

Dr hab. **Elżbieta Jartych**, prof. Politechniki Lubelskiej
Zakład Elektroniki i Fizyki Technicznej
Instytut Elektroniki i Technik Informacyjnych
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Lubelska
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38a
Tel: +48 81 538 44 64; Tel. kom. 506 181 882
e-mail: e.jartych@pollub.pl
ORCID: 0000-0002-5053-2756
Researcher ID: B-7848-2013

Lublin, 31.10.2018 r.

A U T O R E F E R A T

do wniosku o nadanie tytułu profesora nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka

1. Wychowanie i przebieg pracy zawodowej	2
2. Kopie dyplomów	
A. Doktora	3
B. Doktora habilitowanego.....	4
3. Osiągnięcia naukowe	
A. Przed habilitacją	5
B. Po habilitacji	7
C. Posumowanie dorobku naukowego	24
4. Najważniejsze osiągnięcie naukowe	28
5. Osiągnięcia w zakresie opieki naukowej i kształcenia młodej kadry	29
6. Działalność popularyzująca naukę	31
7. Lista publikacji	33

Załączniki w wersji elektronicznej:

Z1a-Lista-Publikacji.pdf
Z1b-Publikacje-Punktowane.pdf
Z2-Konferencje.pdf
 Z2a-IT-China-2013.pdf
 Z2b-IT-Białowieża-2015.pdf
 Z2c-IT-Spain-2015.pdf
 Z2d-IT-Zakopane-2017.jpg
Z3-Mat.Sci.Pol.jpg
Z4-WSK-Świdnik.jpg
Z5-Staż-Australia.jpg
Z6-Recenzje-Artykułów.pdf.
Z7-Artykuły-Po-Habilitacji – folder z plikami pdf

1. Wykształcenie i przebieg pracy zawodowej

W latach 1983–1988 studiowałam fizykę na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Studia zakończyłam 23 czerwca 1988 r. obroną pracy magisterskiej zatytułowanej *Dynamiczna teoria rozpraszania wysoko-energetycznych elektronów (RHEED)*. Promotorem pracy był prof. dr hab. Mieczysław Subotowicz, natomiast większość wykonanych zadań konsultowałam z prof. dr hab. Mieczysławem Jałochowskim, dzięki jego krytycznym uwagom i pomocy powstała w 1988 r. pierwsza praca magisterska o RHEED na fizyce UMCS.

Zaraz po zakończeniu studiów, od 1.09.1988 r. podjęłam pracę w Politechnice Lubelskiej, okresy mojego zatrudnienia i zajmowane stanowiska przedstawione są w Tabeli 1. Całkowita liczba lat pracy zawodowej wynosi 30 lat (w dn. 1.09.2018 r.).

Od 1 lutego 1990 r. zostałam doktorantką Studiów Doktoranckich z fizyki na Wydziale Matematyki i Fizyki UMCS, należałam do pierwszego rocznika doktorantów. Temat i zakres pracy zaproponował mi promotor prof. dr hab. Mieczysław Budzyński. Doświadczenia i pomiary prowadziłam w laboratorium na Politechnice Lubelskiej. Rozprawę doktorską pt. *Oddziaływania nadsubtelne w stopach żelaza otrzymywanych elektrolitycznie* obroniłam 21.03.1994 r., dyplom doktora nauk fizycznych otrzymałam na mocy uchwały Rady Wydziału Matematyki i Fizyki UMCS podjętej w dn. 18.04.1994 r.

Tabela 1. Przebieg zatrudnienia w Politechnice Lubelskiej.

Zajmowane stanowisko	Okres pracy (od – do)	Nazwa jednostki
Asystent stażysta	1.09.1988 – 21.12.1989	Zakład Fizyki Wydział Zarządzania i Podstaw Techniki
Asystent	22.12.1989 – 30.06.1994	Katedra Fizyki Wydział Zarządzania i Podstaw Techniki
Adiunkt	1.07.1994 – 31.01.2005	Instytut Fizyki Wydział Zarządzania i Podstaw Techniki
Profesor nadzwyczajny	1.02.2005 – 30.09.2010	Instytut Fizyki, Wydział Zarządzania i Podstaw Techniki następnie od 2008 r. Wydział Podstaw Techniki
Profesor nadzwyczajny	01.10.2010 – nadal	Zakład Elektroniki i Fizyki Technicznej, Instytut Elektroniki i Technik Informacyjnych, Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Kolokwium habilitacyjne odbyło się na posiedzeniu Rady Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie w dniu 13.10.2003 r. Stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych otrzymałam na podstawie oceny ogólnego dorobku naukowego i przedstawionej rozprawy habilitacyjnej pt. *Oddziaływania nadsubtelne w materiałach nanokrystalicznych*. Data zatwierdzenia przez Centralną Komisję do Spraw Stopni i Tytułów: 23.02.2004 r.

