

Gliwice, 12 lutego 2016.

prof. dr hab. inż. Jacek SZUBER  
Instytut Elektroniki  
Politechniki Śląskiej  
Gliwice

## RECENZJA

**dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego  
Pani dr hab. Ewy POPKO  
w postępowaniu o nadanie tytułu naukowego profesora nauk fizycznych**

### Opis drogi zawodowej

Pani Ewa POPKO jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym w Katedrze Technologii Kwantowych na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Stopień magistra fizyki uzyskała w 1975 r. na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego na podstawie pracy magisterskiej pt. „*Badanie powierzchni Fermiego Co domieszkowanego Fe*”.

Po zatrudnieniu w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej w początkowym okresie działalności naukowej Pani Ewa POPKO zajmowała się głównie tematyką z obszaru fizyki półprzewodników, w tym m.in. charakteryzacją właściwości elektrycznych detektorów półprzewodnikowych na bazie związków grupy  $A_{II}B_{VI}$ , w tym trójskładnikowego kryształu  $Cd_{1-x}Hg_xTe$ , a w późniejszym okresie - czteroskładnikowego kryształu  $Hg_{1-x-y}Cd_xMn_yTe$ . Wyniki przeprowadzonych badań tych obiektów przedstawiła m.in. w postaci cyklu 11 publikacji naukowych w renomowanych czasopismach naukowych z bazy Journal Citation report (JCR) - Lista Filadelfijska. Wybrana część wyników tych badań stanowiła też podstawę jej rozprawy doktorskiej pt. „*Zjawiska transportu prądu przez złącze p-n  $Cd_{1-x}Hg_xTe$* ”, którą przedstawiła Radzie Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej, uzyskując w 1985 r. stopień naukowy doktora nauk fizycznych. Za tę pracę została nagrodzona w 1986 r. Indywidualną Nagrodą MNSWiT.

Doświadczenie zdobyte w trakcie badań złączy na bazie  $Cd_{1-x}Hg_xTe$  Pani Ewa POPKO wykorzystwała w kolejnych latach swojej działalności naukowej do charakteryzacji złączy półprzewodnikowych na bazie związków grupy  $A_{III}B_V$ , w tym trójskładnikowego  $GaAs_{1-x}Sb_x$ , oraz złączy prostujących metal - półprzewodnik wykonanych na bazie związku  $Zn_3P_2$ . Efekty tych badań zostały przedstawione m.in. w cyklu 4 kolejnych publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR. W tym samym okresie Pani Ewa POPKO przeprowadziła również badania długość drogi dyfuzji w materiale  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  stosowanym jako podłoże dla złączy pn na bazie  $Hg_{1-x-y}Cd_xMn_yTe$ , z wykorzystaniem spektroskopii fotonapięcia powierzchniowego (SPS). Wyniki tych badań przedstawiła m.in. w kolejnej publikacji naukowej z bazy JCR.

W następnych latach Pani Ewa POPKO zainteresowała się bliżej tematyką defektów zarówno w objętości materiałów półprzewodnikowych jak i na ich międzypowierzchniach, które w bardzo dużym stopniu decydują o jakości wykonanych na ich bazie urządzeń półprzewodnikowych. W badaniach tych wykorzystwała głównie metodę spektroskopii niestacjonarnej pojemności (Deep Level Transient Spectroscopy – DLTS), która pozwala na określenie podstawowych parametrów głębokich defektów występujących w półprzewodniku.



W pierwszym etapie tych badań rozpoczęła charakteryzację defektów występujących w materiałach, którymi się wcześniej zajmowałam, tj. CdTe oraz  $Cd_{1-x}Mn_xTe$ , domieszkowanych In, Ga i Al, o różnych składach molowych zawartości Cd. Wyniki tych badań zostały przedstawione w cyklu 7 kolejnych publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR, oraz podsumowane w II części (w rozdz.7.3) jej monografii habilitacyjnej pt. „Spektroskopia defektów metastabilnych. Centra DX w  $Cd_{1-x}Mn_xTe$ ”. W kolejnym etapie Pani Ewa POPKO zajęła się z kolei badaniami kryształów  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  pod kątem występowania trwałych fotoefektów, za które są odpowiedzialne tzw. centra DX, których źródłem w tych materiałach są zwykle pierwiastki tradycyjnie stosowane jako tzw. płytkie domieszki. Analiza kinetyki trwałych fotoefektów pozwoliła jej na wyznaczenie energii fotojonizacji centrów DX. Efekty tych badań zostały przedstawione w cyklu 4 kolejnych publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR, oraz stanowiły główną część jej w/w monografii habilitacyjnej, którą przedstawiła Radzie Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej, uzyskując w 2005 r. stopień naukowy doktora habilitowanego nauk fizycznych.

