

# VII Polska Konferencja Optyczna

konferencja-optyczna.pl

4 – 7 lipca 2023

## PROGRAM



# PKO' 2023

## Organizatorzy

•candela•



Polskie Towarzystwo Fizyczne  
Sekcja Optyki

## Sponsorzy



## Partner główny

Samorząd Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego



Marszałek Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego  
Piotr Ciałbecki

Partnerem głównym wydarzenia jest  
Samorząd Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego



2023 rokiem  
Mikołaja Kopernika  
w województwie kujawsko-pomorskim

## Patroni honorowi



WOJEWODA  
KUJAWSKO-POMORSKI  
MIKOŁAJ BOGDANOWICZ



Marszałek Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego  
Piotr Ciałbecki



Prezydent Miasta Torunia  
Michał Zaleski

Wydarzenie wspierane jest przez:



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



# VII Polska Konferencja Optyczna

4-7 lipca 2023

## Polska Konferencja Optyczna

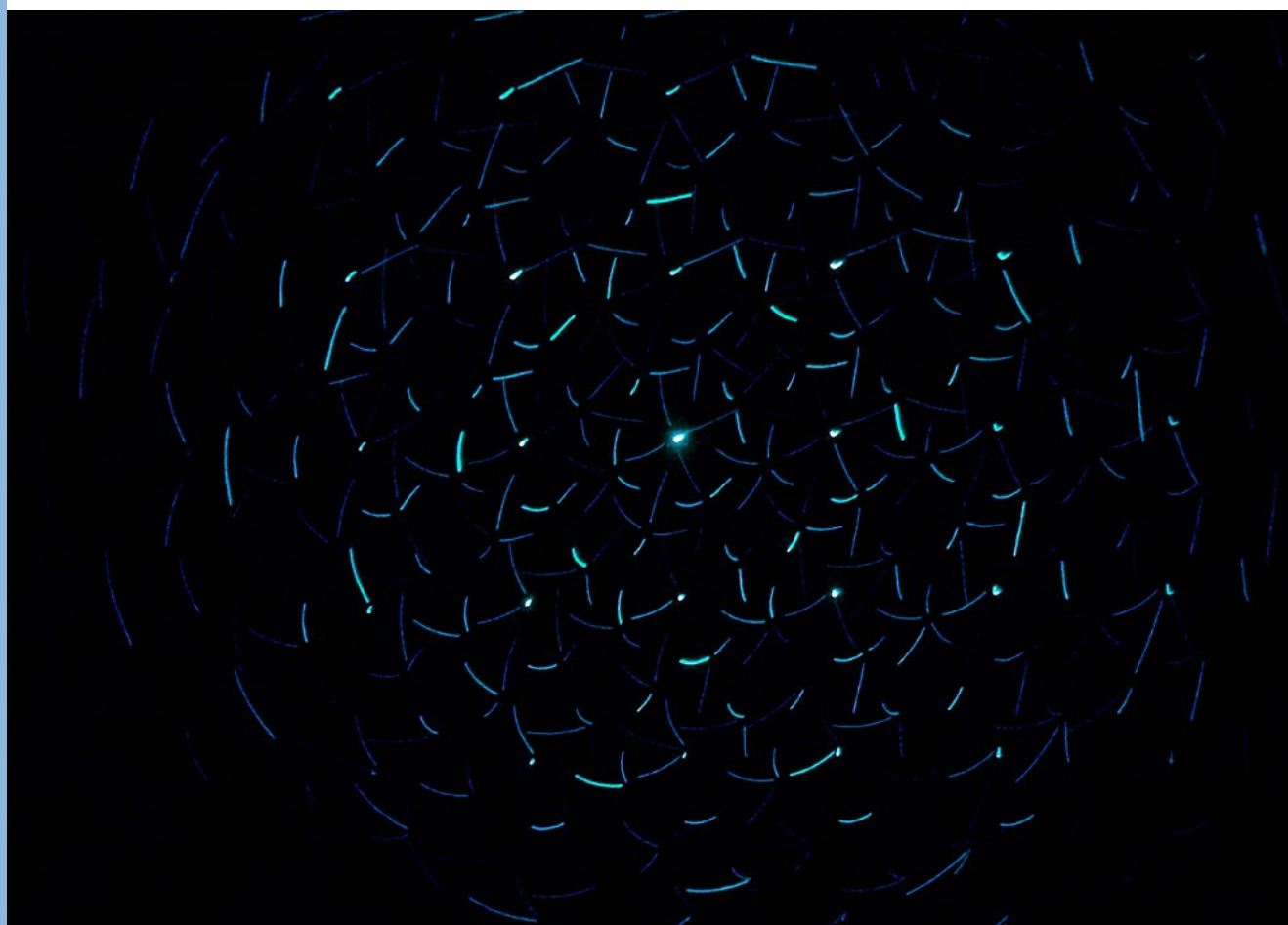
Konferencja ma na celu integrację środowiska polskich optyków. Tworzy platformę do spotkania i wymiany poglądów szerokiego grona osób, dla których ważny jest rozwój polskiej myśli naukowej i inżynierskiej oraz dydaktyki w dziedzinie optyki. Konferencja łączy wysoki poziom naukowy z możliwie szerokim spektrum tematycznym tak, aby była reprezentatywna dla całej polskiej optyki. Starannie dobrane wykłady zaproszone umożliwiają rozpoczynającym pracę młodym naukowcom poznanie tematyki badań prowadzonych w innych ośrodkach w kraju. Konferencja jest też jednym z nielicznych forów, na których propagowany jest język polski w optyce.

### Edycja 2023

VII edycja Polskiej Konferencji Optycznej odbędzie się w dniach 4-7 lipca 2023 w Toruniu.

Pełen program wydarzenia wraz z książką streszczeń znajduje się na stronie:

[konferencja-optyczna.pl/program](https://konferencja-optyczna.pl/program)



## Komitet Naukowy

Krzysztof Abramski (Politechnika Wrocławska)  
Katarzyna Chałasińska-Macukow (Uniwersytety Warszawski)  
Roman Ciuryło (Uniwersytet Mikołaja Kopernika)  
Rafał Demkowicz-Dobrzański (Uniwersytet Warszawski)  
Alina Dudkowiak (Politechnika Poznańska)  
Henryk Fiedorowicz (Wojskowa Akademia Techniczna)  
Zbigniew Jaroszewicz (Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy)  
Włodzimierz Jastrzębski (Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk)  
Mirosław Karpierz (Politechnika Warszawska)  
Jarosław Koperski (Uniwersytet Jagielloński)  
Wiesław Leoński (Uniwersytet Zielonogórski)  
Sebastian Maćkowski (Uniwersytet Mikołaja Kopernika)  
Piotr Nyga (Wojskowa Akademia Techniczna)  
Ryszard Piramidowicz (Politechnika Warszawska)  
Jerzy Pluciński (Politechnika Gdańska)  
Agnieszka Popiołek-Masajada (Politechnika Wrocławska)  
Szymon Pustelny (Uniwersytet Jagielloński)  
Czesław Radzewicz (Uniwersytet Warszawski), Współprzewodniczący KN  
Katarzyna Rutkowska (Politechnika Warszawska)  
Kazimierz Rzązewski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN)  
Yuriy Stepanenko (Instytut Chemii Fizycznej PAN)  
Ryszard Tanaś (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza)  
Ewa Weinert-Rączka (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny), Współprzewodnicząca KN  
Marek Żukowski (Uniwersytet Gdański)

## Komitet Organizacyjny

Ewa Weinert Rączka (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny),  
Piotr Węgrzyn (Fundacja Candela)  
Klaudia Karlińska (Fundacja Candela)  
pko@candela.org.pl








# Program


# Wtorek

Rejestracja uczestników  
Hotel Bulwar – lobby  
14:00 - 18:00


 Sesja NLPQT  
Hotel Bulwar – sala konferencyjna  
15:00 - 19:00


 Powitanie uczestników Sesji NLPQT  
15:00 Michał Karpiński,  
Uniwersytet Warszawski

 Rozwój polskich sieci dystrybucji czasu  
i częstotliwości w kontekście sieci  
europejskich  
15:10 Krzysztof Turza,  
Poznańskie Centrum  
Superkomputerowe-Sieciowe


 Generacja wzorcowej nośnej optycznej  
dla metrologii kwantowej  
15:30 Marcin Bober,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika


 Pomiary spektroskopowe oparte na  
częstotliwości  
15:50 Szymon Wójtewicz,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika


 Terahercowe grzebieńnię częstotliwości  
optycznych  
16:10 Łukasz Sterczewski,  
Politechnika Wrocławska


 Wnętkowe struktury plazmoneiczne do ba-  
dań silnego oddziaływania światło -  
materia w nanoskali  
16:30 Aleksandra Szymańska,  
Uniwersytet Warszawski


Przerwa kawowa - Hotel Bulwar – lobby  
16:50

 Spektroskopia fourierowska z grzebieniami  
częstotliwości optycznych  
17:20 Grzegorz Kowzan,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

 Dwie historie o interferencji dwóch wiązek  
17:40 Radek Łapkiewicz,  
Uniwersytet Warszawski

 Zastosowanie urządzeń wytwarzających  
pojedyncze fotony w technologiach  
kwantowych  
18:00 Jakub Szlachetka,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

 Rozróżnianie superpozycji z użyciem efektu  
Talbota  
18:20 Maciej Ogrodnik,  
Uniwersytet Warszawski

 Infrastruktura QKD laboratorium technologii  
kwantowych projektu NLPQT oraz jej powią-  
zanie z inicjatywami EuroQCI, EuroQCS oraz  
GÉANT  
18:40 Piotr Rydlichowski,  
Poznańskie Centrum Superkomputerowe-  
Sieciowe

Zamknięcie Sesji NLPQT  
19:00 Michał Karpiński,  
Uniwersytet Warszawski

Wieczór studencki - Pub Kredens  
20:00

# Środa

Rejestracja uczestników  
Hotel Bulwar – lobby  
08:00 - 17:00

Otwarcie konferencji  
09:00

## **Symulacje kwantowe z ultrazimnymi cząsteczkami polarnymi i atomami Rydberga w szczypcach optycznych**

09:10 Michał Tomza,  
Uniwersytet Warszawski

Ultrastabilny laser - narzędzie w metrologii i fizyce fundamentalnej  
09:50 Marcin Bober,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Pomiary z udziałem polskich optycznych zegarów atomowych  
10:05 Piotr Morzyński,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Nadrozdzielcza Dwufotonowa Mikroskopia 3D  
10:20 Paweł Szczypkowski,  
Uniwersytet Warszawski

Ilościowa analiza zdolności obrazowania w mikroskopii bezsoczewkowej z wykorzystaniem druku dwufotonowego  
10:35 Emilia Wdowiak,  
Politechnika Warszawska

Redukcja efektu „twin image” w bezsoczewkowej mikroskopii holograficznej ze sferyczną wiązką odniesienia  
10:50 Piotr Arcab,  
Politechnika Warszawska

Sieć neuronowa do usuwania efektu obrazu sprzężonego w bezsoczewkowej mikroskopii holograficznej  
11:05 Mikołaj Rogalski,  
Politechnika Warszawska

Przerwa kawowa - Hotel Bulwar – lobby  
11:20

## **Badania struktury elektronowej wybranych pierwiastków pod kątem zastosowań w zegarach optycznych**

11:50 Przemysław Głowacki,  
Politechnika Poznańska, Główny Urząd Miar

Spektroskopia pasma (7-0) cząsteczki CO  
12:30 Szymon Wójtewicz,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Badanie fibrylacji białek z użyciem mikroskopii absorpcji przejściowej  
12:45 Przemysław Słota,  
Uniwersytet Warszawski

Obliczenia zderzeń molekularnych i populowanie bazy danych parametrów kształtów linii widmowych  
13:00 Nikodem Stolarczyk,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Plazmoniczny kolor strukturalny nieuporządkowanych nanostruktur metalicznych  
13:15 Piotr Nyga,  
Wojskowa Akademia Techniczna

Przerwa obiadowa  
Hotel Bulwar – restauracja  
13:30

## **Dodawanie wiązek laserowych; koncepcje i wybrane aplikacje**

15:00 Jan Jabczyński,  
Wojskowa Akademia Techniczna

Detekcja węglowodorów w średniej podczerwieni przy użyciu optycznego grzebieńa częstotliwości oraz światłowodu antyrezonansowego z rdzeniem powietrznym  
15:40 Dorota Tomaszewska-Rolla,  
Politechnika Wroclawska



🗨 Kompaktowy przestrajalny femtosekundowy laser światłowodowy dla mikroskopii wielofotonowej  
15:55 Jakub Bogusławski,  
Politechnika Wrocławska

🗨 Obrazowanie in vivo komórek zwojowych oka ludzkiego za pomocą przestrzenno-czasowej tomografii optycznej (STOC-T)  
16:10 Marta Mikuła-Zdańkowska,  
Instytut Chemii Fizycznej PAN, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER

Sesja plakatowa - Hotel Bulwar – lobby  
16:25 - 18:30

🗨 Zarzut i podrzut, jak zaplanować sukces naukowy wykorzystując dwubój olimpijski  
20:00 - 20:30 Mateusz Szatkowski,  
Politechnika Wrocławska

🗨 Panel: Jak przetrwać w akademii?  
Otwarta dyskusja z panelistami  
20:30 - 21:30  
Grzegorz Soboń,  
Politechnika Wrocławska  
Katarzyna Komar,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER,  
Michał Karpiński,  
Uniwersytet Warszawski

# Czwartek

## **O problemach z fotodetektorami w kryptografii kwantowej i jak sobie z nimi poradzić**

09:00 Marcin Pawłowski,  
Uniwersytet Gdański

Obrazowanie czasowe do charakteryzacji splątania par fotonów w czasowo-widmowym stopniu swobody

09:40 Filip Sośnicki,  
Uniwersytet Warszawski

Weryfikacja ortogonalności modów czasowych impulsów pojedynczych fotonów

09:55 Jerzy Szuniewicz,  
Uniwersytet Warszawski

Obliczenia neuromorficzne przy użyciu kwantowych płynów światła

10:10 Andrzej Opala,  
Uniwersytet Warszawski,  
Instytut Fizyki PAN

Jednoczesna konwersja widma i kształtowanie profilu czasowo-widmowego

10:25 Michał Mikołajczyk,  
Uniwersytet Warszawski

Koherentne kwantowe sprzężenie pomiędzy przejściami optycznymi w sztucznej molekuie badane metodą dwuwymiarowej spektroskopii mieszania czterech fal

10:40 Paweł Machnikowski,  
Politechnika Wroclawska

Korekcja zewnętrznych pól magnetycznych za pomocą precesji spinów w sekwencji pamięci kwantowej

10:55 Bartosz Niewelt,  
Uniwersytet Warszawski

Jednokierunkowe kwantowe sterowanie kilku kubitów

11:10 Zbigniew Ficek,  
Uniwersytet Zielonogórski

Przerwa kawowa - Hotel Bulwar – lobby  
11:25

## **Kontrola przebiegu pola elektrycznego jednocyklowych impulsów światła w zakresie spektralnym średniej podczerwieni**

11:55 Maciej Kowalczyk,  
Politechnika Wroclawska,  
Ludwig Maximilian University of Munich

Terahercowe dyfrakcyjne struktury typu MISO

12:35 Mateusz Surma,  
Politechnika Warszawska

Daleka konwersja częstotliwości w kilku-modowym światłowodzie gradientowym

12:50 Karolina Stefańska,  
Politechnika Wroclawska

Selektywne pobudzenie modów wyższych rzędów w światłowodach do zastosowań w optyce nieliniowej

13:05 Kinga Żołądacz,  
Politechnika Wroclawska

Mnogość procesów mieszania czterech fal zachodzących pomiędzy różnymi modami przestrzennymi i/lub polaryzacyjnymi w światłowodach dwójtomnych

13:20 Karol Tarnowski,  
Politechnika Wroclawska

Przerwa obiadowa -  
Hotel Bulwar – restauracja  
13:35 - 15:00

Program kulturowo-krajoznawczo-integracyjny  
15:15 - 18:30

Kolacja konferencyjna -  
Hotel Bulwar – restauracja  
19:00 - 22:00

Poimprezie - Jan Olbracht Browar  
22:00 - 01:00

# Piątek

## **Atomy rydbergowskie jako konwertery mikrofalowo-optyczne**

09:00 Michał Parniak,  
Uniwersytet Warszawski

Optyczna superheterodynowa detekcja słabego pola mikrofalowego przy pomocy rydbergowskich atomów rubidu

