

Poznań, 13.05.2016 r.

RECENZJA

osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej i dydaktycznej
dra inż. Przemysława Gawrońskiego
w związku z wnioskiem o wszczęcie postępowania habilitacyjnego
na podstawie monotematycznego cyklu publikacji o wspólnym tytule:
„Procesy przemagnesowania w mikrodrutach i macierzach nanoskopowych”

1) Sylwetka naukowa habilitanta

Dr inż. Przemysław Gawroński ukończył w 1998 roku studia na Wydziale Fizyki Technicznej i Techniki Jądrowej AGH, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera fizyki technicznej. Jego praca magisterska, wykonana pod kierunkiem Prof. dr hab. Krzysztofa Kułakowskiego, dotyczyła dynamiki odwracalnych układów wielociałowych. Profesor Kułakowski był również promotorem pracy doktorskiej na temat „Badanie dynamiki układów nieliniowych metodą oddziaływań sprzężonych”, którą Kandydat obronił 30 czerwca 2003 roku na tym samym wydziale AGH, na którym odbywał studia magisterskie. Od 15 lutego 2004 roku do chwili obecnej dr inż. Przemysław Gawroński zatrudniony jest na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, wpięrow na stanowisku asystenta, a od 1 września 2004 roku na stanowisku adiunkta. W latach dwa 2003 i 2004 był na dwóch podoktorskich stażach (łącznie sześć miesięcy) na Wydziale Chemii Uniwersytetu w San Sebastian. Na tej samej uczelni był również zatrudniony na stanowisku badawczym w czasie pięciu miesięcy 2012 roku.

2) Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe dr Przemysław Gawroński przedstawił dziewięć prac opublikowanych w latach 2006 – 2014 w renomowanych międzynarodowych czasopismach fizycznych o IF w zakresie od 1 do 4. Po dwie prace opublikowane są w J. Appl. Phys. i w IEEE Trans. on Mag. oraz po jednej w Phys. Rev. B, Appl. Phys. Lett., Nanotechnology, J. Nanosci. Nanotechnol., EPL (Europhysics Letters). Wszystkie prace są wieloautorskie i za wyjątkiem jednej pracy H6 (oznaczenia prac zgodne z podanymi w autoreferacie),

wykonanej przy współpracy z Prof. K. Kułakowskim (AGH), współautorami są głównie osoby zatrudnione w hiszpańskich placówkach badawczych (San Sebastian, Saragossa, Madryt). Jedyne w trzech pracach nazwisko habilitanta nie figuruje na pierwszym miejscu. W większości prac jest również autorem wyznaczonym do korespondencji. Oba te fakty wskazują na ważną rolę dra Przemysława Gawrońskiego w powstaniu publikacji stanowiących rozprawę habilitacyjną. Do każdej pracy przedstawione są oświadczenia współautorów, określające ich wkład do poszczególnych publikacji.

Osiągnięcie swoje dr Przemysław Gawroński zatytułował „Procesy przemagnesowania w mikrodrutach i macierzach nanoskopowych”. Jak sugeruje tytuł, prezentowany cykl publikacji dotyczy dwóch różnego rodzaju próbek magnetycznych. Pierwszą grupę stanowią amorficzne mikrodruty, drugą natomiast sieci kropek lub antykropek wykonanych z polikrystalicznych cienkich warstw permaloju lub kobaltu. Wspólną cechą obu grup prac, pozwalającą uznać, że są one powiązane tematycznie, jest zbadanie procesu przemagnesowania w układach charakteryzujących się niejednorodnym, w skali submikronowej, rozkładem właściwości magnetycznych.

Tematykę, której poświęcona jest oceniana rozprawa habilitacyjna należy uznać za nadal aktualną i ważną ze względu na potencjalne zastosowania. W przypadku amorficznych drutów dotyczy to sensorów magnetycznych. Sieci magnetycznych kropek mogą być wykorzystane do zapisu informacji, natomiast sieci antykropek znajdują zastosowanie na przykład w urządzeniach magnonicznych, które roszą nadzieję na stworzenie układów logicznych charakteryzujących się bardzo małym zużyciem energii.

Ze względu na to, że recenzja osiągnięcia naukowego dotyczy zbioru publikacji, które poddane już były ocenie przez recenzentów, wyznaczonych przez redakcje poszczególnych czasopism, moja opinia ograniczona będzie jedynie do głównych osiągnięć dra Przemysława Gawrońskiego. Na podstawie oświadczeń współautorów oraz informacji podanej na str. 6. autoreferatu widać, że główny wkład habilitanta do zbioru dziewięciu publikacji dotyczy wyników symulacji magnetycznych (prace H3-H9). Jedyne prace H1, H2 i H3 zawierają wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych przez dra Gawrońskiego na uniwersytecie w San Sebastian.