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę, że w międzyczasie, od 1994 r. Pani Ewa POPKO zajmowała się również, przy współpracy z Instytutem Fizyki Uniwersytetu w Kopenhadze (Dania) w ramach Programu TEMPUS, badaniami wybranych związków grupy  $A_{III}B_V$  ( $GaAs$  i  $Al_xGa_{1-x}As$ ), które są stosowane do wytwarzania heterostruktur, na bazie których wykonuje się m.in. tranzystory MODFET i HBT, a także diody elektroluminescencyjne LED, oraz detektory promieniowania. Wyniki przeprowadzonych badań, głównie metodą DLTS, zostały opisane w cyklu kolejnych 4 publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR. Kilka lat później (1998) Pani Ewa POPKO nawiązała też współpracę z prof. Natalią Mininą z Uniwersytetu Moskiewskiego (Rosja) w ramach umowy międzyrządowej w zakresie badań  $Al_xGa_{1-x}As$  typu p, ale wyniki tych badań nie zostały jednak opublikowane.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego Pani Ewa POPKO znacznie poszerzyła obszar swoich zainteresowań naukowych.

W początkowym okresie (2005-2009) przedmiotem zainteresowań naukowych Pani dr hab. Ewy POPKO były m.in. zagadnienia kinetyki fotoefektów w trójskładnikowym związku  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  domieszkowanym In i Ga. Wyniki tych badań zakończyły się m.in. pracą doktorską Pani Justyny Trzmiel (2007), ale były też przedmiotem cyklu 6 kolejnych publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR. Kolejnym obszarem zainteresowań Pani dr hab. Ewy POPKO w tym okresie, przy współpracy z prof. Grzegorzem Karczewskim z Instytutu Fizyki PAN w Warszawie, były także struktury niskowymiarowe, w tym złącza Schottkiego metal-ZnTe z kropkami kwantowymi CdTe, m.in. w ramach grantu KBN. Wyniki badań tych struktur metodą DLTS, oraz metodami impedancyjnymi zostały opisane w cyklu 4 kolejnych publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR, a także były przedmiotem kolejno pracy dyplomowej (2008), a następnie pracy doktorskiej (2012) Pani Euniki Zielony, która powiększyła grono zespołu badawczego Pani dr hab. Ewy POPKO. Co istotne, w ostatnich latach, ze względu na istotne wzbogacenie zaplecza badawczego, udało się zastosować nowe komplementarne techniki pomiarowe do badań struktur ZnTe z nanokropkami CdTe, w tym m.in. mikroskopię sił atomowych (AFM), spektroskopię Ramana (RS), a także spektroskopię fotoluminescencji (PL) w szerokim zakresie temperaturowym. Wyniki tych badań zostały opisane w cyklu 3 kolejnych publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR.



Następnym obszarem zainteresowań Pani dr hab. Ewy POPKO w okresie 2005-2009 były defekty w półprzewodnikach skompensowanych, które charakteryzowała metodą termicznie stymulowanego prądu (TSC), która jest techniką alternatywną do metody DLTS. Badania te, przy współpracy m.in. z prof. J. Wróblem z Uniwersytetu Missouri w Kansas City (USA) zaowocowały m.in. wspólną publikacją w czasopiśmie z bazy JCR. Następną techniką alternatywną do metody DLTS, którą Pani dr hab. Ewa POPKO zastosowała do charakteryzacji defektów w strukturach półprzewodnikowych, była metoda spektroskopii impedancyjnej (IS), która pozwalała na wgląd w mechanizmy generacji i rekombinacji nośników także na poziomie mikroskopowym. Metoda ta zastosowana do badania struktur półprzewodnikowych metal-CdTe oraz niskowymiarowych ZnTe z kropkami CdTe pozwoliła na uzyskanie nowych ciekawych wyników, które zostały przedstawione m.in. w postaci kolejnej publikacji naukowej w czasopiśmie z bazy JCR.