09:40 Sebastian Borówka,  
Uniwersytet Warszawski

Obrazowanie morfologii i dynamiki naczyń krwionośnych w siatkówce oka ludzkiego za pomocą wielozakresowego skaningowego oftalmoskopu laserowego

09:55 Julia Kochańska,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Szerokopułowa tomografia koherencyjna OCM do wysokorozdzielczego obrazowania dynamiki ruchów wewnątrzkomórkowych

10:10 Seweryn Morawiec,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Optyczna metoda monitorowania hemodynamiki siatkówki oka myszy z wykorzystaniem czasowo-przestrzennej tomografii optycznej (STOC-T)

10:25 Wiktor Kulesza,  
Instytut Chemii Fizycznej PAN, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER

Krzywa czułości spektralnej dla widzenia dwufotonowego

10:40 Katarzyna Komar,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika,  
Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER

Pomiar temperatury wokół żywej komórki za pomocą centrów barwnych azot-wakancja w nanodiamentach dla zastosowań mechanobiologicznych: TFM-ODMR

10:55 Mariusz Mrózek,  
Uniwersytet Jagielloński

Przerwa kawowa - Hotel Bulwar – lobby  
11:10 - 11:40

## **Kosmiczna optyka**

11:40 Tomasz Kawalec,  
Uniwersytet Jagielloński

Optoelektronika w Łukasiewicz-IMIF

12:20 Anna Kozłowska,  
Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki

Wybrane tematy prac B+R prowadzonych z udziałem Eurotek International

12:35 Józef Dresner,  
Eurotek International

Sesja specjalna

12:50 - 13:50

Zamknięcie konferencji i wręczenie nagród

- Hotel Bulwar – sala konferencyjna  
13:50 - 14:00

Przerwa obiadowa -

Hotel Bulwar – restauracja  
14:00 - 15:30



# Streszczenia

# Streszczenia wystąpień

## ŚRODA

### **Symulacje kwantowe z ultrazimnymi cząsteczkami polarnymi i atomami Rydberga w szczypcach optycznych**

Michał Tomza *Uniwersytet Warszawski*

Modele centralnego spinu zastosowane w technologii informacji kwantowej opisują dekoherencję kubitów w czasie. Prezentacja skupi się na wykorzystaniu mieszaniny ultrazimnych cząsteczek polarnych i atomów Rydberga pułapkowanych w szczypcach optycznych do symulacji kwantowych i badania właściwości różnych modeli kwantowych. Unikalne właściwości tych układów, takie jak silne oddziaływania między cząstkami i zdolność do precyzyjnego sterowania ich parametrami doświadczalnymi, umożliwiają różne zastosowania, takie jak symulacje modeli centralnego spinu oraz tworzenie ekranującej chmury Kondo po zanurzeniu atomu Rydberga w gazie atomów fermionowych o spinie  $1/2$ .

### **Ultrastabilny laser - narzędzie w metrologii i fizyce fundamentalnej**

Marcin Bober, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

M. Bober, M. Narożnik, P. Morzyński, M. Zawada

Ultrastabilne lasery są podstawowym składnikiem wszystkich optycznych zegarów atomowych. Zaprezentowany laser zostanie sprzężony z optycznym zegarem atomowym a jednocześnie możliwa będzie dystrybucja jego sygnału przy pomocy telekomunikacyjnej sieci światłowodowej. Zaprezentowane zostaną wyniki demonstrujące, że w niedalekiej przyszłości takie układy mogłyby być użyte do szukania fal grawitacyjnych. Czułość w zakresie częstotliwości rzędu kHz pozwoli na poszukiwania w nieosiągalnym obecnie obszarze w którym spodziewane są obserwacje wielu układów takich jak łączyących się gwiazd neutronowych, układów podwójnych czarnych dziur, oraz ultralekkich bozonów (np. axiony). Istnienie ultralekkich bozonów mogłoby wyjaśnić łamanie symetrii CP czy problem ciemnej materii.

### **Pomiary z udziałem polskich optycznych zegarów atomowych**

Piotr Morzyński, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

P. Morzyński, M. Bober, S. Bilicki, D. Kovačić, A. Ledziński, M. Zarei, P. Wcisło, M. Zawada

W mojej prezentacji przedstawię wyniki uzyskane w ciągu ostatnich kilku lat w kampaniach pomiarowych

z udziałem różnych zegarów optycznych na świecie, w tym dwóch polskich optycznych zegarów atomowych w KL FAMO. Mają one istotne znaczenie w procesie wprowadzania definicji sekundy opartej na optycznych wzorcach częstotliwości. Zaprezentuję sposób analizy i najnowsze limity na zmienność stałej struktury subtelnej zmierzone z wykorzystaniem interkontynentalnej sieci zegarów optycznych. Przedstawię również techniki automatycznej optymalizacji i przywracania prawidłowej pracy modułów zegara, procedury automatycznej kalibracji zegara optycznego oraz sposoby walidacji i akwizycji danych.

### **Nadrozdzielcza Dwufotonowa Mikroskopia 3D**

Paweł Szczypkowski, *Uniwersytet Warszawski*

P. Szczypkowski, A. Mielnicka, M. Pawłowska,

R. Łapkiewicz

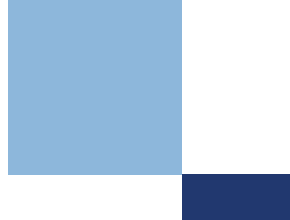
Wraz z rozwojem stabilnych, prostych w użytkowaniu laserów femtosekundowych, mikroskopia wielofotonowa staje się coraz bardziej popularna. Naturalne wydaje się próbowanie zastosowania metod używanych w zwykłej, jednofotonowej mikroskopii fluorescencyjnej do systemów pobudzania wielofotonowego. Proponujemy więc prostą kombinację Super-resolution Optical Fluctuation Imaging (SOFI) z dwufotonowym pobudzeniem w szerokim polu za pomocą techniki zwanej: Temporal Focusing. Dzięki zastosowaniu tych dwóch metod można osiągnąć kilka korzyści: zmniejszenie foto-toksyczności poza płaszczyzną ostrości, eliminację sygnału tła, możliwość obrazowania 3D grubych próbek oraz wysoką rozdzielczość w każdym z trzech wymiarów.

### **Ilościowa analiza zdolności obrazowania w mikroskopii bezsoczewkowej z wykorzystaniem druku dwufotonowego**

Emilia Wdowiak, *Politechnika Warszawska*

P. Arcab, M. Rogalski, M. Trusiak

Cyfrowa bezsoczewkowa mikroskopia holograficzna (CBMH), będąc nową, prężnie rozwijającą się metodą badań mikrostruktur, wymaga wszechstronnej metrologicznej analizy rozwiązań zarówno sprzętowych, jak i numerycznych stosowanych w tej technice. CBMH znajduje zastosowanie, między innymi, w monitorowaniu procesów komórek biologicznych, których struktura wykazuje duże zróżnicowanie pod względem optycznej i geometrycznej.



trycznej charakterystyki. W niniejszej pracy, przedstawiamy niekonwencjonalny test rozdzielczości fazowej wytworzony techniką polimeryzacji dwufotonowej. Test umożliwia zbadanie rozdzielczości przestrzennej wraz z pogłębioną analizą czułości fazowej metody CBMH, rozumianej jako grubość geometryczna i wartość współczynnika załamania, zmienne lokalnie objętości testu.

### **Redukcja efektu „twin image” w bezsoczewkowej mikroskopii holograficznej ze sferyczną wiązką odniesienia**

Piotr Arcab, *Politechnika Warszawska*

P. Arcab, M. Rogalski, E. Wdowiak, M. Trusiak

Cyfrowa bezsoczewkowa mikroskopia holograficzna (CBMH), będąc nową, prężnie rozwijającą się metodą badań mikrostruktur, wymaga wszechstronnej metrologicznej analizy rozwiązań zarówno sprzętowych, jak i numerycznych stosowanych w tej technice. CBMH znajduje zastosowanie, między innymi, w monitorowaniu procesów komórek biologicznych, których struktura wykazuje duże zróżnicowanie pod względem optycznej i geometrycznej charakterystyki. W niniejszej pracy, przedstawiamy niekonwencjonalny test rozdzielczości fazowej wytworzony techniką polimeryzacji dwufotonowej. Test umożliwia zbadanie rozdzielczości przestrzennej wraz z pogłębioną analizą czułości fazowej metody CBMH, rozumianej jako grubość geometryczna i wartość współczynnika załamania, zmienne lokalnie objętości testu.

### **Sieć neuronowa do usuwania efektu obrazu sprzężonego w bezsoczewkowej mikroskopii holograficznej**

Mikołaj Rogalski, *Politechnika Warszawska*

M. Rogalski, P. Arcab, M. Trusiak

Bezsoczewkowa mikroskopia holograficzna jest techniką pozwalającą na obrazowanie próbek w dużym polu widzenia w prostych i relatywnie tanich układach. Obrazy uzyskiwane w takich mikroskopach są zniekształcane przez tzw. efekt obrazu sprzężonego, w wyniku czego na informację obiektową jest też nałożony jego rozogniskowany obraz. W celu minimalizacji tego efektu można zastosować różne algorytmy iteracyjne, które jednak zazwyczaj wymagają pewnego multipleksingu danych, bądź informacji „a priori” o badanym obiekcie. W tej pracy prezentujemy uniwersalną sieć neuronową, pozwalającą na minimalizację efektu obrazu sprzężonego, która to nie jest obciążona wadami algorytmów iteracyjnych.

### **Badania struktury elektronowej wybranych pierwiastków pod kątem zastosowań w zegarach optycznych**

Przemysław Głowacki, *Politechnika Poznańska*,

Badania struktury elektronowej wybranych pierwiastków pod kątem zastosowań w optycznych zegarach atomowych i nuklearnym. Omówione zostaną badania w ramach współpracy z wiodącą w tej dziedzinie grupą badawczą prof. E. Peika z Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB, Niemcy) m.in. nad pionierskim projektem optycznego zegara nuklearnego opartego na przejściu między stanem podstawowym i wzbudzonym (izomerem) jądra izotopu 229 toru (Nature 556, 321-325 (2018)).

### **Spektroskopia pasma (7-0) cząsteczki CO**

Szymon Wójtewicz, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

S. Wójtewicz, A. A. Balashov, K. Bielska, G. Li, A. A. Kyuberis, J. Domysławska, R. Ciuryło, N. F. Zobov, D. Lisak, J. Tennyson, O. L. Polyansky

Kształty linii widmowych pasma (7-0) tlenku węgla zmierzono zostały za pomocą techniki CRDS. Jest to pierwsza obserwacja tak wysokiego nadtonu i tak słabego widma cząsteczki CO. W analizie danych konieczne było uwzględnienie efektów wychodzących poza powszechnie stosowany model Voigta, w szczególności efektów zależnych od prędkości absorbera. Otrzymane natężenia linii zostały porównane z wynikami obliczeń ab initio bazującymi na dokładnych krzywych momentu dipolowego i półempirycznych krzywych energii potencjalnej. Użyta zgodność pomiędzy teorią a doświadczeniem na poziomie kilku procent jest porównywalna z niepewnościami otrzymanymi w eksperymencie.

### **Badanie fibrylacji białek z użyciem mikroskopii absorpcji przejściowej**

Przemysław Słota, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

P. Słota, P. Fita

Używając mikroskopii absorpcji przejściowej wykazano, że możliwe jest badanie wczesnych etapów fibrylacji białek (amyloidów), które są niewykrywalne w rutynowych badaniach fluorescencji Tioflawiny T. Zbudowany mikroskop umożliwił obserwację zmian czasu życia stanu wzbudzonego barwnika związanego z aglomeratami, w wyniku inkubacji próbki aglomeratów. Procesy fibrylacji są procesami chorobotwórczymi, powodującymi np. chorobę Parkinsona. Metoda pozwalająca badać ich przebieg na wczesnych etapach pozwoli lepiej poznać te procesy i, w konsekwencji, rozszerzy możliwości diagnostyki i leczenia.

## **Obliczenia zderzeń molekularnych i populowanie bazy danych parametrów kształtów linii widmowych**

Nikodem Stolarczyk, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

N. Stolarczyk, H. Józwiak, P. Wciśło

Właściwy opis kształtu linii widmowych oraz ich zależności temperaturowych jest istotny z punktu widzenia badań spektroskopowych atmosfery Ziemi, innych planet Układu Słonecznego oraz egzoplanet, co wymaga referencyjnych zbiorów danych zawierających parametry i ich zależności temperaturowe dla różnych przejść danego układu molekularnego. Moje wystąpienie będzie poświęcone metodologii generowania zestawów danych parametrów kształtu linii widmowych obliczonych z zasad pierwszych. Przedstawię strukturę bazy danych HITRAN oraz sposób gromadzenia i reprezentowania parametrów kształtów linii widmowych. Omówię model zależności temperaturowej double-power-law i zaprezentuję działanie metodologii obliczeniowej w praktyce, na przykładach 3480 linii H<sub>2</sub> oraz 11575 linii HD zaburzonych helem.

## **Plazmniczny kolor strukturalny nieuporządkowanych nanostruktur metalicznych**

Piotr Nyga, *Wojskowa Akademia Techniczna*

P. Nyga, M. P. Nowak, B. Stępak, M. Pielach, Y. Stepanenko, T. Wojciechowski, B. Bartosewicz, U. Chodorow, M. Jakubaszek, P. Wachulak

Plazmniczny kolor strukturalny wynika z absorpcji i rozproszenia światła przez nano- i mikrostruktury metaliczno-dielektryczne a nie z obecności w materiale barwników. W pracy przedstawimy struktury o konstrukcji: nieuporządkowana nieciągła cienka warstwa glinu (Al) / warstwa dielektryka / zwierciadło Al. Struktury wytworzyliśmy techniką próżniową. W eksperymentach zastosowaliśmy glin ze względu na jego samo-pasywację. Struktury zmodyfikowaliśmy laserem femtosekundowym i uzyskaliśmy zmiany charakterystyk odbicia spektralnego i dyfuzyjnego, a dzięki temu koloru obserwowanego w jasnym i ciemnym polu. Zmodyfikowane struktury są stabilne co najmniej kilkanaście miesięcy. Opracowana technika może być wykorzystana do tworzenia zabezpieczeń antypodróbkowych, biżuterii i elementów artystycznych.

## **Dodawanie wiązek laserowych; koncepcje i wybrane aplikacje**

Jan Jabczyński, *Wojskowa Akademia Techniczna*

Lasery wielkich mocy mają zastosowanie w fizyce i wojskowości, ale ich moc jest ograniczana przez efekty nieliniowe. W ramach prezentacji zostaną przedstawione wyniki badań skupiające się na łączeniu i dodawaniu

wiązek światła, technologia spójnego łączenia wiązek światła (CBC), w tym schematy spójnego łączenia wiązek w układzie segmentowej apertury (Coherent Beam Combining – Tiled Aperture – CBC-TA). Omówione zostaną także wyniki prac prowadzonych w tej tematyce w Instytucie Optoelektroniki WAT w ostatnich latach.

## **Detekcja węglowodorów w średniej podczerwieni przy użyciu optycznego grzebienia częstotliwości oraz światłowodu antyrezonansowego z rdzeniem powietrznym**

Dorota Tomaszewska-Rolla, *Politechnika Wrocławska*

D. Tomaszewska-Rolla, P. Jaworski, D. Wu, F. Yu, A. Foltynowicz, K. Krzempek, G. Soboń

Praca przedstawia pierwszą demonstrację wykorzystania światłowodu antyrezonansowego z rdzeniem powietrznym w połączeniu z optycznym grzebieniem częstotliwości oraz spektrometrem Fourierowskim do detekcji gazów w zakresie spektralnym średniej podczerwieni. Rdzeń powietrzny światłowodu antyrezonansowego nadaje się do napełnienia próbką gazu docelowego i użycia jako absorpcyjna komórka gazowa. Układ jest zdolny do wykrywania molekuł posiadających linie absorpcyjne w zakresie średniej podczerwieni, co zaprezentowano na podstawie detekcji węglowodorów.

## **Kompaktowy przestrajalny femtosekundowy laser światłowodowy dla mikroskopii wielofotonowej**

Jakub Bogustawski, *Politechnika Wrocławska*

J. Bogustawski, D. Stachowiak, A. Kwaśny, G. Soboń

Mikroskopia wielofotonowa staje się coraz bardziej popularna w wielu zastosowaniach biologicznych, medycznych, czy nauce o materiałach. Rozwój tej metody oraz coraz bardziej zaawansowane aplikacje wymagają femtosekundowych laserów o precyzyjnie dobranych parametrach. W szczególności ważne jest to w takich zastosowaniach jak okulistyka czy neurobiologia. W tej pracy proponujemy kompaktowy, femtosekundowy (<90 fs) laser światłowodowy z regulowaną częstotliwością repetycji impulsów (w zakresie 1-25 MHz) i długością fali (w zakresie 760-800 nm). Pokazujemy, że obie cechy mogą być wykorzystane do zwiększenia jasności obrazów w mikroskopii wielofotonowej.

