

Łódź, 10.02.2020

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Lisik
Katedra Prządów Półprzewodnikowych i Optoelektronicznych
Politechniki Łódzkiej

RECENZJA

Dorobku naukowego i wyodrębnionego, jednotematycznego cyklu publikacji, stanowiących podstawę do ubiegania się przez dr inż. Pawła Zabierowskiego o stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych

Niniejsza ocena została przygotowana na zlecenie Dziekana Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej na podstawie decyzji Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułu Naukowego z dnia 7 listopada 2019r i wykonana w oparciu o analizę autoreferatu, życiorysu naukowego, wykazu osiągnięć w pracy naukowej wraz z kopiami publikacji przedstawiającymi główne osiągnięcia naukowe Habilitanta.

1. Informacje ogólne

Dr inż. Paweł Zabierowski jest absolwentem Wydziału Fizyki Technicznej, Politechniki Warszawskiej, na którym obronił w roku 1997 pracę magisterską „Zastosowanie transformaty Laplace’a do analizy spektrów poziomów pułapkowych w półprzewodniku potrójnym CuInSe₂. W roku 2002 obronił na tym Wydziale pracę doktorską „Badanie zjawisk elektronowych w obszarze międzypowierzchni w strukturach fotowoltaicznych ZnO/CdS/Cu(In,Ga)Se₂ z wykorzystaniem metody DLTS” i w listopadzie tego roku podjął pracę w Zakładzie Półprzewodników Wydziału Fizyki, gdzie pracuje do dziś na stanowisku adiunkta. Podjęta w pracy doktorskiej tematyka cienkowarstwowych ogniw fotowoltaicznych na bazie miedzi i selenu, tzw. ogniw CIS lub CIGS, jest cały czas aktualna, a badania w tym obszarze są od lat kontynuowane przez szereg zespołów badawczych na świecie, zespół Zakładu Półprzewodników jest jednym z nich i w tym obszarze koncentrują się badania oraz osiągnięcia samego Habilitanta.

2. Ocena jednotematycznego zbioru publikacji przedłożonego, jako osiągnięcie habilitacyjne

Habilitant przedłożył do oceny osiągnięcie naukowe w formie jednotematycznego cyklu publikacji pt. „*Badanie wpływu defektów metastabilnych na wybrane charakterystyki elektryczne cienkowarstwowych ogniw słonecznych opartych na Cu(In,Ga)Se₂*”. Wykaz publikacji dotyczących wskazanego osiągnięcia obejmuje 9 pozycji, w tym 8 w postaci publikacji w periodykach naukowych, takich jak: *Journal of Applied Physics* (2008, 2018), *Thin*

Solid Films (2011x2, 2013, 2019), *Solar Energy Materials & Solar Cells* (2009), *Progres in Photovoltaics: Research & Applications* (2015) oraz 1 pozycję w postaci rozdziału w książce *Thin Film Solar Cells*. Jednak, jak sam Habilitant przyznaje, ta ostatnia pozycja stanowi podsumowanie jego pracy doktorskiej i jako taka nie może być brana pod uwagę w zgłoszonym cyklu. Tak więc, ostatecznie, oceniany cykl składa się z 8 pozycji, które ukazały się w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports. W większości z nich, wkład merytoryczny Habilitanta, którego odzwierciedleniem jest zadeklarowany udział procentowy (od 50% do 80% w pracach PZ1, PZ3-PZ5 oraz PZ7), można uznać za dominujący. Minusem jest to, że wszystkie prace są wieloautorskie, a ilość osób realnie zaangażowanych w ich powstawanie wynosiła od dwóch (praca PZ3) do 3-6 osób. Uwagę zwraca też fakt, że tylko w jednej pracy (praca PZ4) jest on pierwszym autorem, w pozostałych znajduje się na dalszych miejscach, a w większości z nich autorzy nie są pozycjonowani alfabetycznie, co może sugerować, że kolejność odzwierciedla ich wkład do prezentowanych wyników.

Prezentowany cykl spełnia podstawowy warunek monotematyczności, wszystkie prace mieszczą się w określonym obszarze tematycznym dotyczącym charakteryzacji i modelowania własności elektrycznych złącz tworzących ogniwa słoneczne typu CIS (CIGS), związanych z występowaniem w obszarze przejściowym defektów tworzących głębokie poziomy metastabilne. Cechą charakterystyczną tych prac jest fakt, że sprawiają one wrażenie bycia elementem szerszych badań dotyczących projektowania i technologii konkretnych cienkowarstwowych ogniwa z rodziny $Cu(In,Ga)Se_2$, w których zespół Habilitanta był niejako partnerem odpowiedzialnym za charakteryzację wytwarzanych struktur z wykorzystaniem metod pojemnościowych (pomiar CV) oraz metod spektroskopii DLTS. W niczym nie umniejsza to wartości przedstawionych wyników, są one momentami kluczowe dla zrozumienia zjawisk zachodzących w badanych przyrządach, ale tłumaczy dlaczego w każdej publikacji jest badana inna struktura dostarczona przez innego, wskazanego w niej partnera zagranicznego, oraz dlaczego nazwisko Habilitanta, poza jednym przypadkiem, nie występuje na pierwszym miejscu, mimo deklarowanego decydującego wkładu procentowego, w konkretną pracę. Należy dodać, że obok wymienionych wyżej metod badawczych Habilitant zastosował także narzędzia modelowania. Miało to miejsce w pracy PZ5, gdzie wprowadzono znany z literatury model dwu-diodowy do symulacji generacji sygnałów DLTS, oraz w pracy PZ6, gdzie wykorzystano program SCAPS do symulacji wpływu zdefektowanej warstwy na charakterystyki I-V.

