

Wiosenne Warsztaty Naukowe Centrum Studiów Zaawansowanych rozpoczynają cykl spotkań stypendystów CSZ w roku 2011 z wiodącą kadrą naukową. Idea warsztatów ma na celu integrację naukowców ponad strukturami, dziedzinami i wiekiem. Pragniemy stworzyć płaszczyznę do wymiany doświadczeń, nawiązywania współpracy naukowo-badawczej, a także poszerzania horyzontów naukowych podczas inspirujących dyskusji.

Warsztaty Naukowe CSZ są, obok oferty programów stypendialnych, uzupełnieniem działalności Centrum, której celem jest wzmacnianie potencjału naukowo-dydaktycznego Uczelni, a w konsekwencji, umożliwienie lepszego wypełniania edukacyjnych zadań społecznych.

W programie wiosennych warsztatów, oprócz spotkań z wybitnymi Profesorami, zaplanowane są wystąpienia stypendystów CSZ oraz sesja posterowa. Prezentacje będą dotyczyły prowadzonych projektów naukowo-badawczych w ramach przyznanych stypendiów współfinansowanych z Europejskiego Funduszu Społecznego.

Liczymy, że proponowana przez nas forma Warsztatów Naukowych przyczyni się do osiągnięcia założonych celów.

**Zespół Centrum Studiów Zaawansowanych**

Politechniki Warszawskiej



## 10 -12 czerwca 2011/ Będlewo

### Piątek / 10 czerwca

- 9<sup>00</sup> Wyjazd - parking BIS (przy Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych PW)
- 15<sup>00</sup> Obiad
- 16<sup>30</sup> - 18<sup>00</sup> Oficjalne rozpoczęcie warsztatów / Wykład Dyrektora Centrum Studiów Zaawansowanych PW **profesora Stanisława Janeczko** / Dyskusja plenarna
- 18<sup>00</sup> - 19<sup>00</sup> Sesja posterowa
- 20<sup>00</sup> Uroczysta kolacja

### Sobota / 11 czerwca

- 8<sup>00</sup> - 9<sup>15</sup> Śniadanie

### I

- 9<sup>30</sup> - 10<sup>00</sup> Miniaturyzacja! – ale po co? / wykład specjalny **profesor Zbigniew Brzózka**, Dziekan Wydziału Chemicznego PW
- 10<sup>00</sup> - 10<sup>20</sup> Systemy *lab-on-a-chip* wykorzystywane do hodowli i analizy komórek adherentnych / **Elżbieta Jędrych**, Wydział Chemiczny PW
- 10<sup>20</sup> - 10<sup>40</sup> Przepływowo - wstrzykowy potencjometryczny system do oznaczania sumy kwasów karboksylowych / **Monika Mroczkiewicz**, Wydział Chemiczny PW
- 10<sup>40</sup> - 11<sup>00</sup> Wykorzystanie kwasu winowego w syntezie poliestrów / **Karolina Tomczyk**, Wydział Chemiczny PW
- 11<sup>00</sup> - 11<sup>20</sup> Wytwarzanie, struktura i właściwości kompozytów na bazie polimerów epoksydowych modyfikowanych dodatkiem nanorurek węglowych / **Ewelina Ciecierska**, Wydział Inżynierii Materiałowej PW
- 11<sup>20</sup> - 11<sup>40</sup> Zastosowanie pomiarów pola przemieszczeń do badań przebiegu pęknięcia w minipróbkach metali i stopów / **Tomasz Brynk**, Wydział Inżynierii Materiałowej PW

11<sup>40</sup> - 12<sup>00</sup> Wspomaganie decyzji o wyborze scenariusza rozwoju energetyki niskoemisyjnej metodą analizy wielokryterialnej z udziałem społecznym / **Aleksandra Arcipowska**, Wydział Inżynierii Środowiska PW

12<sup>00</sup> - 12<sup>20</sup> Przerwa kawowa

II

12<sup>20</sup> - 12<sup>40</sup> Technologia nowej generacji czujnika wodoru i jego związków dla zastosowań w warunkach ponadnormatywnych / **Piotr Firek**, Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki, Wydział Elektroniki i Techniki Informatycznych PW

12<sup>40</sup> - 13<sup>00</sup> Właściwości szkieł srebrowo-wanadanowych otrzymanych tradycyjnymi metodami szybkiego chłodzenia i wirujących walców oraz metodą mechanosyntezy / **Anna Kalbarczyk**, Wydział Fizyki PW

13<sup>00</sup> - 13<sup>20</sup> Metoda barwnej holograficznej projekcji obrazów w oparciu o wykorzystanie przestrzennych modulatorów światła / **Izabela Ducin**, Wydział Fizyki PW

13<sup>20</sup> - 13<sup>40</sup> NEDA - nowa jakość w badaniach spektroskopowych neutrono-deficytowych jąder atomowych / **Grzegorz Jaworski**, Wydział Fizyki PW

13<sup>40</sup> - 14<sup>00</sup> Wpływ idei miasta-ogrodu na zabudowę podmiejską m.st. Warszawy okresu międzywojennego / **Jacek Fiedorowicz**, Wydział Architektury PW

14<sup>00</sup> - 14<sup>20</sup> Optymalizacja aerodynamiczna - zastosowanie metody operatora sprzężonego / **Armen Jaworski**, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniki, Energetyki i Lotnictwa PW

14<sup>30</sup> - 15<sup>30</sup> Obiad

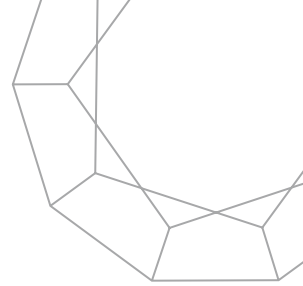
16<sup>00</sup> - 19<sup>00</sup> Zajęcia integracyjne, m.in. turniej strzelecki

20<sup>00</sup> Kolacja grillowa / ogłoszenie wyników konkursu na najlepszą prezentację i poster

Niedziela / 12 czerwca

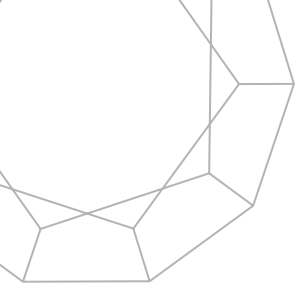
7<sup>30</sup> - 9<sup>00</sup> Śniadanie

9<sup>30</sup> Wyjazd do Warszawy



# Abstrakty / sesja posterowa





## Spis treści

- [1] **Bogdan Dziadak** / System monitorowania parametrów środowiska naturalnego strona 9
- [2] **Tomasz Gambin** / Projektowanie eksperymentów w technologii mikromacierzy CGH strona 11
- [3] **Stanisław Gepner** / Wydajność adaptacyjnej aplikacji inżynierskiej w środowisku równoległym strona 12
- [4] **Karol Kakarenko** / Modelowanie obrazowania w układach nieizoplanarnych przy oświetleniu niekoherentnym przestrzennie strona 13
- [5] **Aldona Kluczek** / Model systemu zarządzania zrównoważonym rozwojem w przedsiębiorstwie strona 14
- [6] **Andrzej Koziół** / Synteza kompleksów niklowych z rozszerzonym układem wiązań  $\pi$  strona 16
- [7] **Jan Król** / Ocena pierwotnej anizotropii mieszanek mineralno-asfaltowych strona 17
- [8] **Arkadiusz Malinowski** / Analiza wpływu chropowatości szerokości linii na charakterystyki i parametry elektryczne tranzystora TYPU FinFET strona 18
- [9] **Łukasz Rostańiec** / Metody eliminujące problemy w przyłączaniu źródeł odnawialnych do sieci elektrycznych zmienne- i stało-prądowych strona 21
- [10] **Adam Styk** / Badanie drgań rezonansowych mikrosystemów typu MEMS z wykorzystaniem interferometrii z uśrednianiem w czasie i zaawansowanych technik przetwarzania obrazu strona 22
- [11] **Mateusz Śmietana** / Nanowarstwy na potrzeby czujników światłowodowych strona 24
- [12] **Kinga Węzka** / Analiza wybranych metod rozwiązań dla równań obserwacyjnych pseudoodległości kodowych GNSS strona 25
- [13] **Dariusz Wojnowski** / Rozdzielczość obrazowania w promieniowaniu EUV- modelowanie strona 26





**Bogdan Dziadak**  
Wydział Elektryczny

Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów  
Informacyjno Pomiarowych  
Laureat konkursu o naukowe stypendium  
dla młodych doktorów, CAS/17/POKL

## System monitorowania parametrów środowiska naturalnego

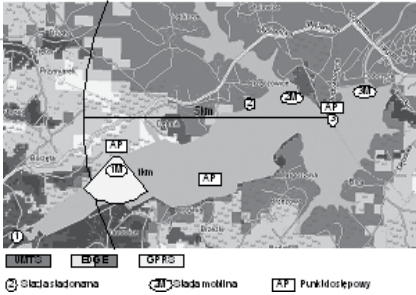
Systemy monitorowania parametrów środowiska naturalnego cechują się zazwyczaj rozległym obszarem monitorowania. Rozpiętość tych obszarów może wahać się od 100 m<sup>2</sup> do obszaru województw czy kraju. Stacje monitorujące powyższych systemów często umieszczone są w trudno dostępnych miejscach pozbawionych jakiegokolwiek infrastruktury technicznej, takiej jak sieci energetyczne czy telekomunikacyjne.

Powyższa sytuacja sprawia, że nie ma jednego uniwersalnego sposobu komunikacji między punktem pomiarowym a serwerem systemu monitorującego. W celu zagwarantowania należytej niezawodności przesyłania danych najczęściej stosuje się rozwiązania mieszane. Oznacza to, że w obrębie jednego systemu może jednocześnie funkcjonować kilka rodzajów kanałów transmisyjnych. Parametry transmisyjne takie jak pasmo zajmowanych częstotliwości, zasięg komunikacyjny, zysk anten, są ustalane każdorazowo dla danego obszaru monitorowania.

