

# XXIII Ogólnopolska Konferencja Kryształy Molekularne 2024

Poznań – Dymaczewo Nowe, 9-13 września 2024

---



Instytut Fizyki Molekularnej  
Polskiej Akademii Nauk

**MATERIAŁY**  
**XXIII OGÓLNOPOLSKIEJ**  
**KONFERENCJI**  
**KRYSZTAŁY MOLEKULARNE 2024**



*Stary Marych – poznański gawędziarz (ul. Półwiejska w Poznaniu)*

**POZNAŃ – DYMACZEWO NOWE, 9-13 WRZEŚNIA 2024**

Materiały konferencyjne powstały w oparciu o streszczenia wystąpień ustnych i plakatowych, które nadesłane zostały przez uczestników konferencji. Organizatorzy konferencji Kryształy Molekularne 2024 nie ponoszą odpowiedzialności za ich treść.

Projekt okładki i redakcja: Organizatorzy KM'24

Fotografie: Arkadiusz Frąckowiak

Wydawca: Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk

ISBN: 978-83-968462-9-7

## SPIS TREŚCI

<b>Przedmowa</b> .....	<b>4</b>
<b>Organizator, Miejsce konferencji, Patronat honorowy</b> .....	<b>5</b>
<b>Sponsor</b> .....	<b>6</b>
<b>Koncert</b> .....	<b>7</b>
<b>Poprzednie konferencje i ich organizatorzy</b> .....	<b>9</b>
<b>Limeryki</b> .....	<b>10</b>
<b>Komitet organizacyjny</b> .....	<b>11</b>
<b>Komitet naukowy</b> .....	<b>11</b>
<b>Honorowy komitet naukowy</b> .....	<b>12</b>
<b>Program konferencji</b> .....	<b>13</b>
Poniedziałek, 9 września 2024 .....	13
Wtorek, 10 września 2024 .....	13
Środa, 11 września 2024.....	14
Czwartek, 12 września 2024.....	15
Piątek, 13 września 2024.....	16
<b>Streszczenia wystąpień ustnych</b> .....	<b>17</b>
Poniedziałek, 9 września 2024 .....	18
Wtorek, 10 września 2024 .....	20
Środa, 11 września 2024.....	31
Czwartek, 12 września 2024.....	38
Piątek, 13 września 2024.....	49
<b>Lista plakatów</b> .....	<b>56</b>
<b>Streszczenia prezentacji plakatowych</b> .....	<b>58</b>
<b>Notatki</b> .....	<b>83</b>

## PRZEDMOWA

Serdecznie witamy na XXIII Ogólnopolskiej Konferencji Kryształy Molekularne 2024. Dziękujemy Komitetom Naukowym za powierzenie organizacji Konferencji Zakładowi Kryształów Molekularnych Instytutu Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu. Organizacja Konferencji była wspierana przez Dyрекcję IFM PAN i firmę Bruker oraz została objęta patronatem honorowym Oddziału Poznańskiego Polskiego Towarzystwa Fizycznego, które w bieżącym roku obchodzić będzie 100-lecie swojego istnienia.

Konferencja Kryształy Molekularne posiada ponad 45-letnią tradycję i jest dobrze rozpoznawalna w polskim środowisku naukowym. Pierwszy raz została zorganizowana w 1977 przez Politechnikę Wrocławską, następnie organizowały ją cyklicznie, co dwa lata, różne ośrodki naukowe z Poznania, Gdańska, Krakowa, Warszawy, Rzeszowa, Częstochowy, Łodzi oraz Wrocławia. Poznań był organizatorem Kryształów Molekularnych w 1979, 1995 oraz 2008 roku. Po 16 latach Konferencja powróciła do Poznania, dużego ośrodka naukowego, akademickiego oraz kulturalnego.

Oprócz Instytutu Fizyki Molekularnej PAN, który w przyszłym roku będzie obchodził 50-lecie swojego istnienia, w rejonie Poznania działa 17 placówek naukowo-badawczych Polskiej Akademii Nauk, należą do nich m.in.: Instytut Chemii Bioorganicznej PAN, Instytut Dendrologii PAN, Instytut Genetyki Człowieka PAN, Instytut Genetyki Roślin PAN, Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, czy Centrum Badań Kosmicznych PAN. W samym Poznaniu działa 25 uczelni (8 publicznych i 17 niepublicznych), na których kształcą się ponad 100 tysięcy studentów. Do największych centrów akademickich należą: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Politechnika Poznańska, Uniwersytet Ekonomiczny oraz Uniwersytet Przyrodniczy.

Na mapie Polski Poznań jest również ważnym ośrodkiem kulturalnym, między innymi działa tutaj około 30 zespołów chóralnych. Podczas trwania Konferencji, uczestnicy będą mogli posłuchać koncertu Zespołu Wokalnego Minimus, w skład którego wchodzi śpiewacy wywodzący się z najlepszych poznańskich chórów, i którego kierownikiem artystycznym jest Pani Sławomira Raczyńska.

W okolicy Poznania mamy również wiele cennych miejsc przyrodniczych. Znajduje się tutaj Wielkopolski Park Narodowy i trzy parki krajobrazowe: Puszcza Zielonka, Promno oraz Rogaliński Park Krajobrazowy. Konferencja odbędzie się w Hotelu „Szablewski”, nad jeziorem Dymaczewskim w sąsiedztwie Wielkopolskiego Parku Narodowego. Uczestnicy będą mogli również zwiedzić Rogaliński Park Krajobrazowy z największym w Polsce skupiskiem dębów szypułkowych.

Mamy nadzieję, że obecność Państwa na Konferencji przyczyni się do rozwoju badań nowoczesnych materiałów, technologii i technik ich otrzymywania. Wszystkim uczestnikom Konferencji życzymy wielu sposobności do wymiany doświadczeń i idei związanych z prowadzonymi badaniami oraz nawiązania owocnej współpracy naukowej.

*Andrzej Łapiński*

*(Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego)*

## ORGANIZATOR



**Instytut Fizyki Molekularnej**  
**Polskiej Akademii Nauk**  
ul. Mariana Smoluchowskiego 17  
60-179 Poznań  
<https://www.ifmpan.poznan.pl>  
tel.: 61 86 95 100  
fax: 61 86 84 524  
e-mail: [office@ifmpan.poznan.pl](mailto:office@ifmpan.poznan.pl)  
NIP: 777-00-20-870

## MIEJSCE KONFERENCJI

**Hotel Szablewski**  
Pod Topolami 1  
62-050 Dymaczewo Nowe

## PATRONAT HONOROWY



**Oddział Poznański**  
**Polskiego Towarzystwa Fizycznego**  
<https://www.ptf.net.pl/poznan>  
e-mail: [poznan@ptf.net.pl](mailto:poznan@ptf.net.pl)

## SPONSOR



Zaawansowane rozwiązania do R&D oraz QA/QC oparte na spektroskopii w podczerwieni, bliskiej podczerwieni i spektroskopii Ramana.

Nasz wybór spektrometrów bliskiej, średniej i dalekiej podczerwieni oraz spektrometrów Ramana jest bezkonkurencyjny na rynku. Portfolio obejmuje zarówno kompaktowe, przenośne spektrometry rutynowe, jak i potężne spektrometry naukowo-badawcze. Oferowane przez nas rozwiązania obejmują cały zakres spektralny od bliskiej podczerwieni, średniej podczerwieni, dalekiej podczerwieni do zastosowań w THz.

- Spektrometry FT-IR
- Spektrometry FT-NIR
- Spektrometry Ramana
- Monitorowanie procesu
- Teledetekcja
- Spektrometry naukowo-badawcze FT-IR
- Mikroskopy FT-IR
- Mikroskopy Ramana
- Analizatory mleka
- Analizatory gazów
- Analizatory krzemu
- Rozwiązania programowe

Więcej informacji można znaleźć na stronie  
[www.bruker.com/optics](http://www.bruker.com/optics)

**Bruker Polska Sp.z o.o.**  
Budziszynska 69  
60-179 Poznań  
Tel. +48 61 868 90 08  
Fax. +48 61 868 90 96  
Email: [bruken.polska@bruken.com](mailto:bruken.polska@bruken.com)

Innovation with Integrity

## KONCERT



# ZESPÓŁ WOKALNY MINIMUS

## MINIMUS VOCAL ENSEMBLE

SKONCENTROWANY NA ŚPIEWIE A CAPPELLA, POSIADA W SWOIM REPERTUARZE PRZEDĘ WSZYSTKIM MUZYKĘ RENESANSU ORAZ DZIEŁA XX I XXI WIEKU, ODWOŁUJĄCE SIĘ DO DUCHA DAWNYCH EPOK. ZESPÓŁ MA NA SWOIM KONCIE WIELE PRAWYKONAŃ CHÓRALNYCH UTWORÓW A CAPPELLA. KONCERTUJE NA TERENIE CAŁEGO KRAJU. W SKŁAD ZESPOŁU WCHODZI 12 ŚPIEWAKÓW, WYWODZĄCYCH SIĘ Z NAJLEPSZYCH POZNAŃSKICH CHÓRÓW. KIEROWNIKIEM ARTYSTYCZNYM ZESPOŁU JEST SŁAWOMIRA RACZYŃSKA, WYKŁADOWCA POZNAŃSKIEJ AKADEMII MUZYCZNEJ.

[WWW.MINIMUS.COM.PL](http://WWW.MINIMUS.COM.PL)

[www.facebook.com/pl/minimus.poznan](https://www.facebook.com/pl/minimus.poznan)



## **PROGRAM KONCERTU**

1. John Dowland (1563-1626), *Come again*
2. Hans Leo Hassler (1564-1612), *Tanzen und springen*
3. Orlando di Lasso (1532-1594), *O la, o che bon echo!*
4. Morten Luaridsen (ur. 1943), *Ov'e, lass', il bell viso?*
5. Jan Maklakiewicz (1899-1954), *Kołysanka*
6. William Byrd (1543-1623), *Agnus Dei z Mass for 5 voices*
7. Wolfgang Amadeusz Mozart (1756-1791), *Ave verum corpus*
8. Marek Raczyński (ur. 1982), *Laudate Dominum*
9. Andrea Makor (ur. 1987), *O lux beata Trinitas*
10. Jake Runestad (ur. 1986), *Alleluja*
11. arr. Michael McGlynn (ur. 1964), *Danny Boy*
12. Adrian Willaert (1490-1562), *Vecchie letrose*

## **ZESPÓŁ WOKALNY MINIMUS W SKŁADZIE:**

Marta Jodko – sopran

Maria Mordas – sopran

Maria Urbanek – sopran

Teresa Wosicka – sopran

Agata Góra – mezzosopran

Sławomira Raczyńska – alt

Magdalena Świątły – alt

Bartosz Adamczewski – tenor

Marek Raczyński – tenor

Stanisław Bręczewski – bas

Adam Łapiński – bas

Adam Szymański – bas

[www.minimus.com.pl](http://www.minimus.com.pl)

## POPZREDNIE KONFERENCJE I ICH ORGANIZATORZY

1977	Wrocław	K. Pigoń, T. Luty, J. Sworakowski
1979	Poznań-Błażejewko	A. Graja
1981	Gdańsk-Wdzydze	J. Kalinowski
1983	Kraków	J. Janik, T. Wasiutyński
1985	Warszawa-Goławice	J. Prochorow
1987	Rzeszów	A. Szymański
1989	Częstochowa-Kokotek	J. Świątek
1991	Łódź-Spała	A. Lipiński
1993	Wrocław-Świeradów	L. Komorowski
1995	Poznań-Kiekrz	R. Świetlik, N. Piślewski
1998	Gdańsk-Jelitkowo	J. Kalinowski
2000	Kraków	S. Nizioł, T. Wasiutyński
2002	Warszawa-Konstancin	B. Kozankiewicz
2004	Częstochowa-Złoty Potok	J. Świątek
2006	Łódź-Smardzewice	J. Jeszka
2008	Poznań-Błażejewko	D. Wróbel, A. Graja
2010	Wrocław-Polanica Zdrój	A. Chyla, A. Miniewicz
2012	Gdańsk-Sobieszewo	J. Godlewski
2014	Kraków-Sromowce Niżne	P. Zieliński, A. Budziak
2016	Warszawa-Kazimierz Dolny	B. Kozankiewicz, M. Zagórska
2018	Łódź-Kolumna	J. Ulański
2022	Częstochowa-Kroczyce	M. Makowska-Janusik

## LIMERYKI

Szanowni Uczestnicy Konferencji Kryształy Molekularne 2024.

Od zarania naszej Konferencji (a dokładniej od edycji z roku 1989) jej tradycją jest układanie przez uczestników limeryków (zwykle są to limeryki na uczestników). Tego rodzaju zabawa słowem dobrze się wpisuje w misję dbałości o język polski a także dostarcza sporo gimnastyki umysłowej. Gimnastyka ta spowodowana jest faktem, że limeryk jest formą dość ściśle określoną i nie zawsze to co chcemy przekazać jest łatwo ująć w jego ramy. Zgodnie z regułami jest to utwór pięciowersowy w układzie rymów *aabba* oraz anapestem bądź amfibrachem jako głównym metrum. W pierwszym wersie zwykle wprowadzamy bohatera i nawiązujemy do miejsca (zwykle jego pochodzenia), w drugim wersie zawiązujemy akcję (bądź wprowadzamy kolejnego bohatera). Krótsze wersy trzeci i czwarty stanowią swoistą kulminację a piąty wers (ponownie dłuższy) powinien być pewnym zaskoczeniem, najlepiej absurdalnym. Oczywiście część powstających limeryków odstaje od sztywnej formy co dobrze obrazuje poniższy przykład nieznanego autora:

*The limerick packs laughs anatomical  
Into space that is quite economical.  
But the good ones I've seen  
So seldom are clean  
And the clean ones so seldom are comical.*

Innymi słowy – trzymajmy się formy ale nie kurczowo, jeśli ma na tym stracić humor. Gorąco zachęcamy do zabawy słowami i tworzenia jak najzabawniejszych i jak najtrafniejszych limeryków podczas trwania konferencji. Mogą być tworzone anonimowo ale taki przypadek utrudni odbiór ewentualnej nagrody za najlepszy limeryk (a postaramy się taki wybrać). Dopuszczamy też oczywiście tworzenie wielu limeryków przez jedną osobę bądź jednego limeryku przez wiele osób – pod tym względem wszelkie chwytły dozwolone oprócz wykorzystywania sztucznej inteligencji (musi nam wystarczyć naturalna).

Dobrej zabawy!  
Organizatorzy KM2024

*Na konferencji raz fizyk z Poznania  
Do limeryków pisania nakłaniał  
A że nikt nie był zbyt skory  
By tworzyć takie utwory  
Sam grafomańskie więc czynił starania*

## KOMITET ORGANIZACYJNY

**Przewodniczący:**

**Andrzej Łapiński**

Sekretarz:

Sylwia Zięba

Skarbnik:

Bolesław Barszcz

Roman Świetlik

Iwona Olejniczak

Kornelia Lewandowska

Arkadiusz Frąckowiak

Adam Mizera

## KOMITET NAUKOWY

Michał Banaszak

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza

Stanisław Bartkiewicz

Politechnika Wrocławska

Andrzej Budziak

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Piotr Bujak

Politechnika Warszawska

Przemysław Data

Politechnika Śląska; Durham University

Alina Dudkowiak

Politechnika Poznańska

Andrzej Eilmes

Uniwersytet Jagielloński

Ewa Gondek

Politechnika Krakowska

Jarosław Jung

Politechnika Łódzka

Ewa Juszyńska-Gałazka

Instytut Fizyki Jądrowej PAN

Irena Kulszewicz-Bajer

Politechnika Warszawska

Andrzej Łapiński

Instytut Fizyki Molekularnej PAN

Beata Łuszczynska

Politechnika Łódzka

Małgorzata Makowska-Janusik

Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie

Katarzyna Matczyszyn

Politechnika Wrocławska

Olaf Morawski

Instytut Fizyki PAN

Marcin Nyk

Politechnika Wrocławska

Andrzej Sobolewski

Instytut Fizyki PAN

Waldemar Stampor

Politechnika Gdańska

## HONOROWY KOMITET NAUKOWY

Grzegorz Bąk	Politechnika Łódzka
Jan Godlewski	Politechnika Gdańska
Jeremiasz K. Jeszka	Politechnika Łódzka
Bolesław Kozankiewicz	Instytut Fizyki PAN
Bogdan Kuchta	Politechnika Wrocławska
Tadeusz Luty	Politechnika Wrocławska
Mieczysław Łapkowski	Politechnika Śląska
Andrzej Miniewicz	Politechnika Wrocławska
Wojciech Nawrocik	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
Piotr Petelenz	Uniwersytet Jagielloński
Adam Proń	Politechnika Warszawska
Marek Samoć	Politechnika Wrocławska
Juliusz Sworakowski	Politechnika Wrocławska
Roman Świetlik	Instytut Fizyki Molekularnej PAN
Jacek Ulański	Politechnika Łódzka
Jacek Waluk	Instytut Chemii Fizycznej PAN
Tadeusz Wasiutyński	Instytut Fizyki Jądrowej PAN
Danuta Wróbel	Politechnika Poznańska
Małgorzata Zagórska	Politechnika Warszawska
Piotr Zieliński	Instytut Fizyki Jądrowej PAN

## PROGRAM KONFERENCJI

### Poniedziałek, 9 września 2024

12:00 – 17:45 Rejestracja uczestników

#### Sesja I: 17:45 – 19:00

##### Przewodniczący sesji: Andrzej Łapiński

17:45 – 18:00 Otwarcie konferencji

**18:00 – 19:00 Marcin Stępień**

Wykład inauguracyjny *Donorowo–akceptorowe struktury aromatyczne. Samoorganizacja w roztworze i w ciele stałym*

19:00 Kolacja powitalna

### Wtorek, 10 września 2024

07:30 – 09:00 Śniadanie

#### Sesja II: 09:00 – 10:35

##### Przewodniczący sesji: Bolesław Kozankiewicz

**09:00 – 09:35 Lech Sznitko**

wykład *Nieuporządkowane materiały fotoniczne wytwarzane w procesie elektroprzędzenia*

**09:35 – 10:15 Alina Szukalska**

wykład *Uprozczone systemy organiczne – postęp w dziedzinie wielokolorowej i białej emisji laserowej*

**10:15 – 10:35 Konrad Cyprych**

*Skaningowa spektroskopia rastrowa ze wzbudzeniem laserowym*

10:35 – 11:00 Przerwa kawowa

#### Sesja III: 11:00 – 12:35

##### Przewodniczący sesji: Marcin Nyk

**11:00 – 11:35 Jacek Ulański**

wykład *Kontrolowana krystalizacja kryształów molekularnych dla elektroniki organicznej*

**11:35 – 12:15 Piotr Kaszyński**

wykład *Benzotriazynyl: paramagnetyczny element strukturalny kryształów molekularnych. Właściwości i perspektywy*

**12:15 – 12:35 Magdalena Knapkiewicz**

*Wpływ deuterowania na właściwości fizyczne ciekłego kryształu 4-pentylo-4'-cyjanobifenyl*

12:35 – 14:00 Obiad

**Sesja IV: 14:00 – 15:35**

**Przewodniczący sesji: Andrzej Sobolewski**

- 14:00 – 14:35** **Karol Rytel**  
wykład *Warstwy Langmuira nanomateriałów węglowych*
- 14:35 – 14:55** **Kamil Kędzierski**  
*Transparentne czujniki wilgotności na bazie cienkich warstw nanostruktur węglowych*
- 14:55 – 15:15** **Joanna Brezko**  
*Właściwości fizykochemiczne poli(p-fenylenu) modyfikowanego pochodnymi grafenu o różnej wymiarowości*
- 15:15 – 15:35** **Monika Wysocka-Żołopa**  
*Nanocząstki jako utleniacz i komponent polipirolowych materiałów kompozytowych*

15:35 – 16:00 Przerwa kawowa

**Sesja plakatowa: 16:00 – 18:30**

19:00 Kolacja (grill)

**Środa, 11 września 2024**

07:30 – 09:00 Śniadanie

**Sesja V: 09:00 – 10:35**

**Przewodnicząca sesji: Małgorzata Makowska-Janusik**

- 09:00 – 09:35** **Olaf Morawski**  
wykład *Fotochemia pochodnych chinoksaliny w metanolu – wykorzystanie procesu PCET do uwodornienia wybranych aza-arenów*
- 09:35 – 10:15** **Daria Larowska-Zarych**  
wykład *Chemia i fotochemia we wnękach fotonicznych*
- 10:15 – 10:35** **Adam Szukalski**  
*Modulacja światła w materii organicznej*

10:35 – 11:00 Przerwa kawowa

**Sesja VI: 11:00 – 12:00**

**Przewodniczący sesji: Piotr Kaszyński**

- 11:00 – 11:20** **Adam Ostrowski**  
*Przewodnictwo protonowe kompozytów utworzonych na bazie imidazolu i 1,2,4-triazolu enkapsulowanych w sitach molekularnych*
- 11:20 – 11:40** **Paweł Ławniczak**  
*Nietypowe widma przewodnictwa elektrycznego w przewodnikach protonowych*
- 11:40 – 12:00** **Piotr Radomski**  
*Badania monokryształów  $\text{Lu}_{1,5}\text{Y}_{1,5}\text{Al}_x\text{Sc}_y\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$  mieszanych granatów otrzymanych metodami Czochralskiego i mikrowyciągania*

12:00 – 13:00 Obiad

13:30 – 19:00 Wycieczka

19:00 Kolacja

**Czwartek, 12 września 2024**

07:30 – 09:00 Śniadanie

**Sesja VII: 09:00 – 10:35**

**Przewodniczący sesji: Jacek Ulański**

- 09:00 – 09:35** **Jarosław Jung**  
wykład *Symulacje złożonych układów molekularnych z zastosowaniem maszyny ARUZ*
- 09:35 – 10:15** **Małgorzata Makowska-Janusik**  
wykład *Metoda dyskretnego pola lokalnego w symulacjach komputerowych właściwości elektronowych materiałów objętościowych*
- 10:15 – 10:35** **Marta Wojcieszak**  
*W jaki sposób aktywne powierzchniowo ciecze jonowe, takie jak amidquaty i esterquaty na bazie naturalnych kwasów, mogą stać się zamiennikami konwencjonalnych surfaktantów?*
- 

10:35 – 11:00 Przerwa kawowa

**Sesja VIII: 11:00 – 12:35**

**Przewodniczący sesji: Andrzej Eilmes**

- 11:00 – 11:35** **Bolesław Kozankiewicz**  
wykład *Pojedyncza cząstka barwnika organicznego w kryształ molekularnym. Stany tripletowe*
- 11:35 – 12:15** **Jerzy Karpiuk**  
wykład *Przejścia międzysystemowe i przeniesienie elektronu. Wielowymiarowa fotofizyka spiroolaktanów*
- 12:15 – 12:35** **Magdalena Duszka**  
*Czy związki antyaromatyczne łamią regułę Hunda?*
- 

12:35 – 14:00 Obiad

**Sesja IX: 14:00 – 15:35**

**Przewodniczący sesji: Roman Świetlik**

- 14:00 – 14:35** **Marcin Nyk**  
wykład *Wielofunkcyjne nanokryształy dla nieliniowej optyki i biofotoniki*
- 14:35 – 14:55** **Kamila Łupińska**  
*Zastosowania optyczne małych cząsteczkowych związków chemicznych o budowie typu donor- $\pi$ -akceptor*
- 14:55 – 15:15** **Grażyna Jarosz**  
*Wydajność dysocjacji ekscytonów na złączu donor elektronu–akceptor elektronu w organicznych ogniwach fotowoltaicznych*
- 15:15 – 15:35** **Diana M. Bobrowska**  
*Synteza wysoko zorganizowanego poli(p-fenylenowinyleny) oraz jego potencjalne zastosowanie w organicznych ogniwach fotowoltaicznych*
- 

15:35 – 16:00 Przerwa kawowa

18:00 – 19:00 Koncert

19:00 Bankiet

---



**Piątek, 13 września 2024**

07:30 – 09:00 Śniadanie

**Sesja X: 09:00 – 10:35**

**Przewodniczący sesji: Lech Sznitko**

<b>09:00 – 09:35</b> wykład	<b>Tomasz Marszałek</b> <i>Dwu-wymiarowe, organiczno-nieorganiczne warstwy perowskitowe do zastosowania w elektronice wielkopowierzchniowej</i>
<b>09:35 – 10:15</b> wykład	<b>Damian Głowienka</b> <i>Poprawa wydajności półprzezroczystych perowskitowych ogniw słonecznych za pomocą warstwy konwertującej fotony UV</i>
<b>10:15 – 10:35</b>	<b>Beata Łuszczyńska</b> <i>Modyfikacja powierzchni elektrod przy pomocy nowych pochodnych perylenu oraz badanie interfejsów elektroda-półprzewodnik w organicznych urządzeniach optoelektronicznych</i>

---

10:35 – 11:00 Przerwa kawowa

**Sesja XI: 11:00 – 12:15**

**Przewodniczący sesji: Jarosław Jung**

<b>11:00 – 11:35</b> wykład	<b>Andrzej Eilmes</b> <i>Dynamika małych cząsteczek spulapkowanych wewnątrz superfanów</i>
<b>11:35 – 11:55</b>	<b>Andrii Pyrih</b> <i>Proton tautomerism and stereoisomerism in 1,3-thiazolidinone derivatives</i>
<b>11:55 – 12:15</b>	<b>Ariadna B. Nowicka</b> <i>Właściwości fizykochemiczne żeli zawierających agomelatynę</i>

---

12:15 – 12:25 Zamknięcie konferencji

12:25 – 14:00 Obiad

13:00 – 14:00 Wyjazd uczestników

## STRESZCZENIA WYSTĄPIEŃ USTNYCH



*Zabytkowy gmach Collegium Minus przy placu Adama Mickiewicza*

**Poniedziałek, 9 września 2024**



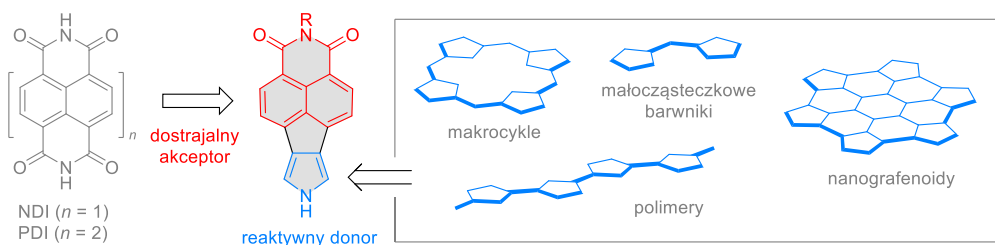
*Domki budnicze wraz z ratuszem na Starym Rynku*

## DONOROWO–AKCEPTOROWE STRUKTURY AROMATYCZNE. SAMOORGANIZACJA W ROZTWORZE I W CIELE STAŁYM

**Marcin Stępień<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Wydział Chemii, Uniwersytet Wrocławski, ul. F. Joliot-Curie 14, 50-383 Wrocław  
e-mail: marcin.stepien@uwr.edu.pl

Duże cząsteczki aromatyczne zawierające skondensowane w dwóch wymiarach pierścienie są interesujące ze względu na ich unikalną strukturę elektronową ale również na ich zdolność do samoorganizacji w złożone struktury supramolekularne. O specyfice tych oddziaływań decyduje wiele czynników, w tym wielkość układu aromatycznego, jego krzywizna, donorowo-akceptorowy charakter i wreszcie podstawienie. Podczas tego wykładu przedstawię nasze badania nad niepłaskimi strukturami zawierającymi akceptorowe fragmenty acenaftylenoimidowe, w szczególności tzw. pirole NMI (Rysunek 1), skupiając się na ich właściwościach redoks i na zdolności do tworzenia nietrywialnych motywów supramolekularnych w ciele stałym [1–5].



*Rysunek 1. Pirel NMI i jego wykorzystanie do otrzymywania układów oligopirrolowych o różnych strukturach*

### Literatura

- [1] H. Zhylitskaya, J. Cybińska, P. Chmielewski, T. Lis, M. Stępień, *J. Am. Chem. Soc.* 138 (2016) 11390–11398.
- [2] M. Żyła-Karwowska, H. Zhylitskaya, J. Cybińska, T. Lis, P.J. Chmielewski, M. Stępień, *Angew. Chem. Int. Ed.* 55 (2016) 14658–14662.
- [3] R. Kumar, P.J. Chmielewski, T. Lis, D. Volkmer, M. Stępień, *Angew. Chem. Int. Ed.* 61 (2022) e202207486.
- [4] S. Kumar, Y.K. Maurya, T. Lis, M. Stępień, *Nat. Commun.* 13 (2022) 3204.
- [5] S. Kumar, T. Lis, W. Bury, P.J. Chmielewski, M. Garbicz, M. Stępień, *Angew. Chem. Int. Ed.* 63 (2024) e202316243.

Wtorek, 10 września 2024



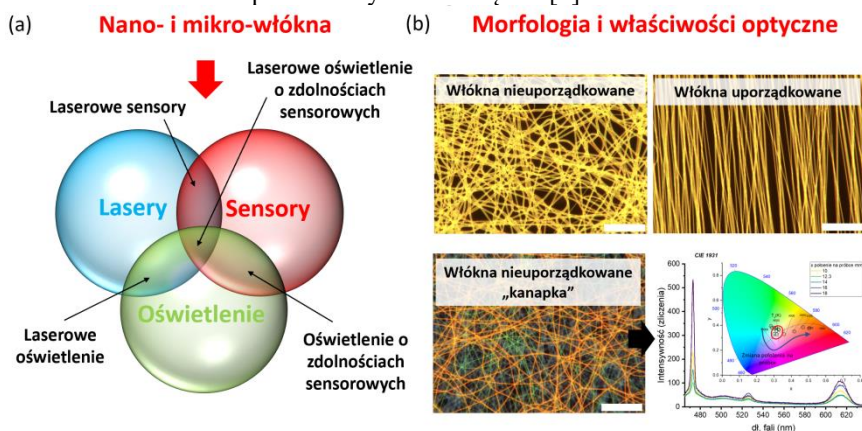
*Studzienka Bamberki na Starym Rynku*

## NIEUPORZĄDKOWANE MATERIAŁY FOTONICZNE WYTWARZANE W PROCESIE ELEKTROPRZĘDZENIA

**Lech Sznitko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Wroclawska, 50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
e-mail: lech.sznitko@pwr.edu.pl

Elektroprzędzenie jest jedną z prostszych i tańszych metod wytwarzania jedno i zero wymiarowych materiałów w skali nano i mikro. Służy ona głównie do otrzymywania materiałów organicznych i hybrydowych przetwarzanych z roztworów. Z reguły, w procesie tym, lepki roztwór polimeru podawany jest na dyszę ze stałym strumieniem objętościowym a przyłożenie wysokiego napięcia powoduje tak silną polaryzację materiału, że ulega on wyrzutowi w kierunku tzw. kolektora formując stożek Taylora. W trakcie przelotu strumienia rozpuszczalnik odparowuje i tworzone są włókna polimerowe o średnicach wahających się pomiędzy kilkudziesięcioma nanometrami a kilkoma mikronami. Oprócz wytwarzania włókien, możliwe jest również tworzenie aerozoli, które osiadają na kolektorze w formie polimerowych nanocząstek [1].