Przedmiotem badań prac H1-H3 są amorficzne, pokryte szkłem druty Fe-Si-B, natomiast głównymi dokonaniem są:

- określenie, na podstawie pomiarów pętli histerezy realizowanych przy różnych naprężeniach rozciągających drutu, mechanizmów odpowiedzialnych za fluktuacje wartości pól przełączania i wykazanie, że źródłem tych fluktuacji są efekty związane z

kotwiczeniem ściany domenowej na defektach strukturalnych oraz wskutek oddziaływania magnetoelastycznego pomiędzy ścianą domenową i naprężeniami wprowadzonymi podczas wytwarzania drutu (praca H1),

- wykazanie, że proces przemagnesowania amorficznego drutu może być kontrolowany poprzez zmienny prąd płynący przez ten drut oraz wyjaśnienie mechanizmu, jaki za efekt ten jest odpowiedzialny (praca H2),
- określenie korelacji pomiędzy średnicą metalowego rdzenia drutu i jego polem przełączania (praca H3),
- zbadanie (w szerokim zakresie zmian częstotliwości pola magnetycznego i naprężenia przykładanego do drutu) szybkości propagacji ściany domenowej i procesu przemagnesowania dwóch oddziałujących ze sobą drutów i zaproponowanie modelu fenomenologicznego pozwalającego opisać obserwowane zależności (praca H3).

Następna grupa prac H4 i H5 dotyczy nadal amorficznych mikrodrutów, z tym, że teraz są one wykonane ze stopu bogatego w Co ($\text{Co}_{69,5}\text{Fe}_{3,9}\text{Ni}_1\text{B}_{11,8}\text{Si}_{10,8}\text{Mo}_2$). W przypadku pracy H4 osiągnięcia dra Gawrońskiego dotyczą przeprowadzenia obliczeń numerycznych, które pozwoliły na zgodny z eksperymentem opis kształtu pętli histerezy charakteryzującej obszary przypowierzchniowe drutów o różnym stosunku średnicy metalicznego rdzenia do całkowitej średnicy drutu. Wsparta tymi obliczeniami porównawcza analiza pomiarów magnetoptycznych i magnetoelektrycznych pozwoliła na skorelowanie współczynnika gigantycznej magnetoimpedancji z wartością skoku składowej kołowej namagnesowania i wartością kąta anizotropii helikoidalnej H4. W pracy H5 badano wpływ naprężeń skręcających na proces przemagnesowania. Przeprowadzone przez dra Gawrońskiego obliczenia pętli histerezy, dla różnych wartości kąta anizotropii helikoidalnej, pozwoliły udokumentować zależność pomiędzy tym parametrem i przykładanym naprężeniem skrętnym.

Z przedstawionego powyżej opisu dokonań dra Gawrońskiego widać, że uzyskał on szereg wartościowych wyników w zakresie wpływu różnego typu czynników na proces przemagnesowania amorficznych mikrodrutów. Wszystkie opisane eksperymenty zostały, moim zdaniem, bardzo dobrze zaplanowane, a interpretacja wyników wiele zyskała dzięki obliczeniom numerycznym przeprowadzonym przez habilitanta. Zastrzeżenia mam jedynie do zbyt ograniczonej dyskusji niektórych warunków eksperymentu. Dotyczy to jednorodności próbek na znacznej ich długości (10 cm w pracach H1-H3), sposobu wyznaczenia parametru ρ (stosunek średnicy rdzenia metalicznego do całkowitej średnicy drutu), określenia wpływu grzania badanego drutu w wyniku przepuszczanego prądu (praca H2).

Praca H6, dotycząca stabilności konfiguracji magnetycznej sieci nanokropek, jest kontynuacją wcześniejszych prac z grupy Prof. Kułakowskiego. Jej głównym efektem jest wykazanie, że wysoką stabilność układu można uzyskać dla określonego zakresu standardowego odchylenia wartości pól przełączania kierunku namagnesowania.

