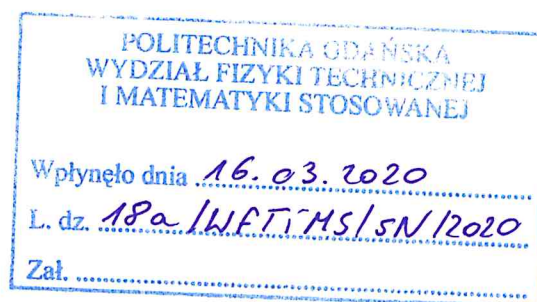


Warszawa, 7.03.2020

Wróbel Wojciech, dr hab. inż. , prof. uczelni
Politechnika Warszawska
Wydział Fizyki
Koszykowa 75
00-662 Warszawa



**Recenzja osiągnięcia naukowego pt. „Tlenkowe materiały funkcjonalne do ogniw paliwowych i urządzeń termoelektrycznych” oraz ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr. inż. Beaty Bochentyn
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Sylwetka Habilitantki

Dr inż. Beata Bochentyn ukończyła studia w 2009 roku na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera w zakresie fizyki technicznej. W 2013 roku uzyskała stopień naukowy doktora nauk fizycznych, także na Wydziale FTiMS PG. Promotorem pracy doktorskiej pt. „Właściwości strukturalne i transportowe kompozytów tytanianu strontu z tlenkami przewodzącymi jonowo” był prof. dr hab. inż. Bogusław Kusz. Od 2009 roku Habilitantka jest zatrudniona na Wydziale Fizyki Technicznej i Stosowanej Politechniki Gdańskiej najpierw na stanowisku asystenta, potem wykładowcy, a od 2013 roku na stanowisku adiunkta.

Osiągnięcie naukowe

Dr inż. Beata Bochentyn jako osiągnięcie naukowe przedstawiła cykl 9 powiązanych ze sobą tematycznie artykułów naukowych pt. „Tlenkowe materiały funkcjonalne do ogniw paliwowych i urządzeń termoelektrycznych”. Prace te opublikowane zostały w latach 2015 – 2019 w renomowanych czasopismach recenzowanych z listy JCR, takich jak Solid State Ionics (H1, H3), Materials Research Bulletin (H2), International Journal of Hydrogen Energy (H4), Journal of Non-Crystalline Solids (H5), Journal of Alloys and Compounds (H6), Materials Chemistry and Physics (H7), Journal of Electronic Materials (H8) and Materials Research Bulletin (H9). Całkowity Impact Factor (IF) publikacji z osiągnięcia wynosi ponad 23.4.

Przedstawione prace są wieloautorskie, co jest typowe w przypadku eksperymentalnych prac badawczych realizowanych z wykorzystaniem różnorodnych zaawansowanych technik otrzymywania i charakteryzacji materiałów. Należy przy tym zaznaczyć, że dr B. Bochentyn jednoznacznie zdefiniowała i wykazała zdecydowanie dominujący swój wkład w tych publikacjach, który szacunkowo określiła na ponad 40%, a w kluczowych publikacjach H2 - H4 nawet na 70%. We wszystkich przedstawionych publikacjach dr B. Bochentyn jest autorem korespondencyjnym a w 6 z 9 publikacji jest pierwszym autorem. Oświadczenia współautorów również jednoznacznie potwierdzają dominujący wkład Habilitantki w powstanie publikacji.

