

Poznań, 09.01.2019

dr hab. Tomasz Toliński, prof. IFM PAN
Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk
w Poznaniu

Ocena osiągnięć naukowych oraz działalności dydaktycznej i organizacyjnej
dr Izabeli Kudelskiej
w związku z wnioskiem o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
na podstawie cyklu publikacji pod wspólnym tytułem
„Magnetyczne nanokryształy półprzewodnikowe oparte o związki tlenkowe –
własności magnetyczne i strukturalne”

Pani Dr Izabela Kudelska w dniu 26 września 2018 roku przedłożyła Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów wnioski o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego. Jako jednostkę organizacyjną do przeprowadzenia postępowania wskazała Radę Naukową Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Przedstawione dokumenty spełniają obowiązujące wymogi formalne Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora.

Informacje ogólne o Habilitantce

Dr Izabela Kudelska uzyskała tytuł magistra fizyki w 1998 roku na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, zajmując się własnościami magnetycznymi kryształów $Mg_{1-x}Mn_xTe$ pod opieką promotora prof. dr. hab. Andrzeja Twardowskiego. Pracę doktorską pt. „Magnetic and transport properties of ferromagnetic semiconductor multinary alloys $PbMnEuSnTe$ and $GaMnAs$ ” obroniła w roku 2005, a promotorem pracy był prof. dr hab. Witold Dobrowolski. Od roku 2006, po urlopie macierzyńskim i wychowawczym, była zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zespole Fizyki Półprzewodników Półmagnetycznych w IF PAN, a od

roku 2014 jest zatrudniona na stanowisku asystenta. W okresie tym zajmowała się półprzewodnikami tlenkowymi domieszkowanymi magnetycznie. Jak podkreśla Habilitantka, od roku 2000 rozpoczął się gwałtowny wzrost zainteresowania tą tematyką, głównie ze względu na możliwość wystąpienia wysokotemperaturowego ferromagnetyzmu przy odpowiednim domieszkowaniu. Układy na bazie ZnO są szczególnie szeroko badane ze względu na właściwości tego materiału: jest to półprzewodnik z szeroką przerwą energetyczną, jest nietoksyczny i biokompatybilny, ma własności antybakteryjne i unikalne własności fotofizyczne, np. po przygotowaniu w formie kropek kwantowych. Zespoły IF PAN mają ogromną tradycję i doświadczenie w badaniach tego typu układów w formie nanostruktur. Prace dr Izabeli Kudelskiej dotyczą głównie materiałów przygotowanych z zastosowaniem metod chemicznych i koncentrują się na badaniach własności magnetycznych nanokrystalicznego tlenku cynku i dwutlenku cyrkonu domieszkowanych Fe, Co i Mn.

Tematyka pracy habilitacyjnej jest więc jak najbardziej aktualna oraz interesująca z punktu widzenia badań podstawowych, jak i potencjalnych zastosowań.

Opis i ocena cyklu publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego

Jako osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego dr Izabela Kudelska wskazała cykl ośmiu publikacji **H1-H8** zebrany pod wspólnym tytułem: „Magnetyczne nanokryształy półprzewodnikowe oparte o związki tlenkowe – własności magnetyczne i strukturalne”.

Na wybrane publikacje składają się: trzy artykuły w Journal of Alloys and Compounds (IF = 2,999; 35 pkt MNiSW) oraz po jednej publikacji w Acta Physica Polonica A (IF = 0,53; 15 pkt MNiSW), Journal of Physics: Conference Series (brak punktacji), Science of Sintering (IF = 0,575; 30 pkt MNiSW), Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures (IF = 2,0; 25 pkt MNiSW), Magnetochemistry (poza listą MNiSW). Są to czasopisma o międzynarodowym zasięgu, a Habilitantka we wszystkich publikacjach jest pierwsza na liście autorów. W dorobku dr Izabeli Kudelskiej brakuje publikacji samodzielnej, jednak w badaniach eksperymentalnych, w szczególności opartych na wielu zaawansowanych technikach pomiarowych i technologiach preparatyki próbek samodzielna realizacja badań jest praktycznie niemożliwa. Taką publikacją mógłby ewentualnie być artykuł przeglądowy.