W kolejnym okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego (2009-2015) obszar zainteresowań naukowych Pani Ewy POPKO jeszcze bardziej się poszerzył. Miało to bezpośredni związek ze znacznym wzbogaceniem zaplecza badawczego w ramach realizacji projektu Narodowego Laboratorium Technologii Kwantowych (NLTK), w trakcie której zorganizowała ona Laboratorium Fotowoltaiki w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej. Laboratorium to dysponuje bardzo nowoczesną infrastrukturą badawczą umożliwiającą rozwinięcie szerokiego wachlarza badań półprzewodników i struktur półprzewodnikowych metodami m.in. spektroskopii ramanowskiej (RS), mikroskopii sił atomowych (AFM), spektroskopii wydajności kwantowej w szerokim zakresie spektralnym, oraz spektroskopii optycznej w szerokim zakresie temperatury. Pozwoliło to Pani dr hab. Ewy POPKO poszerzyć zakres zainteresowań naukowych o badania m.in.:

- struktur półprzewodnikowych na bazie GaN, przy współpracy z Instytutem Wysokich Ciśnień PAN oraz z Instytutem Fizyki PAN w Warszawie; efekty tych prac zostały przedstawione m.in. w postaci cyklu kolejnych 6 publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR,
- struktur fotowoltaicznych na bazie  $\text{GaAs}_{1-x}\text{N}_x$  oraz  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-x}\text{N}_x$ , przy współpracy z laboratorium technologicznym Wydziału Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej; efektem tych badań jest m.in. kolejna publikacja naukowa w czasopiśmie z bazy JCR,
- struktur półprzewodnikowych na bazie ZnO do zastosowań fotowoltaicznych, przy współpracy z grupą prof. Marka Godlewskiego z Instytutu Fizyki PAN w Warszawie, w zakresie wykorzystania nanosłupków ZnO w celu zwiększenia sprawności fotoogniwn na bazie n-ZnO/p-Si, oraz z zespołem prof. Liann-Be Changa z Uniwersytetu Chang-Gung (CGU) na Tajwanie, w zakresie badań wpływu efektu plazmonowego występującego w przypadku struktur fotowoltaicznych nanocząstkami metalicznymi (Ag i Au) także w celu zwiększenia sprawności fotoogniwn; efekty tych prac zostały przedstawione m.in. w postaci cyklu kolejnych 3 publikacji naukowych w czasopismach z bazy JCR
- defektów oraz właściwości fotoelektrycznych fotoogniwn CdTe/ZnTe, wytwarzanych w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie metodą epitaksji z wiązki molekularnej (MBE), których celem jest określenie wpływu parametrów technologicznych wytwarzania fotoogniwn na ich parametry użytkowe i ustalenie optymalnych parametrów technologicznych, tak jak i w przypadku innych struktur - pod kątem zastosowania w fotowoltaice. Są one prowadzone w ramach grantu MNiSW Juventus Plus przez dr inż. Eunikę Zielony; efektem tych prac jest już m.in. kolejna publikacja naukowa w czasopismach z bazy JCR,



- fotodiod oraz diod LED na bazie heterozłączy ZnO/Si, przy współpracy z zespołem prof. Adriana Kozaneckiego z Instytutu Fizyki PAN w Warszawie, pod kątem optymalizacji parametrów technologicznych w celu uzyskania fotodiod pracujących w zadanym zakresie spektralnym (UV, VIS) oraz białych diod elektroluminescencyjnych; efekty tych prac zostały przedstawione m.in. w postaci cyklu 2 kolejnych publikacji naukowych w czasopiśmie z bazy JCR,
- diod LED DUV na bazie GaN, również przy współpracy z prof. Liann-Be Changa z Uniwersytetu Chang-Gung (CGU) na Tajwanie, których celem jest wytworzenie diod elektroluminescencyjnych na bazie hGaN emitujących światło w zakresie dalekiego ultrafioletu (DUV),
- szkielec, przy współpracy z prof. Witoldem Rybą-Romanowskim z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu, których celem jest sprawdzenie możliwości konwersji światła w szklach germanianowych, tellurowych i krzemianowych, które są poddawane działaniu światła z lasera femtosekundowego i nanosekundowego, a w szczególności ustalenie optymalnych parametrów technologicznych wytwarzania tych szkielec pod kątem zastosowania w tzw. up-konwersji, mającej potencjalne zastosowanie w fotowoltaice.

W końcowej części Autoreferatu, w rozdziale VII, Pani dr hab. Ewa POPKO podsumowała najważniejsze jej zdaniem osiągnięcia naukowe dotyczące jej zainteresowań naukowych i związanych z nimi badań naukowych, których była pomysłodawcą, a które zostały podjęte i zrealizowane z udziałem 4 doktorantów i 2 dyplomantów. Ich wspólnym mianownikiem była próba uzyskania nowych informacji na temat wpływu defektów na pracę wybranych przyrządów półprzewodnikowych. Wyniki tych badań zostały przedstawione w postaci cyklu 11 publikacji naukowych w renomowanych czasopiśmie naukowych z bazy JCR, które zostały wydzielone z wykazu wszystkich jej publikacji naukowych zestawionych w poprzedniej części Autoreferatu.

