



Toruń, 20.12.2018

prof. dr hab. Roman Ciuryło  
Instytut Fizyki  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

**Ocena dorobku naukowego i jednotematycznego cyklu publikacji  
dra inż. Sławomira Drobczyńskiego pt. : „Pęseta optyczna do pomiaru wybranych wielkości  
fizycznych”**

Przedstawiony przez dra inż. Sławomira Drobczyńskiego monotematyczny cykl publikacji złożony jest z dziesięciu prac. Prace te zostały opublikowane w szerokiej gamie recenzowanych periodyków naukowych: *Optical Engineering* – 1 praca, *Optica Applicata* – 1 praca, *Optics Letters* – 1 praca, *Photonics Letters of Poland* – 1 praca, *Applied Optics* – 2 prace, *Journal of the Optical Society of America B* – 1 praca, *ACS Photonics* – 1 praca, *Optics and Lasers in Engineering* – 1 praca, *Biomedicine & Pharmacotherapy* – 1 praca. Dr. inż. Sławomir Drobczyński jest pierwszym autorem sześciu z pośród tych prac. Zgodnie z informacjami zawartymi w autoreferacie w pracach tych udział habilitanta należy uznać za wiodący i polegał na: inicjowaniu konkretnych badań, budowie układów eksperymentalnych, planowaniu i wykonaniu pomiarów, analizie danych, co współgra z oświadczeniami przesłanymi przez innych współautorów.

Laserowe pułapkowanie mikrobiektów zostało zapoczątkowane pionierską demonstracją Arthura Ashkina z roku 1969. To osiągnięcie wraz późniejszymi o paręnaście lat zastosowaniami w manipulacjach mikrobiektami biologicznymi zostało ostatnio, po niemal 50 latach, uhonorowane nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki. Narzędzia i techniki opracowane dzięki tym osiągnięciom są rozwijane i wykorzystywane w różnorodny sposób od badań zmierzających do poznania natury oddziaływań w fizyce po bardziej praktyczne pomiary właściwości mechanicznych łańcuchów DNA czy manipulacje elementami komórek biologicznych. Publikacje stanowiące rozprawę habilitacyjną wpisują się w ten aktualny nurt badań.

W pracy [H1] opublikowanej *Optical Engineering* autor przedstawił skonstruowane szczypce optyczne o długoczasowej dużej stabilności przestrzennej. Co prawda już wcześniej było możliwe kontrolowanie położenia uwięzionego światłem obiektu z dokładnością znacznie lepszą niż 1 nm przez parędziesiąt sekund. To jednak taka stabilizacja położenia przez dłuższy okres czasu stanowiła wyzwanie technologiczne. Autor wykorzystał kamerę CCD do obserwacji położenia próbnej cząstki oraz zastosował odpowiednie algorytmy pozwalające wyeliminować zgubne skutki dużych fluktuacji spowodowanych szumami detektora a mogące powodować nadmierną reakcję w pętli sprzężenia zwrotnego sterowania wiązką światła pułapkującego prowadzącą do utraty pułapowanego obiektu. Zastosowane rozwiązania pozwoliły na stabilizację pozycji badanego obiektu z nanometrową



precyzją przez parędziesiąt minut. Zagadnie z pozoru może wydawać się prostym. Jednak z własnego doświadczenia, w nieco innym przypadku utrzymywania częstości lasera koło fluktuującego rezonansu wnęki optycznej, mogę stwierdzić, że zagadnie nie to nie jest takie trywialne a jego skuteczne rozwiązanie ogromnie usprawnia instrument badawczy.

W pracy [H2] opublikowanej w *Optica Applicata* autor przedstawił układ holograficznych szczypiec optycznych wykorzystujących relatywnie tani laser diodowy oraz standardową kamerę. Wykorzystanie przestrzennego modulatora światła pozwala na arbitralną kontrolę fazy światła i relatywnie prostą generację dużych gradientów natężenia światła. Kamera dzięki zawężeniu pola obserwacji pozwoliła obserwować obrazy z kHz częstością. Wyniki pomiaru sztywności pułapki otrzymane w tym układzie nie odbiegały od tych otrzymanych przy użyciu specjalistycznej kamery umożliwiającej rejestrację obrazów z wysoką częstością. Te relatywnie tanie szczypce optyczne zostały użyte do manipulacji komórką biologiczną oraz wyznaczania lepkości bliżej nie sprecyzowanego roztworu. Badania te były kontynuowane, również w kolejnej pracy [H4] opublikowanej w *Photonics Letters of Poland*. Testowano zastosowania do manipulacji żywymi obiektami biologicznymi holograficznych szczypiec optycznych wykorzystujących różne lasery diodowe w bliskiej podczerwieni. Zweryfikowano ograniczenia tej techniki.

