

prof. dr hab. Bogdan Idzikowski
Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk

Recenzja

dorobku naukowego oraz osiągnięcia habilitacyjnego dr. inż. Jerzego Antonowicza
„Struktura atomowa i właściwości wybranych szkieł metalicznych
- badania z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego”

Podstawowe dane o Habilitancie:

| | |
|---|--|
| Imię i nazwisko Habilitanta: | Jerzy Michał Antonowicz (ur. 02.06.1976 r.) |
| Data uzyskania stopnia doktora: | 27 kwietnia 2006 r. |
| Obecne miejsce pracy: | Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, stanowisko: adiunkt |
| Prowadzenie postępowania habilitacyjnego: | Rada Wydziału Fizyki PW |

Dr inż. Jerzy Michał Antonowicz w 2001 roku ukończył studia magisterskie na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej i uzyskał tytuł magistra inżyniera fizyki technicznej na podstawie pracy dyplomowej zatytułowanej „*Badanie kinetyki nanokrystalizacji w stopie Al-Y-Ni-Fe metodami dyfrakcyjnymi oraz pomiaru oporu elektrycznego*”. W kwietniu 2006 r. Habilitant uzyskał stopień doktora nauk fizycznych po obronie dysertacji „*Mechanizmy i kinetyka nanokrystalizacji w amorficznych stopach aluminium*” pod kierunkiem prof. dr. hab. Rajmunda Bacewicza.

W ramach studiów doktoranckich w latach 2002-2003 dr inż. Jerzy Antonowicz pracował naukowo jako stażysta w Institut Polytechnique de Grenoble, Francja (grupa prof. A.R. Yavari). Po obronie doktoratu, od roku 2006, został zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej.

Ocena dorobku naukowego

Dorobek naukowy dr. inż. Jerzego Antonowicza stanowi 35 prac w tym 7 prac opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora i 28 artykułów po uzyskaniu tego stopnia.

Łączna liczba cytowań to 313, a liczba cytowań z wyłączeniem autocytowań wynosi 267 (dane WoS z 23.01.2017). Przytoczone dane składają się na indeks Hirscha równy 11. Sumaryczny *impact factor* czasopism wg JCR to prawie 80.

Z analizy tematyki dorobku naukowego dr. inż. J. Antonowicza wynika, że stosowane metody badawcze i sposób interpretacji uzyskiwanych wyników ulegały stopniowemu poszerzaniu w miarę potrzeb i w miarę Jego rozwoju naukowego. Należy zwrócić uwagę, że istotny wpływ na dobieranie przez Niego komplementarnych technik badawczych miał pobyt we Francji w początkowej fazie kariery naukowej. Dorobek Habilitanta jest spójny, świadczący o bardzo dobrze ukierunkowanych (i bardzo specjalistycznych) zainteresowaniach naukowych.

Poza osiągnięciami zawartymi w cyklu siedmiu publikacji habilitacyjnych (szczegółowe omówienie poniżej) na szczególną uwagę zasługuje zbadanie lokalnej struktury atomowej półprzewodników, poznanie właściwości termodynamicznych manganitów i stabilności termicznej struktury polimerów azobenzenowych.

Habilitant posiada umiejętność do stosowania różnych modeli zarówno czysto teoretycznych, jak również empirycznych (nie tylko dotyczących struktury, ale też np. transportu elektronowego) dla skutecznej interpretacji swoich danych doświadczalnych. Na uwagę zasługuje umiejętność wykorzystania detali struktury elektronowej badanych związków w celu interpretacji danych doświadczalnych. Dr inż. J. Antonowicz z powodzeniem zajmuje się doświadczalnym badaniem gęstości stanów elektronowych metodami przykrawędziowej absorpcji rentgenowskiej, stosując techniki spektroskopowe (m.in. XANES, EXAFS) z wykorzystaniem źródeł promieniowania synchrotronowego. Poza tym stosuje inne techniki pomiarowe takie jak dyfrakcja promieni X (XRD) i jej powierzchniową odmianę (SXRD - *Surface X-ray Diffraction*), skaningową kalorymetrię różnicową, termogravimetrię, pomiary oporu elektrycznego oraz siły termoelektrycznej.

Ocena osiągnięcia naukowego

Wniosek dr. inż. Jerzego Antonowicza o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk fizycznych (dyscyplina fizyka) bazuje na cyklu monotematycznych publikacji pt. "*Struktura atomowa i właściwości wybranych szkieł metalicznych - badania z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego*". Podstawą wniosku jest siedem artykułów opublikowanych w latach 2009-2016 w *Journal of Alloys and Compounds* (3 prace) i po jednej pracy w *Philosophical Magazine*, *Journal of Applied Physics*, *Materials*

Express, Physical Review B. Wszystkie publikacje są wieloautorskie, w pięciu pracach Habilitant jest pierwszym autorem. Brak artykułu, w których Habilitant byłby jedynym autorem. Nie ma też artykułu o charakterze podsumowującym, przeglądowym. Z oświadczeń współautorów wynika że rola dr. inż. J. Antonowicza w powstawaniu manuskryptów była wiodąca lub co najmniej znacząca. Wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego jest przygotowany bardzo starannie.