Autor współtworzy system monitorowania jeziora Dobczyckiego. Powierzchnia jeziora wynosi 10,1 km<sup>2</sup>. Jezioro to stanowi główny zbiornik wody pitnej dla aglomeracji krakowskiej. Ewentualne wstrzymanie pobierania lub zmniejszenie wydajności poboru wody ze zbiornika (100 tys. m<sup>3</sup> na dobę) wprowadzi poważne utrudnienia dla szerokiego grona odbiorców indywidualnych i przemysłowych. Powyższe dane sprawiają, że ciągłe (i częste) monitorowanie parametrów wody w zbiorniku jest pożądane.

W czasie konsultacji z odbiorcami systemu stwierdzono, że istnieje grupa parametrów szczególnie ważna dla procesu uzdatniania i kontrolowania jakości wody surowej. Wielkościami tymi są: temperatura, odczyn pH, przewodność właściwa, amoniak, chlorki, zawiesina ogólna, rozpuszczone węgło-

wodory (suma WWA). Zostało ustalone rozmieszczenie stacji pomiarowych na badanym akwenu, jak również ich typ: stacjonarna stacja pomiarowa, mobilna stacja pomiarowa. Rozmieszczenie stacji na powierzchni jeziora przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Moc sygnału GSM pozwalająca na organizację komunikacji w wybranym standardzie. Rozmieszczenie stacji pomiarowych. Rozmieszczenie punktów dostępnych do sieci Internet z zaznaczonym zasięgiem komunikacji.



Rys. 2. Mobilna stacja pomiarowa w czasie pracy na jeziorze Dobczyckim.

Ze względu na specyfikę systemu „monitorowanie akwenu wodnego”, gdzie część stacji pomiarowych umieszczona jest na powierzchni wody, konieczne jest zastosowanie komunikacji bezprzewodowej między stacją pomiarową a kontrolerem/serwerem systemu. We współtworzonym przez autora systemie monitorowania kanał transmisyjny realizowany jest w dwojaki sposób, jako:

- Bezpośrednie łącze GSM\GPRS
- Łącze Radiowe/ISM + GSM\LAN

Następnym problemem podejmowanym przez autora w ramach pracy nad systemem jest implementacja standardu IEEE 1451 (Smart Transducer Interface Standards) definiującego parametry zunifikowanych sensorów inteligentnych. Zaprojektowanie i stworzenie stacji pomiarowych oraz sensorów, bazujących na powyższym standardem pozwoli na rekonfigurację zestawu sensorów w trybie Plug-and-Play, gdzie po fizycznej instalacji, sensor jest auto-konfigurowany (dzięki elektronicznej bazie danych) i rozpoczyna pracę zgodnie z procesem narzuconym przez system pomiarowy. Tak więc stacja pomiarowa w zależności od potrzeb będzie mierzyć różne parametry, a wymiana sensorów związana z ich uszkodzeniem, zanieczyszczeniem itp., będzie mogła zostać przeprowadzona w warunkach terenowych, co jest szczególnie istotne w przypadku monitorowania parametrów akwenów wodnych. Proponowane podejście znacznie rozszerzy możliwości pomiarowe stacji jak i zmniejszy koszt oraz czas serwisowania. Mobilna stacja pomiarowa przygotowana do implementacji standardu IDEE 1451 przedstawiona jest na rysunku 2.

## Projektowanie eksperymentów w technologii mikromacierzy CGH

Technologia CGH umożliwia wykrywanie zmian w liczbie kopii fragmentów genomu, pomiędzy dwiema próbkami DNA. W trakcie eksperymentu obie próbki oznaczane są za pomocą dwóch różnych barwników fluorescencyjnych, a następnie hybrydyzowane do mikromacierzy zawierającej kilkaset tysięcy sond, które odpowiadają różnym lokacjom w genomie. Po dokonaniu hybrydyzacji za pomocą specjalnego skanera, zostają odczytane poziomy światlenia obydwu barwników. Na ich podstawie wyznaczana jest względna liczba kopii materiału genetycznego w każdej lokacji, która znalazła się na mikromacierzy. W medycynie technologia ta jest wykorzystywana do celów diagnostycznych. Wnioskowania na temat występowania choroby u osoby badanej dokonuje się w oparciu o analizę różnic między strukturą DNA pochodzącego od osoby zdrowej do struktury DNA osoby diagnozowanej.

Przedstawione zostaną doświadczenia związane z procesem projektowania mikromacierzy CGH, z którymi łączą się zagadnienia analizy sekwencji, selekcji sond i porównywania mikromacierzy.

Między innymi zaprezentowany zostanie nowy sposób predykcji elementów genetycznych LCR (ang. Low Copy Repeats) przy wykorzystaniu narzędzia MUMmer, służącego do uliniawiania długich sekwencji. Omówiony zostanie wpływ LCR na powstawanie zmian w liczbie kopii fragmentów DNA (tzw. CNV – ang. Copy Number Variation) oraz mechanizm NAHR (ang. Non Allelic Homologous Recombination), przyczyniający się do ich tworzenia. Przedstawione zostaną możliwe konsekwencje zmian liczby kopii. Wyniki badań zostaną skonfrontowane z rezultatami poprzednich prac w tym zakresie.

W skrócie przedstawiona zostanie procedura projektowania mikromacierzy, w szczególności przygotowania pokrycia mikrochipa za pomocą sond oligonukleotydowych. Zaprezentowane zostaną główne problemy jakie wiążą się z wyborem najlepszych sond oraz sposoby ich rozwiązania. Zostaną omówione również propozycje nowych algorytmów wykorzystywanych przy ocenie jakości mikromacierzy.

**Stanisław Gepner**

**Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa**

Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Wydajność adaptacyjnej aplikacji inżynierskiej w środowisku równoległym

Paralelizacja poprzez podział obszaru obliczeniowego na podobszary wymaga dobrego zrównoważenia obciążenia numerycznego. W przypadku aplikacji adaptacyjnej obciążenie numeryczne ulega dynamicznym zmianom, przez co zaburzona zostaje równomierność pierwotnego podziału. By wykorzystać algorytmy adaptacyjne w aplikacji równoległej, nie tracąc wydajności równoległej konieczne jest wprowadzenie metod dynamicznego równoważenia obciążenia numerycznego. Przedstawione zostaną wyniki wydajności adaptacyjnej aplikacji przepływowej z wykorzystaniem dynamicznego równoważenia obciążenia numerycznego.

Obecnie prowadzone są prace nad rozwojem metod estymacji błędów rozwiązania, metod deformacji siatki i rekonstrukcji brzegu obszaru. Uzyskane wyniki zostaną przedstawione.

**Karol Kakarenko**

Wydział Fizyki

Laureatk konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Modelowanie obrazowania w układach nieizoplanarnych przy oświetleniu niekoherentnym przestrzennie

W niniejszej pracy przedstawione zostaną wyniki modelowania obrazowania zarówno w układach izoplanarnych jak i nieizoplanarnych. W zależności od rodzaju układu, istnieją różne sposoby obliczania rozkładów natężeń światła w płaszczyźnie obrazowej. Jednym z nich jest wykonanie operacji splotu rozkładu natężenia pola wejściowego z funkcją natężeniowej odpowiedzi impulsowej układu PSF (ang. Point Spread Function). Takie postępowanie możliwe jest do zastosowania jedynie w układzie izoplanarnym. Wynika to z faktu, iż funkcja PSF zmienia się w różnych regionach płaszczyzny obrazowej – nie jest taka sama dla całego układu.

Kolejna metoda polega na wykorzystaniu, zaproponowanej przez autora, metody składania matówek TDRP (ang. Time Dependent Random Phase). W skrócie mówiąc, polega ona na łączeniu obrazów natężeniowych uzyskiwanych dla różnych losowych rozkładów fazy (w eksperymencie wykonuje się długą ekspozycję z obracającą się matówką w płaszczyźnie wejściowej). W przypadku analizy układu izoplanarnego obie metody dają porównywalne jakościowo wyniki. Gdy rozpatrujemy układ nieizoplanarny metoda wykorzystująca operację splotu z funkcją PSF nie może być zastosowana.

Zostaną przedstawione szczegółowe wyniki obrazowania testu rozdzielczości w układach izoplanarnych i nieizoplanarnych, a także rozkłady funkcji PSF-ów dla układów izoplanarnych.

**Aldona Kluczek**

**Wydział Inżynierii Produkcji**

Laureatka konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Model systemu zarządzania zrównoważonym rozwojem w przedsiębiorstwie

Moja praca naukowo-badawcza koncentruje się na zagadnieniach komercjalizacji technologii oraz zrównoważonego rozwoju i dotyczy spraw istotnych dla rozwoju innowacyjności oraz zwiększenia konkurencyjności gospodarki. Zrównoważony rozwój obejmuje zagadnienia z zakresu ochrony środowiska, jakości, odpowiedzialności społecznej.

Rozpatrywanie koncepcji zrównoważonego rozwoju na poziomie przedsiębiorstwa oznaczać powinno obniżenie materiałochłonności, energochłonności produkcji, podnoszenie produktywności wykorzystania zasobów środowiska oraz redukcja poziomu zanieczyszczeń przy równoczesnym osiągnięciu celów ekonomicznych, jak i społecznych. Wiąże się to zatem z efektywnym wykorzystaniem zasobów naturalnych i ochroną środowiska, systemów i metod zarządzania. Koniecznym więc jest wdrażanie, a następnie komercjalizacja „zielonych” technologii, wdrażania systemów zarządzania środowiskowego, programów i platform proekologicznych itp. Zwiększony nacisk na zrównoważone innowacje powinien zostać zintegrowany ze strategiami biznesowymi i w ten sposób stworzyć bardziej zrównoważone podejście do zarządzania organizacją, której celem jest zagwarantowanie większych zysków firmie, społeczności, pracownikom, konsumentom i środowisku. Przedsiębiorstwa realizują te projekty, na które mają zgłoszone zapotrzebowanie. Rozwiązaniem byłoby opracowanie systemu mającego na celu odnajdywanie, dzielenie się posiadaną wiedzą i licencjonowanie patentów, które, wykorzystane przez inne organizacje, mogłyby prowadzić to nieograniczonej innowacji pomagającej usuwać istniejące przeszkody na drodze zrównoważonego rozwoju, jak również dzielenie się istniejącymi rozwiązaniami w zakresie zrównoważonego rozwoju, dobrymi praktykami we wdrażaniu zasad ZR.

