



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Fizyki

Dr hab. Jacek Szczytko

Recenzja

osiągnięć naukowych oraz rozprawy habilitacyjnej dr Izabeli Kudelskiej zatytułowanej:

Magnetyczne nanokryształy półprzewodnikowe oparte o związki tlenkowe – właściwości magnetyczne i strukturalne

Rozprawa habilitacyjna

Osiągnięcia naukowe wskazane przez dr Izabelę Kudelską jako jednotematyczny cykl publikacji stanowiący wkład autorki w rozwój fizyki stanowi 8 prac współautorskich [H1-H8]. W przypadku wszystkich dr Izabela Kudelska (publikująca pod nazwiskiem Kuryliszyn-Kudelska) jest pierwszą autorką. Publikacja H1 została opublikowana w materiałach konferencyjnych *International Conference on Magnetism* (ICM 2009) i była cytowana już 9 razy. Publikacja H1, opublikowana w *Acta Physica Polonica* (IF= 0,692) jest pracą opublikowaną po XXXIX międzynarodowej konferencji „Jaszowiec” i ma 3 cytowania. Publikacje H3, H4 i H6 pochodzą z *Journal of Alloys and Compounds* (IF = 3,315) i są cytowane odpowiednio 15, 6 i 5 razy. Ważne miejsce na tej liście zajmuje artykuł przeglądowy H5 w *Science of Sintering* (IF = 0,905), cytowany 9 razy. Prace H7 i H8 zostały opublikowane w 2018 r. w *Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures* (IF = 2,229) i *Magnetochemistry* wydawnictwa MDPI. W przypadku tej ostatniej publikacji mam wątpliwości, czy tak wartościowe wyniki powinny ukazywać się w czasopiśmie, które nie służy rzetelnej oceny publikowanych prac przez recenzentów i było wpisane na listę tzw. listę Bealla („Predatory open-access publishing”). W 7 publikacjach (oprócz H5) dr. Izabela Kudelska jest autorem korespondencyjnym.

Tematyka badań podjęta przez habilitantkę po powrocie z rocznego stażu w Department of Physics, University of Notre Dame (staż w grupie prof. Jacka Furdyny) związana była badaniami – głównie magnetycznymi – półprzewodników półmagnetycznych i półprzewodników domieszkowanych jonami magnetycznymi. Badania te prowadzone są w grupie naukowej prof. dr hab. Witolda Daniela Dobrowolskiego w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk. Dr Izabela Kudelska rozwinęła w tej grupie swoją tematykę związaną z półprzewodnikami tlenkowymi. Opublikowane prace będące podstawą rozprawy habilitacyjnej zostały napisane w ostatnich ośmiu latach. Wszystkie dotyczą właściwości magnetycznych i strukturalnych tlenku cynku (H1-H5 i H7) i dwutlenku cyrkonu (H6 i H8) domieszkowanych metalami przejściowymi: TM = Mn, Fe, Co – także w postaci tlenków TM_xO_y i „faz” typu $Zn_xTM_yO_2$. Badane materiały uzyskiwane były różnymi metodami syntezy chemicznej, gł. metodami kalcynacji oraz hydrotermalną w grupach naukowych prof. dr hab. inż. Urszuli Narkiewicz w Zakładzie Technologii Chemicznej Nieorganicznej na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie, w grupie dr. hab. Leszka Stobińskiego w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, w grupie prof. Witolda Łojkowskiego w Instytucie Wysokich Ciśnień w Warszawie. Większość otrzymanych w ten sposób materiałów okazała się wielofazowa,

zatem aby móc cokolwiek wnioskować o właściwościach magnetycznych dr Kudelska wykonywała pomiary strukturalne i spektroskopowe – przy współpracy z grupami: prof. dr. hab. Wojciecha Paszkowicza z IF PAN, dr Nebojša Ž. Romčevića z Institute of Physics, Belgrade University w Serbii oraz prof. dr. hab. Michała Kopcewicza z Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie.

Spójność tematyki rozprawy habilitacyjnej

Prace zawierają systematyczne badania podatności magnetycznej i struktury krystalicznej z uwzględnieniem różnego rodzaju faz, które powstały podczas syntezy chemicznej przy próbach wprowadzania dużej koncentracji metali przejściowych do badanych półprzewodników.

