. Rusakova, A. Brazdeikis, D. Litvinov, T. Lee, R. Cryst. Growth Des. 9 (2009) 32.

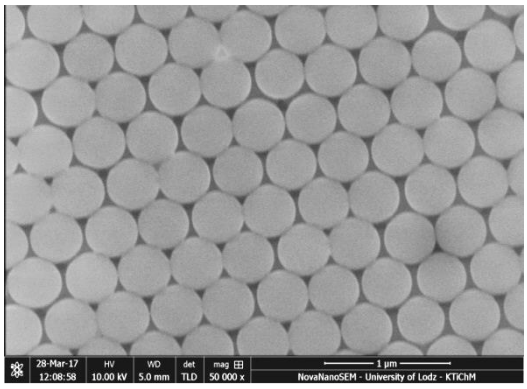
CHARAKTERYSTYKA KRYSZTAŁÓW FOTONICZNYCH TiO_2 MODYFIKOWANYCH NANOCZĄSTKAMI PLATYNY

Joanna Ginter, Kaja Spilarewicz-Stanek, Aneta Kisielewska, Ireneusz Piwoński

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów
ul. Pomorska 163, 90-236, Łódź
joanna.ginter@chemia.uni.lodz.pl

Kryształy fotoniczne TiO_2 (*photonic crystals* - PCs) o periodycznie zmieniającym się współczynniku załamania światła to nowoczesne materiały, które ze względu na swoje właściwości znajdują zastosowanie m. in. w ogniwach słonecznych, światłowodach fotonicznych i fotokatalizie[1]. W niniejszej pracy przeprowadzono syntezę TiO_2-PCs modyfikowanych nanocząstkami platyny (PtNPs). W pierwszym etapie wykorzystano matryce polistyrenowe oraz metodę zol-żel. Mikrosfery polimerowe deponowano na podłożu krzemowym a następnie zanurzano w zolu TiO_2. Uporządkowaną strukturę TiO_2-PC otrzymano po usunięciu matrycy poprzez wyprażanie. Kolejnym etapem badań było wygenerowanie PtNPs na powierzchni TiO_2-PCs metodą fotoredukcji jonów kwasu chloroplatynowego.

Średnicę otrzymanych porów w PtNPs-TiO_2-PC oraz potwierdzenie obecności PtNPs w matrycy TiO_2-PC uzyskano stosując technikę SEM/EDX. Z kolei zmiany półprzewodnikowej i fotonicznej przerwy wzbronionej oraz szybkość rozkładu rodaminy B w obecności PtNPs-TiO_2-PC pod wpływem promieniowania UV monitorowano przy użyciu spektroskopii UV-Vis. Uzyskane wyniki wskazują, że dobór odpowiedniego rozmiaru porów i obecność PtNPs znacznie poprawia aktywność fotokatalityczną TiO_2-PCs.



Rysunek 1. Obraz SEM matrycy polistyrenowej.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki, projekt badawczy nr 2016/21/N/ST8/01144.

[1] J. Ginter et. al., Micropor. Mesopor. Mat. 225, 2015, 580-589.

WPŁYW WARUNKÓW SYNTEZY NA WŁAŚCIWOŚCI I CHARAKTERYSTYKĘ ZEOLITÓW HIERARCHICZNYCH ZAWIERAJĄCYCH CYNĘ

Agnieszka Feliczak-Guzik[a], Myroslav Sprynskyy[a], Izabela Nowak[b], Bogusław Buszewski[a]

[a] *Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, ul. Gagarina 7, 84-100 Toruń, Polska*
[b] *Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Umultowska 89b, 61-614 Poznań, Polska*
agaguzik@amu.edu.pl; agnieszka.guzik@umk.pl

Obiecującą klasę katalizatorów, posiadających zarazem cechy sit molekularnych, jak i materiałów mezoporowatych stanowią zeolity hierarchiczne. W porównaniu do mikroporowatych zeolitów wykorzystanie takiego typu katalizatorów może powodować zwiększenie aktywności katalitycznej przy jednoczesnym zminimalizowaniu ich podatności na dezaktywację[1].

Celem prezentowanych badań była synteza hierarchicznych, mezoporowatych zeolitów, bazujących na mikroporowatych zeolitach typu Y oraz β, modyfikowanych jonami cyny. Preparatyka zeolitów o hierarchicznej strukturze porowatej opierała się na zdyspergowaniu z wykorzystaniem łaźni ultradźwiękowej przez 30, 60, 90 minut 0,5g zeolitu HY oraz Naβ w mieszaninie zawierającej bromek cetylotrimetyloamoniowy (CTABr), wodę, etanol oraz amoniak. Następnie dodano ortokrzemiantetraetylu (TEOS) oraz źródło cyny tj. : pentahydrat chlorku cyny(IV). Całość mieszano przez 4h lub 24h w temperaturze 65°C. Środek strukturotwórczy (CTABr) usuwano poprzez kalcynację w 550°C przez 5h. Otrzymane materiały scharakteryzowano za pomocą następujących metod instrumentalnych: XRD, TEM, SEM, SEM/EDX, analizy elementarnej, niskotemperaturowejadsorpcji N_2, spektroskopii FTIR oraz spektrofotometrii UV-Vis. Na dyfraktogramach zsyntezowanych hierarchicznych zeolitów zaobserwowano w zakresie niskokątowymwystępowanie refleksów przy 2θ ~2,5 (d = 3,7nm) co świadczy o uzyskaniu dodatkowej, mezoporowatej struktury. Z kolei dyfraktogramy w zakresie szerokokątowym otrzymanych materiałów potwierdzają zachowanie pierwotnej struktury krystalicznej komercyjnego zeolitu.

Podziękowania
Agnieszka Feliczak-Guzik pragnie podziękować Narodowemu Centrum Nauki za sfinansowanie prezentowanych badań (projekt FUGA-5, 2016/20/S/ST4/00547).

[1] M. Hartmann, A. Gonche, W. Schwieger, Chem. Soc. Rev.,45 (2016) 3313—3330.

AKTYWNOŚĆ KATALITYCZNA MATERIAŁU TYPU SBA-16 MODYFIKOWANEGO RUTENEM W REAKCJI HYDRODEOKSYGENACJI 1,3-DIMETOKSYBENZENU

Paulina Dębek, Agnieszka Feliczak-Guzik, Izabela Nowak

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Umultowska 89b, 61-614 Poznań, Polska
nowakiza@amu.edu.pl

Biomasa będąca bogatym źródłem energii jest często wykorzystywana jako materiał do produkcji biopaliw. W tym celu poddaje się ją pirolizie, co prowadzi do otrzymania biooleju będącego mieszaniną organicznych związków aromatycznych zawierających w swojej strukturze znaczne ilości atomów tlenu, których obecność jest przyczyną niskiej wartości opałowej oleju pirolitycznego[1].

Technologią służącą do obniżenia stosunku atomów O/H przy jednoczesnym podwyższeniu stosunku atomów H/C związków składających się na bioolej - a tym samym technologią wytwarzania biopaliw jest hydrodeoksygenacja (HDO). Proces ten przeprowadza się na skalę laboratoryjną z wykorzystaniem modelowych cząsteczek (identycznych z tymi znajdującymi się w biooleju) w warunkach podwyższonej temperatury, podwyższonego ciśnienia wodoru i w obecności katalizatora[2].

Przedmiotem niniejszych badań jest wykorzystanie uporządkowanych mezoporowatych materiałów krzemionkowych typu SBA-16 zawierających na powierzchni atomy rutenu (1 oraz 3% metalu) w roli katalizatorów w reakcji HDO 1,3-dimetoksybenzenu.

Reakcję tą przeprowadzono w reaktorze wysokociśnieniowym w temperaturze od 90 do 130°C oraz przy zastosowaniu ciśnienia wodoru w zakresie od 25 do 60bar. Produkty reakcji zanalizowano za pomocą chromatografii gazowej z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym.

Zauważono wpływ zastosowanych warunków reakcji na wydajność procesu. Wraz ze wzrostem temperatury oraz ciśnienia wzrastała konwersja 1,3-dimetoksybenzenu, która osiągnęła maksymalną wartość 60%. Głównym produktem reakcji był metoksycykloheksan-cząsteczka o wyższym stosunku atomów H/C w porównaniu z wyjściowym substratem.

Podziękowania: Autorzy pragną podziękować Narodowemu Centrum Nauki za sfinansowanie prezentowanych badań (nr projektu: DEC-2013/10/M/ST5/00652).

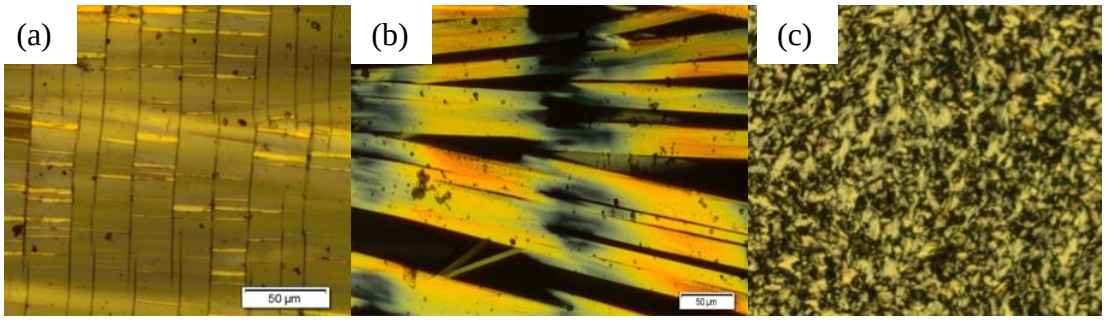
[1] R. Nava, B. Pawelec, P. Castaño, M. C. Álvarez-Galván, C. V. Loricera, J. L. G. Fierro, Appl. Catal. B-Environ. (2009), 92, 154-167.
[2] A. Sanna, T. P. Vispute, G. W. Huber, Appl. Catal. B-Environ. (2015), 165, 446-456.