## **Obrazowanie in vivo komórek zwojowych oka ludzkiego za pomocą przestrzenno-czasowej tomografii optycznej (STOC-T)**

Marta Mikuła-Zdańkowska, *Instytut Chemii Fizycznej*

PAN, *Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*

M. Mikuła-Zdańkowska, D. Borycki, P. Węgrzyn, S. Tomczewski, M. Wojtkowski

W niniejszej pracy przedstawione zostaną najnowsze dane strukturalne z obrazowania in vivo siatkówki oka ludzkiego, zebrane za pomocą zmodyfikowanego układu STOC-T. Modyfikacja miała na celu zapewnienie zwiększonej rozdzielczości poprzecznej detekcji  $\sim 3 \mu\text{m}$  oraz zwiększenie mocy oświetlającej oko do 6.4 mW. Zaproponowana modyfikacja STOC-T wykorzystuje potencjał wysokiej rozdzielczości czasowej, dostępnej dzięki częstotliwości zbierania objętości, do 190 Hz, co umożliwia prowadzenie bardziej dokładnych badań klinicznych. Obrazowanie komórek zwojowych za pomocą połowej metody FD-FF-OCT, zgodnie z wiedzą autorów, jest prezentowane po raz pierwszy.



## CZWARTEK

### O problemach z fotodetektorami w kryptografii kwantowej i jak sobie z nimi poradzić

Marcin Pawłowski, *Uniwersytet Gdański*

Fotodetektor jest kluczowym elementem w systemach do kwantowej dystrybucji klucza (QKD), którego wydajność i bezpieczeństwo są ograniczone przez parametry zastosowanych detektorów. Maksymalne odległości zabezpieczenia w QKD są ograniczone przez ilość ciemnych zliczeń detektorów. Kwantowa efektywność jest ważnym parametrem, zwłaszcza w kryptografii niezależnej od urządzeń lub ataków hackerskich. Można ulepszyć detektory lub zmienić system QKD. Przedstawione będą dwa wyniki. Pierwszy pokazuje, jak zmiana nierówności Bella zmniejsza wymagania w DI QKD. Drugi pokazuje podobny efekt przy zmianie topologii systemu kryptograficznego.

### Obrazowanie czasowe do charakteryzacji splątania par fotonów w czasowo-widmowym stopniu swobody

Filip Sośnicki, *Uniwersytet Warszawski*

F. Sośnicki, M. Mikołajczyk, A. Golestani, M. Karpiński

Czasowo-widmowy stopień swobody oferuje wysoko-wymiarowe bazy stanów splątanych par fotonów. Prezentujemy eksperymentalną realizację układu do pomiaru łącznego widma pary fotonów jak i ich łącznego profilu czasowego. Dzięki zastosowaniu obrazowania czasowego, złożonego z dwóch ośrodków dyspersyjnych oraz elektro-optycznej soczewki czasowej, profile czasowe pojedynczych fotonów są wydłużane ponad 200-krotnie, bez zmiany ich kształtu, co zwiększa rozdzielczość mierzonych profili czasowych par fotonów do setek femtosekund. Ten sam układ oferuje możliwość realizacji dyspersyjnego spektrometru Fouriera, celem pomiaru łącznego widma pary fotonów. Taki pomiar zarówno w czasie jak i częstotliwości wykorzystaliśmy do charakteryzacji splątania pary fotonów w czasowo-widmowym stopniu swobody.

### Weryfikacja ortogonalności modów czasowych impulsów pojedynczych fotonów

Jerzy Szuniewicz, *Uniwersytet Warszawski*

J. Szuniewicz, S. Sagona-Stophel, S. Thomas, I. Walmsley, M. Karpiński

Prezentujemy metodę pomiaru ortogonalności modów czasowych opartą na pomiarze interferencji drugiego rzędu (mapowaniu korelacji), która jest odporna na fluktuacje fazowe (takie jak np. dryf fazy interferometru) i umożliwia mierzenie sygnałów pojedynczych fotonów, z dowolnie długim czasem pomiaru, bez spadku widzial-



ności. Nasza metoda pozwala nie tylko zweryfikować ortogonalność modów czasowych, ale także umożliwia pomiar profilu fazowego zadanego w czasie, dzięki czemu umożliwia dokładną charakteryzację układu. Zaletą prezentowanej metody jest też jej prosta implementacja - wystarczy standardowy interferometr, używany do obserwacji interferencji pierwszego rzędu, a inny jest jedynie sposób zbierania i analizy danych.

### **Obliczenia neuromorficzne przy użyciu kwantowych płynów światła**

Andrzej Opala, *Uniwersytet Warszawski*

A. Opala, R. Mirek, M. Furman, K. Tyszka, M. Król, J. Szczytko, B. Piętka, M. Matuszewski

Polarytony ekscytonowe stanowią unikalną platformę fizyczną do realizacji energooszczędnych i ultraszybkich neuromorficznych układów obliczeniowych. Niniejsze seminarium poświęcone będzie przeglądowi najważniejszych osiągnięć w zastosowaniu polarytonów do realizacji sztucznych sieci neuronowych. Wprowadzone zostaną polarytonowe sieci neuronowe o architekturze typu skierowanego oraz rekurencyjnego. Omówione zostaną fizyczne analogie pomiędzy dynamiką neuronu biologicznego a czasową ewolucją kondensatu polarytonów ekscytonowych. Ostatni z punktów seminarium dotyczyć będzie najważniejszych wyzwań, stojących przed zastosowaniem polarytonów ekscytonowych do całkowitego optycznego przetwarzania informacji.

### **Jednoczesna konwersja widma i kształtowanie profilu czasowo-widmowego**

Michał Mikołajczyk, *Uniwersytet Warszawski*

M. Mikołajczyk, M. Karpiński

Komputery kwantowe i kwantowy internet potrzebują efektywnej komunikacji w dużych skalach, zależnej od światłowodów. Elektro-optyczne techniki modulacji światła są precyzyjne, ale nie zapewniają wymaganych przesunięć w widmie. Niniejsza praca przedstawia technikę optycznego łączenia urządzeń kwantowych, łącząc konwersję widma z kształtowaniem widma i spektrum fotonów za pomocą procesu nieliniowej generacji różnicy częstości. Prezentowana technika wykorzystując precyzyjną kontrolę dyspersji, widma i synchronizacji, pozwala na dostosowanie szerokości widmowej i czasu trwania fotonów do standardowego kanału telekomunikacyjnego, co może poprawić wydajność transmisji kanałów kwantowych i uprościć strukturę kwantowego internetu.

### **Koherentne kwantowe sprzężenie pomiędzy przejściami optycznymi w sztucznej molekułe badane metodą dwuwymiarowej spektroskopii mieszania czterech fal**

Paweł Machnikowski, *Politechnika Wrocławska*

P. Machnikowski, D. Wigger, J. Schall, M. Deconinck, N. Bart, P. Mrowiński, M. Krzykowski, K. Gawarecki, T. Hahn, M. von Helversen, R. Schmidt, L. Bremer, F. Bopp, D. Reuter, A. D. Wieck, S. Rodt, J. Renard, G. Nogues, A. Ludwig, J. J. Finley, S. Reitzenstein, J. Kasprzak

Przedstawiamy eksperymentalną demonstrację, z wykorzystaniem dwuwymiarowej spektroskopii mieszania czterech fal, koherentnego transferu koherencji kwantowej między różnymi wzbudzeniami sztucznej molekule złożonej z dwóch półprzewodnikowych kropek kwantowych. W przeciwieństwie do wcześniej badanych studni kwantowych, które są układami makroskopowymi, pojedyncza sztuczna molekule jest strukturą typu atomowego, co daje większe możliwości w perspektywie technologii kwantowych, ale jednocześnie powoduje, że eksperyment jest o wiele bardziej wymagający. Omawiamy też teoretyczny model obserwowanej nieliniowej odpowiedzi optycznej wykorzystujący równania Lindblada oraz analityczne rozwinięcie do trzeciego rzędu w polu, uwzględniający wpływ fluktuacji generowanych przez otoczenie.

### **Korekcja zewnętrznych pól magnetycznych za pomocą precesji spinów w sekwencji pamięci kwantowej**

Bartosz Niewelt, *Uniwersytet Warszawski*

B. Niewelt, M. Parniak

Pamięci kwantowe pozwalają na wydajne przechowywanie i przetwarzanie impulsów optycznych, jednak zimne atomy będące nośnikami pamięci są wrażliwe na zmiany pola magnetycznego. Zaprezentuję sposób na aktywną kompensację zaburzeń magnetycznych za pomocą pomiaru precesji spinów oraz optymalizację sygnału poprzez wykorzystanie rezonansu dodatkowej cewki z precesją atomów (efektu znanego z NMR).

### **Jednokierunkowe kwantowe sterowanie kilku kubitów**

Zbigniew Ficek, *Uniwersytet Zielonogórski*

Sterowanie kwantowe, znane jako Einstein-Rosen-Podolsky (EPR) sterowanie, od kilku lat jest w centrum zainteresowania fizyki kwantowej, gdyż stanowi podstawy informatyki kwantowej oraz komputerów kwantowych. Dobrze poznane i zrozumiałe jest zagadnienie sterowania kwantowego dwóch kubitów. Oczywistym kolejnym krokiem jest rozszerzenie tego zagadnienia na układy złożone z kilku kubitów. Na przykład, proces sterowania nie dwóch a trzech kubitów znajduje zastosowania w zwiększeniu bezpieczeństwa kodowania informacji oraz jej przechowywaniu. W prezentacji przedstawione zostaną wyniki kwantowego sterowania układu trzech kubitów, w szczególności warunki otrzymania jednokierunkowego sterowania. Pokażemy również jaką rolę w sterowaniu kwantowym odgrywają relacje monogamiczne.

## **Kontrola przebiegu pola elektrycznego jednocyklowych impulsów światła w zakresie spektralnym średniej podczerwieni**

Maciej Kowalczyk, *Politechnika Wroclawska, Ludwig Maximilian University of Munich*

M. Kowalczyk, P. Steinleitner, N. Nagl, N. Karpowicz, V. Pervak, C. Hofer, A. Hudzikowski, A. Głuszek, J. Sotor, K. F. Mak, F. Krausz, A. Weigel

W tej pracy zademonstrujemy nową technikę generacji i kontroli ultrakrótkich impulsów laserowych w zakresie spektralnym średniej podczerwieni (MIR). Opiszemy proces kompresji impulsów ze stabilizowanego fazowo lasera ciała stałego Cr:ZnS do pojedynczej oscylacji pola elektromagnetycznego (czas trwania 6,9 fs). Poprzez nieliniowy proces kaskadowej generacji częstotliwości różnicowej promieniowanie jest następnie przenoszone do pasma MIR pokrywającego ponad 3 optyczne oktawy (2 – 12  $\mu\text{m}$ ). Pokażemy jak za pomocą kontroli fazy lasera Cr:ZnS możliwa jest bezpośrednia modyfikacja przebiegu jednocyklowych impulsów MIR.

## **Terahercowe dyfrakcyjne struktury typu MISO**

Mateusz Surma, *Politechnika Warszawska*

M. Surma, M. Kałuża, P. Czerwińska, P. Komorowski, P. Zagrajek, A. Siemion

Prezentowana praca przedstawia porównanie różnych podejść do projektowania dyfrakcyjnych struktur typu MISO dla promieniowania sub-terahercowego. Zaprojektowano struktury dla dwóch przestrzennie rozdzielonych kanałów łączonych w jeden wspólny kanał. Struktury zostały wykonane z wykorzystaniem druku 3D metodą osadzania topionego materiału. Układ eksperymentalny do zbadania wykorzystywał dwie diody IMPATT pracujące w częstotliwościach bliskich 96 GHz jako źródła oraz detektor bazujący na diodzie Schottky'ego jako detektor. Zarówno wyniki eksperymentalne jak i symulacje pokazują dobrą separację maksimum głównego względem maksimum bocznych.

## **Daleka konwersja częstotliwości w kilkumodowym światłowodzie gradientowym**

Karolina Stefańska, *Politechnika Wroclawska, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne*

K. Stefańska, P. Béjot, J. Fatome, G. Millot, K. L. Tarnowski, B. Kibler

Rozwój źródeł pracujących w zakresie średniej podczerwieni jest istotny ze względu na potencjalne zastosowania spektroskopowe. Jednocześnie, dostępne źródła nie pokrywają w pełni tego zakresu. Przedstawiamy generację pasma o długości fali 3.58  $\mu\text{m}$  w procesie mieszania czterofalowego podczas pompowania kilkumodowego światłowodu ze szkła krzemionkowego o gradientowym

profilu współczynnika załamania laserem o długości fali 1.06  $\mu\text{m}$ . Prace eksperymentalne są wsparte symulacjami numerycznymi oraz teoretyczną analizą procesów mieszania czterofalowego, w której rozważamy pełną postać stałych propagacji modów, co pozwala wyjaśnić położenie i skład modowy wygenerowanych pasm. Ich położenie jest determinowane konstrukcją światłowodu, i może być kształtowane w dużym zakresie.

## **Selektywne pobudzenie modów wyższych rzędów w światłowodach do zastosowań w optyce nieliniowej**

Kinga Żońnacz, *Politechnika Wroclawska*

K. Żońnacz, M. Bernaś, P. Mergo, W. Urbańczyk

Przedstawiona zostanie metoda selektywnego pobudzenia różnych kombinacji modów przestrzennych i polaryzacyjnych w światłowodach dwójtłomnych z użyciem pryzmatu Wollastona. Umożliwia ona kontrolowanie spektralnego położenia, wzmocnienia oraz modowości pasm wygenerowanych w wyniku różnych procesów nieliniowych, takich jak międzymodowe i wektorowe niestabilności modulacyjne, a także generacja superkontinuum lub solitonów. Metoda pozwala na przestrajanie pobudzanych modów w sposób ciągły, a dzięki temu na pełną kontrolę międzymodowych efektów nieliniowych z zachowaniem dużej czystości modowej. Pokazana zostanie także możliwość konwersji pasm wygenerowanych nieliniowo w modach LP11 do modów wirowych poprzez gradientowe skręcenie światłowodu dwójtłomnego.

## **Mnogość procesów mieszania czterech fal zachodzących pomiędzy różnymi modami przestrzennymi i/lub polaryzacyjnymi w światłowodach dwójtłomnych**

Karol Tarnowski, *Politechnika Wroclawska*

K. Tarnowski, K. Żońnacz, S. Majchrowska, W. Urbańczyk

Mieszanie czterech fal (FWM, four-wave mixing) jest procesem konwersji częstotliwości zachodzącym w światłowodach nieliniowych. W pracy pokazujemy możliwość kontrolowania pozycji pasm generowanych w procesach mieszania czterech fal dzięki możliwości selektywnego pobudzenia różnych kombinacji liniowo spolaryzowanych modów światłowodów dwójtłomnych. Opisujemy mnogość procesów FWM zachodzących pomiędzy różnymi modami przestrzennymi i/lub polaryzacyjnymi. W szczególności pokazujemy, że wzbudzenie dwóch ortogonalnie spolaryzowanych modów LP01 i LP11 może prowadzić do jednoczesnego wygenerowania do trzech par pasm w różnych modach przestrzennych i polaryzacyjnych. Przedstawiamy kompletną analizę obejmującą opis teoretyczny, symulacje numeryczne oraz potwierdzenie eksperymentalne.

### **Atomy rydbergowskie jako konwertery mikrofalowo-optyczne**

Michał Parniak, *Uniwersytet Warszawski*

W badaniach nad przetwarzaniem informacji kwantowej wykorzystuje się fotony optyczne i mikrofalowe, które różnią się znacznie w zakresie częstotliwości. Atomy rydbergowskie są w stanie sprzęgnąć się naturalnie do obu domen, co pozwala na połączenie ich cech. W eksperymencie zaobserwowano spójną konwersję fotonów mikrofalowych na optyczne przy użyciu nieliniowego mieszania sześciu fal. Proces ten odbył się w temperaturze pokojowej i jego doskonałe własności szumowe zostały potwierdzone przez obserwację interferencji dwufotonowej. Mimo ograniczeń wynikających z otoczenia, system wykazuje porównywalną czułość z elektroniką kriogeniczną, co sugeruje zastosowania w dziedzinach wykraczających poza przetwarzanie informacji kwantowej.