**Rys.1** *Możliwe zastosowania nano- i mikro-włókien (a). Różne morfologie elektroprzędzonych materiałów oraz widmo RL wraz z diagramem CIE 1931 dla struktury kanapkowej (b).*

Niniejsza prezentacja będzie stanowiła wprowadzenie do zagadnienia materiałów nieuporządkowanych wytwarzanych w procesie elektroprzędzenia. W szczególności przedstawione zostaną w niej wyniki badań dotyczące wytwarzania randomicznych laserów (RL), powłok dla zastosowań w technologii oświetleniowej (TO) oraz sensorów optycznych (SO) [1].

Nieuporządkowanie struktur powstających w procesie elektroprzędzenia może być z powodzeniem stosowane do otrzymywania tzw. dyfuzji światła. Może być ona wykorzystana jako sprzężenie zwrotne do tworzenia rezonatorów optycznych RL, ponadto może zapewniać ona równomierną emisję światła w szerokim zakresie kątowym co może znaleźć zastosowania w TO. Kolejnym ważnym aspektem jest fakt, iż nanowłókna posiadają bardzo duży stosunek powierzchni do objętości, stąd też mogą idealnie nadawać się do tworzenia SO.

**Podziękowania** dla Aliny Szukalskiej, Kingi Halickiej-Stępień, Katarzyny Kołodzińskiej, Marharyty Hancharowej, Konrada Cyprycha i Doroty Zając. Badania przedstawione w prezentacji sfinansowano w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki o numerze 2021/41/B/ST5/01797.

### Literatura

[1] Choi, S.J., L. Persano, A. Camposeo, J.S. Jang, W.T. Koo, S.J. Kim, H.J. Cho, I.D. Kim, and D. Pisignano, *Macromolecular Materials and Engineering* (2017), **302**, 1600569

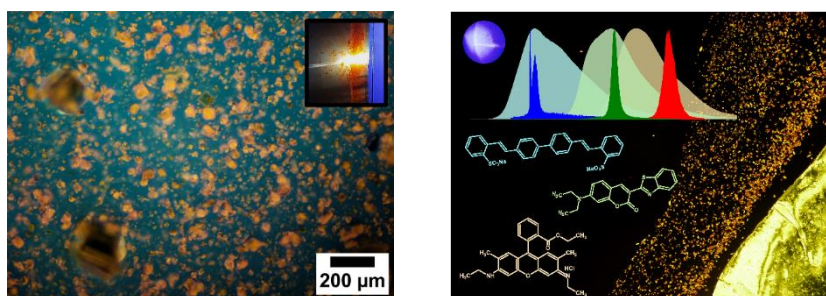
## UPROSZCZONE SYSTEMY ORGANICZNE - POSTĘP W DZIEDZINIE WIELOKOLOROWEJ I BIAŁEJ EMISJI LASEROWEJ

**Alina Szukalska**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Wroclawska, Instytut Materiałów Zaawansowanych, Zakład Optyki Materii  
Miękkiej, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland  
e-mail: alina.szukalska@pwr.edu.pl

W dziedzinie optoelektroniki kluczowe stały się poszukiwania źródeł światła o łatwo regulowanej barwie. Nowe technologie, jak telewizja laserowa, stanowią przełom komercyjny, oferując konkurencyjny zakres kolorów i najwyższą jakość obrazu. Lasery zapewniają wspaniałą głębie kolorów, doskonałą rozdzielczość, kompaktowość, elastyczność oraz efektywne zużycie energii, co czyni je idealnymi do zastosowań w oświetleniu, przesyłaniu danych (technologia Li-Fi), a nawet w obrazowaniu medycznym [1]. Wyzwania dotyczące badań w kontekście białej akcji laserowej dotyczą między innymi: uzyskania inwersji obsadzeń poziomów energetycznych Boltzmanna symultanicznie na trzech barwnikach wykazujących emisję w kolorze czerwonym, zielonym i niebieskim, z użyciem jednego tylko źródła światła wzbudzającego, kontrolowanie transferu energii, kompatybilności materiałów z uwzględnieniem ich unikalnych właściwości.

Z tego powodu konieczne jest tworzenie i badanie innowacyjnych systemów zdolnych do wielokolorowej i białej emisji laserowej, których procedura wytwarzania i parametry stają się konkurencyjne względem już istniejących. Tematem prezentacji jest przedstawienie po raz pierwszy w pełni organicznego systemu, który zapewnia zarówno białą fluorescencję jak i białe laserowanie randomiczne przy użyciu tylko dwóch barwników [2]. W celu stworzenia jak najprostszego, wielofunkcyjnego systemu wybrane zostały dwa chromofory z tej samej grupy chemicznej, oparte na rdzeniu perylenowym. Zaprezentowany jest także drugi, w pełni ciekły układ charakteryzujący się konkurencyjnie niskimi progami wielokolorowej i białej emisji oraz wyjątkową, spontaniczną separacją faz [3] oraz najnowsze wyniki dotyczące białego lasera w skali nano, wytworzone z użyciem techniki elektroprzędzenia.



**Podziękowania** dla Adama Szukalskiego, Jarosława Myśliwca, Lecha Sznitko, Marka Adaszyńskiego, Macieja Czajkowskiego, Joanny Cybińskiej, Kingi Halickiej-Stępień

### Literatura

- [1] Alfattani, S. Review of LiFi Technology and Its Future Applications. *Journal of Optical Communications*, 42, 1, 2018.
- [2] Szukalska, A. et al. White Lasing and White Fluorescence from the Simplified Two-Dyes Organic System, *Advanced Optical Materials*, 11, 16, 2023.
- [3] Szukalska, A. et al. A Spectrally Programmable Liquid-State Active System for High-Performance (SPLASH) Multicolor Lasing and White Emission. *Advanced Functional Materials*, 2401288, 2024.

## SKANINGOWA SPEKTROSKOPIA RASTROWA ZE WZBUDZENIEM LASEROWYM

**Konrad Cyprych<sup>1</sup>, Lech Sznitko<sup>1</sup>, Jarosław Myśliwiec<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instytut Materiałów Zaawansowanych, Politechnika Wrocławska,

Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

e-mail: konrad.cyprych@pwr.edu.pl

Zaprezentowano nową metodę analizy emisji laserowej dla rozkładu mikrorezonatorów optycznych podlegających wzajemnym interakcjom. Technika eksperymentalna polega na dwuwymiarowym skanowaniu powierzchni próbki zawierającej mikrorezonatory przy pomocy skupionej wiązki światła odpowiadającej za wzbudzenie. Obserwacja spektroskopowa umożliwiła uzyskanie obrazów hiperspektralnych emisji. Technika umożliwia badanie interakcji rezonatorów i określenie ich właściwości strukturalnych. Przedstawiono metodologię analizy danych i filtracji, potrzebną do przetwarzania danych umożliwiając analizę również w domenie częstości przestrzennej. Metoda została zastosowana do analizy rezonatorów pochodnie biologicznego, takich jak granule skrobiowe domieszkowane barwnikiem laserowym, pozwalając na analizę morfologii i właściwości anizotropii współczynnika załamania światła. Metodę zastosowano również do badań nanowłókien polimerowych domieszkowanych barwnikami tworzącymi zdelokalizowaną sieć fotoniczną w celu powiązania generacji akcji laserowej z losowością struktury.



## KONTROLOWANA KRYSZTALIZACJA KRYSZTAŁÓW MOLEKULARNYCH DLA ELEKTRONIKI ORGANICZNEJ

**Jacek Ulański**

Katedra Fizyki Molekularnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, 90-954 Łódź,  
ul. Żeromskiego 116  
e-mail: jacek.ulanski@p.lodz.pl

Właściwości elektryczne półprzewodników organicznych, w szczególności transport nośników ładunku, zależy nie tylko od ich struktury chemicznej, ale także od stopnia uporządkowania molekuł i ciągłości fazy uporządkowanej [1]. Dlatego z punktu widzenia zastosowań praktycznych konieczne było opracowanie metod pozwalających w prosty i powtarzalny sposób wytwarzać warstwy półprzewodników organicznych o pożądanej morfologii; niniejsza praca poświęcona jest przeglądowi takich opracowanych przez nas technik. W przypadku przetwarzania półprzewodników organicznych metodami roztworowymi, opracowano różne metody indukowania nukleacji i kontrolowania wzrostu kryształów, poprzez kontrolowanie stopnia przesylenia roztworu i szybkości odparowania rozpuszczalnika, ograniczanie dyfuzji w roztworach lepkich, wytwarzanie gradientu stężenia i/lub temperatury, pre-agregację poprzez starzenie roztworów lub post-agregację i post-kryształizację poprzez starzenie zestalonych warstw w parach rozpuszczalnika. Zastosowanie tych metod i ich kombinacji pozwoliło m.in. na wytworzenie przewodzących nanokompozytów o bardzo niskim progu perkolacji [2], anizotropowych [3], lub wykazujących przejście do stanu nadprzewodnictwa [4], wytworzenie tranzystorów o wysokiej ruchliwości elektronów [5] i ambipolarnych [6] oraz ultra-cienkich [7]. Dużo trudniej jest sterować kryształizacją materiałów molekularnych nakładanych przez naparowanie w próżni, bo do dyspozycji jest mniej parametrów które można kontrolować; najczęściej optymalizuje się prędkość odparowania i modyfikuje energię powierzchniową podłoża. Wykazaliśmy, że można także kontrolować nukleację, co pozwala wytwarzać ultra-cienkie i ciągłe warstwy półprzewodników [8].

*Badania współfinansowane przez NCN, grant Maestro UMO-2014/14/A/ST5/00204.*

### Literatura

- [1] M. Sawatzki-Park, S.-J. Wang, H. Kleemann, K. Leo, *Chem. Rev.*, **123** (2023) 8232.
- [2] J. K. Jeszka, J. Ulański, M. Kryszewski, *Nature*, **289** (1981) 390.
- [3] L. Burda, A. Tracz, T. Pakula, J. Ulański, M. Kryszewski, *J. Phys. D*, **16** (1983) 1737.
- [4] J. Ulański, A. Tracz, J. K. Jeszka, E. Laukhina, and T. Pakula, *Synth. Met.*, **86**, (1997) 1591.
- [5] I. Tsydel, M. Kucinska, T. Marszałek, R. Rybakiewicz, A. Nosal, J. Jung, M. Gazicki-Lipman, C. Pitsalidis, C. Gravalidis, S. Logothetidis, M. Zagorska and J. Ulański, *Adv. Funct. Mat.*, **22** (2012) 3840.
- [6] L. Janasz, A. Luczak, T. Marszałek, B. G. R. Dupont, J. Jung, J. Ulański, W. Pisula, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **9** (2017) 20696.
- [7] L. Janasz, M. Gradzka, D. Chlebosz, W. Zajackowski, T. Marszałek, A. Kiersnowski, J. Ulański, W. Pisula, *Langmuir*, **33** (2017) 4189
- [8] A. Łuczak, W. Waliszewski, K. Jerczyński, A. Wypych-Puszkarcz, J. Rogowski, J. Pietrasik, M. Kozanecki, J. Ulański, K. Matyjaszewski, *J. Mater. Chem. C*, **10** (2022) 15541.

## BENZOTRIAZINYL: PARAMAGNETYCZNY ELEMENT STRUKTURALNY KRYSZTAŁÓW MOLEKULARNYCH. WŁAŚCIWOŚCI I PERSPEKTYWY

**Piotr Kaszyński**

Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, 90-363 Łódź, Poland

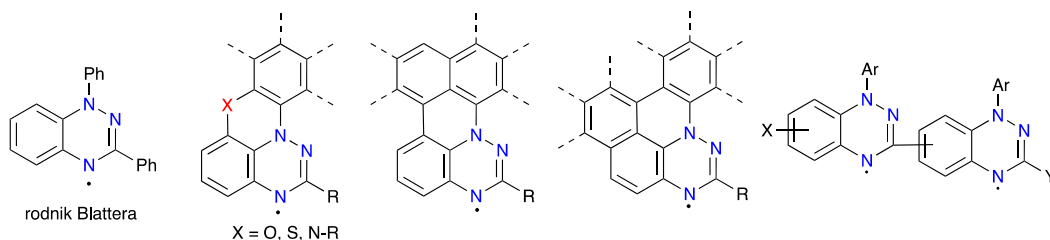
Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki, Tamka 12, 91403 Łódź, Poland.

Department of Chemistry, Middle Tennessee State University, Murfreesboro, TN 37123, USA

e-mail: Piotr.kaszyński@cbmm.lodz.pl

1,4-Dihydrobenzo[e][1,2,4]triazyn-4-yle (pochodne rodnika Blattera, BT) są wyjątkowo stabilnymi i relatywnie łatwo dostępnymi rodnikami organicznymi posiadającymi pi zdelokalizowany spin, atrakcyjne właściwości redox i absorpcję w paśmie widzialnym. Ze względu na swoje właściwości, rodniki BT stają się ważnymi elementami strukturalnymi zaawansowanych materiałów, które są badane w kontekście magnetyzmu organicznego, elektroniki molekularnej, spintroniki i magazynowania energii. Nasze zainteresowania tymi rodnikami skupiają się na opracowaniu metod syntetycznych [1] i wykorzystaniu ich do badań magneto-strukturalnych paramagnetycznych ciekłych kryształów [2], kryształów molekularnych [3] oraz układów wysoko-spinowych [4].

Celem niniejszej prezentacji jest przybliżenie słuchaczom tej klasy związków organicznych oraz pokazanie ich potencjału w projektowaniu nowoczesnych materiałów funkcjonalnych oraz w badaniach magneto-strukturalnych kryształów molekularnych.



Ryc. Rodnik Blattera oraz ogólne struktury rodników i dirodników badanych w Zespole.

### Literatura

- [1] Kaszyński P.; Constantinides, C. P.; Young, V. G. Jr., *Angew. Chem. Int. Ed.* **55** (2016) 11149. Bartos, P.; Celeda, M.; Pietrzak, A.; Kaszyński, P. *Org. Chem. Front.* **9** (2022) 929. Bartos, P.; Young, V. G. Jr.; Kaszyński, P. *Org. Lett.* **22** (2020) 3835.
- [2] Jasiński, M.; Szczytko, J.; Pociecha, D.; Monobe, H.; Kaszyński P. *J. Am. Chem. Soc.* **138** (2016) 9421. Kapuściński, S.; Szczytko, J.; Pociecha, D.; Jasiński, M.; Kaszyński, P., *Mater. Chem. Front.* **5** (2021) 6512. Shivakumar, K. I.; Pociecha, D.; Szczytko, J.; Kapuściński, S.; Monobe, H.; Kaszyński, P., *J. Mater. Chem. C*, **8** (2020) 1083.
- [3] Gardias, A.; Kaszyński, P.; Obijalska, E.; Trzybiński, D.; Domagała, S.; Woźniak, K.; Szczytko, J. *Chem. Eur. J.*, **24** (2018) 1317. Camargo, B.; Zajcewa, I.; Pietrzak, A.; Obijalska, E.; Szczytko, J.; Kaszyński, P., *PhysChemChemPhys.* **25** (2023) 22813.
- [4] Pomikło, D.; Pietrzak, A.; Kishi, R.; Kaszyński, P. *Mater. Chem. Front.* **7** (2023) 4928. Pomikło, D. and Kaszyński, P. *Chem. Eur. J.* **29** (2023) e202301069.

## WPLYW DEUTEROWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE CIEKŁEGO KRYSZTAŁU 4-PENTYLO-4'-CYJANOBIFENYL

**Magdalena Knapkiewicz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, 60-179 Poznań,  
ul. Mariana Smoluchowskiego 17  
e-mail: knapkiewicz@ifmpan.poznan.pl

Nematyczny ciekły kryształ 4-pentylo-4'-cyjanobifenyl o akronimie 5CB oraz jego odmiany: częściowo deuterowana (5CB-d<sub>8</sub>) oraz całkowicie deuterowana (5CB-d<sub>19</sub>), zostały przebadane przy użyciu różnych technik eksperymentalnych. Wzory chemiczne badanych materiałów zaprezentowano w Tabeli 1.

Tabela 1. Badane materiały

Akronim	Wzór chemiczny
5CB	
5CB-d <sub>8</sub>	
5CB-d <sub>19</sub>	

Temperatury przejść fazowych wyznaczono przy użyciu skaningowej kalorymetrii różnicowej oraz mikroskopii polaryzacyjnej. Napięcia progowe ustalono przy użyciu spektroskopii dielektrycznej, z kolei relaksometrię fast field cycling NMR, wykorzystano do opisu molekularnych procesów dynamicznych każdego z układów. Zaobserwowane różnice we właściwościach fizycznych badanych materiałów zostaną omówione w trakcie wykładu.

## WARSTWY LANGMUIRA NANOMATERIAŁÓW WĘGLOWYCH

**Karol Rytel<sup>1</sup>, Bolesław Barszcz<sup>2</sup>, Alicja Stachowiak<sup>1</sup>, Andrzej Biadasz<sup>1</sup>, Kamil Kędziński<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska,  
60-965 Poznań, Piotrowo 3

<sup>2</sup>Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, 60-179 Poznań,  
ul. Mariana Smoluchowskiego 17  
e-mail: karol.rytel@put.poznan.pl

Nanomateriały węglowe, takie jak nanorurki węglowe i grafen, odgrywają kluczową rolę w kontekście rozwoju współczesnych technologii. Nanomateriały węglowe charakteryzują się unikalnym zestawem właściwości, w tym wyjątkową wytrzymałością mechaniczną, znakomitą przewodnością elektryczną i cieplną, a także zdolnością do formowania się w struktury o nanometrycznej grubości. Te wyjątkowe cechy sprawiają, że są one idealne do wykorzystania w szeregu zaawansowanych aplikacji technologicznych. W sektorze elektroniki, nanomateriały węglowe są często stosowane do budowy tranzystorów, umożliwiając kontynuację trendu miniaturyzacji. W obszarze energetyki, nanorurki węglowe i grafen mają znaczące zastosowanie w tworzeniu wydajnych superkondensatorów i baterii. Nanomateriały węglowe są także wykorzystywane do tworzenia kompozytów o wyjątkowo wysokiej wytrzymałości i niskiej gęstości.

Wiele z wyżej wymienionych zastosowań nanomateriałów węglowych wymaga wytworzenia z nich wielkoskalowych warstw. Dobranie odpowiedniej metody ich wytwarzania najczęściej zależy od specyfiki zastosowania. Należy zachować przy tym kompromis pomiędzy kosztami wytworzenia warstwy a ceną. Najlepszej jakości warstwy można uzyskać za pomocą chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD). Pomimo, że efekty tego procesu są spektakularne, to koszty związane z ich realizacją są znaczące. Z kolei techniki produkcji takie jak powlekanie obrotowe (z ang. spin coating) czy natryskowe (z ang. spray coating) są stosowane w celu tworzenia warstw nanomateriałów węglowych, z racji na ich prostotę implementacji oraz korzystną perspektywę ekonomiczną. Niemniej jednak, procesy te nie zawsze są w stanie zapewnić satysfakcjonującą jakość otrzymanych warstw, co implikuje potencjalne ograniczenia w kontekście ich funkcjonalności w specyficznych zastosowaniach.

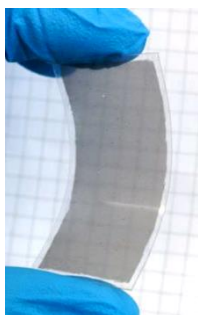
Metody Langmuira, oferują atrakcyjny kompromis pomiędzy tanimi a drogimi metodami otrzymywania warstw nanomateriałów węglowych zapewniając jednocześnie dobrą kontrolę nad strukturą warstwy. Zaletą tych metod jest możliwość precyzyjnej kontroli gęstości i struktury warstwy oraz otrzymywania uporządkowanych warstw o wysokiej anizotropii. Wykorzystanie technik Langmuira nie tylko umożliwia otrzymywanie warstw, ale również daje unikalną możliwość ich analizy, która obejmuje badanie struktury, morfologii, interakcji powierzchniowych oraz dynamiki procesów zachodzących na granicy faz. Metody Langmuira pozwalają więc na kompleksowe zrozumienie właściwości nanomateriałów węglowych, co jest kluczowe dla ich efektywnego wykorzystania w różnorodnych dziedzinach, takich jak nanotechnologia, materiałoznawstwo, elektronika, czy medycyna. W ramach niniejszego wystąpienia omówione zostaną możliwości technik Langmuira w zakresie otrzymywania warstw nanomateriałów węglowych oraz ich zastosowanie w roli narzędzia do badania ich właściwości fizykochemicznych.

## TRANSPARENTNE CZUJNIKI WILGOTNOŚCI NA BAZIE CIENKICH WARSTW NANOSTRUKTUR WĘGLOWYCH

**Kamil Kędzierski, Karol Rytel, Michał Szczęsny, Agnieszka Grundt**  
Instytut Fizyki, Politechnika Poznańska, 61-138 Poznań, ul. Piotrowo 3  
e-mail: kamil.kedzierski@put.poznan.pl

Czujniki wilgotności odgrywają kluczową rolę w wielu dziedzinach, od przemysłu spożywczego, przez elektronikę użytkową, po systemy klimatyzacyjne. Do najczęściej stosowanych rodzajów czujników wilgotności należą rezystancyjne, pojemnościowe oraz optyczne, które znajdują zastosowanie w monitorowaniu warunków środowiskowych, w aplikacjach przemysłowych oraz w urządzeniach codziennego użytku.

Transparentne czujniki wilgotności, szczególnie te wykorzystywane w technologii inteligentnej powłoki (ang. smart-skin), stają się coraz bardziej popularne ze względu na ich zdolność do integracji z różnymi powierzchniami bez zaburzenia ich estetyki i funkcjonalności. Inteligentna powłoka, może być stosowana w elastycznej elektronice, wyświetlaczach, a nawet odzieży, gdzie rejestracja wilgotności jest istotna dla poprawy komfortu użytkownika oraz funkcjonalności innych urządzeń umożliwiających monitorowanie parametrów organizmu i otoczenia.



*Rysunek 1 Zdjęcie cienkiej warstwy nanorurek węglowych na giętkim podłożu PCW*

Nanostruktury węglowe charakteryzują się doskonałą przewodnością elektryczną oraz wysoką stabilnością chemiczną i termiczną, co czyni je idealnymi materiałami do zastosowań w czujnikach wilgotności. Dodatkowo, ich elastyczność i możliwość integracji z różnymi typami podłoży umożliwiają tworzenie zaawansowanych, elastycznych urządzeń. Ze względu na stosunkowo wysoki współczynnik absorpcji światła widzialnego przez nanostruktury węglowe, aby wytworzyć transparentne urządzenie, konieczne jest zastosowanie cienkich warstw tych nanostruktur. Metoda Langmuira (wytwarzanie cienkich warstw na granicy faz woda-powietrze) pozwala na nanoszenie jednorodnych warstw o kontrolowanej grubości na różne podłoża, co umożliwia tworzenie transparentnych urządzeń.

W niniejszej pracy przedstawiono proces wytwarzania cienkich warstw nanostruktur węglowych metodą Langmuira oraz omówiono ich potencjał jako transparentnych czujników wilgotności.

### **Podziękowania**

Badania sfinansowano w ramach grantu nr 0512/SBAD/2320.

## WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE POLI(p-FENYLENU) MODYFIKOWANEGO POCHODNYMI GRAFENU O RÓŻNEJ WYMIAROWOŚCI

**Joanna Breczko<sup>1</sup>, Diana M. Bobrowska<sup>1</sup>, Adam Mizera<sup>2</sup>, Katarzyna Gdula<sup>3</sup>,  
Patrycja Wilczewska<sup>3</sup>, Paweł Dubnicki<sup>1</sup>, Sylwia Zięba<sup>2</sup>, Karolina H. Markiewicz<sup>1</sup>,  
Kinga Ciecuch<sup>1</sup>, Krzysztof Winkler<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Wydział Chemii Uniwersytetu w Białymstoku, 15-245 Białystok, ul. Ciołkowskiego 1K

<sup>2</sup>Instytut Fizyki Molekularnej PAN, 60-179 Poznań, ul. Smoluchowskiego 17

<sup>3</sup>Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, 15-245 Białystok, ul. Ciołkowskiego 1K  
e-mail: j.luszczyn@uwb.edu.pl

Wymiarowość nanostruktur węglowych ma ogromne znaczenie dla ich dyspergowalności, przewodnictwa elektrycznego oraz siły oddziaływań  $\pi$ - $\pi$  z innymi składnikami zawierającymi w swojej strukturze pierścienie aromatyczne. Celem prezentowanych badań było niekowalencyjne połączenie poli(p-fenylenu) (PPP) z zerowymiarowymi (0D) oraz dwuwymiarowymi (2D) pochodnymi grafenu (odpowiednio grafenowymi kropkami kwantowymi (GQDs) oraz tlenkiem grafenu (GO)), a następnie porównanie właściwości fizykochemicznych otrzymanych materiałów. Kompozyty scharakteryzowano za pomocą spektroskopii w podczerwieni (IR), spektroskopii w ultrafiolecie i świetle widzialnym (UV-vis) oraz spektroskopii fluorescencyjnej. Dodatkowo zastosowano technikę dynamicznego rozpraszania światła (DLS), analizę termogravimetryczną (TGA), mikroskopię sił atomowych (AFM), skaningową (SEM) i transmisyjną (TEM) mikroskopię elektronową, technikę adsorpcji/desorpcji azotu, voltamperometrię cykliczną (CV) oraz metody obliczeniowe. Analiza spektroskopowa i termogravimetryczna potwierdziła obecność obydwu składników w otrzymanym materiale, pozwoliła ocenić ich zawartość procentową oraz wpływ wprowadzonych nanostruktur węglowych o różnej wymiarowości na właściwości optyczne końcowego materiału. Badania mikroskopowe wykazały większą jednorodność PPP modyfikowanego GQDs w porównaniu do analogicznego materiału z GO. Można to wytłumaczyć mniejszym rozmiarem i większą dyspergowalnością zerowymiarowych kropek oddziałujących z pierścieniami PPP. Agregaty PPP/GO charakteryzowały się zdecydowanie większą średnicą niż polimer modyfikowany GQDs. Analiza elektrochemiczna i teksturalna udowodniła z kolei wyższą porowatość i większą pojemność elektrochemiczną kompozytu PPP/GO w porównaniu do PPP/GQDs. Uzyskane wyniki wskazały na możliwość zastosowania zsyntezowanych układów jako obiecujących materiałów w konstrukcji superkondensatorów lub ogniw fotowoltaicznych.

Podziękowania za wsparcie finansowe Narodowego Centrum Nauki  
grant nr #2017/27/N/ST5/02888.

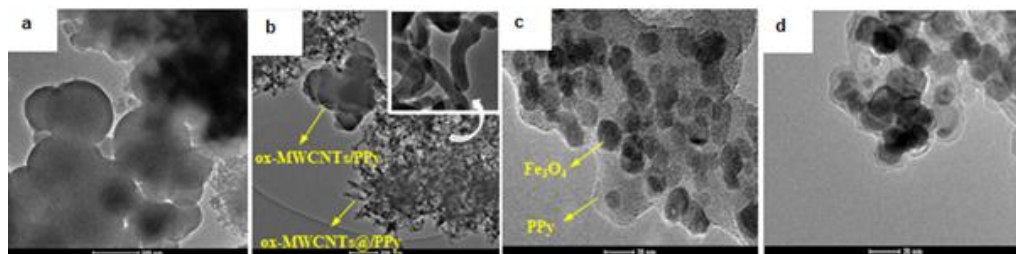
## NANOCZĄSTKI JAKO UTLENIACZ I KOMPONENT POLIPIROLOWYCH MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH

**Monika Wysocka-Żołopa<sup>1</sup>, Aleksandra Brzózka<sup>1</sup>, Anna Basa<sup>1</sup>, Joanna Breczko<sup>1</sup>,  
Alina Dubis<sup>1</sup>, Krzysztof Winkler<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Wydział Chemii, Uniwersytet w Białymstoku, Białystok, ul. Ciołkowskiego 1K  
e-mail: monia@uwb.edu.pl

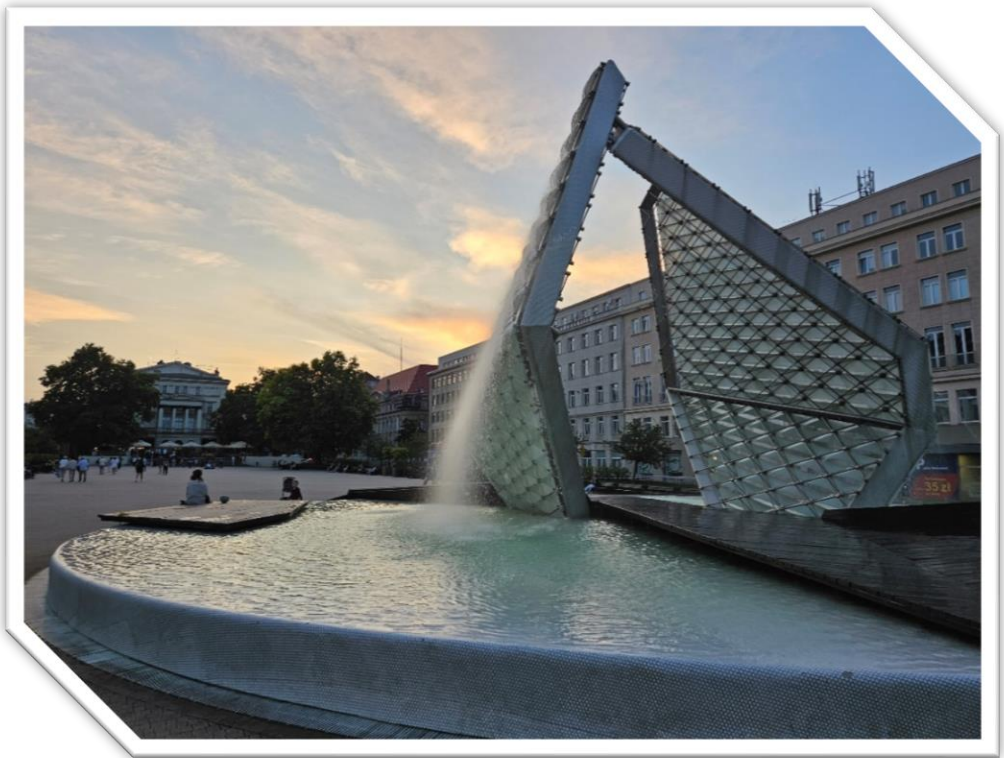
Zdecydowana większość przewodzących polimerów organicznych otrzymywana jest na drodze chemicznej lub elektrochemicznej polimeryzacji. W przypadku chemicznego tworzenia polimeru dobór odczynnika utleniającego oraz warunków syntezy decyduje o strukturze produktu i jego właściwościach. Właściwości oraz morfologię polimeru można również kontrolować poprzez tworzenie kompozytów polimerów przewodzących i innych materiałów takich jak tlenki metali przejściowych, nanocząstki węglowe lub krzemionkowe. Obniżenie rozmiarów jednego z komponentów prowadzi do tworzenia nanostrukturalnych układów hybrydowych. Tworzenie kompozytów z udziałem polimerów przewodzących przebiega najczęściej na drodze chemicznej w roztworze zawierającym monomer oraz zawiesinę lub koloid nanocząstkowy drugiego z komponentów. W takich warunkach proces polimeryzacji przebiega najczęściej zarówno na powierzchni nanocząsteczek jak i w roztworze. Morfologię kompozytu, a szczególnie jednorodność i grubość warstwy polimerowej trudno jest kontrolować. Problemy te mogą być rozwiązane jeżeli nanocząstki będące jednym z komponentów materiału kompozytowego zostaną użyte jednocześnie jako utleniacz i układ domieszujący tworzący się polimer.

