

Bydgoszcz, 22.03.2024

dr hab. inż. Łukasz Skowroński, prof. PBŚ  
Zakład Fizykochemii Powierzchni  
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej  
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich  
ul. Aleje Prof. S. Kaliskiego 7  
85-796 Bydgoszcz

### **Recenzja**

**osiągnięć naukowych przedstawionych do oceny  
w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego  
Pani dr inż. Barbarze Hajduk  
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych  
w dyscyplinie nauki fizyczne**

Podstawa opracowania recenzji:

Uchwała nr 3/2024 Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu z dnia 17 stycznia 2024 r.

Recenzję opracowałem w oparciu o dokumentację osiągnięć Pani dr inż. Barbary Hajduk przekazaną w formie elektronicznej. Formalną i merytoryczną podstawą recenzji jest Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późniejszymi zmianami), zwana dalej Ustawą.

Osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej nauki fizyczne, wynikające z art.219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późniejszymi zmianami), Kandydatka zatytułowała „Zastosowanie elipsometrii spektroskopowej do badań warstw wybranych polimerów, blend oraz kompozytów dla optyki i optoelektroniki”, a jako jego potwierdzenie przedłożyła cykl powiązanych ze sobą publikacji.

## 1. Charakterystyka kariery naukowej i zawodowej Kandydatki

Pani dr inż. Barbara Hajduk w 2004 roku przygotowała pracę magisterską pt. "Badanie jednoczesnej dyfuzji substancji wieloskładnikowej przez membrany" na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Politechniki Śląskiej uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera w dziedzinie nauk fizycznych (specjalność: optoelektronika). Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Jerzy Bodzenta. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa Kandydatka uzyskała 25.05.2013 roku na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, broniąc rozprawę "Badanie morfologii i własności fizycznych cienkich warstw poliazometin". Promotorem rozprawy był dr hab. Jan Weszka.

Pani dr inż. Barbara Hajduk od 01.11.2004 do 31.08.2005 odbywała staż w Zakładzie Fizyki Centrum Chemii Polimerów Polskiej Akademii Nauk, a następnie w okresie od 01.01.2006 do 31.10.2007 była zatrudniona na stanowisku asystenta w Pracowni Cienkich Warstw Organicznych tego samego podmiotu. Od 01.11.2007 Pani dr inż. Barbara Hajduk jest pracownikiem Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk. Początkowo była zatrudniona na stanowisku asystenta (do 30.06.2012) w Pracowni Materiałów Polimerowych dla Optoelektroniki i Optyki Nieliniowej, a następnie na stanowisku adiunkta w Pracowni Inżynierii Materiałów Funkcjonalnych. Ponadto, w okresie od 01.10.2008 do 30.06.2011, Kandydatka była doktorantem/pracownikiem dydaktycznym w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Wydziału Mechanicznego - Technologicznego Politechniki Śląskiej.

## 2. Ocena osiągnięć naukowych

Zgodnie z Ustawą art.219 ust.1 pkt.2 stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która „posiada w dorobku **osiągnięcia** naukowe albo artystyczne, **stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny**". W skład osiągnięć, o których mowa art.219 ust.1 pkt.2 wchodzi:

- 1) monografia naukowa [...] (art.219 ust.1 pkt.2 lit.a) lub
- 2) cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych [...] (art.219 ust.1 pkt.2 lit.b)  
lub
- 3) zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne (art.219 ust.1 pkt.2 lit.c).

**Zgodnie z art.219 ust.1 pkt.2 kandydat do stopnia doktora habilitowanego powinien posiadać w swoim dorobku naukowym przynajmniej dwa osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej.** Ocenę tego, czy osiągnięcia naukowe Pani dr inż. Barbary Hajduk spełniają art.219 ust.1 pkt.2 Ustawy podzieliłem na dwie części. W pierwszej z nich odnoszę się do osiągnięcia, którego potwierdzeniem jest cykl publikacji wynikający z art. 219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy przedłożony do oceny przez Kandydatkę (rozdział 2.1.). Następnie odnoszę się do pozostałych osiągnięć naukowych Kandydatki oraz innej aktywności naukowej (rozdział 2.2.).