W jednostkach organizacyjnych Politechniki Lubelskiej pełniłam funkcje:

- 1) Kierownik Zakładu Fizyki Doświadczalnej w Instytucie Fizyki 1.04.2004 – 30.09.2010;
- 2) Zastępca Dyrektora Instytutu Fizyki 1.04.2009 – 30.09.2010;
- 3) Kierownik Zakładu Elektroniki i Fizyki Technicznej w Instytucie Elektroniki i Technik Informacyjnych od 1.05.2012 do chwili obecnej.

Dyplom doktora

Dyplom doktora habilitowanego

3. Osiągnięcia naukowe

A. Przed habilitacją

W trakcie pracy nad doktoratem w latach 1990–1994 opracowałam własną metodę osadzania elektrolitycznego stopów żelaza z niklem i kobaltem oraz stopów niklu z kobaltem domieszkowanych izotopem ^{57}Fe . Warstwy stopowe osadzałam z kąpeli chlorkowych na podłożu grafitowym, które wybrane zostało z dwóch względów: 1) przewodziło prąd elektryczny (podkładka grafitowa stanowiła katodę) oraz 2) posiadało niski współczynnik osłabienia promieniowania gamma, co było ważne przy transmisyjnych pomiarach mössbauerowskich. Tak przygotowane stopy stanowiły polikrystaliczne układy „bulkowe” (grubość warstw wynosiła kilka-kilkadziesiąt mikrometrów), których strukturę zbadałam przy pomocy dyfrakcji promieniowania X samodzielnie opracowując dyfraktogramy i wyznaczając parametry sieci krystalicznej. Technika badawczą, którą poznawałam w tym czasie i w której specjalizuję się do chwili obecnej była spektroskopia efektu Mössbauera. Głównym osiągnięciem doktoratu było wyznaczenie na podstawie zmierzonych widm mössbauerowskich wartości parametrów oddziaływań nadsubtelnych w dwuskładnikowych stopach Fe-Ni, Fe-Co i Co-Ni: ^{57}Fe oraz zależności tych parametrów od składu chemicznego stopu. Ponadto wykazałam, że osadzone elektrolitycznie stopy Fe-Ni, Fe-Co i Co-Ni: ^{57}Fe są nieuporządkowanymi roztworami stałymi w pełnym zakresie koncentracji (0-100 %), zaś zakres rozpuszczalności wzajemnej pierwiastków różni się od analogicznych wartości w przypadku stopów otrzymywanych przez konwencjonalną metodę termiczną. Podczas studiów doktoranckich systematycznie referowałam swoje osiągnięcia na seminarium. Jedno z nich prowadził prof. dr hab. Karol I. Wysokiński, to dzięki jego sugestii wgłębiałam się w teorię oddziaływań nadsubtelnych. Wyniki badań dyfraktometrycznych i mössbauerowskich dla elektrolitycznie osadzonych stopów Fe-Ni, Fe-Co i Co-Ni: ^{57}Fe opublikowałam m.in. w recenzowanych czasopismach: *Hyperfine Interactions*, *Journal of Physics: Condensed Matter* oraz *Nukleonika* (poz. DoH3, DoH4, DoH7, DoH9 na Liście publikacji, pkt. 7).

Po ukończeniu pracy doktorskiej zainteresowałam się niekonwencjonalną metodą wytwarzania materiałów, tj. syntezą mechaniczną. Jest to metoda pozwalająca otrzymywać m.in. stopy ze składników niemieszalnych w fazie ciekłej lub nierozpuszczalnych w stanie stałym, stopy ze składników znacznie różniących się temperaturą topnienia, materiały nanokrystaliczne, amorficzne itp. Ponadto dzięki syntezie mechanicznej można rozszerzać granice rozpuszczalności w roztworach stałych i wytwarzać nowe materiały o ciekawych właściwościach fizycznych. W latach 1994–2003 przeprowadziłam kompleksowe badania struktury i oddziaływań nadsubtelnych w szeregu układach dwuskładnikowych żelaza zsyntetyzowanych mechanicznie a prace te zostały uwieńczone rozprawą habilitacyjną *Oddziaływania nadsubtelne w materiałach nanokrystalicznych*. Głównym osiągnięciem prac badawczych było stwierdzenie, że synteza mechaniczna pozwala otrzymywać materiały, które ze względu na dużą gęstość granic ziaren przejawiają odmienne właściwości magnetyczne w porównaniu z analogicznymi układami litymi z ziarnami o rozmiarach rzędu mikrometrów. Zaobserwowałam m.in., że nanokrystaliczne stopy Fe-Al i Fe-Ni charakteryzują się wysoką temperaturą Curie. Stopy Fe-Al, w których poprzez syntezę mechaniczną rozszerzono granicę rozpuszczalności aluminium w żelazie do 50 % at. Al posiadają właściwości ferro-

