

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

Katowice, 16.02.2021

Recenzja dorobku naukowego i aktywności naukowej
dr inż. Tomasza Pietrzaka w postępowaniu o nadanie stopnia doktora
habilitowanego przez Radę Naukową Dyscypliny Nauki Fizyczne
Politechniki Warszawskiej

Recenzję dorobku naukowego i aktywności naukowej Pana dr inż. Tomasza Pietrzaka przygotowałem na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Politechniki Warszawskiej z dnia 08.01.2021, 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. Tomasza Pietrzaka.

Informacje ogólne

Pan Tomasz Pietrzak ukończył studia na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej na kierunku fizyka techniczna / fizyka ciała stałego w 2008 roku i uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera. W tymże roku podjął studia doktoranckie na macierzystym wydziale i w roku 2012 uzyskał stopień naukowy doktora nauk fizycznych na podstawie przedstawionej rozprawy pod tytułem: *Nowe nanomateriały oparte na szklach wanadanowo-fosforanowych i żelazowo-fosforanowych*. Promotorem przewodu doktorskiego był prof. dr hab. Jerzy Garbarczyk, a recenzentami rozprawy byli prof. dr hab. Czesław Pawlaczyk i dr hab. Krystyna Pękała, profesor w PW. Od 2013 roku jest adiunktem na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej.

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 monotematyczny cykl dziesięciu publikacji zatytułowany: *Wpływ termicznej nanokrystalizacji wybranych szkła tlenkowych na ich właściwości fizyczne*. Cykl obejmuje publikacje z lat 2015-2020; w sześciu z nich Habilitant jest autorem korespondującym, jednak żadna z nich nie jest samodzielna. Nie uważam tego za mankament, gdyż prace technologiczno-badawcze uwzględniające zaawansowane metody badań wymagają wysiłku zespołowego. Habilitant nie sformułował wprawdzie hipotezy roboczej, ale przedstawił sześć pytań, które w nieco zmienionej formie mogłyby taką hipotezę zastąpić.

- Czy zjawisko termicznej nanokrystalizacji w szklach tlenkowych jest czymś rzadkim, czy raczej występuje w wielu różnych układach szklotwórczych?
- Czy otrzymane wartości przewodności są największymi, jakie można osiągnąć za pomocą tej techniki? Czy jest możliwa dalsza optymalizacja procesu nanokrystalizacji?
- Czy na podstawie pomiarów innych właściwości materiałów można przewidzieć, że będzie w nich zachodzić proces nanokrystalizacji skutkujący dużym wzrostem przewodności?
- Czy istnieją alternatywne wyjaśnienia gigantycznego wzrostu przewodności?
- Jak nanokrystalizacja wpływa na przewodność jonową, a jak na elektronową?
- Czy zjawisko to daje podobne efekty w przypadku mieszanych przewodników elektronowo-jonowych Li^+ oraz Na^+ ?

Aktywność naukowa Habilitanta wpisuje się w nurt obejmujący materiały dla baterii wielokrotnego ładowania (LIB/NIB) oraz dla ogniw paliwowych (SOFC) i to zarówno, jako materiały elektrodowe, jak i elektrolity stałe.

Dla oceny dorobku Kandydata posłużyłem się Jego autoreferatem, treścią publikacji z listy Jego dorobku, a także dodatkowo pracami R. Barczyńskiego, J. Garbarczyka, M. Handkego, C. S. Raya i in., V. M. Fokina i in. oraz M. J. Davisa.

W mojej opinii przewód habilitacyjny powinien uogólniać i podsumowywać wyniki badań Kandydata po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Tak więc sformułowanie przez Habilitanta hipotezy roboczej (lub szeregu pytań/problemów) jest poprawną drogą do całościowego potraktowania Jego dorobku naukowego. Analizując treść Jego publikacji w porządku chronologicznym można prześledzić etapy rozumowania w logicznym ciągu następstw. Obiektem Jego zainteresowania

były szkła i szkło-ceramika fosforanowo-wanadanowa (a także inne związki – mineralne i syntetyzowane), wykazująca dość wysokie przewodnictwo elektronowe. Autor używa określenia „gigantyczne przewodnictwo”, być może jako analogon do określenia „giant magnetoresistance” stosowanego w spintronice. Byłby to Jego osobisty wkład w terminologię. Na podstawie wielu eksperymentów stwierdza, że częściowa, kontrolowana krystalizacja badanych szkieł prowadzi do znacznego wzrostu przewodnictwa. Za główny mechanizm wzrostu przewodnictwa Autor uważa hopping elektronów (tzw. „małych polaronów” lub zlokalizowanych elektronów w wersji mechanizmu wielofononowego) występujących w modelach Motta i Schnakenberga. W tworzeniu się polaronów (mechanizm oddziaływania elektron-fonon akustyczny) można się też doszukać pewnych analogii do tworzenia par Coopera. Kandydat w swoim autoreferacie oraz w wybranych publikacjach szczegółowo referuje konsekwencje przyjętych modeli przewodnictwa i wylicza wybrane parametry fizyczne (np. energię aktywacji hoppingu), czym dowodzi, iż orientuje się w teoretycznych podstawach omawianej problematyki. Porównuje także wyniki obliczeń do rezultatów pomiarów dla przewodnictwa stałego i zmiennoprądowego.