FOTOFIZYCZNE I STRUKTURALNE WŁASNOŚCI CIENKICH WARSTW CHINOKSALINOFENENTROFENAZYNY I JEJ POCHODNEJ OSADZANYCH PRÓŻNIOWO I METODĄ *ZONE CASTING*

Ewelina Frątczak[a], Paweł Uznański[b], Tomasz Makowski[b], Bilal R. Kaafarani[c], Marek Moneta[a]

[a] *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153 90-236 Łódź, Polska*
[b] *Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź, Polska*
[c] *Wydział Chemii, Amerykański Uniwersytet w Bejrucie, 1107-2020 Bejrut, Liban*
ewelinazofia@gmail.com

Cienkie warstwy osadzonego próżniowo związku 2,11-bis(1,1-dimetyloetylo)-6,7,15,16-tetrametylo-chinoksalino[2',3':9,10] fenentro[4,5-abc]fenazyny (TPQQ-Me) i jego pochodnej 2,11-bis(1,1-dimetyloetylo)-6,7,15,16-tetrakis(dodecyloksy)-chinoksalino[2',3':9,10] -fenentro[4,5-abc]fenazyny (TQPP-OC12)[1] naniesionej metodą *zone casting* zostały przeanalizowane ze względu na ich własności strukturalne i optyczne. Warstwa TPQQ-Me o grubości 44 nm została przygotowana metodą osadzania z organicznej wiązki molekularnej (OMBD) w warunkach ultra wysokiej próżni na podłożu naturalnie utlenionego krzemu (Si/SiO_2)[2]. Warstwa TQPP-OC_{12} o grubości 89 nm została otrzymana metodą *zone casting* na termicznie uzyskanej krzemionce[3]. Uporządkowanie w cienkich warstwach molekuł TQPP-Me i TQPP-OC_{12} względem podłoża zostało określone za pomocą mikroskopii optycznej w świetle spolaryzowanym, mikroskopii sił atomowych (AFM), techniką transmisyjnej i odbiciowej spektroskopii fourierowskiej w podczerwieni (FTIR), spektroskopii UV-Vis, metodami fluorescencyjnymi oraz elipsometrii spektroskopowej. Morfologia obu warstw wykazuje ciągłą strukturę z silną anizotropią jednoosiową w przypadku próbki osadzonej próżniowo i anizotropią dwuosiową dla próbki otrzymanej z roztworu.



Rysunek 1. Obrazy z mikroskopu optycznego warstw naniesionych metodą *zone casting* związku TPQQ-OC_{12} na szkiełku mikroskopowym, (a) fragment wysoko zorientowanej warstwy, (b) krystality na brzegach próbki, (c) morfologia polikrystaliczna próbki TPQQ-OC_{12} umieszczonej pomiędzy dwoma kwarcowymi płytkami.

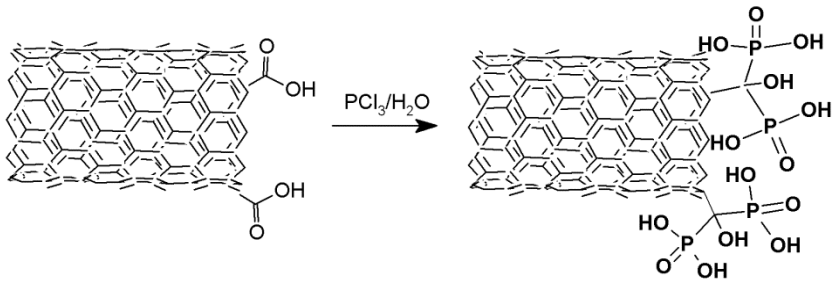
[1] R. M. Moustafa, J. A. Degheili, D. Patra, B. R. Kaafarani, J. Phys. Chem. A 113 (2009) 1235.
[2] E. Z. Frątczak, P. Uznański, M. E. Moneta, Chem. Phys. 456 (2015) 49.
[3] T. Makowski, R. M. Moustafa, P. Uznański, W. Zajączkowski, W. Pisula, A. Tracz, and B. R. Kaafarani, J. Phys. Chem. C 118 (2014) 18736.

OTRZYMYWANIE I CHARAKTERYSTYKA FIZYKOCHEMICZNA NANOMATERIAŁÓW WĘGLOWYCH Z GRUPAMI FOSFONOWYMI

Kamila Żelechowska, Robert Olszewski, Izabela Kondratowicz, Marta Prześniak-Welenc, Marcin Łapiński

Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
kzelechowska@mif.pg.gda.pl

Metody wprowadzania grup zawierających fosfor na nanomateriały węglowe są mało znane. W literaturze można znaleźć zaledwie kilka przykładów dla nanorurek węglowych i pochodnych grafenu[1-5]. Pochodne kwasów fosfonowych są stosowane jako kompleksony w chromatografii wymiennej oraz do ekstrakcyjnego rozdziału pierwiastków. Mają katalityczny wpływ na szereg reakcji chemicznych. Pochodne bisfosfonowe są stosowane w leczeniu osteoporozy, jako związki powierzchniowo czynne, inhibitory korozji i inne[6]. Funkcjonalizacja nanomateriałów węglowych grupami fosfonowymi i pochodnymi zwiększa możliwości ich zastosowań. Jednakże maksymalne wykorzystanie ich potencjału możliwe będzie po opracowaniu wydajnej i ekonomicznie opłacalnej metody ich otrzymywania oraz szczegółowej analizie ich właściwości. Zaproponowano efektywną, jednoetapową metodę wprowadzania grup fosfonowych na nanomateriały węglowe, takie jak nanorurki węglowe i pochodne grafenu[7]. Na Rys. 1 przedstawiono schemat wybranej reakcji fosfonowania nanomateriału na przykładzie nanorurek węglowych. W celu poznania właściwości nowosyntezowanych materiałów, zostały one scharakteryzowane metodami spektroskopowymi oraz mikroskopowymi. Przeprowadzono również badania termograwimetryczne i kalorymetryczne. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na określenie rodzaju grup funkcyjnych wprowadzanych na powierzchnię nanomateriałów, oszacowanie ich ilości oraz określenie ich wpływ na zmianę właściwości fizykochemicznych nanostruktur węglowych.



Rysunek 1. Schemat reakcji fosfonowania nanorurek węglowych.

[1] R. Kannan, et al. Phys. Chem. Chem. Phys., 2011, 13, 10312–10317.
[2] A. Maho, et al. Mater. Sci. Engin. C 33 (2013) 2686–2697.
[3] A. Oki et al. Mater. Lett. 62 (2008) 918–922.
[4] X. Liu et al. J. Nucl. Mater. 466 (2015) 56-64.
[5] M-J Kim et al. ACSNano 2014 8(3) 2820–2825.
[6] D. W. Allen, B. J. Walker. Organophosphorous chemistry. The Royal Society of Chemistry, 1997.
[7] K. Żelechowska, J. F. Biernat *„Sposób modyfikowania grupami bisfosfonowymi i/lub fosfonowymi materiałów węglowych zwłaszcza nanomateriałów”* zgłoszony do ochrony w UP RP w dniu 3.11.2016r. i oznaczony numerem P.419359.

WPŁYW PROCESU REDUKCJI TLENKU GRAFENU NA JEGO WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE

Marek Weiss[a], Łukasz Majchrzycki[b], Arkadiusz Ptak[a]

[a] *Instytut Fizyki, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań*
[b] *Wielkopolskie Centrum Zaawansowanych Technologii, ul. Umultowska 89 C, 61-614 Poznań*
marek.l.weiss@doctorate.put.poznan.pl

W dzisiejszych czasach grafen ma dużą szansę zastosowania w układach o rozmiarach rzędu mikro- oraz nanometrów jako środek obniżający destrukcyjny wpływ działania sił tarcia[1]. Tlenek grafenu (GO), ze względu na podatność procesom redukcji, ma szansę stać się tanim i wydajnym prekursorem grafenu płatkowego[2]. Znanych jest wiele metod otrzymywania zredukowanego tlenku grafenu (rGO) o właściwościach fizykochemicznych zbliżonych do grafenu[3]. Rozwiązaniem wykorzystanym w niniejszej pracy jest zastosowanie prostej metody termicznej, polegającej na kontrolowanym wygrzewaniu GO, doprowadzając do usunięcia grup funkcyjnych z powierzchni płatków. Proces redukcji GO prowadzi do znaczących zmian wielu właściwości fizycznych takich jak np. grubość czy przewodność elektryczna rGO.

W niniejszej pracy skupiono się na wpływie temperatury redukcji GO (*ex situ*) na jego właściwości nanotribologiczne, tj. siłę adhezji i tarcia w zależności od siły nacisku i odpowiednio – szybkości separacji oraz przesuwu, względem ostrza krzemowego (Si/SiO_2) mikroskopu sił atomowych (AFM). Eksperyment przeprowadzono w atmosferze suchej gazu argonu, wykorzystując GO wytworzony metodą Hummersa[4].

Jednym z elementów pracy było określenie wpływu siły adhezji na tarcie suche oraz ilościowe scharakteryzowanie oddziaływań adhezyjnych modelami termicznie aktywowanej ucieczki ze studni potencjału: Bella-Evansa[5] oraz Dudko-Hummera-Szabo[6].

M. W. i A. P. dziękują Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wsparcie finansowe w ramach projektu nr 06/62/DSPB/0217.

[1] D. Berman et al., Materials Today 17, 31-42 (2014).
[2] R. Gengler et al., Journal of Physics D: Applied Physics 43, 374015 (2010).
[3] S. Pei, H. M. Cheng, Carbon 50, 3210-3228 (2012).
[4] W. S. Hummers, R. E. Offeman, Journal of the American Chemical Society 80, 1339 (1958).
[5] E. Evans, K. Ritchie, Biophysical Journal 72, 1541-1555 (1997).
[6] O. K. Dudko et al., Physical Review Letters 96, 108101 (2006).