magnetyczne w przeciwieństwie do analogicznych konwencjonalnie przygotowanych stopów, które są paramagnetyczne dla składu $\text{Fe}_{50}\text{Al}_{50}$. Oddziaływania nadsubtelne w zsyntetyzowanych mechanicznie stopach Fe-Ni różnią się od oddziaływań w stopach otrzymanych innymi metodami, nie występuje w nich zjawisko *Invar* dla zawartości niklu 35 % at.. W przypadku stopów Fe-W dla zawartości wolframu 20 i 33 % at. stwierdziłam, że w wyniku syntezy mechanicznej powstały dwa roztwory stałe, co nie potwierdza teoretycznych obliczeń przewidujących strukturę amorficzną dla tego składu chemicznego. W wyniku badań określiłam, że jeden z tych roztworów jest ferromagnetyczny, drugi zaś paramagnetyczny. Z kolei stopy Fe-Nb zawierające 48 i 64 % at. Nb uzyskane w procesie syntezy mechanicznej posiadają strukturę amorficzną i są paramagnetyczne. Badania oddziaływań nadsubtelnych w stopach żelaza z Al, Ni, W i Mo pozwoliły mi określić lokalne otoczenie jąder mössbauerowskich ^{57}Fe w oparciu o teoretyczny model uporządkowania bliskiego zasięgu opisany parametrami Warrena-Cowleya. Wartości tych parametrów wskazały jednoznacznie, że w badanych materiałach rozkład atomów jest niejednorodny zaś domieszki Al, Ni, W i Mo tworzą klaster w matrycy żelaza, a więc występuje oddziaływanie odpychające pomiędzy domieszką a atomem macierzy.

Syntezę mechaniczną zastosowano także do otrzymania materiału kompozytowego, w którym osnowę stanowił roztwór stały aluminium w sieci żelaza $\text{Fe}(\text{Al})$, zaś wytrąceniami były cząsteczki Al_2O_3 o rozmiarach rzędu 10 nm. Przy pomocy spektroskopii mössbauerowskiej można było monitorować proces tworzenia się kompozytu i stwierdzić, że osnowa jest w stanie paramagnetycznym.

Podczas pracy nad habilitacją opracowałam także technologię otrzymywania metodą osadzania elektrolitycznego cienkich warstw żelaza (o grubości poniżej 100 nm) na podłożu krzemowym napylonym miedzią. W 2000 r. uruchomiłam (jako pierwsze w lubelskim środowisku naukowym) stanowisko do pomiarów metodą CEMS (Conversion Electron Mössbauer Spectroscopy). Przeprowadzenie dla cienkich warstw żelaza badań lokalnych właściwości magnetycznych metodą efektu Mössbauera elektronów konwersji wewnętrznej, zmierzenie występujących w warstwach naprężeń oraz badania morfologii powierzchni przy pomocy skaningowego mikroskopu tunelowego (STM) pozwoliły mi otrzymać następujące wnioski:

- 1) naprężenia mają wpływ na wartość przesunięcia izomerycznego żelaza oraz na uporządkowanie domen magnetycznych w cienkich warstwach żelaza,
- 2) w warstwach żelaza występuje anizotropia magnetyczna typu “*in-plane*”,
- 3) struktura granularna warstw charakteryzuje się chropowatością powierzchni rzędu 10 nm, co jest porównywalne z parametrami dla warstw uzyskanych metodami z użyciem ultra-wysokiej próżni UHV.

Przeprowadzenie badań w ramach habilitacji umożliwiło mi m.in. otrzymanie grantu Komitetu Badań Naukowych nr 2 P03B 043 11, który zrealizowałam w latach 1996–1998. Na każdym etapie badań wyniki uzyskane w eksperymentach były systematycznie publikowane (poz. DoH10–23, DoH25–31, DoH33, DoH35 na Liście publikacji) oraz referowane na konferencjach (poz. K6–K12 na Liście publikacji).