Pilotażowe badania dotyczące tematyki zrównoważonego rozwoju przeprowadzone na katalogu badań Politechniki Warszawskiej wykazały, że istnieje zwiększone zapotrzebowanie na tworzenie technologii przyjaznych środowisku, choć nie są wprowadzane na rynek w „masowej” skali. Dokonano oceny eko-

-innowacyjności technologii w oparciu o docelowy efekt ekologiczny, oceny z punktu widzenia przydatności rozwijanych technologii w praktycznym zastosowaniu i jego potencjału rynkowego. Powyższe obszary zostały sklasyfikowane na podstawie selekcji projektów z dorobku naukowego PW.

Badania rozszerzone pozwoliły na określenie modelu zrównoważonego rozwoju mającego zastosowanie w każdej organizacji bez względu na profil działania. Propozycja modelu biznesowego uwzględnia elementy gospodarki oraz systemy zarządzania oparte o pożądaną poziom wiedzy i komercjalizacji technologii z sektora badawczo-naukowego do przemysłu.

Zaproponowany model biznesowy umożliwi odpowiednią reakcję na częste zmiany zachodzące na rynku oraz na zmieniające się potrzeby klientów. Jest to możliwe wtedy, kiedy przedsiębiorstwa zaczną konkurować między sobą dostępnością technologii wytwórczych, możliwościami produkcyjnymi, a przede wszystkim jakością obsługi klientów i oferowanych im usług tworzących wartość dodaną. Model rozważany będzie jako innowacyjny model biznesowy, ponieważ uwzględnia:

- działania na poziomie operacyjnym ujęte w ramach innowacyjnych systemów i metod zarządzania,
- tworzenie innowacyjnych technologii oraz wprowadzanie ich na rynek poprzez komercjalizację,
- opracowanie długofalowej strategii opierającej się o innowację w celu przygotowania organizacji do pomyślnego funkcjonowania w ramach zrównoważonej gospodarki.

Oczekuje się również, że wyniki badań przyczynią się do poszerzenia wiedzy o zrównoważonym rozwoju, a narzędzie w postaci modelu znajdzie zastosowanie w każdym przedsiębiorstwie i będzie miało za zadanie wspomagać przedsiębiorców w ich działaniach na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Założenia pracy oraz opracowany model zostały zgłoszone do recenzji w jednym z czasopism z listy filadelfijskiej „PROBLEMS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT”.

**Andrzej Koziół**

**Wydział Chemiczny**

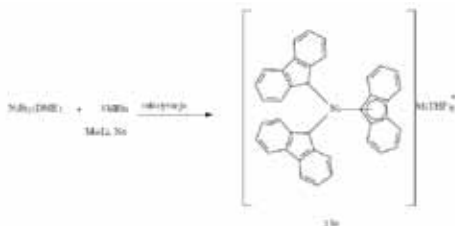
Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla młodych doktorów, CAS/17/POKL

oraz

Antoni Pietrzykowski, Wydział Chemiczny PW,  
Lucjan B. Jerzykiewicz, Uniwersytet Wrocławski

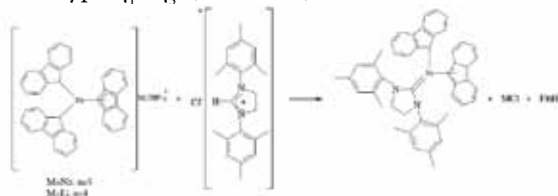
## Synteza kompleksów niklowych z rozszerzonym układem wiązań $\pi$

Od wielu lat w Zakładzie Katalizy i Chemii Metaloorganicznej Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej prowadzono badania nad syntezą oraz strukturą kompleksów cyklopentadienyloniklowych. W ostatnim czasie nasze zainteresowanie rozszerzyliśmy o ligand fluorenyłowy. W wyniku reakcji  $NiBr_2^*(DME)$  z fluorenylolitem, a także fluorenylosodem otrzymałem jonowy kompleks posiadający wiązanie nikiel - fluoren jak dotąd nie opisany w literaturze (schemat 1).



Schemat 1

Związek ten w reakcji z solą karbenu N-heterocyklicznego tworzy szesnastoelektrodowy kompleks posiadający dwa ligandy fluorenyłowe związane z nikiem wiązaniami typu  $\eta_1$  i  $\eta_3$ . (schemat 2).



Schemat 2



## Ocena pierwotnej anizotropii mieszanek mineralno-asfaltowych

Wzrastające natężenie ruchu oraz zwiększający się nacisk osi pojazdów samochodowych na nawierzchnie drogowe powoduje konieczność poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych oraz modyfikacji ich właściwości. Współczesne metody projektowania mieszanek można zaliczyć do metod empirycznych, w których łączy się poszczególne składniki w różnych proporcjach metodą kolejnych przybliżeń aż do uzyskania właściwości optymalnych. W pracy zakłada się wykorzystanie metody analizy obrazu do opracowania uogólnionego modelu struktury mieszanki. Przewiduje się wykonanie trójwymiarowej rekonstrukcji modelu mieszanki w oparciu o badania struktury uzyskane w tomografii rentgenowskiej (X-Ray CT) oraz wykorzystanie metody skanowania powierzchni próbki do opracowania modelu dwuwymiarowego. Praca ma na celu stworzenie uogólnionego opisu struktury w celu analitycznego powiązania parametrów strukturalnych z właściwościami mieszanki. W badaniach będzie rozważany wpływ modelu materiałowego i warunków zagęszczania na tworzenie się struktur izotropowych i anizotropowych.

W pracy zostaną przedstawione wyniki badań budowy wewnętrznej mieszanki mineralno-asfaltowej w aspekcie czynników warunkujących pierwotną anizotropię lepkosprężystego materiału kompozytowego. W pierwszej części pracy analizie poddano wpływ metody zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej na rozkład ziaren mineralnych. Wykonano stanowisko pomiarowe do badań strukturalnych oraz określono możliwości oceny struktury przy pomocy urządzeń optycznych i narzędzi analizy obrazu.

W badaniu zostały przeanalizowane struktury mieszanek mineralno-asfaltowych z uwzględnieniem rozproszenia ziaren mineralnych i punktów styku pomiędzy ziarnami. Do badań wykorzystano próbki mieszanek mineralno-asfaltowych wytworzonych różnymi metodami laboratoryjnymi oraz rzeczywiste próbki materiału pobrane z nawierzchni drogowej.

**Arkadiusz Malinowski**

**Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych**

Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW

Laureat konkursu o stypendium naukowe

dla doktorantów, CAS/16/POKL

oraz

A. Jakubowski, L. Łukasiak, Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW)

D. Tomaszewski, Instytut Technologii Elektronowej

## Analiza wpływu chropowatości szerokości linii na charakterystyki i parametry elektryczne tranzystora TYPU FinFET

### Wstęp

Dalsze skalowanie wymiarów tranzystorów polowych dla kolejnych generacji układów scalonych wykonanych w technologii CMOS napotyka na poważne trudności konstrukcyjne nazwane wspólnie efektami krótkiego kanału [1]. Wraz ze zmniejszającą się odległością między źródłem oraz drenem, maleje zdolność bramki do kontroli przepływu prądu, spada wartość napięcia progowego (ang. threshold voltage roll-off) oraz rośnie (niekorzystna) siła oddziaływania potencjału drenu na źródło - DIBL (ang. drain induced barrier lowering). Aby pokonać wspomniane trudności konieczne jest wprowadzenie do produkcji począwszy (dla niektórych aplikacji) od technologii 22 nm nowej konstrukcji, tj. tranzystorów dwubramkowych. Spośród kilku rozwiązań tranzystorów dwubramkowych najpoważniejszym kandydatem do wprowadzenia do masowej produkcji jest tranzystor typu FinFET [2]. Bardzo cienki obszar aktywny (ang. fin) tego tranzystora jest otoczony przez bramkę, co pozwala na skuteczną redukcję efektów krótkiego kanału do poziomu, który umożliwia produkcję kolejnych generacji układów scalonych.

### Chropowatość szerokości linii

Wprowadzenie do masowej produkcji tranzystorów typu FinFET napotka jednak poważne trudności technologiczne, z których najbardziej krytyczną (również dla tranzystorów jednobramkowych) będzie chropowatość szerokości linii - LWR (ang. line width roughness) [3]. Zjawisko LWR definiuje się jako statystyczny rozrzut wartości szerokości linii w stosunku do jej nominalnej wartości - CD (ang. critical dimension). W przypadku obszaru aktywnego tranzystora

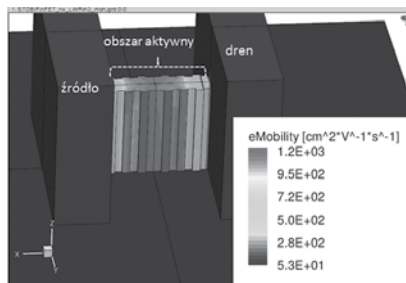
FinFET LWR prowadzi do degradacji parametrów oraz charakterystyk elektrycznych tranzystorów (LWR dotyczy także bramki tranzystora, jego wpływ na obszar aktywny jest jednak znacznie większy) [4]. W związku z tym, że LWR nie skaluje się proporcjonalnie do redukcji wymiarów tranzystora, jego oddziaływanie na parametry elektryczne tranzystorów rośnie. Ostatecznie może to uniemożliwić wytwarzanie kolejnych generacji układów scalonych. Konieczne jest zatem przeprowadzenie analizy wpływu LWR na parametry i charakterystyki elektryczne tranzystorów FinFET.