TEMPERATUROWO KONTROLOWANA NANOSTRUKTURYZACJA POWIERZCHNI KRYSZTAŁÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH Z GRUPY AIII-BV NISKOENERGETYCZNĄ WIĄZKĄ JONOWĄ Ar^+

Elżbieta Trynkiewicz, Benedykt R. Jany, Dominik Wrana, Arkadiusz Janas, Franciszek Krok

Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
elzbieta.trynkiewicz@student.uj.edu.pl

Proces formowania się samoorganizujących trójwymiarowych wzorów w efekcie rozpylania jonowego dwuskładnikowych powierzchni wciąż pozostaje skomplikowanym zagadnieniem. Istnieje wiele prac dotyczących modyfikacji powierzchni wiązką jonową, chociaż wpływ temperatury podłoża podczas bombardowania jonowego nie został dobrze zbadany.

W pracy zaprezentowane zostaną wyniki badań ewolucji morfologii powierzchni wybranych kryształów półprzewodnikowych z grupy $A_{III}B_V$ o orientacji (001) w zależności od temperatury podłoża podczas oddziaływania z wiązką jonową Ar^+ padającą prostopadle do powierzchni próbki. Analiza fizyko-chemiczna zmodyfikowanych powierzchni została wykonana z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) w połączeniu z spektroskopią dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDX). Pomiary topografii powierzchni InSb, InP, InAs, GaSb w zakresie temperatur podłoża od -129°C do 150°C wykazały pojawienie się różnych struktur powierzchniowych - od klastrów, przez dobrze wykształcone struktury kolumnowe, po wygładzoną powierzchnię. Optymalny dobór temperatury podłoża podczas rozpylania jonowego może prowadzić do powstania układu nanodrutów o wymiarach sięgających nawet do 550 nm.

Całość prezentowanych wyników zostanie omówiona w kontekście modelu wzrostu struktur kolumnowych[1-3], opierającym się na procesie preferencyjnego rozpylania, efekcie maskowania oraz redepozycji rozpylonego materiału. Niniejsza praca jest pierwszą, która przedstawia analizę kinetyki wzrostu nanostruktur pod kątem termicznie aktywowanej dyfuzji powierzchniowej.

[1] S. Le Roy, E. Barthel, N. Brun, A. Lelarge, E. Søndergård, J. Appl. Phys., 106 (2009) 094308.
[2] S. Le Roy, E. Søndergård, M. Kildemo, I. S. Nerbø, M. Plapp, Phys. Rev. B, 81 (2010) 161401.
[3] J. H. Wu, R. S. Goldman, Appl. Phys. Lett., 100 (2012) 053103.

WYKORZYSTANIE NANOCZĄSTEK METALI STABILIZOWANYCH HIPERROZGAŁĘZIONYM POLIGLICYDOLEM DO ELEKTROREDUKCJI TLENU

Mariusz Pietrzak[a], Izabela Papka[a], Paweł G. Parzuchowski[b], Elżbieta Malinowska[a,c]

[a] *Zakład Mikrobioanalityki, Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej, ul. Noakowskiego 3, 00-664, Warszawa*
[b] *Katedra Chemii i Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej, ul. Noakowskiego 3, 00-664, Warszawa*
[c] *CEZAMAT PW, Polna 50, Warszawa*
mariusz@ch.pw.edu.pl

Wysoka aktywność katalityczna nanocząstek metali powoduje coraz szersze zainteresowanie ich zastosowaniem w wielu gałęziach technologii, chemii, a nawet w bioanalityce[1]. Ważnym aspektem w przypadku praktycznego zastosowania nanostruktur jako katalizatorów jest zachowanie dobrego stanu ich powierzchni w czasie i przeciwdziałanie zatruwaniu poprzez adsorpcję. Ciekawym stabilizatorem powierzchni metalicznych nanocząstek koloidalnych jest hiperrozgałęziony poliglicydol, który zapewnia stabilizację steryczną, a jednocześnie dużą zaletą takiej metody stabilizacji jest stosunkowo niewielka ingerencja w powierzchnię nanostruktur, a co za tym idzie tylko niewielka utrata aktywności, np. w porównaniu ze stabilizacją przy użyciu monowarstw tiolowych[1]. Takie nanocząstki sprawdzają się doskonale m. in. w roli znaczników naśladujących aktywność peroksydazy chrzanowej w zastosowaniach bioanalitycznych.

W ramach prezentacji przedstawione zostaną wyniki badań ilustrujących wpływ modyfikacji elektrod różnymi nanocząstkami metali stabilizowanymi hiperrozgałęzionym poliglicydolem na elektroredukcję tlenu przeprowadzaną w temperaturze pokojowej. Omówione zostaną wyniki badań elektrod modyfikowanych nanocząstkami poprzez adsorpcję, oraz pokrywanych hydrożelami zawierającymi nanocząstki. Przedstawione zostaną również wyniki zastosowania takich nanostruktur w roli przekaźników elektronów w przypadku bioelektroredukcji tlenu przy użyciu elektrod modyfikowanych lakazą.

[1] M. Drozd, M. Pietrzak, P. G. Parzuchowski, M. Mazurkiewicz-Pawlicka, E. Malinowska Nanotechnology 26 (2015) 495101.

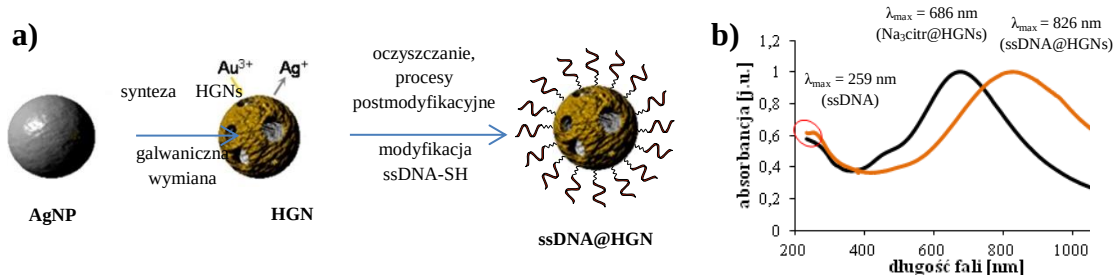
BADANIA KORELACJI MIĘDZY STRATEGIĄ SYNTEZY I OCZYSZCZANIA A WŁAŚCIWOŚCIAMI OPTYCZNYMI ZŁOTYCH NANOPOWŁOK

Mariusz Pietrzak[a], Marcin Drozd[a], Elżbieta Malinowska[a,b]

[a] *Zakład Mikrobioanalityki, Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej, ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa*
[b] *CEZAMAT PW, Polna 50, Warszawa*
mariusz@ch.pw.edu.pl

Nanopowłoki złote (ang. *Hollow Gold Nanoshells* – HGNs) uzyskiwane metodą galwanicznej wymiany kosztem templatów srebrowych z uwagi na prostotę syntezy i brak konieczności użycia surfaktantów stanowią ciekawą grupę nanostruktur o właściwościach optycznych sterowalnych kształtem i wymiarami[1]. Dobrze poznana chemia oddziaływania siarka-złoto wpływa na łatwość dalszej modyfikacji takich nanocząstek ligandami tiolowymi.

Istotną cechą nanocząstek plazmonicznych jest duża zależność położenia i intensywności maksimum absorpcji od stanu ich powierzchni[1]. W związku z tym, optymalizacja etapów syntezy, oczyszczania i modyfikacji ma zasadniczy wpływ na właściwości optyczne uzyskanych struktur. Poznanie wymienionych zależności umożliwi projektowanie struktur o zarówno pożądanej morfologii (m. in. rozmiar, grubość i porowatość powłoki Au), jak i wysokiej absorpcji właściwej w zakresie Vis-NIR, szczególnie pożądanej w zastosowaniach biologicznych[2].



Rysunek 1. a) Schemat procedury otrzymywania koniugatów HGNs z aptamerami DNA, b) Wpływ procesów postsyntetycznych na charakter widma absorpcji HGNs.

W ramach prezentacji przedstawione zostaną wyniki badań ilustrujących wpływ metod oczyszczania i modyfikacji aptamerami na właściwości nanopowłok. Takie nanopowłoki złote będą mogły być zastosowane w terapii fototermicznej, jak również w konstrukcji narzędzi bioanalitycznych do wykrywania ważnych analitów.

[1] X. Huang, Q. Hu, G. B. Braun, N. O. Reich et. al., Biomaterials 63 (2015) 70.
[2] L. Wang, Y. Chen, D. Wan et. al., ACS Appl. Mater. Interfaces 9 (2017) 3873.

