



**Prof. dr hab. Bogdan Bułka**  
**Instytut Fizyki Molekularnej PAN**

ul. Mariana Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań  
E-mail: [bulka@ifmpan.poznan.pl](mailto:bulka@ifmpan.poznan.pl); tel. 61 8695-152

---

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i działalności  
popularyzującej naukę  
dra inż. Macieja Wołoszyna  
w sprawie postępowania habilitacyjnego

Pan Maciej Wołoszyn w roku 2000 ukończył studia fizyki technicznej i uzyskał tytuł magistra inżyniera na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Rozprawę doktorską pt. „Badanie struktury elektronowej w nieuporządkowanych układach niskowymiarowych” obronił on w roku 2005 na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, a promotorem był prof. dr hab. Andrzej Maksymowicz. Po doktoracie przez rok pracował jako asystent, i jako adiunkt pracuje do dziś na tym samym wydziale.

**Ocena osiągnięć naukowo - badawczych habilitanta**

**Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego**

W okresie dwunastu lat po doktoracie dr inż. Maciej Wołoszyn opublikował 35 prac w czasopiśmie ujętych w bazie JCR, i 2 prace nie ujęte w bazie JCR. **Za podstawę postępowania habilitacyjnego uznał On osiągnięcia naukowe pt.**

**”Symulacje komputerowe transportu elektronowego w nanostrukturach  
niejednorodnych”,**

**na które składa się 8 opublikowanych prac: 2 w Physical Review B (H1, H8) – czasopiśmie o wysokiej randze naukowej, oraz po jednej w czasopiśmie o średniej randze naukowej: The European Physical Journal B (H2), Journal of Computational Electronics (H3), Journal Applied Physics (H4), Journal of Physics: Condensed Matter (H5), Physica E (H6), Physica Status Solidi RRL (H7).**

Wszystkie osiem publikacji to prace zbiorowe. Ustawa mówi, że habilitant winien posiadać osiągnięcia naukowe stanowiące znaczący indywidualny wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej. Z oświadczeń współautorów wnioskuję, że habilitant miał zasadniczy, wiodący wkład w czterech publikacjach H2, H4, H5 i H8, a we wszystkich ośmiu, prowadził obliczenia. Indywidualny jego wkład w czterech pracach jest różny, w szczególności na

ważnym etapie formułowania problemu naukowego, oraz w końcowej fazie interpretacji wyników i redakcji publikacji. Dr hab. B. J. Spisak, jest współautorem we wszystkich ośmiu publikacjach; jest on pierwszym autorem pracy H1, i w oświadczeniu pisze: „*uczestniczyłem w planowaniu opisanych badań oraz analizie i dyskusji otrzymanych wyników, a także napisałem dużą część tekstu manuskryptu*”. Podobnie opisuje B. J. Spisak własny wkład do publikacji H2, oraz w H3. Habilitant uznaje swój wkład (procentowo) jako dominujący w większości zgłoszonych publikacji. Szkoda, że nie powstała monoautorska publikacja dra M. Wołoszyna, która jednoznacznie pokazywałaby jego samodzielność naukową.

Prace rozprawy dotyczą wpływu efektu Starka, czyli pola elektrycznego, na transport elektronowy przez nanoukłady o niejednorodnej strukturze (publikacje H1, H2, H3), przez heterostrukturę w nanodrucie modelowaną przez podwójną barierę tunelową (H4, H7, H8) oraz przez przewężenie w nanodrucie (H5, H6).

Pierwsze trzy publikacje H1, H2 i H3 to poszerzenie tematyki badawczej z doktoratu i dotyczą zagadnień lokalizacji elektronów w układach niejednorodnych w obecności pola elektrycznego. Problemy lokalizacji w układach niejednorodnych są badane od dłuższego czasu, przez kilka dekad od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. **Prace dra M. Wołoszyna poruszają nowy interesujący aspekt lokalizacji elektronów w obecności pola elektrycznego, w tym modyfikacje drabiny Wanniera-Starka przez nieregularną, aperiodyczną strukturę.** W pracy H1 pokazano zmiany struktury elektronowej wraz z polem elektrycznym i związane zmiany lokalizacji, wyraźnie widoczne przy anty-crossingu poziomów. Praca H2 opisuje wpływ pola elektrycznego na strukturę multifrakalną funkcji falowych w jednowymiarowym układzie studni potencjału o quasi-periodycznym rozkładzie generowanym przez ciąg Fibonacciego. Kolejna z prac, H3, porusza problem dynamiki lokalizacji funkcji falowych w układzie aperiodycznym. Problem ten jest odmienny od poprzednich rozważań lokalizacji Andersona, bo dotyczy zagadnień dyfuzji (sub-dyfuzji). Stosowana była podobna metoda, formalizm funkcji Wignera, do analizy ewolucji czasowej gaussowskich pakietów falowych w przestrzeni fazowej. **Prace te były cytowane przez innych autorów 5 razy, czyli niezbyt licznie.**

