

Warszawa 23 stycznia 2024

Prof. dr hab. Marek Godlewski
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk
02-668 Warszawa
Aleja Lotników 32/46

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej dr Johannesesa Bindera
z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
w dziedzinie nauki ścisłe i przyrodnicze w dyscyplinie nauki fizyczne**

Zanim przystąpię do oceny rozprawy załączam krótki opis dotychczasowej działalności naukowej kandydata, choć zgodnie z odpowiednią ustawą formalnie nie podlega ona ocenie.

1. Dotychczasowe osiągnięcia naukowe kandydata

Chciałbym podkreślić wysoką aktywność publikacyjną autora rozprawy. Po doktoracie opublikował on 25 prac (8 prac przed doktoratem), często w czasopismach o bardzo wysokich współczynnikach cytowalności (w tym w Nature Communications, IF=17). Ponadto kandydat wygłosił jeden referat plenarny i pięć zaproszonych, choć tylko jeden z nich na konferencji poza Polską. Godne pochwały jest także współautorstwo dwóch wniosków patentowych. Za kolejne bardzo dobre osiągnięcie uważam uczestnictwo w sześciu projektach badawczych, w tym kierowanie trzema z nich.

Biorąc pod uwagę aktualność tematyki badawczej, jak i autorstwo prac w czasopismach o wysokim/bardzo wysokim współczynniku cytowalności trochę rozczarowują dane o cytowalności prac kandydata i o jego współczynniku Hirscha. Według danych podanych we wniosku (baza Web of Science) dane te są następujące - 329 cytowań (bez autocytowań) i $H=9$. Pozytywnym faktem jest, że wybrane do wniosku habilitacyjnego prace, w tym te najnowsze, są już cytowane, a dwie z nich (H1 i H2) mają już bardzo dobre cytowania. Cytowania te podaję na podstawie bazy Google Scholar. Na tej podstawie spodziewam się, że parametry cytowalności wkrótce będą lepsze.

2. Ocena dorobku naukowego kandydata – wniosek habilitacyjny

Zgodnie z obowiązującymi przepisami wśród wskazanych do oceny osiągnięć naukowych powinna znajdować się co najmniej:

a) 1 monografia naukowa wydana przez wydawnictwo

lub

b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych (zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. B).

Złożona habilitacja przygotowana została zgodnie z punktem b) ustawy jako cykl sześciu powiązanych tematycznie publikacji naukowych. Tytuł osiągnięcia „Efekty fizyczne na interfejsach między i wewnątrz materiałów warstwowych”.

Poniżej podaję spis wybranych prac i opisuję krótko uzyskane w nich wyniki naukowe. Ponieważ wszystkie opublikowane prace były recenzowane przez wybranych przez czasopisma recenzentów, skupiam się wyłącznie na opisie tematyki tych prac.

Prace będące podstawą rozprawy habilitacyjnej:

[H1] **J. Binder**, F. Withers, M.R. Molas, C. Faugeras, K. Nogajewski, K. Watanabe, T. Taniguchi, A. Kozikov, A.K. Geim, K.S. Novoselov, M. Potemski "*Sub-bandgap Voltage Electroluminescence and Magneto-oscillations in a WSe_2 Light-Emitting van der Waals Heterostructure*" *Nano Letters* 17, 1425-1430 (2017)

Praca ma 48 cytowań

[H2] **J. Binder**, J. Howarth, F. Withers, M.R. Molas, T. Taniguchi, K. Watanabe, C. Faugeras, A. Wysmolek, M. Danovich, V.I. Fal'ko, A.K. Geim, K.S. Novoselov, M. Potemski, A. Kozikov "*Upconverted electroluminescence via Auger scattering of interlayer excitons in van der Waals heterostructures*" *Nature Communications* 10, 2335 (2019)

Praca ma 58 cytowań

[H3] **J. Binder**, J. Rogoza, L. Tkachenko, I. Pasternak, J. Sitek, W. Strupinski, M. Zdrojek, J.M. Baranowski, R. Stepniewski, A. Wysmolek "*Suspended graphene on germanium: Selective local etching via laser-induced photocorrosion of germanium*" *2D Materials* 8, 035043 (2021)

Praca ma 3 cytowania

[H4] **J. Binder**, A.K. Dqbrowska, M. Tokarczyk, K. Ludwiczak, R. Bozek, G. Kowalski, R. Stepniewski, and A.Wysmolek "*Epitaxial hexagonal boron nitride for hydrogen generation by radiolysis of interfacial water*" *Nano Letters* 23, 1267-1272 (2023)

Praca ma 2 cytowania

[H5] K. Ludwiczak, E. Lacinska, **J. Binder**, I. Lutsyk, M. Rogala, P. Dabrowski, Z. Klusek, R. Stepniewski, A. Wysmolek "*Impeded phase transition in 1T-TaS₂ : Thermoelectric finger print of long-lived mixed states*" *Solid State Communications* 305, 113749 (2020)

Praca ma 13 cytowania

[H6] E.M. Lacinska, M. Furman, **J. Binder**, I. Lutsyk, P.J. Kowalczyk, R. Stepniewski, A. Wysmolek "*Raman Optical Activity of 1T-TaS₂*" *Nano Letters* 22, 2835-2842 (2022)

Praca ma 12 cytowania

W czterech z tych prac kandydat jest pierwszym autorem. W każdej z nich kandydat był wiodącym autorem. Potwierdzają to podane przez niego informacje o jego roli w pracach i załączone oświadczenia współautorów.

