



# Uniwersytet Warszawski

## Wydział Fizyki

ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa  
tel.: (022) 55 46 827, fax.: (022) 55 46 882  
e-mail: sekretariat@igf.fuw.edu.pl  
www.igf.fuw.edu.pl

Prof. dr hab. Tomasz Szoplik  
[tszoplik@mimuw.edu.pl](mailto:tszoplik@mimuw.edu.pl)  
Tel: 0 22 55 46 822

Warszawa, 27 lipca 2016

### **Recenzja rozprawy habilitacyjnej i ocena dorobku naukowego dr. inż. Witolda Aleksandra Jacaka**

Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym..... [Dz. U. z 2014 r. poz. 1852 z późniejszymi zmianami] w Artykule 16 określa, że: 1. Do postępowania habilitacyjnego może zostać dopuszczona osoba, która posiada stopień doktora oraz osiągnięcia naukowe lub artystyczne, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej lub artystycznej oraz wykazuje się istotną aktywnością naukową lub artystyczną. 2. Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1, może stanowić: (1) dzieło opublikowane w całości lub w zasadniczej części, albo jednotematyczny cykl publikacji.

#### ***Ocena działalności naukowej:***

Dr. inż. Witold Aleksander Jacak przedstawił jednotematyczny cykl 19 publikacji pod wspólnym tytułem: „Radiacyjne własności plazmonów w metalicznych nanocząstkach i plazmonopolarytonów w metalicznych nano-łańcuchach oraz w układach jonowych wraz z zastosowaniami”. Cel naukowy, osiągnięte wyniki wraz z omówieniem ich ewentualnego zastosowania podsumował w autoreferacie (po polsku i po angielsku). Ponadto dr inż. Jacak przedstawił:

- skan dyplomu doktora nauk fizycznych,
- omówienie 13 innych prac niewchodzących w skład cyklu habilitacyjnego,
- wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informację o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki,
- kopie publikacji,
- oświadczenia współautorów publikacji.

Od doktoratu uzyskanego 26 czerwca 2008 roku dr inż. Jacak opublikował:

- 21 artykułów w pismach o międzynarodowym zasięgu z systemem recenzji, których tytuły znajdują się na liście filadelfijskiej, w tym 17 prac przedstawionych jako elementy jego osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego.

- 9 rozdziałów w monografiach wydanych w Polsce i zagranicą, w tym 1 rozdział przedstawiony jako element jego osiągnięcia naukowego [W. Jacak, Plasmon mediated energy transport in PV systems with photo-active surface modified metallicly in nano-scale and in metallic nano-chains, rozdz. 18 w Plasmonics – Principles and Applications, pod red. Ki Young Kima, Intech, 2012] oraz 3 współautorskie monografie wydane przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej.
- 2 artykuły w renomowanych Proceedings of the SPIE, gdzie akceptacja do druku odbywa się na poziomie oceny streszczenia pracy, w tym jeden obszerny (19 stron) przedstawiony jako element jego osiągnięcia naukowego.

Kilka prac dra Jacaka zasługuje na szczególną uwagę.

Praca [H31. W. Jacak, J. Krasnyj, J. Jacak, R. Gonczarek, A. Chepok, L. Jacak, D. Z. Hu, D. Schaadt, Radius dependent shift in surface plasmon frequency in large metallic nanospheres: Theory and experiment. *J. Appl. Phys.* **107**, 124317 (2010)] ma 26 cytowań (w tym 19 autocytowań). Praca zawiera opis teoretyczny oscylacji jednorodnego gazu elektronowego w metalicznych nanokulkach o promieniu rzędu dziesiątków nanometrów. Przy milczącym założeniu idealnej sferyczności wykazano, że jednorodne pole elektryczne wzbudza w nanokulkach powierzchniowe plazmony dipolowe. Widmo i częstość rezonansową fal plazmonowych wyznaczono zarówno dla wzbudzonych plazmonów objętościowych jak i powierzchniowych w funkcji promienia nanocząstek. Przewidziane przez teorię przesunięcie częstości rezonansowej w stronę fal dłuższych wraz ze wzrostem promienia potwierdzono w pomiarze przeprowadzonym dla cząstek Au i Ag zawieszonych w wodzie.