W trakcie prac nad habilitacją prowadziłam za pomocą spektroskopii mössbauerowskiej także inne badania, tj.: (1) warstw powierzchniowych stali narzędziowych implantowanych wysokoenergetycznymi jonami azotu (poz. DoH24, K13, K15 na Liście publikacji), (2) właściwości magnetycznych taśm amorficznych Fe-Al-Ga-P-B-Si (poz. DoH32, K14 na Liście publikacji) oraz (3) oddziaływań nadsubtelnych w kompozytach getyt-hematyt (poz. DoH34 na Liście publikacji).

B. Po habilitacji

Po habilitacji kontynuowałam wcześniejszą tematykę związaną z techniką spektroskopii mössbauerowskiej i procesem syntezy mechanicznej oraz podejmowałam różne nowe tematy. W tym czasie organizowałam od podstaw własną grupę badawczą w ramach prowadzonego przeze mnie od 1.04.2004 r. do 30.09.2010 r. Zakładu Fizyki Doświadczalnej w Instytucie Fizyki Politechniki Lubelskiej a następnie w ramach Zakładu Elektroniki i Fizyki Technicznej w Instytucie Elektroniki i Technik Informacyjnych, którego jestem kierownikiem od 1.05.2012 r. W chwili obecnej dysponuję laboratorium spektroskopii mössbauerowskiej, w którym funkcjonują dwa tory pomiarowe w geometrii transmisyjnej oraz stanowisko CEMS. Ponadto kieruję pracami mającymi na celu zbudowanie nowego stanowiska pomiarowego do badań efektu sprzężenia magnetoelektrycznego w materiałach. Obecnie stanowisko to jest w fazie testów.

Wiedza nabyta w trakcie pracy nad habilitacją pozwoliła mi podejmować nowe tematy badawcze. Związane one były głównie z zastosowaniem spektroskopii mössbauerowskiej jako metody, dzięki której można uzyskać szereg informacji o właściwościach fizycznych badanych materiałów. Ze względu na używanie w moim laboratorium mössbauerowskim izotopu ^{57}Co jako źródła promieniowania gamma, wybierane do badań próbki stopów, związków, tlenków czy nanocząstek musiały zawierać żelazo. Ponadto, w wybranych przypadkach, proponowałam i promowałam w publikacjach wykorzystanie syntezy mechanicznej (mielenia mechanicznego) jako niekonwencjonalnej metody do wytworzenia różnych, znanych już materiałów, ale które dzięki tej metodzie mogą przejawiać interesujące, nowe właściwości fizyczne.

Prowadząc badania własne oraz współpracując z różnymi ośrodkami naukowymi w Polsce i za granicą podejmowałam po habilitacji następujące problemy:

- a) absorpcja wodoru przez nanostrukturalny grafit otrzymany w wyniku mielenia mechanicznego;
- b) rozkład kationów w ferrytach litowych $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ podstawianych Al i Cu;
- c) struktura i właściwości magnetyczne nanokrystalicznych stopów Fe-Ge i Co-Fe-Ni otrzymywanych poprzez syntezę mechaniczną;
- d) struktura, właściwości magnetyczne i efekt sprzężenia magnetoelektrycznego w multiferroicznych związkach ceramicznych na bazie żelazianu bizmutu;
- e) synteza, struktura i właściwości magnetyczne delafosytów zawierających żelazo;
- f) badania oddziaływań nadsubtelnych w wodorotlenkach żelaza i nanocząstkach żelaza.

Ad. a) Absorpcja wodoru przez nanostrukturalny grafit otrzymany w wyniku mielenia mechanicznego

W styczniu 2004 r. rozpoczęłam współpracę z Zakładem Fizyki Stosowanej Instytutu Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie kierowanym przez prof. dr hab. Leszka Michalaka. Zaproponowałam nową tematykę badań dotyczącą nanostrukturalnego grafitu otrzymanego w wyniku mielenia mechanicznego w atmosferze wodoru. Pomimo, że reaktywny proces mielenia kulowego w atmosferze wodoru znany był wcześniej w literaturze jako potencjalna technologia do wytwarzania materiałów o wysokiej zdolności do magazynowania wodoru [np. 1], to nie do końca były rozpoznane procesy absorpcji/desorpcji wodoru w tych materiałach. Do badań tych zjawisk stosowano m.in. spektroskopię masową termicznej desorpcji (TDS – *Thermal Desorption Mass Spectroscopy*), dzięki której stwierdzono, że wodór w nanostrukturalnym węglu istnieje w formie cząstek dwuatomowych oraz atomów w położeniach międzywęzłowych [1, 2]. W naszych badaniach zaproponowałam zastosowanie metod spektrometrii masowej czasu przelotu (RTOF MS – *Reflectron Time-of-Flight Mass Spectrometry* oraz LTOF MS – *Linear mode of the Time-of-Flight Mass Spectrometry*) do śledzenia przemian strukturalnych grafitu mielonego w nietypowym młynku Uni-Ball-Mill-5 wyposażonego w magnesy FeNdB i wypełnionego wodorem.