STUDIA NAD DOMIESZKOWANIEM EUROPEM CIENKICH WARSTW TLENKU HAFNU Z UŻYCIEM NANOCZĄSTEK HfO_2:Eu OTRZYMANYCH METODĄ HYDROTERMALNĄ MIKROFALOWĄ

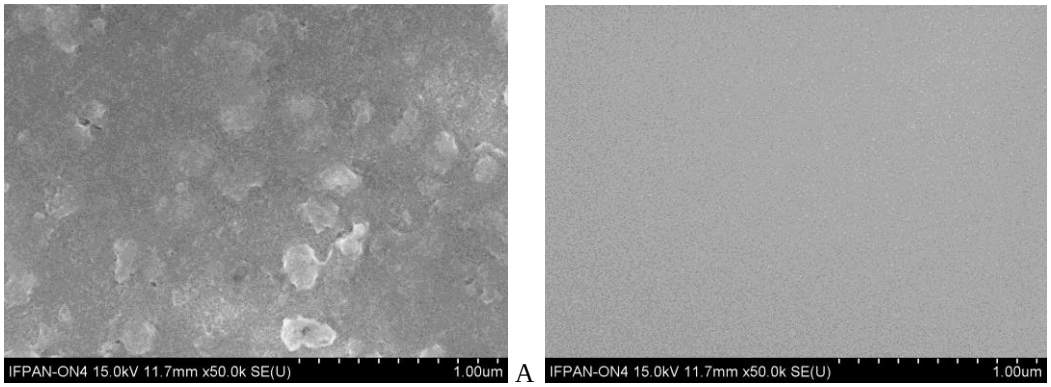
Jarosław Kaszewski, Rafał Pietruszka, Bartłomiej Witkowski, Marek Godlewski

Instytut Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa
kaszewski@ifpan.edu.pl

Tlenek hafnu wykazuje podobne właściwości strukturalne do tlenku cyrkonu. Jest intensywnie badany ze względu na właściwości: wysoką stałą dielektryczną oraz dużą stabilność termiczną, co powoduje, że jest to obiecujący materiał w urządzeniach elektronicznych. Szerokie okno transmisji, niska absorpcja optyczna i szeroka przerwa energetyczna umożliwiają zastosowanie HfO_2 jako matrycę dla jonów aktywujących luminescencję.

Technika hydrotermalna mikrofalowa pozwala na krystalizację nanocząstek tlenków metali przejściowych o wąskim rozkładzie rozmiarów. Kontrola nad rozmiarem oraz kształtem krystalitów może być zrealizowana poprzez zmianę parametrów procesu. Pozwala to na badanie właściwości nanocząstek zależnych od rozmiaru. Łatwo jest także kontrolować skład nanocząstek wytwarzanych tą techniką.

W niniejszej pracy oddziaływania pomiędzy nanocząstkami HfO_2:Eu wyhodowanymi techniką hydrotermalną mikrofalową oraz warstwą HfO_2 krystalizowaną metodą osadzania warstw atomowych (ALD) zostaną scharakteryzowane z użyciem elektronowej mikroskopii skaningowej oraz spektroskopii optycznej jonów Eu^{3+} jako alternatywa dla domieszkowania cienkich warstw z użyciem osobnego prekursora.



Rysunek 1. Nanocząstki HfO_2:Eu osadzone na warstwie HfO_2 (A) czysta warstwa HfO_2 (B).

SAMOORGANIZACJA ANODOWEGO TLENKU NA POWIERZCHNI STOPU FAZY MIĘDZYMETALICZNEJ FeAl

Paulina Chilimoniuk, Tomasz Czujko, Wojciech Stępniowski

Katedra Zaawansowanych Materiałów i Technologii, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, Polska
paulina.chilimoniuk@wat.edu.pl

W pracy przedstawiono proces anodowego utleniania stopów metodą samoorganizacji umożliwiając wytworzenie nanometrycznej struktury tlenkowej. Proces wytwarzania porowatej struktury tlenkowej, na powierzchni intermetalicznego stopu na osnowie fazy FeAl, został przeprowadzony za pomocą procesu anodowego utleniania w elektrolicie stanowiącym 20% roztwór kwasu siarkowego (VI), w czasie 60 sekund. Analiza kładu chemicznego metodą XPS, wytworzonej w ten sposób cienkiej i porowatej powłoki anodowego tlenku wykazała obecność aluminium, tlenu i żelaza. Wygrzewanie w temperaturze 600°C prowadzi do powstania spinelu żelazowo aluminiowy $FeAl_2O_4$, o nanometrycznej wielkości średnicy porów na poziomie 18,1 ±4,3nm, uzyskanych przy potencjale 5V, po drugim etapie anodowego utleniania. Zaobserwowano też istotny spadek wartości przerwy energetycznej, będący efektem zmiany składu chemicznego powłoki tlenkowej, z 3. 65eV (próbki wykonane przy potencjale anodyzacji 5V) do 2.06 eV (próbki wytworzone przy potencjale 17.5V).

W KIERUNKU NOWEGO STANDARDU SAM-BIFENYLOKARBOKSYLE NA PODŁOŻU AG(111)

Anna Krzykawska, Jakub Ossowski, Tomasz Żaba, Piotr Cyganik

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, ul. Stanisława Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
anna.krzykawska@doctoral.uj.edu.pl

Najstarszym i najlepiej poznanym przykładem SAMów są warstwy tiolowe na złocie[1], tworzone za pomocą chemisorpcji siarki do powierzchni Au(111), gdzie tworzy się silne wiązanie kowalencyjne. Interesującą alternatywą dla tych układów są warstwy SAM wykorzystujące grupę karboksylową do łączenia molekuł wiązaniem jonowym do podłoża Ag(111)[2], które ma najwyższą wśród metali przewodność właściwą. Z uwagi jednak na brak w dotychczasowych badaniach szczegółowej analizy struktur takich układów na poziomie molekularnym, możliwości aplikacyjne monowarstw SAM tego typu są w chwili obecnej bardzo ograniczone. Podstawowym parametrem, który umożliwiłby szersze zastosowanie karboksyli jest zatem dogłębna analiza ich struktury mikroskopowej. Do tej pory badania pozwalające uzyskać odpowiedź na to pytanie nie zostały przeprowadzone, również ze względu na brak odpowiednio przystosowanych instrumentów. Obecnie, postęp technologiczny w konstrukcji skaningowych mikroskopów tunelowych umożliwia pracę w zakresie bardzo niewielkich prądów, co pozwala na obrazowanie układów SAM charakteryzujących się dużą mobilnością molekuł. W wykładzie zostaną przedstawione badania mikroskopowe wykonane na niskoprądowym STM w powietrzu oraz badania spektroskopowe (IRRAS i XPS) porównujące strukturę monowarstw SAM utworzonych na powierzchni Ag(111) poprzez wiązanie molekuł za pomocą grupy tiolowej i grupy karboksylowej. Przeprowadzone badania wskazują na zdecydowanie wyższy poziom organizacji monowarstw z grupą karboksylową pomimo 300 razy krótszego czasu powstawania tych warstw. Ponadto badania mikroskopowe wskazują na brak zmian strukturalnych monowarstw z grupą karboksylową nawet po 3 miesiącach ekspozycji w warunkach laboratoryjnych.

[1] A. Ulman, Chem Rev., 1996, 96(4), 1533-1554.
[2] N. E. Schlotter, M. D. Porter, T. B. Bright, D. L. Allara, Chem. Phys. Lett. 1986, 132, 93.

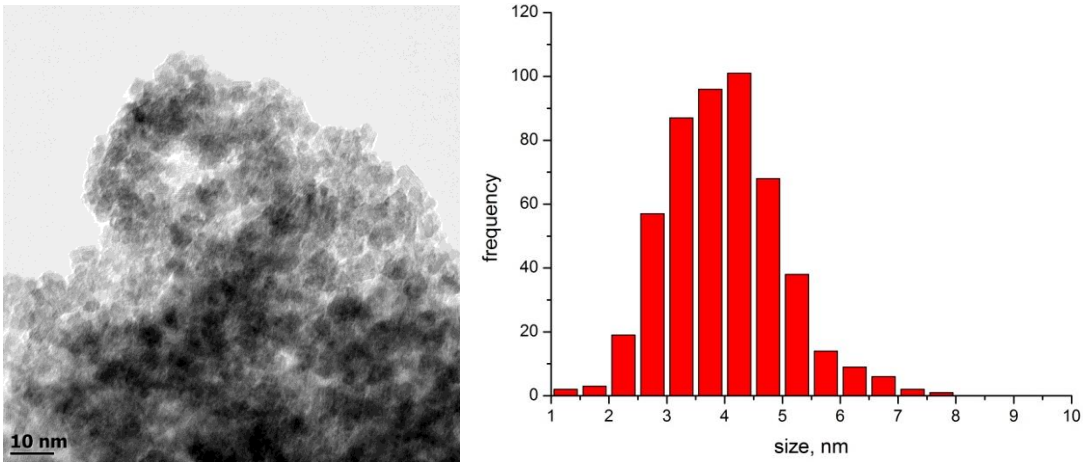
ELEKTROCHEMICZNE OTRZYMYWANIE NANOCZĄSTEK TLENKU KOBALTU W ROZTWORACH ETANOLOWO-WODNYCH

Anna Waliczek[a], Maria Starowicz[a], Paweł Starowicz[b], Teresa Jaworska-Gołąb[b]

[a] *AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza,Wydział Odlewnictwa, Katedra Chemii i Korozji Metali, Reymonta 23, 30-159 Kraków*
[b] *Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*
anna.waliczek1@gmail.com

W pracy przedstawiono badania anodowego roztwarzania kobaltu w roztworach LiCl w alkoholu etylowym z różną zawartością wody. Wykazano, że stężenie wody nie wpływa w istotny sposób na elektrochemiczne właściwości kobaltu, ma natomiast duży wpływ na skład chemiczny produktów otrzymanych po anodowej polaryzacji kobaltu.

Podczas chronoamperometrycznej polaryzacji kobaltu w roztworach z niską zawartością wody, do 10%, otrzymano nanocząstki tlenku kobaltu. Pomiary metodą dyfrakcji rentgenowskiej wykazały udział czystej fazy Co_3O_4. Badania wykonane na mikroskopie transmisyjnym TEM pozwoliły oszacować wielkość otrzymanych nanocząstek. Średnia wielkość krystalitów wynosiła około 5 nm.



Rysunek 1. Obraz z mikroskopu TEM przedstawiający nanocząstki otrzymane w roztworze z udziałem 5% H_2O oraz rozkład wielkości ziaren.