Tematyka osiągnięcia habilitacyjnego dotyczy głównie wybranych (bardzo szczegółowych) aspektów właściwości strukturalnych amorficznych stopów na bazie glinu (z pierwiastkiem ziem rzadkich Sm lub z itrem oraz domieszkami metali przejściowych Co lub Ni)) oraz różnych stechiometrii miedzi i cyrkonu z domieszkami Al.

Często efekt gęstego upakowania klastrów atomowych jest wynikiem zróżnicowania średnic atomów tworzących stop amorficzny. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku stopów Al-Sm-Ni (i innych) z pracy [JA1], opisującej ich właściwości strukturalne (m.in. odległości międzyatomowe i czynnik Debye-Wallera, *etc.*). Autorzy słusznie przypisują zwiększenie zdolności do tworzenia fazy szklistej (GFA – *glass forming ability*) lepszym wypełnieniem przestrzeni, co oczywiście utrudnia procesy dyfuzyjne i spowolnia krystalizację. Warto zawsze w takich przypadkach przeanalizować kinetykę krystalizacji prostą metodą Kissingera (energia aktywacji procesów przemian strukturalnych).

Dwie kolejne prace [JA2, JA3] są bardzo ważne, gdyż uwypuklono w nich mechanizm tworzenia tzw. litych szkieł metalicznych (BMG – *bulk metallic glasses*). Szczegółowe scharakteryzowanie struktury atomowej stopów z grupy Zr-Cu (z dodatkiem 10-30 at.% Al) dowodzi istnienia lokalnej struktury ikosaedrycznej. Opisano też wpływ domieszki glinu na parametry lokalnego porządku szkieł na bazie Zr-Cu.

Dwuskładnikowy związek międzymetaliczny Zr_2Cu krystalizuje w strukturze tetragonalnej (minimum energii swobodnej). Zmierzone widma EXAFS (krawędź Cu-K) dla stopu o składzie $Zr_{67}Cu_{33}$ (stechiometria 2:1) oraz dla teoretycznego modelu klastra o symetrii ikosaedru są zgodne [JA3], w przeciwieństwie do wysymulowanego widma EXAFS dla struktury tetragonalnej. Obserwacja ta jest kluczowa i tłumaczy dlaczego stopy Zr-Cu w szerokim zakresie składów łatwo tworzą BMG, bez konieczności stosowania takich pierwiastków jak B czy Si (*glass formers*) dla uzyskania amorfizacji stopów z dużą zawartością metali przejściowych (np. $Fe_{80}B_{20}$). Kolejna praca [JA4] rozwija te założenia i dowodzi, że możliwe jest wzajemnie przenikanie się ikosaedrycznych metastabilnych klastrów (pięciokrotna oś symetrii) i tworzenie dalekozasięgowych nieperiodycznych struktur.

Określenie braku jednoznacznego związku między strukturami atomową i elektronową układów na bazie Zr-Cu to temat pracy [JA5]. Dowiedziono, że przyjęcie modelu elektronów prawie swobodnych nie wyjaśnia wysokiej zdolności do zeszklenia stopów o badanych składach. Wykazano, że amorficzny metal może być wytworzony nie tylko na drodze gwałtownego chłodzenia cieczy, lecz również przez spontaniczne tworzenie klastrów w fazie gazowej, a następnie ich samoorganizację podczas osadzania (CAMGs - *Cluster-Assembled Metallic Glasses*) na podłożu [JA6]. Mikroskopowy mechanizm odkształceń elastycznych w szkle Zr-Cu opisano w bardzo wartościowej pracy opublikowanej w PRB [JA7].

Uważam, że przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe Habilitanta zawiera nowe i interesujące wyniki eksperymentalne, uzyskane z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego (i nie tylko) poparte cennymi analizami modelowymi.

Moją ocenę zakończę uwagami natury ogólnej. Jak wiadomo struktura amorficzna jest metastabilna. Długotrwałe wygrzewanie w temperaturach niższych lub bliskich T_g (*glass transition temperature*) powoduje korzystną relaksację struktury amorficznej, to znaczy jej ujednorodnienie w całej objętości próbki. Szczególnie jest to istotne w przypadku próbek wytwarzanych przez szybkie chłodzenie fazy ciekłej metodą jednego walca (*melt-spinning*). Technologia ta wprowadza bowiem naprężenia mechaniczne wynikające z nierównomiernego odprowadzania ciepła z obu stron taśmy (*wheel side, free side*).