Przedłożone prace w zasadzie nie zawierają żadnych modeli teoretycznych. Układy wielofazowe z są z reguły bardzo skomplikowane – ze względu na morfologię, oddziaływania, zmiany składu itp. – i modelowanie ich jest trudne nawet przy wykorzystaniu obliczeń numerycznych. Co prawda podjęto próbę ilościowego opisu badanych zależności za pomocą kilku modeli fenomenologicznych, gł. szkła spinowego (Vogela-Fuchera, temperatury Curie-Weissa θ , parametru Φ oznaczanego też R lub K), ale poza prezentacją otrzymanych wyników brakuje moim zdaniem próby spojrzenia na uzyskane wyniki pod kątem właściwości układów niejednorodnych, wielofazowych.

Praca [H1] dotyczy ZnO domieszkowanego MnO i CoO. W wyniku syntezy chemicznej otrzymano materiał wielofazowy: heksagonalny ZnO, heksagonalny i kubiczny ZnMnO₃, Mn₃O₄, ZnMn₂O₄, Co₃O₄. W pracy zawarto oszacowanie rozmiarów metodą Scherrera (pomiaru poszerzenia refleksu rentgenowskiego) i koncentracji jonów magnetycznych z analizy temperatury Curie-Weissa – nie podano jednak argumentów, że taka prosta analiza temperatury Curie-Weissa może dać sensowne informacje dla układów wielofazowych. Brak informacji na temat warunków syntezy nie pozwala na jakieś wnioski co do ew. poprawy lub zmiany właściwości magnetycznych próbek.

Praca [H2] dotyczy ZnO domieszkowanego Fe₂O₃. Jak poprzednio otrzymano układ wielofazowy zawierający prawdopodobnie ZnO:Fe oraz ZnFe₂O₄. W literaturze – poza cytowaną pracą G.F. Goya et al. Journal of Applied Physics 94, 3520 (2003) nie znalazłem argumentu, dla którego parametr Φ ma mieć dla układów wielofazowych określoną wartość. Co więcej autorzy tej publikacji jako referencję cytują przeglądowy artykuł J. L Dormanna et al., Adv. Chem. Phys. XCVIII, 326 (1997), w których jednak nie ma wyznaczonego explicite tego parametru w przypadku układów wielofazowych, a jedynie jest dyskusja podatności AC dla modeli np. o jednoosiowej anizotropii magnetokrystalicznej (Tabela II tamże, str. 326), a odesłanie do podręcznika J. A Mydosha *Spin Glasses: An Experimental Introduction* nie pomaga zbyt wiele (Tabela 3.1 tamże, str. 67). Innymi słowy – odróżnienie superparamagnetyzmu i szkła spinowego w układach oddziałujących ze sobą nanocząstek gdy parametr Φ jest bliski 0.05 według mnie nie jest tak proste, jak twierdzą to autorzy pracy [H2] (por. dyskusja w pracy T. Mori et al. Phys. Rev. B 68, 214422 (2003)).

Praca [H3] opisuje także ZnO:Fe₂O₃ i, jak poprzednio, otrzymano próbkę zawierającą fazę ZnFe₂O₄. Prawdopodobnie wykorzystano podobne, jeśli nie te same próbki co w [H2] otrzymane metodą kalcynacji, jednak analiza namagnesowania pokazała, że parametr Φ jest nieco inny (40%, 50%, 60%), zaś rozbieżne wyniki T_f są dla próbki 70% (Tabela 1 por. [H2]). Autorzy [H3] nie dyskutują moim zdaniem ciekawego problemu, czy różnice w podatności (Fig. 2c i 2d) pomiędzy próbkami otrzymanymi metodą kalcynacji a metodą hydrotermalną wynikają z różnego składu (ew. różnych faz), czy z różnicy w wielkości i dystrybucji rozmiarów otrzymanych nanomateriałów. Różne rozmiary uzyskanych nanokrystalitów sugerują zdjęcia SEM w pracy współpracowników dr Kudelskiej D. Sibera et al. Acta Phys. Pol. A 116, S-133 (2009).

Praca [H4] dotyczy ZnO domieszkowanego CoO. Tu także uzyskano wielofazowy układ zawierający oprócz spodziewanego ZnO:Co także dodatkowe fazy Co_3O_4 i ZnCo_2O_4 . Dr. Kudelska skupiła się na analizie zależności temperatury Curie-Weissa takiego układu wielofazowego od nominalnej zawartości CoO w trakcie syntezy.

Praca [H5] to podsumowanie badań różnych próbek ZnO:Fe, Co, Mn. W odniesieniu do prac [H1]-[H4] dla próbki domieszkowanej Mn dochodzą nowe fazy ZnMnO_3 , Mn_3O_4 i ZnMn_2O_4 . Zdjęcia SEM pokazują różnorodność próbek ZnO:Fe, Co, Mn. Rozmiary i dystrybucja tych rozmiarów, a nawet kształty nanokrystalitów różnią się. W szczególności praca [H5] pokazuje jak różna jest morfologia próbek otrzymanych techniką współstrącania i późniejszej kalcynacji oraz metodą syntezy hydrotermalnej.