Publikacje H4, H7 i H8 prezentują badania rezonansowego tunelowania przez podwójną barierę tunelową, tj. przez studnię potencjału. Jest to fundamentalny problem mechaniki kwantowej, niezmiernie ważny dla zrozumienia działania rezonansowej diody tunelowej (RTD), szeroko opisaney w wielu podręcznikach, również kontekście modelowania układów CMOS czy MOSFET. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku miniaturyzacja układów scalonych osiąga skalę nanometrów, i modelowanie wymagało kwantowego podejścia do transportu elektronów, w szczególności transportu balistycznego przez nanoukłady.

Opublikowano bardzo wiele prac i książek na ten temat. Pamiętam pracę S. Datta i M.S. Lundstroma [Superlattice Microstructure 23, 771 (1998)]; ciekawa jest praca S.E. Lauxa i innych [J. Applied Physics 95, 5545 (2004)] prezentująca modelowanie przepływu prądów w złożonych, o różnej geometrii elementów nanoelektronicznych, biorąc pod uwagę akumulację ładunku i zmiany potencjału elektrostatycznego, oraz pokazując charakterystyki MOSFET'ów, nanofalowodów, a także nanodrutów z przewężeniem (jak rozważanych w H5 i H6). Zę względu na liczną literaturę recenzent ma niełatwe zadanie określenia oryginalności i nowości w badaniach prowadzonych przez Habilitanta.

Praca H4 to jest rozwinięcie problematyki wcześniej badanej przez prof. J. Adamowskiego [A. Sowa-Rykowska and J. Adamowski, Phys. Rev. B 82, 195311 (2010)]. Praca H4 jest zgrabnie napisana i prezentuje badania rezonansowego tunelowania przez studnię potencjału, w zależności od szerokości studni. Wiadomo, że ze wzrostem szerokości studni pojawiają się kolejne stany związane w oknie transportowym i widoczne będą w rezonansowych charakterystykach prądowych. **Zaletą tych badań jest użycie realistycznego modelowania z parametrami dla InAs nanodrutów z barierami tunelowymi wykonanymi z InP. Naturalnie nasuwa się sugestia połączenia modelowania z badaniami eksperymentalnymi. Praca cytowana przez innych autorów 8 razy, co jest dobrym wynikiem** (biorąc pod uwagę krótki czas po publikacji).

W pracy H4 założono idealistyczny jednorodny rozkład pola elektrycznego, czyli zaniedbano zmiany potencjału związane z akumulacją ładunku czy ekranowaniem ładunku. Praca H7 zawiera bardziej realistyczne podejście w oparciu o samozgodny formalizm Schrodingera-Poissona i obliczenia transportu balistycznego. Takie podejście jest znane, np. z wielu prac S. Datta dla bardzo podobnych układów, patrz też D. K. Ferry and S. M. Goodnick, *Transport in Nanostructures*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997. Tutaj **autorzy przyjęli realistyczny model dla nanodrutu GaN/AlGaIn i pokazali, że potencjał korelacyjno-wymienny w istotny sposób modyfikuje transport przez nanodrut.** Analizowano także szum śrutowy, jednak badania te mają niewielkie znaczenie, bo obliczenie opierają się o formułę Levitova-Lesovika, która ma jedynie zastosowanie do przypadku nieoddziałujących elektronów, i nie ma zastosowania do rozważanego przypadku.

Kolejna praca z tej serii, **H8, wprowadza w sposób fenomenologiczny termalizację elektronów w obliczeniach kwantowego transportu elektronowego w oparciu o kinetyczne równanie Wignera. Podejście to jest identyczne do wcześniejszej metody Datta i Lundstroma [R. Venugopal, i inni, J. Applied Physics 93, 5613, (2003)] wykorzystanej w obliczeniach balistycznego transportu.** Opisana metoda to najciekawszy element publikacji H8, do jego autorstwa przyznają się w oświadczeniach obaj autorzy: M Wołoszyn i B. J. Spisak.