#### 2.1. Osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy

Osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, o którym mowa w art. 219 ust.1 pkt.2 Ustawy, Pani dr inż. Barbara Hajduk zatytułowała jako: „Zastosowanie elipsometrii spektroskopowej do badań warstw wybranych polimerów, blend oraz kompozytów dla optyki i optoelektroniki”, a jako jego potwierdzenie wskazała cykl jedenastu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, spełniając tym samym art. 219 ust.1 pkt.2 lit. b) Ustawy. Łączny współczynnik wpływu (impact factor) tych prac wynosi 32,258, natomiast liczba punktów wg wykazu MNiSW to 890 (zgodnie z latami opublikowania).

Pani dr inż. Barbara Hajduk podzieliła cykl publikacji (oznaczonych H1-H11) na dwie zasadnicze części. Pierwsza z nich obejmująca prace H1-H6 dotyczy badania morfologii i właściwości fizycznych cienkich warstw materiałów z zastosowaniem metod VASE (variable angle spectroscopic ellipsometry) oraz VTSE (variable-temperature spectroscopic ellipsometry), przy czym prace H1-H4 dotyczą mieszanin polimerowych i warstw blend polimer:fuleren, a publikacje H5-H6 - warstw kompozytów z nanocząstkami nieorganicznymi. Druga grupa prac (H7-H11) obejmuje badanie przemian termicznych w warstwach materiałów z zastosowaniem metody VTSE, przy czym publikacja oznaczona jako H11 jest pracą przeglądową.

W pracy H1 (H. Bednarski, J. Gąsiorowski, M. Domański, B. Hajduk, J. Jurusik, B. Jarząbek, J. Weszka, „Stability of Diodes with Poly(3-hexylthiophene) and Polyazomethines Thin Organic Layer” Acta Physica Polonica A 2012, 122/6, 1083-108) badano m.in. stabilność organicznych diod Schottky'go z warstwą aktywną P3HT. W pracy

wykazano, że układy z warstwą PEDOT:PSS (ułatwiająca transport dziur) charakteryzują się dłuższym czasem pracy. Kandydatka wskazała tę pracę jako motywację do prowadzenia badań w zakresie precyzyjnego określania właściwości materiałów stosowanych w urządzeniach optoelektronicznych, takich jak organiczne diody i ogniwa słoneczne.

W pracy H2 (H. Bednarski, B. Hajduk, J. Jurusik, B. Jarzabek, M. Domański, K. Łaba, A. Wanic, M. Łapkowski, „The Influence of PEDOT to PSS Ratio on the Optical Properties of PEDOT:PSS Thin Solid Films - Insight from Spectroscopic Ellipsometry”, *Acta Physica Polonica A*, 2026, Vol.130 Issue: 5, 1242-1244) Pani dr inż. Barbara Hajduk pokazuje jak zmieniają się właściwości optyczne i elektryczne układu PEDOT:PSS, w którym PEDOT jest frakcją przewodzącą, a PSS – nieprzewodzącą, w zależności od jego składu.

Publikacje H3 (H. Bednarski, B. Hajduk, M. Domański, B. Jarzabek, P. Nitschke, K. Łaba, A. Wanic, M. Łapkowski, „Unveiling of Polymer/ Fullerene Blend Films Morphology by Ellipsometrically Determined Optical Order within Polymer and Fullerene Phases”, *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*, 2018, 56, 1094–110) oraz H4 (B. Hajduk, P. Jarka, H. Bednarski, T. Tański, „Variable temperature spectroscopic ellipsometry as a tool for insight into the optical order in the P3HT:PC70BM and PC70BM layers”, *Polymers* 2023, 15(18), 3752) dotyczą morfologii warstw blend polimer/fuleren stosowanych jako warstwa aktywna w organicznych ogniach fotowoltaicznych z heterozłączem objętościowym. Pani dr inż. Barbara Hajduk wyznaczyła funkcje dielektryczne dla optycznie uporządkowanej i nieuporządkowanej fazy składnika blend (to jest pochodnych fulerenów PC60BM\* i PC70BM).

