

Prof. dr hab. Szczepan Zapotoczny  
Uniwersytet Jagielloński  
Wydział Chemii  
ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków  
email: [s.zapotoczny@uj.edu.pl](mailto:s.zapotoczny@uj.edu.pl)  
tel. 12 6862530



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

**Ocena osiągnięcia naukowego zatytułowanego:**

*„Zastosowanie elipsometrii spektroskopowej do badań warstw  
wybranych polimerów, blend oraz kompozytów dla optyki i  
optoelektroniki”*

**oraz aktywności naukowej dr inż. Barbary Hajduk ubiegającej się o  
nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Wydział Chemii

Pani dr inż. Barbara Hajduk jest absolwentką Politechniki Śląskiej, gdzie na Wydziale Matematyczno-Fizycznym zrealizowała pracę magisterską (2004 r.) w dziedzinie nauk fizycznych, w specjalności fizyka techniczna. Stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych (specjalność: inżynieria materiałowa, polimery) uzyskała na tym samym uniwersytecie w 2012 r., na Wydziale Mechaniczno-Technologicznym, realizując pracę zatytułowaną: „Badanie morfologii i własności fizycznych cienkich warstw poliazometin” pod opieką promotorską prof. Jana Wieszka. Po ukończeniu studiów magisterskich podjęła pracę w Centrum Chemii Polimerów Polskiej Akademii Nauk, gdzie w latach 2004-2007 pracowała jako stażysta, a potem na stanowisku asystenta. Od 2007 r. pracowała w Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk (po włączeniu Centrum Chemii Polimerów do tej nowej jednostki) na stanowisku asystenta, a rok później podjęła studia doktoranckie na macierzystej uczelni. Jej dalsza kariera naukowa związana jest z Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN, gdzie po obronie doktoratu (2012) objęła stanowisko adiunkta, na którym jest do tej pory zatrudniona.

## Ocena osiągnięcia naukowego Habilitantki

Przedstawione do oceny osiągnięcie habilitacyjne dr inż. Barbary Hajduk obejmuje 11 powiązanych tematycznie publikacji naukowych z lat 2012-2022 i dotyczy zastosowania techniki elipsometrii spektroskopowej, także w warunkach zmiennej temperatury, do badań cienkich warstw polimerowych półprzewodników organicznych oraz ich blend i nanokompozytów (nie dotyczy to publikacji H1, która nie zawiera wyników elipsometrycznych i mogłaby być usunięta z przedstawionego zestawu publikacji bez uszczerbku na jego jakości). W 8 z tych prac Habilitantka jest pierwszym lub/i korespondencyjnym autorem, a jej udział w pozostałych publikacjach jest znaczący. Zasadniczo udział Habilitantki obejmował formułowanie hipotez badawczych oraz planowanie i wykonywanie (części) prac badawczych obejmujących m.in. przygotowanie próbek polimerowych, pomiary mikroskopowe, elektryczne, a przede wszystkim, z użyciem elipsometrii spektroskopowej. Deklaracje Habilitantki co do Jej udziału w publikacjach są także zgodne z załączonymi oświadczeniami współautorów.

W przedstawionym cyklu prac Habilitantka wykorzystuje, jako jedną z podstawowych technik badawczych, zmiennie-kątową elipsometrię spektroskopową (variable angle spectroscopic ellipsometry - VASE) oraz zmiennie-temperaturową elipsometrię spektroskopową (variable-temperature spectroscopic ellipsometry - VTSE) do określenia wybranych właściwości fizycznych cienkich warstw polimerów, głównie skoniugowanych, ich blend oraz nanokompozytów, które mogą służyć jako warstwy aktywne w wybranych urządzeniach optoelektronicznych. Głównym celem przeprowadzonych w ramach osiągnięcia naukowego badań było właśnie wykazanie użyteczności tych metod pomiarowych w pogłębionej charakterystyce fizycznej wymienionych wyżej cienkich warstw.

W ramach podjętych badań Habilitantka wypracowała nie tylko odpowiednie modele niezbędne do opracowania wyników elipsometrycznych i określenia morfologii wewnętrznej cienkich warstw zawierających różne fazy polimerowe, fulerenowe, ale w szczególności wykazała możliwość wykorzystania elipsometrii spektroskopowej do bezkontaktowego badania właściwości elektrycznych przewodzących warstw organicznych oraz wyznaczania temperatur odpowiednich przejść fazowych.