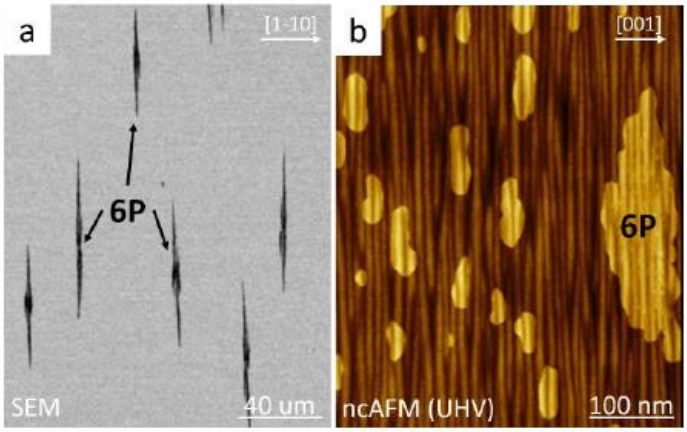
Podziękowania:
Praca zrealizowana w ramach grantu dziekańskiego 15.11.170 Wydziału Odlewnictwa AGH.

MORFOLOGIA UPORZĄDKOWANYCH WARSTW MOLEKULARNYCH NA SILNIE ANIZOTROPOWYCH PODŁOŻACH TiO_2(110) – WPŁYW DŁUGOŚCI RZĘDÓW ATOMOWYCH

K. Szajna[a], M. Krazter[b], W. Bełza[a], D. Wrana[a], B. R. Jany[a], C. Teichert[b], F. Krok[a]

[a] *Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, ul. Łojasiewicza 11 30-059 Kraków, Polska*
[b] *Institute of Physics, Montanuniversitaet Leoben, Franz-Josef-Straße 18 A-8700 Leoben, Austria*
konrad.szajna@doctoral.uj.edu.pl

Przedmiotem badań był układ złożony z cienkiej warstwy molekuł *para*-hexafenylu (6P) naniesionej na półprzewodnikowe podłoże TiO2(110) o silnie anizotropowej strukturze zmarszczek (*ang. ripples*). Zaprezentowane zostaną wyniki badań *in situ* przeprowadzonych w warunkach UHV metodą bezkontaktowej mikroskopii bliskich oddziaływań (nc-AFM) w temperaturze pokojowej. Dodatkowa detekcja torsyjnych drgań ostrza w bimodalnym trybie pracy nc-AFM pozwoliła uzyskać rozdzielczość struktur 6P na poziomie molekularnym, która potwierdziła wysokie uporządkowanie molekuł w warstwie. Dzięki zastosowaniu wysokorozdzielczej mikroskopii tunelowej (STM) w pomiarach zmodyfikowanych podłoży TiO2(110) ujawniona została tarasowa struktura zmarszczek z widocznymi rzędami atomowymi na tarasach, których obecność była wcześniej widoczna jedynie w dyfrakcji niskoenergetycznych elektronów (LEED). Parametry zmarszczek (m. in. średnia szerokość tarasów atomowych), kontrolowane przez warunki bombardowania wiązką jonową (Ar+,2keV,75-80o), mają silny wpływ na morfologię[1] oraz mechaniczną wytrzymałość[2] warstwy molekularnej (~0.5 ML). Orientacja rzędów atomowych [001] względem długiej osi zmarszczek ma ogromne znaczenie dla anizotropii dyfuzji molekuł 6P i pozwala w szczególnych przypadkach uzyskiwać silnie wydłużone struktury 6P (Rys. 1a) lub otrzymać bimodalny wzrost wysp 6P (Rys. 1b). Ich detekcja w warunkach *ex situ* przeprowadzana była przy pomocy mikroskopii AFM w modzie przerywanego kontaktu (TM-AFM) oraz przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM).



Rysunek 1. a) Obraz SEM podłużnych wysp 6P powstałych na powierzchni z rzędami atomowymi wzdłuż długiej osi zmarszczek. b) Obraz NC-AFM bimodalnych wysp 6P powstałych na powierzchni z rzędami atomowymi w poprzek długiej osi zmarszczek.

[1] M. Kratzer, D. Wrana, K. Szajna, F. Krok, C. Teichert, Phys. Chem. Chem. Phys., 16, 26112-26118 (2014).

[2] K. Szajna, M. Kratzer, D. Wrana, C. Mennucci, B. R. Jany, F. Mongeot, C. Teichert, F. Krok, JCP 145, 144703 (2016).

PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNYCH POWŁOK Si_xN_y:C OTRZYMYWANYCH Z RÓŻNYCH PREKURSORÓW KRZEMOWYCH

Katarzyna Oleśko, Hieronim Szymanowski, Maciej Gazicki-Lipman, Anna Sobczyk-Guzenda

Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefańskiego 1/15, 90-924 Łódź
katarzyna.olesko@gmail.com

Zainteresowanie powłokami SixNy:C w ostatnich dwóch dekadach jest bardzo bogate ze względu na cechy łączące obojętność chemiczna[1], wysoka odporność na utlenianie[2], wysoką twardość[3], niski współczynnik tarcia[4] i dużą przerwę energetyczną[5]. Kolejną ciekawą własnością tego materiału jest możliwość zmieniania jego właściwości ze względu na skład powłoki wynikający z parametrów osadzania. Wyniku na zmianę morfologii i składu atomowego powłoki możemy wpływać na współczynnik załamania światła i ekstynkcji czy na szerokość przerwy energetycznej. Wyniku na bogactwo możliwości jakie tworzą powłoki SixNy:C są stosowane w takich dziedzinach jak: mikroelektronice[6] i fotowooltaice[7], fotonice[8], trybologii[9], biomedycynie[10]. Niniejsza praca jest porównaniem powłok SixNy:C z prekursorów krzemoorganicznych – heksametylodisilazanu (HMDS) i tetrametylodisilazanu (TMDS) ze względu na zmianę parametrów wejściowych procesów, które zostały wytworzone za pomocą metody RF PECVD. Zbadano wpływ zmian parametrów wejściowych procesu i zmianę atmosfery roboczej na właściwości optyczne, morfologię powłoki i strukturę chemiczną. W tym celu zostały wykorzystane takie techniki jak: skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), spektroskopia w podczerwieni z transformatą Fouriera (FTIR), spektroskopia UV-VIS, oraz zmiennokątowa spektroskopie elipsometryczną.

[1] R. Kolb, C. Fasel, V. Liebau-Kunzmann, R. Riedel, J. Eur. Ceram. Soc., 26, (2006), p. 3903; C. H. Chen, M. R. Yang, S. K. Wu, Surf. Coat. Technol., 202 (2008), p. 2709.
[2] F. Schwarz, C. Hammer, G. Thorwarth, M. Kuhn, B. Stritzker, Plasma Process. Polym., 4 (2007), p. S254.
[3] J. Vlcek, M. Kormunda, J. Cizek, Z. Soukup, V. Perina, J. Zemek, DiamondRelat. Mater., 12 (2003), p. 1287.
[4] P. Jedrzejowski, J. Cizek, A. Amassian, J. E. Klemberg-Sapieha, J. Vlcek, L. Martinu, Thin Solid Films, 447–448 (2004), p. 201.
[5] C. W. Chen, C. C. Huang, Y. Y. Lin, L. C. Chen, K. H. Chen, W. F. Su, Diamond Relat. Mater., 14 (2005), p. 1010.
[6] C. Schwab, M. Hofmann, R. Heller, J. Seiffe, J. Rentsch, R. Preu, Phys. Status Solidi A, (2013), 210, 2399–2403.
[7] X. Wua, Z. Zhang, Y. Liu, X. Chua, Y. Li, Sol. Energy(2015) 111, 277–287.
[8] Y. H. Lin, C. L. Wu, Y. H. Pai, G. R. Lin, Opt. Express (2011) 19, 6563–6570.
[9] J. Jiang, H. Huang, Q. Wang, W. Zhu, J. Hao, W. Liu, Surf. Interface Anal. (2014) 46, 139–144.
[10] B. S. Bal, A. Khandkar, R. Lakshminarayanan, I. C. Clarke, A. A. Hoffman, M. N. Rahaman, J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater. (2008) 87B (2) 447–454.

WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE NANOKOMPOZYTOWYCH POWŁOK A-C:H/Ti DOMIESZKOWANYCH SREBREM W SYMULOWANYCH PŁYNACH USTROJOWYCH

Łukasz Kołodziejczyk[a], Witold Szymański[a], Damian Batory[a], Agnieszka Kołodziejczyk[b], Anna Jędrzejczak[a], Anna Sobczyk-Guzenda[a], Piotr Komorowski[a,b]

[a] *Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź*
[b] *Bionanopark Sp. z o.o., ul. Dubois 114/116, 93-465 Łódź*
a.kolodziejczyk@bionanopark.pl

Amorficzne uwodornione powłoki węglowe a-C:H stają się bardzo popularnymi materiałami, głównie ze względu na ich doskonałe właściwości, takie jak niski współczynnik tarcia, wysoka twardość, oraz odporność na zużycie i korozję. Coraz częściej prowadzone są prace mające na celu poprawę biokompatybilności i adhezji komórek bakteryjnych przez domieszkowanie powłoki diamentopodobnej (DLC) trzecim pierwiastkiem. Przykładem takiego materiału mogą być domieszkowane srebrem nanokompozytowe powłoki amorficznego węgla wytworzone na powierzchni stali AISI316LVM. Obecność srebra w powłoce zapewnia ochronę implantu przed niekorzystnym wpływem bakterii i grzybów powodujących infekcje związane z powstawaniem biofilmu mikrobiologicznego i odczynów zapalnych.