### **Optyczna superheterodynowa detekcja słabego pola mikrofalowego przy pomocy rydbergowskich atomów rubidu**

Sebastian Borówka, *Uniwersytet Warszawski*

S. Borówka, M. Mazelanik, M. Parniak

Pomiar słabych pól mikrofalowych stanowi jedno z centralnych zagadnień współczesnej elektrometrii, istotne dla komunikacji mikrofalowej, astronomii i technologii kwantowych. Szczególnie obiecujące wydaje się wykorzystanie do detekcji rydbergowskich atomów alkalicznych, wykazujących dużą wrażliwość na mikrofałe, nie wymagając przy tym kriogenicznego otoczenia. Najwyższa czułość uzyskiwana jest przy pomocy lokalnego oscylatora, w pomiarze naśladującym odbiornik superheterodynowy, co wymaga jednak wprowadzenia lokalnego pola mikrofalowego w obszar pomiaru. Demonstrujemy tu alternatywne rozwiązanie, wykorzystujące wyłącznie atomowe przejścia optyczne w schemacie superheterodynowej detekcji pola o częstotliwości 13.9 GHz. Przy pomocy tej metody udaje się nam osiągnąć czułość 100 nV/cm/ $\sqrt{\text{Hz}}$ .

### **Obrazowanie morfologii i dynamiki naczyń krwionośnych w siatkówce oka ludzkiego za pomocą wielokresowego skaningowego oftalmoskopu laserowego**

Julia Kochańska, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

M. Szkulmowski, P. Stremplewski, J. Kochańska, M. Sylwestrzak, K. Narkiewicz, J. Wolf, M. Hellmann, J. Murawska, E. Dąbrowska, A. Szkulmowska

Mikrokrążenie pełni wiele ważnych funkcji fizjologicznych, w tym ochronę przed znacznymi wahaniami ciśnie-

nia, które prowadzi do uszkodzeń narządów. Zmiany w mikrokrążeniu znacznie poprzedzają pojawienie się pierwszych objawów chorób układu krążenia i służą ich rozpoznaniu w fazie subklinicznej. W celu określenia podstawowych parametrów morfologicznych naczyń, takich jak średnica światła naczynia, średnica zewnętrzna, grubość ściany naczynia, pole przekroju poprzecznego ściany i stosunek ściany do światła zbudowaliśmy skaningowy oftalmoskop laserowy (SLO) o wysokiej rozdzielczości, który umożliwia obserwację morfologii i dynamiki pojedynczych naczyń in-vivo z częstotliwością 30Hz w normalnych warunkach ciśnienia krwi w siatkówce oka ludzkiego podczas kilku cykli tętna.

### **Szerokopółowa tomografia koherencyjna OCM do wysokorozdzielczego obrazowania dynamiki ruchów wewnątrzkomórkowych**

Seweryn Morawiec, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*

S. Morawiec, P. Stremplewski, A. Ajduk, M. Szkulmowski

W pracy przedstawiamy zastosowanie szerokopółowej tomografii koherencyjnej OCM do obrazowania dynamiki ruchów wewnątrzkomórkowych żywych oocytów mysich. Urządzenie zostało zbudowane jako moduł rozszerzający dla komercyjnego mikroskopu fluorescencyjnego. Układ optyczny działa w układzie interferometru Linnika z oświetleniem LED o niskiej spójności czasowej i przestrzennej umożliwiając uzyskanie wysokiej rozdzielczości przestrzennej i osiowej. Analiza czasowa obrazów strukturalnych pozwala na określenie intensywności ruchu oraz średniej częstotliwości oscylacji cytoplazmy komórki, co stanowi dodatkowy mechanizm uzyskiwania kontrastu. Ponadto, ruch cytoplazmy istotnie redukuje wpływ szumu plamkowego na jakość obrazów dając obrazy strukturalne o wysokiej rozdzielczości i wysokim kontraście.

### **Optyczna metoda monitorowania hemodynamiki siatkówki oka myszy z wykorzystaniem czasowo-przestrzennej tomografii optycznej (STOC-T)**

Wiktor Kulesza, *Instytut Chemii Fizycznej PAN, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*

W. Kulesza, M. Wielgo, P. Węgrzyn, S. Tomczewski,

K. Kordecka, A. Galińska, E. Aukorius, A. Foik,

R. Zawadzki, M. Wojtkowski, D. Borycki, A. Curatolo

Przedstawiamy nowatorski ultraszybki system obrazowania wykorzystujący przestrzenno-czasową optyczną koherentną tomografię (STOC-T), zdolny do pozyskiwania obrazów strukturalnych siatkówki myszy przy częstotliwości objętościowej 112 Hz. Skalibrowana kamera dna oka i oświetlenie światłem białym pomagają ustawić mysz i dostosować płaszczyznę ogniskowej w siatkówce myszy dla układu detekcyjnego STOC-T. Wyodrębniamy

pulsacyjną częstotliwość przepływu krwi i inne parametry hemodynamiczne z siatkówki i naczyniówki z wyłączenie strukturalnych obrazów OCT, zaznaczając perspektywę STOC-T w monitorowaniu hemodynamiki siatkówki w prosty sposób.

### **Krzywa czułości spektralnej dla widzenia dwufotonowego**

Katarzyna Komar, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*  
K. Komar, M. Marzejon, A. Zielińska, D. Stachowiak, G. Soboń, M. Szkulmowski, M. Wojtkowski

Krzywa czułości oka ludzkiego pozwala na zdefiniowanie jednostek fotometrycznych, dzięki którym można porównywać jasność źródeł światła o różnych widmach. Widzenie dwufotonowe to oparta o absorpcję dwufotonową percepcja wzrokowa bliskiej podczerwieni (800-1300 nm), dla której nie ma odpowiednika krzywej czułości oka. Stanowi to istotną przeszkodę, zarówno w dalszym postępie badań nad tym efektem, jak i planowaniu jego praktycznych zastosowań. Prezentujemy wyniki pomiarów progu widzenia 4 ochotników w zakresie 750-1300 nm dla 2 przestrajalnych źródeł: OPO (200 fs; 76 MHz) i lasera światłowodowego (205 fs/230 fs; 51.5 MHz/20 MHz/4 MHz). Kształt krzywej czułości jest bliski krzywej fotonowej rozciągniętej poprzez podwojenie długości fali i przekształconej z uwzględnieniem transmisji oka.

### **Pomiar temperatury wokół żywej komórki za pomocą centrów barwnych azot-wakancja w nanodiamentach dla zastosowań mechanobiologicznych: TFM-ODMR**

Mariusz Mrózek, *Uniwersytet Jagielloński*  
M. Mrózek, T. Kołodziej, M. Głowacki, M. Ficek, R. Bogdanowicz, W. Gawlik, Z. Rajfur, A. Wojciechowski

Centrum barwnie azot - wakancja (NV-) to jeden z wielu defektów w krystalicznej sieci diamentu, który dzięki swoim unikatowym właściwościom optycznym oraz możliwością kontroli polaryzacji spinowej może służyć jako dobre źródło do zastosowania jako czujnik temperatury. Nanodiamenty zawierające centra barwne NV pozwalają na pomiar temperatury wokół żywych komórek.

### **Kosmiczna optyka**

Tomasz Kawalec, *Uniwersytet Jagielloński*

Od tysięcy lat ludzkość zadaje sobie fundamentalne pytania dotyczące powstania naszej Ziemi. Jednym z naukowych problemów do rozwiązania jest pochodzenie wody na naszej planecie. Starożytni Grecy łączyli wiosenne deszcze ze łzami mitologicznych Hiad (z ang. Hyades) – nimf zamienionych w gwiazdy. Nowy projekt o nazwie HYADES koncepcyjnie i wielopłaszczyznowo łą-

czy zagadnienia właśnie Kosmosu oraz wody, zmierzając do definitywnego wyjaśnienia, co było źródłem wody na pierwotnie suchej Ziemi, jakie mogą istnieć rezerwuary wody w Układzie Słonecznym oraz co nam mogą w tym kontekście powiedzieć obiekty międzygwiazdowe. Główną bohaterką tych badań jest optyka – w ekstremalnym wydaniu z pogranicza dalekiego i skrajnego ultrafioletu.

### **Optoelektronika w Łukasiewiczu - IMIF**

Anna Kozłowska, *Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki*

Optoelektronika stanowi jeden z głównych kierunków badawczych Instytutu Mikroelektroniki i Fotoniki Sieci Badawczej Łukasiewicz, a prowadzone w instytucie badania dotyczą zarówno nowych materiałów (ceramik, szkielek, materiałów funkcjonalnych), jak i przyrządów (źródła światła białego, lasery podczerwieni, detektory). Oprócz ogólnego zarysu badań prowadzonych w instytucie, w wystąpieniu przedstawione zostaną wyniki najnowszych prac dotyczących źródeł światła. Zaprezentowane zostaną technologie materiałów luminescencyjnych oraz modyfikacje ich składu i struktury, pozwalające na uzyskanie nowych, ciekawych funkcjonalności. Przykładem takich materiałów są wielowarstwowe ceramiki z powłokami plazmowymi, które mogą działać jako źródło światła i czujnik. Przedstawione zostaną aspekty fotometryczne konstrukcji, omówiony zostanie wpływ rozpraszania na uzyskanie odpowiedniej barwy źródła oraz metody funkcjonalizacji jego powierzchni. Kolejnym przykładem źródeł światła są membrany grafenowe zintegrowane z elementem MEMS. Nowa konstrukcja pozwoli na uzyskanie przestrajalnego źródła światła, przydatnego w wielu zastosowaniach, takich jak mikrospektroskopia do wykrywania gazów lub substancji chemicznych.

### **Wybrane tematy prac B+R prowadzonych z udziałem Eurotek International**

Józef Dresner, *Eurotek International*

A. Jusza, A. Antonowicz, J. Dresner, E. Szajna

Eurotek International wykorzystuje nabyte kompetencje do tworzenia i rozwijania rozwiązań dla firm komercyjnych i instytucji badawczych. Osie tematyczne prowadzonych prac są następujące: badania technikami wizyjnymi przepływu płynów i zjawisk zachodzących w tych przepływach; konstrukcja urządzeń do bezkontaktowego grzania laserowego w produkcji materiałów zaawansowanych; wyspecjalizowane układy opto-elektro-mechaniczne do zastosowań w pracach badawczo-rozwojowych; opracowanie w kooperacji z WEA TechLab technologii wytwarzania ulepszonych warstw funkcjonalnych przy zastosowaniu hybrydowego procesu laserowo-plazmowego.

# Plakaty

# Lista plakatów

- P1**  
Jędrzej Barański, *Politechnika Wrocławska, Lasertex*  
Wpływ wysterowania lasera EML na parametry komunikacji optycznej
- P2**  
Karolina Bednarska, *Tomorrow's System*  
Wyzwania optyczne i opto-mechaniczne w technologiach wielodiodowych głowic tnąco-grawerujących wykorzystujących diody laserowe o długości fali 450 nm
- P3**  
Marta Bernaś, *Politechnika Wrocławska*  
Siatka długookresowa do rezonansowych sprzężeń między modami LP11 w światłowodzie dwójtłomnym
- P4**  
Katarzyna Bielska, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Pomiar i obliczenia natężeń linii tlenu węgla z pasma (3-0) z promiłową dokładnością
- P5**  
Mateusz Bocheński, *Uniwersytet Warszawski*  
Ultrazimne mieszaniny potasu i cezu w optycznej pułapce dipolowej
- P6**  
Piotr Bojęś, *Politechnika Wrocławska*  
Światłowodowy laser iterbowy pracujący w reżimie wieloimpulsowego dysypującego rezonansu solitonowego
- P7**  
Jan Bolek, *Politechnika Warszawska*  
Analiza działania elementów refrakcyjnych typu miecz świetlny na siatkówce ludzkiego oka.
- P8**  
Jakub Józef Borkowski, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Modelowanie i symulacje nadpromienistości w centrach barwnych w diamentcie
- P9**  
Maria Cywińska, *Politechnika Warszawska*  
Usprawnienie algorytmu Variational Hilbert  
Quantitative Phase Imaging z wykorzystaniem uczenia głębokiego
- P10**  
Jakub Dobosz, *Uniwersytet Warszawski*  
Detekcja fazoczuła dynamiki ładowania pułapki magnetooptrycznej
- P11**  
Anna Dychalska, *Politechnika Poznańska*  
Zastosowanie spektroskopii Ramana do charakteryzacji cienkich warstw diamentowych
- P12**  
Maciej Gancewski, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Wpływ zderzeń kwantowych na kształt widm molekularnych w atmosferze Ziemi
- P13**  
Przemysław Gontar, *Wojskowa Akademia Techniczna*  
Zastosowanie pierścieni Newtona do pozycjonowania soczewek w dwuwymiarowej matrycy kolimatorów
- P14**  
Vitalii Ivanov, *Instytut Fizyki PAN*  
Widma rozpraszania hiper-ramanowskiego w wybranych próbkach krystalicznych: potwierdzenie koncepcji nowego narzędzia do liniowej i nieliniowej spektroskopii nieelastycznego rozpraszania światła
- P15**  
Dawid Jankowski, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Fotoluminescencyjna termometria pojedynczych nanostruktur
- P16**  
Oliwia Kaczoś, *Uniwersytet Warszawski, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*  
Wyznaczenie luminancji bodźców dwufotonowych
- P17**  
Karol Kakarenko, *Politechnika Warszawska*  
Percepcyjna Funkcja Rozmycia Punktu w badaniu problemu dysfotopsji
- P18**  
Joanna Kalaga, *Uniwersytet Zielonogórski*  
Transfer splątania i sterowania kwantowego w wielomodowych układach kubitowych
- P19**  
Mateusz Kałuża, *Politechnika Warszawska*  
Dyfrakcyjne elementy optyczne realizujące multipleksację przestrzenną promieniowania terahercowego
- P20**  
Katarzyna Komar, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*  
Wpływ parametrów ciągu impulsów laserowych na jasność bodźca dwufotonowego
- P21**  
Marek Kopciuch, *Uniwersytet Jagielloński*  
Optymalizacja optycznej tomografii stanów kwantowych
- P22**  
Grzegorz Kowzan, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Dwuwymiarowa spektroskopia rowibracyjna próbek gazowych: efekty polaryzacyjne i ewolucja koherencji rotacyjnych

- P23**  
Bartosz Krajnik, *Politechnika Wroclawska*  
Optyczne pomiary temperatury w mikroskali z wykorzystaniem pojedynczych nanokryształów fluorkowych
- P24**  
Mikołaj Krakowski, *Politechnika Wroclawska*  
Optymalizacja czasu trwania impulsów femtosekundowych z lasera światłowodowego względem mocy i schematów pompowania
- P25**  
Katarzyna Kunio, *Politechnika Wroclawska*  
Generacja superkontinuum w światłowodach fotonicznych z dyspersją normalną oraz anomalną
- P26**  
Alicja Kwaśny, *Politechnika Wroclawska*  
Optymalizacja ultrakrótkich impulsów z lasera światłowodowego z wykorzystaniem przestrzennego modulatora światła
- P27**  
Wiesław Leoński, *Uniwersytet Zielonogórski*  
Generacja splątania kwantowego w heksagonalnym układzie kubitowym
- P28**  
Filip Łabaj, *Politechnika Warszawska, VIGO Photonics*  
Statyczny spektrometr fourierowski na zakres średniej podczerwieni
- P29**  
Zbigniew Łaszczych, *Politechnika Wroclawska*  
Femtosekundowe lasery światłowodowe ze zbalansowaną dyspersją na zakresy 1,56 i 2  $\mu\text{m}$
- P30**  
Sara Łukasik, *Uniwersytet Warszawski*  
Wpływ nanodiamentów w objętości rdzenia światłowodowego na optyczną nieliniowość krzemionkowych światłowodów skokowych
- P31**  
Szymon Matczak, *Politechnika Wroclawska*  
Wytwarzanie soczewek światłowodowych z wykorzystaniem spawarek telekomunikacyjnych
- P32**  
Jakub Mnich, *Politechnika Wroclawska*  
Eliminacja błędów wprowadzanych przez linię opóźniającą w szerokopasmowej spektroskopii terahercowej
- P33**  
Paweł Moszczyński, *Wojskowa Akademia Techniczna, Dowództwo Komponentu Wojsk Obrony Cyberprzestrzeni*  
Niepewność pomiarowa widma ruchliwości dla materiałów optoelektronicznych z pojedynczym kanałem przewodności
- P34**  
Michał Nowak, *Wojskowa Akademia Techniczna*  
Warstwy tlenku wanadu – potencjalny modulator amplitudy sygnału optycznego
- P35**  
Ariadna Nowicka, *Politechnika Poznańska*  
Metody spektroskopowe w badaniach postaci leków
- P36**  
Artur Olejnik, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Obliczenia ab initio zderzeniowego zaburzenia widma halogenowodoru
- P37**  
Agnieszka Popiołek-Masajada, *Politechnika Wroclawska*  
Propagacja kwadrupola wirów fazowych wpisanych w wiązkę Gaussowską
- P38**  
Paulina Rajchel-Mieldzioc, *Uniwersytet Warszawski*  
Między optyką a chemią – spektroskopowa analiza reakcji homosprzęgania
- P39**  
Daniel Rumiński, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Analiza dynamiki akomodacji soczewki ludzkiej z wykorzystaniem informacji fazowej OCT
- P40**  
Mykła Shopa, *Politechnika Gdańska*  
Dokładna obrazowa i konwencjonalna polarymetria
- P41**  
Iaroslav Shopa, *Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego*  
Badanie parujących mikro-kropeł zawiesiny za pomocą submikronowych cząstek luminescencyjnych i rozpraszania światła
- P42**  
Patrik Sikora, *Politechnika Wroclawska*  
Uniwersalna platforma FPGA do stabilizacji laserów z pasywną synchronizacją modów
- P43**  
Kamil Stankiewicz, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
Kriogeniczny układ spektroskopowy do badań fizyki fundamentalnej z absolutną referencją częstotliwości
- P44**  
Joanna Starobrat, *Politechnika Warszawska*  
Redukcja powieleń obrazów w projekcji holograficznej
- P45**  
Olga Szewczyk, *Politechnika Wroclawska*  
Wzmacniacz impulsów w konfiguracji CPA w paśmie 2  $\mu\text{m}$  z dwójtłomnym światłowodem dyspersyjnym jako stretcher