Ważnym elementem wspólnym badań przedstawionych w cyklu publikacji są zagadnienia dotyczące wpływu morfologii badanych tlenkowych materiałów funkcjonalnych na ich właściwości fizyczne. Prace H1 – H4 koncentrują się na materiałach anodowych do ogniw SOFC, a w szczególności na ich właściwościach katalitycznych w kontekście zasilania ogniw SOFC biogazem. Tematyka ogniw paliwowych wykorzystujących paliwa alternatywne dla wodoru jest niezwykle ważna i aktualna. W celu poprawy wewnętrznego reformingu zespół Habilitantki zaproponował oryginalne rozwiązanie polegające na pokryciu anody Ni-YSZ cienką, porowatą warstwą materiału tlenkowego w tym perowskitu YSTF, spinelu $\text{Cu}_{1.3}\text{Mn}_{1.7}\text{O}_4$ oraz kompozytu CuO-CeO_2 . W publikacji H1 porównana została stabilność elektryczna ogniwa referencyjnego oraz trzech ogniw z powyższymi warstwami katalitycznymi. Wykazano, że w przypadku spinelu i kompozytu maksymalna gęstość mocy i napięcie otwartego obwodu nie tylko nie spadają ale nawet nieco wzrastają w czasie i zaproponowano wyjaśnienie tych efektów. Ponieważ ważnym czynnikiem wpływającym na właściwości strukturalne, elektryczne i katalityczne w procesie reformingu gazu jest wielkość ziaren Habilitantka przeprowadziła także szczegółowe badania wpływu warunków syntezy materiałów na parametry pracy ogniwa (H2). Z kolei praca H3 jednoznacznie pokazuje, że nanometryczny charakter wytworzonych związków zwiększa granicę rozpuszczalności miedzi i kobaltu w tlenku ceru.

Najważniejszą publikacją dotyczącą anodowych materiałów katalitycznych jest praca H4, w której zaprezentowano nowatorską metodę analizy składu gazów wylotowych z ogniwa paliwowego wykorzystującą spektroskopię w podczerwieni z transformatą Fouriera (FTIR). Wykazane zostało, że metoda ta działa w trybie ciągłym, w przeciwieństwie do chromatografii gazowej, dzięki czemu umożliwia także badanie kinetyki procesu reformingu i poszczególnych reakcji chemicznych i elektrochemicznych zachodzących w ogniwie oraz może być realizowana in-situ przy równoczesnych pomiarach elektrycznych. W pracy H4 dr B. Bochentyn wykazała także, że metoda ta umożliwia uzyskanie szeregu nowych i ważnych informacji charakteryzujących procesy zachodzące w ogniwie. Przykładowo na podstawie analizy ilorazów reakcji i aktywności węgla w funkcji czasu zidentyfikowano proces pirolizy jako odpowiedzialny za osadzanie węgla w ogniwie, ale także wyciągnięty został

wniosek, że w celu uzyskania jak najbardziej efektywnego procesu wewnętrznego reformingu biogazu należy zoptymalizować nie tylko materiał anody, ale również skład paliwa, temperaturę pracy i zewnętrzne obciążenie układu.

Druga grupa prac osiągnięcia, prace H5 – H9, przedstawiają wyniki badań materiałów termoelektrycznych otrzymywanych poprzez redukcję reagentów tlenkowych. W pracach tych Habilitantka wiele uwagi poświęciła modyfikacji morfologii materiałów poprzez dobór stechiometrii materiału startowego, kontroli porowatości, jak również temperatury i czasu redukcji oraz możliwości regulowania ostatecznych parametrów termoelektrycznych materiałów poprzez zmianę tej morfologii. W szczególności wykazano, że na skutek redukcji szkielec tlenkowych w wodorze istnieje możliwość stworzenia struktur typu rdzeń-płaszcz (core-shell), gdzie wewnątrz stanowi bogata w tlen struktura amorficzna otoczona dobrze przewodzącą warstwą, płaszczem, który może być metalem lub kompozytem szklisto-metalicznym. Taka struktura jest optymalna dla uzyskania wysokich wartości dobroci termoelektrycznej, ZT, gdyż w amorficznym rdzeniu może skutecznie zachodzić rozpraszanie fononów, zaś metaliczne warstwy powierzchniowe uformują ścieżkę dla nośników ładunku. W pracy H5 wykazano, że na skutek redukcji w wodorze w temperaturze 380°C na powierzchni szkła bizmutowo-krzemianowego faktycznie powstają granule metalicznego bizmutu, których rozmiar i dystrybucja zależy od czasu trwania procesu. Zmiany morfologii wpływają przy tym nie tylko na przewodność elektryczną, ale także na właściwości mechaniczne, a koncentracja bizmutu na powierzchni i w przypowierzchniowych warstwach wywołuje obniżenie modułu Younga. Różnice w mikrostrukturze wytworzonych związków, wynikające ze zmian procedury redukcji reagentów tlenkowych (temperatura topienia mieszaniny substratów tlenkowych, warunki obróbki mechanicznej proszków, czas i temperatura redukcji w wodorze), mogą nie tylko zmieniać wartość przewodności ale także charakter przewodnictwa np. z metalicznego na półprzewodnikowy (H6). Jednocześnie, jak zostało wykazane, zastosowana metoda redukcji reagentów pozwala uzyskiwać powtarzalne struktury o podobnych właściwościach.