W pracy [H3] opublikowanej w *Optics Letters* przedstawiającej wypychanie magnetycznych nanocząstek ze środka wiązki światła od odpowiednio wysokim natężeniu w cieczy paramagnetycznej wykorzystano zbudowany przez autora układ holograficznych szczypiec optycznych. Ten system eksperymentalny umożliwił obserwację bogactwa różnorodnych interesujących zachowań cieczy paramagnetycznej w obecności światła. Przedstawione wyniki zostały docenione przez edytorów renomowanego czasopisma optycznego *Optics Letters*. Trochę szkoda, że w przedłożonym cyklu habilitant nie kontynuował tej interesującej tematyki. Zwłaszcza, iż nie jest łatwo zaobserwować w laboratorium nową klasę interesujących zjawisk wymagającego dopiero głębszej interpretacji i matematycznego opisu.

W pracy [H5] opublikowanej w *Applied Optics* przedstawiającej szczegółową analizę statystyczną zachowania pułapkowanego obiektu również wykorzystano zbudowany przez autora układ holograficznych szczypiec optycznych. Ten system umożliwił konfrontację danych eksperymentalnych z dość wyrafinowanym modelem wykorzystującym zapoczątkowany jeszcze przez Smoluchowskiego a ugruntowany w fizyce przez Chandrasekhare formalizm równań stochastycznych. Autorzy pokazali, iż zazwyczaj stosowane proste podejście autoregresywnego pierwszego rzędu daje wyniki zauważalnie odbiegające od danych eksperymentalnych. Istotnym wynikiem było pokazanie, iż uwzględnienie ruchomej średniej pierwszego rzędu zapewnia zgodność modelu z danymi doświadczalnymi. W kolejnej pracy [H6] również opublikowanej w *Applied Optics* autor przedstawił alternatywne podejście do analizy danych uzyskiwanych przy użyciu optycznych szczypiec. Użyto tu podejścia szeregów czasowych. Pokazano możliwość rozróżnienia procesów fizycznych od zakłuceń powodowanych metodą pomiaru.

W pracy [H7] opublikowanej w *Journal of the Optical Society of America B* autor przedstawił nową metodę mapowania sztywności pułapki w obrębie całej badanej próbki. Jednym z

najistotniejszych osiągnięć habilitanta udokumentowanym w tym cyklu publikacji było zademonstrowanie nowej dynamicznej metody mapowania sztywności pułapki, szybszej i jednocześnie dokładnej w porównaniu ze standardowymi podejściami. Należy podkreślić zdecydowanie dominujący wkład habilitanta w to osiągnięcie.

W pracy [H8] opublikowanej w *ACS Photonics* autor przedstawił układ trzech szczypiec optycznych pozwalających kontrolować położenie komórki, źródła ciepła oraz obiektu termoczułego. Ten wyrafinowany układ eksperymentalny jest kolejnym istotnym osiągnięciem habilitanta. Pozwala na precyzyjny pomiar zmian temperatury w żywych komórkach oraz pełną kontrolę nad ilością ciepła do nich dostarczanych. Autor zaobserwował hipertermię w skali pojedynczej komórki. Warto w tym miejscu zaznaczyć, iż hipertermia jest dynamicznie rozwijającą się techniką leczenia chorób nowotworowych, choć natura zachodzących podczas niej procesów nie jest w pełni poznana. Celem dalekosiężnym badań prezentowanych w [H8] jest zrozumienie procesów zachodzących w komórkach nowotworowych podczas hipertermii na poziomie komórkowym przy pomocy tej nowej obiecującej techniki badawczej.