W badaniach zastosowane zostały nanocząstki fulereu  $C_{60}$ , utlenione wielościenne nanorurki węglowe (ox-MWCNTs), oraz nanocząstki magnetytu  $Fe_3O_4$  do tworzenia nanokompozytów z polipirole (PPy). Przeprowadzone badania skupiły się przede wszystkim na zoptymalizowaniu warunków chemicznej syntezy, strukturze i morfologii, a także właściwościach elektrochemicznych otrzymanych materiałów kompozytowych. Badania morfologiczne za pomocą TEM (**Rys.1**) oraz badania składu otrzymanych kompozytów za pomocą spektroskopii IR, Ramana, dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), potwierdzają tworzenie się polimerowych materiałów kompozytowych z udziałem nanocząstek, które pełnią jednocześnie rolę utleniacza pirolu w procesie jego polimeryzacji jak i komponentu w materiale kompozytowym. Ponadto w celu zbadania trwałości termicznej zastosowano analizę termogravimeryczną (TGA) i zbadano właściwości elektrochemiczne tworzących się materiałów.



**Rys.1.** Zdjęcia TEM uzyskane dla nanokompozytów: (a)  $C_{60}/PPy$  (b)  $ox-MWCNTs@PPy$  i  $ox-MWCNTs/PPy$ , (c)  $Fe_3O_4/PPy$ , (d)  $Fe_3O_4@PPy$ .

Środa, 11 września 2024



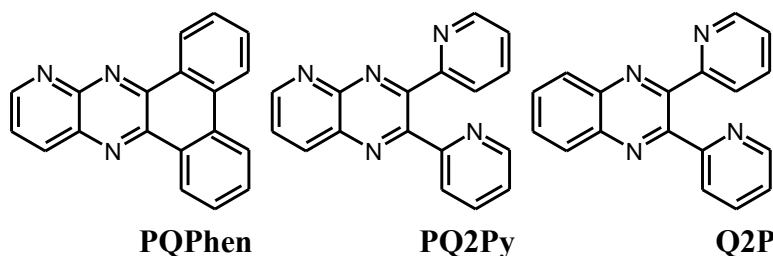
*Fontanna na placu Wolności*



## FOTOCHEMIA POCHODNYCH CHINOKSALINY W METANOLU-WYKORZYSTANIE PROCESU PCET DO UWODORNIENIA WYBRANYCH AZA-ARENÓW

Paweł Gawryś<sup>1</sup>, Olaf Morawski<sup>1</sup>, Andrzej Sobolewski<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Institut Fizyki PAN, 02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46  
e-mail: morawo@ifpan.edu.pl

Trzy pochodne chinoksaliny (rysunek 1) były przedmiotem badań doświadczalnych i eksploracji teoretycznych prowadzonych w celu sprawdzenia możliwości wykorzystania ich do fotokatalitycznego pozyskiwania wodoru z alkoholu [1]. Wyniki teoretyczne wskazują że w rozpuszczalnikach protycznych cząsteczki tworzą z molekułą rozpuszczalnika kompleksy z wiązaniem wodorowym. W elektronowym stanie wzbudzonym kompleksu zachodzi przeniesienie elektronu i protonu z cząsteczki rozpuszczalnika na fotokatalizator (Proton Coupled Electron Transfer - PCET). W rezultacie następuje uwodornienie fotokatalizatora, który mógłby służyć jako magazyn wodoru. Badania optyczne w pełni potwierdziły przewidywania teoretyczne. Okazało się, że we wszystkich pochodnych chinoksaliny najniższy singletowy stan wzbudzony ma charakter  $n\pi^*$  a nad nim znajduje się absorbujący stan o charakterze  $\pi\pi^*$ . Reaktywność fotochemiczną stanu  $S_1(n\pi^*)$  i uwodornienie cząsteczek fotokatalizatora wykazano poprzez zmiany w widmach absorpcji optycznej cząsteczek, widmach NMR i widmach wysokorozdzielczej spektroskopii masowej. Wprowadzenie tlenu do rozpuszczalnika z uwodornionymi cząsteczkami prowadzi do dehydrogenacji fotokatalizatora. Proces przyłączania i odłączania wodoru jest tylko częściowo odwracalny, gdyż równoległe do fotokatalitycznego uwodornienia cząsteczek zachodzi w metanolu ich metoksylacja i metylacja. Ponadto, dla **PQ2Py** i **Q2Py** zaobserwowano, że równoległe z procesem fotokatalitycznego uwodornienia zachodzi utrata pierścienia pirydynowego i szybka ich degradacja. Posiadająca bardziej zwartą strukturę cząsteczka **PQPhen** potrafi przetrwać kilka cykli przyłączania i odłączania wodoru. Obserwacja ta stanowi ważną wskazówkę dla poszukiwań nowych i trwałych fotokatalizatorów rozszczepiania alkoholi czy wody, które mogły by mieć zastosowania w praktycznym otrzymywaniu gazowego wodoru.



**Rysunek 1.** Struktury molekularne badanych cząsteczek.

### Literatura

[1] O. W. Morawski, Paweł Gawryś and A.L. Sobolewski, *J. Phys. Chem. A* **127** (2023) 8871–8881.

## CHEMIA I FOTOCHEMIA WE WNĘKACH FOTONICZNYCH

**Daria Larowska-Zarych<sup>1</sup>, Ila<sup>1</sup>, Jacek Waluk<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk, 01-224 Warszawa, ul. M. Kasprzaka 44/52

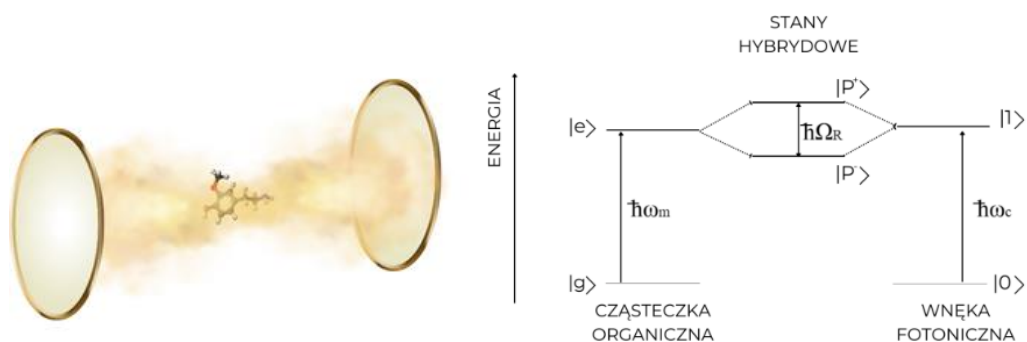
<sup>2</sup> Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie;

Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, 01-938 Warszawa, ul. K. Wóycickiego 1/3

e-mail: dlarowskazarych@ichf.edu.pl

Przenoszenie protonów odgrywa kluczową rolę w fundamentalnych procesach chemicznych i biologicznych, a możliwość modulacji i kontroli szybkości tego procesu jest odwiecznym celem chemików. Obiecującym rozwiązaniem jest wykorzystanie silnego sprzężenia światło-materia. W tym celu zastosowano wnęki fotoniczne, składające się z dwóch równoległych lusterek umieszczonych w odległości mikro- lub nanometrów, które przepuszczają określoną długość fali promieniowania. Jeśli ta długość fali odpowiada energii przejścia w badanej cząsteczce, dochodzi do efektywnego mieszania stanów promieniowania i materii, co nazywane jest silnym sprzężeniem. Powstały w ten sposób stan hybrydowy, zwany polarytonem, może prowadzić do chemii odmiennej od chemii tradycyjnych molekuł.

Celem naszych badań jest analiza różnic reaktywności wybranych cząsteczek organicznych. Eksperymenty obejmują pomiary absorpcji, emisji oraz rozpraszania światła i promieniowania podczerwonego przez cząsteczki umieszczone we wnękach fotonicznych. Zaobserwowanie istotnych różnic w reaktywności w tych warunkach może znacząco wpłynąć na rozwój syntezy chemicznej, spektroskopii, fotofizyki oraz inżynierii materiałowej.



(lewy) Schematyczny rysunek wnęki fotonicznej (prawy) Diagram energetyczny ilustrujący powstawanie stanów hybrydowych – polarytonów

### Literatura

- [1] R. Bhuyan, J. Mony, O. Kotov, G.W. Castellanos, J.G. Rivas, T.O. Shegai, K. Börjesson, Chem. Rev. **123** (2023) 10877-10919.
- [2] W. M. Takele, F. Wackenhut, L. Piatkowski, A.J. Meixner, J. Waluk, J. Phys. Chem. B **124** (2020) 5709-5716.
- [3] F. Pavosević, S. Hammes-Schiffer, A. Rubio, J. Flick J. Am. Chem. Soc. **144** (2022) 4995-5002.

This research was financially supported by the National Science Centre (project no. 2019/35/B/ST4/00297).

## MODULACJA ŚWIATŁA W MATERII ORGANICZNEJ

**Adam Szukalski**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instytut Materiałów Zaawansowanych, Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska,  
50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
e-mail: adam.szukalski@pwr.edu.pl

Modulacja światła w materii organicznej, ze szczególnym uwzględnieniem tzw. całkowicie optycznego przełączania światła w Optycznym Efekcie Kerra, stanowi interesujący kierunek badawczy. Nie tylko dlatego, że wśród poszukiwanych materiałów są te o cennych właściwościach optycznie nieliniowych III-go rzędu, wśród których znajduje się tzw. Święty Graal optyki nieliniowej. Mowa tu o takim materiale, który posiadałby jednocześnie wyjątkowo wysoką nieliniowość optyczną, niską absorpcję w szerokim zakresie spektralnym, dużą szybkość odpowiedzi (w skali femtosekund), wysoką stabilność termiczną i mechaniczną oraz jest łatwy do wytwarzania i integracji z istniejącymi technologiami. Ten kierunek badań jest istotny z punktu widzenia innowacyjności w różnych technologiach, interdyscyplinarności oraz potencjalnych zastosowań praktycznych, otwierając nowe perspektywy w dziedzinach takich jak telekomunikacja, medycyna i elektronika.

Przeprowadzone eksperymenty dotyczyły różnych układów organicznych zawierających ugrupowania azobenzenowe oraz stilbenowe. Badane układy fotoczułe obejmowały zarówno wielkocząsteczkowe polimery fotochromowe, jak i układy typu gość-gospodarz, w których pasywnie optycznie polimer służył jako matryca dla fotoaktywnego drobnocząsteczkowego barwnika [1]. Szczególnie istotne były badania nad przełącznikami optycznymi w skali nano, skonstruowane w nanowłóknach biologicznych na bazie DNA, gdzie materiałem aktywnym optycznie była pochodna pirazoliny [2]. Kolejnym przykładem przesuającym granicę poznania oraz łamania barier technologicznych są funkcjonalne fotoaktywne układy drukowane 3D, wytwarzane np. przy użyciu stereolitografii [3]. Pokazują one ogromny potencjał w zaawansowanych aplikacjach technologicznych, w tym, w rozbudowanych systemach fotonicznych, czy drukowanych 3D kontrolowanych optycznie sieciach opto-elektronicznych. Wyniki badań wskazują na wysoką efektywność modulacji światła w tych układach, co może przyczynić się do rozwoju nowoczesnych technologii optycznych, takich jak szybkie przełączniki/lub wydajne pamięci optyczne, czy biosensory.

### Literatura

- [1] A. Szukalski, D. Zając, N. Pardus, H. El Karout, P. Krawczyk, B. Sahraoui, *Advanced Optical Materials* **2303156** (2024) 1-18.
- [2] A. Szukalski, M. Moffa, A. Camposeo, D. Pisignano, J. Myśliwiec, *Journal of Materials Chemistry C* **7** (2019) 170-176.
- [3] A. Szukalski, F. D'Elia, L. Sercia, F. Fabbri, D. Pisignano, A. Camposeo, *Advanced 3D-Printed Optical Active Components: Integrating Photo-Responsive Molecules for Light Modulation [praca w przygotowaniu]*.

## PRZEWODNICTWO PROTONOWE KOMPOZYTÓW UTWORZONYCH NA BAZIE IMIDAZOLU I 1,2,4-TRIAZOLU ENKAPSULOWANYCH W SITACH MOLEKULARNYCH

**A. Ostrowski**<sup>1</sup>, A. Jankowska<sup>2</sup>, E. Janiszewska<sup>2</sup>, A. Tabero<sup>2</sup>, A. Held<sup>2</sup>, J. Kowalska-Kuś<sup>2</sup>,  
S. Kowalak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, 60-179 Poznań,  
ul. Mariana Smoluchowskiego 17, Polska

<sup>2</sup>Uniwersytet Adama Mickiewicza, Wydział Chemii, 61-614 Poznań,  
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, Polska  
e-mail: ostrowski@ifmpan.poznan.pl

Od kilku dekad prowadzone są intensywne badania nad przewodnikami protonowymi, stosowanymi, jako membrany przewodzące w ogniwach paliwowych. Z uwagi na to, że powszechnie stosowany w ogniwach Nafion, wymaga do pracy środowiska o dużej wilgotności, szczególna uwaga skupiona jest na materiałach, które charakteryzują się wysokim przewodnictwem protonowym bez udziału wody w temperaturach powyżej 100°C. Azole np. imidazol i 1,2,4-triazol w temperaturze pokojowej, w stanie stałym wykazują bardzo niskie przewodnictwo protonowe rzędu  $\sim 10^{-8}$  S/cm. W fazie ciekłej mobilność cząsteczek azoli rośnie, a przewodnictwo osiąga wartości powyżej  $10^{-3}$  S/cm. Zwiększenie przewodnictwa w temperaturze pokojowej można również osiągnąć przez dyspersję azoli w różnego typu matrycach porowatych, np. materiałach typu MOF (Metal-Organic Framework) lub w polimerach koordynacyjnych [1-7].

Naszym celem były badania kompozytów utworzonych na bazie azoli uwięziony w różnego typu materiałach porowatych m.in. zeolitach i materiałach mezoporowatych. W badaniach zastosowaliśmy matryce porowate, różniące się m.in. powierzchnią właściwą, objętością oraz rozmiarem porów. Badaliśmy wpływ zarówno stężenia azoli jak i kwasowości matryc (różny stosunek Si/Al) na właściwości przewodzące kompozytów. W rezultacie uzyskaliśmy stabilne kompozyty o stosunkowo wysokim przewodnictwie protonowym, porównywalnym do wartości przewodnictwa azoli w fazie ciekłej [8-13].

### Literatura

- [1] S. Bureekaew, S. Horike, M. Higuchi, M. Mizuno, T. Kawamura, D. Tanaka, N. Yanai and S. Kitagawa, *Nat. Mater.* **8** (2009) 831.
- [2] N. Hojo, T. Yamamoto, Y. Okada and J. Niiikura, *ECS Trans.* **11** (2007) 123.
- [3] Y. Ye, L. Zhang, Q. Peng, G.-E. Wang, Y. Shen, Z. Li, L. Wang, X. Ma, Q.-H. Chen, Z. Zhang and S. Xiang, *J. Am. Chem. Soc.* **137**(2015) 913.
- [4] S. L. Li and Q. Xu, *Energy Environ. Sci.* **6** (2013) 1656.
- [5] T. Homburg, C. Hartwig, H. Reinsch, M. Wark and N. Stock, *Dalton Trans.* **45** (2016) 15041.
- [6] E. Eisbein, J. O. Joswig and G. Seifert, *J. Phys. Chem. C* **118** (2014) 13035.
- [7] S. Liu, Z. Yue and Y. Liu, *Dalton Trans.* **44** (2015) 12976.
- [8] A. Jankowska, A. Zalewska, A. Skalska, A. Ostrowski, S. Kowalak, *Chem. Commun.* **53** (2017) 2475.
- [9] A. Jankowska, A. Ostrowski, M. Zieliński, S. Kowalak, *Microporous Mesoporous Mater.* **274** (2019) 33.
- [10] A. Jankowska, A. Ostrowski, S. Kowalak, *Microporous Mesoporous Mater.* **298** (2020) 110059.
- [11] A. Jankowska, A. Ostrowski, E. Janiszewska, A. Tabero, S. Kowalak, *International Journal of Hydrogen Energy* **48** (2023) 29724.
- [12] A. Jankowska, A. Ostrowski, A. Tabero, E. Janiszewska, S. Kowalak, *Molecules* **28** (2023) 7312.
- [13] A. Tabero, A. Jankowska, A. Ostrowski, E. Janiszewska, J. Kowalska-Kuś, A. Held, S. Kowalak, *Molecules* **29** (2024) 3239.

## NIETYPOWE WIDMA PRZEWODNICTWA ELEKTRYCZNEGO W PRZEWODNIKACH PROTONOWYCH

**Paweł Ławniczak<sup>1</sup>, Sylwia Zięba<sup>1</sup>, Alina K. Dubis<sup>2</sup>, Andrzej Gzella<sup>3</sup>, Andrzej Łapiński<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instytut Fizyki Molekularnej PAN, 60-179 Poznań, ul. Mariana Smoluchowskiego 17

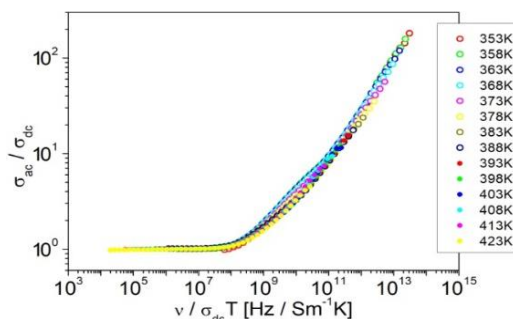
<sup>2</sup>Uniwersytet w Białymstoku, 15-245 Białystok, ul. K. Ciołkowskiego 1K

<sup>3</sup>Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego, 61-701 Poznań, ul. Aleksandra Fredry 10  
e-mail: lawniczak@ifmpan.poznan.pl

Przewodniki protonowe należą do bardzo ważnej grupy materiałów, które znajdują szerokie zastosowania aplikacyjne. Szczególną rolę odgrywają w przemyśle związanym z transformacją energetyczną, w takich urządzeniach jak ogniwa paliwowe oraz elektrolizery [1]. Niezbędnym elementem rozwoju materiałów przewodzących protonowo jest poznanie ich podstawowych właściwości oraz tworzenie nowych, które byłyby atrakcyjne aplikacyjnie.

Istnieje wiele różnych form podziału materiałów należących do przewodników protonowych, m.in. ze względu na temperaturę działania czy strukturę [2]. W tym wystąpieniu przedstawione zostaną związki: tereftalan (TerImi) oraz ortoftalan (OrtoImi) imidazoliowe [3], należące do bezwodnych organicznych przewodników protonowych. Mechanizm przenoszenia ładunku w takich układach nie jest realizowany przez wbudowane w strukturę molekuly wody, lecz przez imidazol. Ze względu na podobne właściwości, ma on zapewniać podobne właściwości elektryczne przy jednoczesnym polepszeniu właściwości termicznych. Oprócz imidazolu, w skład tych materiałów wchodzi aromatyczne kwasy karboksylowe.

Badane związki wykazują przeciętne wartości maksymalnej wartości przewodności elektrycznej (TerImi  $\sigma_{dc@415K} \sim 10^{-1} S/m$ , OrtoImi  $\sigma_{dc@423K} \sim 10^{-5} S/m$ ). Stanowiąc jednak mogą modelowy przykład, w jaki sposób badając właściwości fizyczne metodą spektroskopii impedancyjnej, jesteśmy w stanie śledzić zmiany mechanizmu przenoszenia ładunku w materiale. Posłuży do tego analiza widm przewodności elektrycznej, uzupełniona o ich skalowanie. Do tego posłuży model zaproponowany przez Summerfielda [4].



Rysunek 1. Przeskalowane widma  $\sigma'_{ac}$  dla TerImi.

Rysunek przedstawia przeskalowane widma przewodności dla TerImi. W interpretacji obserwowanych zmian pomocne będą wyniki otrzymane z badań strukturalnych, termicznych oraz spektroskopowych (IR).

### Literatura

[1] D. Vignesh, E. Rout *Energy & Fuels* **37** (2023) 3428

[2] T. Norby *Solid State Ionics* **125** (1999) 1

[3] S. Zięba, A. Dubis, P. Ławniczak A. Gzella, K. Pogorzelec-Glaser, A. Łapiński *Electrochimica Acta* **306** (2019) 576

[4] S. Summerfield *Philos. Mag. B* **52** (1985) 9

## BADANIA MONOKRYSTAŁÓW $\text{Lu}_{1,5}\text{Y}_{1,5}\text{Al}_x\text{Sc}_y\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$ MIESZANYCH GRANATÓW OTRZYMANÝCH METODAMI CZOCHRALSKIEGO I MIKROWYCIĄGANIA

**Piotr Radomski<sup>1</sup>, Tomasz Runka<sup>1</sup>, Karol Bartosiewicz<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Instytut Badań Materiałowych i Inżynierii Kwantowej, Politechnika Poznańska, 60-965 Poznań, Piotrowo 3

<sup>2</sup>Wydział Fizyki, Katedra Materiałów Optoelektronicznych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, 85-090 Bydgoszcz, Powstańców Wielkopolskich 2

<sup>3</sup>Instytut Badań Materiałowych, Uniwersytet Tohoku, 980-8577 Sendai, Miyagi, 2 Chome-1-1 Katahira, Aoba Ward, Japonia  
e-mail: piotr.radomski@student.put.poznan.pl

Z uwagi na możliwość stechiometrycznej manipulacji strukturą, kryształy granatów stanowią doskonałe matryce dla domieszek jonów ziem rzadkich. Wykorzystując tę cechę można projektować materiały o oryginalnych i korzystnych właściwościach optycznych. Przykładowo, wzbogacanie prazeodymem pozwala na uzyskanie scyntylatorów, które mogą zostać wykorzystane do budowy szybkich detektorów promieniowania jonizującego [1].

Zbadane zostały trzy próbki  $\text{Lu}_{1,5}\text{Y}_{1,5}\text{Al}_4\text{Sc}_1\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$ , każda otrzymana inną metodą: (i) Czochralskiego, (ii) mikrowyciągania z tygla z jedną kapilarą, (iii) mikrowyciągania z tygla z pięcioma kapilarami, a także kryształ  $\text{Lu}_{1,5}\text{Y}_{1,5}\text{Al}_3\text{Sc}_2\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$ . Większy promień jonowy skandiu w porównaniu do jonu aluminium wymusza dystorsję tetra- i oktaedrycznych jednostek  $\text{Lu}_{1,5}\text{Y}_{1,5}\text{Al}_3\text{Sc}_2\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$  skutkując powstaniem dodatkowej fazy o strukturze mieszanego perowskitu  $\text{PrAlO}_3:\text{PrScO}_3$ . W celu zbadania dynamiki sieci i przestrzennego rozkładu faz wykorzystano spektroskopię Ramana, po raz pierwszy dla wymienionych mieszanych kryształów. Widma przeanalizowano w kontekście symetrii struktury, co pozwoliło na porównanie właściwości oscylacyjnych materiałów otrzymanych różnymi metodami wzrostu.

Emisja związana z przejściami elektronowymi 5d – 4f oraz 4f – 4f domieszki  $\text{Pr}^{3+}$  została zmierzona techniką wysokorozdzielczej luminescencji. Analiza wyników umożliwiła ocenę wpływu matrycy gospodarza na poziomy energetyczne prazeodymu, zależne od symetrii jego otoczenia. Wśród zarejestrowanych pasm rozróżnić można te powstałe wskutek rozszczepienia pod wpływem pola krystalicznego granatu oraz dodatkowe, powiązane z odmienną koordynacją jonów wewnątrz faz perowskitów.

### Literatura

- [1] K. Bartosiewicz, B. Albini, D. Szymanski, P. Socha, T. Horiai, M. Yoshino, A. Yamaji, S. Kurosawa, R. Kucerkova, P. Galinetto, A. Yoshikawa, *Engineering atomic size mismatch in  $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{La}^{3+}$  codoped  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  garnet single crystals for tailored structure and functional properties*

Czwartek, 12 września 2024



*Most Biskupa Jordana i bazylika archikatedralna Świętych Apostołów Piotra i Pawła na Ostrowie Tumskim.*

## SYMULACJE ZŁOŻONYCH UKŁADÓW MOLEKULARNYCH Z ZASTOSOWANIEM MASZYNY ARUZ

**Jarosław Jung<sup>1</sup>, Krzysztof Hałagan<sup>1</sup>, Piotr Polanowski<sup>1</sup>, Rafał Kielbik<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Katedra Fizyki Molekularnej, Politechnika Łódzka, 90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116

<sup>2</sup>Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych, Politechnika Łódzka, 90-924 Łódź,  
ul. Wólczańska 221

e-mail jaroslaw.jung@p.lodz.pl

Postęp technik badawczych w fizyce i chemii pozwala na coraz bardziej swobodne manipulowanie molekułami i tworzenie z nich nowych struktur o pożądanym właściwościach fizyko-chemicznych. W celu pełnego zrozumienia zjawisk zachodzących podczas powstawania nowych materiałów niezbędne jest określenie związku pomiędzy parametrami molekuł i oddziaływań między nimi, a strukturą i własnościami makroskopowymi. Powyższe zadanie jest trudne do rozwiązania analitycznego ze względu na konieczność uwzględnienia olbrzymiej liczby niezależnych parametrów. Wydaje się, że rozsądnym sposobem na określenie właściwości złożonych systemów molekularnych są symulacje komputerowe. Jakkolwiek i te techniki badawcze podlegają ograniczeniom w skali przestrzeni i czasu. Dlatego wymagane jest stosowanie efektywnych algorytmów symulacyjnych i wydajnych systemów obliczeniowych.

Model dynamicznej cieczy sieciowej DLL (w j. ang. Dynamic Lattice Liquid) [1] jest fizycznie poprawnie sformułowanym obrazem dynamiki cieczy, w którym równoczesność elementarnych przemieszczeń molekuł jest związana z kooperatywnymi lokalnymi przekształceniami strukturalnymi. Maszyna ARUZ (Analizator Rzeczywistych Układów Złożonych), którą definiuje algorytm DLL, została zbudowana z zastosowaniem rekonfigurowalnych układów scalonych FPGA (w j. ang. Field-Programmable Gate Array) [2]. Przy jej pomocy można prowadzić symulacje złożonych układów zawierających kilka milionów cząsteczek.

Przedstawione zostaną: algorytm DLL, maszyna ARUZ oraz, uzyskane z wykorzystaniem ARUZa, wyniki badań łańcuchów polimerowych o różnej strukturze. Będą to: a) gwiazdy polimerowe – badano relacje pomiędzy strukturą gwiazd a dynamiką rozpuszczalnika oraz porównanie z dendrymerami [3,4], b) powierzchnie szczepione łańcuchami polimerowymi – określono wpływ polimeryzacji i gęstości szczepienia na strukturę szczotek, oraz wpływ rozmiaru szczotek na dynamikę rozpuszczalnika oraz łańcuchów [5,6], c) szczotki polimerowe typu ‘bottle-brush’ oraz łańcuchy liniowe – wyniki symulacji weryfikowane były badaniami statycznego i dynamicznego rozpraszania światła, rezonansu magnetycznego w układach rzeczywistych oraz z obliczeniami dynamiki molekularnej [7], d) sieci polimerowe i nanożele – badano dynamikę rozpuszczalnika oraz łańcuchów polimerowych, e) reakcje rodnikowe indukowane radiacyjnie.

Przedstawione będą również planowane prace nad wykorzystaniem ARUZa do symulowania procesów powstawania cienkich warstw półprzewodników organicznych podczas parowania rozpuszczalnika, a także symulacje zjawisk związanych z powstawaniem i dysocjacją ekscytonów oraz generacją i transportem nośników ładunku w wielowarstwowych urządzeniach takich jak organiczne diody elektroluminescencyjne OLED i niefulerenowe organiczne diody czułe na światło z heterozłączeniem objętościowym.

### Literatura

- [1] T. Pakula et al., *Macromolecules* 30, (1997) 8463,
- [2] J. Jung et al., *CMST*, 24(4), (2018) 235–247,
- [3] R. Kielbik et al., *Computer Physics Communications* 232, (2018) 22-34,
- [4] P. Polanowski et al., *Polymers* 14, (2022) 2522,
- [5] K. Hałagan et al., *Polymers* 13(16), (2021) 2758,
- [6] K. Hałagan et al., *CMST* 27(4), (2021) 141-149,
- [7] W. Raj et al., *Polymer* 261, (2022) 125409.