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego dr B. Bochentyn chciałbym podkreślić:

- a) dobrze zdefiniowane i aktualne cele prowadzonych badań, zarówno w obszarze anodowych materiałów katalitycznych dla ogniw SOFC zasilanych biogazem jak i dla materiałów termoelektrycznych,
- b) spójność przedstawionych publikacji z zaprezentowanymi celami, co powoduje, że przedstawione prace stanowią ciąg logiczny, w którym wyniki jednej z prac stanowią inspirację do realizacji dalszych badań,

- c) dobór odpowiednich zaawansowanych metod otrzymywania materiałów, w tym metody redukcji reagentów tlenkowych oraz pokrywania anody SOFC cienką warstwą katalityczną, dzięki którym poprzez kontrolowaną zmianę morfologii badanych próbek zmieniane są właściwości fizyczne badanych układów,
- d) dobór odpowiednich zaawansowanych metod badawczych (przede wszystkim elektrycznych, obrazowania powierzchni, strukturalnych) umożliwiających kompleksową charakteryzację otrzymanych układów,
- e) opracowanie autorskiej metody kompleksowej analizy dynamicznego procesu reformingu wewnętrznego biogazu w oparciu o badania elektryczne oraz analizę składu gazów wylotowych z ogniwa.

Z przekonaniem stwierdzam więc, że przedstawione wyniki systematycznych badań prowadzonych przez dr inż. Beatę Bochentyn poszerzają znacznie naszą wiedzę o właściwościach fizycznych tlenkowych materiałów funkcjonalnych do ogniw paliwowych i urządzeń termoelektrycznych i wnoszą istotny wkład w rozwój fizyki ciała stałego. Nie ulega wątpliwości, że przedstawione osiągnięcie naukowe stanowi znaczący i oryginalny dorobek naukowy Habilitantki.

Na szczególne wyróżnienie, moim zdaniem, zasługują prace dotyczące ogniw paliwowych H1 - H4. Uzyskane w pracach wyniki przedstawiają coś zupełnie nowego, przełomowego i innowacyjnego, zarówno w odniesieniu do zaproponowanych warstw katalitycznych pokrywających anodę (w szczególności skład tych warstw) dla wewnętrznego reformingu, ale przede wszystkim w odniesieniu do metody analizy gazów wylotowych z ogniwa paliwowego zasilanego biogazem. W publikacjach tych wkład dr Bochentyn jest jednoznaczny i wyraźnie dominujący – pełniła rolę twórcy lub współtwórcy koncepcji, celów badawczych, interpretacji wyników oraz przygotowaniu manuskryptów a także kierowała projektem, w ramach którego badania te były realizowane.

Dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny

Dr inż. Beata Bochentyn może wykazać się znaczącą aktywnością naukową po uzyskaniu stopnia doktora w tym 17 artykułów w czasopismach z listy JCR (9 z nich zaprezentowano jako osiągnięcie naukowe) oraz 21 artykułów recenzowanych w czasopismach i wydaniach monograficznych spoza listy JCR. Wskaźniki bibliometryczne, w opinii Recenzenta, nie powinny być głównym wyznacznikiem ocenianego dorobku ale zwyczajowo także podlegają analizie. Według wniosku habilitacyjnego z dnia 24.04.2019 dorobek Habilitantki można opisać indeksem Hirscha $h = 9$



oraz łączną liczbą cytowań 180 (119 bez autocytowań), na podstawie bazy Scopus. Jest to przyzwoity dorobek naukowy, jak na wczesny etap rozwoju kariery naukowej. Należy przy tym zaznaczyć, że cytowalność publikacji dr Bochentyn charakteryzuje się zauważalną dynamiką i na koniec lutego 2020 całkowita liczba cytowań (także wg bazy Scopus) wzrosła do 206, co potwierdza fakt, że prezentowane przez Habilitantkę wyniki budzą zainteresowanie społeczności naukowej. Bardzo ważne, w szczególności dla pracownika uczelni technicznej jest dbanie o aplikacyjny charakter podejmowanych badań. Dr B. Bochentyn wykazała 3 zgłoszenia patentowe co, potwierdza, że realizowane przez nią prace badawcze mogą mieć bezpośrednie przełożenie na rozwiązania techniczne.