Praca [H.21. J. Jacak, J. Krasnyj, W. Jacak, R. Gonczarek, A. Chepok, L. Jacak, Surface and volume plasmons in metallic nanospheres in a semiclassical RPA-type approach: Near-field coupling of surface plasmons with the semiconductor substrate. *Phys. Rev. B* **82**, 035418 (2010)] stanowi rozwinięcie poprzedniej i wykorzystuje półklasyczne przybliżenie faz chaotycznych. Praca ma 28 cytowań, w tym 19 autocytowań. Jest poświęcona wzbudzaniu powierzchniowej i objętościowej fali plazmonowej na nanokulkach o średnicy od 20 do 120 nm przez zewnętrzne pole elektromagnetyczne zależne od położenia i czasu. Wykorzystanie hamiltonianów do opisu układów jonowo-elektronowych pozwoliło autorom wyznaczyć stałe tłumienia (dumping rates) plazmonów w funkcji promienia nanokulek i przenikalności dielektrycznej otoczenia. Przyczynami tłumienia są: rozpraszanie elektronów - znaczące w przypadku małych kulek - oraz wypromieniowanie energii w pole dalekie poprzez sprzężanie plazmonów do fal biegnących (zwane w autoreferacie tłumieniem radiacyjnych plazmonów albo tarciem Lorentza), które zaczyna dominować wraz ze wzrostem promienia. W przyjętym podejściu, autorzy nie musieli używać przybliżonych wartości przenikalności elektrycznej złotych i srebrnych nanokulek. Wyniki rachunków analitycznych zostały w pracy zweryfikowane doświadczalnie dla przypadku nanokulek zawieszonych w wodzie oraz umieszczonych na powierzchni półprzewodnika.

Bliskie moim zainteresowaniom są dwie prace na temat propagacji sygnału wzdłuż łańcucha nanocząstek. Pierwsza [H55. W. Jacak, J. Krasnyj, J. Jacak, A. Chepok, L. Jacak, W. Donderowicz, D. Z. Hu, D. M. Schaadt, Undamped collective surface plasmon oscillations along metallic nanosphere chains. *J. Appl. Phys.* **108**, 084304 (2010)], ma 18 cytowań (w tym 8 autocytowań). W przybliżeniu faz chaotycznych rozpatrywane jest wzbudzenie plazmonów powierzchniowych w nanokulkach o średnicy od 20 do 120 nm za pomocą jednorodnego, zmiennego pola elektrycznego. Wyznaczono warunki bezstratnej propagacji dla łańcucha złożonego z kulek o określonej średnicy i odstępach między nimi dobranym do długości fali

propagującego się plazmonu. Druga praca [H51. W. A. Jacak, On plasmon polariton propagation along metallic nano-chain. *Plasmonics* **8**, 1317-1333 (2013)], mająca 7 cytowań (w tym 4 autocytowania), stanowi kontynuację poprzedniej. W łańcuchach złotych i srebrnych nanokulek stwierdzono istnienie modów nietłumionych pod warunkiem, że w polu bliskim mamy do czynienia ze sprzężeniem dipolowym. Sprzężenie dipolowe jest możliwe w sytuacji gdy kulki są idealnie sferyczne.

W jednotematycznym cyklu artykułów tworzących rozprawę habilitacyjną zwraca uwagę zespół prac poświęconych wykorzystaniu zjawisk plazmonowych w fotowoltaice. Osiem prac opublikowanych w latach 2012-16 dotyczy zjawisk plazmonowych zachodzących w cienkowarstwowych ogniwach słonecznych drugiej (typu CIGS na miedzi i selenkach indu  $\text{In}_2\text{Se}_3$  i galu GaSe) i trzeciej generacji. W tych ostatnich, rola inkluzji plazmonowych zanurzonych w półprzewodniku ogniwka polega na wzmocnieniu pola elektrycznego wokół nanocząstki, w której absorpcja wielu fotonów wywołuje kolektywne oscylacje elektronów. Wzmocnione pole elektryczne w polu bliskim nanocząstki podnosi prawdopodobieństwo przejścia elektronu z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa w materiale aktywnym ogniwka.