Praca [H6] dotyczy innego materiału, tj. ZrO_2 :Fe otrzymanego metodą hydrotermalną. Tu także synteza chemiczna dała różne fazy krystaliczne ZrO_2 (jednoskośną, kubiczną i tetragonalną) oraz fazę $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ w przypadku próbki K5. Dzięki obecności żelaza możliwe było zastosowanie spektroskopii Mössbauera. Praca skupia się na analizie danych namagnesowania poprzez wyznaczenie temperatury Curie-Weissa θ oraz składu żelaza w ZrO_2 :Fe z zmodyfikowanej funkcji Brillouina (z temperaturą efektywną $T_{eff} = T + T_0$), przy czym nie porównuje potem θ i T_0 . Pomimo zastosowania różnych metod wzrostu limit rozpuszczalności żelaza w ZrO_2 nie został zwiększony.

Praca [H7] dotyczy próbek ZnO:MnO uzyskanych metodą kalcynacji. Podobnie jak w [H5] te próbki zawierają dodatkowe fazy – oprócz (prawdopodobnie) ZnO:Mn także Mn_3O_4 , ZnMn_2O_4 i ZnMnO_3 . W porównaniu do [H5] praca zawiera dużo więcej danych doświadczalnych. Praca [H7] głównie prezentuje wyniki otrzymane dla próbek o różnym składzie MnO. Analiza danych sprowadza się do wyznaczenia parametru Φ , tym razem oznaczonego K , co budzi moje wątpliwości jak w przypadku [H2] i [H3]. Interesującą analizę wyników prezentuje Fig 3. w modelu Vogela-Fulchera (VF), nie znalazłem jednak w tej pracy wszystkich parametrów dopasowania i ich dyskusji.

Praca [H8] dotyczy próbki ZrO_2 :Mn otrzymanej metodą hydrotermalną wspomaganą mikrofalami. Wyniki uzyskane dla różnych prekursorów (MnCl_2 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, KMnO_4) są moim zdaniem bardzo interesujące z praktycznego punktu widzenia. Jak już wspomniałem na wstępie nie rozumiem dlaczego habilitantka zdecydowała się tak wartościowe wyniki zamieścić w czasopiśmie publikowanym przez wydawcę, który znalazł się na tzw. liście Bealla („Predatory open-access publishing”). Być może wynikało to z presji czasu i chęci opublikowania tej pracy przed terminem złożenia habilitacji, ale sprawia, że recenzent rozprawy habilitacyjnej staje się niepotrzebnie podejrzliwy.

W wybranych przez habilitantkę pracach widać stopniowe dojrzewanie do zajęcia się problemem domieszek magnetycznych w półprzewodnikach tlenkowych. Moim zdaniem prace z ostatnich lat [H6]-[H8] cechuje dojrzałość i są one starannie napisane i zredagowane niż prace wcześniejsze.

Za najważniejsze osiągnięcia prac H1-H8 uważam:

- Wykonanie i opisanie precyzyjnych badań strukturalnych i pomiarów namagnesowania układów wielofazowych ZnO i ZrO_2 domieszkowanych Mn, Fe i Co [H1]-[H6], a także podjęcie różnego rodzaju prób podsumowania otrzymanych wyników stosując podejścia Vogela-Fuchera, temperatury Curie-Weissa θ i parametru Φ .
- Porównanie właściwości magnetycznych próbek uzyskanych różnymi metodami syntezy chemicznej [H3], [H5] i [H8].
- Niezależne oszacowanie limitu rozpuszczalności Fe w ZrO_2 [H6]

Jak już wspomniałem na wstępie prace wchodzące w skład rozprawy habilitacyjnej były cytowane 47 razy, głównie przez samą habilitantkę i współpracujące z nią grupy prof. dr hab. inż. Urszuli Narkiewicz z ZUT w Szczecinie i dr Nebojša Ž. Romčevića z Belgrade University w Serbii. Prace te zostały też

zauważone w innych grupach zajmujących się podobną tematyką. Poniżej zestawilem kilka grup naukowych, które odniosły się do badań habilitantki:

[H1] m. in. University of Bahrain, College of Science, Department of Physics w Zallaq w Bahrajnie; ICFAI University w Jaipur w Indiach.

[H2] m. in. Voronezh State University w Woroneżu w Rosji; Ton Duc Thang University w Tan Phong w Wietnamie.

[H3] m. in. Akademia Morska w Szczecinie; Vellore Institute of Technology w Vellore w Indiach; Univeristy of Brasilia, Institute of Physics w Brazylii, University of Athens, Section of Solid State Physics w Atenach w Grecji.