Dwoma głównymi z mojego punktu widzenia wnioskami z cyklu badań są stwierdzenia:

• *Termiczna nanokrystalizacja materiałów katodowych prowadzi zwykle do znacznego, a czasami gigantycznego (nawet o 10 rzędów wielkości) i nieodwracalnego wzrostu przewodności elektrycznej oraz do spadku energii aktywacji. Zjawisko to związane jest z silnie rozbudowanymi powierzchniami nanoziaren i zostało wyjaśnione na podstawie modelu core-shell oraz teorii Motta hoppingu małych polaronów.*

• *Zaobserwowano znaczące różnice pomiędzy „podatnością” na wzrost przewodności w przewodnikach jonów litu i jonów sodu. W przypadku tych drugich obserwowano znacznie mniejszą skalę wzrostu. Zjawisko to nie zostało jeszcze wyjaśnione i wymaga dalszych, szeroko zakrojonych badań. Należy jednak zaznaczyć, że w zbadanych przewodnikach jonów sodu wielkość ziaren krystalicznych była rzędu 100 nm – zauważalnie większa niż w przypadku zbadanych nanomateriałów przewodzących jony litu.”*

Zgadzam się ze stwierdzeniem Kandydata, iż

„Cenne doświadczenie naukowe zdobyte podczas tych badań będzie procentować przy udziale w przyszłych projektach, m.in. dotyczących szklistych odpowiedników innych materiałów katodowych do baterii Na-ion czy Mg-ion, bezpośredniej stabilizacji fazy δ - Bi_2O_3 za pomocą szybkiego chłodzenia z fazy ciekłej czy syntezy.”

Metodyka badawcza obejmuje zarówno technologię wytwarzania szkieł, jak i ich specyficzną obróbkę cieplną. Pomiary były wykonywane metodami DTA/DSC (różnicowa analiza termiczna/różnicowa kalorymetria skaningowa), XRD (rentgenowska analiza strukturalna), SEM/STEM/TEM/HRTEM (skaningowa mikroskopia elektronowa/skaningowa transmisyjna mikroskopia elektronowa/transmisyjna mikroskopia elektronowa/wysokorozdzielcza transmisyjna mikroskopia elektronowa) oraz spektroskopii impedancyjnej, co ilustruje swobodne poruszanie się Autora w obszarze zaawansowanych technik badawczych. Niewątpliwie pomogło Mu w tym solidne wykształcenie fizyczne, chociaż w publikacjach dostrzegam pewne usterki nomenklaturowe. Jednak interpretacja wyników wymaga naprawdę głębokiej wiedzy o bardzo subtelnych aspektach tych metod. Zabrakło mi w warsztacie metod FTIR i spektroskopii Ramana, które często stosuje się w badaniach szkieł i szkło-ceramiki.

Bardzo pozytywna ocena prac badawczych dokonanych przez Kandydata nie zwalnia mnie od kilku uwag krytycznych i sugestii, które częściowo sformułowałem w formie komentarzy do Autoreferatu, a częściowo przedstawiam je poniżej.

1. W Autoreferacie oraz w niektórych publikacjach Kandydat wymienia związki szkiełtwórcze, ale nie wspomina o modyfikatorach i stabilizatorach (intermediates) rozpatrywanych szkieł (może to jest we wcześniejszych pracach?)
2. Fazę wzrostu kryształów w szklach (przy wygrzewaniu) poprzedza na ogół faza zarodkowania homogenicznego/heterogenicznego (nukleacji) – chyba, że mamy do czynienia z krystalizacją bezzarodkową (spinodalną). Przed zarodkowaniem (lub równocześnie) występuje też relaksacja naprężeń. W autoreferacie i publikacjach Habilitanta nie znalazłem na ten temat ani słowa – być może pisał o tym we wcześniejszych pracach?

Chandra S. Ray, Xiangyu Fang, and Delbert E. Day: New Method for Determining the Nucleation and Crystal-Growth Rates in Glasses., *J. Am. Ceram. Soc.*, 83 [4] 865–72 (2000)
Fokin V. M., Zanutto E. D., Yuritsyn N. S., Schmelzer J. W. P.: Homogeneous crystal nucleation in silicate glasses: A 40 years perspective. *J. Non-Cryst. Solids* 352 (2006) 2681–2714
Mark J. Davis, Effect of the Growth Treatment on Two-Stage Nucleation Experiments, *J. Am. Ceram. Soc.*, 84 [3] 492–96 (2001)

3. Czy nie warto było przedstawić jawnie równań kinetycznych JMA (Johnsona-Mehla-Avramiego) lub JMAK (Johnsona-Mehla-Avramiego-Kolmogorova) z przytoczeniem przynajmniej kilku modeli określania

wykładnika Avramiego i energii aktywacji krystalizacji (np. Ozawy lub Chena czy Augisa-Bennetta), a ograniczono się tylko do wersji Kissingera i Lasockiej.