Ostatni artykuł z serii fotowoltaicznej [H41. W. Jacak + 11 współautorów, On the size dependence and spatial range for the plasmon effect in photovoltaic efficiency enhancement, *Solar Energy Materials and Solar Cells* (2015 impact factor = 4,93) **147**, 1-16 (2016)], zrobiony we współpracy z zespołem prof. Marka Godlewskiego z IF PAN w Warszawie i zespołem z Uniwersytetu Chang-Gung na Tajwanie, ma szczególną wartość. Praca zawiera analityczny wzór na prawdopodobieństwo przejścia elektronu z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa dzięki energii pochodzącej z wygaszania dipolowego plazmonu powierzchniowego, które zachodzi w polu bliskim nanocząstki metalu szlachetnego zawieszonyj w półprzewodniku. W pracy wykonano pomiary optyczne i elektryczne na ogniwie o konstrukcji: podkład Si typu p/ nanodrutu ZnO typu n/ dekoracja nanocząstkami Ag/ warstwa ZnO z nanowarstwą Al. Ponadto, przewidziano teoretycznie wzrost natężenia fotoprądu w krzemowym złączu pn wynikający z obecności złotych nanocząstek osadzonych na wejściowej warstwie Si typu p. Wzrost fotoprądu o czynnik od 1,5 do 2 w zakresie widmowym 450-550 nm okazał się zgodny z pomiarami wykonanymi w Paul-Drude Institute w Berlinie.

#### ***Pozycja w środowisku naukowym i zawodowym:***

Jedną z istotnych miar pozycji w środowisku naukowym jest ilość cytowań. Według bazy danych Web of Knowledge dnia 25 lipca 2016 roku prace Witolda Aleksandra Jacaka cytowano 123 razy. Według bazy danych Scopus dnia 25 lipca 2016 roku 94 prace Witolda Aleksandra Jacaka cytowano 180 razy a jego indeks Hirscha wynosił 7.

#### ***Ocena działalności dydaktycznej i popularyzacja nauki:***

Dr Jacak był promotorem 3 prac inżynierskich i 3 magisterskich oraz promotorem pomocniczym jednej rozprawy doktorskiej. Dwie prace magisterskie były wykonane na uczelniach zagranicznych. Był opiekunem studenckich staży naukowych w dziedzinie plazmoniki, komputerów kwantowych, kryptografii kwantowej i kwantowych stanów splątanych.

Dr Jacak prowadził na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki PWr szereg wykładów dla wyższych lat studiów. Wykładał między innymi mechanikę kwantową, elektrodynamikę, informatykę oraz kryptografię kwantowej i plazmonikę nanostruktur metalicznych. Do swoich wykładów opracował 4 skrypty (Informatyka kwantowa, Klasyczna i kwantowa kryptografia, Metody funkcji Greena, Plazmonika nanostruktur metalicznych). Te skrypty (1 autorski i 3 współautorskie) zostały wydane przez Politechnikę Wrocławską w ramach realizacji projektów strukturalnych.

Dr Jacak brał udział w projektach strukturalnych popularyzujących kryptografię kwantową w celu jej komercjalizacji oraz komputeryzację administracji państwowej.

#### ***Ocena działalności organizacyjnej:***

Dr Jacak był przedstawicielem Polski w Komitecie zarządzającym akcją COST MP1406 na temat Multiscale in modelling and validation for solar photovoltaics (MultiscaleSolar). Należy również do dwóch krajowych sieci badawczych: Laboratorium Fizycznych Podstaw Przetwarzania Informacji i Narodowego Laboratorium Technologii Kwantowych oraz jednej europejskiej Quantum Information Processing w VI i VII Programie Ramowym.

Jest współtwórcą Laboratorium Kryptografii Kwantowej w Katedrze Technologii Kwantowych na PWr.

#### ***Ocena współpracy naukowej***

Jest kierownikiem projektu Polska-Taiwan na temat: Plasmonics for Photovoltaics: Enhancement of Solar Cell Efficiency.

W latach 2012-2015 był kierownikiem projektu „Badanie radiacyjnych efektów plazmonów w metalicznych nanocząstkach i nieliniowa teoria kolektywnych plazmono-polarytonów w metalicznych nanomatrycach” finansowanego przez program Sonata Narodowego Centrum Nauki.

Był wykonawcą w kilku innych projektach badawczych finansowanych przez NCN.

Od 2002 roku współpracuje z Jurijem Krasnym z Wojskowej Akademii w Odessie, Andrejem Chepokiem z Narodowej Akademii Telekomunikacji w Odessie oraz z Danielem Schaadtem z Uniwersytetu Technicznego w Clausthal (dawniej w Instytucie Technologicznym w Karlsruhe).

#### ***Ocena ogólna:***

Po zapoznaniu się z całością dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dra inż. Witolda Aleksandra Jacaka pragnę wyrazić uznanie dla jego osiągnięć. Uważam, że jego dorobek w dziedzinie plazmoniki i fotowoltaiki jest oryginalny i niezwykle wartościowy. Stwierdzam, że spełnione są wymogi Art. 16 ustawy o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki i wnoszę do Rady Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie Go do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.