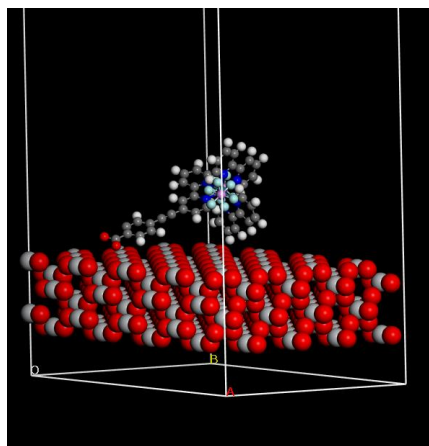
## METODA DYSKRETNEGO POLA LOKALNEGO W SYMULACJACH KOMPUTEROWYCH WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRONOWYCH MATERIAŁÓW OBJĘTOŚCIOWYCH

**Małgorzata Makowska-Janusik, Sandra Binek**

Instytut Fizyki, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych,  
Uniwersytet Jana Długosza, 42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 13/15  
e-mail: m.makowska@ujd.edu.pl

Prezentowana praca przedstawia analizę teoretycznego modelu opisującego metodologię obliczeń kwantowo-chemicznych właściwości elektronowych materiałów hybrydowych i kompozytowych.

Z punktu widzenia badań materiałowych, w ostatnich latach stało się bardzo modne prowadzenie obliczeń właściwości strukturalnych i elektronowych szerokiej gamy materiałów takich jak molekuly, układy polimerowe, kryształy, jak również bardziej skomplikowanych materiałów hybrydowych czy kompozytowych. Generalnie obliczenia komputerowe prowadzone są dla izolowanych układów atomowych, co zazwyczaj nie daje rezultatów porównywalnych z danymi doświadczalnymi. Dzieje się tak, ponieważ odległości międzymolekularne w strukturze hybrydowej czy kompozytowej są porównywalna z rozmiarem cząsteczki, w związku z czym oddziaływanie międzymolekularne nie może być zaniedbywane. Opracowano wiele modeli opisujących wpływ środowiska na właściwości elektronowe domieszek jednak ich skuteczność jest determinowana mocą obliczeniową komputerów z jednej strony a skutecznością i poprawnością metody z drugiej strony. W przypadku molekuł korzysta się w tym celu z szeroko implementowanego w programach komputerowych modelu PCM, który zupełnie nie sprawdza się dla materiałów o dużej polarności [1].



Rys. 1. Fragment komórki elementarnej powierzchni  $\text{TiO}_2$  z zaadsorbowaną molekułą  $\text{RuLp}$ .

W niniejszej pracy zaproponowano model dyskretnego pola lokalnego [2], który wykorzystano do określenia właściwości elektronowych wybranych materiałów barwnikowych zaadsorbowanych na powierzchni półprzewodnika tlenkowego. Materiały te mogą być wykorzystane do konstrukcji barwnikowych ogniw słonecznych. Wspomniany model omówiono w odniesieniu do materiałów takich jak  $\text{TiO}_2$  oraz  $\text{ZnO}$ , popularnych w zastosowaniach fotowoltaicznych. Przykład takiego układu atomowego pokazano na Rys. 1. Dla tak skonstruowanych układów obliczono ich właściwości elektronowe. Przedyskutowano rolę wiązania atomowego występującego między barwnikiem a półprzewodnikiem. Dane obliczeniowe porównano z eksperymentem.

### Literatura

- [1] M. Caricato, *J. Chem. Theory & Comput* 8 (2012) 4494.
- [2] H. Reis, M. Makowska-Janusik, M.G. Papadopoulos *J. Phys. Chem. B* 108 (2004) 8931

## W JAKI SPOSÓB AKTYWNE POWIERZCHNIOWO CIECZE JONOWE, TAKIE JAK AMIDQUATY I ESTERQUATY NA BAZIE NATURALNYCH KWASÓW, MOGĄ STAĆ SIĘ ZAMIENNIKAMI KONWENCJONALNYCH SURFAKTANTÓW?

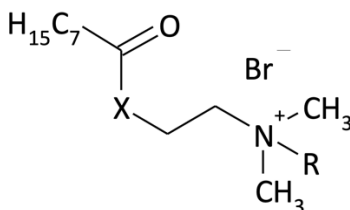
**Marta Wojcieszak<sup>1</sup>, Anna Syguda<sup>1</sup>, Katarzyna Materna<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, ul. Berdychowo 4

e-mail: marta.wojcieszak@put.poznan.pl

Aktywne powierzchniowo ciecze jonowe (ang. Surface-Active Ionic Liquids, SAILS) są uważane za stosunkowo nową, dobrze prosperującą grupę, znajdującą się na pograniczu cieczy jonowych (ang. Ionic Liquids, ILs) oraz surfaktantów. SAILS jako funkcjonalne związki mają charakter amfifilowy, podobny do surfaktantów, ze względu na dobrze zdefiniowaną hydrofilową część, tzw. głowę, oraz hydrofobową, tzw. ogon, które przemawiają za ich potencjałem do samoorganizacji w skupiska zwane micelami oraz aktywności powierzchniowej i międzyfazowej. Ponadto SAILS łatwo agregują się przy niższym krytycznym stężeniu micelizacji (CMC) niż konwencjonalne surfaktanty, co przekłada się na ich dominację nad komercyjnymi związkami [1-3].

Niniejsza praca miała na celu analizę samoorganizacji cząsteczek wyselekcjonowanych amid- i esterquatów na bazie kwasu kaprylowego (Rys.1.). Zdolność do spontanicznej organizacji SAILS zbadano w roztworze wodnym, na granicy międzyfazowej (powietrze/woda) oraz na powierzchni hydrofobowej (mice). Ponadto szczegółowo określono korelację między budową wybranych związków a ich właściwościami powierzchniowymi.



Rys. 1. Ogólny wzór strukturalny badanych związków, gdzie  $X = NH$  lub  $O$ , a  $R = C_8H_{17} - C_{12}H_{25}, C_{14}H_{29}, C_{16}H_{33}$ .

W celu określenia właściwości powierzchniowych zsyntezowanych soli wyznaczono standardowe parametry, w tym np. krytyczne stężenie micelizacji (CMC) czy skuteczność obniżania napięcia powierzchniowego ( $pC_{20}$ ). Ponadto na podstawie analiz AFM udowodniono, że amid- i esterquaty częściej tworzą obiekty w formie pęcherzyków niż kulistych sfer, podobnie jak środki powierzchniowo czynne o dwóch hydrofobowych łańcuchach alkilowych. Uzyskane wyniki potwierdziły, że aktywność powierzchniowa SAILS jest wyższa niż w przypadku konwencjonalnych kationowych surfaktantów (chlorku didecyldimetyloamoniowego, DDAC czy chlorku benzalkoniowego, BAC).

### Literatura

- [1] C.S. Buettner, A. Cognigni, C. Schröder, K. Bica-Schröder, *Surface-active ionic liquids: a review*, J. Mol Liqs, 347, 2022, 1-31.
- [2] M. Wojcieszak, A. Syguda, S. Zięba, A. Mizera, A. Łapiński, K. Materna, *Effect of surface-active ionic liquids structure on their synthesis, physicochemical properties, and potential use as crop protection agents*, J. Mol Liqs, 383, 2023, 1-10.
- [3] M. Wojcieszak, A. Syguda, M. Karolak, Ł. Palkowski, K. Materna, *Quaternary ammonium salts based on caprylic acid as antimicrobial and surface-active agents*, RSC Adv., 13, 2023, 34782-34797.

Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Edukacji i Nauki 0912/SBAD/2408

## POJEDYNCZA CZĄSTECZKA BARWNIKA ORGANICZNEGO W KRYSZTALE MOLEKULARNYM. STANY TRIPLETOWE.

**Bolesław Kozankiewicz**

Instytut Fizyki PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

e-mail: kozank@ifpan.edu.pl

Cząsteczka barwnika organicznego, wzbudzona promieniowaniem lasera o pracy ciągłej i odpowiedniej długości fali do jej najniższego wzbudzonego stanu singletowego  $S_1$ , wraca do stanu podstawowego  $S_0$  emitując foton. Pojawienie się kolejnego fotonu emisji może nastąpić dopiero po ponownym wzbudzeniu cząsteczki do jej stanu  $S_1$ . Znajdując się w stanie  $S_1$  cząsteczka, może również przejść międzysystemowo do jej najniższego stanu tripletowego  $T_1$ . Obserwujemy więc paczki pojedynczych fotonów, gdy cząsteczka „oscyluje” pomiędzy stanami  $S_0$  i  $S_1$ , przedzielone dłuższymi odstępami ciemnymi, gdy znajduje się w stanie  $T_1$ . Analizując liczbę fotonów w paczce i ciemne przerwy pomiędzy paczkami fotonów możemy otrzymać informację o stałych szybkości przejścia międzysystemowego do stanu  $T_1$  oraz o czasie życia cząsteczki w tym stanie.

W ogólnym przypadku, stan tripletowy  $T_1$  rozszczepiony jest na trzy podpoziomy spinowe które charakteryzują się różnymi stałymi szybkości obsadzenia i depopulacji. Obsadzenia podpoziomów spinowych wyrównują się w temperaturach powyżej 30 K, jest to wynik aktywacji procesu relaksacji spin-sieć. Oświetlenie cząsteczki ciągłym promieniowaniem laserowym w temperaturach powyżej 100 K powoduje pojawienie się absorpcji  $T_1 \rightarrow T_n$  i w jej następstwie odwrotnego przejścia międzysystemowego (reverse ISC) ze stanu wzbudzonego  $T_n$  do stanu  $S_1$ . Podsumowanie badań fotofizyki pojedynczych cząsteczek barwnika organicznego uwzględniających stany tripletowe, a opublikowanych przed rokiem 2014, zamieszczono w pracy przeglądowej [1].

Ostatnio, badania poszerzone zostały o nowy układ: pojedyncze cząsteczki deuterowanego perylenu w krystalicznej matrycy dibenzotiofenu.[2] Korzystny energetycznie układ poziomów tripletowych w cząsteczce perylenu-d12 pozwolił zaobserwować i przeanalizować powrotne przejście międzysystemowe już w temperaturze 1.3 K, gdy badania prowadzono wzbudzając cząsteczkę do jej wąskich spektralnie linii zero-fononowych przejścia  $S_0 \rightarrow S_1$ . Innym, ciekawym wynikiem jest obserwacja fosforescencji ze stanu tripletowego  $T_1$ . Otwiera to możliwość sterowania strumieniem pojedynczych fotonów wykorzystując dwa lasery, niebieski i czerwony, które dostrojone byłyby do przejść absorpcyjnych  $S_0 \rightarrow S_1$  i  $S_0 \rightarrow T_1$  w pojedynczej cząsteczce perylenu.

### Literatura

[1] B. Kozankiewicz, M. Orrit, Chem. Soc. Rev. **43** (2014) 1029.

[2] R. Smit, Z. Ristanović, B. Kozankiewicz, M. Orrit, ChemPhysChem **23** (2022) e202100679.

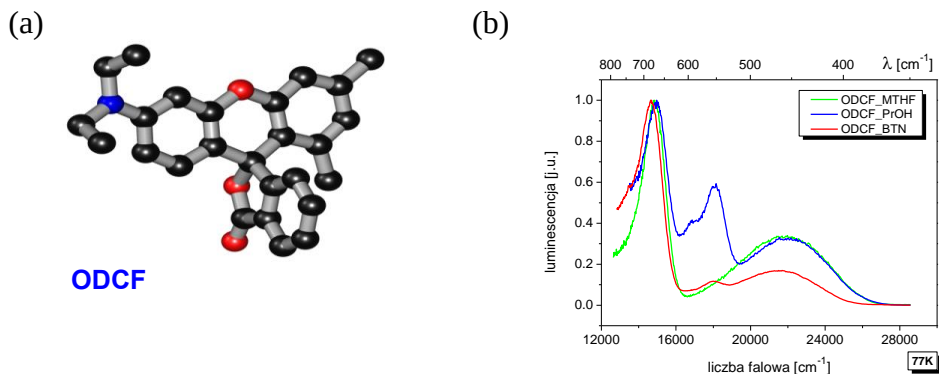
## PRZEJŚCIA MIĘDZYSYSTEMOWE I PRZENIESIENIE ELEKTRONU. WIELOWYMIAROWA FOTOFIZYKA SPIROLAKTONÓW.

**Jerzy Karpiuk<sup>1</sup>, Elena Karpiuk<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instytut Fizyki PAN, 02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

e-mail: jkarpiuk@ifpan.edu.pl

Nieemitujące stany trypletowe (T) długo uważano za niepożądane produkty dezaktywacji wzbudzonych stanów singletowych (S) cząsteczek organicznych. Zainteresowanie trypletami uległo radykalnej zmianie, kiedy okazało się, że zmiana multipletowości  $S \rightarrow T$  w przejściu międzysystemowym (ISC), zwłaszcza w związku z fotoindukowanym wewnątrzcząsteczkowym przeniesieniem elektronu (ET), ma fundamentalne znaczenie m.in. w długotrwałej separacji ładunku (CS), termicznie aktywowanej opóźnionej fluorescencji (TADF), fotosyntezie, rozszczepieniu singletowym czy magnetorecepcji. Szczególną rolę w tych zjawiskach odgrywają stany singletowe i trypletowe w przeniesieniu ładunku ( $^1CT$  i  $^3CT$ ), jednak mechanizm ich wzajemnej konwersji jest poznany w niewielkim stopniu,<sup>[1]</sup> głównie ze względu na częstą relaksację stanów  $^3CT$  do niższej energetycznych trypletów lokalnych ( $^3LE$ ). Z tego samego powodu niewiele wiadomo o zależności ISC stanów CT od struktury molekularnej.



**Rys. 1.** (a) Spirolakton ODCF (z pominiętymi atomami H); (b) widma luminescencji ODCF w różnych szklivach ( $T = 77\text{ K}$ , MTHF - 2-metylotetrahydrofuran, PrOH - 1-propanol, BTN - butyronitryl).

Spirolaktony (SL) są cząsteczkami donorowo-akceptorowymi (D–A) o prostopadłej orientacji podjednostek strukturalnych D i A.<sup>[2]</sup> Po wzbudzeniu, SL ulegają ultraszybkiemu wewnątrzcząsteczkowemu procesowi ET i ze stanu niezrelaksowanego oscylacyjnie przechodzą do silnie polarnego stanu  $^1CT$  ( $^1[D^+-A^-]$ ,  $\mu_e = 25\text{-}30\text{ D}$ ) oraz ulegają adyabatycznej dysocjacji z wytworzeniem formy dwurodnikowej z otwartym pierścieniem laktonowym,  $^1[D^{\cdot}-A^{\cdot}]$ . W temperaturze 77 K, SL emitują podwójną fluorescencję i potrójną fosforescencję (Rys. 1), ze stanów:  $^3LE$  ( $^3[D^{\cdot}-A^{\cdot}]$ ),  $^3CT$  ( $^3[D^{\cdot+}-A^{\cdot-}]$ ) i trypletu formy otwartopierścieniowej,  $^3[D^{\cdot}-A^{\cdot}]$ .<sup>[3]</sup> Stany trypletowe SL powstają w 3 różnych procesach ISC, w oparciu o 3 różne mechanizmy, z wydajnościami silnie zależnymi od rozpuszczalnika tworzącego szklivo.

W pracy przedstawimy wpływ peryferyjnych modyfikacji struktury molekularnej na procesy ISC w SL i zaproponujemy diagram poziomów energetycznych ilustrujący wielowymiarową fotofizykę SL.

### Literatura

- [1] H. S. Kim, S. H. Lee, S. Yoo, C. Adachi, *Nature Comm.* **15** (2024) 2267.
- [2] J. Karpiuk, Z. R. Grabowski, F. C. De Schryver, *J. Phys. Chem.* **98** (1994) 3247.
- [3] J. Karpiuk, A. Majka, E. Karolak, J. Nowacki, *J. Phys. Chem. Lett.* **8** (2017) 4659.

## CZY ZWIĄZKI ANTYAROMATYCZNE ŁAMIĄ REGUŁĘ HUNDA?

**Magdalena Duszka, Andrzej L. Sobolewski**

Instytut Fizyki PAN, 02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

e-mail: mduszka@ifpan.edu.pl

Badania teoretyczne przeprowadzone na przestrzeni ostatnich lat wskazały na istnienie stabilnych cząsteczek organicznych o zamkniętej powłoce elektronowej, które łamią regułę Hunda, ponieważ ich pierwszy singletowy stan wzbudzony ( $S_1$ ) znajduje się poniżej pierwszego trypletowego stanu wzbudzonego ( $T_1$ ) [1,2]. Jako że te przewidywania teoretyczne zostały potwierdzone doświadczalnie [1,3], efekt ten wzbudził duże zainteresowanie badaczy z dziedziny fizyki materiałowej. Dzięki ujemnej różnicy energii pomiędzy stanem  $S_1$  i  $T_1$ , odwrotne przejście międzysystemowe (RISC) z optycznie „ciemnego” stanu trypletowego na fluoryzujący stan singletowy jest procesem korzystnym termodynamicznie, co może być wykorzystane przy projektowaniu nowej generacji organicznych diod luminescencyjnych (OLED) o wydajnej fluorescencji.

Potencjał azotków węgla i azotków węgla z borem, posiadających tę unikalną właściwość, był głównym przedmiotem wcześniejszych badań. Okazuje się jednak, że również węglowodory antyaromatyczne wykazują odwrócenie najniższego singletowego i trypletowego stanu wzbudzonego, jednak efekt ten występuje jedynie w energetycznie niestabilnej konformacji cząsteczki [4]. W prezentacji zostaną omówione modyfikacje chemiczne stabilizujące antyaromatyczną konformację tych związków, co umożliwi otrzymanie nowej klasy stabilnych cząsteczek o ujemnej przerwie energetycznej  $S_1$ - $T_1$ .

### Literatura

- [1] J. Ehrmaier, E.J. Rabe, S.R. Pristash, K.L. Corp, C.W. Schlenker, A.L. Sobolewski and W. Domcke Singlet-triplet inversion in heptazine and in polymeric carbon nitrides, *J. Phys. Chem. A*, 2019, 123, 8099–8108.
- [2] P. De Silva, Inverted Singlet-Triplet Gaps and Their Relevance to Thermally Activated Delayed Fluorescence, *J. Phys. Chem. Lett.*, 2019, 10, 5674–5679.
- [3] N. Aizawa, Y. J. Pu, Y. Harabuchi, A. Nihonyanagi, R. Ibuka, H. Inuzuka, B. Dhara, Y. Koyama, K. ichi Nakayama, S. Maeda, F. Araoka and D. Miyajima, Delayed fluorescence from inverted singlet and triplet excited states, *Nature*, 2022, 609, 502–506.
- [4] M. H. Garner, J. T. Blaskovits and C. Corminboeuf, Double-bond delocalization in non-alternant hydrocarbons induces inverted singlet–triplet gaps, *Chem. Sci.*, 2023, 14, 10458–10466.

## WIELOFUNKCYJNE NANOKRYSTAŁY DLA NIELINIOWEJ OPTYKI I BIOFOTONIKI

**Marcin Nyk**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instytut Materiałów Zaawansowanych, Wydział Chemiczny, Politechnika Wroclawska, 50-370 Wrocław, Wyb. Wyspiańskiego 27  
e-mail: marcin.nyk@pwr.edu.pl

Zasadniczym zagadnieniem i tematem przewodnim wykładu będzie charakterystyka liniowych i nieliniowych właściwości optycznych wybranych zaawansowanych nanomateriałów [1,2]. Pokazane zostaną głównie procesy nieparametryczne, takie jak absorpcja dwu- i trójfotonowa (z ang. odpowiednio: *two-photon absorption – 2PA*, *three-photon absorption – 3PA*); wyznaczone w szerokim zakresie długości fal przy użyciu wzmacnianych femtosekundowych impulsów laserowych z wykorzystaniem metody z-skan lub dwufotonowo wzbudzonej luminescencji. Ważnym aspektem w relacji do pokazanych badań będzie zaprezentowanie praktycznych zastosowań dla nowych nanomateriałów czy też znanych nanomateriałów, ale funkcjonalizowanych za pomocą własnych metod lub strategii. Spośród wielu możliwych zastosowań absorberów nieliniowych najbardziej interesujące są zastosowania takich nanokryształów jako znaczników w mikroskopii nieliniowej [3], biofotonice [4] lub czujnikach [5], gdzie celowo korzysta się z emisji tego typu znaczników zachodzącej przy długościach fal krótszych niż długość fali wzbudzenia (konwersja energii w górę).

### **Literatura**

- [1] J. Zaręba, M. Nyk, M. Samoć, *Adv. Optical Mater.* **9** (2021) 2100216.
- [2] M. Gordel-Wójcik, M. Malik, A. Siomra, M. Samoć, M. Nyk, *Journal of Physical Chemistry Letters* **14** (2023) 11117.
- [3] K. Nawrot, J. Zaręba, M. Toporkiewicz, G. Chodaczek, D. Wawrzyńczyk, J. Kulbacka, U. Bazylińska, M. Nyk, *Int J Nanomedicine* **16** (2021) 3649.
- [4] A. Antoniuk, R. Pązik, U. Bazylińska, K. Wiwatowski, A. Tomaszewska, M. Kulpa-Greszta, J. Adamczyk-Grochala, M. Wnuk, S. Maćkowski, A. Lewińska, M. Nyk, *Materials Science and Engineering C* **127** (2021) 112224.
- [5] A. Siomra, D. Wawrzyńczyk, M. Samoć, M. Nyk, *RSC Advances* **14** (2024) 2439.

## ZASTOSOWANIA OPTYCZNE MAŁOCZĄSTECZKOWYCH ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH O BUDOWIE TYPU DONOR- $\pi$ -AKCEPTOR

**Kamila Lupińska<sup>1</sup>, Lech Sznitko<sup>1</sup>, Yann Bretonnière<sup>2</sup>, Chantal Andraud<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska, 50-370 Wrocław, Polska, Wyb. Wyspiańskiego 27,

<sup>2</sup>Univ Lyon, ENS de Lyon, CNRS UMR 5182, Université Claude Bernard Lyon 1,

Laboratoire de Chimie, F69342 Lyon, Francja

e-mail: kamila.lupinska@pwr.edu.pl

Odpowiednie zaprojektowanie związków o budowie typu Donor- $\pi$ -Akceptor (zwanymi inaczej molekułami typu *push-pull*) umożliwia tworzenie niemal nieograniczonych ilości nowych materiałów o pożądanych właściwościach optycznych [1]. Starannie zaplanowana synteza pozwala nie tylko na obniżenie kosztów produkcji, ale również może być korzystna w kontrolowaniu właściwości takich jak położenie spektralne widm absorpcji oraz emisji, a nawet potencjalne występowanie efektu AIE (emisji wzmocnionej poprzez agregację – *j. ang.* Aggregation Induced Emission) [2]. Kontrola absorpcji i emisji jest osiągnięta głównie poprzez zmiany w wewnątrzcząsteczkowym transferze energii (*j. ang.* Intramolecular Charge Transfer – ICT) na przykład dzięki zastosowaniu w czasie trwania syntezy różnych grup elektrono-akceptorowych. W rezultacie polaryzacja cząsteczek *push-pull* jest stosunkowo łatwa do osiągnięcia w porównaniu z innymi typami barwników, co umożliwia chociażby uzyskanie efektów optycznie nieliniowych (*j. ang.* Nonlinear Optics - NLO) przy stosunkowo niskim progu ich generacji. W zależności od kinetyki reakcji izomeryzacji, jednym z efektów NLO może być fotoprzełączanie molekularne w trakcie przejścia typu  $Z \leftrightarrow E$ . Występowanie tego zjawiska jest przypisywane obecności podwójnego wiązania węgiel-węgiel ( $-C=C-$ ) znajdującego się w cząsteczce pomiędzy donorem a akceptorem elektronów oraz konsekwentnie uporządkowywaniu cząsteczek poprzez efekt Weigla [3].

Poniższa prezentacja przedstawia syntezę nowej rodziny barwników posiadających architekturę molekularną typu Donor- $\pi$ -Akceptor. W trakcie prezentacji zostanie omówiona krok po kroku synteza organiczna, włączając w to podstawową charakterystykę strukturalną zmierzoną i potwierdzoną za pomocą widm NMR, MS, XRD oraz FTIR. Dla nowopowstałych barwników zostaną przedstawione i omówione właściwości optyczne (absorpcja, emisja, wydajności kwantowe i pomiary AIE) oraz wartości temperatur topnienia. Na koniec zostanie zaprezentowane wykorzystanie związków tego typu jako fotoprzełączniki optyczne, oferując tym samym wgląd w ich praktyczne zastosowanie.

**Podziękowania:** Badania zostały współfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (2020/39/O/ST5/01865) oraz Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (BPN/PRE/2022/1/00028)

### Literatura

- [1] Rémond M, Zheng Z, Jeanneau E, Andraud C, Bretonnière Y, Redon Journal of Organic Chemistry 2019; **84**: 9965–74
- [2] Redon S, Eucat G, Ipuy M, Jeanneau E, Gautier-Luneau I, Ibanez A, et al Dyes and Pigments 2018; **156**: 116–32
- [3] Natansohn A, Rochon P. Chemical Reviews 2002; **102**: 4139–75.

## WYDAJNOŚĆ DYSOCJACJI EKSCYTONÓW NA ZŁĄCZU DONOR ELEKTRONU-AKCEPTOR ELEKTRONU W ORGANICZNYCH OGNIWACH FOTOWOLTAICZNYCH

**Grażyna Jarosz, Ryszard Signerski**

Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej, 80-299 Gdańsk,  
ul. Narutowicza 11/12  
e-mail: grajaros@pg.edu.pl

Dynamiczny rozwój mobilnych i stacjonarnych drobnych urządzeń określanych jako Internet of Things wytworzył zapotrzebowanie na lekkie ogniwa fotowoltaiczne. Tu nie oczekuje się, aby ogniwa takie miały wysoką wydajność przy standardowych warunkach oświetlenia słonecznego (AM1.5G czy AM1.5D). Ogniwa te powinny natomiast wydajnie konwertować światło sztuczne lub rozproszone światło słoneczne. Oczekuje się również, żeby wydajnie konwertowały światło na energię elektryczną przy dużo niższym poziomie gęstości mocy padającego promieniowania. Wydaje się więc, że organiczne ogniwa fotowoltaiczne mogą w tym zakresie z sukcesem konkurować z klasycznymi półprzewodnikowymi ogniwami fotowoltaicznymi [1,2].

Granica wydajności konwersji energii ekscytonowych ogniw fotowoltaicznych przy współczesnym sztucznym oświetleniu wytwarzanym przez źródła wykorzystujące diody elektroluminescencyjne może przekraczać nawet 50 % [3] i jest jedynie 3-5 % niższa od granicy optymalnych klasycznych ogniw fotowoltaicznych. Te 3-5 % wynika z konieczności wytworzenia takiej struktury energetycznej na międzypowierzchni donor elektronów (DE) – akceptor elektronów (AE), aby docierające ekscytony Frenkla samoistnie dysocjowały na stan CT z elektronem na molekule AE i stanem nieobsadzonym na molekule DE. Odpowiednia struktura energetyczna jest warunkiem koniecznym wystąpienia zjawiska fotowoltaicznego w układzie DE/AE. Badania jednak pokazują, że odpowiednia struktura energetyczna nie zawsze prowadzi do wydajnej dysocjacji ekscytonów [4,5,6]. Stąd potrzeba doświadczalnej weryfikacji wydajności dysocjacji ekscytonów w organicznych ogniwach fotowoltaicznych.

W prezentacji przedstawiona zostanie metoda szacowania wydajności dysocjacji ekscytonów na złączu DE/AE w planarnym układzie ogniwa fotowoltaicznego. Analiza zostanie odniesiona do własnych badań doświadczalnych dwóch organicznych ogniw fotowoltaicznych.

### Literatura

- [1] G. Kumar, F.-C. Chen, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 56 (35) (2023) 353001.
- [2] S. Hwang, T. Yasuda, *Polymer Journal* 55 (2022) 297.
- [3] G. Jarosz, M. Franz, R. Marczyński, R. Signerski, *Org. Electron.* 88 (2021) 105999.
- [4] T. M. Clarke, *Nat. Energy* 5 (9) (2020) 644.
- [5] G. Jarosz, R. Marczyński, R. Signerski, *Appl. Surf. Sci.* 580 (2022) 152167.
- [6] F. G. V. Sampaio, M. O. A. González, *Int. J. Energy Res.* 46 (2022) 17813.



## SYNTEZA WYSOKO ZORGANIZOWANEGO POLI(*P*-FENYLENOWINYLENU) ORAZ JEGO POTENCJALNE ZASTOSOWANIE W ORGANICZNYCH OGNIWACH FOTOWOLTAICZNYCH

**Diana M. Bobrowska<sup>1</sup>, Katarzyna Gdula<sup>2</sup>, Joanna Brezcko<sup>1</sup>, Krzysztof Winkler<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Wydział Chemii, Uniwersytet w Białymstoku, 15-245 Białystok, ul. Ciołkowskiego 1K

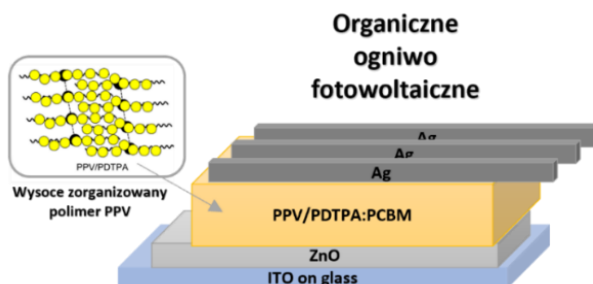
<sup>2</sup> Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet w Białymstoku,

15-245 Białystok, ul. Ciołkowskiego 1K

e-mail: d.bobrowska@uwb.edu.pl

Celem badań naukowych było otrzymanie nowego materiału o lepszych właściwościach fizykochemicznych i elektrochemicznych poprzez zwiększenie uporządkowania struktury poli(*p*-fenylenowinyleny) (PPV). PPV należy do grupy polimerów przewodzących, ze względu na posiadanie w swojej strukturze sprzężonych wiązań  $\pi$ , dzięki czemu charakteryzuje się m.in. wysoką przewodnością elektryczną, doskonałymi właściwościami optycznymi i stabilnością chemiczną [1]. Modyfikacja długich łańcuchów polimerowych nastąpiła poprzez włączenie w strukturę PPV materiału samoorganizującego się, jakim był kwas 2,5-bis(pentadecyloksy)tereftalowy (PDTPA). Został on wykorzystany jako matryca podczas polimeryzacji PPV, tak aby wymusić orientację łańcuchów polimerowych.