[H4] m. in. przez grupy naukowe z Instytutu Wysokich Ciśnień z Warszawy, Max Planck Institute for Solid State Research, Stuttgart w Niemczech; Department of Physics, Savitribai Phule Pune University w Pune w Indiach.

[H5] m. in. przez Department of Chemical Sciences Univeristy of Padova w Padwie we Włoszech; Federal University of ABC w Santo Andre w Brazylii.

[H6] m. in. Akademii Górniczo-Hutniczej z Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Krakowa, Saint Petersburg Electrotechnical University „LETI”, w Petersburgu w Rosji; CNEA, Buenos Aires w Argentynie; UEM - Universidade Estadual de Maringá z Brazylii; University of Tartu Institute of Physics z Estonii.

Jak wynika z powyższego zestawienia dorobek naukowy habilitantki został włączony w obieg naukowy i stanowi inspirację dla innych grup badawczych na całym świecie. Uważam, że przedstawiony cykl publikacji doktor Izabeli Kudelskiej można uznać za cykl jednotematyczny i stanowi on znaczny wkład autorki w rozwój fizyki.

Dr Izabela Kudelska prezentowała wyniki swoich badań na licznych konferencjach międzynarodowych, gł. w postaci posterów. Miała też trzy wykłady zaproszone na międzynarodowych konferencjach, wszystkie dotyczyły badań wchodzących w skład recenzowanej przeze mnie rozprawy habilitacyjnej. Była też kierownikiem jednego projektu NCN „Magnetyczne półprzewodnikowe nanokryształy tlenkowe – otrzymywanie i badanie własności fizycznych” 2011-2014.

Pozostały dorobek naukowy

Wykaz prac habilitantki (powstałych po otrzymaniu stopnia doktora), które nie weszły w skład omawianego powyżej cyklu, jest obszerny i obejmuje 29 pozycji. Większość z nich dotyczy właściwości magnetycznych półprzewodników zawierających jony magnetyczne, przy czym część – przede wszystkim wyniki spektroskopii Ramana uzyskane przez współpracowników dr Kudelskiej w Belgradzie – bezpośrednio można wiązać z recenzowaną przeze mnie rozprawą habilitacyjną. Dodatkowo dr Izabela Kudelska zajmowała się wielościennymi nanorurkami węglowymi.

Dorobek organizacyjny, dydaktyczny i popularyzatorski

Dorobek dydaktyczny habilitantki stanowią wykład semestralny „Wybrane metody eksperymentalnych badan materiałów półprzewodnikowych” prowadzony razem z dr. Michałem Szotem oraz dr hab. Łukaszem Kilańskim dla Międzynarodowego Studium Doktoranckiego IF PAN. Dr Izabela Kudelska była opiekunką trzech prac magisterskich (z UKSW i PW).

Dr Izabela Kudelska aktywnie działała na rzecz polskiego środowiska naukowego. Była sekretarzem międzynarodowej konferencji półprzewodników „Jaszowiec” w 2007 i 2008 r. Współredagowała także dwa numery czasopisma naukowego Acta Physica Polonica A w 2007 i 2008 r, w których ukazały się

materiały z konferencji. Była także sekretarzem naukowym „VIII Warsztatów Fizyki Półprzewodników Półmagnetycznych” w Oborach w 2003.

Bardzo wartościowym elementem życiorysu habilitantki są działania popularyzujące fizykę – m.in. na „Festiwalu Nauki” i „Pikniku Naukowym” w Warszawie, Dniach Otwartych IF PAN – i zajęcia z młodzieżą w szkołach. Tego typu aktywność wymaga poświęcenia swojego wolnego czasu i fakt, że dr Izabela Kudelska nie unika pracy społecznej związanej z popularyzacją nauki powinien być doceniony przy postępowaniu habilitacyjnym.

W 2014 r. dr Kudelska wzięła udział w pracach komitetu naukowego konferencji “The 4th International Advances in Applied Physics & Materials Science Congress Exhibition” APMAS w Turcji.

Wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę osiągnięcia naukowe dr Izabeli Kudelskiej uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autorki w rozwój dyscypliny naukowej fizyki, a zgłoszone w formie cyklu publikacji oraz wykazanie się przez habilitantkę aktywnością naukową, organizacyjną i dydaktyczną, stwierdzam, że wniosek habilitacyjny spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych oraz wnioskuję o dopuszczenie dr Izabeli Kudelskiej do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Z poważaniem



Dr hab. Jacek Szczytko.
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa
tel. 504-270-252
jacek.szczytko@fuw.edu.pl