Prace H5 (P. Jarka, B. Hajduk, T. Tański, H. Bednarski, „The investigation of thermal and optical properties of semiconducting nanostructural hybrid thin films”, *Acta Physica Polonica A* 1/142, 2022, 107-110) oraz H6 (B. Hajduk, H. Bednarski, P. Jarka, H. Janeczek, M. Godzierz, T. Tański, „Thermal and optical properties of PMMA films reinforced with Nb2O5 nanoparticles”, *Scientific Reports* 11, 2021, 22531) dotyczą kompozytów polimer – nieorganiczne nanocząstki (PCPDTBT: CdS oraz PMMA: Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). W publikacjach tych opisano podstawowe właściwości optyczne wymienionych kompozytów (współczynnik załamania, ekstynkcji), przerwę energetyczną w zależności od koncentracji nanocząstek. W pracach tych Pani dr inż. Barbara Hajduk zaproponowała sposób wyznaczenia i wyznaczyła temperaturę zeszklenia czystych polimerów oraz ich kompozytów bazując na

zmianie gradientu jednego z azymutów elipsometrycznych mierzonych w funkcji temperatury.

Kolejne trzy prace: H7 (B. Hajduk, H. Bednarski, B. Jarzabek, H. Janeczek, P. Nitschke, P3HT:PCBM blend films phase diagram on the base of variable-temperature spectroscopic ellipsometry, *Beilstein Journal of Nanotechnology* 9, 2018, 1108–1115), H8 (B. Hajduk, H. Bednarski, B. Jarzabek, P. Nitschke, H. Janeczek, Phase diagram of P3HT:PC70BM thin films based on variable-temperature spectroscopic ellipsometry, *Polymer Testing*, 84, 2020, 106383) oraz H9 (B. Hajduk P. Jarka, T. Tański, H. Bednarski, H. Janeczek, P. Gnida, M. Fijałkowski, The investigation on thermal transitions and physical properties of semiconducting PDPP4T:PDBPyBT blend films, *Materials* 15/23, 2022, 8392) dotyczą wyznaczenia temperatur przemian fazowych oraz skonstruowania diagramów fazowych P3HT:PC60BM, P3HT:PC70BM oraz PDPP4T:PDBPyBT z zastosowaniem zmiennie-kątowej oraz zmiennie-temperaturowej elipsometrii (VASE oraz VTSE). Praca H10 stanowi uzupełnienie pracy H8 o pomiary rezystancji elektrycznej w funkcji temperatury.

Ostatnia praca wskazana przez Panią dr inż. Barbarę Hajduk w cyklu publikacji oznaczona jako H11 (B. Hajduk, H. Bednarski, B. Trzebicka „Temperature-Dependent Spectroscopic Ellipsometry of Thin Polymer Films”, *Journal of Physical Chemistry B* 2020, 124, 16, 3229–3251) stanowi podsumowanie cyklu publikacji, a dotyczy metod analizy pomiarów elipsometrycznych stosowanych do wyznaczania temperatur przejść termicznych cienkich warstw polimerowych.

Bazując na przedstawionych przez Panią dr inż. Barbarę Hajduk oraz współautorów oświadczeniach przedstawione prace stanowiące cykl publikacji, o którym mowa w art.219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy można podzielić na dwie grupy:

- W pracach H1-H3 oraz H5 Pani dr inż. Barbara Hajduk brała udział w opracowaniu hipotezy badawczej oraz koncepcji badań, wykonała próbki (całość lub część), wykonywała pomiary (głównie elipsometryczne) oraz brała udział w tworzeniu manuskryptu.

- W pracach H4 oraz H6-H11 Pani dr inż. Barbara Hajduk była pierwszym i korespondencyjnym autorem, opracowała hipotezę badawczą i plan badań, wykonywała

pomiary, interpretowała wyniki badań oraz przygotowywała manuskrypt. Niewątpliwie udział Kandydatki w powstanie prac znajdujących się w tej grupie jest największy.

W każdej z wymienionych prac Kandydatka wskazała indywidualny wkład w ich powstanie, spełniając tym samym formalny wymóg art.219 ust.2 Ustawy.