Otrzymany fotoaktywny kompozyt PPV/PDTPA scharakteryzowano za pomocą spektroskopii w podczerwieni i Ramana, mikroskopii sił atomowych, skaningowej mikroskopii elektronowej z transmisją, dynamicznego rozpraszania światła oraz pomiaru potencjału zeta. Powyższe badania potwierdziły, iż wprowadzenie PDTPA wymusiło orientację łańcuchów PPV, a zorganizowana struktura została potwierdzona poprzez charakterystykę mikroskopową. Ponadto, rozkład poziomów energii w PDTPA w stosunku do pasm energetycznych PPV umożliwia wymianę ładunku pomiędzy elementami, sprzyjając separacji ładunków.



Rysunek 1. Schemat odwróconego organicznego ogniwa fotowoltaicznego zawierającego w warstwie aktywnej PPV/PDTPA.

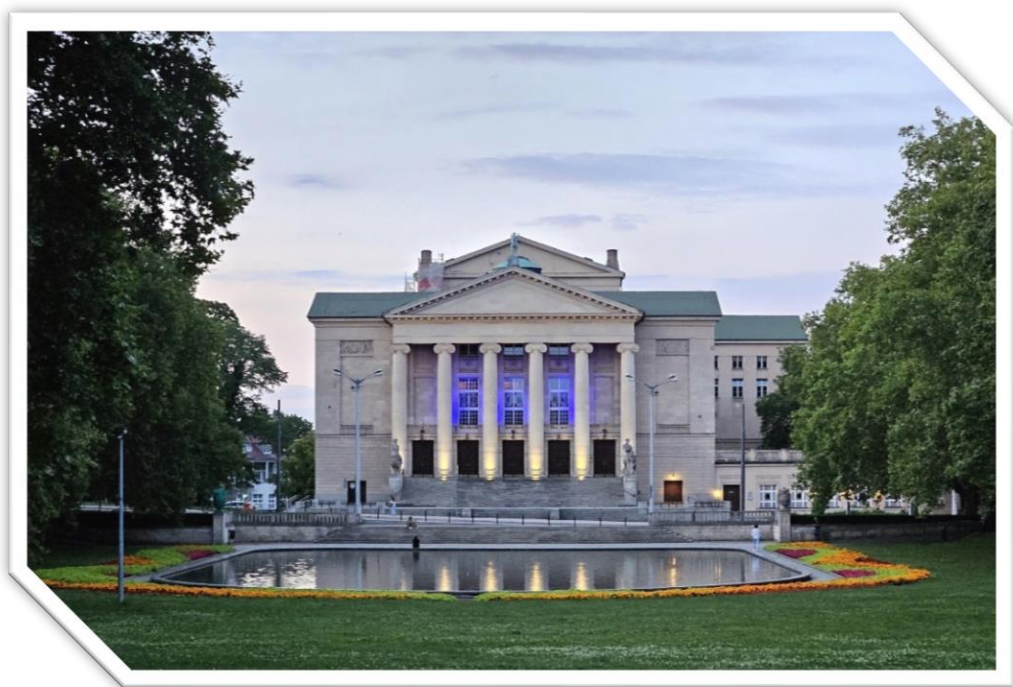
Otrzymany wysoce zorganizowany materiał PPV/PDTPA wykorzystano jako materiał donorowy w warstwie aktywnej w odwróconym organicznym ogniwie fotowoltaicznym, które osiągnęło wydajność na poziomie 2,66%. Wartość ta była wyższa od uzyskanej dla ogniwa bazującego wyłącznie na niezmodyfikowanym PPV.

### Literatura

[1] D. M. Bobrowska, K. Gdula, J. Brezcko, A. Basa, K. H. Markiewicz, K. Winkler, *J Nanopart Res* **24** (2022) 222.

Badania są finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu PRELUDIUM #2017/27/N/ST5/02888 dla D.M.B.

**Piątek, 13 września 2024**



*Teatr Wielki im. Stanisława Moniuszki w parku Adama Mickiewicza*

## DWU-WYMIAROWE, ORGANICZNO-NIEORGANICZNE WARSTWY PEROWSKITOWE DO ZASTOSOWANIA W ELEKTRONICE WIELKOPOWIERZCHNIOWEJ

Shuanglong Wang<sup>1</sup>, Shankeerthan Kalyanasundaram<sup>1</sup>, Zhitian Ling<sup>1</sup>, George Floudas<sup>1,2</sup>, Mischa Bonn<sup>1</sup>, Denis Andrienko<sup>1</sup>, Paul Blom<sup>1</sup>, Wojciech Pisula<sup>1,3</sup>, Tomasz Marszalek<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Max Planck Institute for Polymer Research, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, Niemcy

<sup>2</sup>Department of Physics, University of Ioannina, P.O. Box 1186, 451 10 Ioannina, Grecja

<sup>3</sup>Katedra Fizyki Molekularnej, Politechnika Łódzka, Zeromskiego 116, Łódź, Polska

e-mail: marszalek@mpip-mainz.mpg.de

Trójwymiarowe warstwy perowskitowe są obiecującymi półprzewodnikami ze względu na wysoką ruchliwość oraz długą drogę dyfuzji nośników ładunku, wysoką wydajność kwantową fotoluminescencji oraz łatwe i nisko-kosztowe przetwarzanie-depozycję. Jednakże ich niestabilność na czynniki atmosferyczne sprawia, że konieczne jest poszukiwanie nowych pochodnych tych materiałów wykazujących wspomniane powyżej zalety oraz eliminujące niestabilność środowiskową. Zaproponowanym rozwiązaniem tego problemu mogą być dwu-wymiarowe, hybrydowe warstwy perowskitowe, w których organiczny kation zwiększa stabilność środowiskową warstw oraz pozwala kontrolować morfologię powierzchni [1], stopień krystaliczności [2], zachowując ostatecznie wydajny transport nośników ładunku.

Przeprowadzone badania za pomocą nieinwazyjnej spektroskopii terahercowej jednoznacznie pokazują, że lokalna ruchliwość nośników ładunków w hybrydowych perowskitach przekracza wartość  $10 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  [1, 2], co jest porównywalne z maksymalnymi wartościami osiąganymi dla półprzewodników organicznych i perowskitowych warstw 3D. Niestety makroskopowy transport elektryczny w 2D perowskitowych tranzystorach z efektem połowym jest ograniczony przez mikro- i makrostrukturę warstw a dokładnie przez brak uporządkowania blisko- i daleko-zasięgowego oraz akumulację jonów powstałych na skutek defektów strukturalnych. [3]

Systematyczne badania dotyczące wpływu struktury chemicznej organicznego kationu uwidoczniły oscylacje właściwości fizyko-chemicznych warstw perowskitowych składających się z nieparzystej lub parzystej liczby połączonych, powtarzających się jednostek metylenowych. [4] Takie zachowanie zostało po raz pierwszy zaobserwowane dla hybrydowych półprzewodników perowskitowych. Obliczenia z wykorzystaniem teorii funkcjonałów gęstości i charakterystyka szerokopasmowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego ujawniły, że perowskity z ligandami organicznymi zawierającymi łańcuch alkiłowy z nieparzystą liczbą atomów węgla wykazują nieuporządkowaną sieć krystaliczną i pochylone oktaedry nieorganiczne, które prowadzą do zmniejszenia ruchliwości nośników ładunków. Natomiast perowskity z kationami o parzystej liczbie atomów węgla w łańcuchu alkiłowym tworzą bardziej uporządkowane struktury krystaliczne, co skutkuje wyższymi ruchliwościami nośników ładunku. Uzyskane wyniki pokazują znaczenie niewielkich zmian w konformacji molekularnej kationów organicznych na morfologię, właściwości fotofizyczne i transport nośników ładunku w 2D warstwowych perowskitach, przedstawiając inżynierię łańcucha alkiłowego kationów organicznych jako efektywne narzędzie do kontrolowania kluczowych właściwości warstw półprzewodników perowskitowych.

### Literatura

[1] S. Wang, S. Frisch, ..., T. Marszalek, , *Mater. Horiz.*, **9**, 2633 (2022);

[2] S. Wang, K. Bidinakis, ..., T. Marszalek, *Small*, **19**, 2207426 (2023);

[3] S. Wang, S. Kalyanasundaram, ... T. Marszalek, *Mater. Horiz.*, **11**, 1177-1187 (2024);

[4] S. Wang, M. Mandal, H. Zhang, .. Tomasz Marszalek, „Odd-even alkyl chain effects on the structure and charge carrier transport of 2D Sn-based perovskite semiconductors”, *J. Am. Chem. Soc.*, (2024)

## POPRAWA WYDAJNOŚCI PÓLPRZEZROCZYSTYCH PEROWSKITOWYCH OGNIW SŁONECZNYCH ZA POMOCĄ WARSTWY KONWERTUJĄCEJ FOTONY UV

**Damian Głowienka<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, 80-233 Gdańsk,  
ul. Gabriela Narutowicza 11/12, Polska  
e-mail: damian.glowienka@pg.edu.pl

Perowskitowe ogniwa słoneczne to jedne z najbardziej obiecujących materiałów w dziedzinie fotowoltaiki, zdolne osiągnąć wydajność konwersji energii przekraczającą 25% [1]. Jednak osiągnięta wydajność wciąż pozostaje poniżej teoretycznego maksimum. Zgodnie z modelem Shockleya-Queissera, optymalna wydajność konwersji energii dla perowskitowych ogniw słonecznych mogłaby osiągnąć wartość nawet 31.4% dla półprzewodników z szerokością przerwy energetycznej równą 1.55 eV [2]. Jednym ze sposobów na przekroczenie teoretycznych granic jest wykorzystanie mechanizmu konwersji energii dla niezabsorbowanych fotonów [3]. Wynika to z faktu, że ponad 40% światła padającego na perowskitowych ogniw słonecznych pozostaje niewykorzystana, głównie z powodu pasożytniczych strat absorpcyjnych lub niewystarczającej energii fotonów do zainicjowania procesu fotoelektrycznego [4].

W ramach zaprezentowanych badań przeprowadzono szczegółową analizę optyczną półprzezroczystych perowskitowych ogniw słonecznych. Dzięki temu zidentyfikowano znaczące straty optyczne wynikające z pasożytniczej absorpcji światła z zakresu UV przez szkło i warstwę przezroczystego tlenku przewodzącego. Dlatego, w celu optymalizacji perowskitowych ogniw słonecznych użyto materiałów konwertujących światło UV na zakres widzialny, takich jak TPETPA i DPABA. Oba rodzaje powłok wykazały obiecujące wydajności kwantowe fotoluminescencji na poziomie 60%. Dalsze symulacje optyczne pozwoliły ustalić optymalne grubości warstw, co przyczyniło się do poprawy wydajności półprzezroczystych perowskitowych ogniw słonecznych o około 0.4% dla obu oświetlanych stron. Stwierdzono, że warstwy TPETPA i DPABA poprawiają prąd zwarcia o odpowiednio o 0.54 mA cm<sup>-2</sup> i 0.18 mA cm<sup>-2</sup>, a napięcie obwodu otwartego o 20 mV i 9 mV.

Wyniki te wskazują na duży potencjał warstw konwersji energii fotonów w dalszej poprawie wydajności perowskitowych ogniw słonecznych, oferując nowe perspektywy dla rozwoju technologii fotowoltaicznych.

### **Literatura**

- [1] National Renewable Energy Laboratory (NREL), Chart of Best Research-Cell Efficiencies.
- [2] Energy Environ. Sci., 17 (2024) 1153-1162
- [3] Sol. RRL, 6 (2022) 2200266
- [4] Mater. Today Energy, 37 (2023) 101401

This research was funded in part by National Science Centre, in cooperation with the M-ERA.NET 3 Call 2021 for the grant number 2021/03/Y/ST5/00233. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No 958174. Calculations were carried out at the Academic Computer Centre (CI TASK) in Gdansk.

## **MODYFIKACJA POWIERZCHNI ELEKTROD PRZY POMOCY NOWYCH POCHODNYCH PERYLENU ORAZ BADANIE INTERFEJSÓW ELEKTRODA-PÓŁPRZEWODNIK W ORGANICZNYCH URZĄDZENIACH OPTOELEKTRONICZNYCH**

**Bartosz Orwat<sup>1,2,3</sup>, Kamila Jankowska<sup>2,3</sup>, Julita Nawrocik<sup>2,3</sup>, Abhimanyu Singh<sup>1</sup>,  
Ireneusz Kownacki<sup>1</sup>, Maciej Rogala<sup>4</sup>, Paweł Krukowski<sup>4</sup>,  
Paweł Kowalczyk<sup>4</sup>, Beata Łuszczynska<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, Łódź, ul. Żeromskiego 116,

<sup>2</sup> Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań, ul. Poznańska 8,

<sup>3</sup> Centrum Zaawansowanych Technologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, 61-614 Poznań,  
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 10,

<sup>4</sup> Uniwersytet Łódzki, Katedra Fizyki Ciała Stałego, 90-236 Łódź, Pomorska 149/153,  
e-mail: beata.luszczynska@p.lodz.pl

Drukowana elektronika może skutecznie zastąpić w wielu dziedzinach tradycyjne technologie wytwarzania półprzewodnikowych urządzeń elektronicznych i optoelektronicznych, takich jak: fotodiody używane do detekcji światła oraz organiczne diody elektroluminescencyjne. Dlatego, od kilku lat podejmowane są wysiłki w celu dostosowania technik drukarskich, takich jak druk strumieniowy i sitodruk, do produkcji półprzewodnikowych elementów elektronicznych. Głównym problemem w osiągnięciu w pełni drukowanych wielowarstwowych urządzeń optoelektronicznych jest nanoszenie elektrody przy użyciu powszechnie stosowanych atramentów opartych na nanocząstkach srebra lub drogich nanocząstkach złota. Z uwagi na silnie hydrofobowy charakter organicznych warstw aktywnych, tego rodzaju elektroda jest praktycznie niedrukowalna atramentem srebrowym złożonym z kompozycji polarnych rozpuszczalników. Stąd konieczne jest zastosowanie dwufunkcyjnej międzywarstwy, oddzielającej elektrodę i warstwę aktywną półprzewodnika, która będzie jednocześnie wykazywała silne powinowactwo do nieorganicznej elektrody oraz do organicznej warstwy aktywnej urządzenia. Drugim powodem wprowadzenia do konfiguracji urządzenia międzywarstwy jest fakt, że praca wyjścia niemodyfikowanych elektrod metalicznych nie pozwala na efektywne wstrzykiwanie nośników ładunku do warstwy aktywnej.

Celem naszych badań było opracowanie metod skutecznej modyfikacji pracy wyjścia standardowych, powszechnie używanych materiałów elektrodowych, takich jak srebro w ogniwach fotowoltaicznych o klasycznej konfiguracji. Taka modyfikacja może nastąpić poprzez wprowadzenie międzywarstwy specjalnie zaprojektowanych i przygotowanych pochodnych perylenu.

Mechanizm działania zastosowanych warstw pośrednich został zbadany poprzez połączenie pomiarów pracy wyjścia modyfikowanych elektrod z pomiarami elektrycznymi testowanych urządzeń. Dodatkowa analiza została przeprowadzona z wykorzystaniem symulacji komputerowych. Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu 2020/37/B/ST5/03929.

## DYNAMIKA MAŁYCH CZĄSTECZEK SPUŁĄPKOWANYCH WEWNĄTRZ SUPERFANÓW

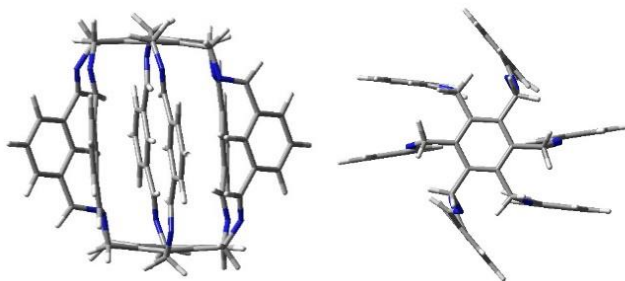
**Andrzej Eilmes<sup>1</sup>, Mirosław Jabłoński<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Wydział Chemii UJ, 30-387 Kraków, ul. Gronostajowa 2

<sup>2</sup>Wydział Chemii UMK, 87-100 Toruń, ul. Gagarina 7

e-mail: eilmes@chemia.uj.edu.pl

Superfany są grupą cząsteczek organicznych z rodziny cyklofanów, zawierających dwa równoległe ustawione pierścienie benzenowe połączone sześcioma mostkami. Przy odpowiednio długich mostkach, klatka superfanu może być dostatecznie duża, by pomieścić wewnątrz niewielkie cząsteczki lub jony. Na przykład, otrzymany został układ z przedstawionym na Rys. 1 superfanem zawierającym w klatce dimer wody [1].



Rys. 1. Cząsteczka jednego z badanych superfanów, widok z boku oraz widok z góry.

W naszych badaniach śledzono zachowanie pięciu niewielkich cząsteczek: HF, HCN, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> i CH<sub>3</sub>OH, spułapkowanych w trzech różnych klatkach: superfanie pokazanym na Rys. 1 oraz dwu ze zmodyfikowanymi mostkami. Geometrie tych układów oraz oddziaływania cząsteczek z klatką zostały niedawno zbadane metodami chemii kwantowej przez jednego z autorów [2]. W niniejszej pracy do opisu ich dynamiki wykorzystano symulacje dynamiki molekularnej *ab initio* (o długości 80 ps) oraz klasycznej (do 200 ns). W tym pierwszym przypadku wykorzystano metodologię teorii funkcjonału gęstości z funkcjonałem  $\omega$ B97XD, w drugim – pole siłowe oparte na parametryzacji OPLS-AA.

Stwierdzono, iż ruchliwość cząsteczek w klatce superfanu rośnie w kolejności HF < HCN < CH<sub>3</sub>OH < H<sub>2</sub>O < NH<sub>3</sub> odzwierciedlającej siłę oddziaływań pomiędzy klatką a spułapkowaną cząsteczką. Konformacja klatki superfanu, w szczególności ustawienie atomów azotu w kierunku do wnętrza klatki lub na zewnątrz, modyfikuje możliwość efektywnego tworzenia wiązań wodorowych pomiędzy atomami wodoru ze spułapkowanej cząsteczki a atomami azotu z superfanu. W konsekwencji trzy badane klatki różnią się mobilnością zaokludowanej cząsteczki oraz proporcją czasu, jaki spędza ona przy dwu końcach klatki.

### Literatura

[1] A. Li, S. Xiong, W. Zhou, H. Zhai, Y. Liu, Q. He, *Chem. Commun.* **57** (2021) 4496-4499.

[2] M. Jabłoński, *Molecules* **29** (2024) 601.

## PROTON TAUTOMERISM AND STEREOISOMERISM IN 1,3-THIAZOLIDINONE DERIVATIVES

**Andrii Pyrih**

Department of Organic Chemistry, Poznan University of Medical Sciences, Rokietnicka 3,  
60-806 Poznań  
e-mail: andriypyrih@gmail.com

My work presents the synthesis and structural analysis of a series of hybrid pyrazolin/thiazolidinones as well as of 5-ylidene derivatives of 4-phenylamino-1,3-thiazol-2(*5H*)-ones with the phenyl ring variously substituted with the -OH, -OCH<sub>3</sub>, and -CF<sub>3</sub> groups. The aim of the structural analyses was to elucidate the structural changes and tautomeric effects in the amidine system caused by the various chemical modifications of the thiazolidinone core. The solid phase structures were characterized by single-crystal and powder X-ray diffraction, and by FT-IR spectroscopy. To examine the tautomeric effect as a possible dynamic phenomenon, the liquid phase (DMSO solution) behavior of the investigated compounds was studied by <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectroscopy. As a major conclusion, the exceptional stability of the amino tautomeric form with synperiplanar conformation of all the title compounds has been established both in the solid and liquid phases. The structures were analyzed from the point of view of the electronic effects and conformational freedom of the molecules. The differences in electronic structure resulting from substituent swapping were also analyzed. In addition, the intermolecular interactions and supramolecular architecture of the crystal lattices were highlighted. Computational analyses (density functional, DFT; and atoms-in-molecules, AiM; theory) were carried out to theoretically explain the experimental data. The antiproliferative activity of selected compounds was evaluated and the most susceptible cancer cell lines (renal cancer) were identified.

## WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE ŻELI ZAWIERAJĄCYCH AGOMELATYNĘ

**Ariadna B. Nowicka<sup>1</sup>, Mirosław Szybowicz<sup>1</sup>, Tobiasz Banaszek<sup>1</sup>, Radosław Wichniarek<sup>2</sup>,  
Wiesław Kuczko<sup>2</sup>, Dorota Tomczak<sup>3</sup>, Monika Wojtyłko<sup>4</sup>, Anna Froelich<sup>4</sup>,  
Barbara Jadach<sup>4</sup>, Tomasz Osmalek<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Instytut Badań Materiałowych i Inżynierii Kwantowej, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

<sup>2</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Materiałów, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań,

<sup>3</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań,

<sup>4</sup>Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego, Wydział Farmaceutyczny, Katedra i Zakład Technologii Postaci Leku, ul. Grunwaldzka 6, 60-780 Poznań  
e-mail: ariadna.nowicka@put.poznan.pl

Według szacunków Światowej Organizacji Zdrowia w przeciągu kilku najbliższych lat depresja będzie najczęściej diagnozowana chorobą na świecie. Skutki tej choroby potrafią dezorganizować życie pacjenta oraz ma ogromne znaczenie społeczne [1]. Jednym ze stosunkowo nowych leków, dopuszczonych do użytku klinicznego w Unii Europejskiej w 2009 roku, jest agomelatyna (N-[2-(7-metoksynafty-1-yl)etyl]acetamid- AGM). Jest to atypowy lek stosowany przede wszystkim w leczeniu depresji klinicznej jak i zaburzeń lękowych. Podawany jest w formie doustnej a jego biodostępność wynosi ok. 3-4 % [2,3]. Rozwiązaniem tego problemu może być transdermalne podanie leku w formie np. żelu. Kolejnym krokiem może być użycie żelu do mikroigłowych systemów wytwarzanych przyrostowo przy pomocy druku 3D [4].

Głównym celem prezentowanych badań było określenie wpływu temperatury na właściwości spektroskopowe agomelatyny oraz dwóch rodzajów żeli zawierających AGM (z etanolem i bez etanolu) do stosowania na skórę. Żele i zawiesiny etanolowe z AGM różnią się wyraźnie wizualnie (Rys. 1). Wytworzono także systemy przezskórne z mikroigłami (MN) zawierające AGM, stosując technologię druku 3D. Spektroskopia Ramana pozwoliła określić polimorficzną postać agomelatyny we wszystkich badanych postaciach leków oraz jej rozkład w wydrukowanej na drukarce 3D postaci stałej leku.



Rys.1. Zdjęcie badanych próbek: zawiesina placebo (1), zawiesina z AGM (2), żel placebo (3), żel z AGM (4).

### Źródło finansowania

Badania zostały wykonane w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki Sonata Bis UMO 2021/42/E/NZ7/00125.

### Literatura

[1] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/depression> (Dostęp: 12.04.2023)

[2] J. Lewandowski, *Psychiatria*, 9(1), 2012, 11-20

[3] G. Konstantakopoulos, S. Dimitrakopoulos, P.G. Michalopoulou, *Expert Opinion on Drug Discovery* 15, 2020, 1121-1132.

[4] E. B. Souto, J. C. Campos, *Pharmaceutical development and technology*, 24.8, 2019, 1044-1053



## LISTA PLAKATÓW

- P1** M. Banasiewicz *Nowe krystaliczne matryce do optycznych badań pojedynczych cząsteczek*
- P2** B. Barszcz *Badania stopnia polimeryzacji wypełnień stomatologicznych za pomocą spektroskopii Ramana*
- P3** A. Biadasz *Układ przesyłu gazu o kontrolowanej wilgotności w badaniach sensorów wilgotności*
- P4** E. Czechowska *Biosensory na bazie grafenu i DNA*
- P5** A. Dubis *Badania oddziaływań między- i wewnątrzcząsteczkowych w solach imidazoliowych z helikoidalną siecią wiązań wodorowych*
- P6** A. Frąckowiak *Efekty wibronowe w widmach IR i Ramana kompleksów  $(EDT-TTF-I_2)_2TCNQF_n$  ( $n = 0, 1, 2$ )*
- P7** K. Gronkiewicz *„Kanałki” z materiałów 2D - obiecujące platformy do badań na poziomie pojedynczych cząsteczek*
- P8** M. Hancharova *Elektroprzędzone włókna domieszkowane półprzewodnikami organicznymi typu X-shape do zastosowania w technologii oświetleniowej*
- P9** K. Kołodzińska *Luminescencyjne, biokompatybilne nano- i mikrowłókna elektroprzędzone – morfologia i właściwości optyczne*
- P10** M. Krencjasz *Optymalizacja parametrów druku elektrod grzebieniowych na podłożu opatrunkowym*
- P11** K. Lewandowska *Superpojemność w materiałach z tlenku grafenu modyfikowanych barwnikami tetrapirołowymi*
- P12** P. Ławniczak *Wpływ domieszkowania kopolimerów na bazie polipirołu na właściwości elektryczne*
- P13** A. Martin *Wykorzystanie karboksymetylocelulozy sodu i nanorurek węglowych w rozwoju elektroniki organicznej*
- P14** J. Nowakowska *Optymalizacja warunków nanoszenia warstwy PEDOT: PSS metodą spin coating'u w produkcji QD-LED*
- P15** J. Olas *Obrazowanie momentów przejścia  $S_0 \rightarrow S_1$  pojedynczych cząsteczek barwnika organicznego w matrycy krystalicznej*

- P16** I. Olejniczak *Przejście fazowe metal-izolator w chiralnych solach DM-EDT-TTF: badania spektroskopowe*
- P17** D. Pelczarski *Widma elektroabsorpcji organicznych kompleksów rutenu zaadsorbowanych na nanokrystalicznym tlenku tytanu (IV)*
- P18** A. Putowska *Innowacyjne podejście do oczyszczania L-tryptofanu w układach dwufazowych*
- P19** K. Rytel *Wpływ ftalocyjaniny cynkowej na formowanie i właściwości cienkich warstw wielościennych nanorurek węglowych na granicy faz ciało stałe-powietrze i woda-powietrze*
- P20** B. Tim *Badanie wpływu nanocząstek złota na właściwości transportowe błon komórkowych organizmów żywych*
- P21** J. Ulański *Zastosowanie spektroskopii Ramana do analizy stopnia degradacji tkanki chrzęstnej stawów kolanowych*
- P22** G. Wiosna-Sałyga *Drukowane diody elektroluminescencyjne typu QD\_LED do zastosowań w tablicach świetlnych*
- P23** M. Wojcieszak *Badanie aktywnych powierzchniowo imidazoliowych cieczy jonowych jako środków przeciwgrzybiczych do ochrony drewna*
- P24** D. Zając *Synteza FONów i badanie wpływu środka powierzchniowo czynnego na ich właściwości fizykochemiczne*

## STRESZCZENIA PREZENTACJI PLAKATOWYCH



*Centrum Kultury Zamek wraz z Ogrodem Zamkowym im. Ofiar Katynia i Sybiru*

## NOWE KRYSTALICZNE MATRYCE DO OPTYCZNYCH BADAŃ POJEDYNCZYCH CZĄSTECZEK

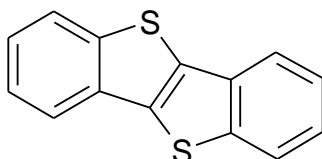
**Marzena Banasiewicz<sup>1</sup>, Irena Deperasińska<sup>1</sup>, Paweł Gawryś<sup>1</sup>, Bolesław Kozankiewicz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instytut Fizyki PAN, 02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

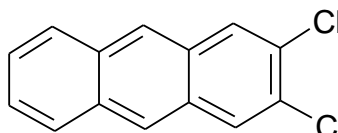
e-mail: mbanas@ifpan.edu.pl

Chcąc prowadzić badania optyczne na poziomie pojedynczych cząsteczek barwnika organicznego musimy zarówno użyć cząsteczkę o odpowiednich właściwościach fotofizycznych jak i umieścić ją w odpowiednim środowisku. Środowisko takie musi być przede wszystkim przezroczyste, tzn. jego stany elektronowo wzbudzone,  $S_1$  i  $T_1$ , muszą znajdować się powyżej stanu  $S_1$  cząsteczki, tak by wzbudzając cząsteczkę nie wzbudzać matrycy. Musi być również możliwość przygotowania próbki w postaci cienkiej warstwy, co pozwala zogniskować światło lasera na małej objętości próbki. W temperaturach pompowanego helu, gdy absorpcja cząsteczki skupiona jest w wąskich liniach zero-fononowych, środowisko musi zapewnić słabe sprzężenie elektron-fonon. Powyższe wymagania dotyczące środowiska spełnia szereg kryształów molekularnych, wcześniej używanych podczas badań pojedynczych cząsteczek, takich jak np. para-terfenyl, naftalen i jego pochodne, antracen. W niniejszej pracy zbiór ten poszerzamy o dwa nowe kryształ: [1]benzotienol[3,2-b][1]benzotiofenu (BTBT) i 2,3-dichloroantracenu (23DCA), które krystalizują w postaci cienkich blaszek. Struktury cząsteczek tworzących badane kryształ pokazano na rysunku poniżej.

W pracach [1] i [2] prezentujemy badania spektroskopowe kryształów BTBT i 23DCA, oraz tych związków rozpuszczonych w matrycach *n*-alkanów. Eksperymenty prowadzone były w temperaturze 5 K. Badania doświadczalne wspomagano obliczeniami kwantowo-chemicznymi. Praca [3] jest przykładem pierwszego użycie kryształu BTBT jako matrycy podczas obserwacji pojedynczych cząsteczek terylenu.



[1]benzotienol[3,2-b][1]benzotiofenu (BTBT)



2,3-dichloroantracenu (23DCA)

### Literatura

- [1] M. Banasiewicz, I. Deperasińska, P. Gawryś, K. Suwińska, B. Kozankiewicz, *ChemPhysChem* **25** (2024) e202300668.
- [2] I. Deperasińska, M. Banasiewicz, P. Gawryś, O. Morawski, J. Olas, B. Kozankiewicz, *J. Chem. Phys.* **155** (2021) 034504.
- [3] R. Smit, Z. Ristanović, I. Deperasińska, B. Kozankiewicz, M. Orrit, *ChemPhysChem* **25** (2024) e202300881.