Swój udział w publikacjach **H1-H8** Habilitantka szacuje w przedziale 55% do 70%, największy wkład dotyczy pracy złożonej na zaproszenie w czasopiśmie Magnetochemistry [**H8**]. Zgodnie z jej oświadczeniami Pani dr Izabela Kudelska w pracach **H1-H8** sformułowała hipotezy naukowe, przedstawiła koncepcję badań oraz wykonała znaczną część badań

magnetycznych stało- i zmiennoprądowych. Ponadto zajmowała się interpretacją wyników oraz opracowaniem i przygotowaniem manuskryptów. Można więc uznać, że pełniła wiodącą rolę w omawianym cyklu publikacji. Powyższa charakterystyka jest zgodna z odpowiednimi oświadczeniami złożonymi przez współautorów prac.

Liczba cytowań dla publikacji **H1-H8** wynosi ok. 48, co należy ocenić pozytywnie w związku z tym, że najstarsza praca jest z roku 2010, a dwie zostały opublikowane w roku złożenia wniosku habilitacyjnego, tzn. w roku 2018.

Jak wspomniano wcześniej omawiane prace dotyczą nanokrystalicznego ZnO i znacznie mniej obecnego w literaturze ZrO₂, gdzie dla pierwszego z półprzewodników zastosowano domieszkowanie Fe, Co i Mn, a dla drugiego Fe, Mn.

Wybór kierunku badań i związanych z tym cele badawcze dr Izabela Kudelska przedstawia i uzasadnia następująco:

- Różne prace znane z literatury podają zróżnicowane charakterystyki magnetyczne. Ewidentnie konieczne jest powiązanie badań magnetycznych z rzetelną charakterystyką strukturalną, co Habilitantka podaje jako jeden z istotnych elementów swoich badań, a zasadniczą kwestią jest wyjście poza standardowe pomiary XRD, które nie pozwalają na identyfikację nanowytrażeń. Dodatkowe metody zastosowane w pracach **H1-H8** to spektroskopia mikro-Ramana oraz spektroskopia Mössbauera, natomiast morfologię próbek badano za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej SEM, transmisyjnej mikroskopii TEM oraz skaningowej transmisyjnej mikroskopii elektronowej STEM.
- Często nie jasne jest, czy dany układ wykazuje superparamagnetyzm, czy też może zachowanie typu szkła spinowego. W związku z tym, w pracach **H1-H8** położono nacisk na pomiary magnetyczne zmiennopolowe.
- Synteza chemiczna jest tania w użyciu i pozwala na kontrolę kształtu nanokrystalitów.
- Celem badań było również określenie optymalnej metody syntezy chemicznej (testowano metodę kalcynacji oraz metodę syntezy hydrotermalnej).

Prace **H2, H3, H5** (**H5** to praca przeglądowa) dotyczą domieszkowania ZnO żelazem (w praktyce Fe₂O₃). Dynamiczne badania magnetyczne dostarczają istotnych informacji o tych układach, niemniej pewien niedosyt budzi fakt, że dla pełniejszej charakterystyki magnetycznej nie przedstawiono pomiarów statycznych ZFC-FC (podatność „zero-field-cooling” i „field-cooling”) oraz $M(H)$.

Dla próbek otrzymanych metodą kalcynacji zaobserwowano przesunięcie piku w podatności magnetycznej AC w kierunku wyższych temperatur wraz ze wzrostem częstości pola H_{AC} .

Szczegółowa analiza pozwoliła przypisać ten efekt zachowaniu superparamagnetycznemu jedynie dla domieszkowania 5 wt.% Fe_2O_3 , natomiast dla większego domieszkowania wartości charakterystycznych parametrów wskazały na zachowanie typu szkła spinowego. Metodą bardziej optymalną okazała się synteza hydrotermalna, dla której otrzymane próbki wykazywały oczekiwane z punktu widzenia aplikacji zachowanie superparamagnetyczne.