W kolejnych pracach: [H9] został zademonstrowany układ podwójnych szczypiec optycznych z przełączaną wiązką laserową i wykorzystany do pomiarów lepkości oraz [H10] pomiary mechanicznych własności komórek nowotworowych, które również zostały wykonane z użyciem układu szczypiec optycznych zbudowanych przez autora. W pracach tych habilitant nie odgrywał roli wiodącej, jednak jego doświadczenie, zdobyte umiejętności, opracowane przez niego udoskonalenia holograficznych szczypiec optycznych, pozwoliły zbudować układy eksperymentalne niezbędne dla przeprowadzenia tych badań.

Wprowadzenie szeregu udoskonaleń szczypiec optycznych [H1,H2,H4,H9] oraz ich charakteryzacji [H5,H6,H7] w zbudowanych przez dra inż. Sławomira Drobczyńskiego układach eksperymentalnych a następnie wykorzystania ich w badaniach nowych zjawisk zachodzących w cieczeniach pramagnetycznych w obecności światła [H3], hipertermii w skali pojedynczej komórki [H8] oraz własności mechanicznych komórek nowotworowych [H10] jest istotnym osiągnięciem.

Cały dorobek naukowy dra inż. Sławomira Drobczyńskiego wymieniony w dokumentacji obejmuje 24 publikacje, 4 patenty i 2 zgłoszenia patentowe. Przed uzyskaniem stopnia doktora ukazały się 3 prace, cykl habilitacyjny złożony jest z 10 prac natomiast pozostały dorobek uzyskany po doktoracie stanowi 11 prac. Wśród prac z poza cyklu habilitacyjnego dr inż. Sławomir Drobczyński był pierwszym współautorem dwóch prac przed doktoratem i jednej po doktoracie. Jego prace po doktoracie dotyczyły takich zagadnień jak polarymetria, optyczne wiry, optyczne szczypce, czy nanokrystaliczne markery. Prace autora znajdują pewien oddźwięk wśród specjalistów co znajduje odzwierciedlenie w liczbie obcych cytowań sięgającej 124 oraz indeksie H równym 9 zgodnie z Web of Science. Swoje wyniki habilitant prezentował na szeregu konferencjach międzynarodowych. Jest też współautorem 10 prac pokonferencyjnych. O rozpoznawalności habilitanta świadczy również fakt, że był recenzentem w takich renomowanych czasopiśmie jak *Optics Express* czy *Optics Letters*. Dr inż. Sławomir Drobczyński łącznie ponad dwa lata spędził na stażach naukowych w renomowanych ośrodkach we Francji, Hiszpanii i USA. Warto podkreślić, że

habilitant był kierownikiem 2 grantów i wykonawcą lub głównym wykonawcą 8 grantów. Ponadto zbudowane przez niego instrumentarium było wykorzystywane w 3 innych projektach. Osiągnięcia dr. inż. Sławomira Drobczyńskiego zostały uhonorowane szeregiem nagród w tym prestiżowym Stypendium START przyznawanym przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej.

Na uznanie zasługuje również wkład habilitanta w działalność dydaktyczną poprzez wysoko specjalistyczne wykłady i laboratoria obejmujące: optoelektronikę, interferometrię, holografię, optykę falową i pomiary optyczne. Dr inż. Sławomir Drobczyński był opiekunem 15 prac dyplomowych i promotorem pomocniczym jednej obronionej pracy doktorskiej. Ponadto habilitant sprawował nadzór nad projektami kół naukowych oraz prowadził zajęcia dla uczniów gimnazjum.

Podsumowując dr inż. Sławomir Drobczyński rozwijając instrumentarium holograficznych szczypiec optycznych znacząco przyczynił się do obserwacji nowych zjawisk w cieczach paramagnetycznych i opracowania nowej metody badań hipertermii w skali pojedynczej komórki. Jest to osiągnięcie na styku inżynierii optoelektronicznej i jej zastosowań w fizyce, biologii oraz inżynierii biomedycznej. Habilitant wykazał się dużymi umiejętnościami doświadczalnymi. Przedstawione osiągnięcie oraz pozostały dorobek naukowy w wystarczającym stopniu spełniają ustawowe oraz zwyczajowe wymagania stawiane w przewodach habilitacyjnych. Tym samym wnoszę o przystąpienie do dalszych kroków przewodu i nadanie doktorowi inżynierowi Sławomirowi Drobczyńskiemu stopnia doktora habilitowanego.