## BADANIA STOPNIA POLIMERYZACJI WYPEŁNIEŃ STOMATOLOGICZNYCH ZA POMOCĄ SPEKTROSKOPII RAMANA

**Bolesław Barszcz<sup>1</sup>, Anna Lehmann<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, 60-179 Poznań,  
ul. Mariana Smoluchowskiego 17

<sup>2</sup>Klinika Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji, Uniwersytet Medyczny  
im. Karola Marcinkowskiego, 60-812 Poznań, ul. Bukowska 70  
e-mail: barszcz@ifmpan.poznan.pl

Wypełnienia stomatologiczne bazujące na żywicach światłoutwardzalnych są aktualnie jednym z najczęściej stosowanych materiałów służących wypełnianiu ubytków w zębach. Ze względu na ograniczenia przestrzenne występujące przy aplikacji niezwykle istotne jest zagadnienie stopnia polimeryzacji (stopnia konwersji) takiego materiału w zależności od odległości od lampy naświetlającej czy też sposobu naświetlania. Stopień konwersji może być wyznaczony za pomocą stosunku pasm związanych z drganiami rozciągającymi wiązania CC w częściach alifatycznych ( $\sim 1635\text{ cm}^{-1}$ ) oraz aromatycznych ( $\sim 1609\text{ cm}^{-1}$ ) wykorzystując technikę IR ATR [1-3] lub też technikę rozpraszania Ramana [4-5].

W niniejszych badaniach wykorzystaliśmy rozpraszanie Ramana by określić w jaki sposób odległość od lampy naświetlającej oraz rodzaj impulsu światła wpływa na stopień polimeryzacji próbki. Materiał do badań stanowiło 9 próbek nanohybrydowego materiału kompozytowego Evetric (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) o grubości 2 mm i średnicy 6 mm. Do polimeryzacji próbek zastosowano dentystyczną lampę polimeryzacyjną (Woodpecker LED.H, Guilin Woodpecker Medical Instrument Co., Guangxi, Chiny) oraz dwa tryby naświetlania: tzw. miękki start (natężenie światła stopniowo rośnie od  $400\text{ mW/m}^2$  do  $1000\text{ mW/m}^2$ ) oraz tryb pulsacyjny (natężenie światła zmienia się w granicach  $850\text{ mW/cm}^2$ – $1000\text{ mW/m}^2$  w 2-sekundowych interwałach). Próbki naświetlano 20 sek. z odległości 0 mm i 2 mm, od strony jednej powierzchni imitując sytuację kliniczną w jamie ustnej pacjenta.

Wyniki wykazały znaczące różnice stopnia polimeryzacji próbek od strony naświetlanej oraz nienaświetlanej. Naświetlanie typu miękkiego startu okazało się bardziej efektywne od trybu pulsacyjnego we wszystkich badanych konfiguracjach co może mieć ważne znaczenie kliniczne.

### Literatura

- [1] H. Algamaiah, N. Silikas, D. C. Watts, *Dental Materials* **36** (2020) 1266.
- [2] D. Labrie, R. B. Price, B. Sullivan, A. M. Salazar, D. Gautam, J. W. Stansbury, J. L. Ferracane, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* **136** (2022) 105489.
- [3] C. Maucoski, R. Bengt Price, M. Garcia Rocha, J.-F. Roulet, B. Sullivan, *Dental Materials* **39** (2023) 275.
- [4] E. Gatin, S.-M. Iordache, E. Matei, C.-R. Luculescu, A.-M. Iordache, C. E. A. Grigorescu, R. R. Ilici, *Diagnostics* **12** (2022) 1993.
- [5] E. Lempela, Z. Orib, J. Szalmaid, B. V. Lovásza, A. Kissa, Á. Tóthe, S. Kunsági-Máté, *Dental Materials* **35** (2019) 217.

## UKŁAD PRZESYŁU GAZU O KONTROLOWANEJ WILGOTNOŚCI W BADANIACH SENSORÓW WILGOTNOŚCI

**Andrzej Biadasz, Michał Kotkowiak, Karol Rytel, Kamil Kędzierski, D. Łukawski**

Instituto Fizyki, Politechnika Poznańska, 61-138 Poznań, ul. Piotrowo 3

e-mail: andrzej.biadasz@put.poznan.pl

W badaniach sensorów wilgotności konieczne jest utrzymanie zadanej wartości wilgotności względnej. Celem pracy było zbudowanie układu przesyłu gazu o kontrolowanej wilgotności. Motywacją do realizacji projektu był brak taniego, komercyjnego układu, który zapewniłby stabilny przepływ gazu o określonej wilgotności. Taki system jest niezbędny w zastosowaniach laboratoryjnych zwłaszcza w przypadku badań sensorów wilgotności w układzie mikrowagi kwarcowej. Dwa rodzaje powszechnie stosowanych układów uzyskiwania atmosfery o stabilnej i sterowanej wilgotności to mieszacz gazów [1] oraz metoda z zamkniętymi zbiornikami nasyconych roztworów soli [2]. W przypadku zastosowania metody z zamkniętymi zbiornikami konieczne jest rozroszenie próbki między zbiornikami [3]. Z kolei zastosowanie mieszacza gazów wymaga zastosowania skomplikowanych i drogich systemów sterowania. Cechą prezentowanego systemu jest wykorzystanie i połączenie koncepcji tych dwóch układów [4]. Zastosowanie zbiorników z nasyconymi roztworami soli daje bardzo stabilną i powtarzalną wartość wilgotności względnej. Automatyczne przełączanie między zbiornikami oraz ustalony przepływ gazu zamiast wyjmowania badanego czujnika z układu i przenoszenia między zbiornikami zabezpiecza próbkę przed wpływem atmosfery otoczenia i wpływa na poprawę powtarzalności wyników badań. Testy układu przeprowadzono na rezonatorach kwarcowych pokrytych pochodnymi węgla. Badania pokazały znaczącą poprawę stabilności mierzonych parametrów względem układów z mieszaczem gazów i ze zbiornikami z roztworami soli. Uzyskano także dużą powtarzalność wyznaczanych charakterystyk pracy badanych sensorów wilgotności [5].

### Podziękowania

Badania sfinansowano w ramach grantu nr 0512/SBAD/2320.

### Literatura

- [1] S. -W. Lee, et al., *Sensors & Actuators: B. Chemical* 313 (2020) 128043
- [2] F. E. M. O'Brien, *J. Sci. Instrum.* 25 (1948) 73
- [3] F. Fauzi, A. Rianjanu, I. Santoso, K. Triyana, *Sensors & Actuators: A. Physical* 330 (2021) 112837
- [4] A. Biadasz, D. Łukawski, K. Rytel, K. Kędzierski, M. Kotkowiak, *Układ przesyłu gazu o kontrolowanej wilgotności*, Pat.244474
- [5] A. Biadasz, et al., *Measurement* 200 (2022) 111674

## BIOSENSORY NA BAZIE GRAFENU I DNA

**Ewa Czechowska<sup>1</sup>, Karolina Gronkiewicz<sup>1</sup>, Alan M. Szalai<sup>2</sup>, Lars Richter<sup>2</sup>, Giovanni Ferrari<sup>2</sup>, Chenyuan Yan<sup>2</sup>, Philip Tinnfeld<sup>2</sup>, Izabela Kamińska<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Instytut Chemii Fizycznej PAN, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa

<sup>2</sup>Wydział Chemii i Farmacji, Uniwersytet Ludwika i Maksymiliana w Monachium,  
Butenandtstraße 5-13, 81377 Monachium, Niemcy  
e-mail: eczechowska@ichf.edu.pl

W ciągu ostatnich dziesięcioleci grafen stał się przedmiotem licznych badań ze względu na swoje niezwykle właściwości elektryczne, optyczne, mechaniczne i chemiczne. Wykazuje ogromny potencjał w różnorodnych zastosowaniach, w tym w elastycznej elektronice, superkondensatorach, urządzeniach optoelektronicznych i bioczuJNIkach.

Grafen wygasza fluorescencję fluoroforów w zakresie 0-40 nm, zgodnie z zależnością od odległości  $d^{-4}$  [1,2], z największą czułością w okolicach  $d = 18$  nm, czyli odległości, przy której efektywność transferu energii wynosi 50%. [3] Ze względu na transfer energii wzbudzenia od emitera/barwnika do grafenu (*Graphene Energy Transfer*, GET), pojedyncza cząsteczka wykazuje zmniejszoną intensywność fluorescencji i proporcjonalnie skrócony czas życia fluorescencji w funkcji odległości od grafenu. Barwniki fluorescencyjne umieszczone w pobliżu grafenu są silnie wygaszane, a zwiększenie odległości pomiędzy barwnikiem i grafenem może przywrócić fluorescencję. Informacje te można wykorzystać do określenia położenia cząsteczki barwnika względem grafenu przy umiarkowanej liczbie fotonów oraz do raportowania zmian odległości w czasie rzeczywistym z dużą czułością. [4]

Jednym z nowych zastosowań grafenu jest badanie interakcji biomolekularnych, szczególnie kwasów nukleinowych, takich jak jednoniciowy DNA (ssDNA) i dwuniciowy DNA (dsDNA), ze względu na potencjalne zastosowania w biosensorach. [5] Elastyczność ssDNA pozwala na ścisłe dopasowanie do powierzchni grafenu, maksymalizując obszar kontaktu, a tym samym interakcje  $\pi$ - $\pi$  stacking i spontaniczną adsorbcję się na powierzchni grafenu. Natomiast oddziaływania dsDNA z grafenem są znacznie słabsze, przede wszystkim ze względu na konkurencyjne interakcje między komplementarnymi nukleotydami. W przypadku hybrydy ssDNA-dsDNA, część z pojedynczą nicią DNA silnie oddziałuje z grafenem, a segment z podwójną nicią jest od niego odpychany, powodując pionową orientację dsDNA na powierzchni grafenu.

Celem projektu jest zbudowanie bioczuJNIków wykorzystujących interakcje pomiędzy grafenem i DNA. Dla każdego badanego układu wykonywane są pomiary czasów życia fluorescencji barwników fluorescencyjnych znajdujących się na końcu cząsteczki DNA.

### Literatura

- [1] R. S. Swathi, K. L. Sebastian, *The Journal of chemical physics* **129(5)** (2008).
- [2] L. Gaudreau, K. J. Tielrooij, G. E. D. K. Prawiroatmodjo, J. Osmond, F. G. De Abajo, F. H. Koppens, *Nano letters* **13(5)** (2013) 2030-2035.
- [3] I. Kamińska, J. Bohlen, S. Rocchetti, F. Selbach, G. P. Acuna, P. Tinnfeld, *Nano letters* **19(7)** (2019) 4257-4262.
- [4] I. Kamińska, J. Bohlen, R. Yaadav, P. Schüler, M. Raab, T. Schröder, J. Zähringer, K. Zielonka, S. Krause, P. Tinnfeld, *Advanced Materials*, **33(24)** (2021) 2101099.
- [5] A. M. Szalai, G. Ferrari, L. Richter, J. Hartmann, M. Z. Kesici, B. Ji, K. Coshic, A. Jaeger, A. Aksimentiev, I. Tessmer, I. Kamińska, A. M. Vera, P. Tinnfeld, *BioRxiv* **2023-11** (2023).

## BADANIA ODDZIAŁYWAŃ MIĘDZY- I WEWNĄTRZCZĄSTECzkOWYCH W SOLACH IMIDAZOLIOWYCH Z HELIKOIDALNĄ SIECIĄ WIĄZAŃ WODOROWYCH

Sylvia Zięba<sup>1</sup>, Adam Mizera<sup>1</sup>, Alina Dubis<sup>2</sup>, Andrzej Łapiński<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Instytut Fizyki Molekularnej PAN, M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań

<sup>2</sup>Instytut Chemii, Uniwersytet w Białymstoku, Ciołkowskiego 1K, 15-245 Białystok

e-mail: alina@uwb.edu.pl

Struktura helikalna stanowi jeden z najbardziej rozpowszechnionych motywów strukturalnych w biologii [1,2]. Układy o strukturze helikalnej stanowią inspirację do projektowania i wykorzystywania grup funkcyjnych w określonych miejscach w przestrzeni trójwymiarowej [1]. W wielu laboratoriach na świecie prowadzone są intensywne badania mające na celu wyjaśnienie, w jaki sposób muszą być ułożone cząsteczki w strukturze krystalicznej, aby tworzyły one strukturę helikalną [3]. Zwraca się uwagę na naturę oddziaływań w kryształach, właściwości fizyczne oraz mechaniczne, w szczególności na anizotropię i odkształcenia sprężyste. Zauważono także występowanie ujemnej rozszerzalności temperaturowej w układzie o helikalnej strukturze z wiązaniami wodorowymi w (S,S)-octa-3,5-diy-2,7-diolu [4].

Przedmiotem badań jest grupa soli imidazoliowych z aromatycznymi kwasami karboksylowymi [5-6]. Jony w strukturze krystalicznej połączone są wiązaniami wodorowymi  $N^+ - H \cdots O^-$ , które tworzą strukturę helikalną. Analiza tereftalanu (bis)imidazoliowego wykazała występowanie ujemnej rozszerzalności termicznej [6]. W benzoesanie imidazoliowym pokazano występowanie ujemnej rozszerzalności termicznej oraz ujemnej ściśliwości liniowej [7].

Głównym celem badań jest teoretyczna analiza zachowania się sieci wiązań wodorowych oraz oddziaływań międzycząsteczkowych w otrzymanych solach na bazie aromatycznych kwasów karboksylowych oraz cząsteczek heterocyklicznych jak imidazol czy pirazol. W ramach badań prowadzone są obliczenia teoretyczne z wykorzystaniem metod DFT oraz TD-DFT przy wykorzystaniu oprogramowania Gaussian09. Przy pomocy obliczeń DFT przeprowadzono analizę struktury oscylacyjnej. Do określenia rodzaju występujących wiązań wodorowych wykorzystano kwantową teorię atomów w cząsteczkach (QTAiM).

Wyniki otrzymane w ramach analizy numerycznej pozwoliły na głębsze zrozumienie zachowania się sieci wiązań wodorowych (np.  $O-H \cdots O$ ,  $N-H \cdots O$ ) oraz oddziaływań międzycząsteczkowych. Analiza ta pozwoli wyjaśnić i opisać przyczyny zachowania anomalnego w badanych układach. Na podstawie prowadzonych obliczeń możliwa będzie interpretacja wyników eksperymentalnych dla grupy badanych związków. Ponadto pozwoli ona na zaproponowanie nowych układów o wymaganych właściwościach fizykochemicznych.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2020-2023, jako projekt badawczy w ramach programu PRELUDIUM-18 Narodowego Centrum Nauki, nr. rej. 2019/35/N/ST5/03324. Badania zostały przeprowadzone przy wsparciu Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego (ICM UW).

### Literatura

- [1] C. Y. Tsai, E. O. Salawu, H. Li, G. Y. Lin, T. Y. Kuo, L. Voon, A. Sharma, K. D. Hu, Y. Y. Cheng, S. Sahoo, L. Stuart, C. W. Chen, Y. Y. Chang, Y. L. Lu, S. Ke, C. L. Ortiz, B. S. Fang, C. C. Wu, C. Y. Lan, H. W. Fu, L. W. Yang, *Nat. Commun.* **13** (2022) 1-14.
- [2] Y. Li, Z. Qian, L. Ma, S. Hu, D. Nong, C. Xu, F. Ye, Y. Lu, G. Wei, M. Li, *Nat. Commun.* **7** (2016) 1-9.
- [3] Z. Shahbazi, *Am. J. Mech. Eng.* **3** (2015) 47-54.
- [4] D. Das, T. Jacobs, L. J. Barbour, *Nature Mater* **9** (2010) 36-39.
- [5] S. Zięba, A. T. Dubis, A. K. Gzella, P. Ławniczak, K. Pogorzalec-Glaser, A. Łapiński, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **21** (2019) 17152-17162.
- [6] S. Zięba, A. Gzella, A. T. Dubis, A. Łapiński, *Cryst. Growth Des.* **21** (2021) 3838-3849.
- [7] S. Zięba, M. Rusek, A. Katrusiak, A. Gzella, A. T. Dubis, A. Łapiński, *Sci. Rep.* **13** (2023) 1-11.



## EFEKTY WIBRONOWE W WIDMACH IR I RAMANA KOMPLEKSÓW (EDT-TTF-I<sub>2</sub>)<sub>2</sub>TCNQF<sub>n</sub> (n = 0, 1, 2)

**Arkadiusz Frackowiak<sup>1</sup>, Roman Świetlik<sup>1</sup>, Iwona Olejniczak<sup>1</sup>, Julien Liefbrig<sup>2</sup>,  
Olivier Jeannin<sup>2</sup>, Marc Fourmigué<sup>2</sup>**

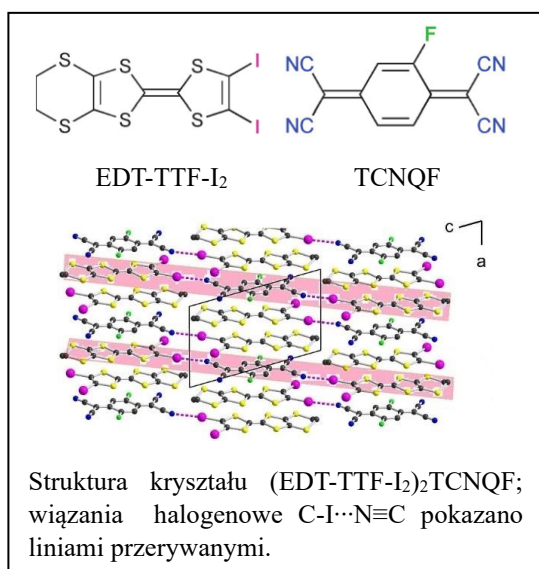
<sup>1</sup>Institut Fizyki Molekularnej PAN, ul. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań

<sup>2</sup>Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Université Rennes 1, CNRS UMR 6226,

Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, France

e-mail: afrac@ifmpan.poznan.pl

W trzech izostrukuralnych kompleksach (EDT-TTF-I<sub>2</sub>)<sub>2</sub>TCNQF<sub>n</sub> (n = 0, 1, 2) molekuly donora D (EDT-TTF-I<sub>2</sub>) oraz akceptora A (TCNQF<sub>n</sub>) tworzą jednowymiarowe mieszane stosy składające się z centrosymetrycznych trimerów DAD. Kompleksy różnią się stopniem przeniesienia ładunku (ρ), który dla n = 0 wynosi 0e oraz dla n = 2 równa się 1e, natomiast dla n = 1 ulega na zmianie przy obniżaniu temperatury: występuje przejście od fazy neutralnej (ρ ≈ 0e w 300 K) do fazy jonowej (ρ ≈ 1e w 8 K) [1, 2, 3].



Widma oscylacyjne w podczerwieni (IR) kompleksów z przeniesieniem ładunku są zdominowane przez silne pasma, będące konsekwencją sprzężeń elektronów z drganiami wewnętrznymi molekuł (efekty wibronowe). Różniące się stopniem przeniesienia ładunku, izostrukuralne kompleksy D<sub>2</sub>TCNQF<sub>n</sub> stwarzają możliwość badań tych efektów w mieszanych stosach typu ...DADDAD..., w których mogą wystąpić sprzężenia z przeniesieniem ładunku D→A oraz D→D. Silne efekty wibronowe zostały zaobserwowane w widmach IR wszystkich trzech związków dla drgań rozciągających C≡N akceptorów (ok. 2200 cm<sup>-1</sup>). Dla D<sub>2</sub>TCNQF efekt jest najsilniejszy dla

akceptorów w obszarze drgań rozciągających C=C i zginających C-H (dublety przyporządkowane molekułom o różnych ładunkach). Z kolei, dla D<sub>2</sub>TCNQ oraz D<sub>2</sub>TCNQF<sub>2</sub> widma IR są zdominowane przez drgania rozciągające wiązań C=C donorów (ok. 1630 cm<sup>-1</sup>). Efekt wibronowy zaobserwowany został również w widmach Ramana kompleksu D<sub>2</sub>TCNQF, co stanowi potwierdzenie, że tego typu efekt może wystąpić w widmach Ramana kompleksów o mieszanych stosach z częściowym przeniesieniem ładunku. Występowanie silnego sprzężenia elektronów z drganiami molekuł w D<sub>2</sub>TCNQF sugeruje, że może ono mieć duże znaczenie dla przejścia od fazy neutralnej do fazy jonowej.

### Literatura

- [1] J. Liefbrig, O. Jeannin, A. Frackowiak, I. Olejniczak, R. Świetlik, S. Dahaoui, E. Aubert, E. Espinosa, P. Auban-Senzier, M. Fourmigué, Chem. Eur. J. **19** (2013) 14804.
- [2] A. Frackowiak, I. Olejniczak, R. Świetlik, O. Jeannin, and M. Fourmigué, J. Phys. Chem. C **120** (2016) 23740.
- [3] A. Frackowiak, R. Świetlik, L. Maulana, D. Liu, M. Dressel, O. Jeannin, and M. Fourmigué, J. Phys. Chem. C **124** (2020) 5552.

## „KANAPKI” Z MATERIAŁÓW 2D - OBIECUJĄCE PLATFORMY DO BADAŃ NA POZIOMIE POJEDYNCZYCH CZĄSTECZEK

**Karolina Gronkiewicz<sup>1</sup>, Lars Richter<sup>2</sup>, Patryk Pyrcz<sup>1</sup>, Sebastian Günther<sup>3</sup>, Evelyn Ploetz<sup>2</sup>,  
Paul Leidinger<sup>3</sup>, Robert Nowakowski<sup>1</sup>, Philip Tinnefeld<sup>2</sup>, Izabela Kamińska<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Institut Chemii Fizycznej PAN, Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa

<sup>2</sup>Wydział Chemii i Farmacji, Uniwersytet Ludwika i Maksymiliana w Monachium,  
Butenandtstraße 5-13, 81377 Monachium, Niemcy

<sup>3</sup>Wydział Chemii, Uniwersytet Techniczny w Monachium (TUM), Centrum Badań nad Katalizą,  
Lichtenbergstraße 4, 85748 Garching, Niemcy

<sup>4</sup>Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI, Szwajcaria  
e-mail: kzielonka@ichf.edu.pl

Materiały 2D od lat cieszą się ogromnym zainteresowaniem. Ich popularność bezdyskusyjnie zbudował grafen, który dzięki swoim niezwykłym właściwościom był i jest szeroko omawiany, nie tylko w środowisku naukowym. Spośród całej palety wyjątkowych cech jakimi się odznacza, szczególnie interesującymi dla nas są jego właściwości akceptorowe. Wykorzystujemy go w roli uniwersalnego (absorpcja w całym zakresie światła widzialnego i nie ulegającego fotowytępleniu wygaszacza fluorescencji. Transfer energii od chromoforu do grafenu jest silnie zależny od odległości między nimi i jest obserwowany dla odległości do 40 nm [1]. Nasze dotychczasowe wyniki wskazują na to, że samoorganizujące się struktury DNA origami umieszczone na grafenie mogą znaleźć szereg zastosowań w badaniach mikroskopowych. Dzięki takim układom mamy możliwość konstruowania bioczujników do detekcji na poziomie pojedynczych cząsteczek oraz badania w czasie rzeczywistym dynamiki biomolekuł [2]. W niniejszej pracy chcemy pokazać, że równie ekscytujące mogą być badania bardziej złożonych struktur (heterostruktur), tak zwanych „kanapek” zbudowanych z materiałów dwuwymiarowych. Oferują one bowiem dodatkowe możliwości, niedostępne dla monowarstw. W naszej ostatniej pracy pokazaliśmy jak w prosty sposób możemy zwiększać zakres transferu energii poprzez nakładanie na siebie kolejnych warstw grafenu [3]. Tworzenie wielowarstw umożliwiła nam zoptymalizowana przez nas metoda transferu i czyszczenia grafenu [4]. Dzięki niej tworzymy nie tylko wielowarstwy grafenowe, ale również heterostruktury składające się z grafenu i heksagonalnego azotku boru (hBN). Badania tego typu struktur są w większości nakierowane na ich zastosowanie w elektronice i optoelektronice. Niemniej jednak, w ostatnim czasie zaczynają się również pojawiać prace postulujące wykorzystanie ich do badań właściwości biomolekuł, takich jak DNA i białka [5,6]. Obecnie podejmujemy próbę zrozumienia wpływu hBN na właściwości akceptorowe grafenu. Może on pełnić rolę atomowo płaskiego podłoża bez pułapek ładunków [7], jak również stanowić warstwę ochronną (naniesiony na grafen) [8]. Jakość heterostruktur jest badana za pomocą mikroskopii sił atomowych, mikroskopii elektronowej oraz spektroskopii Ramana.

### Literatura

- [1] I. Kamińska, et al. *Nano Lett.* **19.7** (2019) 4257-4262.
- [2] I. Kamińska, et al. *Adv. Mat.* **33** (2021) 2101099.
- [3] K. Gronkiewicz, et al., under revision.
- [4] S. Krause, et al. *ACS Nano* **15** (2021) 6430-6438.
- [5] J. Sülzle, et al. *ACS photonics* **11.2** (2024) 737-744.
- [6] X. Yang, et al. *ChemNanoMat* (2024) e202300592.
- [7] C. R. Dean, et al. *Nat. Nanotechnol.* **5** (2010) 722-726.
- [8] A. V. Kretinin, et al. *Nano Lett.* **14** (2014) 3270-3276.

## ELEKTROPRZĘDZONE WŁÓKNA DOMIESZKOWANE PÓLPRAZEWODNIKAMI ORGANICZNYMI TYPU X-SHAPE DO ZASTOSOWANIA W TECHNOLOGII OŚWIETLENIOWEJ

**Marharyta Hancharova<sup>1</sup>, Dorota Zająć<sup>1</sup>, Joanna Cabaj<sup>1</sup>, Lech Sznitko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Materiałów Zaawansowanych, Politechnika Wrocławska, 50-370 Wrocław,  
ul. Wyrbrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27  
marharyta.hancharova@pwr.edu.pl

Elektroprzędzenie jest jedną z nowoczesnych metod nanotechnologii stosowanych w różnorodnych dziedzinach [1]. Za pomocą przyłożonego napięcia rzędu kilku lub kilkudziesięciu kilowoltów formowane są włókna z roztworu polimerowego. Głównymi zaletami tej techniki są jej niskie koszty, łatwość oraz możliwość kontrolowania właściwości otrzymywanych włókien. Jednym ze sposobów modyfikacji właściwości optycznych jest domieszkowanie roztworu polimerowego luminescencyjnymi barwnikami. Organiczne barwniki o właściwościach półprzewodnikowych są obecnym trendem w funkcjonalizacji włókien polimerowych. Takie zsyntezowane związki znalazły już swoje zastosowanie w bioobrazowaniu [2], fotowoltaice [3], organicznych luminescencyjnych diodach [4] i organicznych tranzystorach polowych [5].

Organiczne cząsteczki o różnych kształtach, w tym typu X-shape, są intensywnie badane pod kątem wysokiej mobilności nośników ładunku i zastosowań w optoelektronice [6]. Uznano, że właściwości transportu ładunku zależą od orientacji i uporządkowania cząsteczek. Dwuwymiarowe cząsteczki typu X-shape mogą wykazywać wyższą mobilność ładunku niż struktury liniowe dzięki lepszemu uporządkowaniu i dystrybucji ładunku [7]. Chociaż istnieje wiele badań dotyczących transportu ładunku w liniowych cząsteczkach organicznych, badania nad cząsteczkami typu X-shape są nieliczne. Dlatego potrzebne są systematyczne badania tych cząsteczek, aby projektować nowe, bardziej efektywne materiały.

Niniejszą pracą badawczą chciałabym pokazać możliwość zastosowania cząsteczek typu X-shape w technologiach oświetleniowych z wykorzystaniem techniki elektroprzędzenia. Zbadałam optyczne właściwości pięciu nowych, wcześniej niesyntetyzowanych substancji, w tym ich absorbancje, fluorescencje i zdolność do AIE (aggregation-induced emission). Ponadto przeprowadziłam elektropolimeryzację i wytworzyłam włókna z użyciem monomerów i polimerów w celu analizy różnicy ich właściwości.

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr 2021/41/B/ST5/01797.

### Literatura

- [1] T. Songting, H. Xianwei, W. Bolin, *Polymer International* 56 (2007) 1330–1339.
- [2] Y. Q. Kong i wsp., *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 414, 5 (2022) 2009–2019.
- [3] S. H. Choi i wsp., *Advanced Functional Materials* 23,25 (2013) 3146–3155.
- [4] V. Vohra i wsp., *ACS Nano* 5,7 (2011) 5572–5578.
- [5] C. C. Chou i wsp., *Macromolecular Chemistry and Physics* 214,7 (2013) 751–760.
- [6] S. Fratiloiu i wsp., *Chem. Mater.* 18 (2006) 2118–2129.
- [7] F. C. Grozema i wsp., *Int. Rev. Phys. Chem.* 27 (2008) 87–138.

## LUMINESCENCYJNE, BIOKOMPATYBILNE NANO- I MIKROWŁÓKNA ELEKTROPRZĘDZONE – MORFOLOGIA I WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

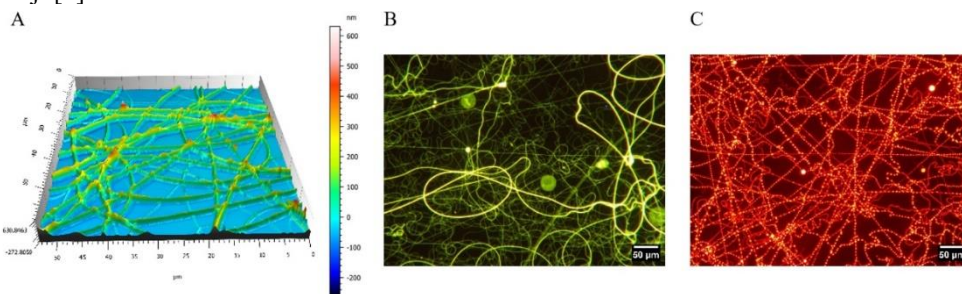
**Katarzyna Kolodzińska, Lech Sznitko**

Politechnika Wrocławska, 50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27

e-mail: katarzyna.kolodzinska@pwr.edu.pl

W obliczu aktualnych wyzwań środowiskowych oraz rozwijającej się gospodarki o obiegu zamkniętym, wytwarzanie materiałów ze źródeł odnawialnych jest jedną z kluczowych kwestii. Zgodnie z Dyrektywą Unijną 2019/904 efektywne zarządzanie odpadami, w szczególności naturalnymi, może odegrać znaczącą rolę w redukcji zużycia polimerów pochodzenia petrochemicznego. Ze względu na różnorodność strukturalną, biopolimery takie jak polisacharydy, białka czy kwasy nukleinowe, stanowią atrakcyjną matrycę dla sfunkcjonalizowanych, a zarazem biokompatybilnych materiałów [1]. Niniejsze badania mają na celu opracowanie metodą elektroprzędzenia nietoksycznych, matryc domieszkowanych barwnikami luminescencyjnymi, które mogłyby znaleźć zastosowanie w dziedzinie fotoniki - czujnikach optycznych czy systemach oświetleniowych [2].