Defekty strukturalne powstałe w procesie mielenia mechanicznego działają jak pułapki, w których gromadzi się wodór. Przy pomocy metody desorpcji laserowej sprzężonej ze spektrometrem masowym czasu przelotu przeprowadzono pomiary widm masowych nanostrukturalnego grafitu otrzymanego podczas kontrolowanego mielenia w atmosferze wodoru. Spektrometria masowa wykazała, że wodór gromadzi się w graficie tworząc egzotyczne molekuly węglowodorowe, które zawierają od 1 do 4 atomów wodoru. Dzięki pomiarom dyfrakcyjnym stwierdzono, że podczas mielenia krystaliczny grafit został przekształcony w grafit nanostrukturalny o średnich rozmiarach ziaren ~ 4 nm. W procesie mielenia mechanicznego nastąpiło niewielkie zanieczyszczenie grafitu żelazem i jego związkami z Ni i Cr, co wykryłam dzięki wysokiej czułości spektroskopii mössbauerowskiej. Pokazano także, że zdolność nanostrukturalnego grafitu do gromadzenia wodoru zależy od energii mielenia i w badanym materiale osiągnęła wartość 2,718 % wt. (w stopach na bazie Mg, Zr, Ti zdolność ta wynosi 5-8 wt.% [np. 3]). Publikacje dotyczące przemian strukturalnych grafitu indukowanych mieleniem mechanicznym w atmosferze wodoru ukazały się w *Vacuum* i *Journal of Alloys and Compounds* (poz. PoH4, PoH6 na Liście publikacji).

Niestety, powyższa tematyka badawcza została przerwana ze względu na przedwczesną śmierć prof. L. Michalaka.

Literatura:

- [1] S. Orimo, T. Matsushima, H. Fujii, T. Fukunaga, G. Majer, *Journal of Applied Physics* 90 (2001) 1545
 - [2] K. Shindo, T. Kondo, Y. Sakurai, *Journal of Alloys and Compounds* 372 (2004) 201
 - [3] J.L. Bobet, B. Chevalier, *Book of Abstracts of Fourth International Conference on Mechanochemistry and Mechanical Alloying INCOME 2003, Braunschweig, Germany, September 7-11, 2003*, p.56.
-

Ad. b) Rozkład kationów w ferrytach litowych $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ podstawianych Al i Cu

W latach 2005–2006 współpracowałam z Department of Physics, Sultan Qaboos University, Muscat w Omanie i Wydziałem Chemii Uniwersytetu Warszawskiego uczestnicząc w badaniach dyfraktometrycznych, mössbauerowskich i magnetycznych ferrytów litowych $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ podstawianych aluminium i miedzią. Mój wkład dotyczył pomiarów mössbauerowskich, które przeprowadziłam w temperaturze pokojowej i temperaturze ciekłego azotu. Analiza wartości parametrów oddziaływań nadsubtelnych na podstawie widm mössbauerowskich w powiązaniu z wynikami analizy strukturalnej metodą Rietvelda pozwoliła ustalić, jakie pozycje zajmują jony Al i Cu w strukturze ferrytu. W obydwu przypadkach stwierdzono, że jony Al^{3+} i Cu^{2+} obsadzają pozycje oktaedryczne jonów Fe^{3+} oraz Li^+ (poz. PoH3, PoH7 na Liście publikacji).

Ad. c) Struktura i właściwości magnetyczne nanokrystalicznych stopów Fe-Ge i Co-Fe-Ni otrzymywanych poprzez syntezę mechaniczną

Od października 2003 r. kontynuowałam badania nanokrystalicznych stopów na bazie żelaza otrzymywanych poprzez syntezę mechaniczną.