W pracy H5 modelowano nanodrut wykonany z InAs z przewężeniem w podłużnym polu magnetycznym (uwzględniono kwantowanie i powstawanie stanów Focka-Darwina, ale

zaniedbano rozszczepienie Zeemana) oraz w jednorodnym polu elektrycznym (pomijając ekranowanie i efekt akumulacji ładunku). Obliczenia były prowadzone dla transportu balistycznego, wg. formuły Landauera-Buttikera, sumując transmisje przez wszystkie aktywne mody. Wraz ze wzrostem różnicy napięcia źródło-dren w transporcie włączają się kolejne mody, a badany układ zachowuje się jako wielopoziomowa rezonansowa dioda tunelowa (RTN), dla której charakterystyka prądowo-napięciowa jest złożeniem wielu pojedynczych charakterystyk RTN. Ponadto stany elektronowe (mody poprzeczne) na początku przewężenia i jego końcu mają odmienną zależność od pola magnetycznego. W efekcie **charakterystyki prądowo-napięciowe takiego układu są modyfikowane ze wzrostem pola magnetycznego; mocno zmienia się magnetoopór, który może być nawet ujemny w zakresie negatywnego oporu różniczkowego (NDR). Jednak dla realistycznego opisu należałoby przeprowadzić samozgodne obliczenia w oparciu o równanie Poissona, jak to prowadzono o w pracy H6, czy pracach S. Datta [np. M. McLennan, i inni, Phys. Rev. B 43, 13 846 (1991)], gdzie pokazano, że profil potencjału może być daleko różny od liniowej jednorodnej rampy potencjału założonej w H5. Uważam, że to jest najciekawsza praca, najbardziej znaczące odkrycie Habilitanta.**

W pracy H6 kontynuowane są badania dla nanodrutu InSb z przewężeniem wytworzonego w kierunku [111]. Model uwzględnia rozszczepienie Zeemana oraz spin-orbita, ważne w InSb. W odróżnieniu od poprzednich rozważań, tutaj założono małe napięcie źródło-dren, wtedy wpływ pola elektrycznego jest zaniedbywalny i nie ma efektu Starka. Ciekawe zależności magnetooporu występują kiedy stan związany znajdzie się w pobliżu poziomu Fermiego, czyli dla rezonansowego przewodnictwa. Wtedy rozszczepienie Zeemana stanów o przeciwnych kierunkach spinu znacząco zmienia transport przez te kanały. Praca szczegółowo analizuje magnetoopór w nanodrucie w zależności od geometrii przewężenia (od promienia i długości). Trudno zgodzić się z konkluzją autorów, że takie układy posłużą do praktycznych zastosowań - dużo za duże pola magnetyczne jest wymagane do ich działania

#### **Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych habilitanta**

Dr inż. M. Wołoszyn ma w swoim dorobku po doktoracie 35 publikacji współautorskich, w tym 4 prace w czasopismach o wysokiej randze naukowej: 3 w Physica Review B i 1 w Applied Physics Letters; 19 prac w czasopismach o średniej randze naukowej: 5 w Semicond. Sci. Technol., 4 w J. Appl. Phys., 2 w Eur. Phys. J. B, 2 w Physica E i po jednej w Phys. Status Solidi RRL, J. Comput. Electron., J. Phys. Condens. Matter., J. Supercond. Nov. Magn, Physica A; J. Non-Cryst. Solids, oraz licznie publikował, 11 razy, w Acta Physica Polonica A czasopiśmie o niższej randze naukowej. W całym tym okresie pracuje razem z drem hab. B. J. Spisakiem realizując zadania badawcze w zakładzie kierowanym przez prof. J. Adamowskiego.

- 1) Jednym z Jego zadań były studia teoretyczne różnych aspektów transportu przez rezonansową diodę tunelową (RTD), np. efektu negatywnego oporu różniczkowego (NDR), czy bistabilności prądowej w RTD.
- 2) Habilitant wspomagał badania filtrów spinowych i generatorów spinowo spolaryzowanego prądu w heterostrukturach półprzewodnikowych ZnBeSe/ZnMnSe oraz GaN/GaMnN.
- 3) W ostatnim okresie uczestniczył On w badaniach transportu zależnego od spinu analizując rolę oddziaływania spin-orbita w różnych układach, np. nanorurce, trójelektrodowej strukturze kształcie litery Y połączonej przez kontakt punktowy, czy w helikalnym polu magnetycznym.