Dla określenia warunków sprzyjających tworzeniu się struktury amorficznej warto przeanalizować parami entalpie mieszania wszystkich pierwiastków stopu i porównać średnice ich atomów (model Miedemy i geometryczny).

Analiza struktury próbek o identycznych składach do opisywanych przez Habilitanta, ale wytworzonych poprzez syntezę mechaniczną w planetarnym młynie kulowym z czystych pierwiastków oraz w wyniku tzw. „reakcji w ciele stałym”, czyli amorfizacji periodycznych krystalicznych struktur cienkowarstwowych poprzez wygrzewanie, mogłoby rzucić kolejne światło na skomplikowaną naturę struktur amorficznych (naturę porządku w nieporządku).

Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski

Habilitant prowadził wykłady na studiach II stopnia na Wydziale Fizyki PW „*Termodynamika materiałów*” (kierunek: fizyka techniczna) oraz „*Promieniowanie synchrotronowe – teoria, źródła i zastosowania*” (kierunek: fizyka techniczna), a także „*Fizyka 1*” i „*Fizyka 2*” na Wydziale Zarządzania PW (kierunek: zarządzanie i inżynieria produkcji). Opiekuje się studentami i lekarzami w toku specjalizacji (promotor 5 prac inżynierskich i 6 magisterskich

na Wydziale Fizyki PW na kierunku fizyka techniczna). Sprawuje opiekę naukową nad doktorantem mgr. inż. Przemysławem Dzięgielewskim (nie odnotowałem promotorstwa pomocniczego). Od roku 2012 pełni funkcję prodziekana ds. studenckich na Wydziale Fizyki macierzystej uczelni.

W latach 2014-2015 kierował projektem „*High-pressure atomic structure of metallic glasses*”, koordynowanym przez Premier Research Institute for Ultrahigh-pressure Sciences (PRIUS), należącego do Geodynamics Research Center (GRC) na Ehime University (Japonia). Projekt dotyczył współpracy z naukowcami z Uniwersytetu Ehime oraz z Synchrotron Radiation Facility, w wykorzystaniu nanokrystalicznego diamentu do wysokociśnieniowych pomiarów absorpcyjnych szkieł metalicznych.

Odbył liczne (ponad 20) trwające około tygodnia wyjazdy na pomiary do European Synchrotron Radiation Facility w Grenoble (lata 2004-2016) oraz 10 trwających około tygodnia wyjazdów do Deutsches Elektronen-Synchrotron w Hamburgu (w latach 2006-2016).

Habilitant był kierownikiem projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki „*Nano-Al EU Research Training Network*” i w jego ramach odbył w latach 2002-2003 prawie roczny staż przeddoktorski w Institut Polytechnique de Grenoble. W 2007 roku, realizując projekt „*Ductile Bulk Metallic Glasses EU Research Training Network*”, przebywał na trzymiesięcznym stażu podoktorskim w tym samym Instytucie we Francji.

Dr inż. J. Antonowicz wziął udział w 24. międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. Był członkiem lokalnego komitetu organizacyjnego BMG-Europe 2007 European Networkshop w Paryżu (2007 rok).

Od roku 2016 jest przedstawicielem Wydziału Fizyki PW w Krajowym Konsorcjum jednostek naukowych zainteresowanych korzystaniem z Europejskiego Centrum Promieniowania Synchrotronowego w Grenoble i Polskim Konsorcjum Europejskiego Lasera Rentgenowskiego.

Od 2015 roku jest członkiem komitetu redakcyjnego Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials, Trans-Tech Publications.

Jest członkiem komitetu recenzentów naukowych (panel C04) wniosków składanych do European Synchrotron Radiation w Grenoble (od roku 2014). Recenzuje publikacje w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych (łącznie 71 recenzji).

W latach 2012-2016 sprawował nadzór nad imprezami popularyzującymi naukę organizowanymi na Wydziale Fizyki PW. Otrzymał Medal Komisji Edukacji Narodowej nadany w 2016 roku przez Ministra Edukacji Narodowej za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania.

Wnioski końcowe

Reasumując stwierdzam, że zawartość merytoryczna recenzowanego monotematycznego osiągnięcia naukowego i znaczący całkowity dorobek naukowy poparty licznymi cytowaniami są podstawą do uznania, że dr inż. Jerzy Antonowicz ma pełne kwalifikacje do samodzielnej pracy naukowej. Habilitant posiada umiejętność stawiania problemów naukowych, ich formułowania i rozwiązywania.

Przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe jest bez wątpienia ważnym wkładem do fizyki ciała stałego i bez zastrzeżeń spełnia wymagania stawiane przez obowiązującą *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z 14 marca 2003 roku (z późniejszymi modyfikacjami), jak również spełnia odpowiednie rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, dotyczące tych kwestii.

Wnoszę zatem o przejście do kolejnych etapów procedury habilitacyjnej.

Poznań, 21.05.2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Antonowicz', is written over the text of the document.