

## **Opinia dotycząca wystąpienia dr Anny Wolskiej o przyznanie tytułu doktora habilitowanego**

Pozytywną opinię na temat wystąpienia doktora Anny Wolskiej o przyznanie tytułu doktora habilitowanego wyrażam ze względu na niezwykle ważną tematykę, którą się zajmuje, oraz ze względu na dobre wyniki naukowe i organizacyjne. Opinia składa się z trzech części:

- i) Udokumentowany dorobek naukowy
- ii) Dorobek organizacyjny i dydaktyczny
- iii) Ocena opublikowanych prac wchodzących w skład pracy habilitacyjnej

### **1) Udokumentowany dorobek naukowy Habilitantki**

Dr Anna Wolska spełnia wszystkie wymogi formalne dotyczące przyznania tytułu doktora habilitowanego:

- i) Posiada tytuł doktora uzyskany na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej po obronieniu pracy: „Zbadanie struktury elektronowej kryształów półprzewodnikowych z układu Cu-In-Se metodą absorpcji promieniowania rentgenowskiego” wykonanej pod kierownictwem prof. Bacewicza.
- ii) Posiada udokumentowany dorobek publikacyjny: 56 prac (w tym 48 w czasopismach recenzowanych (42 po doktoracie 12 lat temu), a w nich 8 jako pierwszy autor), cytowanych 243 razy, wskaźnik Hirscha 9,
- iii) Wygłosiła 1 referat zaproszony na konferencji międzynarodowej i uczestniczyła w bardzo dużej ilości konferencyjnych prezentacji ustnych i posterowych,
- iv) Odbyla staż podoktorancki w Advanced Light Source USA, a także kilkanaście razy wykonywała pomiary na synchrotronach w Hamburgu i Grenoble.

Ilość publikacji, ich cytowalność, stawiają Habilitantkę powyżej średniej, jaką obecnie mamy w Polsce przy przyznawaniu tytułu doktora habilitowanego, jednak uważam, że ilość prac, gdzie Habiliantka jest pierwszym autorem, jest mała (8), jak na 12 lat pracy po doktoracie. Poza tym, z wyjątkiem Phys Rev. B, prace te są opublikowane w czasopismach o niskiej randze (średni impact factor dla tych pozostałych 7 prac to 0,7). Wysoki (98)

sumaryczny impact factor dla 48 publikacji wynika z bardzo dobrych publikacji zagranicznych, w których Habilitantka jest tylko współautorką. Jak pokażę w dalszej części recenzji, wyniki badań, jakie Habilitantka uzyskała, powinny być opublikowane przez Nią w znacznie większej ilości prac i w lepszych czasopiśmiech.

## 2) Dorobek organizacyjny i dydaktyczny

Wyrazem uznania organizacyjnych umiejętności Habilitantki było powierzenie Jej (pomimo braku habilitacji i młodego wieku) w latach 2009-2011 funkcji kierownika Zespołu Spektroskopii Rentgenowskiej i Mikroanalizy w Środowiskowym Laboratorium Badań Rentgenowskich i Elektronomikroskopowych w Instytucie Fizyki PAN.

Habilitantka bardzo aktywnie działa w Polskim Towarzystwie Synchrotronowym, między innymi w latach 2008-11 jako Członek Zarządu, i jako członek wielu komitetów programowych konferencji organizowanych przez to Towarzystwo.

Oprócz tego, jest kilka przykładów aktywności popularyzatorskiej Habilitantki, na przykład:

- i) Współorganizowanie i współprowadzenie warsztatów naukowych: *"Zastosowanie Absorpcji Rentgenowskiej do Określania Lokalnej Struktury Atomowej i Elektronowej Materiałów"* (13-15 listopada 2006, Warszawa).
- ii) Zamieszczenie swoich wykładów *"Podstawy fizyczne absorpcji rentgenowskiej"* oraz *"Program FEFF - modelowanie widma XANES"* na stronie internetowej.
- iii) Współautorstwo rozdziału *"Spektroskopia absorpcyjna promieniowania rentgenowskiego"* w skrypcie pt. *"Promieniowanie synchrotronowe w spektroskopii i badaniach strukturalnych"* pod redakcją B.J. Kowalskiego, W. Paszkowicza oraz E.A. Görlicha.
- iv) Opieka nad praktykantką
- v) Ćwiczenie *"Świat z perspektywy atomu - wyznaczenie otoczenia wokół wybranego atomu za pomocą promieniowania synchrotronowego"* w ramach warsztatów dla uzdolnionej młodzieży organizowanych przez Krajowy Fundusz na Rzecz Dzieci.