Motywacją do podjęcia badań prezentowanych w pracy H7 była zmierzona eksperymentalnie zależność pola koercji H_C sieci antykropek w warstwie permalojowej osadzonej na membranie aluminiowej. Zależność ta wykazuje wzrost H_C gdy średnica kropek d ($d \geq 62$ nm) staje się porównywalna z odległością pomiędzy nimi ($D = 105$ nm). Dr Gawroński dla zależności $H_C(d)$ uzyskał zadowalającą zgodność pomiędzy eksperymentem i przeprowadzonymi symulacjami. Przedstawił również opis procesu przemagnesowania, zwracając uwagę na efekty związane z kotwiczeniem ścian domenowych oraz wskazując na rolę nieporządku sieci (jej polikrystaliczną strukturę) w kreowaniu centrów nukleacji. Ponadto pokazał, że dla większych wartości stałej sieci ($D=200$ nm) modelowanie mikromagnetyczne pozwala uzyskać konfigurację magnetyczną obserwowaną dla sieci antykropek wytworzonych metodą litografii elektronowej. Pewnym niedociągnięciem omawianej pracy jest mało precyzyjny opis symulacji mikromagnetycznych. Brak informacji o programie, jaki był stosowany, nie jest określone czy elementarne komórki stosowane w symulacji miały ten sam wymiar 2 nm we wszystkich trzech kierunkach, nie jest określona gęstość obszarów, dla których przyjęto obniżoną wartość M_S . Pewne wątpliwości związane z interpretacją wyników eksperymentu może budzić również to, że warstwa permaloju pokrywa nie tylko obszar pomiędzy otworami membrany, ale również boczne ścianki otworów (informacja o tym jest podana w opisie przygotowania próbek). Domyślam się, że efekt ten nie jest uwzględniony w symulacjach, a może mieć istotny wpływ na proces przemagnesowania.

Następna praca H8, włączona do rozprawy habilitacyjnej dra Gawrońskiego to obszerna publikacja dotycząca macierzy antykropek o stałej średnicy (d) i różnym okresie (p), które wykonano z warstw kobaltowych i permalojowych poprzez trawienie zogniskowaną wiązką jonów Ga^+ . Praca jest wielowątkowa, ale jej najważniejszym elementem jest określenie zmian w procesie przemagnesowania, jakie zachodzą, gdy w wyniku zmniejszania periodu zachodzi transformacja od macierzy antykropek ($p > d$) do macierzy izolowanych kropek ($p < d$), których kształt jest początkowo zbliżony do asteroidy, a później do kwadratu. Istotnym wkładem habilitanta do tej pracy jest przeprowadzenie symulacji mikromagnetycznych (opisanych w wyodrębnionym rozdziale publikacji), które pozwoliły odwzorować zmierzoną zależność $H_C(p-d)$ oraz zasymulować strukturę magnetyczną dla trzech charakterystycznych obszarów parametru p , tj. wówczas, gdy badana struktura jest

macierzą antykropek, macierzą kropek oraz dla obszaru przejściowego, charakteryzującego się maksymalną wartością H_C . Przeprowadzone przez dra Gawrońskiego symulacje niewątpliwie w istotnym stopniu podniosły rangę tej bardzo dobrej pracy.

Praca H9 stanowi kontynuację pracy H7, a nowym elementem jest wprowadzenie zmian nie tylko średnicy antykropek, ale również grubości warstwy permalojowej. Podstawowym rezultatem prowadzonych przez habilitanta symulacji mikromagnetycznych jest jakościowe odwzorowanie zależności H_C od grubości warstwy oraz pokazanie jak silne są zmiany w tej zależności, jeżeli w strukturze antykropek wprowadzony zostanie nieporządek. Symulacje dla warstw o różnych grubościach wymagały podziału na komórki w trzech wymiarach, domyślam się, że w pracy H7 podział był realizowany jedynie w dwóch wymiarach. Szkoda, że habilitant nie przeprowadził porównawczej analizy tych dwóch sposobów symulacji.

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego dra Gawrońskiego uważam, że najcenniejszym jego elementem są prace H1-H5 dotyczące amorficznych mikrodrutów. Wśród nich na szczególne wyróżnienie zasługuje, moim zdaniem, praca H3, gdyż w tej publikacji habilitant uzyskał zarówno bardzo ciekawe wyniki eksperymentu, pozwalające opisać dynamikę propagacji ścian domenowych oraz oddziaływania pomiędzy amorficznymi magnetycznymi mikrodrutami. W pracy tej przedstawił również teoretyczną analizę procesu przemagnesowania dwóch oddziałujących drutów. Druga grupa prac to prace H7-H9 dotyczące macierzy antykropek. Prace te są również bardzo wartościowe, ale w nich wkład habilitanta ograniczał się do przeprowadzenia symulacji mikromagnetycznych. Należy przy tym zaznaczyć, że wyniki symulacji są najważniejszym elementem prac H7 i H9, a w pracy H8 stanowią odrębny rozdział. Praca H6 dotycząca procesu przemagnesowania macierzy kropek stanowi, moim zdaniem, niewielki postęp w stosunku do wcześniejszych prac opublikowanych przez zespół Prof. Kułakowskiego, a dotyczących tych samych układów.