Wszystkie prace zawarte w cyklu są uwzględnione na liście filadelfijskiej, a ich Impact Faktor mieści się w przedziale od 1,09 do 7,15, co świadczy o wysokim poziomie czasopism, w których się one ukazały. To samo można powiedzieć o samych pracach, mając na uwadze wskazane wyżej ograniczenia. Na tym tle istotnie wyróżnia się praca PZ7, M. Buffière, N. Barreau, L. Arzel, P. Zabierowski, J. Kessler, *Minimizing metastabilities in $Cu(In,Ga)Se_2/(CBD)Zn(S,O,OH)/i-ZnO$ – based solar cells*, Prog. Photovolt: Res. Appl. 2015 (IF=7,15), jedyna, w której zawarto cały cykl badań od projektu, realizacji testowych struktur ogniwa, do ich charakteryzacji i optymalizacji. Jej efektem było przedstawienie konstrukcji ogniwa słonecznego o wydajności większej niż ogniwa referencyjne z buforem CdS.

Podsumowując, poziom naukowy prac przedstawionych w cyklu badań jest wysoki i stanowią one osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 16 ust2 Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w zakresie Sztuki.

3. Ocena innych (poza zbiorem jednotematycznym publikacji) osiągnięć naukowych i zawodowych

Dr inż. Paweł Zabierowski w okresie 17 lat pracy na stanowisku adiunkta w Politechnice Warszawskiej (czyli od ostatniego awansu naukowego) zgromadził zasługujący na uwagę dorobek publikacyjny. Był on współautorem 36 (a pomijając omówiony wcześniej zbiór jednotematyczny 27) artykułów w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym posiadających współczynnik IF mieszczące się w przedziale 1,09 - 7,15 oraz rozdziałów w 3 monografiach dotyczących metod charakteryzacji cienkowarstwowych ogniw słonecznych, wydanych, odpowiednio, przez oficynę Wiley-VCH w latach 2011 i 2016 oraz przez oficynę Nova Science Publisher Inc. w roku 2011. Te osiągnięcia uzupełnia aktywne uczestnictwo w 15 konferencjach, 2 krajowych i 13 międzynarodowych, które zaowocowało 22 prezentacjami, w tym 8 referatami zaproszonymi oraz 2 referatami plenarnymi. W dostarczonej dokumentacji nie ma niestety informacji, które z nich, po przedstawieniu, zostały także opublikowane w materiałach konferencyjnych, nie mniej, są to osiągnięcia znaczące, biorąc pod uwagę, że 20 wystąpień dotyczy uznanych konferencji międzynarodowych, takich jak np. *IEEE Photovoltaic Specialists Conference* (2011, 2013, 2015) czy *E-MRS Spring Meeting* (2001, 2005, 2009, 2012, 2019).

Osiągnięcia publikacyjne Habilitanta, mimo stosunkowo niewielkiej ilości, przekładają się na imponujące parametry bibliometryczne - sumaryczny *impact factor* według listy *Journal Citation Reports* (JCR) wynosił do roku 2019 77,68. liczba cytowań według bazy *Web of Science* wynosiła 509, a odpowiadający jej indeks Hirscha 13. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że wszystkie przedstawione prace są pracami zespołowymi, są to w przeważającej większości zespoły międzynarodowe, a Habilitant jest pierwszym autorem jedynie w 3 z nich. Jest to naturalne biorąc pod uwagę, że były one owocem współpracy z dobrymi zagranicznymi ośrodkami badawczymi zaangażowanymi w tematykę fotowoltaiki, Były to wymienione w dostarczonej dokumentacji:

- ETZ w Zurichu
- Institut fur Physikalische Elektronik Uniwersytety w Stuttgarcie
- Uniwersytet w Nantes
- Angstrom Solar Center Uniwersytetu w Updali
- Uniwersytet w Weronie
- Instytut ZSW w Stuttgarcie
- Uniwersytet w Gant

Aby ocenić rzeczywisty wkład Habilitanta do prezentowanych osiągnięć publikacyjnych, Recenzent wykorzystał dane o jego procentowym udziale w poszczególnych publikacjach zawarte w Załączniku nr 5 dla publikacji nie wchodzących do wyodrębnionego zbioru jednotematycznego. Z przedstawionych tam danych wynika, że dla publikacji w latach 2000-2018 jego średni udział procentowy wynosił 30,6%, a dla okresu po uzyskaniu doktoratu, lata

2002-2018, wynosił on 26% (tylko w jednej publikacji przekroczył 30%). Może to sugerować, że niezależnie od wysokiej jakości wykonywanych przez niego badań, w pracach tych Habilitant nie odgrywał widzącej roli i raczej nie był ich liderem. Znajduje to potwierdzenie w jego deklaracjach dotyczących zaangażowania, wskazujących, że koncentrowało się ono głównie na metodach badawczych dotyczących pomiarów parametrów elektrycznych testowych struktur ogniw słonecznych i ich interpretacji.