Fe-Ge

W pierwszej kolejności został wybrany układ Fe-Ge, jako modelowy system do badania zjawiska lokalnego stopowania (ang. *local melting*) podczas procesu syntezy mechanicznej [1]. Układ Fe-Ge: (1) jest bogaty w fazy pośrednie, (2) nie przejawia tendencji do amorfizowania się, (3) promienie atomowe składników nie różnią się znacznie między sobą. W sposób tradycyjny fazy międzymetaliczne w tym układzie otrzymuje się poprzez długotrwałą obróbkę termiczną [2]. Natomiast przy pomocy syntezy mechanicznej w prosty sposób można otrzymać różne fazy, co zależy jednak od warunków mielenia i zastosowanych młynów [1, 3]. Ponadto końcowe produkty mielenia nie zawsze są stabilne termicznie i po procesie wygrzewania mogą tworzyć się różne fazy. Motywacją podjęcia badań nad stopami Fe-Ge wytworzonymi podczas syntezy mechanicznej było uzupełnienie stanu wiedzy na temat stabilności termicznej oraz wpływu warunków mielenia na reakcję w stanie stałym w mieszaninie żelazo-german. Ważnym celem było dogłębne poznanie parametrów oddziaływań nadsubtelnych faz tworzących się zarówno na poszczególnych etapach mielenia jak i produktów końcowych oraz faz powstałych po obróbce termicznej.

Literatura:

- [1] Y.-S. Kwon, K.B. Gerasimov, O.I. Lomovsky, S.V. Pavlov, Journal of Alloys and Compounds 353 (2003) 194
 - [2] Q.Z. Chen, A.H. Ngan, B.Y. Duggan, Journal of Materials Science 33 (1998) 5405
 - [3] A.F. Cabrera, F.H. Sanchez, Physical Review B 65 (2002) 094202
-

Stosując metody dyfrakcji promieniowania X i spektroskopii mössbauerowskiej przeprowadziłam badania dla stopów $\text{Fe}_{50}\text{Ge}_{50}$, $\text{Fe}_{62}\text{Ge}_{38}$, $\text{Fe}_{75}\text{Ge}_{25}$ oraz $\text{Fe}_{33,3}\text{Ge}_{66,7}$. Stwierdziłam, że podczas procesu syntezy mechanicznej przeprowadzonej w różnego rodzaju młynkach tworzą się różne fazy pośrednie układu Fe-Ge. Na przykład dla $\text{Fe}_{50}\text{Ge}_{50}$ otrzymanym w młynku planetarnym końcowym produktem syntezy był nanokrystaliczny stop FeGe o strukturze B20, na wczesnych etapach mielenia powstała faza pośrednia FeGe_2 . Badania mössbauerowskie pozwoliły stwierdzić, że faza FeGe_2 oraz stop FeGe są w temperaturze pokojowej paramagnetyczne. W przypadku stopu $\text{Fe}_{62}\text{Ge}_{38}$ zsyntetyzowanego w młynie planetarnym w ciągu 100 godzin otrzymano ferromagnetyczną fazę $\beta\text{-Fe}_5\text{Ge}_3$ charakteryzującą się średnim magnetycznym polem nadsubtelnym o wartości indukcji ~ 16 T, co pozwoliło wywnioskować, że w najbliższym otoczeniu izotopów ^{57}Fe znajduje się więcej niż 4 atomy Ge. Stop o tym samym składzie został też zsyntetyzowany w młynie wysokoenergetycznym planetarnym, gdzie do otrzymania stabilnej struktury wystarczyły 2 godziny mielenia. W tym przypadku jednak utworzyła się faza $\beta\text{-Fe}_3\text{Ge}_2$ charakteryzująca się rozkładem wartości indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego od 4,7 do 19,2 T odzwierciedlającym różne konfiguracje atomów germanu wokół próbników jądrowych ^{57}Fe . Mielenie żelaza z germanem w proporcji 75:25 doprowadziło do utworzenia się nieuporządkowanego roztworu stałego $\alpha\text{-Fe}(\text{Ge})$, gdzie zaobserwowałam szeroki rozkład magnetycznego pola nadsubtelnego o średniej wartości indukcji ~ 25 T. W przypadku stopu $\text{Fe}_{33,3}\text{Ge}_{66,7}$ podczas syntezy mechanicznej utworzyła się paramagnetyczna faza międzymetaliczna FeGe_2 . Dla wymienionych powyżej stopów były także przeprowadzone badania stabilności termicznej i pomiary magnetyczne. Wyniki badań poświęconych strukturze i właściwościom magnetycznym nanokrystalicznych stopów Fe-Ge zostały opublikowane w cyklu prac w latach 2004–2007 (poz. PoH2, PoH5, PoH9 na Liście publikacji).