**P46**

Wojciech Talik, *Uniwersytet Jagielloński*  
Propagacja femtosekundowych impulsów światła  
w ośrodkach gazowych

**P47**

Szymon Tamborski, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
FreeEye Tracker - szybki i precyzyjny optyczny  
siatkówkowy instrument do śledzenia ruchów oka

**P48**

Maciej Trusiak, *Politechnika Warszawska*  
Bezsoczewkowa cyfrowa mikroskopia holograficzna:  
rozwój algorytmów rekonstrukcji i zastosowań biomedycznych

**P49**

Piotr Zdańkowski, *Politechnika Warszawska*  
Ilościowa mikroskopia i tomografia fazowa wspólnej  
drogi: nowe rozwiązania i zastosowania

**P50**

Grzegorz Żegliński, *Zachodniopomorski Uniwersytet  
Technologiczny*  
Badania klimatyczne zmian strat wtrąceniowych,  
reflektancji oraz strat zależnych od polaryzacji  
w złączach jednomodowych zbudowanych z różnych  
typów włókien w warunkach podwyższonej mocy  
optycznej



# Streszczenia plakatów

## **Wpływ wysterowania lasera EML na parametry komunikacji optycznej.**

Jędrzej Barański, *Politechnika Wroclawska, Lasertex*  
J. Barański, G. Budzyń, J. Rzepka

Nieustający wzrost wolumenu transmitowanych na Świecie danych prowadzi do konieczności szukania możliwości zwiększania możliwości transmisyjnych istniejącej infrastruktury telekomunikacyjnej. Jedną z głównych metod jest optyczna komunikacja koherentna. W pracy przedstawiamy wyniki badań standardowych modułów SFP z laserem EML pod kątem ich wykorzystania w zaawansowanej transmisji danych oraz w szczególnych aplikacjach jak dalmierz laserowy czy LIDAR.

## **Wyzwania optyczne i opto-mechaniczne w technologiach wielodiodowych głowic tnąco-grawerujących wykorzystujących diody laserowe o długości fali 450 nm.**

Karolina Bednarska, *Tomorrow's System*  
K. Bednarska, J. Janucki, P.W. Majewski, M. Szymański

Prezentujemy wyniki badań, których efektem było opracowanie 30 W wielodiodowej głowicy laserowej o fali długości 450 nm złożonej z 6 diod laserowych, która została zintegrowana ze sterownikiem wysokoprądowym, umożliwiającym kontrolę mocy w trybie ciągłym oraz modulacji szerokością impulsu.[1] Zastosowany układ optyczny pozwala na uzyskanie kwadratowej plamki o rozmiarach 0,12 mm x 0,12 mm, co umożliwia skupienie wiązki do światłowodu o średnicy 0,2 mm. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest precyzyjne cięcie, grawerowanie oraz spiekanie materiałów. Przedstawiamy wyniki testów pracy głowicy. Nasze głowice laserowe mogą być stosowane zarówno w przemyśle, jak i w laboratoriach badawczych.

## **Siatka długookresowa do rezonansowych sprzężeń między modami LP11 w światłowodzie dwójtymnym.**

Marta Bernaś, *Politechnika Wroclawska*  
M. Bernaś, G. Statkiewicz-Barabach, W. Urbańczyk

Przedstawiamy siatkę długookresową typu „rocking filter” zapisaną za pomocą lasera CO<sub>2</sub> w dwumodowym światłowodzie o wysokiej dwójtymności, która umożliwia rezonansowe sprzężenia między różnymi modami

z grupy LP11. Nasze symulacje oraz wyniki eksperymentalne pokazują, że taka siatka umożliwia rezonansowe sprzężenia zarówno między ortogonalnie spolaryzowanymi modami LP11 o tej samej strukturze przestrzennej, jak i między modami LP11 o tej samej polaryzacji i ortogonalnej strukturze przestrzennej. Pokazujemy również, że siatkę tego rodzaju można zastosować do generacji czystych wiązek TE01, TM01 i HE21, a także ich koherentnych superpozycji.

## **Pomiar i obliczenia natężeń linii tlenu węgla z pasma (3-0) z promiłową dokładnością.**

Katarzyna Bielska, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
K. Bielska, A. A. Kyuberis, Z. D. Reed, G. Li, A. Cygan, R. Ciuryło, E. M. Adkins, L. Lodi, N. F. Zobov, V. Ebert, D. Lisak, J. T. Hodges, J. Tennyson, O. L. Polyansky

Natężenia linii widmowych z pasma (3-0) tlenu węgla zostały niezależnie zmierzone przez trzy zespoły badawcze, przy użyciu istotnie różnych technik eksperymentalnych. Wyniki doświadczalne porównane zostały z wartościami teoretycznymi bazującymi na obliczeniach ab initio krzywej momentu dipolowego oraz empirycznej krzywej energii potencjalnej. Po raz pierwszy uzyskano promiłową i subpromiłową zgodność między wynikami pomiarów przeprowadzonych w różnych laboratoriach i obliczeniami teoretycznymi, o ponad rząd wielkości lepszą niż dla dostępnych danych. Zgodność pomiędzy wynikami pomiarów prowadzonych różnymi technikami, bazującymi na pomiarze różnych wielkości fizycznych, powoduje iż wystąpienie niewykrytego błędu systematycznego istotnie przekraczającego 1‰ jest mało prawdopodobne.

## **Ultrazimne mieszaniny potasu i cezu w optycznej pułapce dipolowej.**

Mateusz Bocheński, *Uniwersytet Warszawski*  
M. Bocheński, M. Semczuk

Przedstawiamy nasze najnowsze wyniki dotyczące produkcji ultrazimnych mieszanin 39K+Cs i 41K+Cs. Otrzymujemy próbki blisko  $5 \times 10^5$  każdego z atomów w temperaturze  $\sim 10$   $\mu$ K umieszczonych w optycznej pułapce dipolowej, co stanowi dobry punkt wyjściowy do badań spektroskopowych mieszaniny 39K, 41K+Cs, przy wykorzystaniu rezonansów Feshbacha i spektroskopii fotoasocjacyjnej. Obydwie metody w przyszłości zostaną

wykorzystane do wytworzenia heterojądrowych cząstek (wspomnianych atomów) w stanie podstawowym. Przedstawimy zarówno metodykę przygotowywania ultrazimnych próbek, jak i pierwsze wyniki spektroskopowe czyli zaobserwowane rezonanse Feshbacha w mieszaninie  $39\text{K}+\text{Cs}$ .

### **Światłowodowy laser iterbowy pracujący w reżimie wieloimpulsowego dyssypującego rezonansu solitonowego.**

Piotr Bojęś, *Politechnika Wrocławska*

P. Bojęś, P. Jaworski, K. Krzempek

Zaprezentujemy kompaktowy całkowicie światłowodowy laser iterbowy w układzie ósemkowym pracujący w reżimie wieloimpulsowego dyssypującego rezonansu solitonowego (DSR) na długości fali  $1\ \mu\text{m}$ . Ten unikalny tryb pracy lasera został wymuszony poprzez połączenie odpowiedniej konfiguracji rezonatora z nieliniową pętlą wzmacniającą (NALM) oraz balansu dyspersji. Asymetria w pętli NALM została uzyskana dzięki iterbowemu włóknie typu double-clad o długości 2 m. W pętli pasywnej rezonatora wykorzystano 35-metrowe włókno typu PM980, celem uzyskania odpowiedniej wartości dyspersji oraz długości wnęki. Laser generował impulsy DSR o czasach trwania  $\sim 135\ \text{ps}$  przy repetycji 4.05 MHz, a liczba impulsów regulowana była w zakresie od 1 do 24 poprzez zmianę mocy pompującej dostarczonej do rezonatora.

### **Analiza działania elementów refrakcyjnych typu miecz świetlny na siatkówce ludzkiego oka.**

Jan Bolek, *Politechnika Warszawska*

J. Bolek, K. Kakarenko, K. Petelczyc, I. Ducin,  
A. Kołodziejczyk, Z. Jaroszewicz

W toku dotychczasowych badań ustalono, że soczewka Light Sword Lens<sup>®</sup> ogniskuje promienie świetlne w odcinek ogniskowy. Znane są również wyniki modelowania obrazowania elementem oraz przeprowadzono wstępne badania mające na celu wskazanie możliwych dróg wykorzystania elementów refrakcyjnych w okulistyce. Przedmiotem badania jest analiza działania soczewki refrakcyjnej Light Sword Lens<sup>®</sup> w złożonym modelu oka, uwzględniającym aberracje wyższego rzędu oraz zakrzywioną powierzchnię siatkówki. Wyniki pozwalają na zrozumienie oraz optymalizację działania elementu w połączeniu z właściwościami geometrycznymi oka.

### **Modelowanie i symulacje nadpromienistości w centrach barwnych w diamentcie**

Jakub Józef Borkowski, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

J. Borkowski, M. Gieysztor, P. Kolenderski

Badania centrów barwnych typu Azot-Wakancja w diamentach dają fizykom nadzieję na odkrycie nowych zjawisk i zastosowań- np. tworzenie pamięci kwantowych. Jedną z własności tych obiektów jest występujące niekiedy zjawisko nadpromienistości, które wyprowadził Dicke w 1954r. Jest ono badane do dziś, w różnych wersjach, ze względu na swoje interesujące cechy.

Celem pracy było opracowanie modelu dla układu takich centrów. Ze względu na ich zanurzenie w strukturę diamentu posłużono się kwantową teorią układów otwartych. Pozwoliła ona uwzględnić takie efekty jak zdefazowanie i przejścia bezpromieniste. Uzyskane równania zostały zaimplementowane w programie, po czym rozpoczęto weryfikację modelu i zjawisk w centrach w oparciu o dane eksperymentów wykonanych w Laboratorium FAMO na UMK w Toruniu.

### **Usprawnienie algorytmu Variational Hilbert Quantitative Phase Imaging z wykorzystaniem uczenia głębokiego.**

Maria Cywińska, *Politechnika Warszawska*

M. Cywińska, K. Patorski, M. Trusiak

Jedne z najdokładniejszych metod pomiarowych, jakimi są precyzyjne i bezkontaktowe metody optyczne bardzo często prowadzą do uzyskania wyniku w postaci obrazu prążkowego. Rozwijany w naszej grupie algorytm wariacyjnej dekompozycji obrazu w połączeniu z algorytmem spiralnej transformacji Hilberta tworzy nowatorski algorytm Variational Hilbert Quantitative Phase Imaging (VHQPI) będący bardzo dokładnym, ale również złożonym obliczeniowo narzędziem estymacji fazy (dekodowania informacji nt. wielkości mierzonej) obrazu prążkowego. Proponujemy wykorzystanie sieci neuronowych do wspomaganie algorytmu VHQPI: przyspieszenia kroku filtracji obrazu prążkowego (sieć DeepVID) oraz estymacji mapy orientacji obrazu prążkowego służącej do kierowania procesem demodulacji fazy (sieć DeepOrientation).

### **Detekcja fazoczuła dynamiki ładowania pułapki magnetoptycznej.**

Jakub Dobosz, *Uniwersytet Warszawski*

J. Dobosz, M. Semczuk

Na podstawie pomiarów ładowania pułapki magnetoptycznej (MOT) cezu, izotopów potasu oraz ich mieszanin wyznaczono współczynniki równania dynamiki pułapki. Pomiarów dokonano przy pomocy detekcji fazoczułej. Dodatkowo zbadano wpływ optycznie wzmocnionej desorpcji atomów na dynamikę ładowania pułapki. Analizę danych przeprowadzono propagując w czasie równanie ładowania pułapki magnetoptycznej. Ta metoda pozwoliła na uwzględnienie zależnego od czasu ciśnienia parcjalnego gazu atomowego i jego wpływ na

proces ładowania pułapki magnetoptycznej.

### **Zastosowanie spektroskopii Ramana do charakteryzacji cienkich warstw diamentowych.**

Anna Dychalska, *Politechnika Poznańska*

A. Dychalska, M. Szybowicz

Praca ta prezentuje możliwość zastosowania spektroskopii Ramana do charakteryzacji strukturalnej cienkich warstw diamentowych CVD (ang. Chemical Vapor Deposition) o różnej wielkości krystalitów (od 40 nm do 2,5  $\mu\text{m}$ ). Badania te pokazały, że istnieje związek pomiędzy średnią wielkością krystalitów w warstwie, a zawartością niediamentowej frakcji. Wraz ze zmniejszaniem się krystalitów diamentowych wzrasta koncentracja węgla amorficznego w warstwie. Dodatkowo, zastosowanie wielu źródeł wzbudzeń z zakresu 325 – 785 nm, umożliwiło zaobserwowanie subtelnych różnic w strukturze węgla amorficznego znajdującego się w warstwach o dużych i małych krystalitach.

### **Wpływ zderzeń kwantowych na kształt widm molekularnych w atmosferze Ziemi.**

Maciej Gancewski, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

M. Gancewski, H. Jóźwiak, A. Zadrozny, F. Thibault, H. Cybulski, E. Quintas-Sánchez, R. Dawes, P. Wcisło

Rozkład częstotliwości promieniowania w widmach atomowych i molekularnych nigdy nie jest monochromatyczny, lecz charakteryzuje się określonymi parametrami kształtu poszczególnych linii widmowych, które zależą od składu chemicznego, temperatury i ciśnienia, oraz charakteru oddziaływań między cząstkami danego układu. Podczas prezentacji omówię metodologię pozwalającą wyznaczyć parametry kształtu widm cząsteczkowych zaburzanych przez zderzenia kwantowe w ziemskiej atmosferze, wychodząc jedynie ze znajomości energii potencjalnej oddziaływań molekularnych konstruowanej metodami chemii kwantowej. Zaprezentuję również wyniki pierwszych dokładnych obliczeń dla atmosferycznych układów bimolekularnych  $\text{O}_2\text{-N}_2$ ,  $\text{CO-N}_2$  i  $\text{CO-O}_2$ .

### **Zastosowanie pierścieni Newtona do pozycjonowania soczewek w dwuwymiarowej matrycy kolimatorów.**

Przemysław Gontar, *Wojskowa Akademia Techniczna*

P. Gontar, Ł. Gorajek, J. Jabczyński

Jednym z kluczowych wyzwań technologicznych w zadaniu koherentnego składania wiązek laserowych jest precyzyjne ustawienie soczewek w dwuwymiarowej matrycy kolimatorów. Standardowe metody oraz urządzenia do centrowania elementów optycznych używające ob-

rotowej platformy nie mogą zostać zastosowane w tym specyficznym zadaniu ze względu na wymóg kontroli położenia soczewki w trakcie etapu pozycjonowania oraz wklejania. Zaproponowane przez nas rozwiązanie wykorzystuje analizę symetrii pierścieni Newtona oraz komputerowe przetwarzania obrazu w celu określenia dokładności błędu decentracji ustawionej soczewki. Teoretyczna czułość metody jest poniżej mikrometra, jednak w warunkach rzeczywistych udało się uzyskać czułość na poziomie 2  $\mu\text{m}$ .