Pierwsze prace z przedstawionej serii [H1-H4] obejmują badanie właściwości fizycznych warstw mieszanin polimerowych i warstw mieszanin typu polimer-fuleren. Z ciekawszych

osiągnięć przedstawionych w nich [H2] należy wymienić opracowanie modelu elipsometrycznego dla PEDOT:PSS, który pozwolił na opis tzw. przewodności optycznej dla układów o różnej zawartości polimeru przewodzącego (PEDOT). Co istotne, wyznaczone właściwości optyczne Habilitantka powiązała z właściwościami elektrycznymi, w tym wartościami przewodności podanymi przez producentów badanych próbek PEDOT:PSS. Wskazuje to na możliwości bezdotykowych pomiarów przewodnictwa także innych cienkich, przewodzących filmów polimerowych, co jest bardzo istotne z uwagi na wrażliwość klasycznych pomiarów elektrycznych dla tego typu próbek.

Kolejne prace z serii [H5-H6] obejmują badania właściwości fizycznych warstw kompozytów z nanocząstkami nieorganicznymi (CdS, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Habilitantce udało się, oprócz określenia właściwości optycznych i elektrycznych tych układów, także zmierzyć metodą VTSE temperaturę zeszklenia dla układów kompozytowych, co nie jest łatwym zadaniem w przypadku cienkich filmów stosując alternatywne metody pomiarowe.

Publikacje [H7-H9] obejmowały opracowanie diagramów fazowych warstw blend typu donor:akceptor (m.in. P3HT:PCBM) z zastosowaniem VTSE. Przedstawione wyniki potwierdziły, że możliwe jest sporządzanie diagramów przejść fazowych i identyfikacja temperatur charakterystycznych czystych materiałów oraz ich blend na podstawie pomiarów elipsometrycznych dla cienkich filmów. Określenie tego rodzaju właściwości fizycznych oraz ich korelacja z wynikami otrzymanymi metodą skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) są szczególnie istotne dla zastosowań powyższych materiałów w układach fotowoltaicznych wykorzystujących cienkie warstwy. Publikacja [H10] rozszerza badania o referencyjne pomiary rezystancji elektrycznej blend in situ. Habilitantka wykazała, że temperatury przejść fazowych uzyskane różnymi metodami (pomiar rezystancji, VTSE) są generalnie zgodne, podczas gdy pomiar VTSE jest bezkontaktowy ograniczając wpływ samej metody pomiarowej na uzyskiwane wyniki, co może być istotne szczególnie w przypadku bardzo cienkich filmów.

Przedstawiony cykl publikacji kończy praca przeglądowa [H11] zbierająca i porównująca różne metody analiz elipsometrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem metod zmiennotemperaturowych. Wskazuje ona na dobrą orientację autorki w tematyce cyklu habilitacyjnego oraz pokazuje jej dorobek na tle światowej literatury w tej dziedzinie.

Przedstawione we wniosku publikacje zostały opublikowane w dobrych czasopismach specjalistycznych (np. *Polymers*, *Journal of Physical Chemistry B*, *Acta Physica Polonica*,

*Scientific Report, Polymer Testing*), choć w przyszłości dobór czasopism mógłby uwzględniać także te z wyższymi współczynnikami wpływu (IF), co mogłoby istotnie wpłynąć na poprawę cytowalności prac Habilitantki. Znaczenie prac Habilitantki dla rozwoju badań fizycznych cienkich warstw na bazie polimerów skoniugowanych oceniam dość wysoko, gdyż zastosowanie zaawansowanych technik elipsometrycznych (VASE, VTSE) nie jest zbyt powszechne w literaturze przedmiotu, choć dostarczają one wiele unikatowych informacji, a Pani dr inż. Barbara Hajduk osiągnęła dużą biegłość w ich stosowaniu i interpretacji wyników. Zapewne jakość prac mogłaby być jeszcze wyższa, gdyby udało się Habilitance nawiązać współpracę naukową z innymi znaczącymi ośrodkami pracującymi w tematyce wytwarzania i badania układów optycznych i optoelektronicznych opartych na cienkich filmach polimerowych, gdzie Jej umiejętności badawcze mogłoby być szerzej wykorzystane do badań nowych układów.