Co-Fe-Ni

Przedmiotem systematycznych badań doświadczalnych prowadzonych przez mój zespół badawczy w latach 2003–2011 były trójskładnikowe stopy Co-Fe-Ni otrzymywane metodą syntezy mechanicznej a następnie poddane procesom obróbki termicznej. Są to interesujące materiały szczególnie pod względem ich właściwości magnetycznych oraz zastosowań dotyczących zapisu i odczytu dysków magnetycznych [np. 1-3]. Stopy Co-Fe-Ni charakteryzują się dobrymi miękkimi właściwościami magnetycznymi. W postaci cienkich warstw otrzymanych przez osadzanie elektrolityczne otrzymano duże wartości namagnesowania nasycenia, rzędu 2,0- 2,1 T, przy jednocześnie małej wartości pola koercji ~ 1 Oe [1, 2]. Motywacją do podjęcia badań było pokazanie, że metodą syntezy mechanicznej uda się wytworzyć magnetycznie miękkie proszki Co-Fe-Ni. Ponadto, celem nadrzędnym było poznanie oddziaływań nadsubtelných w tych stopach oraz określenie na ich podstawie lokalnego uporządkowania atomowego wokół próbników jądrowych ^{57}Fe .

Literatura:

- [1] T. Osaka, *Electrochimica Acta* 45 (2000) 3311
 - [2] X. Liu, G. Zangari, L. Shen, *Journal of Applied Physics* 87 (2000) 5410
 - [3] S.U. Jen, H.P. Chiang, C.M. Chung, M.N. Kao, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 236 (2001) 312
-

Wyniki badań zostały opublikowane w cyklu prac w latach 2004–2011 (poz. PoH1, PoH8, PoH10–14, PoH16, PoH18, PoH21 na Liście publikacji). Przeprowadzone badania dowiodły, że stopy Co-Fe-Ni zsyntetyzowane mechanicznie wykazują korzystne miękkie właściwości magnetyczne, tj. wysokie wartości namagnesowania nasycenia (w przedziale 1,57 – 2,28 T w zależności od składu chemicznego stopu) przy stosunkowo niskich wartościach pola koercji (14 – 68 Oe). W celu wytworzenia próbek składniki wyjściowe Co, Fe i Ni w postaci proszkowej zostały poddane mieleniu w wysokoenergetycznym młynie kulowym. Przebadane zostały stopy o różnym składzie chemicznym. Przy doborze składu kierowano się głównie uzyskaniem możliwie najlepszych miękkich właściwości magnetycznych stopów a także charakterystycznymi obszarami diagramu równowagi fazowej. W celu scharakteryzowania struktury i właściwości magnetycznych otrzymanych stopów wykorzystano m.in. dyfrakcję promieniowania X, spektroskopię efektu Mössbauera, magnetometrię wibracyjną do zbadania pętli histerezy oraz magnetometrię z użyciem wagi Faraday’a do zbadania przebiegu krzywych namagnesowania w funkcji temperatury. Skład chemiczny ziaren stopów analizowano przy użyciu mikrosondy rentgenowskiej. Synteza mechaniczna jest tzw. metodą nierównowagową otrzymywania stopów i wytworzone materiały nie zawsze są stabilne. W związku z tym badane stopy Co-Fe-Ni poddano procesom stopniowego nagrzewania i wygrzewaniu izotermicznemu w piecu oporowym. Po obróbce termicznej przeprowadzono ponownie pomiary dyfraktometryczne, mössbauerowskie i magnetyczne. Badania dyfraktometryczne dowiodły, że otrzymane w procesie syntezy mechanicznej stopy mają charakter nieuporządkowanych roztworów stałych. Umożliwiły również wyznaczenie niektórych parametrów strukturalnych, takich jak rodzaj i stała sieci krystalicznej, średnie rozmiary krystalitów czy poziom odkształceń sieciowych. Otrzymane stopy posiadają strukturę nanokrystaliczną ze średnim rozmiarem ziarna w przedziale 10–60 nm. Wszystkie z przebadanych próbek stopów Co-Fe-Ni wytworzone w procesie syntezy mechanicznej posiadają sieć krystaliczną bądź regularną centrowaną przestrzennie (faza α) albo centrowaną powierzchniowo (faza γ). W porównaniu z analogicznymi próbkami otrzymanymi metodą tradycyjnego topienia nie uzyskano stopów będących mieszaniną faz α i γ . Dopiero procesy termiczne przeprowadzone po syntezie próbek doprowadziły m.in. do uformowania się stopów będących mieszaniną faz α i γ . Uzyskane wyniki badań pozwoliły na zbudowanie częściowych diagramów fazowych dla zsyntetyzowanych mechanicznie stopów Co-Fe-Ni oraz analogicznych stopów poddanych różnym procesom obróbki termicznej. Badania mössbauerowskie stopów Co-Fe-Ni pozwoliły na wyznaczenie wartości parametrów oddziaływań nadsubtelnych, w szczególności wartości indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego. Dzięki makroskopowym badaniom magnetycznym otrzymano wartości namagnesowania oraz efektywnego momentu magnetycznego stopu Co-Fe-Ni. W oparciu o uzyskane wyniki wykazałam m.in. istnienie liniowej korelacji pomiędzy średnią wartością indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego a efektywnym momentem magnetycznym stopu μ_{eff} . Ponadto stwierdziłam, że zależność efektywnego momentu μ_{eff} stopów Co-Fe-Ni od liczby elektronów walencyjnych ($3d + 4s$) jest zgodna z przebiegiem krzywej Slatera-Paulinga (poz. PoH21). Przebadane stopy Co-Fe-Ni zsyntetyzowane mechanicznie oraz te po obróbce termicznej charakteryzują się podobnymi zależnościami parametrów sieci krystalicznej, średnimi wartościami indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego, efektywnego momentu magnetycznego oraz temperatury Curie od średniej liczby elektronów przypadającej na atom.