Przedstawiona praca dotyczy badań właściwości tribologicznych powłok DLC domieszkowanych różną koncentracją srebra mierzonych w symulowanym płynie ustrojowym i surowiczej albuminie wołowej. Powłoki węglowe wytworzono metodą hybrydową na bazie wspomaganego plazmą częstotliwości radiowej chemicznego osadzania z fazy gazowej wraz z rozpylaniem magnetronowym RFPACVD/MS (Radio Frequency Plasma Assisted Chemical Vapor Depostion/Magnetron Sputtering). Właściwości tribologiczne (współczynnik tarcia i zużycia) określono z wykorzystaniem metody kulka-tarcza stosując jako materiał przeciwpróbki stal medyczną AISI316L. Testy z wykorzystaniem płynów ustrojowych zostały uzupełnione badaniami w warunkach tarcia suchego w powietrzu w temp 24°C i względnej wilgotności 30 – 40%. Dokładną analizę śladów zużycia skojarzenia ciernego przeprowadzono z wykorzystaniem mikroskopii sił atomowych oraz mikroskopii optycznej, skaningowej mikroskopii elektronowej, spektroskopii Ramana oraz w podczerwieni.

MATERIAŁY PROMOCYJNE

LABSOFT nanotechnology experts

WYDAJNOŚĆ EFFICIENCY · ZAUFANIE TRUST · JAKOŚĆ QUALITY · SZACUNEK RESPECT · WSPÓŁPRACA COOPERATION · CIEKAWOŚĆ CURIOSITY

Firma Labsoft to sprawdzony dostawca aparatury badawczej, pomiarowej i procesowej stosowanej w badaniach podstawowych, nanotechnologii i w przemyśle. Nasza oferta to:

ThermoFisher SCIENTIFIC

BRUKER

Leica MICROSYSTEMS

Mikroskopia elektronowa:
- mikroskopy skaningowe i transmisyjne SEM, FIB i TEM
- kompletne rozwiązania do mikroskopii krio-TEM i krio-SEM
- detektory składu chemicznego i fazowego EELS, EDS, WDS i EBSD

Mikroskopia sił atomowych:
- mikroskopy AFM do próbek biologicznych i materiałowych
- tryby do pomiarów właściwości mechanicznych, elektrycznych i magnetycznych

Mikroskopia świetlna:
- mikroskopy biologiczne, metalograficzne, stereoskopowe, konfokalne
- mikroskopy edukacyjne

Preparatyka próbek:
- ścieniarki jonowe, preparatyka FIB
- ultramikrotomy, procesory tkankowe, suszarki w punkcie krytycznym
- napylarki próżniowe
- kriopreparatyka i kriotransfer próbek

Analiza fazowa i chemiczna:
- dyfraktometry rentgenowskie XRD i SC-XRD
- spektrometry fluorescencji rentgenowskiej XRF

Analiza składu chemicznego powierzchni:
- spektroskopy XPS i AES z profilowaniem wgłębnym
- spektrometry ToF-SIMS

Osadzanie warstw i obróbka powierzchni:
- reaktory MBE, CVD i ALD
- reaktory RIE do trawienia jonowego

Analiza właściwości warstw i powierzchni:
- tribologia: tribometry, scratch testery, nanotwardościomierze
- właściwości optyczne: elipsometry, reflektometry
- topografia: AFM, profilometry optyczne i stykowe
- struktura: mikroskopy SEM i TEM
- skład chemiczny: XPS, ToF-SIMS, EDS, WDS, XRD i XRF

Oprzyrządowanie precyzyjne i akcesoria laboratoryjne:
- mikromanipulatory i wibrometry laserowe
- platformy antywibracyjne i systemy do kompensacji zakłóceń EMI
- akcesoria, przyrządy i materiały do mikroskopii SEM, TEM, AFM i LM

Usługi:
- serwis techniczny
- szkolenia aparaturowe i wsparcie aplikacyjne

OD ĆWIERĆ WIEKU Z PASJĄ POMAGAMY NASZYM KLIENTOM

TRACE INTERMEDIARY MEMBER

LABSOFT
ul. Puławska 469
02-844 Warszawa

Tel./fax: +48 22 853 27 93
info@labsoft.pl

LABSOFT
www.labsoft.pl

apVACUUM
TECHNOLOGIE PRÓŻNIOWE

www.apvacuum.com biuro@apvacuum.com

scia systems

scia Mill 150
for ion beam etching (IBE)

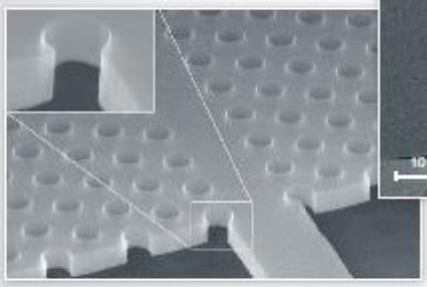
www.scia-systems.com info@scia-systems.com

scientaomicron

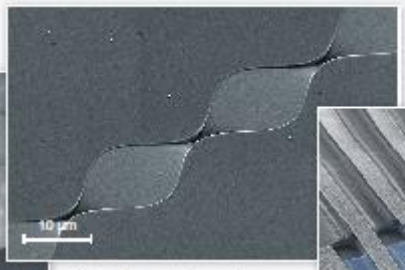
MULTIPROBE LT XA/UPS/ARPES
for Angle-Resolved Photoemission combined with Low-Temperature SPM

www.scientaomicron.com info@scientaomicron.com

Dzięki urządzeniom Raith do litografii elektronowej i narzędziom FIB możecie Państwo urzeczywistnić swoje marzenia



Urządzenie fotoniczne do biosensorów
W. Whelan-Curtin, University of St Andrews, Scotland



Mikrosystem przepływowy typu Lab-on-Chip
A. Imre & L. Ocola, Argonne National Laboratory, USA

Wieloportowe urządzenie grafenowe
M. Kühne, Max-Planck-Institute for Solid State Research, Germany

Katarzyna Piekarska, PROKON
Phone +48 604 208 911
Email kasiapiekarska@home.pl
www.raith.com

RAITH NANOFABRICATION

LABIS to nowoczesna firma z siedzibą w Warszawie, która prowadzi działalność handlową i produkcyjną skoncentrowaną wokół innowacyjnych dziedzin technicznych, w szczególności nanotechnologia, optoelektronika i kriogenika. Dostarczamy narzędzia i systemy aparatury badawczej dla uczelni wyższych i instytutów naukowych, głównie dla jednostek fizyki i chemii eksperymentalnej.

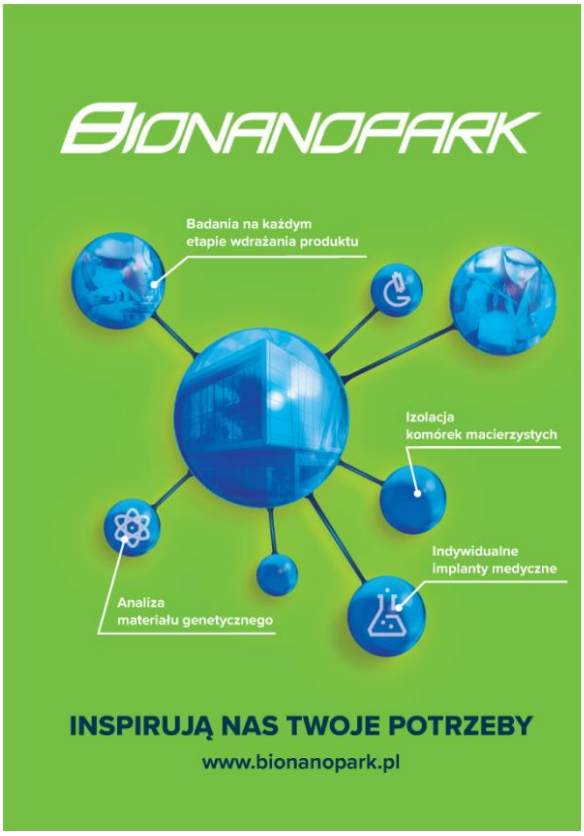
Jesteśmy oficjalnym partnerem firmy **Oxford Instruments Nanoscience, UK**, która jest wiodącym na świecie producentem narzędzi naukowych do charakteryzacji i odkrywania nowych materiałów w fizyce kwantowej. Umożliwiamy badania w skali atomowej oferując platformę do pracy w ultra niskich temperaturach, silnym polu magnetycznym połączoną z zaawansowaną aparaturą pomiarową. Nasza kriogeniczna aparatura laboratoryjna jest obecna we wszystkich ośrodkach naukowych w Polsce i obejmuje następujące kategorie:

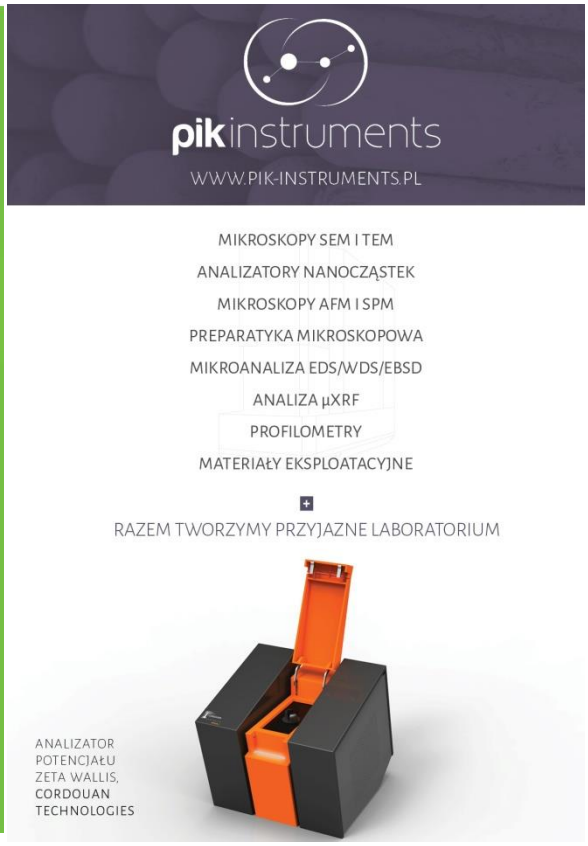
• Optyczne kriostaty azotowe	5 dostarczonych systemów.
• Optyczne kriostaty helowe	7 dostarczonych systemów.
• Kriostaty i magnesy suche	6 dostarczonych systemów.
• Chłodziarki rozcieńczalnikowe	2 systemy suche i jeden mokry.
• Chłodziarki 3He	1 dostarczony system.
• Magnesy nadprzewodzące	11 dostarczonych systemów.
• Części kriogeniczne i elektronika	Kilkadziesiąt systemów.

