

Prof. dr hab. Michał Żelechower,
profesor emerytowany w Politechnice
Śląskiej, Wydział Inżynierii Materiałowej,
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

Katowice, 23.04.2024

Recenzja dorobku naukowego i aktywności naukowej
dr inż. Rafała Zybala w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego
przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa
Politechniki Warszawskiej

Recenzję dorobku naukowego i aktywności naukowej Pana dr inż. Rafała Zybala przygotowałem na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej z dnia 23.02.2024, które to pismo informowało o odpowiedniej decyzji Rady Doskonałości Naukowej. Podstawą formalną i merytoryczną recenzji była Ustawa z dnia 20 lipca 2018r Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce oraz dokumentacja dorobku naukowego Pana dr inż. Rafała Zybala.

Informacje ogólne

Pan Rafał Zybała ukończył studia I-ego i II-ego stopnia na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo Hutniczej na kierunku Inżynieria Materiałowa w 2008 roku i uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera. W tymże roku podjął studia doktoranckie na macierzystym wydziale i w roku 2013 uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa na podstawie przedstawionej rozprawy pod tytułem:

„Wysokotemperaturowy segmentowy moduł termoelektryczny”. Promotorem był prof. dr hab. inż. Krzysztof Wojciechowski, a recenzentami profesorowie Bogdan Wendler i Stanisław Błażewicz.

Instytucje, w których zatrudniony był/jest na różnych stanowiskach (2008-2023) Habilitant to AGH, PW oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki (dawniej Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych). Ponadto należy podkreślić, iż dorobek publikacyjny i projektowy Habilitanta powstawał w ścisłej współpracy z wieloma polskimi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi, z

których wymienię Politechnikę Wrocławską oraz RWTH Aachen (Niemcy). Tak więc spełniony jest warunek formalny o uzyskaniu dorobku naukowego w co najmniej dwóch uczelniach lub instytutach naukowych. W świetle wykształcenia Habilitanta oraz charakteru aktywności naukowej nie ma wątpliwości, że dyscypliną naukową, w której prowadzona jest procedura nadania stopnia doktora habilitowanego powinna być Inżynieria Materiałowa.

Główne osiągnięcie naukowe Habilitanta

Osiągnięciem, które Kandydat, wypełniając wymóg Ustawy z dnia 20 lipca 2018r Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy), przedstawił w autoreferacie, jako podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, jest autorski cykl ośmiu powiązanych tematycznie oryginalnych artykułów naukowych z lat 2015-2022 pod tytułem:

Wytwarzanie i charakterystyka nanostrukturalnych form materiałów termoelektrycznych.

Jedna publikacja jest samodzielna, a w sześciu Habilitant jest autorem korespondującym, co jest satysfakcjonujące z punktu widzenia oceny Jego samodzielności intelektualnej.

Większość publikacji z listy związana jest z technologią, własnościami oraz zastosowaniami wybranych materiałów półprzewodnikowych, jako termogeneratorów, a dwie publikacje dotyczą nieoczekiwanego przez Autora ich zastosowania (głównie Sb_2Te_3), jako izolatorów topologicznych (absorbery nasycalne) w laserach włóknowych. Zauważyłem, że ilość cytowań prac współautorstwa Habilitanta z obszaru optoelektroniki wynosi około 300 na ogólną liczbę cytowań około 800. Oznacza to, że proporcjonalnie większe zainteresowanie środowisk naukowych wzbudziła Jego aktywność naukowa w obszarze optoelektroniki, niż w obszarze zjawisk termoelektrycznych. Wynika z tego, że oba obszary badawcze wymagają oddzielnego omówienia przy ocenie dorobku Habilitanta.

Dla oceny dorobku Kandydata posłużyłem się Jego autoreferatem, treścią publikacji z listy Jego dorobku, a także dodatkowo kilkoma publikacjami przeglądowymi i badawczymi:

1. Omurzak, J. Jasnakunov, N. Mairykova, A. Abdykerimova, A. Maatkasymova, S. Sulaimankulova, M. Matsuda, M. Nishida, H. Ihara, T. Mashimo, Synthesis Method of