## Wyniki i wnioski

Struktura tranzystora FinFET spełniająca wymagania konstrukcyjne technologii 22 nm wysokich wydajności HP (ang. high performance) została poddana analizie numerycznej (tabela I, rysunek 1) [1, 5]. Obecne technologie wytwarzania prowadzą do powstawania LWR o wartościach w granicach (3s) 4,5 nm. Na rysunku 2 przedstawiono charakterystyki przejściowe tranzystora (ID-UGS @ UDS=50mV) dla wartości LWR obszaru aktywnego wynoszących odpowiednio 4 nm oraz 5 nm. Dla porównania zamieszczono również charakterystykę tranzystora „idealnego” (LWR 3s=0nm). Chropowatość szerokości linii prowadzi do spadku wartości prądu drenu wywołanej degradacją ruchliwości nośników (rys. 1). Występowanie tego zjawiska w obszarze aktywnym prowadzi także do zmiany jego efektywnej szerokości ( $W_f$ ). Prowadzi to do znacznych rozrzutów napięcia progowego ( $V_{TH}$ ), transkonduktancji ( $g_m$ ) oraz nachylenia charakterystyki prądowo-napięciowej w zakresie podprogowym SS (ang. subthreshold slope) (tabela II).

Tabela I. Specyfikacja tranzystora FinFET HP-22 nm.

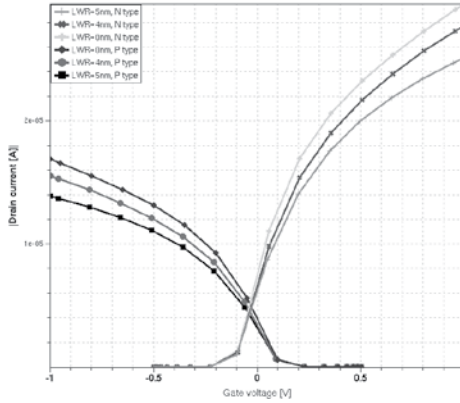
Wymiary	Domieszkowanie
$L_g = 22 \text{ nm}$	$N_{ch} = 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$
$W_f = 20 \text{ nm}$	$N_{hdd} = 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$
$H_f = 60 \text{ nm}$	$N_{ext,n} = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
$t_{ox} = 1.1 \text{ nm}$	$N_{ext,p} = 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$



Rysunek 1 Tranzystor FinFET (długość kanału 22 nm) – rozkładu ruchliwości elektronów w obszarze aktywnym.

Tabela II. Parametry elektryczne tranzystora FinFET dla różnych wartości szerokości obszaru aktywnego  $W_f$

$W_f$ [nm]	$V_{TH}$ [mV]	$g_m$ [ $\mu$ S]	SS [mVdec <sup>-1</sup> ]
18	59.5	211	75
20	29.7	208	84.1
22	26.8	204	90.9



Rysunek 2 Wpływ zjawiska LWR na charakterystyki przejściowe tranzystora FinFET.

## Literatura

- [1] The International Technology Roadmap for Semiconductors: 2009 Edition.
- [2] D. Hisamoto, et al., Tech. Dig. IEDM (1998), pp. 1032-1035.
- [3] K. Kuhn et al., Intel Technology Journal, Volume 12, Issue 2, 2008, pp. 93-110.
- [4] E. Baravelli et al., IEEE Trans. on Nanotechnology, Vol. 7, No. 3, May 2008, pp. 291-298.
- [5] Sentaurus Device User Guide Version E-2010.12, December 2010.

## Podziękowania

*Autor dziękuje za wsparcie otrzymane w ramach stypendium współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego, które przyznawane jest przez Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej w ramach projektu „Program Rozwojowy Politechniki Warszawskiej”.*

**Łukasz Rośliniec**

**Wydział Elektryczny**

Laureat konkursu o naukowe stypendium  
wyjazdowe dla doktorantów, CAS/18/POKL

## Metody eliminujące problemy w przyłączaniu źródeł odnawialnych do sieci elektrycznych zmienna- i stało-prądowych

W ostatnich latach w Polsce zauważalny jest bardzo dynamiczny wzrost udziału źródeł odnawialnych w produkcji energii elektrycznej. Niestety źródła te ze swojej natury są niestabilne, przez co wywołują problemy w sieci: zapady i podskoki napięcia, trwałe obniżenie lub wzrost napięcia, odkształcenia napięcia, a także trudności w bilansowaniu mocy czynnej. Wszystko to negatywnie wpływa na odbiorniki energii elektrycznej, a co za tym idzie, obniża komfort korzystania z energii elektrycznej przez odbiorców. Zatem rozwój stosowanych dziś rozwiązań odnawialnych źródeł energii ma swoje ograniczenia. Coraz częściej inwestorzy, chcąc przyłączyć źródło odnawialne do sieci elektrycznej, spotykają się z odmową, która tłumaczona jest koniecznością modernizacji sieci w okolicy miejsca, do którego źródło miało być przyłączone.

Wiele ośrodków badawczych na całym świecie pracuje nad technikami umożliwiającymi obniżenie negatywnego wpływu źródeł odnawialnych na sieć, a co za tym idzie - nad umożliwieniem przyszłego rozwoju energetyki opartej o źródła odnawialne. Sytuację tę ma poprawić budowa nowoczesnych energoelektrycznych przekształtników pośredniczących między źródłami, a siecią, które są w stanie polepszyć parametry jakości energii elektrycznej. Dodatkowo wykorzystanie zasobników energii elektrycznej bezpośrednio współpracujących ze źródłem odnawialnym może przynieść dodatkowe korzyści, a nawet pozytywnie wpłynąć na zasilanie odbiorników. W tym celu w Zakładzie Elektrowni i Gospodarki Elektroenergetycznej prowadzone są badania mające na celu budowę prototypu układu wytwórczego zawierającego ogniwa słoneczne, baterię kwasowo-ołowiową, a także zestaw przekształtników energii umożliwiających współpracę układów między sobą, a także z systemem elektroenergetycznym.

Autor referatu jest jednym z głównych projektantów układu, a także głównym konstruktorem. Do głównych zadań autora należało: opracowanie ogólnej koncepcji układu, praca nad algorytmem śledzenia maksymalnego punktu mocy baterii słonecznych, budowa falownika łączącego źródło z siecią elektryczną. W referacie autor przedstawi budowę układu oraz jego zasadę działania w poszczególnych stanach pracy.

**Adam Styk**

**Wydział Mechatroniki**

Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla młodych doktorów, CAS/17/POKL

## Badanie drgań rezonansowych mikrosystemów typu MEMS z wykorzystaniem interferometrii z uśrednianiem w czasie i zaawansowanych technik przetwarzania obrazu

Pomiary drgań rezonansowych odgrywają istotną rolę w badaniach urządzeń i systemów mikromechanicznych typu MEMS. Dzięki ich wynikom możliwe jest określenie jakości wykonania badanego urządzenia, jego funkcjonalności oraz sprawdzenie właściwości materiałów wykorzystanych do jego budowy. Gwałtowny rozwój technologii w skali mikro, głównie na polu ilości wytwarzanych elementów (systemów), a także ich jakości i złożoności, wymusza rozwój dotychczasowych oraz powstawanie zupełnie nowych metod pomiarowych, pozwalających na szybkie i bardzo dokładne badanie wybranych parametrów wytwarzanych urządzeń. Optyczne metody pomiarowe spełniają takie wymagania, zapewniając jednocześnie bezkontaktowy i nieinwazyjny charakter pomiaru. Pośród metod optycznych, na szczególną uwagę zasługują metody interferencyjne (koherentne), które pozwalają na wyznaczanie wybranych parametrów obiektu z precyzją sięgającą czasem pojedynczych nanometrów.

Zaproponowanych zostało wiele optycznych metod pozwalających na badanie drgań rezonansowych obiektów mechanicznych. Za najdokładniejszą z nich uznaje się Laserową Wibrometrię Dopplerowską (LWD), która w sposób bezpośredni umożliwia pomiar prędkości i przemieszczenia drgań w paśmie od 0 Hz do kilku MHz (w specjalnych konstrukcjach możliwe jest osiągnięcie zakresu GHz). Jej główną wadą jest wymóg skanowania w dwóch wymiarach w przypadku pomiaru rozkładu amplitudy, jako że metoda realizuje pomiar punktowy. Dlatego też chętnie wykorzystywane są polowe metody optyczne, w których informacja o amplitudzie uzyskiwana jest od razu z całego pola pomiarowego. Rozwiązaniem zasługującym na szczególną uwagę są techniki interferencyjne (interferometria klasyczna, holograficzna, plamkowa) z uśrednianiem w czasie. Ich ogromną zaletą jest prostota układów pomiarowych oraz niezależność od badanej częstotliwości rezonansowej, wadą natomiast skomplikowane przetwarzanie danych w celu uzyskania informacji ilościowej o amplitudzie drgania. Jest to spowodowane kodowaniem powyższej informacji

w rozkładzie intensywności opisanym funkcją Bessela zerowego rzędu pierwszego rodzaju  $J_0$ . Rozkłady prążkowe tego typu zawierają jednocześnie silną modulację tła i kontrastu, zmienne zarówno w czasie, jak i przestrzeni. To powoduje, że zastosowanie standartowych algorytmów przetwarzania obrazów prążkowych jest niewystarczające.