3) Ocena istotnej aktywności naukowej

Dorobek naukowy Kandydata stanowi 45 prac (w tym pięć przed uzyskaniem stopnia doktora nauk fizycznych) ujętych w bazie JCR (Journal Citation Reports). Wśród 40 prac opublikowanych po doktoracie, 9 włączonych zostało do zbioru prac stanowiących osiągnięcie naukowe. Wśród pozostałych 31 prac szczególnie liczną grupę (16 prac) stanowią prace dotyczące właściwości magnetycznych amorficznych mikrodrutów. W większości tych prac nazwisko habilitanta jest na pierwszym miejscu, co niewątpliwie świadczy o jego dominującej roli w ich powstaniu. Wszystkie te prace opublikowane

zostały w dobrych czasopismach fizycznych, w szczególności poświęconych tematyce związanej z magnetyzmem (siedem prac w J. Magn. Magn. Mater., po dwie w IEEE Trans. on Mag., phys. stat. sol., Phys. B i po jednej w Phys. A, J. Appl. Phys., J. Non-Cryst. Sol., Sensor Lett.). Niestety prace te nie mają dużej liczby cytowań.

Wszystkie prace dotyczące tematyki związanej z amorficznymi drutami powstały przy współpracy z hiszpańskimi partnerami. Nie mam wątpliwości, że dorobek naukowy dra Przemysława Gawrońskiego w zakresie magnetycznych właściwości amorficznych mikrodrutów jest wartościowy i ważny dla zastosowań tych materiałów. Na podstawie posiadanej dokumentacji trudno zorientować się czy zdobyte przy współpracy z Hiszpanami doświadczenie w zakresie technologii wytwarzania amorficznych mikrodrutów oraz dostępne tam metody pomiarowe udało się, chociaż w części, zaimplementować na AGH. Wśród pozostałych prac, opublikowanych po doktoracie, tylko trzy dotyczą zagadnień związanych z magnetyzmem. Dwanaście prac dotyczy symulacji numerycznych układów społecznych. Uważam, że ta część dorobku naukowego dra Przemysława Gawrońskiego, choć wartościowa, to jednak jest mało istotna z punktu widzenia habilitacji z nauk fizycznych.

Dorobek naukowy habilitanta wzbogacają wystąpienia konferencyjne (osiem ustnych wystąpień, brak jednak informacji o referatach wygłoszonych na zaproszenie organizatorów konferencji).

Dr Gawroński brał udział w kilku krajowych i międzynarodowych projektach, natomiast sam nie kierował żadnym projektem.

Za działalność naukową dr Przemysław Gawroński był ośmiokrotnie nagradzany przez Rektora AGH.

Podsumowując tę część recenzji uważam, że dorobek naukowy dra Przemysława Gawrońskiego w zakresie nauk fizycznych jest wartościowy, aczkolwiek umiarkowany.

4) Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizacyjnego.

Dr Przemysław Gawroński ma liczne osiągnięcia dydaktyczne:

- prowadzenie wykładu i ćwiczeń z przedmiotu „Algorytmy i struktury danych”
- prowadzenie wykładu i ćwiczeń z przedmiotu „Programowanie proceduralne”,
- prowadzenie wykładu z przedmiotu „Matematyka dyskretna”,

- prowadzenie ćwiczeń laboratoryjnych z takich przedmiotów jak: „Programowanie obiektowe”, „Metody numeryczne”, „Inżynierskie metody numeryczne”, „Analiza algorytmów”,
- pełnienie funkcji promotora pięciu prac magisterskich oraz jedenastu inżynierskich,
- pełnienie funkcji recenzenta dyplomowych prac inżynierskich i magisterskich,
- udział w komitetach organizacyjnych dwóch konferencji.

5) Podsumowanie

Podsumowując stwierdzam, że rezultaty badań przedstawione przez habilitanta w cyklu dziewięciu publikacji stanowiących rozprawę habilitacyjną oraz pozostały dorobek naukowy uzyskany po otrzymaniu stopnia doktora stanowi wartościowy wkład w naszą wiedzę o procesach przemagnesowania niejednorodnych struktur magnetycznych, a w szczególności amorficznych mikrodrutów. Dr Przemysław Gawroński wykazał, że w obrębie tej tematyki potrafi określić ciekawe kierunki badań, zaplanować i zrealizować stosowane pomiary, a przede wszystkim stworzyć podbudowę teoretyczną do wyników eksperymentu.

Stwierdzam, że osiągnięcia naukowe i dydaktyczne dra Przemysława Gawrońskiego spełniają wymagania warunkujące, zgodnie z obowiązującymi przepisami, nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych, dlatego wnioskuję o dopuszczenie kandydata do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