### **Dorobek naukowy**

Pani dr hab. Ewa POPKO może się poszczycić poważnym dorobkiem naukowym, głównie w obszarze fizyki ciała stałego. Zgodnie z bazą DONA Politechniki Wrocławskiej z dn. 16.10.2015 kandydatka jest współautorką ogółem 167 publikacji, w tym 135 publikacji naukowych, 3 prac popularno-naukowych i 28 prac nieopublikowanych, z czego 60 pozycji dotyczy okresu po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego. Niestety przygotowany wykaz jest mało czytelny gdyż w jednym ciągu zostały zamieszczone publikacje w renomowanych czasopiśmie naukowych z bazy JCR (od najnowszych do najstarszych) wymieszane jednocześnie z komunikatami w materiałach konferencji naukowych, a także referatami lub komunikatami przedstawionymi na konferencjach naukowych. Po szczegółowym przejrzeniu tego wykazu udało mi się ustalić, że Pani dr hab. Ewa POPKO ma w swoim dorobku naukowym po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego łącznie 41 publikacji naukowych w czasopiśmie z bazy JCR, natomiast przed uzyskaniem tego stopnia może się ona wykazać łącznie 39 publikacjami w czasopiśmie naukowych o zasięgu międzynarodowym, ale z niejasnych powodów tylko dla części z nich (17) opublikowanych w okresie 1996-2004 podała ich Impact Factor z bazy JCR.



Zgodnie z informacjami zawartymi w Autoreferacie dotychczasowe publikacje naukowe Pani dr hab. Ewy POPKO były zgodnie z bazą ISI Web of Science cytowane 83 razy (bez autocytowań), przy Indeksie Hirscha wynoszącym 6. Liczby te są dla mnie trochę dziwne biorąc pod uwagę fakt, że Pani dr hab. Ewa POPKO jest współautorką blisko 80(!) publikacji naukowych w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, z czego istotna ich część została opublikowana w czasopiśmie o wysokim Impact Factor, które stanowią zwykle naturalne źródło dużej liczby cytowań. Wspomniany Indeks Hirscha świadczy bowiem o tym, że tylko 6 jej publikacji naukowych było przedmiotem szerszego zainteresowania w międzynarodowej przestrzeni badawczej.

O dużej aktywności naukowej Pani dr hab. Ewy POPKO po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego świadczy również jej aktywny udział w 11 konferencjach naukowych, głównie międzynarodowych, w trakcie których przedstawiła łącznie 24 referaty lub komunikaty. Ponadto była ona współautorem 56 prezentacji plakatowych na kilkunastu konferencjach naukowych. Wygłosiła też 2 referaty naukowe w innych jednostkach naukowych, oraz jest współautorką 3 artykułów popularno-naukowych.

Bardzo istotnym osiągnięciem Pani dr hab. Ewy POPKO w ramach działalności naukowej była jej silna współpraca naukowa z 7 zagranicznymi ośrodkami naukowymi w Europie (Anglia, Dania, Niemcy, Rosja), w Azji (Taiwan) i USA, oraz z 5 krajowymi ośrodkami naukowymi, co zostało już częściowo opisane w pierwszej części mojej recenzji. W ramach współpracy z zagranicą odbyła ona też kilka staży naukowych, w tym 2 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego, odpowiednio w Niemczech i w USA. Należy również zwrócić uwagę, że po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego Pani Ewa POPKO brała udział w realizacji 4 krajowych oraz 3 międzynarodowych projektów badawczych, w większości których była głównym wykonawcą. Pani dr hab. Ewa POPKO była ponadto recenzentem 22 publikacji naukowych w 6 czasopiśmie z bazy JCR, a także recenzentem 2 grantów Narodowego Centrum Nauki. Była ponadto członkiem Zespołu Ekspertów do oceny realizacji projektu w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Aktualnie Pani dr hab. Ewa POPKO kieruje kilkusobowym zespołem badawczym w Laboratorium Fotowoltaiki w Katedrze Technologii Kwantowych, w skład którego wchodzi 5 pracowników naukowo-dydaktycznych ze stopniem naukowym dr inż., 2 doktorantki, oraz 6 dyplomantów realizujących projekty inżynierskie oraz prace dyplomowe magisterskie.