W niniejszej pracy autorzy proponują bardzo ciekawe podejście do analizy rozkładów prążkowych, opisanych funkcją Bessela (besselogramów), poprzez zastosowanie standartowych automatycznych metod analizy obrazów prążkowych. Do przetwarzania tego typu obrazów zaadaptowana została metoda kierunkowej przestrzennej dyskretnej zmiany fazy z częstością nośną. Metoda ta w wersji oryginalnej stosowana jest do analizy obrazów prążkowych o sinusoidalnym rozkładzie intensywności, dlatego też w zastosowaniu do besselogramów wymaga użycia dodatkowej procedury korekcyjnej z wykorzystaniem specjalnie tworzonych tablic korekcyjnych LUT (Look-up-table). W porównaniu do istniejących metod przetwarzania besselogramów proponowana metoda charakteryzuje się znacznie większą dokładnością oraz szybkością działania. Co więcej, nie są wymagane żadne operacje przetwarzania wstępnego, takie jak binaryzacja, szkieletyzacja czy numerowanie prążków. W artykule przedstawione zostały wyniki symulacji numerycznych wskazujące na odporność zastosowanego algorytmu na możliwe błędy pomiarowe oraz potwierdzające je wyniki prac eksperymentalnych.

**Mateusz Śmietana**

**Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych**  
Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki  
Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla młodych doktorów, CAS/2/POKL

## Nanowarstwy na potrzeby czujników światłowodowych

Wzrost zainteresowania zanieczyszczeniem środowiska, potrzeba bezpiecznego i szczegółowego monitorowania procesów technologicznych, a także nowe trendy w diagnostyce medycznej wymuszają zainteresowanie środowiska naukowego małymi, dokładnymi i zintegrowanymi systemami czujnikowymi zdolnymi do pomiaru szeregu parametrów otoczenia. Czujniki światłowodowe stanowią grupę takich systemów, które wyróżniają się szeregiem unikatowych właściwości, przez co są bardzo intensywnie rozwijane. Na szczególną uwagę zasługują nowoczesne rozwiązania, gdzie zastosowano pokrycia cienkowarstwowe mające na celu inicjację lub znaczącą poprawę czułości takich struktur na wybrany czynnik fizyczny lub chemiczny.

Prezentacja obejmuje przegląd zastosowań warstw o nanometrycznej grubości mających na celu poprawę cech funkcjonalnych szeregu czujników światłowodowych. Omówione zostaną wybrane metody otrzymywania cienkich warstw na potrzeby czujników światłowodowych, z uwzględnieniem metod plazmowych pozwalających na uzyskiwanie wysokiej jakości warstw wymaganych w systemach światłowodowych. Przedstawione zostaną wybrane zastosowania struktur w światłowodach z pokryciami nanowarstwowymi wykorzystane do pomiaru zmian współczynnika załamania otoczenia, wilgotności, ciśnienia i temperatury.



## Analiza wybranych metod rozwiązań dla równań obserwacyjnych pseudoodległości kodowych GNSS

Wyznaczenie pozycji odbiornika GNSS (ang. Global Navigation Satellite Systems) polega na rozwiązaniu nieliniowych równań obserwacyjnych pseudoodległości. Obecnie powszechnie stosowane metody iteracyjne wymagają znajomości pozycji przybliżonej odbiornika, a brak odpowiednio dokładnej znajomości tej pozycji może znacznie wpłynąć na poprawność wyznaczenia jej wartości ostatecznej. Alternatywnymi metodami rozwiązań równań obserwacyjnych są metody nieiteracyjne. Ich rozwiązania polegają na bezpośrednim wyznaczeniu pozycji użytkownika bez znajomości jego pozycji przybliżonej, co wpływa na skrócenie cyklu obliczeniowego i pozwala na ich wykorzystanie w nawigacji obiektów poruszających się z dużą prędkością. Niestety, metody bezpośrednie charakteryzuje brak jednoznacznego rozwiązania równań obserwacyjnych GNSS. Referat prezentuje również analizę możliwości wykorzystania danych z efemeryd precyzyjnych, które mogą wpływać na poprawę dokładności uzyskiwanych wyników.

Wnioski końcowe opierają się głównie na ocenie dokładności oraz precyzji uzyskanych współrzędnych. Wskazane zostały również wady i zalety wpływające na realizację rozwiązania równania obserwacyjnego za pomocą wybranych metod.

Słowa kluczowe: GNSS, pseudoodległość, równanie obserwacyjne GNSS, metoda iteracyjna, formy zamknięte, obserwacje kodowe

**Dariusz Wojnowski**

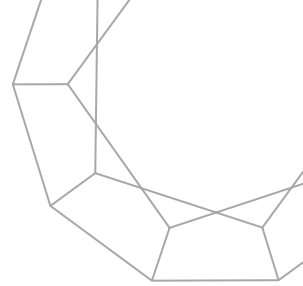
**Wydział Fizyki**

Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Rozdzielczość obrazowania w promieniowaniu EUV- modelowanie

W swojej pracy przedstawię efektywny algorytm pozwalający modelować obrazowanie w promieniowaniu o długości fali rzędu kilkunastu nanometrów (Extreme UltraViolet - EUV). Obrazowanie odbywa się przy użyciu dyfrakcyjnej amplitudowej soczewki Fresnela umieszczonej w układzie mikroskopowym. Ponieważ układ charakteryzuje się małą aperturą numeryczną, można przyjąć jego izoplanarność. Zatem uzasadnione jest użycie do modelowania funkcji PSF. Omówię także wpływ częstości próbkowania widma użytego źródła na czas obliczeń oraz na jakość wyników. Metoda modelowania będzie podlegać weryfikacji opartej na rzeczywistych wynikach otrzymywanych w mikroskopie EUV zbudowanym w Instytucie Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej.

Kluczowym parametrem układów obrazujących w zakresie SXR/EUV jest osiągnięta rozdzielczość. W związku z tym, głównym zadaniem proponowanego algorytmu jest możliwość oceny układów obrazujących pod tym właśnie względem. Rozdzielczość jest zależna m.in. od widma źródła promieniowania. W swojej pracy, obok analizy proponowanego algorytmu, przedstawię także wyniki modelowania wraz z porównawczymi wynikami eksperymentalnymi dla wybranych próbek.



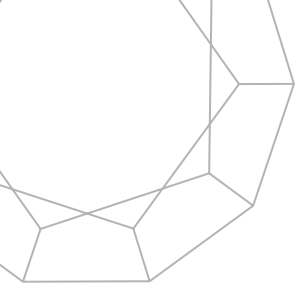
# Abstrakty / prezentacje ustne





## Spis treści

<b>Elżbieta Jędrych</b> / Systemy <i>lab-on-a-chip</i> wykorzystywane do hodowli i analizy komórek adherentnych	strona 31
<b>Monika Mroczkiewicz</b> / Przepływowo - wstrzykowy potencjometryczny system do oznaczania sumy kwasów karboksylowych	strona 33
<b>Karolina Tomczyk</b> / Wykorzystanie kwasu winowego w syntezie poliestrów	strona 34
<b>Ewelina Ciecierska</b> / Wytwarzanie, struktura i właściwości kompozytów na bazie polimerów epoksydowych modyfikowanych dodatkiem nanorurek węglowych	strona 35
<b>Tomasz Brynk</b> / Zastosowanie pomiarów pola przemieszczeń do badań przebiegu pęknięcia w minipróbkach metali i stopów	strona 36
<b>Aleksandra Arcipowska</b> / Wspomaganie decyzji o wyborze scenariusza rozwoju energetyki niskoemisyjnej metodą analizy wielokryterialnej z udziałem społecznym	strona 37
<b>Piotr Firek</b> / Technologia nowej generacji czujnika wodoru i jego związków dla zastosowań w warunkach ponadnormalnych	strona 39
<b>Anna Kalbarczyk</b> / Właściwości szkielec srebrowo-wanadanych otrzymanych tradycyjnymi metodami szybkiego chłodzenia i wirujących walców oraz metodą mechanosyntezy	strona 40
<b>Izabela Ducin</b> / Metoda barwnej holograficznej projekcji obrazów w oparciu o wykorzystanie przestrzennych modulatorów światła	strona 42
<b>Grzegorz Jaworski</b> / NEDA - nowa jakość w badaniach spektroskopowych neutrono-deficytowych jąder atomowych	strona 44
<b>Jacek Fiedorowicz</b> / Wpływ idei miasta-ogrodu na zabudowę podmiejską m.st. Warszawy okresu międzywojennego	strona 45
<b>Armen Jaworski</b> / Optymalizacja aerodynamiczna - zastosowanie metody operatora sprzężonego	strona 46



**Elżbieta Jędrych**

**Wydział Chemiczny**

Laureatka konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

oraz

Zbigniew Brzózka, Wydział Chemiczny

## Systemy *lab-on-a-chip* wykorzystywane do hodowli i analizy komórek adherentnych

Nauki biologiczne, w tym inżynieria komórkowa odgrywa istotną rolę w medycynie, np. ze względu na możliwość badania mechanizmu działania substancji o potencjalnym działaniu leczniczym czy określania wpływu tych związków na organizmy żywe. Dotychczasowe analizy prowadzone na liniach komórkowych prowadzone są w klasycznych, wyspecjalizowanych laboratoriach, wymagających dużych nakładów finansowych. W ostatnich latach pojawił się trend pozwalający na wykorzystanie miniaturowych systemów analitycznych (*Lab-on-a-chip*) jako potencjalnego narzędzia w inżynierii komórkowej. Zastosowanie mikrosystemów pozwala na poznanie nowych aplikacji dotychczas niebadanych. Ponadto zmminiaturyzowanie badań biologicznych skraca czas analizy oraz znacznie obniża koszty np. poprzez redukcję używanych reagentów czy materiału biologicznego. Mikroprzepływowe systemy pozwalają na obserwację w czasie rzeczywistym interakcji komórkowych oraz wpływu czynników zewnętrznych w dotychczas niebadanych, przepływowych warunkach.

Celem badań było wykonanie miniaturowych systemów umożliwiających hodowlę oraz analizę komórek adherentnych. Jako materiały konstrukcyjne wykorzystano biokompatybilne szkło oraz PDMS – poli(dimetylosiloksan). Materiały te zostały zbadane pod względem możliwości wykorzystania ich do hodowli komórek adherentnych. Miniaturowy system zawierał w swej strukturze szereg mikrokomór zapewniających miejsce wzrostu komórek oraz mikrokanaly przeznaczone do wprowadzania substancji. Przeprowadzono hodowlę linii komórkowych: A549 (nowotwór płuc) HT29 (nowotwór jelita grubego) oraz Balb/3T3 (mysie fibroblasty).