Wszystkie wybrane prace dotyczą właściwości fizycznych materiałów warstwowych (materiałów 2D). Dotyczą one badania efektów fizycznych zachodzących między interfejsami materiałów 2D a innymi materiałami (półprzewodniki, ale także ciecze i gazy). Nie miałem więc wątpliwości, że spełniony jest wymóg (zgodnie z odpowiednią ustawą), że są to powiązane tematycznie prace. Chcę także podkreślić, że prace te mogą docelowo umożliwić konstrukcję nowego typu urządzeń (na przykład optoelektronicznych) lub warstw barierowych.

Jeśli chodzi o efekty fizyczne to są one naturalną konsekwencją silnego wpływu otoczenia/podłoża na właściwości fizyczne materiałów 2D. Zrozumienie efektów zachodzących na interfejsach jest więc kluczowe do oceny szans aplikacji badanych materiałów warstwowych, na przykład w elektronice lub optoelektronice.

Pierwsze dwie wybrane prace dotyczyły możliwych struktur optoelektronicznych wykorzystujących struktury typu 2D. W pracach H1 i H2 badano struktury elektroluminescencyjne wykorzystujące hetero struktury van der Waalsa. Badano naturę prądu tunelowego przez interfejsy pomiędzy materiałami 2D. Bardzo ciekawym spostrzeżeniem jest zaobserwowanie prądu tunelowego związanego z ekscytonami w monowarstwie WSe_2 . Autorzy pracy konkludują, że tunelowanie zachodzi bezpośrednio do stanu ekscytonowego. To bardzo ciekawa obserwacja! Badano także efekt pola magnetycznego – zaobserwowano oscylacje elektroluminescencji wynikające z kwantyzacji Landaua. To także bardzo ciekawa obserwacja!

Szczegółowe badania wykonano w pracy H2 dla serii siedmiu urządzeń z i bez bariery hBN. Badano rolę tzw. skośnych ekscytonów, jak i mechanizm relaksacji nieradiacyjnej indukowanej przez zderzenia ekscyton-ekscyton. Zaobserwowano, że efekt Augera może modulować intensywność rekombinacji nieradiacyjnej przekształcając ją w radiacyjną w monowarstwach.

W pracy H3 badano rolę interfejsu pomiędzy monowarstwą grafenu a materiałem półprzewodnikowym. Badano wpływ podłoża na sygnał ramanowski grafenu. W ramach tej pracy opracowano oryginalną metodę wytrawiania podłoża germanowego bez uszkodzania warstwy grafenowej. Jest to metoda fotokorozji. Złożony został wniosek patentowy dotyczący tej metody. Wskutek wytrawienia podłoża wzrósł sygnał ramanowski grafenu. Tym samym powiązано intensywność tego sygnału z oddziaływaniami na interfejsie grafen/german.

W pracy H4 zbadano bardzo oryginalny interfejs – interfejs pomiędzy materiałem 2D i cieczą lub gazem. Badanym materiałem 2D był hBN wyhodowany metodą epitaksji z fazy gazowej (MOVPE) na macierzystej uczelni kandydata. Bardzo ciekawą obserwacją było wykazanie znakomitych właściwości barierowych monowarstw hBN dla cząsteczkowego wodoru. Wykazano ponadto możliwość dysocjacji wody przy naświetlaniu warstwy wiązką

elektronową. Biorąc pod uwagę, że wodór jest paliwem przyszłości, to otrzymany wynik ma duże znaczenie praktyczne.

W dwóch kolejnych pracach H5 i H6 badano rolę interfejsów między interfazami w dwusiarczku tantalum typu 1T ($1T-TaS_2$). Ten materiał powierzchniowy posiada bardzo bogaty diagram fazowy. W pracy H5 badano przejścia pomiędzy międzyfazami (mieszany stanami) w oryginalny sposób - za pomocą pomiarów optoelektronicznych. Obserwowane efekty można powiązać z gradientem temperatury generowanym naświetleniem. Generowane jest napięcie termoelektryczne (efekt Seebecka). To ważne ponieważ mierząc efekt termoelektryczny możliwe było określenie typu przewodnictwa warstwy, które zmienia się podczas przejścia fazowego.

Badania dwusiarczku tantalum typu 1T ($1T-TaS_2$) kontynuowano w pracy H6, w której badano interfejsy w obrębie jednej fazy. Uzyskane wyniki wskazują, że dostępne w literaturze dane nie wyjaśniają obserwowanych widm ramanowskich.

Podsumowując, uważam, że prezentowany cykl publikacji prezentuje wysoki poziom naukowy i zawiera wiele nowych, oryginalnych obserwacji. W mojej ocenie najciekawsze z nich dotyczą roli ekscytonów w procesach tunelowania nośników jak i konwersji energii emisji. Są to bardzo ciekawe obserwacje naukowe. Rozprawa zawiera także kilka wyników o potencjalnie dużym znaczeniu praktycznym, w tym intrygujące doniesienie o możliwości blokowania ucieczki wodoru cząsteczkowego – nowy typ warstw barierowych.

Podsumowanie

Zgodnie z wytycznymi RDN ocena wraz z uzasadnieniem powinna zawierać informację, „czy wskazane osiągnięcia naukowe osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego stanowią znaczący wkład w rozwój określonej dyscypliny”. Uważam, że wybrane przez kandydata prace prezentują bardzo wysoki poziom naukowy i zawierają szereg ważnych i oryginalnych obserwacji. Stanowią więc znaczący wkład w rozwój naszej wiedzy o materiałach 2D. Tym samym **wnioskuję o przyznanie kandydatowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie nauki fizyczne.**

M. Godlewski