- Nanomaterials by Pulsed Plasma in Liquid, J. Nanosci. Nanotechnol. 7 (2007) 3157–3159. Doi:10.1166/jnn.2007.804.
2. Plewa Julian, Monografia: Synteza i własności wybranych materiałów funkcjonalnych wytwarzanych z wykorzystaniem metod analizy termicznej, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2017
 3. Liuyijie Huang, Yihua Zheng [Thermal Science and Engineering Progress 45 \(2023\) 102064](#)
Recent progress of thermoelectric applications for cooling/heating, power generation, heat flux sensor and potential prospect of their integrated applications
 4. Dariusz Podniewski, Krzysztof Librant i in., Tlenek grafenu jako pasywny modulator dobroci w laserze na ceramice Nd:YAG, MATERIAŁY ELEKTRONICZNE (Electronic Materials), T. 41, Nr 3/2013
 5. Yoichi ANDO, Topological Insulator Materials, Journal of the Physical Society of Japan 82 (2013) 102001
 6. E.I. Rogacheva, G.O. Nikolaenko, O.N. Nashchekina, Transport and thermoelectric properties of the $Pb_{1-x}Sn_xTe$ topological crystalline insulator in the vicinity of the band inversion, Journal of Physics and Chemistry of Solids 183 (2023) 111635

W pracach wchodzących w skład osiągnięcia Habilitant zademonstrował technologię wytwarzania zaawansowanych, nanostrukturyzowanych materiałów termoelektrycznych przeznaczonych głównie na generatory termoelektryczne i rozwiązał szereg problemów technicznych z zakresu ich technologii: zaproponował wytwarzanie prekursorów w postaci nanoproszków otrzymywanych drogą wyładowania iskrowego w cieczy (metodą plazmy impulsowej w cieczy - Pulsed Plasma in Liquid PPL), ich spiekania metodami SPS i SHS, a także ulepszenia kontaktów omowych termoelektryk (półprzewodnik) – elektrody metaliczne.

Lista materiałów, z którymi eksperymentował Habilitant jest imponująca:

- Sb_2Te_3 , Bi_2Te_3
- skutterudyty $CoSb_3$
- związki z grupy TAGS ($AgSbSe_2$, $AgSbTe_2$, $GeTe$ oraz ich roztwory stałe)
- trójskładnikowe siarczki miedzi i żelaza: pochodne chalkopiryty ($CuFeS_2$)
- krzemki magnezu Mg_2Si .

Zabrakło mi w tej liście materiałów tlenkowych do pracy w wysokich temperaturach, takich jak:

$CaMnO_3:Bi$, $ZnO:Al$, $NaCo_2O_4$, $Ca_3Co_4O_9$, $SrTiO_3:Nb$, $Bi_2Sr_2Co_2O_y$ (np. tzw. kobaltany).

W mojej opinii kulminacją osiągnięć Habilitanta w obszarze materiałów termoelektrycznych był projekt NCBiR o akronimie TERMOMOD realizowany wspólnie z firmą USKOM (aktualnie NOVAGO), a dotyczący skonstruowania modułu termoelektrycznego w elektrowni biogazowej w Mławie i będący przykładem tzw. kogeneracji mocy. Byłem recenzentem tego projektu (2014), a także raportów. Habilitant wykorzystał do budowy modułu TE domieszkowane tellurki antymonu i bizmutu oraz związki grupy TAGS uzyskując wysokie wartości ZT (figure of merit) i sprawność (η) dla $T \sim 200^\circ\text{C}$.

Nie mniejsza to innych osiągnięć Habilitanta w zakresie technologii materiałów TE, kompleksowego podejścia w badaniach strukturalnych i fizykochemicznych oraz konsekwentnego dążenia do osiągnięcia aplikacji przemysłowych zaprojektowanych i wytworzonych materiałów TE.

Podczas badań nad wytworzonymi przez siebie półprzewodnikami samoistnymi Sb_2Te_3 (typu n), Habilitant zaobserwował ich szczególne własności optyczne (nasycalna absorpcja), co pozwoliło na zaprojektowanie (wspólnie z grupą K. Abramskiego z P.Wr.) nowego absorbera nasycalnego dla jednomodowych impulsowych laserów włóknowych o ultrakrótkich impulsach (tzw. lasery femtosekundowe). Zaproponowane rozwiązanie należy do grupy tzw. izolatorów topologicznych (np. grafen) umożliwiających synchronizację modów (mode-locking), a których nazwa pochodzi od specyficznej topologii pasm walencyjnego i przewodnictwa [6]. Yoichi Ando [5] precyzuje etymologię nazwy: "Topological Insulators are called "topological" because the wave functions describing their electronic states span a Hilbert space that has a nontrivial topology".

Taka pozytywna ocena aktywności naukowej Habilitanta upoważnia mnie do sformułowania dwóch uwag o różnym charakterze:

- na stronie 16 autoreferatu Habilitant był łaskaw wstawić taki fragment: „... jako pierwszy na świecie zastosowałem nowatorską metodę plazmy impulsowej w cieczy PPL do otrzymania nanoproszków materiałów termoelektrycznych.” Wolałbym, aby takie stwierdzenie można było przeczytać u recenzentów Jego artykułów lub w pracach cytujących artykuły Habilitanta.
- dlaczego wybrano nanoszenie cienkiej warstwy Sb_2Te_3 na wyszlifowany płaszcz (mało popularne rozwiązanie ze względu na ingerencję w strukturę światłowodu), skoro w pracy (2014): J. Sotor, G. Soboń, W. Macherzynski, P.