### **Widma rozpraszania hiper-ramanowskiego w wybranych próbkach krystalicznych: potwierdzenie koncepcji nowego narzędzia do liniowej i nieliniowej spektroskopii nieelastycznego rozpraszania światła**

Vitalii Ivanov, *Instytut Fizyki PAN*

V. Ivanov, M. Berba, J. Dresner, H. Teisseyre, J. Żydaczewski, J. Fink-Finowicki, A. Antonowicz

Badanie nieliniowego nieelastycznego rozpraszania światła, znanego również jako rozpraszanie hiper-ramanowskie (HRS), jest ważnym uzupełnieniem badań procesu liniowego, choć jest zwykle dużo od niego trudniejsze. Celem pracy było zaprojektowanie i zbudowanie narzędzia do liniowej i nieliniowej spektroskopii rozproszeniowej oraz wykazanie jego przydatności w zaawansowanych badaniach własności materiałów, zwłaszcza nanostruktur. Podstawowe cechy tego rozwiązania to wysoka czułość, małe rozmiary i niewymagający regulacji optyki sposób prowadzenia pomiaru. Ponadto wykazaliśmy, że dobrej jakości wyniki można otrzymać nawet z użyciem prostego spektrometru CCD.

### **Fotoluminescencyjna termometria pojedynczych nanostruktur.**

Dawid Jankowski, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

D. Jankowski, K. Wiwatowski, A. Pilch-Wróbel, R. Housaini, A. Hartschuh, A. Bednarkiewicz, S. Maćkowski, D. Piątkowski

Pomiar temperatury w nanoskali jest wciąż dużym wyzwaniem eksperymentalnym. Wymaga on bezkontaktowego oraz nieinwazyjnego podejścia, w którym temperatura może być monitorowana za pomocą pojedynczych [1] (nanoskopowych sond). Wśród wielu luminescencyjnych wskaźników temperatury można wyróżnić nanokryształy fluorkowe, aktywowanych jonami ziem rzadkich, wykazujących konwersję energię wzbudzenia w górę (ang. up-conversion). Ze względu na ich wysoką stabilność optyczną, odczyt temperatury może opierać się na analizie widm luminescencji, która jednocześnie nie zakłóca termicznie badanego układu [2]. Jednocześnie, rozwój i charakteryzacja pojedynczych

nanoskopowych sond temperaturowych wymaga referencyjnego źródła ciepła operującego w mikroskali. Jak dotąd, odczyt temperatury za pomocą pojedyncze

### **Wyznaczenie luminancji bodźców dwufotonowych.**

Oliwia Kaczkoś, *Uniwersytet Warszawski, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*

O. Kaczkoś, M. J. Marzejon, J. Pniewski, M. Wojtkowski, K. Komar

Określenie luminancji bodźców wymaga uwzględnienia funkcji względnej czułości widmowej  $V(\lambda)$ , która jest dostępna jedynie w zakresie światła widzialnego. Wykorzystując metodę dopasowania jasności, w badaniu wyrażono luminancję podczerwonych bodźców postrzeganych dwufotonowo. Zaproponowany sposób pozwolił na wyznaczenie wartości luminancji dwufotonowych bodźców, wyrażonych w jednostkach fotometrycznych.

### **Percepcyjna Funkcja Rozmycia Punktu w badaniu problemu dysfotopsji.**

Karol Kakarenko, *Politechnika Warszawska*

K. Kakarenko, J. Bolek, K. Petelczyc, K. Krix-Jachym, A. Kotodziejczyk, M. Rękas

Dysfotopsja to postrzeganie rozkładu światła niezwiązanego bezpośrednio z rzeczywistymi pozycjami i rozmiarami bodźców. Taka dysfunkcja widzenia stanowi coraz częściej wywoływana jest przez wyrafinowane rozwiązania chirurgii refrakcyjnej wykorzystujące nowatorskie pomysły, takie jak soczewki wieloogniskowe lub EDOF. Demonstruje się szczególnie w widzeniu nocnym. Proponujemy nową metodę perymetrii pola dalekiego w obecności jasnego, punktowego źródła światła w środku pola widzenia. Celem badań jest określenie ilościowej charakterystyki pola widzenia pacjenta i dokładny pomiar obecności dysfotopsji. Skonstruowane autorskie urządzenie pomiarowe posłużyło do badania pacjentów z wszczepionymi soczewkami IOL lub cierpiących na łagodną zaćmę.

### **Transfer splątania i sterowania kwantowego w wielomodowych układach kubitowych**

Joanna Kalaga, *Uniwersytet Zielonogórski*

J. K. Kalaga, W. Leoński

W komunikacie koncentrujemy się na transferze splątania oraz sterowania kwantowego wzdłuż dwóch nieoddziałujących ze sobą łańcuchów kubitów, przy czym rozpatrujemy dwa przypadki. W pierwszym (a), każdy łańcuch składa się z oddziałujących ze sobą anharmonicznych oscylatorów kwantowych typu Kerr, w drugim (b) natomiast, oba łańcuchy zbudowane są z kwantowych oscylatorów harmonicznymi. Analizujemy tu ewolucję cza-

sową parametrów określających stopień splątania oraz sterowalność stanów dwukubitowych. Pokazujemy, że w przypadku obu typów układów (liniowego i nieliniowego) stan splątany lub sterowalny opisujący pierwszą parę dwóch kubitów można skutecznie przenieść do ostatniej pary kubitów.

### **Obrazowanie ciała szklanego oka ludzkiego za pomocą tomografii OCT.**

Mateusz Kałuża, *Politechnika Warszawska*

M. Kałuża, M. Surma, P. Komorowski, P. Zagrajek, A. Siemion

W tej pracy przedstawiono dwa sposoby projektowania struktur typu single-input multiple-output (SIMO) używanych do (de)multipleksacji promieniowania terahercowego (THz). Struktury dyfrakcyjne umożliwiają kształtowanie wiązek THz, a innowacyjne podejście do ich projektowania pozwoliło stworzyć elementy do (de)multipleksacji w dziedzinie czasu, jak i/lub częstotliwości. Działanie struktury SIMO zostało zweryfikowane w symulacjach numerycznych, a następnie wyprodukowane elementy zbadano w układzie eksperymentalnym. Otrzymane wyniki potwierdziły prawidłowe działanie struktur, które przedstawione w niniejszej pracy. W procesie wytwarzania struktury SIMO wykorzystano metodę druku 3D w technologii FDM (ang. fused deposition modeling) z transparentnych materiałów polimerowych w zakresie THz.

### **Krzywa czułości spektralnej dla widzenia dwufotonowego.**

Katarzyna Komar, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Międzynarodowe Centrum Badań Oka – ICTER*

K. Komar, M. Marzejon, A. Zielińska, D. Stachowiak, G. Soboń, M. Szkulmowski, M. Wojtkowski

Krzywa czułości oka ludzkiego pozwala na zdefiniowanie jednostek fotometrycznych, dzięki którym można porównywać jasność źródeł światła o różnych widmach. Widzenie dwufotonowe to oparta o absorpcję dwufotonową percepcja wzrokowa bliskiej podczerwieni (800-1300 nm), dla której nie ma odpowiednika krzywej czułości oka. Stanowi to istotną przeszkodę, zarówno w dalszym postępie badań nad tym efektem, jak i planowaniu jego praktycznych zastosowań.

Prezentujemy wyniki pomiarów progu widzenia 4 ochotników w zakresie 750-1300 nm dla 2 przestrajalnych źródeł: OPO (200 fs; 76 MHz) i lasera światłowodowego (205 fs/230 fs; 51.5 MHz/20 MHz/4 MHz). Kształt krzywej czułości jest bliski krzywej fotopowej rozciągniętej poprzez podwojenie długości fali i przekształconej z uwzględnieniem transmisji oka.

### **Optymalizacja optycznej tomografii stanów kwantowych.**

Marek Kopciuch, *Uniwersytet Jagielloński*  
M. Kopciuch, A. Dezhang Farad, M. Smolis,  
A. Miranowicz, S. Pustelny

W ramach tej prezentacji przedstawimy wyniki pierwszej eksperymentalnej realizacji, optycznej rekonstrukcji kolektywnego stanu atomów w temperaturze pokojowej. Metoda jest oparta o pomiar zaniku polaryzacji, mierzonej poprzez liniowy efekt Faradaya. Zaprezentujemy również metody optymalizacji tomografii oraz przedstawimy wyniki badań wpływu optymalizacji procedury na wierność procesu rekonstrukcji.

### **Dwuwymiarowa spektroskopia rowibracyjna próbek gazowych: efekty polaryzacyjne i ewolucja koherencji rotacyjnych.**

Grzegorz Kowzan, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*  
G. Kowzan, T. K. Allison

Dwuwymiarowa spektroskopia w podczerwieni (2DIR) jest dobrze rozwiniętą techniką doświadczalną, powszechnie używaną do badania ultraszybkiej dynamiki molekularnej w próbkach ciekłych i stałych. Najnowsze osiągnięcia technologiczne pozwolą na otrzymywanie wysokorozdzielczych widm dwuwymiarowych próbek słabo absorbujących, w szczególności na akwizycję kształtów pojedynczych rezonansów rowibracyjnych rozrzedzonych próbek gazowych. W spektroskopii modów wibracyjnych w fazie ciekłej powszechnie stosuje się sekwencje polaryzacji pozwalające na wygaszenie części rezonansów. Te sekwencje nie stosują się do próbek gazowych. Niniejsza praca przedstawi nowe sekwencje polaryzacji odpowiednie dla fazy gazowej i omówi wpływ koherencji czysto rotacyjnych na widma 2D.

### **Optyczne pomiary temperatury w mikroskali z wykorzystaniem pojedynczych nanokryształów fluorkowych.**

Bartosz Krajnik, *Politechnika Wrocławska*  
B. Krajnik, K. Hołodnik, M. Świąś, D. Horak

Optyczne metody pomiaru temperatury są szczególnie atrakcyjne ze względu na bezkontaktowy charakter pomiaru. Termometry luminescencyjne, powszechnie wy-

korzystywane do pomiarów temperatury in-vivo opierają się na rejestrowaniu zmian właściwości optycznych materiałów luminescencyjnych. W naszej pracy wykorzystaliśmy nanocząstki domieszkowane jonami ziem rzadkich, które charakteryzują się zależnym od temperatury stosunkiem obsadzeń dwóch poziomów energetycznych. Pomiar natężenia luminescencji przejść z obu poziomów pozwala na wyznaczenie temperatury. Celem naszych badań jest wykorzystanie metod wielokolorowej mikroskopii fluorescencyjnej do obrazowania przestrzennego rozkładu temperatury w mikroskali przy użyciu pojedynczych nanocząstek.

### **Optymalizacja czasu trwania impulsów femtosekundowych z lasera światłowodowego względem mocy i schematów pompowania.**

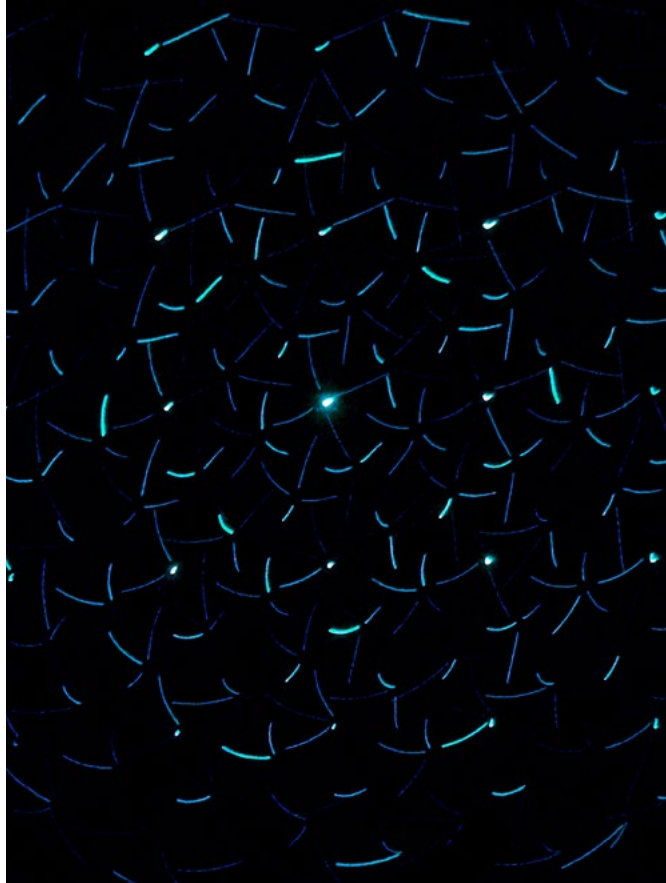
Mikołaj Krakowski, *Politechnika Wrocławska*  
M. Krakowski, J. Bogustawski, G. Soboń

Przedmiotem badań jest optymalizacja czasu trwania ultrakrótkich impulsów laserowych we wzmacniaczach światłowodowych względem różnych mocy i schematów pompowania wzmacniacza. Opisana metoda znacznie przyspiesza proces dopasowywania parametrów wzmacniacza do pożądanych zastosowań poprzez generację map intensywności reprezentujących szerokość połówkową czasu trwania impulsu. Metodę zbadano we wzmacniaczach pompowanych obustronnie, dwustopniowych wzmacniaczach oraz w systemie generującym drugą harmoniczną.

### **Generacja superkontinuum w światłowodach fotonicznych z dyspersją normalną oraz anomalną.**

Katarzyna Kunio, *Politechnika Wrocławska*  
K. Kunio, J. Bogustawski, D. Tomaszewska-Rolla,  
G. Soboń

Przedstawiamy porównanie widm superkontinuum (SC) uzyskanych po propagacji impulsu w zakresie 1  $\mu\text{m}$  przez dwa typy światłowodów fotonicznych: o dyspersji anomalnej powyżej 945 nm (i średnicy pola modowego 2,8  $\mu\text{m}$ ) oraz włókna utrzymującego polaryzację, o dyspersji całkowicie normalnej (i średnicy pola modowego 2.6  $\mu\text{m}$ ). Zaobserwowaliśmy, iż widmo generowane przy pomocy światłowodu z anomalną dyspersją jest zdecydowanie szersze, a użycie światłowodu z normalną dyspersją powoduje generację gładszego widma SC o niższym poziomie szumu. Uzyskaliśmy sprawność generacji na poziomie 53,4% oraz 43,5% odpowiednio dla światłowodu o dyspersji anomalnej i normalnej oraz współczynnik PER o wartości 16,3 dB dla propagacji wzdłuż osi szybkiej światłowodu o dyspersji normalnej.



### **Optymalizacja ultrakrótkich impulsów z lasera światłowodowego z wykorzystaniem przestrzennego modulatora światła.**

Alicja Kwaśny, *Politechnika Wrocławska*

A. Kwaśny, M. Krakowski, G. Soboń

Optymalizacja femtosekundowego lasera światłowodowego pod kątem generacji najkrótszego impulsu jest jednym z większych wyzwań – przez dużą ilość parametrów przestrajalnych, znalezienie najlepszych ustawień manualnie trwa zwykle kilka godzin, czy nawet dni. Prezentowany układ pozwoli na użycie algorytmów uczenia maszynowego, pozwalając na szybszą i bezobsługową optymalizację impulsu. Impuls z lasera femtosekundowego trafia poprzez cyrkulator na siatkę dyfrakcyjną, następnie na przestrzenny modulator światła modyfikujący fazę spektralną za pomocą odpowiedniej maski. Następnie, impuls wraca na siatkę dyfrakcyjną i przez cyrkulator jest mierzony za pomocą autokorelatora. Pierwsze testy potwierdzają, iż jest możliwe skrócenie impulsu poprzez odpowiednią modyfikację fazy spektralnej.

### **Generacja splątania kwantowego w heksagonalnym układzie kubitowym.**

Wiesław Leoński, *Uniwersytet Zielonogórski*

W. Leoński, J. K. Kalaga

W komunikacie proponujemy model dziesięciu pułapkowanych optycznie kubitów fermionowych jako źródło stanów maksymalnie splątanych. Kubity te oddziałują ze sobą tworząc strukturę dwóch połączonych ze sobą sześciokątów, gdzie dwa z kubitów są wspólne dla obu

sześciokątów. Dla takiego układu omawiamy wpływ oddziaływania pomiędzy spinami na generowanie stanów splątanych. Pokazujemy, że wydajność tworzenia stanów splątanych silnie zależy od stanu w jakim układ znajduje się w chwili początkowej oraz od siły oddziaływania międzyspinowego.