Spektroskopia elipsometryczna jest metodą pomiarową szeroko stosowaną do badania właściwości optycznych materiałów, a także pozwalającą wnioskować o ich mikrostrukturze. Pani dr inż. Barbara Hajduk zastosowała zmiennokątową spektroskopię elipsometryczną (VASE), a zwłaszcza elipsometrię zmiennie-temperaturową (VTSE) do badania cienkich warstw polimerowych półprzewodników organicznych, ich blend oraz kompozytów z nanocząstkami nieorganicznymi, ze szczególnym uwzględnieniem metod wyznaczania temperatur charakterystycznych przemian termicznych w warstwach wymienionych materiałów, co pozwoliło na skonstruowanie ich diagramów fazowych.

**Moim zdaniem osiągnięcie naukowe Pani dr inż. Barbary Hajduk zatytułowane „Zastosowanie elipsometrii spektroskopowej do badań warstw wybranych polimerów, blend oraz kompozytów dla optyki i optoelektroniki” jest osiągnięciem stanowiącym znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne i spełnia wymagania wynikające z art.219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy.**

## 2.2. Pozostałe osiągnięcia naukowe oraz inna aktywność naukowa

Pani dr inż. Barbara Hajduk jest współautorem 50 publikacji naukowych, w tym 31 ujętych w Journal Citation Reports. Przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydatka była współautorem 2 publikacji ze współczynnikiem impact factor (IF) oraz 12 bez IF, natomiast po uzyskaniu stopnia doktora Pani dr inż. Barbara Hajduk została współautorem 29 publikacji z IF oraz 7 bez IF. Jedenaście z tych prac (H1-H11) zostało przedstawionych przez Kandydatkę jako cykl publikacji (zgodnie z art.219 ust.1. pkt.2 lit.b). Całkowity impact factor (IF) wszystkich publikacji Pani dr inż. Barbary Hajduk wynosi 100.512, natomiast całkowita liczba punktów MEiN wynosi 2077. Całkowita liczba cytowań na dzień 27.09.2023 według Web of Science wynosiła 255 (w tym 218 bez autocytowań). Indeks Hirsha (H) Pani dr inż. Barbary Hajduk wynosił 10 (według Web of Science) na dzień 27.09.2023. Wymienione wyżej dane bibliometryczne mają jedynie charakter informacyjny i w żaden sposób nie stanowią kryterium osiągnięć naukowych.

Pani dr inż. Barbara Hajduk w „Wykazie osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny” (Załącznik nr 4 do wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego - dr inż. Barbara Hajduk; Rozdział II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ, podrozdział „4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych”) przedstawiła wykaz opublikowanych prac, w tym niewchodzących w cykl publikacji, o którym mowa w art.219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy wraz z opisem swojego udziału w ich powstaniu. W dokumencie tym Kandydatka stwierdza, że osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki chemiczne.

Kandydatka w pracach niewchodzących do cyklu publikacji, o którym mowa w art.219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy, (w zależności od publikacji) wykonywała pomiary elipsometryczne, spektrofotometryczne, wykonywała próbki, konstruowała modele optyczne, wyznaczała stałe optyczne, grubości warstw, częściowo interpretowała wyniki, czy przygotowywała część manuskryptu. Niestety w żadnej z tych prac Kandydatka nie była autorem koncepcji badań, czy hipotezy badawczej. **Osiągnięciem naukowym nie jest publikacja naukowa sama w sobie, lecz to, jaki problem badawczy/technologiczny został w niej przedstawiony i rozwiązany. Osiągnięciami naukowymi nie są również pomiary, wyznaczenie grubości warstw, czy przygotowanie manuskryptu. Przedstawiony przez Kandydatkę udział przy każdej z prac nie pozwala na określenie, czy i jakie osiągnięcia naukowe są jej udziałem, tym bardziej, czy stanowią one znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej, o którym mowa w art.219 ust.1 pkt. 2 Ustawy.**

Pani dr inż. Barbara Hajduk 20 razy recenzowała artykuły naukowe w czasopismach, takich jak: Materials, Polymers, Membranes, Pharmaceutics, Molecules, Coatings, International Journal of Molecular Sciences, Journal of Electronic Materials, Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry, Journal of Vacuum Science and Technology A: Vacuum, Surfaces and Films oraz Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Obecnie jest edytorem gościnnym w specjalnym numerze czasopisma „Frontiers in Physics”.