W badaniach wykorzystano technologię elektroprzędzenia celem wytworzenia mikro- i nanowłókien biopolimerowych. Jest to uniwersalna, szybka i prosta metoda oparta na przyłożeniu stałego, wysokiego napięcia pomiędzy roztwór polimeru, a kolektor. Zmiany parametrów procesu, użytego roztworu czy warunków środowiskowych umożliwiają wytworzenie pojedynczych włókien jak i włókien o różnej morfologii [3]. Co więcej, struktura oraz przestrzenne ułożenie włókien w materiale pozwalają na dostosowanie właściwości optycznych materiału do docelowej aplikacji [2].



Rysunek 1. Morfologia elektroprzędzonych włókien: A. DNA/PEO (mikroskop konfokalny); B. DNA/PEO (mikroskop fluorescencyjny); C. BSA/PEO (mikroskop fluorescencyjny).

W niniejszej pracy przedstawione zostaną wyniki dla włókien opartych na biopolimerach - DNA i białku (albuminy z surowicy bydlęcej, BSA) domieszkowanych barwnikami: chlorkiem berberyny, rodaminą B, czerwieni Kongo oraz tioflawiną T. Dla wytworzonych materiałów wykonano badania morfologiczne (mikroskopia fluorescencyjna, elektronowa, sił atomowych, konfokalna) oraz sprawdzono właściwości optyczne. Uzyskane wyniki wskazują na obiecujący potencjał do dalszych badań nad materiałami pochodzenia naturalnego w zastosowaniach fotonicznych.

### Literatura

- [1] J. Myśliwiec, K. Cyprych, L. Sznitko, A. Miniewicz *Journal of Optics* **19** (2017), 033003.
- [2] L. Persano, A. Camposeo, D. Pisignano, *Progress in polymer science* **43** (2015) 48-95.
- [3] D. Jaiswal, S. Katebifar, S. Rudraiah, S. G. Kumbar *Woodhead Publishing* (2020) 41-68.

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr 2021/41/B/ST5/01797.

## OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW DRUKU ELEKTROD GRZEBIENIOWYCH NA PODŁOŻU OPATRUNKOWYM

**Marta Krencjasz<sup>1</sup>, Adam Luczak<sup>1</sup>, Adrian Adamski<sup>1</sup>, Beata Łuszczynska<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Katedra Fizyki Molekularnej, 90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116

e-mail:238286@edu.p.lodz.pl

Elektronika wykorzystuje wiele technik wytwarzania układów przewodzących, które mogą być stosowane w różnych gałęziach przemysłu. Niezwykle popularna stała się technologia cienkich warstw, wykorzystująca techniki drukarskie. Druk atramentowy jest metodą, która za pomocą atramentu odwzorowuje na podłożu projekt zapisany w postaci mapy bitowej. Atrament wystrzeliwany jest z dysz na podłoże, za pomocą pojedynczych kropli [1]. Optymalizacja procesu druku odgrywa kluczową rolę w uzyskaniu jednorodnej powierzchni warstwy, nieposiadającej aglomeratów i pęcherzyków powietrza. Natomiast sam dobór atramentu przewodzącego musi gwarantować odpowiedni poziom adhezji do podłoża oraz umożliwiać wysoką rozdzielczość wydruku. Najczęściej stosowane są atramenty w postaci koloidalnych zawiesin z nanocząstkami metali, takimi jak srebro, złoto, miedź. Jednak największą popularność, z wcześniej wymienionych, zyskało srebro. Wyróżnia się wysoką przewodnością elektryczną, cieplną oraz niską temperaturą topnienia [2]. Warstwa podłoża w elektronice drukowanej jest fundamentem konstrukcji dla całego układu. W zależności od potencjalnego zastosowania często wybiera się podłoża szklane, krzemowe bądź elastyczne. Drukowane warstwy zawierające nanocząstki srebra można wykorzystać także do celów medycznych jako materiał antybakteryjny.

Przedmiotem badań jest optymalizacja druku elektrod grzebieniowych na plastrach opatrunkowych, metodą druku atramentowego. Wytypowano komercyjne plastry o różnego rodzaju opatrunkach, w celu zidentyfikowania najbardziej korzystnego podłoża. Dodatkowo, na powierzchnię wybranych opatrunków naniesiono warstwę Parylenu C. Umożliwia to porównanie właściwości wszystkich wybranych podłoży pod względem rodzaju opatrunku, a także aplikacji atramentu bezpośrednio na opatrunek i warstwę polimerową. Tego typu układy mają potencjał w zastosowaniu jako czujniki do obecności bakterii, takich jak na przykład gronkowce.

### Literatura

- [1] M. Jakubowska, *Techniki drukarskie w elektronice: Materiały i Technologie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013.
- [2] A. S. Abd Aziz, S. Z. Rejal, N. A Rashid, S. Sulaiman, S. M. H. Syed Mohd Jaafar, H. W. Lee, *Reliability Test of Inkjet-Printable Silver Conductive Ink*, *Key Engineering Materials* **945** (2023) 36-37.

## **SUPERPOJEMNOŚĆ W MATERIAŁACH Z TLENKU GRAFENU MODYFIKOWANYCH BARWNIKAMI TETRAPIROLOWYMI**

**Kornelia Lewandowska<sup>1</sup>, Natalia Rosiak<sup>2</sup>, Konrad Szaciłowski<sup>3</sup>, Maciej Suchecki<sup>3</sup>,  
Sylwia Klejna<sup>3</sup>, Marianna Marciszko-Wiąckowska<sup>3</sup>, Waldemar Bednarski<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instytut Fizyki Molekularnej PAN, 60-179 Poznań, Smoluchowskiego 17

<sup>2</sup>Katedra i Zakład Farmakognozji i Biomateriałów, Uniwersytet Medyczny,  
60-806 Poznań, Rokietnicka 3

<sup>3</sup>Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii, Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. St. Staszica w Krakowie, 30-059 Kraków, al. A. Mickiewicza 30  
e-mail: kornelia.lewandowska@ifmpan.poznan.pl

Globalny wzrost wykorzystania technologii mobilnych stworzył potrzebę lepszych systemów magazynowania energii. W tym badaniu demonstrujemy tani sposób budowania wysokowydajnych superkondensatorów na bazie tlenku grafenu (GO) funkcjonalizowanego porfirynami i ftalocyjaninami. Otrzymany superkondensator charakteryzuje się pojemnością około 30 razy większą od pojemności pierwotnych odpowiedników na bazie tlenku grafenu.

Eksperymentalne metody charakteryzacji, w tym dyfrakcja rentgenowska (XRD), spektroskopia w podczerwieni (FTIR), spektroskopia w zakresie ultrafioletu i światła widzialnego (UV-VIS), elektronowy rezonans paramagnetyczny (EPR) i obliczenia teorii funkcjonału gęstości (DFT), ujawniły korelacje między właściwościami strukturalnymi, magnetycznymi, elektronicznymi i termodynamicznymi tych materiałów a ich wydajnością jako superkondensatorów.

Przeprowadzone badania pokazują, że różnice w oddziaływaniach elektronicznych między GO i tetrapirołowymi modyfikatorami mają głęboki wpływ na obserwowaną pojemność. Jednocześnie oddziaływania te są wystarczająco słabe, aby wywołać jedynie subtelne zmiany widmowe, a także niewielki wzrost odległości międzywarstwowej. Niniejsze badania przedstawiają strategię wytwarzania wysokowydajnych materiałów superpojemnościowych, wykorzystujących łagodne elektrolity i mają potencjał do zastosowania w przyszłych technologiach magazynowania zielonej energii.

## WPLYW DOMIESZKOWANIA KOPOLIMERÓW NA BAZIE POLIPIROLU NA WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE

**Paweł Ławniczak<sup>1</sup>, Adam Mizera<sup>1</sup>, Alina K. Dubis<sup>2</sup>, Karolina H. Markiewicz<sup>2</sup>,  
Andrzej Łapiński<sup>1</sup>**

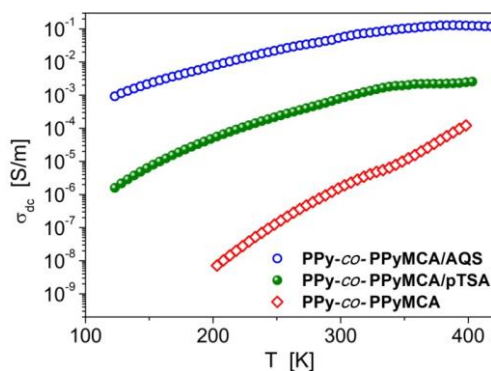
<sup>1</sup>Institut Fizyki Molekularnej PAN, 60-179 Poznań, ul. Mariana Smoluchowskiego 17

<sup>2</sup>Uniwersytet w Białymstoku, 15-245 Białystok, ul. K. Ciołkowskiego 1K

e-mail: lawniczak@ifmpan.poznan.pl

W ostatnich latach pojawiło się duże zainteresowanie półprzewodnikami polimerowymi, w tym polipirolem, jako materiałami biodegradacyjnymi. Materiały takie znajdują zastosowanie między innymi w sensorach [1], superkondensatorach [2, 3], warstwach antykorozyjnych [4] oraz materiałach, które mogą być detektorami gazów [5]. Jedną z popularniejszych grup pochodnych polipirołu są układy sfunkcjonalizowane grupami karboksylowymi [6-8]. Grupy funkcyjne np. elektrono-akceptorowe, mogą być podstawione w pierścieniu pirolowym, powodując zmiany właściwości optycznych i elektrycznych.

W tym wystąpieniu przedstawiony zostanie wpływ procesu domieszkowania (za pomocą AQS oraz *p*-TSA) kopolimeru PPy-*co*-PPyMCA na właściwości elektryczne. Rysunek 1 przedstawia zależności przewodności elektrycznej w funkcji temperatury.



Rysunek 1. Zależność przewodności elektrycznej w funkcji temperatury dla badanych kopolimerów.

W przypadku niedomieszkowanego kopolimeru, wartości przewodności elektrycznej są niskie, nie przekraczając wartości  $\sigma_{dc}=1,2 \cdot 10^{-4}$  S/m, zmierzonej w temperaturze  $T=398$ K. Oprócz tego, w zakresie niskich temperatur widoczny jest wpływ grup polarnych, które modyfikują kształt widm przewodności elektrycznej. Dodanie domieszki znacząco podwyższa wartości przewodności elektrycznej, odpowiednio  $\sigma_{dc}=2,6 \cdot 10^{-3}$  S/m (kopolimeru z *p*-TSA) oraz  $\sigma_{dc}=0,12$  S/m dla PPy-*co*-PPyMCA/AQS. Do interpretacji właściwości elektrycznych wykorzystano także wyniki badań właściwości termicznych oraz spektroskopowych.

### Literatura

- [1] R. Jain, N. Jadon, A. Pawaiya, *Trends Analyt. Chem.* **97** (2017) 363
- [2] R. B. Choudhary, S. Ansari, B. Purty, *J. Energy Storage.* **29** (2020) 101302
- [3] J. Wang, X. Li, X. Du, J. Wang, H. Ma, X. Jing *Chem. Pap.* **71** (2017) 293
- [4] M. K. Zadeh, M. Yeganeh, M. T. Shoushtari, A. Esmacilkhanian *Synth. Met.* **274** (2021) 11672
- [5] M. Das, S. Roy *Mater. Sci. Semicond. Process.* **121** (2021) 105332
- [6] Y. Lu, X. Wang, M. Wang, L. Kong, J. Zhao *Electrochim. Acta* **180** (2015) 86–95
- [7] A. Mizera, S. J. Grabowski, P. Ławniczak, M. Wysocka-Żołopa, A. T. Dubis, A. Łapiński *Polymer* **164** (2019) 142
- [8] A. Mizera, A. T. Dubis, A. Łapiński *Polymer* **255** (2022) 12512

## WYKORZYSTANIE KARBOKSYMETYLOCELULOZY SODU I NANORUREK WĘGLOWYCH W ROZWOJU ELEKTRONIKI ORGANICZNEJ

**Anna Martin<sup>1</sup>, Damian Łukawski<sup>1</sup>, Alina Dudkowiak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Zakład Fizyki Molekularnej, Instytut Fizyki, Politechnika Poznańska,  
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań  
e-mail: anna.martin@doctorate.put.poznan.pl

Organiczna elektronika, obejmująca obwody i urządzenia elektroniczne wytwarzane przy użyciu prostych technik osadzania, takich jak powlekanie natryskowe, sitodruk, drukowanie, powlekanie prętowe, stanowi dynamicznie rozwijającą się dziedzinę z licznymi potencjalnymi zastosowaniami, takimi jak medycyna, motoryzacja, rolnictwo i fotowoltaika [1, 2].

W obliczu rosnących obaw dotyczących ochrony środowiska jednym z najbardziej obiecujących kierunków w tej dziedzinie jest wykorzystanie biopolimerów zintegrowanych z cząsteczkami przewodzącymi. Celuloza i jej pochodne odgrywają kluczową rolę w wielu sektorach, takich jak przemysł papierniczy, farmaceutyczny, spożywczy czy tekstylny, a także w elektronice organicznej. Celuloza, jako materiał bazowy (np. papier celulozowy, bawełna, wiskoza) oraz jako polimer przewodzący (np. etery celulozy, estry i nanoceluloza), wyróżnia się niskimi kosztami, elastycznością, biokompatybilnością i biodegradowalnością [3, 4].

Szczególnym zainteresowaniem cieszy się karboksymetyloceluloza (CMC) i jej sole, takie jak sól sodowa karboksymetylocelulozy (NaCMC), które stanowią rozpuszczalne w wodzie pochodne celulozy. NaCMC skutecznie zwiększa dyspersję nanorurek węglowych (CNT) w wodzie dzięki obecności grup hydrofobowych i hydrofilowych [5]. Pierścienie glukozy NaCMC oddziałują z CNT poprzez interakcje hydrofobowe, tworząc koniugaty, które ograniczają aglomerację CNT na skutek oddziaływań van der Waalsa i/lub elektrostatycznych [6].

W ramach prezentowanych badań skupiono się na wpływie wody atmosferycznej i ciekłej na przewodnictwo elektryczne powłok kompozytowych NaCMC/CNT. Ze względu na rozpuszczalność w wodzie i odpychanie elektrostatyczne, powłoki NaCMC/CNT nie tylko pełnią funkcję elektroprzewodzącą, ale także wykazują wysoką czułość jako czujniki zalania. Dzięki prostym i opłacalnym technikom osadzania opracowane kompozyty NaCMC/CNT mogą znaleźć szerokie zastosowanie w nowoczesnej elektronice organicznej.

A. M. dziękuje Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego (0512/SBAD/6218) za finansowanie badań. D. Ł. dziękuje Narodowemu Centrum Badań i Rozwoju (TANGO-IV-A/0014/2019-00) za finansowanie badań.

### Literatura

- [1] Q. Zhang, W. Hu, H. Siringhaus, and K. Müllen, *Advanced Materials* 34, (2022).
- [2] A. Martin, A. Dudkowiak, and D. Łukawski, *Diam Relat Mater* 139, (2023).
- [3] Y. Zhang, Z. Shang, M. Shen, S. P. Chowdhury, A. Ignaszak, S. Sun, and Y. Ni, *ACS Sustain Chem Eng* 7, 11175 (2019).
- [4] C. yuan Yan, Z. qiang Fang, A. min Tang, W. yu Liu, Y. Liu, and H. zhen Shi, *Cellulose* 25, 2405 (2018).
- [5] A. Akbar, Y. Lestari, G. Ramadhan, et. al., *Applied Mechanics and Materials* 493, (2014).
- [6] R. Haggemueller, S. S. Rahatekar, J. A. Fagan, et. al., *Langmuir* 24, 5070 (2008).



## OPTIMALIZACJA WARUNKÓW NANOSZENIA WARSTWY PEDOT:PSS METODĄ SPIN COATING’U W PRODUKCJI QD-LED

Julia Nowakowska<sup>1</sup>, Adrian Adamski<sup>1</sup>, Adam Łuczak<sup>1</sup>, Beata Łuszczyńska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Fizyki Molekularnej, 90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116

e-mail: julia.nowakowska@p.lodz.pl

Poli(3,4-etylenodioksytiofen) domieszkowany polistyrenosulfonianem (PEDOT:PSS) to jeden z najbardziej wszechstronnych i szeroko stosowanych w elektronice polimerów przewodzących. PEDOT:PSS łączy wysoką przewodność oraz dobrą przezroczystość w świetle widzialnym z doskonałą stabilnością w warunkach otoczenia i może być łatwo przetwarzany z wodnych dyspersji metodą spin-coatingu [1]. Możliwość prostego dostosowania właściwości materiału, a także regulacji pracy wyjścia i morfologii warstwy, sprawia, że PEDOT:PSS może być wykorzystywany zarówno jako warstwa aktywna, jak i materiał elektrodowy. Optymalizacja nanoszenia warstwy polimeru PEDOT:PSS odgrywa kluczową rolę w produkcji, między innymi, organicznych diod elektroluminescencyjnych (OLED). Warstwa ta, pełniąc funkcję warstwy transportowej dziur, znacząco wpływa na wydajność i trwałość urządzenia [2]. Kluczowym aspektem przy nanoszeniu warstwy PEDOT:PSS jest zapewnienie jednorodnej warstwy o odpowiedniej grubości, tak aby przekładało się to na efektywne wstrzykiwanie dziur z anody do warstwy emisyjnej OLEDu. W tym celu, konieczne jest precyzyjne kontrolowanie parametrów procesowych, takich jak koncentracja roztworu, prędkość obrotowa oraz warunki obróbki wtórnej otrzymanej warstwy. Ponadto, modyfikacja składu PEDOT:PSS poprzez domieszkowanie może poprawić przewodność elektryczną i morfologię powierzchni [3]. Przedstawione badania koncentrują się na optymalizacji nanoszenia warstwy PEDOT:PSS podczas produkcji diod elektroluminescencyjnych zawierających kropki kwantowe (QD-LED) w celu ulepszenia ich zewnętrznej wydajności kwantowej oraz stabilności.

### Literatura

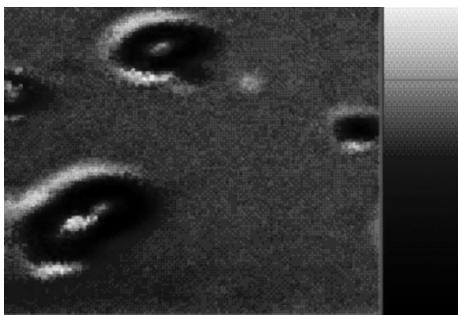
- [1] G. Huseynova, Y. Hyun Kim, J.-H. Lee, J. Lee, *Journal of Information Display* **21** (2020) 71–91.
- [2] L. V. Kayser, D. J. Lipomi, *Advanced Materials* **31** (2019) 1806133.
- [3] A. Van Dijken, A. Perro, E. A. Meulenlamp, K. Brunner, *Organic Electronics* **4** (2003) 131–141.

## OBRAZOWANIE MOMENTÓW PRZEJŚCIA $S_0 \rightarrow S_1$ POJEDYNCZYCH CZĄSTECZEK BARWNIKA ORGANICZNEGO W MATRYCY KRYSTALICZNEJ

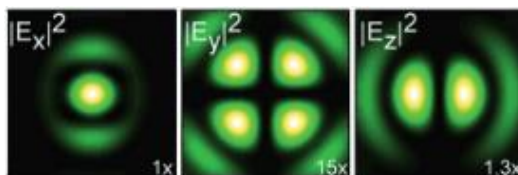
Joanna Olas<sup>1</sup>, Bolesław Kozankiewicz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, 02-668 Warszawa, al. Lotników 32/46  
e-mail: jolas@ifpan.edu.pl

Badania optyczne pojedynczych cząsteczek barwnika organicznego prowadzone są już od ponad 30 lat i dostarczają informację o nano-środowisku bez konieczności analizowania wyniku uśrednionego po zbiorze cząsteczek.<sup>[1]</sup> W niniejszej pracy podjęto próbę zobrazowania kierunku przejścia  $S_0 \rightarrow S_1$  dla cząsteczek terylenu (Tr) umieszczonych w kryształach naftalenu (N), 2,3-dibromonaftalenu (23DBN) oraz 2,3-dimetylnaftalenu (23DMN). Kierunek obserwowanego przejścia pokrywa się z kierunkiem osi długiej cząsteczki Tr, a więc uzyskuje się informację o tym, jak cząsteczka gościa wbudowuje się w strukturę kryształu gospodarza. Zagadnienie jest szczególnie interesujące w przypadku kryształu 23DBN, dla którego zaobserwowano wcześniej dwa sposoby wbudowywania się cząsteczek Tr,<sup>[2]</sup> oraz w przypadku kryształu 23DMN, w którym występuje nieporządek orientacyjny kierunku grup metylowych i każda cząsteczka Tr ma trochę inne otoczenie<sup>[3]</sup>.



Rys. 1. Zaobserwowany obraz fluorescencji cząsteczek Tr w kryształach naftalenu



Rys. 2. Symulacja zmian fluorescencji w zależności od orientacji dipolowego momentu przejścia  $S_0 \rightarrow S_1$  pojedynczej cząsteczki barwnika organicznego<sup>[4]</sup>.

Na potrzeby badań przebudowano mikroskop konfokalny, uprzednio wykorzystywany do badań w niskich temperaturach. Pomiary prowadzono w temperaturze pokojowej używając obiektywów mikroskopowych z przerwą wypełnioną cieczą immersyjną (Nikon 60x/1.40 Oil), a próbka kryształowa (umieszczona na nakrywkowym szkiełku mikroskopowym) przesuwana była w płaszczyźnie osi X-Y przy pomocy piezo-skanera (PXY36 piezosystemjena). Światło wzbudzające cząsteczki Tr było spolaryzowane liniowo, a środkowa część wiązki przysłonięta.<sup>[3]</sup>

### Literatura

- [1] C. Toninelli, I. Gerhardt, A.S. Clark, A. Reserbat-Plantey, S. Götzinger, Z. Ristanovic, M. Colautti, P. Lombardi, K.D. Major, I. Deperasińska, W.H. Pernice, F.H.L. Koppens, B. Kozankiewicz, A. Gourdon, V. Sandoghdar, M. Orrit, Nat. Mat. 2021, **20**, 1615-1628.
- [2] A. Moradi, Z. Ristanovic, M. Orrit, I. Deperasińska, B. Kozankiewicz, ChemPhysChem 2019, **20**, 55-61.
- [3] R. Kościeszka, E. Luzina, D. Wiącek, J. Dresner, B. Kozankiewicz, Mol. Phys. 2009, **107**, 1889-1895.
- [4] M. P. Backlund, M. D. Lew, A. S. Backer, S. J. Sahl, W. E. Moerner, Chem. Phys. Chem, 2014, **15**, 587-599.

## PRZEJŚCIE FAZOWE METAL-IZOLATOR W CHIRALNYCH SOLACH DM-EDT-TTF: BADANIA SPEKTROSKOPOWE

Maria Sawińska<sup>1</sup>, Iwona Olejniczak<sup>1</sup>, Savita Priya<sup>2</sup>, Martin Dressel<sup>2</sup>,  
Flavia Pop<sup>3</sup>, Narcis Avarvari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, 60-179 Poznań,  
ul. Mariana Smoluchowskiego 17

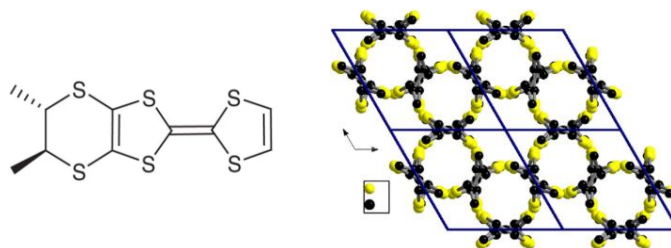
<sup>2</sup>1. Physikalisches Institut, Stuttgart University, D-70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, Niemcy

<sup>3</sup>MOLTECH-Anjou, UMR 6200, CNRS, Angers University, 49045 Angers,  
2 Boulevard Lavoisier, Francja

e-mail: olejniczak@ifmpan.poznan.pl

Przewodniki organiczne o strukturze niskowymiarowej mają duży potencjał zastosowań w elektronice molekularnej ze względu na unikalne własności optyczne i elektryczne, które mogą być kontrolowane poprzez odpowiednio zaprojektowaną strukturę molekularną oraz zewnętrzne parametry fizyczne. Do takich materiałów należą prezentowane tutaj chiralne sole DM-EDT-TTF (DM-EDT-TTF = dimetyl-etylenoditio-tetratiafulwalen). Oprócz chiralności charakteryzują się one wysokim przewodnictwem elektrycznym, a niedawno potwierdzono w ich przypadku występowanie efektu elektrycznej anizotropii magnetyczno-chiralnej, który jest ważny z punktu widzenia spintroniki [1].

Aby wyjaśnić mechanizm przejścia metal-izolator w tych materiałach, przeprowadzono badania widm odbiciowych w podczerwieni w funkcji temperatury czterech soli z przeniesieniem ładunku: [(S,S)-DM-EDT-TTF]<sub>2</sub>ClO<sub>4</sub> [1], [(R,R)-DM-EDT-TTF]<sub>2</sub>ClO<sub>4</sub> [1], [(S,S)-DM-EDT-TTF]<sub>2</sub>ReO<sub>4</sub> [2] oraz [(R,R)-DM-EDT-TTF]<sub>2</sub>ReO<sub>4</sub> [2] (rys. 1). Na podstawie widm odbiciowych obliczono widma przewodnictwa optycznego, które przeanalizowano na gruncie modelu Drudego-Lorentza.



Rys.1: Molekuła (S,S)-DM-EDT-TTF (po lewej) oraz struktura warstwy przewodzącej (po prawej) w solach [(S,S/R,R)-DM-EDT-TTF]<sub>2</sub>ClO<sub>4</sub>/ReO<sub>4</sub> [1].

W badaniach widm odbiciowych zaobserwowano przejście metal-izolator, około 50 K dla soli z anionem ClO<sub>4</sub> i około 100 K dla soli z anionem ReO<sub>4</sub>. Widma przewodnictwa optycznego w temperaturze pokojowej są charakterystyczne dla przewodnika organicznego z szerokim pasmem przeniesienia ładunku około 1500 cm<sup>-1</sup>. Przy obniżaniu temperatury od temperatury pokojowej do 11 K zaobserwowano przesunięcie gęstości spektralnej w stronę niskich częstotliwości. W fazie izolatora zaobserwowano aktywację pełnosymetrycznych drgań molekularnych DM-EDT-TTF, w wyniku sprzężenia elektron-drganie wewnątrz-molekularne. Na podstawie analizy widm przewodnictwa optycznego na gruncie modelu Drudego-Lorentza, potwierdzono występowanie uporządkowania ładunku (CO) w badanych materiałach.

### Literatura

[1] F. Pop, P. Auban-Senzier, E. Canadell, G. L. J. A. Rikken, N. Avarvari, Nat. Commun. 5 (2014) 3757.

[2] N. Avarvari, nieopublikowane wyniki.

## WIDMA ELEKTROABSORPCJI ORGANICZNYCH KOMPLEKSÓW RUTENU ZAADSORBOWANYCH NA NANOKRYSTALICZNYM TLENKU TYTANU(IV)

**Daniel Pelczarski<sup>1</sup>, Małgorzata Makowska-Janusik<sup>2</sup>, Waldemar Stampor<sup>1</sup>**

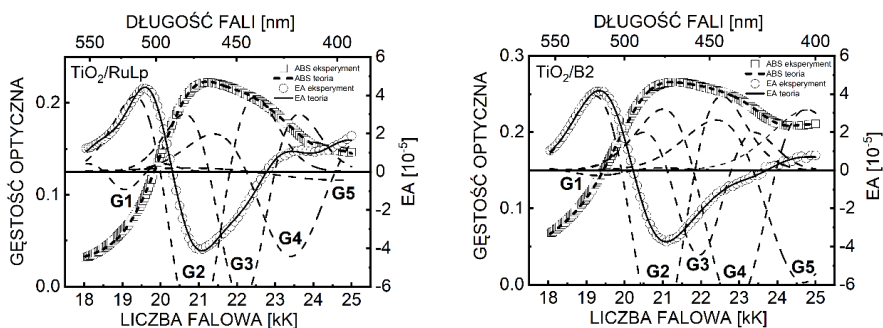
<sup>1</sup>Instituto Fizyki i Informatyki Stosowanej, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,  
Politechnika Gdańska, 80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12

<sup>2</sup>Instituto Fizyki, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Akademia im. Jana Długosza  
w Częstochowie, 42-200 Częstochowa, al. Armii Krajowej 13/15  
e-mail: daniel.pelczarski@pg.edu.pl

Spektroskopia elektroabsorpcyjna (EA) jest cennym narzędziem stosowanym do badania stanów wzbudzonych, obdarzonych trwałym momentem dipolowym. W metodzie tej rejestrowane są zmiany widm absorpcji optycznej spowodowanej oddziaływaniem zewnętrznego pola elektrycznego z dipolami molekularnymi, w zgodzie ze zjawiskiem Starka [1].

Uczulane barwnikiem ogniwa słoneczne (DSSC) mogą być atrakcyjną i tanią alternatywą dla konwencjonalnych systemów fotowoltaicznych. W ogniwach DSSC cząsteczka uczulacza barwnikowego zakotwiczona na powierzchni mezoporowatego półprzewodnika (najczęściej jest to TiO<sub>2</sub>) absorbuje promieniowanie słoneczne, wytwarzając stan wzbudzony, który z kolei uruchamia proces separacji ładunku [2]. Wydajność takiego fotoogniwa jest ograniczona głównie przez wymianę ładunku na granicy faz półprzewodnik/barwnik [3]. W tego typu układach niezwykle ważną kwestią jest określenie udziału elektronowych stanów jonowych TiO<sub>2</sub> w stanie wzbudzonym w procesie fotogeneracji ładunku. Większy wkład stanów jonowych powinien bowiem znaleźć swoje odzwierciedlenie w większej zmianie momentu dipolowego po wzbudzeniu.