Podkreślić należy, że za własności magnetyczne odpowiada faza ZnFe_2O_4 , a generalnie badane układy w zależności od metody syntezy wykazują obecność różnych faz, rozmiarów ziaren i różny stopień aglomeracji. Przedstawiono rzetelne badania strukturalne i morfologii, nie mniej obecność i dystrybucja tych obiektów wydaje się być krytycznym i nie w pełni kontrolowanym parametrem.

Metoda syntezy hydrotermalnej okazała się bardziej optymalna, ponieważ prowadzi do mniejszej aglomeracji i do zachowania superparamagnetycznego. Badania wskazały, że większa aglomeracja sprzyja zachowaniu typu szkła spinowego.

Prace **H1**, **H4**, **H5** dotyczyły domieszkowania ZnO kobaltem (CoO). Próbki otrzymane metodą kalcynacji zawierały fazę ZnO i Co_3O_4 i wykazywały obecność paramagnetyzmu Curie-Weissa (C-W) z ujemną temperaturą C-W. W identyfikacji faz szczególnie pomocna okazała się metoda mikro-Ramana. Próbki syntetyzowane metodą hydrotermalną poza fazą ZnO zawierały ZnCo_2O_4 . Dla najniższej koncentracji CoO widoczne było zachowanie superparamagnetyczne, a dla największej koncentracji (60 wt.%) temperatura C-W była dodatnia, wskazując na oddziaływania ferromagnetyczne. Zaznaczyć należy, że niektóre wartości temperatury C-W były bliskie zera (np. +0.6) więc wnioskowanie od typie oddziaływań może być w tych przypadkach nie w pełni uzasadnione.

W publikacjach **H1**, **H5**, **H7** opisane są wyniki badań Habilitantki i współautorów nad ZnO domieszkowanym manganem (MnO). W pracach tych uwzględniono badania rozbieżności między krzywymi ZFC i FC, czego zabrakło dla wcześniej omawianych typów domieszkowania. Z kolei pomiary DC histerezy magnetycznej poniżej temperatury blokowania wykazały pole koercji typowe dla nanocząstek ZnMnO_3 . Z fazą tą powiązano superparamagnetyzm obserwowany dla koncentracji MnO do 30 wt.%. Dla większego domieszkowania stwierdzono ferrimagnetyzm, który przypisano kryształom Mn_3O_4 . Powyższe obserwacje dotyczyły syntezy metodą kalcynacji, dla metody hydrotermalnej wydzieloną fazą okazało się ZnMn_2O_4 , wyniki magnetyczne nie zostały jeszcze opublikowane.

Kolejne publikacje bazują na półprzewodniku ZrO_2 . Praca **H6** dotyczy domieszkowania żelazem. Utrudnieniem w badaniach jest polimorfizm ZrO_2 – występuje faza kubiczna, dla której domieszkowanie może prowadzić do wysokotemperaturowego ferromagnetyzmu oraz faza

tetragonalna. W badaniach opisanych w publikacji **H6** Habilitantka i współautorzy ograniczyli się już wyłącznie do syntezy metodą hydrotermalną. W oparciu o mikroskopię TEM wywnioskowano obecność nanokrystalitów α -Fe₂O₃ oraz ZrO₂. Dla niskich koncentracji Fe interesujących danych dostarczyły pomiary metodą spektroskopii Mössbauera - okazało się, że jony Fe³⁺ wbudowują się do sieci krystalicznej ZrO₂, czyli otrzymano półprzewodnik półmagnetyczny. Jest to ciekawy wynik, zasługujący na szerszą dyskusję i dalsze badania.

Kolejną ważną obserwacją jest możliwość stabilizacji fazy kubicznej ZrO₂ przy większym domieszkowaniu Fe. Badania magnetyczne wykazały paramagnetyzm dla niskiego domieszkowania i obecność oddziaływań antyferromagnetycznych dla większych zawartości Fe.