4. W krystalografii strukturę definiuje się poprzez komórkę elementarną. Wielościanny koordynacyjny są także w szklach. W pracach Habilitanta były wzmianki o „unit cell” i symetrii (grupy punktowe/przestrzenne), ale modelu nie znalazłem.
5. Czy nie warto było wykorzystać (oprócz Scherrera) rozpraszania niskokątowego (SAXS) lub procedury Williamsona-Halla do określenia średniej wielkości krystalitów i być może lokalnych pól naprężeń. Albo chociaż ilościowej analizy obrazu – patrz rys. 3 w autoreferacie. Relacja (stężenie atomów powierzchniowych)/(wszystkie atomy) jest wspomniana tylko raz w publikacji H2.
6. Na rys. 8b w publikacji H3 moim zdaniem jest transformata FFT obrazu, a nie eksperymentalna dyfrakcja elektronowa (wiadomo, że powinny być tożsame, ale jest jeszcze problem osi pasa).

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 Knowledge oraz Scopus i muszę zaznaczyć, że dane oryginalne z baz są korzystniejsze dla Habilitanta. Sumaryczna liczba publikacji w czasopismach indeksowanych wynosi według bazy Web of Knowledge 29, a według bazy Scopus 30 (w tym 24/25 po uzyskaniu stopnia doktora). Prace autorstwa lub współautorstwa Kandydata były cytowane 261 razy (WoK), w tym 139 bez samocytowań lub 292 razy (Scopus), w tym 160 bez samocytowań. Indeks Hirscha według bazy WoK wynosi 9, a według bazy Scopus 10 (bez samocytowań 6). Sumaryczny tzw. „impact factor” jest bardzo wysoki (75) i wynika zarówno z ilości publikacji indeksowanych, jak i z wysokich wartości IF dla czasopism, w których publikował Habilitant (między innymi Solid State Ionics, Materials Science and Engineering B, Journal of Non-Crystalline Solids). Są to bardzo przyzwoite wskaźniki, szczególnie, że Habilitant ma przed sobą jeszcze wiele

lat aktywności naukowej i wskaźniki te z pewnością znacząco wzrosną w przyszłości. Zdziwienie budzi we mnie wysoki procent samocytowań (prawie 50%), ale być może jest to kwestia zmiany obyczajów środowiskowych (w moim pokoleniu normą było 10-20% autocytowań). Ponadto Kandydat był recenzentem 55 artykułów w uznanych czasopismach naukowych (na przykład Journal of Solid State Chemistry, Journal of Alloys and Compounds, Electrochimica Acta).

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.

Habilitant uczestniczył w pięciu projektach badawczych, w tym w dwóch grantach EU. Kierował jednym projektem NCN.

Wygłosił dziewięć referatów na konferencjach międzynarodowych, w tym sześć po doktoracie.

Odbył kilka staży zagranicznych w światowych ośrodkach badawczych takich jak: Uniwersytet w Pawii, MIT (MA, USA), HASYLAB/DESY w Hamburgu, czy Rensselaer Polytechnic Institute (Troy, NY, USA).

Działalność dydaktyczna i popularyzatorska Habilitanta

W ramach obowiązków dydaktycznych w Politechnice Warszawskiej organizował i prowadził wykłady, laboratoria oraz ćwiczenia. Jest współautorem podręcznika akademickiego. Był promotorem pomocniczym w jednym przewodzie doktorskim, a obecnie sprawuje opiekę naukową nad dwiema doktorantkami. Był promotorem 42 prac dyplomowych inżynierskich/magisterskich. Był także opiekunem w indywidualnym toku studiów (4 studentów). Jest trzykrotnym laureatem konkursu tzw. „złotej kredy”, przyznawanej przez studentów w anonimowej ankiecie. Jest członkiem Rady Dyscypliny i bierze czynny udział w promocji Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę głównego osiągnięcia badawczego dr inż. Tomasza Pietrzaka stanowiącego cykl 10 monotematycznych publikacji,

wartościowy pozostały dorobek publikacyjny i bardzo dobre wskaźniki bibliometryczne oraz dorobek projektowy, dydaktyczny i bogatą współpracę międzynarodową stwierdzam, że Jego całościowy dorobek spełnia warunki Ustawy z dnia 20 lipca 2018r Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy). Choć główny nurt Jego działalności naukowej umiejscowiłbym na pograniczu chemii i fizyki, to charakter Jego dokonań mieści się w obszarze dyscypliny Nauki Fizyczne. Dlatego z pełnym przekonaniem stawiam wniosek do Komisji Przewodu Habilitacyjnego i Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Politechniki Warszawskiej o nadanie dr inż. Tomaszowi Pietrzakowi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie nauk fizycznych.



Prof. dr hab. Michał Żelechower