Pani dr inż. Barbara Hajduk była wykonawcą w 4 projektach krajowych (NCN i KBN) oraz kierownikiem jednego (NCN Miniatura). Dodatkowo realizowała projekt stypendialny.

Pani dr inż. Barbara Hajduk wielokrotnie prezentowała wyniki swoich badań na konferencjach międzynarodowych i krajowych (21 razy po uzyskaniu stopnia doktora i 18 - przed), lecz niestety tylko 4 razy w formie referatu (w tym 1 raz po uzyskaniu stopnia doktora). Dodatkowo Kandydatka była członkiem komitetów organizacyjnych 3 konferencji. Ponadto trzykrotnie Kandydatka wygłaszała wykłady na zaproszenie w krajowych ośrodkach akademickich.

Pani dr inż. Barbara Hajduk odbyła 10 krótkich (1-2 tygodnie) staży (w tym 7 przed uzyskaniem stopnia doktora i 3 po uzyskaniu). Cztery z nich odbywały się w Instytucie Ogniw Słonecznych na Uniwersytecie Jana Keplera w Linz (Austria) w ramach Polsko-Austriackiego Programu Międzyrządowego, 6 w Instytucie Chemii Makromolekularnej Petru Poni w Iasi (Rumunia).

Pani dr inż. Barbara Hajduk współpracuje z Politechniką Śląską w Gliwicach (Wydział Mechaniczny – Technologiczny oraz Wydział Chemiczny), której rezultatem są wspólne publikacje, ekspertyzy, wspólne wnioski dot. finansowania badań, opieka nad stażami zawodowymi studentów. Współpraca z Instytutem Ogniw Słonecznych, Uniwersytetu Jana Keplera, w Linz oraz Instytutem Chemii Makromolekularnej "Petru Poni", Rumuńskiej Akademii Nauk w Iasi, realizowana w ramach krótkoterminowych staży zaowocowała powstaniem kilku publikacji naukowych. Pani dr inż. Barbara Hajduk współpracuje również z Instytutem Nanomateriałów, Zaawansowanych Technologii i Innowacji Uniwersytetu Technicznego w Libercu w Czechach, z Instytutem Chemii de Sao Carlos Uniwersytetu w Sao Paulo w Brazylii oraz z Wydziałem Inżynierii i Nauki o Materiałach, Uniwersytetu Adama Science and Technology w Etiopii, a także z Fundacją Kardiochirurgii w Zabrze. W ramach współpracy powstały pojedyncze publikacje naukowe z każdym z wymienionych ośrodków.

Oprócz wspomnianych ekspertyz (2) dla Politechniki Śląskiej Pani dr inż. Barbara Hajduk wykonała również dwie ekspertyzy dla firm (ZEPTER oraz Fluenta Solutions).



### 3. Podsumowanie

Pani dr inż. Barbara Hajduk swoje osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art.219 ust.1 pkt.2 lit.b Ustawy, będące postawą postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, zatytułowała „Zastosowanie elipsometrii spektroskopowej do badań warstw wybranych polimerów, blend oraz kompozytów dla optyki i optoelektroniki”. Jego potwierdzeniem jest cykl jedenastu publikacji naukowych, w których jednoznacznie można wyodrębnić część pracy zbiorowej, będącą indywidualnym wkładem Kandydatki w rozwój dyscypliny naukowej nauki fizyczne. **Wymienione osiągnięcie spełnia warunek określony w art.219 ust.1. pkt.2 lit.b Ustawy.**

Biorąc pod uwagę wymogi ustawowe stawiane kandydatowi do stopnia doktora habilitowanego wynikające z w art.219 ust.1. pkt.2 Ustawy o konieczności posiadania w dorobku osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój danej dyscypliny naukowej, uważam, że przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe Pani dr inż. Barbary Hajduk tych wymagań nie spełniają.