Proliferyjące komórki w mikrokomorach poddano działaniu związkowi najczęściej wykorzystywanym w chemioterapii nowotworu. Ponadto przeprowadzono oznaczania wpływu kwasu 5-aminolewulinowego (5-ALA – wykorzystywanego w terapii fotodynamicznej-PDT) na komórki prawidłowe (Balb/3T3) oraz komórki nowotworowe (A549).

Zaprojektowane mikroukłady umożliwiły przeprowadzenie hodowli komórkowej różnych linii komórkowych oraz przeprowadzenie na nich testów żywotności z wykorzystaniem związków o działaniu przeciwnowotworowym. Zaproponowane systemy „*Lab-on-a-Chip*” są rozwiązaniami pozwalającymi na przeprowadzenie i ocenę procedur PDT, jednocześnie wykorzystując szereg zalet wynikających z miniaturyzacji. Badania potwierdziły możliwość wykorzystania miniaturowych systemów jako potencjalnych narzędzi wykorzystywanych w inżynierii komórkowej.



**Monika Mroczkiewicz**

**Wydział Chemiczny**

Laureatka konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

oraz

Łukasz Górski, Elżbieta Malinowska, Wydział Chemiczny

## Przepływowo - wstrzykowy potencjometryczny system do oznaczania sumy kwasów karboksylowych

Alifatyczne kwasy karboksylowe wchodzą w skład próbek pochodzących z żywności, napojów, przemysłu farmaceutycznego oraz gleb. Stanowią produkty częściowej hydrolizy większych związków – węglowodanów, tłuszczu i białek. Całkowite stężenie kwasów karboksylowych (LKT – lotne kwasy tłuszczowe) jest także głównym parametrem podczas kontroli przebiegu fermentacji metabolicznej [1, 2].

W ramach niniejszej pracy skonstruowany został układ przepływowo – wstrzykowy z detekcją potencjometryczną do oznaczania sumy kwasów karboksylowych. System detekcyjny zbudowany jest z dwóch elektrod jonoselektywnych (ang. ISE – Ion Selective Electrode) różniących się selektywnością. Pierwsza z nich, zawiera jako jonofor tetrafenyloporfiryne cyrkonowa – ZrTPP. Membrana tej elektrody jest selektywna na aniony kwasów karboksylowych. Membrana drugiej elektrody detekcyjnej zamiast jonoforu zawiera lipofilowy wymiennicz anionów - chlorek tridodecylometyloamoniowy – TDMAC. Odpowiedź tej elektrody podyktowana jest więc szeregiem lipofilowości anionów (szereg Hofmeistera). Ostateczną odpowiedzi systemu detekcyjnego stanowi wypadkowa sygnałów pochodzących od obu elektrod.

Opracowany układ zastosowany został do oznaczania całkowitego stężenia kwasów karboksylowych zarówno w próbkach sztucznych, jak i rzeczywistych – pochodzących z reaktora do fermentacji metabolicznej. Zastosowanie zaproponowanego systemu detekcyjnego pozwala na uniezależnienie odpowiedzi układu od składu badanej mieszaniny (różny stosunek badanych kwasów w mieszaninie). Uzyskane wyniki są zgodne z otrzymanymi dla tych samych próbek z wykorzystaniem metody referencyjnej – komercyjnej optycznej metody analizy LKT.

### Literatura

[1] P. Weiland Appl. Microbiol. Biotechnol. 2010, 85, 849.

[2] Q. Wang, M. Kuninobu, H. I. Ogawa, Y. Kato, Biomass and Bioenergy 1999, 16, 407.

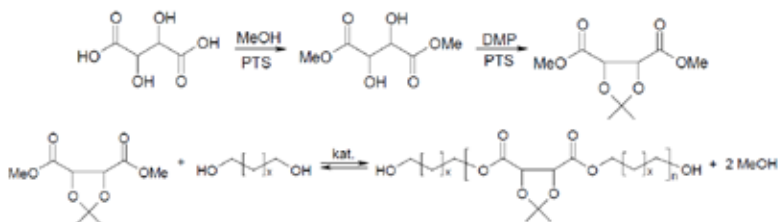
**Karolina Tomczyk**

**Wydział Chemiczny**

Laureatka konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Wykorzystanie kwasu winowego w syntezie poliestrów

Kwas winowy jest to związek naturalny, występujący w owocach, w szczególności winogronach. Ze względu na swoją nietoksyczność jest wykorzystywany m. in. jako dodatek do żywności regulujący kwasowość. Otrzymuje się z wodorowinianu potasu, który osadza się w beczkach przy fermentacji wina. Posiada on w swojej cząsteczce dwie drugorzędowe grupy hydroksylowe, które nadają znaczną hydrofilowość. Zabezpieczenie grup OH pozwala na wprowadzenie go do łańcucha polimeru unikając procesu rozgałęzienia i sieciowania.



W pracy zabezpieczone zostały grupy hydroksylowe cyklicznym acetalem, a następnie tak zabezpieczoną pochodną poddano procesowi polikondensacji z 1,3-propanodiolem lub innym diolem w temperaturze 160°C pod zmniejszonym ciśnieniem. Dzięki zastosowaniu tej pochodnej polimery wykazują dużą hydrofilowość, przez co dużą szybkość (bio)degradacji. Badania in vivo wykazały, że polimery na bazie kwasu winowego charakteryzują się też dobrą biokompatybilnością [1]. W prezentowanej pracy badam różnicę szybkości biodegradacji i degradacji hydrolytycznej w roztworach buforowych o różnym pH (2,0; 7,0; 10,0) w temperaturze 37°C. Tego typu poliestry mogą być wykorzystane w medycynie, jak również do wytwarzania biodegradowalnych opakowań.

### Literatura

[1] M. Ahlers, V. Krone, A. Walch; Adv. Mater., 3, 4 (1992)

**Ewelina Ciecierska**

**Wydział Inżynierii Materiałowej**

Laureatka konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Wytwarzanie, struktura i właściwości kompozytów na bazie polimerów epoksydowych modyfikowanych dodatkiem nanorurek węglowych

Udział materiałów kompozytowych w lotnictwie w ostatnich latach gwałtownie wzrasta. Na przykład w najnowszym Boeingu 787 „Dreamliner” poszycie kadłuba zostało wykonane prawie w całości z kompozytów polimerowych, których podstawową zaletą jest duża sztywność i wytrzymałość przy bardzo niskiej gęstości. Wadą tego typu materiałów jest jednak niskie przewodnictwo elektryczne, co stanowi szczególne zagrożenie w przypadku uderzeń piorunem.

Zwiększenie przewodnictwa osnowy polimerowej można uzyskać poprzez zastosowanie dodatku proszków metali, co skutkuje zwiększeniem masy kompozytu. Znacznie bardziej obiecującym kierunkiem jest modyfikacja osnowy poprzez dodatek nanorurek węglowych.

Celem pracy jest zwiększenie przewodnictwa elektrycznego żywic epoksydowych oraz poprawa ich właściwości mechanicznych i termicznych. W pracy stosowano różne metody dyspersji, oraz różne rodzaje nanorurek węglowych modyfikowanych i niemodyfikowanych. Zbadano zarówno wpływ długości nanorurek jak i sposobu modyfikacji ich powierzchni grupami funkcyjnymi na przewodnictwo elektryczne. Określono także wpływ parametrów utwardzania na właściwości elektryczne.

**Tomasz Brynk**

**Wydział Inżynierii Materiałowej**

Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Zastosowanie pomiarów pola przemieszczeń do badań przebiegu pęknięcia w minipróbkach metali i stopów

Badania przebiegu pęknięcia w materiałach konstrukcyjnych mają bardzo duże znaczenie w inżynierii. Zwykle są one przeprowadzane, zgodnie z odpowiednimi normami, na próbkach o stosunkowo dużych rozmiarach z naciętym karbem oraz wykonanym przepęknięciem zmęczeniowym. Istnieją sytuacje, dla których nie jest możliwe wykonanie znormalizowanych próbek ze względu na małą objętość dostępnego materiału. Przykładem mogą być materiały pobrane ze spoin, małych elementów lub próbki wycięte z materiałów po dużym odkształceniu plastycznym. Konieczne jest wtedy stosowanie minipróbek. Ich użycie wiąże się jednak z szeregiem problemów, zarówno z pomiarami przemieszczeń, jak również z porównaniem otrzymanych wyników z wynikami dla próbek standardowych.

Celem prezentowanej pracy jest opracowanie metodyki badawczej dla prób badania szybkości propagacji pęknięć zmęczeniowych przeprowadzanych na minipróbkach. Do pomiarów przemieszczeń użyto metodę cyfrowej korelacji obrazów (ang. DIC). Metoda ta pozwala na bezkontaktowe pomiary pól przemieszczeń z wykorzystaniem cyfrowych zdjęć specjalnie przygotowanej powierzchni próbki, zarejestrowanych przed i po odkształceniu. Uzyskane mapy przemieszczeń wokół wierzchołka pęknięcia wykorzystano do wyznaczenia współczynników intensywności naprężeń oraz położenia wierzchołka pęknięcia z użyciem metody odwrotnej. Do tego celu opracowano odpowiednie algorytmy komputerowe.

Działanie stworzonych algorytmów przetestowano na próbkach standardowych, z równoczesnym pomiarem przemieszczeń na krawędzi próbek za pomocą ekstensometru elektromechanicznego, jak również na mini próbkach z równoczesnym wykorzystaniem manualnego pomiaru długości pęknięcia. Ostatnim etapem badań będą próby na minipróbkach pobranych z materiałów po dużym odkształceniu plastycznym.