4. Działalność naukowa i dydaktyczna

Dr inż. Paweł Zabierowski jest rozpoznawalny i posiada mocną pozycję w środowisku naukowym zajmującym się tematyką fotowoltaiki, tak w kraju jak i poza jego granicami. Współpracuje on z szeregiem europejskich ośrodków naukowych wymienionych w poprzednim punkcie. Na przestrzeni ostatniej dekady przedstawił 8 wykładów zaproszonych oraz 2 prezentacje plenarne na ważnych międzynarodowych konferencjach fotowoltaicznych, na sympozjach Chalcogenide Thin Film Solar Cells dwukrotnie, w Seattle (2011) oraz w Denver (2014) poproszono go o pełnienie obowiązków przewodniczącego obszaru Device Properties, Modeling and Defects Characterisation. Był on także zapraszany do recenzowania zgłaszanych prac przez takie czasopisma jak: Thin Solid Films (5 recenzji), IEEE Journal of Photonics (4 recenzje) oraz Solar Energy Materials and Solar Cells (1 recenzja). Uniwersytet w Nantes zaprosił go dwukrotnie do krótkookresowego pobytu jako visiting professor.

W swoich badaniach naukowych, tak w pracach prowadzonych w kraju jak i we współpracy z partnerami zagranicznymi, Habilitant cały czas koncentruje się na tematyce cienkowarstwowych ogniw słonecznych, w szczególności ogniw Cu(In,Ga)Se_2 . W tej tematyce uczestniczył w realizacji 8 projektów badawczych finansowanych ze źródeł zewnętrznych,

- projektu NCN (AlkaCIGS) w konkursie Beethoven II w latach 2018-2020,
- dwóch projektów ERA-NET (DECK i CONSEPT) finansowanych ze źródeł Programów Ramowych UE w latach 2008-2013,
- projektu konkursu FP7 Marie Curie Actions (nanoCIS) w latach 2011-2014,
- projektu konkursu FP7-Energy (hipoCIGS) w latach 2010-2012
- dwóch projektów bilateralnych POLONIUM w latach 2010-2011 i 2013 -2014
- projektu francuskiej agencji ANR (UltraCIS} w latach 2012-2015

Uczestniczył on także w latach 2005-2009 w 2 projektach uczelnianych oraz jednym MNiSzW.

Dr inż. Paweł Zabierowski, jako pracownik dydaktyczny, zgromadził także pokaźny dorobek w obszarze rozwoju dydaktyki na Wydziale Fizyki PW oraz opieki nad pracami promocyjnym. Był on współautorem programów tworzonych dla uruchamianych specjalności (Materiały i nanostruktury oraz Ekologiczne źródła energii), jak też opracował programy dla prowadzonych przez siebie zajęć dydaktycznych na Wydziałach Fizyki i Mechatroniki, Był promotorem 2 prac inżynierskich oraz 6 prac magisterskich wykonanych na Wydziale Fizyki oraz pełnił funkcję promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich. Zaangażował się także w przygotowanie i prowadzenie wykładów prezentujących fotowoltaikę adresowanych dla środowisk pozaakademickich, obejmujących młodzież oraz seniorów.

W ramach swoich kontaktów z partnerami zagranicznymi został on poproszony o udział w przewodach doktorskich prowadzonych w odwiedzanych uczelniach raz jako recenzent pracy przygotowanej w Uniwersytecie w Gent oraz dwukrotnie jako członek komisji ds. przewodu doktorskiego. w Uniwersytecie w Nantes.

5. Podsumowanie

Dr inż. Paweł Zabierowski jest specjalistą w zakresie fizyki, w szczególności ukierunkowanym na wykorzystanie zaawansowanych metod badawczych do charakteryzacji struktur przyrządów półprzewodnikowych, a zwłaszcza ogniw słonecznych. W tym zakresie uzyskał szereg oryginalnych wyników prezentowanych w pracach, których był współautorem. W okresie 17 lat po uzyskaniu stopnia doktora bardzo znacząco powiększył swój dorobek naukowy i w stopniu dobrym rozpowszechnił wyniki swoich prac w skali międzynarodowej. Wyodrębniony cykl jednotematycznych publikacji stanowi wartościowy wkład w rozwój dyscypliny fizyka, a zwłaszcza metod charakteryzacji i modelowania własności elektrycznych struktur tworzących ogniwa słoneczne typu CIGS Także pozostałe osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne przedstawione w dostarczonej dokumentacji zasługują na wysoką ocenę. Na tej podstawie mogę stwierdzić, że dr inż. Paweł Zabierowski spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych zawarte w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w zakresie Sztuki” z 14 marca 2003 roku (dz. U.65, poz.595 z późniejszymi zmianami i wnoszę o nadanie Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.