#### **Pozostała działalność naukowo-badawcza**

Pani dr inż. Barbara Hajduk jest współautorką 31 publikacji (z IF) (na czas złożenia wniosku habilitacyjnego), w tym 28 opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, a łączna liczba niezależnych cytowań tych prac wynosi ponad 280 (indeks Hirscha równy 11 według Scopus z III 2024 r.). Są to dane bibliometryczne na poziomie średnich dla osób składających wnioski habilitacyjny w dyscyplinie nauk fizycznych. Dynamika Jej pracy naukowej jest zadawalająca – w ostatnich latach publikuje średnio 3-4 publikacje rocznie, a ich jakość, mierzona wartością IF czasopism, rośnie.

Habilitantka posiada, choć dość ograniczone, osiągnięcia w zdobywaniu finansowania dla swoich badań. Była kierownikiem 1 projektu (Miniatura) oraz wykonawcą w 4 innych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki lub Komitet Badań Naukowych. Niestety, osiągnięcia Habilitantki w zakresie współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym są poniżej oczekiwań – zrealizowała ona jedynie kilka ekspertyz na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców. Pani doktor Hajduk wygłosiła 3 wykłady na zaproszenie w krajowych instytucjach naukowych, ale wśród ponad 30 konferencji krajowych i zagranicznych, podczas których prezentowała wyniki swoich prac, dominują prezentacje posterowe. Pomimo znacznej aktywności w tym zakresie Habilitantka powinna zwrócić większą uwagę na prezentacje ustne na konferencjach międzynarodowych, które budują rozpoznawalność w świecie naukowym. Współorganizowała także 3 konferencje o zasięgu

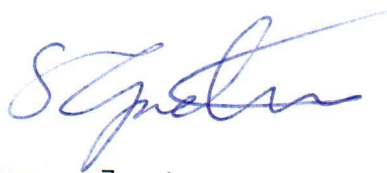
krajowym i międzynarodowym. Ta działalność w rozpowszechnianiu wyników swoich badań na arenie międzynarodowej jest zadawalająca w stosunku do obecnego etapu kariery naukowej Habilitantki.

#### **Pozostała działalność i współpraca międzynarodowa**

Habilitantka w zakresie współpracy międzynarodowej wykazuje aktywnością na dość dobrym poziomie. Odbyla łącznie 10 krótkoterminowych pobytów w zagranicznych ośrodkach – łącznie ok. 14 tygodni (Uniwersytet Jana Keplera w Linz, Austria; Instytut Chemii Makromolekularnej Petru Poni w Jasi, Rumunia), a prowadziła lub prowadzi wspólne badania także z innymi ośrodkami zagranicznymi (Czechy, Brazylia, Etiopia), zakończone publikacjami. Nawiązane kontakty i trwająca współpraca dobrze rokują dla Jej dalszej działalności badawczej.

Pani dr inż. Barbara Hajduk była promotorem pomocniczym jednej pracy inżynierskiej i jednej magisterskiej, a obecnie jest promotorem pomocniczym pracy doktorskiej. W okresie zatrudnienia na Politechnice Śląskiej realizowała również zajęcia dydaktyczne. Wykazywała znaczącą aktywność organizacyjną biorąc udział m.in. w przygotowaniu i prowadzeniu stanowisk pokazowych w ramach Dni Nauki w Zabrze (2009-2018).

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe Pani dr inż. Barbary Hajduk stanowi istotny wkład w zakresie rozwoju metod elipsometrycznych badania właściwości fizycznych cienkich warstw polimerowych oraz nanokompozytowych. W tym zakresie wykazała się ona istotną aktywnością naukową realizowaną w kilku zarówno polskich, jak i zagranicznych instytucjach naukowych. Tym samym spełnia on wymogi stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego zgodnie z wymaganiami zawartymi w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. (art. 219 ust. 1 pkt 1-3), Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. W związku z tym wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o dopuszczenie Pani dr inż. Barbary Hajduk do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



Szczepan Zapotoczny