**Aleksandra Arcipowska**  
Wydział Inżynierii Środowiska

Laureatka konkursu o naukowe stypendium wyjazdowe, CAS/3/POKL  
oraz konkursu o stypendium naukowe dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Wspomaganie decyzji o wyborze scenariusza rozwoju energetyki niskoemisyjnej metodą analizy wielokryterialnej z udziałem społecznym

Tworzenie długoterminowych strategii dla rozwoju energetyki jest złożonym zadaniem. Poza prognozami w zakresie zapotrzebowania na energię i paliwa, organ odpowiedzialny zobowiązany jest do przeprowadzenia wielowariantowej analizy scenariuszy rozwoju, opracowania strategicznej oceny oddziaływania na środowisko, jak również przeprowadzenia szerokich konsultacji społecznych.

Istnieje szereg narzędzi analitycznych, które wspomagają proces strategicznego planowania oraz proces decyzyjny. Ich głównym celem jest dostarczenie niezbędnych informacji dla zrozumienia problemu, jak również jego rozwiązania. Dodatkowo, wiele z dostępnych technik, pozwala na włączenie do procesu konsultacji społecznych, co ma z kolei wpływ na transparentność i obiektywizm podejmowanych decyzji.

Celem pracy doktorskiej jest zaproponowanie innowacyjnego rozwiązania w zakresie wspomaganie decyzji na potrzeby długoterminowych strategii i polityk energetycznych. W pracy przedstawiono rozwiązania oparte na połączeniu metodologii analizy scenariuszowej oraz analizy wielokryterialnej. Obok teoretycznych rozważań, zaproponowano jego praktyczne zastosowanie dla studium przypadku rozwoju sektora energetycznego w Polsce w perspektywie roku 2050.

**Analiza scenariuszowa** jest podstawowym narzędziem dla długoterminowych rozważań nad przyszłością energetyki. Pozwala ona na przedstawienie możliwych ścieżek rozwoju, z uwzględnieniem zmian technicznych, ale również zmian w zachowaniu konsumentów. Pozwala również na szczegółową analizę, zarówno po stronie wytwarzania energii, jak również jej konsumpcji (zapotrzebowania). Istnieje, szereg metod i modeli tworzenia scenariuszy energetycznych; W pracy wykorzystano równowagi sektora energetycznego - model WSMS opracowany przez Instytut ds. Klimatu, Energii, i Środowiska w Wuppertalu.

**Analiza wielokryterialna** jest narzędziem wspomagania decyzji, ale jednocześnie formą oceny oddziaływania (również oddziaływania na środowisko). Atutem metody jest możliwość włączenia do analizy szeregu kryteriów (technologicznych, ekonomicznych, środowiskowych społecznych), względem których oceniane są poszczególne scenariusze. Rekomendacja dotycząca „najlepszego” rozwiązania sporządzana jest w oparciu o preferencje nie tylko decydenta, ale również grup zainteresowania (biznes, organizacje pozarządowe, administracja, itd.) biorących udział w procesie. Na potrzeby pracy doktorskiej, uwzględniono metodę outrankingową analizy wielokryterialnej.

**Studium przypadku dla Polski**, obejmuje analizę 4 scenariuszy rozwoju sektora energetycznego w perspektywie roku 2050. Ścieżki rozwoju zostały stworzone na podstawie istniejących dokumentów przygotowanych przez organizacje rządowe i pozarządowe. Scenariusze zostały opracowane w modelu WMSM, i ocenione względem 12 kryteriów zrównoważonego rozwoju. Rekomendacje dot. kształtu przyszłej polityki energetycznej dla Polski, przedstawiono w oparciu o konsultacje z ekspertami.

Słowa kluczowe: analiza scenariuszowa, analiza wielokryterialna, zrównoważona energetyka, analiza niepewności.

## Technologia nowej generacji czujnika wodoru i jego związków dla zastosowań w warunkach ponadnormatywnych

Warstwy zawierające pallad są stosowane w konstrukcjach czujników wodoru i jego związków. Rozmiar ziaren palladu i ich rozkład w istotny sposób wpływa na czułość, możliwości detekcyjne i rozpuszczanie wodoru w palladzie.

Struktury czujnikowe zostały zrealizowane jako układ warstw wytworzonych w kolejnych procesach typu chemicznego i fizycznego osadzania z fazy gazowej (CVD - chemical vapor deposition, PVD - physical vapor deposition). W pierwszej kolejności na podłoża krzemowe (krzem monokrystaliczny i krzem porowaty) naniesiono warstwę diamentopodobną (DLC - diamond-like carbon) w procesie chemicznego osadzania z fazy gazowej wspomaganym plazmą o częstotliwości radiowej (RF PACVD - radio frequency plasma assisted chemical vapor deposition) lub diamentową wytworzoną metodą gorącego włókna HF (Hot Filament) CVD. Ich zadaniem była poprawa adhezji obszarów aktywnych czujnika oraz izolacja elektryczna osadzanych w dalszej kolejności warstw od wpływu podłoża krzemowego.

W następnym etapie powstawał obszar czuły sensora poprzez osadzenie fizycznie z fazy gazowej warstwy węglowej zawierającej pallad. W kolejnym kroku, w procesie chemicznego osadzania z fazy gazowej w obecności ksylenu i argonu, w podwyższonej temperaturze (650°C) następowała przebudowa i powstawała warstwa zawierająca nanokrystaliczny pallad. Ostatnim z etapów odpowiadających za wytworzenie czujnika było osadzenie elektrod poprzez naporowywanie próżniowe metalu przy użyciu wiązki elektronowej.

Wykonane w powyższy sposób struktury czujników w kolejnych etapach prac będą testowane na wpływ wodoru i jego związków, a ostatecznie montowane i pakowane w obudowy.

**Anna Kalbarczyk**  
Wydział Fizyki

Laureatka konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL  
oraz

Jerzy E. Garbarczyk, Marek Wasiucionek, Wydział Fizyki PW  
Maja Mroczkowska, Instytut Nafty i Gazu, Warszawa

## Właściwości szkieł srebrowo-wanadanowych otrzymanych tradycyjnymi metodami szybkiego chłodzenia i wirujących walców oraz metodą mechanosyntezy

Za pomocą różnych metod otrzymano amorficzne przewodniki superjonowe, w celu sprawdzenia jak zmieniają się ich właściwości fizyczne. Niezwykle interesującą grupę w tym aspekcie stanowią szkła srebrowo-wanadanowe [1]. Niniejsza praca ukazuje w jaki sposób metoda otrzymywania materiału wpływa na fizyczne właściwości szkieł superjonowych z rodziny  $50\text{AgI}\cdot 30\text{Ag}_2\text{O}\cdot 20\text{V}_2\text{O}_5$ . Próbkę zostały pozyskane na trzy sposoby: i) tradycyjną metodą szybkiego chłodzenia melt-quenching, ii) metodą szybkiego chłodzenia pomiędzy wirującymi walcami twin rollers oraz iii) metodą mechanosyntezy ball-milling. We wszystkich trzech przypadkach materiałem wyjściowym były:  $\text{AgI}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$  oraz  $\text{V}_2\text{O}_5$ . W przypadku tradycyjnej metody szybkiego chłodzenia, szkło powstało w wyniku dwuetapowego procesu wygrzewania ostatecznie do około  $600^\circ\text{C}$ . Roztopiona masa szklista została szybko wylana na stalową płytę w temp. pokojowej. Szybkość chłodzenia w wyniku tego procesu wynosiła około  $102\text{-}103\text{ K/s}$ . W przypadku metody wirujących walców, roztopiona masa szklista została wylana pomiędzy ultra szybko wirujące bębny. Szybkość chłodzenia podczas tego procesu to  $103\text{-}105\text{ K/s}$ . Ostatnią wykorzystywaną metodą była mechanosynteza. Pozwala ona otrzymać materiał amorficzny w temperaturze pokojowej. Synteza próbek przebiegała w wyniku długotrwałego mielenia w młynie planetarnym materiałów wyjściowych. Mielenie trwało  $46\text{ h}$ , natomiast prędkość wirowania wynosiła  $500$  obrotów na minutę. Szczegóły dotyczące użytych metod są zawarte w przypisanych publikacjach [2-4]. W celu zbadania właściwości niniejszych materiałów wykorzystano: dyfrakcję rentgenowską (XRD), różnicową kalorymetrię skaningową (DSC), spektroskopię Ramana (IR), spektroskopię w podczerwieni (FTIR) oraz spektroskopię impedancyjną (IS).



We wszystkich trzech przypadkach XRD wykazało, iż badane materiały są amorficzne. Dzięki DSC wiadomo, że temperatura przejścia szklistego oraz krystalizacji są podobne ( $T_g \approx 65^\circ\text{C}$ ,  $T_c \approx 100^\circ\text{C}$ ). Natomiast istotne różnice strukturalne pomiędzy próbkami pozyskanymi tradycyjnymi metodami szybkiego chłodzenia a mechanosyntezą wykazała spektroskopia impedancyjna. W przypadku pozostałych metod materiały otrzymane na drodze syntezy słabo różnią się od tych otrzymanych z roztopionej masy szklistej.

#### Literatura:

- [1] H.Takahashi, K.Shishitsuka, T.Sakuma, Y.Shimojo, Y.Ishii, Solid State Ionics 113-115 (1998) 685.
- [2] J.L.Nowioski, M.Mroczkowska, J.R.Dygas, J.E.Garbarczyk, M.WasiucioneK, Solid State Ionics 176 (2005) 1775.
- [3] J.L.Nowioski, J.E.Garbarczyk, M.WasiucioneK, S.Gierlotka, Phys. Chem. Glasses 47 (2006) 344.
- [4] J.L.Nowioski, A. Łasioska, A. Czajkowska, J.E. Garbarczyk, M. WasiucioneK, G.Z. Żukowska, Solid State Ionics 179 (2008) 206.