### **3) Ocena opublikowanych prac wchodzących w skład pracy habilitacyjnej**

**H1) Local structure around Mn atoms in Si crystals implanted with Mn<sup>+</sup> studied using x-ray absorption spectroscopy techniques A. Wolska, K. Lawniczak-Jablonska, M. Klepka, and M. S. Walczak**

**H2) Atomic order in magnetic Mn inclusions in Si crystals: XAS and TEM studies A. Wolska, K. Lawniczak-Jablonska, S. Kret, P. Dłuzewski, A. Szczepanska, M. Klepka, M.S. Walczak, Y. Lefrais, M.J. Hytch, A. Misiuk**

W pracach tych implantowano kryształy krzemu jonami manganu, osiągając stosunkowo wysoką koncentrację powyżej  $10^{21}$  cm<sup>-3</sup>. Praca Habilitantki jest rozszerzeniem wcześniejszych prac Andrzeja Misiuka dotyczących struktury krystalograficznej tych próbek. Brak streszczenia tych prac, opublikowanych wcześniej w trudno dostępnych czasopismach, poważnie utrudnia zrozumienie przedstawianych dwóch publikacji. Habilitantka, używając metod XANES i EXAFS, stwierdza, iż mangan nie zajmuje ani pozycji międzywęzłowych, ani podstawieniowych. Na pierwszy rzut oka, jest to stwierdzenie absurdalne, jednak Autorce chodzi najprawdopodobniej o to, że pozycje takie mogą być tylko w przypadku sieci krystalicznej Si. Po implantacji mamy bardzo silną amorfizację (nieco mniejszą przy implantacji w wyższej temperaturze), co, niestety, nie zostało w obu pracach odpowiednio przedyskutowane. Najważniejszą informacją z obu prac jest to, iż w przypadku implantacji na ciepłe podłoże Si powstają wydzielania Mn. Sprawa ta jednak jest nieco kontrowersyjna, bo Habilitantka w autoreferacie pisze: „w próbce implantowanej na ciepłe podłoże mangan grupuje się w wydzielaniach o średnicy ok. 5 nm.”, a zaraz dalej: „w próbce implantowanej na ciepłe podłoże atomy manganu mają tendencje do grupowania się w klastrach Mn-Si o niskiej koncentracji manganu.” Brak precyzji w opisie klastrów/wydzieleń może prowadzić do nieporozumień.

**H3) Structural and magnetic properties of Mn<sup>+</sup> implanted silicon crystals studied using X-ray absorption spectroscopy techniques A. Wolska, M.T.Klepka, K.Lawniczak-Jablonska, D.Arvanitis, A.Misiuk**

Praca ta jest znacznie ważniejsza od dwóch poprzednich, ponieważ niemal nigdy nie używa się materiału zaraz po implantacji, tylko po odpowiedniej obróbce termicznej. Badania były

bardzo rozległe: temperatura wygrzewania w zakresie 275-1000°C, ciśnienie 1bar- 11 kbar, czas wygrzewania 1-10 godz, pomiary EXAFS, XANES, XMCD, XRD, SQUID.

Najbardziej zaskakującym wynikiem pracy było stwierdzenie Habilitantki: „Uzyskane wyniki (XMCD) wskazują na to, że ferromagnetyzm obserwowany w temperaturze pokojowej w krzemie implantowanym manganem, nie powstaje dzięki jonom manganu”. Ferromagnetyzm ten był silniejszy dla próbek wygrzewanych w temperaturach niskich, co mogłoby wskazywać na to, że to defekty implantacyjne dają własności ferromagnetyczne. Hipotezę tą byłoby łatwo udowodnić implantując podobnymi do manganu jonami, ale bez własności magnetycznych. Niestety, ten eksperyment (kluczowy, w moim przekonaniu) nie został wykonany.

Zastrzeżenia budzi także inne stwierdzenie Habilitantki: „Nie zaobserwowałam znaczących różnic zależnych od czasu wygrzewania”. Oznacza to tylko tyle, że czasy wygrzewania zostały źle dobrane- zamiast godzin należało stosować minuty, i wtedy, być może, można byłoby wnioskować o kinetyce zmian strukturalnych.

Natomiast bardzo ważnymi wynikami pracy są określenia najrozmaitszych wydzieln Mn-Si o różnej stochiometrii. Wydzielenia te mają inne własności magnetyczne od publikowanych wcześniej przez innych autorów, co prowadzi do przypuszczenia, że eksperymenty wygrzewania poimplantacyjnego były przeprowadzane w innych warunkach narostu temperatury, zabezpieczenia powierzchni, atmosfery gazowej, itp.