Paletko, K. Grodecki, i K. M. Abramski, „Mode-locking in Er-doped fiber laser based on mechanically exfoliated Sb_2Te_3 saturable absorber” warstwę Sb_2Te_3 umieszczono w torze optycznym?

Ocena dorobku naukowego Habilitanta

Przywołując kryteria oceny dorobku Habilitanta sformułowane w zarządzeniu Ministra NiSW, to pierwsze z nich brzmi następująco: autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). W tym kryterium dane zaczerpnąłem z opracowania Kandydata i zweryfikowałem je na podstawie baz Web of Science oraz Scopus i muszę zaznaczyć, że dane oryginalne z baz są imponujące. Sumaryczna liczba publikacji w czasopismach indeksowanych wynosi według bazy Web of Science 53, a według bazy Scopus 55 (w tym 35/37 po uzyskaniu stopnia doktora). Prace autorstwa lub współautorstwa Kandydata były cytowane 808 razy (WoS), w tym 696 bez samocytowań lub 863 razy (Scopus), w tym 750 bez samocytowań. Indeks Hirscha według bazy WoS wynosi 17, a według bazy Scopus 18 (bez samocytowań 15). Sumaryczny tzw. „impact factor” jest bardzo wysoki (127) i wynika zarówno z ilości publikacji indeksowanych, jak i z wysokich wartości IF dla czasopism, w których publikował Habilitant (np. Journal of Physics and Chemistry of Solids, Optics Express, Optical Materials Express, Applied Surface Science).

Brał aktywny udział w dwunastu konferencjach międzynarodowych, tzn. wygłosił na nich referaty (w tym zaproszone).

Ponadto Kandydat był recenzentem 15 artykułów w uznanych czasopismach naukowych z listy JCR. Mogę z przekonaniem stwierdzić, że prace współautorstwa Kandydata weszły na stałe do światowego obiegu informacji naukowej, a Jego nazwisko jest rozpoznawalne w środowisku. Należy podkreślić, że Jego dorobek publikacyjny znacząco wzrósł od czasu uzyskania stopnia doktora. Dr inż. Rafał Zybala kierował czterema projektami badawczymi MNSzW, NCN i NCBiR oraz był wykonawcą kilkunastu innych, w tym międzynarodowych. Jest współautorem czterech patentów.

W ramach obowiązków dydaktycznych w AGH i Politechnice Warszawskiej organizował i prowadził kilka kursów dla studentów I, II i III

stopnia studiów. Sprawował opiekę merytoryczną kilkunastu prac magisterskich/inżynierskich w AGH, PW, a także w trakcie pracy w ITME. Prowadził także zajęcia dydaktyczne dla studentów RWTH Aachen. Jest promotorem pomocniczym jednej trwającej rozprawy doktorskiej (na ukończeniu). Można stwierdzić, że jest On doświadczonym i zaangażowanym nauczycielem akademickim, a także ma spory wkład w tworzenie programów dydaktycznych oraz popularyzację kilku dziedzin nauki.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę bardzo pozytywną ocenę głównego osiągnięcia badawczego dr inż. Rafała Zybały stanowiącego cykl ośmiu publikacji związanych z nowatorską technologią nanostrukturyzacji szerokiej grupy materiałów termoelektrycznych, określeniem ich własności fizykochemicznych oraz skutecznej ich aplikacji w termogeneratorach, a także ze znalezieniem ich nowej roli, jako tzw. izolatorów topologicznych w optoelektronice, wartościowy pozostały dorobek publikacyjny i wyróżniające się wskaźniki bibliometryczne oraz dorobek projektowy, dydaktyczny i owocną współpracę międzynarodową stwierdzam, że Jego całościowy dorobek spełnia z nadmiarem warunki Ustawy z dnia 20 lipca 2018r Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy). Jego działalność naukowa obejmuje grupę materiałów mających zastosowanie w kogeneracji mocy (termogeneratory), lecz także w chłodziarkach Peltiera oraz dodatkowo w optoelektronice (lasery femtosekundowe); wnosi do tych obszarów istotne innowacje i może być jednoznacznie zakwalifikowana do dyscypliny Inżynieria Materiałowa. Dlatego stawiam wniosek do Komisji Przewodu Habilitacyjnego i Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie dr inż. Rafała Zybały do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

Michał Żelechower