LABIS Nanotechnology Tools and Systems

OXFORD INSTRUMENTS *The Business of Science®*

LABIS
Zwycięzców 40/122
03-938 Warszawa
tel. +48 22 205 09 24
e-mail labis@labis.pl
www.labis.pl





INDEKS AUTORÓW

A

Adamczyk Z. 159
Ahmed Z. 39
Akai-Kasaya M. 91
Aleksiejew J. 124
Alwin E. 178
Alzina F. 32
Andrzejczuk M. 109, 156
Antoniów S. 147
Arabasz S. 84
Atraszkiewicz R. 98
Augustyniak Jabłokow M. 172
Aleksiejew J. 124
Alwin E. 178

B

Badura M. 130
Balin K. 159
Banasiuk R. 141, 142
Banski M. 30
Baraniecki T. 175
Baranowski J. M. 51
Barbasz A. 66
Barciszewski J. 146
Barnaś J. 54
Barski P. 147
Bartnik A. 104
Bartoszek N. 152
Barylak M. 74
Batory D. 126, 199
Bazarnik M. 43
Bełza W. 166, 197
Białkowska K. 149
Bian G. 39
Bielak K. 31
Błaszczyk M. 157
Błażewicz M. 24, 77
Bobowska I. 56
Borysiewicz M. A. 47
Bowers C. M. 90
Brach K. 25
Brown S. A. 39
Bucki R. 139, 140
Budzioch J. 55
Bujak P. 52
Busiakiewicz A. 35, 39, 51, 57
Buszewski B. 82, 185
Butruk B. 73
Bystrzycka E. 97, 120, 126, 128

C

Caban P. 46
Cecot M. 54
Cegłowski M. 144
Celichowski G. 65, 67, 71, 78, 81, 83, 100, 119, 123, 127, 136, 150, 180
Cempura G. 42, 111
Cendrowski K. 74
Chaunchaiyakul S. 91
Chavez-Angel E. 32
Chiang T.-C. 39
Chilimoniuk P. 194
Chłopicki S. 63
Chrzanowski M. 30
Chudoba T. 164, 165
Ciach T. 73
Cichomski M. 97, 120, 126, 128
Cieślak M. 65, 78, 123, 127
Coy E. 70, 125, 145, 177
Cyganik P. 90, 195
Czajka R. 41, 43
Czarnecka K. 138
Czechowska E. 67, 71, 83, 150
Czerwosz E. 162
Czosnek C. 167
Czujko T. 194
Czwartos J. 104
Czyrska-Filemonowicz A. 42, 111

D

Dąbrowski P. 35, 39, 51, 132
Defort A. 72
Deiana M. 25
Dembski M. 179
Depciuch J. 103, 161
Deska R. 25
Dębek P. 186
Diduszko R. 162
Długoń E. 77
Domeradzka-Gajda K. 65
Drabczyk A. 151
Drabińska A. 48
Dridi G. 45
Drozd M. 192
Droździk M. 74
Drygaś M. 168
Dubowik J. 125
Dudek M. 126
Dulski M. 159
Dunst K. 88
Dupont B. G. R. 118
Durko M. 157
Dybowski K. 98
Działoszyńska K. 149, 152

E

Echavaren A. 45
Ekielski M. 47
Elgalal M. 152
El Sachat A. 32
Engelund M. 45

F

Feliczak-Guzik A. 82, 185, 186
Fiedorowicz H. 104
Filipczak P. 155
Flak D. 80
Florczak P. 177
Fok T. 104
Francica R. 54
Frąckowiak J. 141
Frąckowiak Ł. 124
Frątczak E. 187

G

Gajewski Z. 68
Gapiński J. 148
Gapska A. 106, 122, 171
Garcia-Lekue A. 45
Gauquelin N. 40
Gawlak K. 94, 169
Gazicki-Lipman M. 198
Giesz P. 78, 123, 127
Ginter J. 108, 176, 184
Głodowicz P. 146
Głowacki I. 117
Głowiński H. 125
Głuszek K. 139, 140
Gmitra M. 132
Gniadek M. 137
Godlewski M. 68, 193
Godlewski S. 45
Golacki L. W. 30
Gołębiowski L. 106

Gonzalez J. J. 65
Górecka M. 78
Grabowska M. 146
Graczykowski B. 32
Grams J. 118
Grankowska-Ciechanowicz S. 48
Gregorius A. 63
Grobelny J. 65, 67, 71, 78, 81, 83, 119, 121, 136, 137, 150
Gronczewska E. 72
Gruzeł G. 103, 161
Grzela T. 41
Grześkowiak B. 145, 146
Guitian E. 45
Gurgul M. 169

H

He G. 155
Herfort J. 125
Hermanowicz M. 105
Hołdyński M. 109, 155

I

Idzikowski B. 102
Indyka P. 111
Ito Y. 91
Ivanisenko Y. 102
Iwan A. 48
Iwanicka Z. 157

J

Jabłoński A. 114
Jagiełło J. 75
Jaglarz M. 63
Jakimińska A. 173
Jakubowska A. 64
Jakubowski K. 98
Jałochowski M. 34
Janas A. 40, 42, 190
Janasik B. 65
Janasz Ł. 118
Janik J. F. 167, 168
Janik-Czachor M. 109, 155
Janmey P. A. 139, 140
Jany B. 63, 166
Jany B. R. 40, 42, 111, 190, 197
Jarek M. 88, 181
Jarocki R. 104
Jarosiński Ł. 33
Jaroszewicz L. R. 121
Jasiński P. 88
Jaworska-Gołąb T. 196
Jeleń P. 167
Jenczyk J. 181
Jesionowski T. 145
Jeziorna A. 98
Jędrzak A. 145
Jędrzejczak A. 199
Jędrzejewska A. 182
Jędrzejewski R. 182
Joachim C. 45
Jung J. 49, 52
Jurga S. 70, 76, 80, 89, 105 145, 146, 148, 177, 181
Jurkowski A. 72
Justyniarski A. 25

K

Kaafarani B. R. 187
Kaczmarski J. 47
Kaczorowska B. 156
Kaleńczuk R. J. 95
Kamińska E. 47
Kamińska M. 48
Kamiński W. 44
Kanak J. 54
Kapusta K. 167, 168
Karaduman I. 51
Karczewski G. 101
Kargul J. 37
Karnas E. 75
Karwacki Ł. 54
Kaszewski J. 68, 193
Kawai H. 45
Kawiak A. 141
Kądzioła K. 152
Kędzierska M. 151
Kędzierzawski P. 109, 155
Kiełbik P. 68
Kisielewska A. 108, 120, 173, 176, 184
Klajnert-Maculewicz B. 69
Klekotko M. 25
Klusek Z. 35, 39, 51, 132
Kłąb T. 52
Kłopotowski Ł. 101
Koczorowski W. 41, 43
Kollbek K. 33
Kolmer M. 38, 45
Kołodziej J. J. 132
Kołodziejczyk A. 64, 199
Kołodziejczyk Ł. 199
Komar J. 95
Komorowski P. 64, 79, 149, 152, 199
Kondratowicz I. 188
Korecki J. 105
Korona K. 48
Kosior Ł. 130
Kossut J. 101
Kostecki J. 104
Kościelska B. 106, 113, 122, 171, 178, 179
Kościński M. 76, 80
Kotarba S. 64, 152
Kowal A. 161
Kowalczyk P. 98
Kowalczyk P. J. 35, 39, 51, 132
Kowalski K. 160
Kozajda A. 65
Kozanecki M. 155
Kozioł J. J. 72
Kozłowski M. 162
Kozłowski W. 35, 39, 51, 97, 120, 126, 128, 132
Krajnik B. 30
Krawczyk M. 109, 114, 155
Krazter M. 197
Krok F. 40, 42, 63, 96, 111, 166, 190, 197
Królicka A. 141, 142
Kruk A. 42, 111
Krukowski P. 91, 132
Krychowiak M. 141, 142
Kryshtal O. 42, 111
Krysiak E. 118
Krzykawska A. 90, 195
Krzyżowska M. 71, 81, 136, 137
Kucińska M. 64
Kudelski A. 109
Kudłacik-Kramarczyk S. 151
Kukułka W. 95
Kula P. 98
Kułak L. 106
Kurcz M. 75
Kurczewska J. 143, 144

Kurp K. 75
Kurzawski M. 74
Kuświk P. 124
Kuwahara Y. 91
Kuźmińska A. 73
Kwapiński T. 34
Kwoka M. 110

L

Le Ster M. 39
Lekka M. 62
Lendzion-Bieluń Z. 141, 183
Lesiak A. 30
Lewandowski M. 105
Lewandowski T. 178, 179
Lewandowski W. 37
Lich B. 84
Lindstaedt A. 147
Lipińska L. 51, 75
Lisowska M. 178
Lisowski W. 114
Litowczenko J. 76, 148
Lochyński P. 157
Lojkowski W. 164, 165
Lutsyk I. 35, 132

Ł

Łabędź O. 137
Łacińska E. 132
Łapiński M. 106, 113, 122, 171, 178, 179, 188
Łuszczyńska B. 52, 117