Istotnym wnioskiem wynikającym z pracy **H6** jest możliwość regulowania temperatury C-W warunkami syntezy.

Ostania z publikacji, oznaczona jako **H8**, dotyczy domieszkowania półprzewodnika ZrO₂ manganem. W pracy tej testowano różne rodzaje prekursorów. Wszystkie próbki wykazywały własności paramagnetyczne z ujemnymi temperaturami C-W.

Podsumowując ocenę cyklu prac stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego stwierdzam, że reprezentują one dobry poziom naukowy, są spójne tematycznie, a wiodąca rola dr Izabeli Kudelskiej jest udokumentowana i potwierdza jej samodzielność naukową. Ewentualny niedosyt może budzić ranga czasopism, w których zaprezentowano wyniki, tak ciekawa i aktualna tematyka z pewnością mogłaby znaleźć odzwierciedlenie w większej liczbie wysoko punktowanych publikacji.

Ocena całości dorobku naukowego dr Izabeli Kudelskiej

Na całkowity dorobek Habilitantki składa się 37 publikacji odnotowanych w bazie Journal Citation Reports (na dzień 24.08.2018), a sumaryczny *impact factor* to 50,483. Po uzyskaniu stopnia doktora powstało 29 publikacji. Liczba publikacji w stosunku do stażu pracy jest na zadawalającym, typowym poziomie, ale tym bardziej imponująca jest liczba cytowań wynosząca 776. Co prawda 478 cytatów dotyczy jednej publikacji: *Effect of the location of Mn sites in ferromagnetic Ga_{1-x}Mn_xAs on its Curie temperature*, K.M. Yu, W. Walukiewicz, T. Wojtowicz, et al., Phys. Rev. B 65 (2002) 201303(R), jednakże pozostałe ok. 300 cytatów jest nadal dobrym wynikiem jeśli wziąć pod uwagę fakt, że następna w kolejności praca ma znaczną liczbę 36 cytowań (Journal of Applied Physics 2014, Habilitantka jest pierwszą autorką), a tylko bardzo nieliczne cytowania w całym dorobku dr Izabeli Kudelskiej są autocytowaniami. Świadczy to o znacznym światowym zainteresowaniu badaniami prowadzonymi przez grupę, w której pracuje Habilitantka.

W ramach 37 publikacji składających się na całkowity dorobek Habilitantki, jest ona pierwsza na liście autorów w 17 pracach, co wraz z zakresem jej udziału opisanego w omawianych wcześniej oświadczeniach potwierdza dużą samodzielność naukową dr Izabeli Kudelskiej. W ocenie dorobku naukowego nie można pominąć parametru jakim jest indeks Hirscha, który w przypadku Habilitantki wynosi 12. Jest to dobry wynik, a jego wartość oceniam szczególnie wysoko, ponieważ został osiągnięty przy przeciętnej całkowitej liczbie publikacji, których cytowania rzadko są autocytowaniami. Wśród 12 prac generujących uzyskany indeks Hirscha, Habilitantka w 4 jest pierwszą autorką.

Dr Izabela Kudelska brała udział w 4 projektach: jako kierownik projektu NCN w latach 2011-2014, wykonawca projektu NCN w latach 2013-2017, wykonawca projektu MNiSW w latach 2003-2006 i główny wykonawca grantu promotorskiego KBN w latach 2003-2004. W związku z powyższym, kryterium udziału w projektach badawczych uważam za dobrze spełnione, a szczególnie cenne jest doświadczenie w kierowaniu projektem.

Habilitantka odbyła roczny staż naukowy na Uniwersytecie Notre Dame w USA (w grupie prof. Jacka Furdyny) oraz kilka krótkich, kilkutygodniowych pobytów we Francji (Tuluza), na uniwersytecie w Belgradzie oraz w Berlinie (Uniwersytet Humboldta). Staż na Wydziale Fizyki w Notre Dame wiązał się z rozbudową warsztatu pracy – budowa układu do pomiarów magnetotransportowych.