Jego parametry bibliometryczne są na średnio-niskim poziomie: Sumaryczny impact factor według listy JCR wszystkich Jego publikacji wynosi 55,42; liczba cytowań publikacji według bazy WoS wynosi 131, a 74 bez autocytowań; indeks Hirscha  $H = 6$ .

Habilitant był (2012–2015) wykonawcą w projekcie NCN Opus 2 kierowanym przez J. Adamowskiego, oraz wykonawcą (2009-2011) w projekcie środowiskowym fundowanym przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach Międzynarodowych Programów Doktoranckich i Funduszy Strukturalnych. Brał on też udział w programie COST, ale nie podano bliższych danych: kiedy, w jakiej roli. **Dr inż. M. Wołoszyn nie był kierownikiem projektu badawczego. A szkoda, bo wygranie konkursu grantowego i zdobycie funduszy na własne badanie pokazuje uznanie środowiska dla osiągnięć i działalności naukowej, stanowi certyfikat potwierdzający samodzielność naukową.**

Dr inż. M. Wołoszyn brał udział kilkunastu konferencjach, jednak tylko 4 razy miał prezentacje ustne, w tym jedynie dwie na konferencjach za granicą.

**Dr M. Wołoszyn nie odbył stażu naukowego w ośrodku zagranicznym ani w krajowym.** Był On na krótkich wizytach w Liege i Ratyzbnie (łącznie 18 dni). Współpracował On z prof. D. Staufferem (Instytut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet w Kolonii) oraz prof. K. Kułakowskim (AGH) w badaniach socjologicznych, poświęconym symulacjom dynamiki opinii oraz sieci społecznych.

Za osiągnięcia naukowe był Habilitant wyróżniany przez Rektora AGH 4 razy nagrodą drugiego stopnia, i 3 razy nagrodą trzeciego stopnia.

## **Ocena działalności dydaktycznej oraz popularyzującej naukę**

Działalność dydaktyczna dra inż. M. Wołoszyna jest typowa dla pracownika uczelni. Prowadził On w większości zajęcia z informatyki, oraz dawno temu zajęcia z fizyki I i fizyki II na kierunku Mechatronic Engineering Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotroniki AGH. Był On promotorem 15 prac magisterskich i 27 prac inżynierskich (nie wiem czy były to prace

dypłomowe z fizyki czy z informatyki), wiele recenzował prac magisterskich i inżynierskich, a obecnie jest promotorem pomocniczym doktoranta.

Z działalności popularyzującej naukę Habilitant jedynie wymienia: dwukrotne członkostwo w Komitecie organizacyjnym Ogólnopolskiego Konkursu na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki organizowanego przez PTF.

## **PODSUMOWANIE OCENY**

Dr inż. Maciej Wołoszyn za osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego wybrał 8 monotematycznych prac, opublikowanych w czasopiśmie o wysokiej i średniej randze naukowej. Publikacje te są wieloautorskie i w większości z nich Habilitant miał znaczący indywidualny wkład, ale w kilku przypadkach miałem trudności z jednoznacznym określeniem Jego roli. Prace H5 i H6 prezentują badania nanodrutów z przewężeniem wykonanych z InAs i InSb, badania które stanowią znaczący wkład do dziedziny. Pokazano w nich ciekawe charakterystyki prądowo-napięciowe, magnetoopór który mocno zmienia się wraz z polem magnetycznym, może być też ujemny w zakresie negatywnego oporu różniczkowego. Ciekawy aspekt badań podstawowych zaprezentowano w pracy H1 i H2, a mianowicie lokalizację elektronów w niejednorodnych nanostrukturach w polu elektrycznym. Dr inż. M. Wołoszyn uczestniczył w badaniach prowadzonych w zakładzie prof. J. Adamowskiego; opublikował jeszcze 27 publikacji, jednak Jego rola była pomocnicza.

Inna działalność naukowa i organizacyjna dra inż. M. Wołoszyna jest skromna. Nie był On kierownikiem projektu badawczego. Nie był On na stażu naukowym, współpracował jedynie z członkami zakładu (poza krótkim epizodem współpracy w badaniach socjologicznych). Jego parametry bibliometryczne są na średnio-niskim poziomie. Brał On udział w kilkunastu konferencjach, jednak miał jedynie 2 wystąpienia ustne wygłoszone za granicą.

Dr inż. M. Wołoszyn prowadził głównie zajęcia z informatyki, w wymiarze typowym dla pracownika uczelni. Był On promotorem bardzo wielu prac magisterskich i licencjackich (nie wiem czy z fizyki czy z informatyki).



Poznań, 26 listopada 2018 r.