Habilitantka wygłosiła wiele prezentacji ustnych na międzynarodowych (7 wystąpień w tym dwa na zaproszenie organizatorów) i krajowych (8 wystąpień) a także ponad 30 prezentacji posterowych. Ma na koncie także znaczną liczbę recenzji artykułów naukowych. Wszystkie powyższe parametry pozwalają stwierdzić, że dr B. Bochentyn posiada solidną pozycję naukową.

Niezwykle istotne jest również zaangażowanie dr Bochentyn w projekty badawcze (5 krajowych i 1 międzynarodowy) a w szczególności doświadczenie w kierowaniu dwoma projektami NCN. Wydaje się, że Habilitantka umiejętnie wykorzystała udział w tych projektach do budowania doświadczenia naukowego i rozwoju swoich kompetencji. Projekt NCN SONATA pt. „Anodowe materiały katalityczne dla tlenkowych ogniw paliwowych bezpośrednio zasilanych biogazem (DIR-SOFCs)” umożliwił realizację prac H1 - H4, które stanowią warty docenienia cykl.

Jako imponujący należy ocenić dorobek dydaktyczny i popularyzatorski dr B. Bochentyn z kilkunastoma wykładami popularyzatorskimi, inicjatywami propagującymi fizykę czy współtworzeniem darmowego podręcznika „Fizyka dla szkół wyższych” na bazie University Physics (Rice University, USA). Habilitantka była i jest członkiem towarzystw naukowych, komitetów redakcyjnych i komitetów organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych (lista w załącznikach). W kontekście postępowania habilitacyjnego najważniejsze jest jednak, również znaczące, doświadczenie w opiece nad młodymi naukowcami, w tym 18 inżynierantami i 9 magistrantami. Habilitantka aktualnie pełni także rolę promotora pomocniczego w jednym otwartym przewodzie doktorskim.

Jeżeli jednak do tego znaczącego, jak na wczesny etap kariery naukowej, dorobku naukowego, imponującego dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego dodać fakt, że Habilitantka miała dwie przerwy w aktywności naukowej związane z urlopami macierzyńskimi (łącznie 1.5 roku), to dorobek dr inż. Beaty Bochentyn należy uznać za wyróżniający. Znajduje to zresztą odzwierciedlenie w licznych prestiżowych nagrodach za działalność naukową m.in. FNP, MNiSW czy z POKL.

Podsumowanie

Nie mam wątpliwości, że dorobek naukowy i inne formy aktywności zawodowej dr inż. Beaty Bochentyn dowodzą, że jest samodzielnym i twórczym naukowcem. Przedstawione do recenzji osiągnięcie pt. „Tlenkowe materiały funkcjonalne do ogniw paliwowych i urządzeń termoelektrycznych” jest dobrze udokumentowane, opiera się na publikacjach w prestiżowych czasopismach międzynarodowych a przede wszystkim zawiera wiele wartościowych i oryginalnych wyników a sama Habilitantka posiada ugruntowaną pozycję w środowisku naukowym. W związku z powyższym **uważam, że spełnione są z nadwyżką wszystkie ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane przy postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego i wnoszę o dopuszczenie dr inż. Beaty Bochentyn do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.**

Jednocześnie uważam, że **na aktualnym etapie kariery, dorobek dr inż. Beaty Bochentyn należy uznać za wyróżniający**, ze względu na imponujący komponent dydaktyczny i popularyzatorski ale przede wszystkim wyróżniający komponent naukowy, w szczególności z oryginalnym rozwiązaniem warstw katalitycznych pokrywających anodę dla wewnętrznego reformingu biogazu w ogniwach SOFC oraz innowacyjną metodą analizy gazów wylotowych z ogniwa paliwowego zasilanego biogazem.

Andrzej W. Wójcik