Na aktywność dr Izabeli Kudelskiej w upowszechnianiu prowadzonych przez nią badań składają się wygłoszone przez nią referaty: 1 wykład plenarny, 1 wykład na zaproszenie, 1 referat na zaproszenie oraz 2 seminaria zagraniczne i liczne seminaria oddziałowe. Ponadto 19 prac zostało zaprezentowanych na konferencjach międzynarodowych w formie posterów.

Do działalności o charakterze naukowym należy również działalność recenzencka Habilitantki: recenzja dwóch projektów badawczych dla Austrian Science Fund oraz Ministerstwa Nauki Serbii, recenzowanie wielu artykułów naukowych i współredagowanie dwóch pokonferencyjnych numerów Acta Physica Polonica A.

Jak wskazuje współautorstwo publikacji, współpraca zagraniczna realizowana jest głównie z Instytutem Fizyki Uniwersytetu w Belgradzie, gdzie wykonywane były pomiary spektroskopii mikro-Ramana.

Brak informacji o ewentualnych nagrodach i wyróżnieniach krajowych oraz zagranicznych.

Podsumowując, wysoko oceniam osiągnięcia naukowo-badawcze Habilitantki, w szczególności jakość naukową publikacji i strukturę ich cytowań (tzn. niewiele autocytowań), kierowanie projektem naukowym oraz aktywność konferencyjną w formie wygłoszonych referatów.

Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Mimo zatrudnienia w jednostce typowo naukowo-badawczej Habilitantka wykazała znaczną aktywność na polu działalności dydaktycznej. Opisując swój dorobek dydaktyczny wymienia wykład semestralny na Studium Doktoranckim, ćwiczenia rachunkowe do wykładu semestralnego oraz opiekę naukową nad trzema magistrantkami.

Wysoko oceniam zaangażowanie dr Izabeli Kudelskiej w popularyzację nauki: wykład dla młodzieży oraz liczne warsztaty doświadczalne i pokazy.

Zastrzeżeń nie budzi również działalność organizacyjna, na którą składa się pełnienie funkcji sekretarza dwóch konferencji międzynarodowych, sekretarza warsztatów naukowych współorganizowanych przez IF PAN oraz udział w Komitecie naukowym konferencji międzynarodowej.

Wniosek końcowy

Podsumowując swoją opinię stwierdzam, że 8 monotematycznych publikacji składających się na rozprawę habilitacyjną dr Izabeli Kudelskiej jak i cały jej dorobek publikacyjny wnoszą istotny wkład do fizyki półprzewodników domieszkowanych pierwiastkami magnetycznymi, czego potwierdzeniem jest dobra struktura cytowań (znaczną ich ilość i niewiele autocytowań).

Przedstawione przez Habilitantkę omówienie uzyskanych wyników świadczy o jej głębokim zrozumieniu realizowanej tematyki i dojrzałości naukowej. Potwierdzeniem samodzielności naukowej dr Izabeli Kudelskiej jest kierowanie przez nią projektem naukowym NCN oraz udział w kilku innych projektach. Pozytywnie oceniam również jej zaangażowanie w działalność dydaktyczną i organizacyjną. Sadzę, że nieliczne uwagi krytyczne pomogą Habilitantce w jej dalszym rozwoju naukowym i zintensyfikuje ona swoją aktywność publikacyjną oraz współpracę krajową i zagraniczną, a pogłębienie prowadzonych badań zapewni jej dalszy rozwój naukowy.

Za najważniejsze osiągnięcie Habilitantki uważam powiązanie wyników badań magnetycznych z właściwościami strukturalnymi i morfologią domieszkowanych nanokryształów półprzewodnikowych, uzyskiwanych dwiema różnymi metodami syntezy chemicznej.

Stwierdzam, że dr Izabela Kudelska w pełni spełnia formalne i merytoryczne wymagania stawiane habilitantom przez Ustawę o Stopniach i Tytule Naukowym i wnoszę o dopuszczenie dr Izabeli Kudelskiej do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