#### **H4) XANES Studies of Mn $K$ and $L_{3;2}$ Edges in the (Ga,Mn)As Layers Modified by High Temperature Annealing A. Wolska, K. Lawniczak-Jablonska, M.T. Klepka, R. Jakiela, J. Sadowski, I.N. Demchenko, E. Holub-Krappe, A. Persson and D. Arvanitis**

Praca ta jest, w mojej opinii, najbardziej wartościowa ze wszystkich przedstawianych w Habilitacji ze względu na nadzieje, jakie są związane z warstwami GaMnAs, i wynik Habilitantki, że „mniej niż 50% atomów Mn podstawia atomy Ga, zaś pozostałe lokują się w pozycjach międzywęzłowych preferując jako najbliższych sąsiadów atomy galu”. Zupełnie niezrozumiałym jest dla mnie opublikowanie tego wyniku jedynie w Acta Phys. Polonica. W bardzo ciekawej pracy znalazły się jednak zdania nieprecyzyjne (powtórzone w Habilitacji), że w próbkach zawierających nominalnie 6% i 8% Mn było tylko 2-2,5%. W technologii półprzewodnikowej nie ma takiego określenia „nominalnie”. Można podać stosunek Ga:Mn w fazie gazowej, ale to nie ma nic wspólnego z „nominalnością”. Próbki były wygrzewane w temperaturach 500°C i 600°C tworząc MnAs, co zostało w pracy jedynie zaszyfrowane.

Obszerniejsze badania tych próbek zostały przedstawione w innych pracach, które nie weszły w zakres Habilitacji. Uważam to za błąd ze względu na ważność badanych warstw GaMnAs. Praca habilitacyjna byłaby pełniejsza, gdyby prace te się w niej znalazły.

**H5) Structural and magnetic properties of the molecular beam epitaxy grown MnSb layers on GaAs substrates Krystyna Lawniczak-Jablonska, Anna Wolska, Jadwiga Bak-Misiuk, Elzbieta Dynowska, Przemyslaw Romanowski, Jaroslaw Z. Domagala, Roman Minikayev, Dariusz Wasik, Marcin T. Klepka, Janusz Sadowski, Adam Barcz, Piotr Dłuzewski, Sławomir Kret, Andrzej Twardowski, Maria Kamińska, Andreas Persson, Dimitri Arvanitis, Elisabeth Holub-Krappe, and Adam Kwiatkowski**

Praca ta jest typowym przykładem „olbrzymiej rzetelnie wykonanej pracy”, ale nie jestem pewny czy naprawdę potrzebnej. Zła morfologia, olbrzymia ilość defektów strukturalnych, nie tylko najprawdopodobniej uniemożliwiają jakiegokolwiek zastosowanie praktyczne takich warstw MnSb, ale i prowadziło w prezentowanej pracy do wielu fałszywych wyników. Przykładowo, dobra analiza wyników SIMS dla szorstkiej powierzchni wymaga bardzo pracochłonnej analizy stanu powierzchni na początku i na kolejnych etapach trawienia w metodzie SIMS. Podobnie, przy szorstkiej powierzchni warstwy MnSb na GaAs mamy zafałszowanie wyników XRD- rzetelna analiza wymagałaby określenia koherencji fotonu rentgenowskiego, zaproponowania dokładnego modelu powierzchni i zastosowania bardzo wyrafinowanej analizy rozpraszania rentgenowskiego. Autorzy twierdzą, że w temperaturze 250°C mamy do czynienia z dekompozycją GaAs, umożliwiającą powstawanie faz GaMnSb. Jest to teza ryzykowna implikująca, że mangan lub antymon trawią GaAs. Tej kwestii Autorzy pracy nie dyskutują. Warto jednak zauważyć, że praca ta pełni rolę pomocniczą, ponieważ nie opisuje wydzielen Mn w matrycy półprzewodnikowej, tylko warstwę quasi-epitaksjalną MnSb. Autorka zauważa: „... w czystej warstwie MBE MnSb nie tworzy gładkiej powierzchni, tylko ma tendencje do formowania wielkich pseudo-wysp i kolumn. Wskazało to na naturalną tendencję materiału do tworzenia wydzielen”. Jest to zdanie, z którym się trudno zgodzić, bo powody wyspowego wzrostu w czasie epitaksji są zupełnie inne niż tworzenia wydzielen w matrycy.

**H6) MnSb inclusions in the GaSb matrix studied by X-ray absorption spectroscopy A. Wolska, M.T.Klepka, K.Lawniczak-Jablonska, J.Sadowski, A.Reszka, B.J.Kowalski**

**H7) Magnetic properties of MnSb inclusions formed in GaSb matrix directly during molecular beam epitaxial growth, Krystyna Lawniczak-Jablonska, Anna Wolska, Marcin T. Klepka, Sławomir Kret, Jacek Gosk, Andrzej Twardowski, Dariusz Wasik, Adam Kwiatkowski, Bogusława Kurowska, Bogdan J. Kowalski, and Janusz Sadowski**