### **Statyczny spektrometr fourierowski na zakres średniej podczerwieni.**

Filip Łabaj, *Politechnika Warszawska*

F. Łabaj, J. Kalwas, R. Piramidowicz

W celu realizacji pomiarów spektralnych w zakresie średniej podczerwieni, pozwalających na dostęp do tzw. zakresu daktyloskopowego, zrealizowany został układ statycznego spektrometru fourierowskiego opartego na konfiguracji trójkątnej interferometru Sagnaca. Obecna konfiguracja układu została zaprojektowana do pracy w zakresie spektralnym 8 - 12  $\mu\text{m}$ . Wstępne symulacje numeryczne zostały wykonane z wykorzystaniem ray-tracingu w celu optymalizacji architektury układu i wyznaczenia parametrów teoretycznych. Zmierzone interferogramy są poddawane obróbce numerycznej, odszumianie i demodulacja są przeprowadzane z wykorzystaniem algorytmu BM3D (block-matching and 3D filtering) oraz dekompozycji na mody empiryczne. Spektra są rekonstruowane za pomocą algorytmu szybkiej transformaty Fouriera.

### **Femtosekundowe lasery światłowodowe ze zbalansowaną dyspersją na zakresy 1,56 i 2 $\mu\text{m}$ .**

Zbigniew Łaszczuch, *Politechnika Wrocławska*

Z. Łaszczuch, M. Krakowski, O. Szewczyk, M. Biduś, P. Wrona, J. Kruczek, K. Żołnacz, G. Statkiewicz-Barabach, J. Olszewski, M. Makara, K. Poturaj, A. Paździor, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Dłubek, G. Soboń, J. Sotor

Prezentujemy dwa lasery femtosekundowe pracujące na środkowych długościach fali 1565 oraz 1980 nm bazujące na nieliniowym zwierciadle wzmacniającym, w których skompensowano wypadkową dyspersję wnęki z użyciem specjalnie zaprojektowanego i wytworzonego światłowodu utrzymującego stan polaryzacji który charakteryzuje się stosunkowo płaską i ujemnej wartości współczynnika dyspersji w obu zakresach od 1,0 do ponad 2,3  $\mu\text{m}$ . Dzięki skompensowaniu dyspersji rezonatora, uzyskano przejście z reżimu konwencjonalnych solitonów optycznych do reżimów solitonów oddychających i dyssypujących oraz poszerzenie się widm optycznych.

## **Wpływ nanodiamentów w objętości rdzenia światłowodowego na optyczną nieliniowość krzemionkowych światłowodów skokowych.**

Sara Łukasik, *Uniwersytet Warszawski*

G. Stępniewski, P. Hänni, T. Kardaś, S. A. Łukasik, Y. Stepanenko, M. Głowacki, V. Romano, R. Buczyński, R. Bogdanowicz, A. M. Heidt, M. Klimczak

Światłowodowy z ujemną nieliniowością optyczną stanowią ciekawy obszar badawczy rozwoju optyki ultraszybkiej i nieliniowej. Nanodiamenty to jeden z materiałów, które wykazują ujemną nieliniowość, wynikającą z efektów kwantowych zachodzących w objętości i na powierzchni drobin. Przedstawiamy omówienie wyników badań nad światłowodami, których rdzenie zostały sfunkcjonalizowane nanodiamentami. Do zbadania rozdzielczych czasowo i spektralnie charakterystyk samomodulacji fazy wykorzystana została metoda XFROG. Wstępne wyniki badań wskazują na możliwość nawet 50% obniżenia współczynnika nieliniowości w światłowodach z nanodiamentami w porównaniu z referencyjnym światłowodem SMF28 i stanowią wstęp do dalszych prac nad uzyskaniem włókien z ujemną nieliniowością typu kerrowskiego.

## **Wytwarzanie soczewek światłowodowych z wykorzystaniem spawarek telekomunikacyjnych**

Szymon Matczak, *Politechnika Wroclawska*

S. Matczak, D. Stachowiak, G. Sobon

W niniejszej pracy prezentujemy możliwość wytwarzania mikrosoczewek wykorzystując standardową telekomunikacyjną spawarkę światłowodową Fujikura FSM-100P. W połączeniu z oprogramowaniem producenta spawarki (Fiber Processing Software) możliwe jest stworzenie odpowiedniego procesu umożliwiającego wykonanie mikrosoczewek o założonych parametrach. W ramach badań opracowano technologię wytwarzania mikrosoczewek składających się z dwóch rodzajów włókien: bezrdzeniowego oraz standardowego jednomodowego światłowodu SMF-28e. Ma to na celu ujednoczenie struktury, co bezpośrednio określa jej współczynnik załamania światła. Korzystając z oprogramowania, zaprogramowano i zoptymalizowano odpowiedni proces pozwalający na wykonanie mikrosoczewki z dokładnością do 1  $\mu\text{m}$  i zbadanie profilu wiązki światła.

## **Eliminacja błędów wprowadzanych przez linię opóźniającą w szerokopasmowej spektroskopii terahercowej.**

Jakub Mnich, *Politechnika Wroclawska*

J. Mnich, Ł. Sterczewski, J. Sotor

Prezentujemy wyniki analizy źródeł błędów w odwzo-

rowaniu widm wprowadzonych przez linię opóźniającą w szerokopasmowych czasowych spektrometrach terahercowych. Dociekania oparto o symulacje oraz zweryfikowano przy pomocy pomiarów interferometrycznych w takim spektrometrze. Ponadto, proponujemy prostą i uniwersalną metodę modyfikacji linii opóźniających pozwalającą na znaczną poprawę ich precyzji.

## **Niepewność pomiarowa widma ruchliwości dla materiałów optoelektronicznych z pojedynczym kanałem przewodności**

Paweł Moszczyński, *Wojskowa Akademia Techniczna, Dowództwo Komponentu Wojsk Obrony Cyberprzestrzeni*

P. Moszczyński, J. Wróbel, M. A. Kojdecki, S. Złotnik, M. Nyga, J. Wróbel

Ogólne oszacowanie błędów procedury „analizy widm ruchliwości” (ang. mobility spectrum analysis – MSA) jest niebanalne. Szczególnie problematyczne jest ustalenie jak niepewności pomiarowe wyznaczonych charakterystyk napięciowych próbki w funkcji pola magnetycznego przekładają się na błędy obliczeniowe rozkładu ruchliwości ze względu na konieczność rozwiązywania silnie niestabilnego zadania numerycznego. Z symulacji rozwiązania skomplikowanego układu równań całkowych zaproponowanych przez Becka i Andersona jasno wynika, że dla tego zagadnienia można znaleźć wiele kompletów rozwiązań, odpowiadających niewiele różniącym się składowym tensora przewodności. W pracy prezentujemy metodę oszacowania błędów wyznaczania widma ruchliwości dla materiału o jednokanałowym przewodnictwie elektronowym.

## **Warstwy tlenku wanadu – potencjalny modulator amplitudy sygnału optycznego.**

Michał Nowak, *Wojskowa Akademia Techniczna*

M. P. Nowak, A. Pykacz, T. Stefaniuk, T. Wojciechowski, M. Jakubaszek, P. Wachulak, P. Nyga

Ditlenek wanadu ( $\text{VO}_2$ ) znajduje szerokie zastosowanie do modulacji promieniowania elektromagnetycznego. Jest to materiał zmiennie-fazowy, którego współczynniki załamania zależą od temperatury. Dzięki temperaturze zmiany fazy bliskiej temperaturze pokojowej, przełączanie sygnału możliwe jest przy dostarczeniu niskiej mocy. W tej pracy zaprezentowano technikę wytwarzania oraz wyniki charakteryzacji warstw  $\text{VO}_2$ . Kontrolując parametry procesu wytwarzania, możliwa jest manipulacja stosunkiem sygnału transmitowanego lub odbitego. Warstwy  $\text{VO}_2$  zostały wytworzone na komercyjnych podłożach niskoproporowego tlenku indowo-cynowego, który umożliwił kontrolę sygnału odbitego i transmitowanego przez strukturę za pomocą sygnału elektrycznego.

go. Zaprezentowano czasy przełączenia i wartości stosunków sygnałów.

### **Metody spektroskopowe w badaniach postaci leków.**

Ariadna Nowicka, *Politechnika Poznańska*

A. B. Nowicka, M. Szybowicz, T. Banaszek, R. Wichniarek, W. Kuczko, D. Tomczak, M. Wojtyłko, A. Froelich, B. Jadach, T. Osmatek

Agomelatyna (N-[2-(7-metoksynafty-1-yl)etyl]acetamid) oddziałująca na receptory melatoninowe i serotoniny, należy do stosunkowo nowej grupy leków przeciwdepresyjnych. Głównym celem badań przedstawionych była charakterystyka spektroskopowa agomelatyny i żywicy do druku 3D wykonana w różnych zakresach temperatur oraz w różnych formach postaci leku m.in. zolu, żelu czy leku otrzymanego za pomocą wytwarzania przyrostowego metodą DLP (z ang. Digital Light Processing) w postaci mikroigieł. Zastosowana spektroskopia Ramana pozwoliła na określenie formy polimorficznej agomelatyny we wszystkich badanych formach postaci leku oraz jej dystrybucję w wydrukowanej formie stałej postaci leku.

### **Obliczenia ab initio zderzeniowego zaburzenia widma halogenowodoru.**

Artur Olejnik, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

A. Olejnik, H. Jóźwiak, M. Gancewski, E. Quintas-Sánchez, R. Dawes, P. Wcisło

Dokładna znajomość parametrów spektroskopowych halogenowodorów jest ważna w ilościowej analizie atmosfery Ziemi. Niektóre halogenowodory, jak HF i HCl, wpływają pośrednio na proces zubożenia warstwy ozonowej oraz są składnikami gazów wulkanicznych. Podczas prezentacji przedstawione zostaną wyniki pierwszych w pełni kwantowych obliczeń zaburzenia widma halogenowodoru pod wpływem zderzeń z cząsteczką O<sub>2</sub>. Wyniki teoretyczne wykazują dobrą zgodność z danymi doświadczalnymi.

### **Propagacja kwadrupola wirów fazowych wpisanych w wiązkę Gaussowską.**

Agnieszka Popiołek-Masajada, *Politechnika Wrocławska*

A. Ferrando, A. Popiołek-Masajada, J. Masajada, R. Markevich

W pracy rozważaliśmy układ kwadrupola wirów (pary wirów o przeciwnych znakach topologicznych), który został wpisany w wiązkę gaussowską. Analizowaliśmy jego propagację w wolnej przestrzeni. Pokazaliśmy, że anihilacja i tworzenie się nowych par może być kontrolowane przy pomocy jednego parametru, będącego stosunkiem

rozmiaru kwadrupola do rozmiaru wiązki gaussowskiej. Pokazaliśmy, że można wyróżnić trzy różne klasy ciemnych promieni, w zależności od ilości anihilowanych i tworzonych par wirów. Pokazaliśmy, że klasy te są strukturalnie stabilne, co umożliwiło eksperymentalne wyznaczenie trajektorii wirów i potwierdzenie wyliczeń teoretycznych.

### **Między optyką a chemią – spektroskopowa analiza reakcji homosprężania**

Paulina Rajchel-Mieldzić, *Uniwersytet Warszawski*

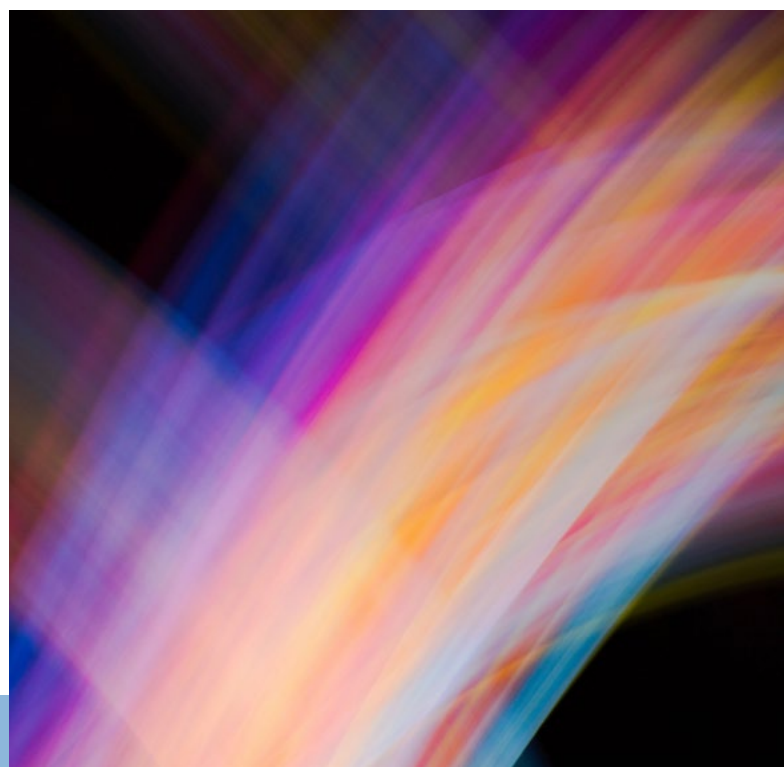
P. Rajchel-Mieldzić, P. Fita

Wykonano stacjonarną oraz czasowo-rozdzielczą analizę właściwości emisyjnych mieszanin nanocząstek złota z jodopochodnymi arenów. Na podstawie analizy spektroskopowej wykazano, iż w układzie zachodzi reakcja homosprężania pierścieni aromatycznych – gdzie obserwowane widma emisji powstających produktów zostały wcześniej w literaturze błędnie przypisane powstawaniu ekscymerów jodków arylowych na nanocząstkach metalicznych. Dodatkowo, warunki przeprowadzenia reakcji są nadzwyczaj łagodne, co stanowi załączek nowego rozdziału w pracach nad udoskonaleniem obserwowanej reakcji homosprężania Ullmanna.

### **Analiza dynamiki akomodacji soczewki ludzkiej z wykorzystaniem informacji fazowej OCT.**

Daniel Rumiński, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

Zdolność ogniskowania ludzkiego oka zapewniona jest przez rogówkę i soczewkę krystaliczną. Soczewka ludzka poprzez możliwość zmiany kształtu zapewnia precyzyjną regulację ostrości w procesie akomodacji. W naszych badaniach rozszerzyliśmy standardową analizę OCT, aby precyzyjnie śledzić dynamicznie zmiany fazy sygnału





OCT w soczewce podczas tego procesu. Obrazowanie wykonano za pomocą systemu SS-OCT. Przedstawiona analiza pozwala na wydobycie ruchu, takiego jak drgania soczewki, zmianę kształtu oraz inne odkształcenia, które mogą mieć znaczenie dla biomechaniki związanej z akomodacją soczewki krystalicznej.

### **Dokładna obrazowa i konwencjonalna polarymetria.**

**Mykola Shopa, Politechnika Gdańska**

M. Shopa, N. Ftomyn, Y. Shopa

Prezentujemy polarymetr obrazowy, oparty o zasady dokładnej polarymetrii, tzn. pomiar małych zmian stanu polaryzacji wiązki światła, która przechodzi przez układ polaryzator-próbka-analizator (PSA – polarizer-sample-analyzer). Zastosowanie kamer cyfrowych i przetwarzanie obrazów, uzyskanych dla różnych ustawień układu PSA, pozwala na charakteryzację polaryzatorów, na przykład zbudowanie 2D rozkładu przesunięcia fazowego w płytkach fazowych. Otrzymane dane dla niobanu litu i ditlenku krzemu, pokazują znaczące możliwości obrazowego polarymetru dla rejestracji wielokrotnego odbicia światła w płytkach dwójtomnych, co pozwala na ilościową ocenę ich niejednorodności. Innym potencjalnym zastosowaniem polarymetrii obrazowej jest pomiar aktywności optycznej.

### **Badanie parujących mikro-kropeł zawiesiny za pomocą submikronowych cząstek luminescencyjnych i rozpraszania światła.**

**Iaroslav Shopa, Uniwersytet Warszawski**

I. Shopa, D. Jakubczyk, G. Derkachov, M. Kolwas, I. Kamińska, T. Wojciechowski

Zaprezentowane zostaną wyniki obserwacji ewolucji powierzchniowej i wewnętrznej struktury wolno parujących, natadowanych mikro-kropeł (zawiesiny cząstek luminescencyjnych  $Gd_2O_3: 1\% Nd^{3+}$ ) w glikolu tetraetylenowym, uzyskane w liniowej elektrodynamicznej pułapce kwadрупolowej. Lewitującą mikro-kroplę oświetlano dwiema prostopadle spolaryzowanymi wiązkami laserowymi do wzbudzenia luminescencji i pomiarów rozpraszania światła. W ewolucji sygnału rozpraszania i widma luminescencji zaobserwowano szereg zjawisk związanych z oddziaływaniem modów pola wężki (sferycznej mikro-kropli) z tworzącą się regularną strukturą cząstek luminescencyjnych. Zanotowano również zmiany w funkcjach autokorelacji natężenia światła rozproszonego na tej strukturze.