M

Maciejewska B. M. 76
Maciejewska-Prończuk J. 158
Mackiewicz A. 121
Mackiewicz E. 78, 81, 119, 123, 127
Maćkowski S. 37, 107
Madej E. 105
Madry B. 92
Maerkl T. 39
Mahajan I. V. 39
Majchrzycki Ł. 189
Majhofer A. 164
Makowski K. 64, 149, 152
Makowski T. 187
Malinowska E. 191, 192
Małek K. 63
Małek Karolina71
Maniukiewicz W. 56
Marchewka M. 99
Marczak J. 175
Marć P. 121
Markiewicz R. 70, 145, 148, 177
Matczak M. 124
Matczyszyn K. 25
Matuszewska M. 141
Matyjaszewski K. 155
Maude D. K. 101
Maziarz W. 160
Mazur L. M. 25
Mielewczyk-Gryń A. 113
Mijowska E. 74, 95
Mika K. 94, 174
Miłosz Z. 105
Mitioglu A. A. 101
Moczała M. 112
Moneta M. 187
Mrówczyński R. 70, 145, 146, 148
Musiał A. 102

N

Narajczyk M. 141, 142, 178, 179
Narkiewicz U. 183
Niedziółka-Jonsson J. 37, 107
Niemirowicz K. 139, 140
Nikiel M. 40
Nikiforow K. 114
Noculak A. 30
Nocuń M. 65
Noga S. 75
Nojszewski J. 68
Nowaczyk G. 80, 118, 155, 181
Nowak A. 159
Nowak I. 82, 185, 186
Nowak P. 160
Nowak S. 135
Nowakowska J. 137
Nowakowski J. 43
Nowicki M. 92
Noworolska A. 90
Nyk M. 25

O

Oberbek P. 138
Oćwieja M. 66, 158
Ogorzałek Z. 47
Olesiak-Bańska J. 25
Oleśko K. 198
Olmos J. D. J. 37
Olszewski R. 188
Olszowska N. 132
Omelchenko M. 164
Opasińska A. 56
Orłowski P. 71, 81, 136, 137
Ossowski J. 90, 195
Osuga H. 91

P

Pabijan J. 62
Pachla A. 183
Papka I. 191
Parlinska-Wojtan M. 103, 161
Parzuchowski P. G. 191
Patkowski A. 148
Pawlak D. 100, 180
Pełech R. 182
Pena D. 45
Peplińska B. 88
Perez D. 45
Perużyńska M. 74
Peszke J. 159
Pfleger J. 52
Pietrasik J. 155
Pietrasz A. 170
Pietrowski M. 177
Pietruszka R. 193
Pietrzak M. 191, 192
Piktel E. 139, 140
Piotrowska K. 74
Pire H. 39
Pisarek M. 109, 114
Pisula W. 50
Piś W. 77
Piwoński I. 108, 120, 176, 184
Plotniece A. 101
Płochocka P. 139, 140
Podhorodecki A. 30
Polit J. 99, 135
Pomorska A. 158
Poniatowska A. 73

Proń A. 52
Prowizor M. 97, 120, 126,128
Przeszło K. 33
Prześniak-Welenc M. 113, 188
Przybylski M. 29, 33
Przybysz N. 121
Przysiecka Ł. 80
Psarski M. 100, 180
Ptak A. 189
Puchowicz D. 65, 123
Pucicki D. 31
Puzewicz-Barska J. 147

Q

Quarles Jr. D. 65

R

Radchenko T. 36
Radny M. W. 41
Raj W. 155
Rajfur Z. 63
Ranoszek-Soliwoda K. 65, 67, 71, 81, 83, 136, 150
Reparaz J. S. 32
Rodenbücher C. 111
Roga E. 103, 161
Rogala M. 35, 39, 51, 132
Rogińska D. 74
Roguska A. 109
Rolle K. 146
Roman M. 66
Romerowicz-Misielak M. 135
Rosiński K. 46
Rosowski M. 149
Roszak J. 65
Rousset J.-G. 103
Różański H. 170
Rudziński M. 46, 129
Russo R. E. 65
Rysz J. 111
Rzeszut P. 55

S

Sadowski W. 106, 113, 122, 171, 178, 179
Saeys M. 45
Sagalianov I. 36
Saito A. 91
Samoć M. 25
Sanchez-Portal D. 45
Scheibe B. 88, 172
Schmidt M. 124
Schönherr H.-P. 125
Schroeder G. 143, 144
Sekuła M. 75
Sharma G. 84
Sheregii E. M. 99, 135
Siatkowska M. 64, 149, 152
Sibera D. 182
Sienkiewicz J. E. 106
Sierda E. 43
Sikora A. 112, 157
Silberring J. 144
Sitek B. 63
Sitek J. 46, 129
Skowroński W. 53, 54, 55
Sledzinska M. 32
Smoluch M. 144
Sobczyk-Guzenda A. 198, 199
Sobska J. 25
Sojka B. 30
Sokołowska P. 64, 149, 152
Sotomayor Torres C. M. 32
Spałek J. 21
Spilarewicz-Stanek K. 108, 176, 184
Spiridis N. 105
Sprynskyy M. 82, 185
Spryszyńska S. 65
Starowicz M. 93, 196
Starowicz P. 196
Stefaniuk-Grams A. 49
Stępińska I. 162
Stępnik M. 65
Stępniowski W. 194
Stobiecki F. 105, 124
Stobiecki T. 54, 55
Stodolak-Zych E. 77
Stolyarchuk I. D. 135
Strupiński W. 51
Strzelczyk R. 172
Sulka G. D. 94, 169, 174
Sulowska K. 37
Sułowicz S. 159
Synak A. 106, 122, 178
Syrek K. 169
Syty P. 106
Szade J. 159
Szajna K. 40, 42, 166, 197
Szczurek M. 104
Szczytko J. 164
Szeląg S. 74
Szemraj J. 67, 83, 150
Szeremeta J. 25
Szot K. 22, 51, 111
Szroeder P. 36
Szuber J. 110
Szustakiewicz P. 37
Szutkowski K. 70, 146, 177
Szymanowski H. 198
Szymański B. 124
Szymański W. 199
Szymoński M. 45, 61, 63
Szymura M. 101
Ściana B. 130
Śliż P. 99
Śniadecki Z. 102

T

Tadyszak K. 172
Targosz-Korecka M. 63
Teichert C. 197
Tłaczała M. 31
Tomaka G. 99
Tomaszewicz W. 142
Tomaszewska E. 65, 67, 71, 78, 81, 83, 121, 136
Trynkiewicz E. 190
Trzaskowska P. 73
Trzeciak K. 74
Twardowski A. 164
Tyliszczak B. 151

U

Ulański J. 49, 52, 56, 117, 118
Uznański P. 163, 187

V

Van Aert S. 40
van den Bos K. H. W. 40
van Dijken S. 54
Van Tendeloo G. 40
Verbeeck J. 40
Volz S. 32

W

Wachulak P. 104
Wagner M. R. 32
Walas M. 178, 179

Waliczek A. 196
Walkowiak B. 64,79, 149, 152
Walkowiak-Przybyło M. 79
Wandelt K. 92
Wang D. 102
Wang X. 39
Warda K. 131
Warowicka A. 76
Wasiak T. 149, 152
Waszkielewicz M. 25
Wawrzyniak D. 146
Wawrzyńczyk D. 25
Wąsowicz W. 65
Weiss M. 189
Wesełucha-Biczyńska A. 77
Węgrzyński Ł. 104
Whitesides G. M. 90
Wilgocka-Slęzak D. 105
Willhammar T. 40
Wincukiewicz A. 48
Wiosna-Sałyga G. 117
Witczak Ł. 155
Witkowska E. 117
Witkowski B. 68, 193
Witt D. 147
Wiwatowski K. 37
Własny I. 51
Wojciechowski T. 47
Wojewódka A. 147
Wojnar P. 101
Wojnarowicz J. 70, 164, 165
Wojnarowska-Nowak R. 135
Wojtczak L. 131
Wojtkiewicz J. 48
Wojtowicz T. 101
Wolszczak M. 176
Woluntarski M. 75
Wołoś A. 48
Worobiec W. 72
Woznica H. 30
Woźniak A. 70
Waźniak B. 138
Woźniak M. J. 138
Woźniak-Budych M. 181
Wrana D. 111, 166, 190, 197
Wrona J. 54
Wronka H. 162
Wrzesińska A. 56
Wu Y. 32
Wykrota A. 43
Wypych-Puszkarz A. 56, 118
Wysmołek A. 132
Wzorek M. 47

Y

Yajima N. 91
Yao L. 54

Z

Zakrzewska J. 163
Zakrzewska K. 160
Załęski K. 70, 125
Zaraska L. 94, 169, 174
Zaręba J. K. 25
Zborowska-Lindert I. 130
Zemła J. 62
Zhang Y. 155
Zięba A. 135
Ziętek S. 55
Złotnik S. 46, 129
Zuba-Surma E. 75
Zubko M. 159
Zuzak R. 45

Ż

Żaba T. 90, 195
Żak D. 99
Żak W. 149
Żelechowska K. 188
Żywczak A. 54

SPONSORZY

LABSOFT®

apVACUUM
TECHNOLOGIE PRÓŻNIOWE

scia systems

scientaomicron

RAITH
NANOFABRICATION

BIONANOPARK

UNI-EXPORT
Instruments Polska

LABIS
Nanotechnology Tools and Systems

MEASLINE

pikinstruments

Anton Paar

IRtech®

REDAKTOR INICJUJĄCY
Beata Koźniewska

SKŁAD I ŁAMANIE
Katarzyna Ranszek-Soliwoda, *Emilia Tomaszewska*

PROJEKT OKŁADKI
Maciej Andrzejewski

Wydrukowano z gotowych materiałów dostarczonych do Wydawnictwa UŁ

© Copyright by Authors, Łódź 2017
© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2017

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
Wydanie I. W.08103.17.0.I

Ark. druk. 27,0

ISBN 978-83-8088-712-1

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
90-131 Łódź, ul. Lindleya 8
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl
e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl
tel. (42) 665 58 63