W pracy tych hodowano warstwy na GaAs (111) i GaSb (100) metodą MBE w temperaturach 450-520°C. Ciekawym wynikiem był brak wbudowywania się Mn w kubiczny GaMnSb (jak ma to miejsce w GaMnAs) i tworzenie dużych wydzielen MnSb. Wydzielenia te miały różne kształty w zależności od użytego podłoża. Gęstość wydzielen zależała od ilości Mn w fazie gazowej, ale ich wielkość nie. W Autoreferacie Habilitantka pisze: „Pomimo przeprowadzanych prób nie udało się znacząco zmniejszyć rozmiarów wydzielen tworzonych metodą MBE”, natomiast w pracy H7 czytamy: „For the growth temperatures close to 550 \_C the Mn atoms are quite randomly distributed in the defected GaSb matrix. The lowering of growth temperature resulted in location of Mn atoms only in MnSb hexagonal inclusions”. Tego rodzaju stwierdzenia powodują, iż czytanie prac Habilitantki jest bardzo uciążliwe, ponieważ trudno wyłowić najważniejsze informacje.

**H8) Study of the Local Environment of Mn Ions Implanted in GaSb A. Wolska, K. Lawniczak-Jablonska, M.T. Klepka, A. Barcz, A. Hallen and D. Arvanitis**

**H9) Determination of Near-Neighbour Bonding in the Mn-Implanted GaSb Crystals  
Anna Wolska**

Prace te dotyczą usiłowania uzyskania wydzielen MnSb poprzez implantację Mn matrycy GaSb i wygrzewanie. Bardzo ciekawym rezultatem jest fakt usuwania atomów antymonu z okolicy wimplantowanego jonu manganu, który ma otoczenie tylko galowe. Jest to dziwny efekt fizyczny, jako że atomy antymonu są cięższe od galu. Habilitantka nie dyskutuje w pracach, czy dzieje się tak z innymi implantowanymi pierwiastkami i mamy do czynienia ze specjalnymi własnościami GaSb, czy jest to własność Mn. W H9, który jest rozdziałem z książki, przedstawiono szereg sposobów pozwalających na wprowadzenie Mn do matrycy GaSb i uzyskanie wydzielen ferroelektrycznych MnSb. Oprócz ciekawych pomysłów, jak

koimplantacja jonami gazów szlachetnych, Habilitantka poświęciła sporo uwagi zatlenieniu próbek podczas wygrzewania. Tego rodzaju „wpadka” może zdarzyć się w każdym laboratorium, ale nie jest to powód, aby tym się chwalić w publikacjach.

### **Podsumowanie prac H1-H9**

Habilitantka wykonała olbrzymią pracę przy charakteryzacji Si:Mn, GaMnAs, MnSb, GaSb:Mn używając technik XANES, EXAFS i XMCD. W badaniach tych uzyskano szereg bardzo ważnych wyników dotyczących wydzieleni zawierających Mn, które dzięki własnościom magnetycznym mogą w przyszłości być materiałami do spintronicznego transferu informacji. Badania Habilitantki bardzo dobrze wpisują się w mapę drogową polskich badań spintronicznych, będących na najwyższym światowym poziomie.

Jednakże lektura dziewięciu prac habilitacyjnych daje podstawy do kilku uwag krytycznych:

- i) Autorzy prac w kilku przypadkach wykonali zupełnie niepotrzebną pracę przy charakteryzacji próbek, które powinny zostać uznane za nieudane,
- ii) Kilka ważnych wyników zostało opublikowanych tylko w niewiele znaczących czasopismach,
- iii) Technologia wytwarzania badanych próbek była, niestety, na akademickim poziomie,
- iv) Wiele istotnych eksperymentów nie zostało wykonanych,
- v) Specyfika badań synchrotronowych (pomiar co parę miesięcy) niezwykle utrudniała dobre sprzężenie z jakąkolwiek technologią.

Habilitantka nie jest winna wszystkim w/w problemom, jednak powinna sobie zdawać sprawę, że tytuł Samodzielnego Pracownika Nauki będzie nakładał na Nią odpowiedzialność radzenia sobie z takimi problemami.

**Reasumując, w pełni popieram Wniosek dr Anny Wolskiej o nadanie Jej tytułu doktora habilitowanego, i uważam, że Jej dotychczasowy dorobek naukowy, wiedza, zarówno teoretyczna, jak i praktyczna, doświadczenia organizacyjne, w pełni predystynują Ją do dalszej pracy na stanowisku samodzielnego pracownika naukowego. Krytyczne uwagi zawarte w powyższej opinii mają wyłącznie za zadanie zasugerowanie**

**Habilitantce i Jej Współpracownikom, że w przyszłości są w stanie prowadzić badania na znacznie wyższym poziomie.**

Warszawa dn 6 11 2013

Prof. Dr hab. Michał Leszczyński