### **Dorobek dydaktyczny**

Pani dr hab. Ewa POPKO może się również wykazać poważnym dorobkiem dydaktycznym, zwłaszcza w zakresie kształcenia młodej kadry. Była promotorką 4 rozpraw doktorskich, z których 2 zostały wyróżnione. Była ponadto recenzentką 2 rozpraw habilitacyjnych i 6 rozpraw doktorskich, a także recenzentką ponad 30 prac inżynierskich i magisterskich studentów Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej na kierunkach Fizyka, Fizyka Techniczna i Optyka. Ponadto była recenzentką 6 wniosków o stypendia, a w kolejnym kroku – raportów ze stypendiów studentów Studiów Doktoranckich Politechniki Wrocławskiej w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.

W ramach swojej podstawowej działalności dydaktycznej Pani dr hab. Ewa POPKO prowadziła m.in. wykłady, głównie z podstaw fizyki. W ostatnich latach, przy współpracy z dr. Zbigniewem Gumiennym, utworzyła kilka laboratoriów specjalistycznych i prowadziła zajęcia w tych laboratoriach, oraz wykłady towarzyszące tym zajęciom laboratoryjnym dla studentów Fizyki, Fotoniki, Optyki i nanoinżynierii na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki, oraz dla studentów Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. W ostatnich latach Pani dr hab. Ewa POPKO prowadziła też w języku angielskim wykłady z przedmiotu Physics dla



studentów Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, oraz zajęcia Laboratory of Condensed Matter przeznaczone dla studentów kierunku Physics na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki. W ostatnich latach prowadziła ponadto zajęcia dydaktyczne dla studentów studiów niestacjonarnych w Uczelni Zawodowej Zagłębia Miedziowego w Lubinie, w tym wykłady, ćwiczenia audytoryjne oraz laboratoria, do których przygotowała odpowiednie pomoce dydaktyczne. Pani dr hab. Ewa POPKO przygotowała również pomoce dydaktyczne w formie e-laerningu, m.in. e-skrypt „Fizyka odnawialnych źródeł energii” (w postaci pliku Power Point), ale jej najważniejszym osiągnięciem w zakresie przygotowania materiałów dydaktycznych jest nagranie, we współpracy z TV studencką STYK przy Politechnice Wrocławskiej, 82 krótkich odcinków wykładu z kursu Fizyka I, oraz 16 doświadczeń fizycznych wraz z ich interpretacją. Pani dr hab. Ewa POPKO wygłosiła też szereg wykładów w ramach działalności popularyzującej naukę, m.in. w ramach Dolnośląskiego Festiwalu Nauki. Była też członkiem jury Międzyszkolnego Konkursu Fizycznego organizowanego przez X LO we Wrocławiu. Ponadto kilkakrotnie prowadziła stacjonarny kurs przygotowawczy dla kandydatów na Politechnikę Wrocławską, oraz kurs przygotowawczy dla studentów z Chińskiej Republiki Ludowej. Brała też czynny udział w organizacji zajęć laboratoryjnych w utworzonym w 2014 r. gimnazjum i liceum przy Politechnice Wrocławskiej.

#### **Dorobek organizacyjny**

Pani dr hab. Ewa POPKO wykazała się też sporą aktywnością organizacyjną, nie tylko na terenie Uczelni, będąc np. w 2011 r. członkiem Komitetu Organizacyjnego Polish-German Workshop on the Optical Properties of Nanostructures we Wrocławiu. Ponadto Pani dr hab. Ewa POPKO brała udział w pracy komisji hospitacyjnej na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej, pełniąc w latach 2008- 2012 funkcję kierownika zespołu hospitującego. Z kolei w latach 2007-2013 była członkiem Komisji ds. Stypendiów dla studentów Wydziału, a także członkiem Wydziałowej Komisji ds. Studiów Doktoranckich. Od kilku lat jest też członkiem Wydziałowej Komisji ds. Dyplomowania, oraz Wydziałowej Komisji Programowej.

Za wymienione wyżej osiągnięcia naukowe i organizacyjne Pani dr hab. Ewa POPKO otrzymała w ostatnich latach kilkakrotnie nagrody Rektora Politechniki Wrocławskiej.

#### **Wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę bardzo wartościowy i wszechstronny dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny Pani dr hab. Ewy POPKO uważam, że spełnia ona wszystkie wymagania określone w art.26 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym, oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki, przy ubieganiu się tytuł naukowy profesora nauk fizycznych.