W niniejszej pracy zostaną poddane analizie widma EA organicznych kompleksów rutenu zaadsorbowanych na TiO<sub>2</sub> przy wykorzystaniu modelu Liptaya oraz przy wsparciu obliczeń wykonanych metodą wykorzystującą teorię funkcjonału gęstości [4].



*Rysunek 1. Widma absorpcji (gęstość optyczna) i elektroabsorpcji (EA, względna zmiana natężenia światła przechodzącego przez próbkę) w układach FTO/TiO<sub>2</sub>+barwnik/PMMA/Al. Na rysunku naniesiono również krzywą dopasowania widma EA (linia ciągła), krzywą dopasowania widma absorpcji (linia przerywana) oraz wkłady poszczególnych pasm do widma EA (G1-G5)*

### Literatura

- [1] D. Pelczarski, O. Korolevych, B. Gierczyk, M. Zalas, M. Makowska-Janusik, W. Stampor, *Materials*, 2022, **15**, 2278
- [2] M. Zalas, B. Gierczyk, A. Bossi, P.R. Mussini, M. Klein, R. Pankiewicz, M. Makowska-Janusik, Ł. Popenda, W. Stampor, *Dyes Pigm.*, 2018, **150**, 335-346
- [3] A. Hagfeldt, G. Boschloo, L. Sun, L. Kloo, and H. Pettersson, *Chem. Rev.* **110**, 6595 (2010).
- [4] A. Bartkowiak, O. Korolevych, B. Gierczyk, D. Pelczarski, A. Bossi, M. Klein, Ł. Popenda, W. Stampor, M. Makowska-Janusik, M. Zalas, *Sci. Rep.*, 2023, **13**, 16808

## INNOWACYJNE PODEJŚCIE DO OCZYSZCZANIA L-TRYPTOFANU W UKŁADACH DWUFAZOWYCH

**Alicja Putowska<sup>1</sup>, Marta Wojcieszak<sup>1</sup>, Andrzej Łapiński<sup>2</sup>, Katarzyna Materna<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, 60-965 Poznań, ul. Berdychowo 4

<sup>2</sup>Instytut Fizyki Molekularnej, Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Smoluchowskiego 17

e-mail: alicja.putowska@student.put.poznan.pl

L-tryptofan odgrywa istotną rolę w przemyśle chemicznym. Pomimo to jego produkcja na skalę przemysłową jest stosunkowo niewielka, głównie ze względu na wysokie koszty wytwarzania. Ta sytuacja stwarza możliwości poszukiwania nowych metod produkcyjnych, udoskonalania istniejących technologii oraz optymalizacji procesów pozyskiwania i oczyszczania tego związku. Co więcej, L-tryptofan, jako naturalny aminokwas, może wpływać bezpośrednio lub pośrednio na zdrowie i funkcjonowanie organizmu człowieka [1,2].

Wodne układy dwufazowe stanowią obiecującą metodę końcowego oczyszczania i separacji L-tryptofanu. Mogą one również tworzyć systemy, w których metabolity są ciągle oddzielane od komórek, co zapobiega zahamowaniu wzrostu mikroorganizmów. Dziedzina ta dynamicznie rozwija się od momentu, gdy szwedzki biochemik P.A. Albertsson opracował technikę separacyjną opartą na ABS (*Aqueous Biphasic Systems*) w 1986 roku. Wodne układy dwufazowe występują w klasycznym wariacie, zazwyczaj tworzonemu przez polimer i sole nieorganiczne, ale mogą być również wzbogacone o ciecze jonowe [3].

Celem niniejszej pracy było określenie skuteczności separacji L-tryptofanu z roztworów wodnych przy użyciu wodnych układów dwufazowych.

Przeprowadzone badania wykazały, że spośród różnych mieszanin bazujących na glikolu polioksyetylenowym i solach nieorganicznych, najbardziej efektywnym okazał się układ z fosforanem(V) potasu ( $K_3PO_4$ ). Ta konfiguracja umożliwiła odzysk L-tryptofanu na poziomie od 87,02% do 95,42% w procesie ekstrakcji.

*Podziękowania, Ta praca została sfinansowana przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w Polsce jako dotacja dla Politechniki Poznańskiej (0912/SBAD/2408).*

### Literatura

[1] M. Ikeda, R. Katsumata, *Appl. Environ. Microbiol.*, 1999, 65, 2497–2502.

[2] L. Liu, M. Bilal; H. Luo, Y. Zhao, *Processes*, 2019, 7, 213.

[3] P. Ventura, C. Neves, M. Freire, I. Marrucho, *J. Phys. Chem. B*, 2009, 113, 9304–9310.

## WPLYW FTALOCYJANINY CYNKOWEJ NA FORMOWANIE I WŁAŚCIWOŚCI CIENKICH WARSTW WIEŁOŚCIENNYCH NANORUREK WĘGLOWYCH NA GRANICY FAZ CIAŁO STAŁE-POWIETRZE I WODA-POWIETRZE

**Karol Rytel<sup>1</sup>, Bolesław Barszcz<sup>2</sup>, Alicja Stachowiak<sup>1</sup>, Andrzej Biadasz<sup>1</sup>, Kamil Kędziński<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska,  
60-965 Poznań, Piotrowo 3

<sup>2</sup>Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, 60-179 Poznań,  
ul. Mariana Smoluchowskiego 17  
e-mail: karol.rytel@put.poznan.pl

Nanorurki węglowe (CNT) znajdują szerokie zastosowanie w różnych urządzeniach, takich jak magazyny energii, sensory chemiczne, tranzystory polowe oraz przezroczyste elektrody. Aby możliwa była ich budowa konieczne jest wcześniejsze otrzymanie cienkiej warstwy CNT. Jedną z wielu metod otrzymywania cienkich warstw CNT są metody Langmuira. Umożliwiają one dokładną kontrolę gęstości i struktury filmu, co jest kluczowe dla uzyskania wysokiej jakości warstw. Co więcej za ich pomocą możliwe jest również badanie interakcji między składnikami mieszanin co pomaga w lepszym zrozumieniu i optymalizacji właściwości warstw. Właściwości warstw złożonych wyłącznie z nanorurek węglowych mogą być niewystarczające w niektórych zastosowaniach. Dodanie innych związków chemicznych do wielościennych nanorurek węglowych (MWCNT) może prowadzić do istotnych zmian ich właściwości, takich jak przewodnictwo elektryczne i przezroczystość. Te właściwości są kluczowe dla ich zastosowania w nowoczesnych technologiach. Zrozumienie interakcji między CNT a innymi materiałami jest kluczowe dla dalszego doskonalenia właściwości tych materiałów. Badania te pozwalają na identyfikację optymalnych warunków, w których nanorurki mogą być efektywnie rozproszone i stabilne, co jest niezbędne dla ich praktycznego zastosowania.

Jednym z celów badań było zwiększenie przezroczystości filmów MWCNT oraz zbadanie, w jakim stopniu zwiększa się ich opór elektryczny po dodaniu ftalocyjaniny cynkowej (PC). Obliczenia progu perkolacji oraz badania interakcji między składnikami mieszaniny dostarczają cennych informacji na temat procesów dyspersji i organizacji nanorurek. W tym celu przygotowano mieszaniny PC i MWCNT o różnych stężeniach i użyto ich do uzyskania filmów na granicy faz ciało stałe-powietrze i woda-powietrze. Dla układów mieszanych przy różnych ciśnieniach powierzchniowych określono nadmiarową energię Gibbsa, nadmiarowe obszary oraz frakcję powierzchniową zajęta przez składniki mieszaniny. Dla ułamków masowych MWCNT niższych niż 0,9, zaobserwowano oddziaływanie przyciągające pomiędzy składnikami mieszaniny, natomiast dla ułamków masowych MWCNT wyższych niż 0,9, zaobserwowano oddziaływanie odpychające. Analiza frakcji powierzchniowych i obrazów fluorescencyjnych ujawniła trzy etapy wypełniania filmów MWCNT przez PC. W pierwszym etapie, PC wypełniało obszar między MWCNT i zaczynało tworzyć inkluzje w strukturze filmu MWCNT. W drugim etapie, obserwowano stopniowy wzrost rozmiaru inkluzji PC wraz ze wzrostem stężenia PC. W trzecim etapie, zaobserwowano formowanie ciągłych filmów PC. Te obserwacje zostały dodatkowo potwierdzone przez obliczenie progu perkolacji elektrycznej.

## **BADANIE WPLYWU NANOCZĄSTEK ZŁOTA NA WŁAŚCIWOŚCI TRANSPORTOWE BŁON KOMÓRKOWYCH ORGANIZMÓW ŻYWYCH**

**Beata Tim<sup>1</sup>, Paulina Błaszkwicz<sup>2</sup>, Alina Dudkowiak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instytut Fizyki, Politechnika Poznańska, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3,

<sup>2</sup> Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, 61-614 Poznań,  
ul. Wszechnicy Piastowskiej 3,

e-mail: beata.tim@doctorate.put.poznan.pl

W ostatnich latach nanocząstki złota (AuNPs) znalazły wiele zastosowań w medycynie czy farmacji. Biokompatybilność, niska cytotoksyczność, działanie przeciwbakteryjne to zaledwie kilka cech, które spowodowały, że AuNPs zyskały popularność w tych dziedzinach [1,2]. Przed zaakceptowaniem substancji jako środka terapeutycznego, konieczne jest dokładne określenie wpływu, jaki wywiera ona na organizm, do którego jest kierowana. Błona komórkowa stanowi pierwszą barierę, którą muszą pokonać substancje wnikające do organizmu. Z tego powodu kluczowe jest poznanie mechanizmów, które zachodzą na tym etapie. W tym celu stosowana jest technika Langmuira, która polega na wytwarzaniu na granicy faz powietrze-woda modelowej błony biologicznej składającej się z pojedynczej warstwy cząsteczek np. lipidów, białek, oraz dostarcza jakościowych informacji na temat wpływu substancji aktywnych na stan fazowy, płynność i morfologię modelowych biomembran [3].

Wykorzystując technikę Langmuira można określić oddziaływania jakie zachodzą między AuNPs sfunkcjonalizowanymi poli(tlenkiem etylenu) (PEG) a modelową błoną komórkową. PEG tworzy organiczną otoczkę, jest nietoksyczny, bezpieczny dla organizmów żywych i często stosowany jako nośnik leków, w kosmetykach oraz jako składnik szczepionek [4]. W badaniach jako układy biomimetyczne zastosowano wieloskładnikowe monowarstwy lipidowe składające się z lipidów takich jak 1,2-dipalmitoilo-*sn*-glicero-3-fosfocholina i cholesterol. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić w jaki sposób AuNPs wpływają na właściwości monowarstw tworzonych na granicy faz woda-powietrze przez lipidowe składniki błon biologicznych.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu 2022/45/N/ST5/01464 (B.T.) i 2023/48/C/ST4/00067 (P.B.).

### **Literatura**

- [1] R. Sakthi Devi, A. Girigoswami, M. Siddharth, K. Girigoswami, *Applied Biochemistry and Biotechnology* **194** (2022) 4187–4219.
- [2] S. Sindhwani, W.C.W Chan, *Journal of Internal Medicine* **290** (2021) 486-498.
- [3] B. Tim, M. Rojewska, K. Prochaska, *International Journal of Molecular Sciences* **23** (2022) 12822.
- [4] P. Pallavicini, E. Cabrini, G. Cavallaro, G. Chirico, M. Collini, L. D'Alfonso, G. Dacarro, A. Dona, N. Marchesi, C. Milanese, A. Pascale, L. Sironi, A. Taglietti, *Journal of Inorganic Biochemistry* **151** (2015) 123–131.

## ZASTOSOWANIE SPEKTROSKOPII RAMANA DO ANALIZY STOPNIA DEGRADACJI TKANKI CHRZĘSTNEJ STAWÓW KOLANOWYCH

Karolina Turczyńska<sup>1</sup>, Paulina Filipczak<sup>1</sup>, Anna Czaderna-Lekka<sup>2</sup>, Ireneusz Kotela<sup>3</sup>,  
Andrzej Kotela<sup>3</sup>, Marta Grodzik<sup>4</sup>, Tadeusz Diem<sup>5</sup>, Marcin Kozanecki<sup>1</sup>,  
Krzysztof Matyjaszewski<sup>1</sup>, Jacek Ulański<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Fizyki Molekularnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, 90-954 Łódź,  
ul. Żeromskiego 116

<sup>2</sup>Katedra Uczenia Maszynowego, Wydział Informatyki i Komunikacji, Uniwersytet Ekonomiczny  
w Katowicach, 40-287 Katowice, ul. 1 Maja 50

<sup>3</sup>Centralny Szpital Kliniczny Ministerstwa Spraw Wewnętrznych w Warszawie,  
02-507 Warszawa, ul. Wołoska 137

<sup>4</sup>Katedra Nanobiotechnologii, Instytut Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
w Warszawie, 02-786 Warszawa, ul. Ciszewskiego 8

<sup>5</sup>Collegium Civitas, 00-901 Warszawa, Plac Defilad 1  
e-mail: jacek.ulanski@p.lodz.pl

Choroba zwyrodnieniowa stawów (osteoartroza) jest jedną z najpowszechniejszych przyczyn niepełnosprawności populacji światowej. Prowadzi ona do nieodwracalnych zmian w strukturze tkanek całego stawu. Dostępne na rynku metody diagnostyczne często umożliwiają diagnozę schorzenia dopiero w późnym stadium zaawansowania, gdzie degradacja tkanek jest na tyle znaczna, że jedynym rozwiązaniem jest zabieg endoprotezoplastyki. Diagnoza pierwszych etapów choroby pozwoliłaby na wcześniejsze wdrożenie leczenia farmakologicznego, które może zahamować postęp degradacji stawu.

Spektroskopia Ramana jest techniką badawczą pozwalającą na badanie oddziaływań międzycząsteczkowych oraz na analizę jakościową i ilościową. Ponadto, spektrometr może być wyposażony w sondę ramanowską, która może zostać wprowadzona do stawu podczas artroskopii w warunkach *in vivo*. Dzięki temu, technika ta jest potencjalną metodą diagnostyczną pozwalającą na wykrycie zmian w chrząstce we wczesnych stadiach choroby, co stanowi istotny problem kliniczny [1-4].

Prezentowane badania skupiają się na określeniu związku między budową chrząstki stawowej, a stopniem rozwoju choroby zwyrodnieniowej stawów. Z wykorzystaniem spektroskopii Ramana przebadano próbki tkanek chrzęstnych pobranych podczas zabiegu entoprotezoplastyki u kilkunastu pacjentów. Badania poświęcone są weryfikacji możliwości korelacji różnych parametrów spektralnych ze zmianami struktury chemicznej chrząstki o różnym stopniu degradacji. Zidentyfikowano pasma ramanowskie charakterystyczne dla grup hydroksyapatytu, siarczanu chondroityny oraz amidu III, które pozwoliły na określenie m.in. stopni mineralizacji w tkance chrzęstnej i oraz przebudowy tkanki. Uzyskane wyniki zostaną wykorzystane do opracowania wskaźnika stopnia zaawansowania choroby zwyrodnieniowej stawów.

*Badania współfinansowane przez NCN, grant UMO-2018/29/B/ST5/02412 oraz NCBR w ramach IV konkursu programu EuroNanoMed III, grant ENM3/IV/CaPreCon/2021.*

### Literatura

- [1] R. Kumar, *et al.*, *International Journal of Molecular Sciences* 16 (2015) 9341.
- [2] K. J. I. Ember, *et al.*, *Regenerative Medicine* 2 (2017) 12.
- [3] L. Rieppo, *et al.*, *Applied Spectroscopy Reviews* 52 (2016) 249.
- [4] E. Pavlou, *et al.*, *Annals of Joint* 3 (2018) 83.



## DRUKOWANE DIODY ELEKTROLUMINESCENCYJNE TYPU QD\_LED DO ZASTOSOWAŃ W TABLICACH ŚWIETLNYCH

R. Udovytyska<sup>1</sup>, A. Łuczak<sup>1</sup>, J. Jung<sup>1</sup>, A. Adamski<sup>1</sup>, G. Wiosna-Salyga<sup>1</sup>, B. Łuszczyńska<sup>1</sup>,  
J. Ułański<sup>1</sup>, J. Kim<sup>2</sup>, Y. Kim<sup>2</sup>, B. Heyne<sup>2</sup>, T. Bilkay-Troni<sup>2</sup>, M. Gensler<sup>2</sup>, A. Wedel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Fizyki Molekularnej, Politechnika Łódzka, Łódź, ul. Żeromskiego 116

<sup>2</sup>Functional Materials and Devices, Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research (IAP),

Poczdam, Geiselbergstraße 69

e-mail: gabriela.wiosna-salyga@p.lodz.pl

Przedstawiamy wyniki badań poświęconych wytwarzaniu powierzchni emitujących światło o dowolnie zaprojektowanym kształcie z wykorzystaniem technik druku. W celu ich uzyskania zastosowana została opracowana przez nas koncepcja wytwarzania takich świecących wzorów bez konieczności stosowania masek cieniowych i próżniowych technik naparowywania, polegająca na drukowaniu warstwy wstrzykującej elektrony o pożądanym kształcie [1].

Jako warstwę emisyjną zaproponowano przyjazne środowisku kropki kwantowe (z ang. quantum dots - QDs) na bazie fosforu indu (InP) [2]. W ostatnich latach kropki kwantowe wzbudzają coraz większe zainteresowanie, ponieważ stanowią alternatywę dla organicznych związków emisyjnych stosowanych w technologiach rozтворowych wykazując unikatowe cechy, takie jak: wąskie widma fotoluminescencji (czysta barwa), czy łatwość przestrajania maksimum emisji. W celu zwiększenia stabilności i wydajności emisji stosowanych kropek kwantowych zaproponowano modyfikację ich struktury oraz dodatkowo wykonano warstwy kropek kwantowych rozproszonych w matrycy polimerowej, wykazującej właściwości transportowe dziur (HTL) i zdolność do sieciowania światłem. Takie rozwiązanie pozwoliło zmierzyć się z głównym wyzwaniem w wielowarstwowych strukturach uzyskiwanych technikami mokrymi, jakim jest uniknięcie ponownego rozpuszczania wcześniej osadzonych warstw. Omówione zostaną również inne podejścia stosowane w celu przezwyciężenia tego problemu.

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu "POLBER/5/63/PrintedQDD/2022".

### Literatura

[1] A. C, B. Łuszczyńska, W. Reka, M. Z. Szymański, J. Ułański, *Polymers*, **13** (2021) 80

[2] J. Kim, Y. Kim, K. Park, C. Boeffel, H-S. Choi, A. Taubert, A. Wedel, *Small*, **18** (2022) 2203093

## BADANIE AKTYWNYCH POWIERZCHNIOWO IMIDAZOLIOWYCH CIECZY JONOWYCH JAKO ŚRODKÓW PRZECIWRZYBICZNYCH DO OCHRONY DREWNA

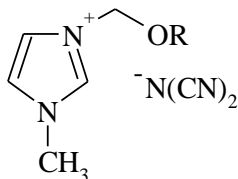
**Marta Wojcieszak<sup>1</sup>, Alicja Putowska<sup>1</sup>, Anna Syguda<sup>1</sup>, Katarzyna Materna<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, ul. Berdychowo 4

e-mail: marta.wojcieszak@put.poznan.pl

Popularność cieczy jonowych o aktywności powierzchniowej (ang. Surface-Active Ionic Liquids, SAILs) stale rośnie dzięki ich unikalnej strukturze, łączącej cechy surfaktantów i cieczy jonowych (ang. Ionic Liquids, ILs). Fenomen SAILs polega na ich projektowalności, co umożliwia formułowanie połączeń jonowych (kation-anion) o specyficznych właściwościach fizykochemicznych. Skuteczność SAILs wynika również z ich budowy amfifilowej, co prowadzi m.in. do zmniejszenia napięcia powierzchniowego i międzyfazowego, oraz poprawy zdolność do zwilżania powierzchni [1,2].

Niniejsza praca koncentruje się na ocenie zwilżalności oraz aktywności powierzchniowej zsyntezowanych SAILs (Rys.1.), co ma na celu określenie ich przydatności oraz wskazanie potencjalnych zastosowań aplikacyjnych.



Rys. 1. Ogólny wzór strukturalny badanych związków, gdzie  $R = C_8H_{17} - C_{12}H_{25}$ .

W badaniach wykorzystano analizator kształtu kropli DSA100 do pomiarów aktywności powierzchniowej związków. W pierwszej kolejności wykonano pomiar napięcia powierzchniowego dla danych SAILs. Wyznaczenie izoterm napięcia powierzchniowego stanowiło podstawę w określeniu właściwości zwilżających analizowanych amfifilowych soli imidazoliowych. Ponadto wyznaczono szereg parametrów związanych z procesem micelizacji, których wartość skorelowano z wpływem zmian strukturalnych SAILs tj. wydłużania łańcucha alkilowego.

### Literatura

- [1] C.S. Buettner, A. Cognigni, C. Schröder, K. Bica-Schröder, *Surface-active ionic liquids: a review*, J. Mol. Liqs, 347, 2022, 1-31.
- [2] M. Wojcieszak, A. Syguda, A. Fojutowski, A. Kropacz, A. Lewandowska, K. Kaźmierczak, K. Materna, *Imidazolium surface-active ionic liquids as antifungal agents in wood protection*, J. Mol. Liqs, 398, 2024, 124247.

*Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Edukacji i Nauki 0912/SBAD/2408*

## SYNTEZA FONÓW I BADANIE WPŁYWU ŚRODKA POWIERZCHNIOWO CZYNNEGO NA ICH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE

**Dorota Zajac, Aleksandra Dupla, Lech Sznitko**

Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny, Instytut Materiałów Zaawansowanych,  
ul. Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
e-mail: dorota.zajac@pwr.edu.pl

Fluorescencyjne nanocząstki organiczne (FON) stanowią szeroką gamę nanostruktur wykonanych z materiałów organicznych, które po wzbudzeniu mogą emitować światło w różnych zakresach długości fali. Wszechstronność FONów pod względem składu, kształtu, modyfikacji powierzchni i właściwości optycznych sprawia, że są one badane pod kątem zastosowań w biologii i medycynie, zarówno do celów diagnostycznych, jak i terapeutycznych. Badania te skupiają się m.in. na syntezie wydajnych organicznych fluoroforów, m.in. 5-(2-etyloheksylo)-1,3-di(tienylo-2-ylo)-4H-tieno[3,4-c]pirolo-4,6(5H)-dionu (**243**), który wykorzystuje się do wytwarzania fluorescencyjnych nanocząstek organicznych [1], [2].

Po otrzymaniu w jednoetapowej syntezie naszego produktu, **243**, zaczęliśmy wytwarzać FONy na różne sposoby. Każda próbka zawierała związek **243**, specyficzny środek powierzchniowo czynny oraz wodę. Dla porównania jedna z próbek nie zawierała surfaktantu. Do obserwacji i porównania wyników wykorzystaliśmy trzy różne środki powierzchniowo czynne (Triton X-100, bromek trimetylooktadecyloamoniowy, bromek dodecylotrimetyloamoniowy). Zastosowano różne podejścia do optymalizacji procesu wytwarzania. Aby zbadać fluorescencyjne nanocząstki organiczne, użyliśmy analizatora nanocząstek wykorzystującego metodę DLS, mikroskopu fluorescencyjnego, spektrofotometru do pomiaru absorbancji, fluorescencji i jej czasu życia.

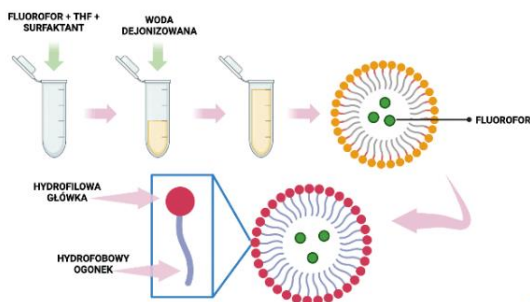


Fig.1. Schemat przygotowania próbki.

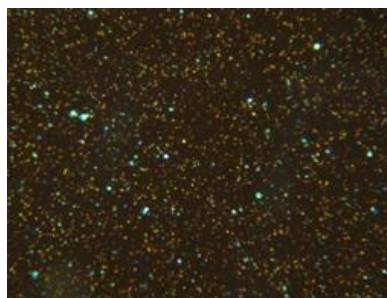


Fig.2. FONy (120-400 nm) pod mikroskopem fluorescencyjnym, surfaktant Triton X-100, powiększenie x10.

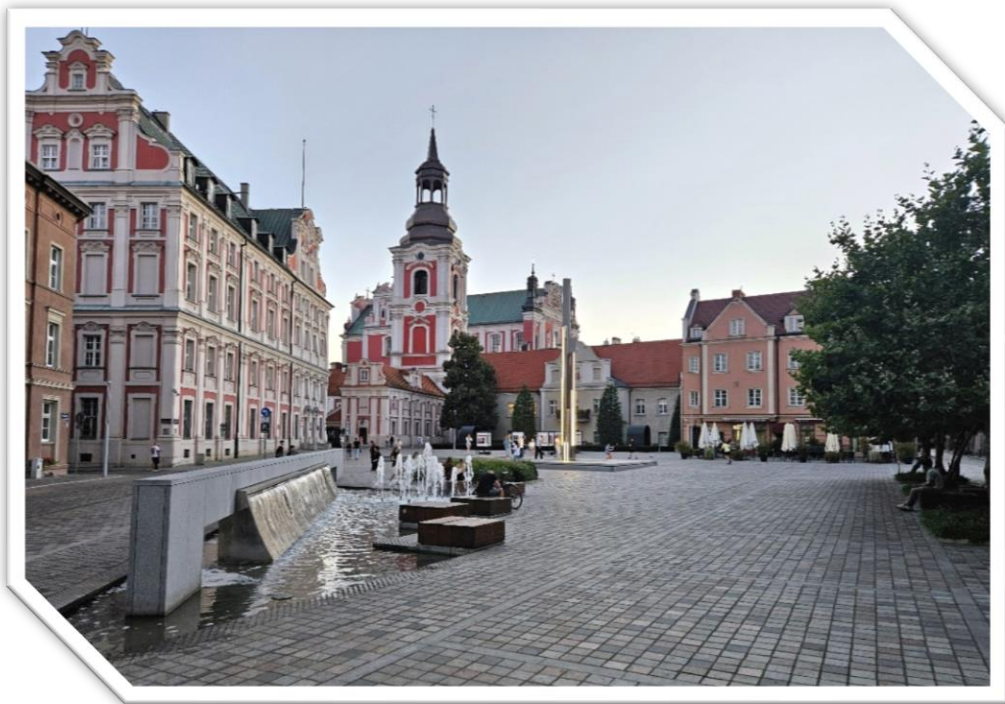
Otrzymaliśmy FONy o różnych rozmiarach, w zakresie od 90 do 400 nm. Biorąc pod uwagę warunki przeprowadzonych eksperymentów, można stwierdzić, że ilość użytego środka powierzchniowo czynnego ma istotny wpływ na wielkość nanocząstek. Im więcej użytego środka powierzchniowo czynnego, tym większe nanocząstki. Jednakże brak środka powierzchniowo czynnego znacznie wpływa na stabilność FONów. Prowadzone będą dalsze badania w celu zbadania morfologii i zastosowań FONów.

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr 2021/41/B/ST5/01797.

### Literatura

- [1] G. Vargas-Nadal, M. Köber, A. Nsamela, et al. *Pharmaceutics* **14**(11) (2022) 2498
- [2] Y. Khan, S. Hwang, R. Braveenth, et al. *Nat Commun* **13** (2022) 1801

## NOTATKI



*Bazylika kolegiacka Matki Bożej Nieustającej Pomocy, św. Marii Magdaleny  
i św. Stanisława Biskupa – Fara Poznańska oraz Plac Kolegiacki*







Poniedziałek		Wtorek		Środa		Czwartek		Piątek	
od 12:00	Przyjazd i rejestracja uczestników	od 07:30	Śniadanie	od 07:30	Śniadanie	od 07:30	Śniadanie	od 07:30	Śniadanie
		<b>09:00</b>	<b>L. Sznitko</b>	<b>09:00</b>	<b>O. Morawski</b>	<b>09:00</b>	<b>J. Jung</b>	<b>09:00</b>	<b>T. Marszałek</b>
		<b>09:35</b>	<b>A. Szukalska</b>	<b>09:35</b>	<b>D. Larowska-Zarych</b>	<b>09:35</b>	<b>M. Makowska-Janusik</b>	<b>09:35</b>	<b>D. Głowienka</b>
		10:15	K. Cyprych	10:15	A. Szukalski	10:15	M. Wojcieszak	10:15	B. Łuszczczyńska
		10:35	Przerwa kawowa	10:35	Przerwa kawowa	10:35	Przerwa kawowa	10:35	Przerwa kawowa
		<b>11:00</b>	<b>J. Ulański</b>	11:00	A. Ostrowski	<b>11:00</b>	<b>B. Kozankiewicz</b>	<b>11:00</b>	<b>A. Eilmes</b>
		<b>11:35</b>	<b>P. Kaszyński</b>	11:20	P. Ławniczak	<b>11:35</b>	<b>J. Karpiuk</b>	11:35	A. Pyrih
		12:15	M. Knapkiewicz	11:40	P. Radomski	12:15	M. Duszka	11:55	A. B. Nowicka
		12:35	Obiad	12:00	Obiad	12:35	Obiad	12:15	Zamknięcie konferencji
		<b>14:00</b>	<b>K. Rytel</b>	13:30	Wycieczka	<b>14:00</b>	<b>M. Nyk</b>	12:25	Obiad
		14:35	K. Kędziński			14:35	K. Łupińska	od 13:00	Wyjazd uczestników
		14:55	J. Breczko			14:55	G. Jarosz		
		15:15	M. Wysocka-Żołopa			15:15	D. M. Bobrowska		
15:35	Przerwa kawowa	15:35	Przerwa kawowa						
17:45	Otwarcie konferencji	16:00	Sesja posterowa			18:00	Koncert		
<b>18:00</b>	<b>M. Stępień</b>								
19:00	Kolacja powitalna	19:00	Kolacja grillowa	19:00	Kolacja	19:00	Bankiet		