**Izabela Ducin**

Wydział Fizyki

Laureatka konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Metoda barwnej holograficznej projekcji obrazów w oparciu o wykorzystanie przestrzennych modulatorów światła

Barwna rekonstrukcja obrazów dwuwymiarowych otrzymana jest przez jednoczesne oświetlenie syntetycznego hologramu Fouriera trzema wiązkami laserowymi o długościach fali odpowiadających barwom podstawowym. Projekcja hologramów syntetycznych odbywa się przez adresowanie ich na przestrzenny modulator światła (ang. SLM – Spatial Light Modulator). W oparciu o wykorzystanie powyższej metody uzyskano wysokiej jakości barwne obrazy. Główną trudnością w osiągnięciu obrazów charakteryzujących się jakością telewizyjną jest występowanie w rekonstrukcji zerowego rzędu dyfrakcyjnego. Jest to następstwem ograniczonego współczynnika wypełnienia oraz nieliniowej modulacji fazy używanych w przestrzennych modulatorach światła. Niektóre konfiguracje układów optycznych stwarzają możliwość skupienia zerowego rzędu ugięcia w punkt i wyeliminowanie go przy użyciu dopasowanego metoda fotograficzną filtru amplitudowego.

W niniejszej pracy przedstawione zostały wyniki eksperymentalne barwnej rekonstrukcji uzyskanej w wyniku przesunięcia zerowego rzędu dyfrakcyjnego wzdłuż osi optycznej i w obu kierunkach prostopadłych do niej oraz wycięcie go filtrem dopasowanym. Przesunięcie zerowego rzędu ugięcia jest możliwe dzięki wprowadzeniu odpowiedniego czynnika fazowego do hologramów adresowanych na SLM. Negatywne efekty, wynikające z dodania czynnika fazowego, zostały skompensowane w procesie projektowania iterowanych, syntetycznych hologramów Fouriera. W rezultacie uzyskano możliwość rekonstrukcji barwnej o wysokiej jakości, zarówno obrazów statycznych, jak i sekwencji animowanych, bez obecności zerowego rzędu dyfrakcyjnego. Dodatkowo w procesie tworzenia hologramów syntetycznych i ich odtwarzania została wykorzystana metoda uśredniania spekli, która pozwoliła na znaczną redukcję zaszumienia powstałego w wyniku numerycznego tworzenia hologramów, jak i pochodzącego od chropowatości używanego w doświadczeniu ekranu.

Brak elementów obrazujących w układzie rekonstruuującym obraz za-

pewnia wiele cech istotnych z punktu widzenia potencjalnych zastosowań praktycznych. Prezentowana metoda barwnych rekonstrukcji może stanowić alternatywę dla klasycznej projekcji opierającej się na wykorzystaniu soczewek, głównie dzięki możliwości zaprojektowania ultra-kompaktowego wyświetlacza holograficznego oraz jego wysokiej nieczułości na tzw. martwe piksele i inne ewentualnie zgromadzone na nim zabrudzenia.

**Grzegorz Jaworski**

Wydział Fizyki

Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## NEDA - nowa jakość w badaniach spektroskopowych neutrono-deficytowych jąder atomowych

Badanie struktury neutronodeficytowych egzotycznych jąder atomowych, do tej pory niedostępnych eksperymentalnie, wymaga rozwinięcia i wdrożenia technik efektywnej rejestracji produktów reakcji fuzji-ewaporacji. Spośród wszystkich produktów reakcji jądrowych neutrony sprawiają największe trudności w detekcji. Po pierwsze wynika to z tego, że w najlepszych materiałach do rejestracji tych cząstek oddziaływania kwantów  $\gamma$  i neutronów są równie prawdopodobne, a kształty generowanych sygnałów są niemal identyczne. Po wtóre, pojedynczy neutron może ulegać kilkakrotnemu rozproszeniu w układzie wielu detektorów, imitując oddziaływania kilku cząstek, w wyniku czego, określenie rzeczywistej krotności oddziałujących neutronów jest trudne. Prawdopodobieństwo emisji dwóch lub więcej neutronów z neutronodeficytowego jądra złożonego jest bardzo małe, a jednocześnie taka emisja prowadzi do najbardziej interesujących nuklidów. Dobrze działający układ winien więc, z tła przypadków bez emisji neutronów, bądź z emisją jednego neutronu, wyodrębnić te zdarzenia, w których nastąpiła emisja większej liczby cząstek tego typu.

Obecnie projektowany jest nowy układ rejestrujący neutrony – NEDA (Neutron Detector Array). Układ ten winien skutecznie rozróżniać oddziaływania neutronów i kwantów  $\gamma$  oraz efektywnie wybierać przypadki fuzji-ewaporacji, w których zostały wyemitowane 2-3 neutrony. Możliwe jest to dzięki odpowiedniemu zaprojektowaniu geometrii całego układu (w którym znajdzie się od kilkudziesięciu do 200 pojedynczych detektorów) oraz efektywnemu rozróżnianiu neutronów i kwantów  $\gamma$ , opartemu na analizie kształtu impulsu (PSD).

W wystąpieniu przedstawiony zostanie aktualny stan prac prowadzących do zbudowania układu detektorów neutronowych NEDA. Zarysowana zostanie przedsięwzięta droga prowadząca do znalezienia optymalnej wielkości pojedynczego detektora, optymalnych rozmiarów, granularności i pokrycia kąta bryłowego przez cały układ. Pokazane zostanie wykorzystanie cyfrowego przetwarzania sygnałów i analizy kształtu impulsu dla rozróżniania sygnałów pochodzących od neutronów i kwantów  $\gamma$ .

## Wpływ idei miasta-ogrodu na zabudowę podmiejską m.st. Warszawy okresu międzywojennego

W okresie 20-lecia międzywojennego na terenach przyłączonych do obszaru Wielkiej Warszawy po roku 1916 oraz położonych w okolicach miasta w promieniu do 50 km, w wyniku intensywnego procesu parcelacji gruntów rolnych i leśnych pod jednorodzinną zabudowę mieszkaniową, powstało kilkadziesiąt osiedli podmiejskich i letniskowych. Proces ten wpłynął na obecny kształt i sposób zabudowy miasta, determinując jego dalszy rozwój przestrzenny. Natomiast jednorodzinna zabudowa mieszkaniowa zrealizowana na działkach budowlanych powstałych w wyniku tego procesu kształtuje współczesny model budownictwa mieszkaniowego na terenach miejskich oraz położonych w okolicach m.st. Warszawy.

W referacie zostanie przedstawiony wpływ idei miasta-ogrodu sir Ebeneza Howarda na proces parcelacji i rozwój zabudowy podmiejskiej oraz na aktualny kształt i rozwój przestrzenny m.st. Warszawy. W części 1 zostanie omówiony stan zagospodarowania i zabudowy m.st. Warszawy w tym okresie oraz uwarunkowania i czynniki, które wpłynęły na ów proces. W części 2 zostaną przedstawione podstawowe zasady wraz z przykładowymi realizacjami idei Howarda w Europie. W części 3 zostanie przeprowadzone porównanie układów przestrzennych oraz zabudowy wybranych parcelacji zrealizowanych w omawianym okresie z głównymi zasadami miasta-ogrodu sir Ebeneza Howarda.

W podsumowaniu zostaną przedstawione zarówno wyniki przeprowadzonej analizy, jak i wnioski odnoszące się do przedstawionych zagadnień, w nawiązaniu do współczesnych koncepcji dotyczących kształtowania układów przestrzennych oraz zagospodarowania terenów położonych w okolicach m.st. Warszawy.

**Armen Jaworski**  
Wydział Mechaniki, Energetyki i Lotnictwa  
Laureat konkursu o stypendium naukowe  
dla doktorantów, CAS/16/POKL

## Optymalizacja aerodynamiczna - zastosowanie metody operatora sprzężonego

Optymalizacja aerodynamiczna pozwala na uzyskanie lepszych rozwiązań niż inne metody projektowania jednocześnie, umożliwiając szybsze uzyskanie wyników. Obecnie najczęściej stosowane metody optymalizacji związane są z algorytmami genetycznymi. Ich duża popularność wynika z możliwości zastosowania istniejących narzędzi obliczeniowych, potrzebne są tylko kolejne przybliżenia funkcjonału. Algorytmy te są jednak bardzo kosztowne, wymagają tysięcy obliczeń funkcjonału. Wymusza to zastosowanie bardzo uproszczonych modeli fizycznych. Alternatywnym rozwiązaniem są metody gradientowe, które, wykorzystując metodę operatora sprzężonego (metodę adjoint) do obliczenia gradientu [1], mogą być wielokrotnie szybsze od metod genetycznych. Koszt obliczenia gradientu jest w tym przypadku równy kosztowi kilku obliczeń funkcjonału i jednocześnie jest niezależny od liczby zmiennych projektowych [2].

Nawet w przypadku zaawansowanych metod optymalizacji głównym ograniczeniem w zastosowaniach przemysłowych jest ich duży koszt obliczeniowy. Adaptacja siatek pozwala na zwiększenie dokładności obliczeń przy jednoczesnym zmniejszeniu wymaganych zasobów obliczeniowych. Metodę operatora sprzężonego można również wykorzystać do obliczenia wrażliwości siatki obliczeniowej na funkcje celu, typu opór aerodynamiczny czy siła nośna. Taką informację można wykorzystać do zbudowania metody, która pozwoli na otrzymanie mniejszych siatek obliczeniowych przy zachowaniu zadanego błędu rozwiązania.

Celem pracy jest stworzenie algorytmu optymalizacji aerodynamicznej wykorzystującego efektywnie metodę operatora sprzężonego jednocześnie do optymalizacji i adaptacji siatki. Główną trudnością tak postawionego zadania jest znalezienie odpowiedniego sposobu na połączenie wymienionych procesów w taki sposób, aby jak najszybciej otrzymać poszukiwany optymalny wynik.

[1] A. Jameson, L. Martinelli, and N.A. Pierce. Optimum aerodynamic design using the Navier-Stokes equations. *Theor. Comp. Fluid. Dyn.* Vol. 10, 213-237, 1998.

[2] A. Jaworski, P. Cusdin, and J.-D. Müller. Uniformly converging simultaneous time-stepping methods for optimal design. *Eurogen 2005*, Monachium.