### **Uniwersalna platforma FPGA do stabilizacji laserów z pasywną synchronizacją modów.**

**Patryk Sikora, Politechnika Wroclawska**

P. Sikora, A. Głuszek, A. Hudzikowski, J. Sotor

Prezentujemy uniwersalny kontroler stabilizacji wyposażony w trzy konfigurowalne regulatory PID. Do realizacji pętli stabilizacji wykorzystano popularną platformę FPGA o nazwie Red Pitaya. Gotowy moduł FPGA został rozbudowany o autorski tor analogowy cechujący się niskim poziomem szumów własnych. Skonstruowaną platformę następnie wykorzystano do realizacji pętli stabilizacji opartej o erbowy laser światłowodowy z pasywną synchronizacją modów. Przeprowadzono eksperymentalną analizę porównawczą jakości stabilizacji pomiędzy analogowym i cyfrowym regulatorem PID.

### **Kriogeniczny układ spektroskopowy do badań fizyki fundamentalnej z absolutną referencją częstotliwości.**

**Kamil Stankiewicz, Uniwersytet Mikołaja Kopernika**

K. Stankiewicz, M. Słowiński, K. Sołtys, M. Makowski, B. Bednarski, P. Mastowski, S. Wójtewicz, D. Lisak, M. Piwiński, P. Wcisło

Spektroskopia molekularna stanowi metodę badania fizyki fundamentalnej, umożliwiającą testowanie oddziaływań podstawowych oraz badanie hipotez teoretycznych rozszerzających Model Standardowy. Ze względu na swoją prostotę, szczególne miejsce w tego typu badaniach zajmuje molekula wodoru. Prezentacja dotyczy nowego układu eksperymentalnego opartego na technice spektroskopii strat we wnęcie (CRDS) z wnęką optyczną w warunkach kriogenicznych. Użycie optycznego parametrycznego oscylatora pozwala na próbkowanie podstawowego pasma wibracyjnego wodoru i zwiększenie dokładności pomiarów. Układ spektroskopowy jest połączony z grzebieniem częstotliwości optycznych, odnoszącym się do standardu czasu Obserwatorium Astro-Geodynamicznego w Borowcu.

### **Redukcja powieleń obrazów w projekcji holograficznej.**

**Joanna Starobrat, Politechnika Warszawska**

J. Starobrat, A. Kołodziejczyk

Projekcja holograficzna jest oszczędną energetycznie technologią o dużym potencjale miniaturyzacji. Dostępne obecnie przestrzenne modulatory światła pozwalają na wysokie wydajności dyfrakcyjne projekcji i są proste w użyciu. Konieczną do eliminacji przeszkodą jest jednak pojawianie się powieleń obrazów w odtworzeniach hologramów Fouriera na tych urządzeniach. Przedstawione badania wykorzystują maski apodyzacyjne, amplitudowe

i fazowe, do zmniejszenia natężenia w dodatkowych obrazach. Uzyskane wyniki wykazują przekierowanie natężenia z duplikatów do głównego obrazu.

### **Wzmacniacz impulsów w konfiguracji CPA w paśmie 2 μm z dwójtómnym światłowodem dyspersyjnym jako stretcher**

*Olga Szewczyk, Politechnika Wroclawska*

O. Szewczyk, M. Biduś, P. Wrona, J. Kruczek, K. Żołnacz, G. Statkiewicz-Barabach, J. Olszewski, M. Makara, K. Poturaj, A. Paździor, W. Urbańczyk, P. Mergo, G. Soboń, J. Sotor, M. Dłubek

W pracy przedstawiamy układ wzmacniacza impulsów w konfiguracji CPA (Chirped Pulse Amplification) pracujący w zakresie 2 μm z wykorzystaniem włókna dyspersyjnego o wysokiej dwójtómności. Włókno (wytworzone przez Fibrain Sp. z o.o.) posiada dyspersję normalną w szerokim zakresie długości fali (1200-2100 nm), cechuje się również wysoką dwójtómnością oraz niskimi stratami spawania do standardowych światłowodów jednomodowych. Wytworzone włókno zastosowaliśmy jako układ rozciągający impulsy w układzie wzmacniacza typu CPA. Rozciągnięte impulsy do czasu trwania rzędu 170 ps, w układzie wzmacniacza zostały wzmocnione a następnie skompresowane w kompresorze z siatkami dyfrakcyjnymi. Wyjściowe impulsy miały czas trwania 467 fs i uzyskały maksymalną średnią moc optyczną 2,51 W.

### **Propagacja femtosekundowych impulsów światła w ośrodkach gazowych.**

*Wojciech Talik, Uniwersytet Jagielloński*

W. Talik, K. Dzierżęga, W. Zawadzki

Podczas propagacji skupionego femtosekundowego impulsu laserowego w ośrodku materialnym zaobserwować można pojawienie się różnego rodzaju optycznych efektów nieliniowych a wśród nich optycznego efektu Kerra. W naszych badaniach optyczny efekt Kerra został wykorzystany do obrazowania impulsu pochodzącego z lasera Ti:sapphire i propagującego w powietrzu i helu. Do samego obrazowania użyto metody typu pump-probe, jaką jest polarygrafia optyczna z rozdzielczością czasową. Uzyskane przez nas wyniki pozwalają oszacować wyindukowane skręcenie płaszczyzny polaryzacji i wartość nieliniowego współczynnika załamania materiału.

### **FreezEye Tracker - szybki i precyzyjny optyczny siatkówkowy instrument do śledzenia ruchów oka.**

*Szymon Tamborski, Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

Sz. Tamborski, M. Meina, K. Dalasiński, M. M. Bartuzel, K. Wróbel, J. Gorgol, M. Nowakowski, A. Szkulmowska, M. Szkulmowski

Opracowana platforma pomiarowa bazuje na szybkiej akwizycji obrazów fragmentu siatkówki i wyznaczeniu trajektorii na podstawie analizy względnych przesunięć tych obrazów zaistniałych na skutek ruchu oka. Umożliwia ona badanie charakterystyki dynamicznej narządu wzroku z wysoką rozdzielczością czasową (ok. 0,8 ms) oraz przestrzenną (0,0083°) – istotnie wyższą od będących obecnie złotym standardem w dziedzinie pomiarów ruchów gałki ocznej komercyjnych urządzeń bazujących na rejestracji video obrazów przedniego odcinka oka. Wysoka jakość uzyskiwanych danych umożliwia ich wieloaspektową analizę w celu ilościowego opisu cech dynamicznych oka m. in. w kontekście poszukiwania nowych, dostępnych przy użyciu nieinwazyjnych metod biomarkerów schorzeń narządu wzroku czy chorób neurodegeneracyjnych.

### **Bezsoczkowa cyfrowa mikroskopia holograficzna: rozwój algorytmów rekonstrukcji i zastosowań biomedycznych.**

*Maciej Trusiak, Politechnika Warszawska*

M. Trusiak, M. Rogalski, P. Arcab, J. Winnik, P. Zdańkowski, M. Stefaniuk, M. Pawłowska, L. Stanaszek, J. A. Picazo Bueno, V. Micó

Cyfrowa poosiowa mikroskopia holograficzna pozwala na rejestrację hologramów Gabora i ich numeryczną rekonstrukcję w celu dekodowania zespolonego pola obiektowego. Realizowana w atrakcyjnym trybie bezsoczkowym upraszcza budowę układu i redukuje koszty. Obliczeniowe zwiększeniem objętości obrazowania wynika ze zniesienia klasycznych ograniczeń związanych z obiektywem mikroskopowym. Kluczową rolę odgrywają algorytmy rekonstrukcji rozkładu fazy i amplitudy 2D/3D. Multipleksing informacji w płaszczyźnie hologramu umożliwia zastosowanie iteracyjnych algorytmów zwiększających fazowo-amplitudowy stosunek sygnału do szumu. Opracowane przez nas oryginalne algorytmy umożliwiły nowe zastosowania, np. w badaniach skrawków mózgu myszy oraz obrazowaniu przyżyciowym komórek glejowych i plemników.

### **Ilościowa mikroskopia i tomografia fazowa wspólnej drogi: nowe rozwiązania i zastosowania.**

*Piotr Zdańkowski, Politechnika Warszawska*

P. Zdańkowski, J. Winnik, M. Rogalski, M. Józwiak, K. Patorski, M. Trusiak

Ilościowa mikroskopia fazowa (IMF) dostarcza mierzalne informacje o rozkładzie fazowym badanego obiektu. Jej rozwinięciem jest optyczna tomografia dyfrakcyjna (OTD) umożliwiająca obrazowanie trójwymiarowego rozkładu współczynnika załamania światła jako endogenego środka kontrastowego. Prezentujemy innowa-

cyjny system IMF z modułem OTD (WUTScope), o prostej konstrukcji, kompaktowości, stabilności i częściowo koherentnym oświetleniu. WUTScope wykorzystuje siatki dyfrakcyjne jako dzielniki wiązki i interferencję pomiędzy sprzężonymi (+1 i -1) rzędami dyfrakcyjnymi. Dzięki oświetleniu z obniżoną koherencją czasową, szum plamkowy i niepożądane prążki zostały zredukowane. Przedstawiamy wyniki pomiarów uzyskane za pomocą automatycznego przetwarzania interferogramów z korekcją tła i aberracji.

**Badania klimatyczne zmian strat wtrąceniowych, refleksyjności oraz strat zależnych od polaryzacji w złączach jednomodowych zbudowanych z różnych typów włókien w warunkach podwyższonej mocy optycznej.**

Grzegorz Żegliński, *Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny*

J. Kopczyński, D. Karczewicz, A. Golis, Ł. Tietz,  
G. Żegliński, E. Weinert-Rączka

Praca przedstawia wyniki pomiarów klimatycznych w zakresie (-400C, +700C) strat wtrąceniowych (IL), odbiciowych (RL) oraz zależnych od stanu polaryzacji (PDL) światłowodowych złącz rozłącznych (LC/PC i SC/APC) przeznaczonych dla światłowodów mikrostrukturalnych ITU-T G.657 i światłowodów jednomodowych ITU-T G.652. Badania przeprowadzono w paśmie C (1530-1565nm), w reżymie podwyższonej mocy optycznej (>17dBm zgodnie ITU-T).



**Łukasiewicz**

Instytut  
Mikroelektroniki  
i Fotoniki

Łukasiewicz – IMiF jesteś na fali!



- ▶ **#światłowody foniczne, nanostrukturalne, antyrezonansowe**
- ▶ **#mikrosoczewki**
- ▶ **#kwantowe lasery kaskadowe**
- ▶ **#technologia wytwarzania przyrządów fonicznych**
- ▶ **#MBE**
- ▶ **#ceramika przezroczysta YAG**

Zapraszamy do współpracy  
przy projektach i komercjalizacji!



[komercjalizacja@imif.lukasiewicz.gov.pl](mailto:komercjalizacja@imif.lukasiewicz.gov.pl)

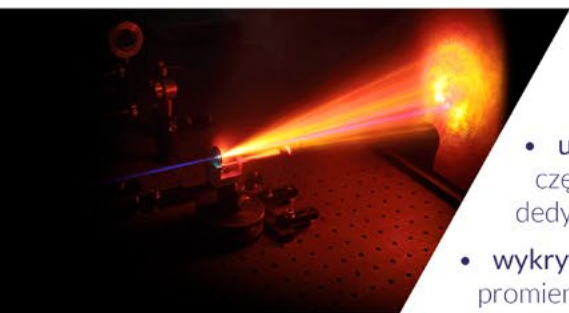


[imif.lukasiewicz.gov.pl](http://imif.lukasiewicz.gov.pl)

# NARODOWE LABORATORIUM FOTONIKI I TECHNOLOGII KWANTOWYCH



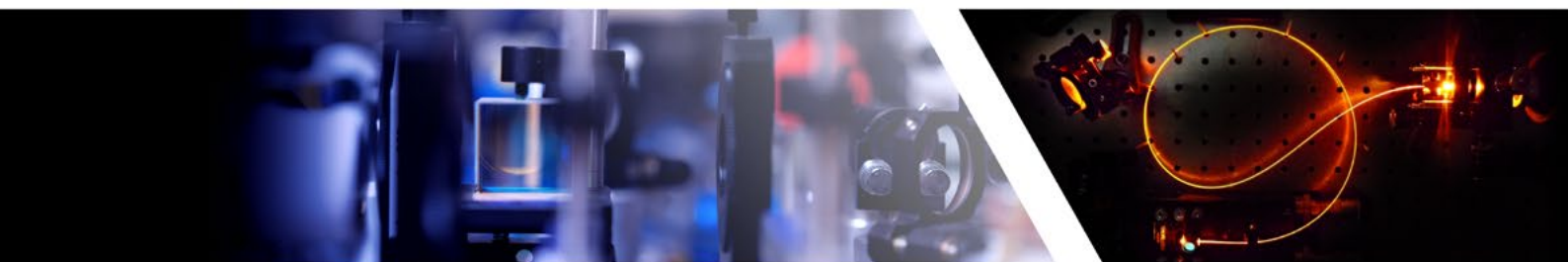
Narodowe Laboratorium Fotoniki i Technologii Kwantowych – NLPQT – to projekt inwestycyjny, w ramach którego powstaje w Polsce nowoczesna infrastruktura z zakresu fotoniki i optycznych technologii kwantowych. Infrastruktura będzie dostępna dla naukowców i przedsiębiorców zainteresowanych wykorzystaniem jej do badań naukowych i prac badawczo-rozwojowych. Projekt umożliwi korzystanie z najnowocześniejszej aparatury badawczej podmiotom, których nie stać na poniesienie wysokich kosztów inwestycyjnych jej zakupu. Na infrastrukturę składa się ponad 80 stanowisk badawczych zlokalizowanych w 7 ośrodkach naukowych w 6 miastach. Wachlarz ich zastosowań jest bardzo szeroki i obejmuje między innymi:



- opracowywanie **nowych laserów** i urządzeń laserowych, w tym laserów impulsowych **dużej mocy** oraz źródeł promieniowania laserowego działających w zakresie bliskiej i średniej podczerwieni;
- **ultraprecyzyjną** metrologię, w tym metrologię wykorzystującą optyczną częstotliwość wzorcową dystrybuowaną do kilku laboratoriów w Polsce dedykowanymi łączami światłowodowymi;
- **wykrywanie gazów toksycznych** i zanieczyszczeń powietrza na podstawie absorpcji promieniowania bliskiej podczerwieni;



- rozwój **bezpiecznych metod transmisji** danych wykorzystujących kwantową dystrybucję klucza kryptograficznego (dedykowane łącze światłowodowe pomiędzy Warszawą a Poznaniem stanowi poligon testowy dla kwantowych urządzeń komunikacyjnych);
- **mikroobróbkę** laserową materiałów z wykorzystaniem laserów femtosekundowych dużej mocy, umożliwiających cięcie i modyfikację szkła, polimerów, metali i materiałów twardych;
- produkcję i charakteryzację specjalistycznych **światłowodów** szklanych i polimerowych, w tym włókien do zastosowań sensorowych oraz do budowy urządzeń światłowodowych;
- badania własności **optycznych i fotofizycznych** materiałów.



Poza wymienionymi powyżej, potencjalne zastosowania powstającej infrastruktury obejmują praktycznie **wszystkie dziedziny fotoniki**. Infrastruktura zostanie udostępniona komercyjnie w roku 2024. Więcej informacji można uzyskać na stronie Projektu: <http://nlpqt.fuw.edu.pl/>.

Projekt jest finansowany z Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.



## Organizatorzy

•candela•



Polskie Towarzystwo Fizyczne  
Sekcja Optyki

## Sponsorzy



## Partner główny

Samorząd Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego



Marszałek Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego  
Piotr Czarnecki

Partnerem głównym wydarzenia jest  
Samorząd Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego



2023 rokiem  
Mikołaja Kopernika  
w województwie kujawsko-pomorskim

## Patroni honorowi



WOJEWODA  
KUJAWSKO-POMORSKI  
MIKOŁAJ BOGDANOWICZ



Marszałek Województwa  
Kujawsko-Pomorskiego  
Piotr Czarnecki



Prezydent Miasta Torunia  
Michał Zaleski

Wydarzenie wspierane jest przez:



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



# Polska Konferencja Optyczna