Podsumowując ten okres badań mogę stwierdzić, że synteza mechaniczna stanowi alternatywną metodę wytwarzania miękkich magnetycznie proszków Co-Fe-Ni. Uzyskane wartości namagnesowania nasycenia i natężenia pól koercji są porównywalne z danymi dla analogicznych stopów Co-Fe-Ni otrzymanych innymi metodami, np. poprzez osadzanie elektrolityczne czy tradycyjne stapianie składników. Podkreślenia wymaga fakt, że temat oddziaływań nadsztylnych w trójskładnikowych stopach Co-Fe-Ni otrzymanych poprzez syntezę mechaniczną był nowatorski a otrzymane wyniki poszerzyły zasób wiedzy na temat wpływu rodzaju metody wytwarzania i parametrów różnych procesów na mikrostrukturę i właściwości magnetyczne stopów Co-Fe-Ni. Część wyników badań zrealizowanych w tej tematyce stanowiła materiał pracy doktorskiej mojego pierwszego wypromowanego doktora Tomasza Pikuli. Wsparcie finansowe dla opisanych działań naukowych uzyskałam w postaci grantu promotorskiego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr 1278/B/H03/2009/36.

Ad. d) Struktura, właściwości magnetyczne i efekt sprzężenia magnetoelektrycznego w multiferroicznych związkach ceramicznych na bazie żelazianu bizmutu

Kolejny ważny etap w mojej działalności naukowej rozpoczął się pod koniec 2007 r. kiedy to uczestnicząc w 9th *International Conference on Intermolecular and Magnetic Interactions in Matter* w Gdańsku zainteresowałam się tematem magnetyzmu materiałów ceramicznych. Od 2008 r. zgłębiłam zagadnienia dotyczące struktury i właściwości magnetycznych tzw. materiałów multiferroicznych, w których jednocześnie występuje co najmniej dwa uporządkowania typu „ferro-”, np. uporządkowanie ferroelektryczne z ferromagnetycznym, ferroelektryczne z antyferromagnetycznym, ferroelektryczne z ferrosprężystym itp. Idea, że kryształy mogą być jednocześnie ferromagnetyczne i ferroelektryczne pochodzi od Piotra Curie (1894 r.). Nieco wcześniej Wilhelm Röntgen zauważył, że dielektryk poruszający się w polu elektrycznym staje się namagnesowany (1888 r.). Efekt magnetyzacji materiału w zewnętrznym polu elektrycznym (i odwrotnie polaryzacja elektryczna materiału w zewnętrznym polu magnetycznym) wynika z istnienia sprzężenia magnetoelektrycznego (ME) pomiędzy podsystemami magnetycznym i elektrycznym. Potencjalne możliwości aplikacyjne tego typu materiałów są tym szersze, im większe jest sprzężenie pomiędzy obydwoma podukładami. Zjawiskiem współistnienia uporządkowania ferromagnetycznego z ferroelektrycznym oraz efektem sprzężenia magnetoelektrycznego uczeni zajmują się od początku XX w. Wśród nazwisk naukowców zajmujących się tą problematyką można wymienić m.in. P. Debye’a, I.E. Dzyaloshinskiego, D.N. Astrova, G.A. Smolenskigo, Y.N. Venevtseva, H. Schmida oraz R. Ramesh’a. Gwałtowny wzrost zainteresowania multiferroikami nastąpił w latach 2001–2003, kiedy rozwinięto technologie otrzymywania cienkich warstw tlenków różnych pierwiastków, odkryto wiele nowych materiałów z bardzo silnym sprzężeniem magnetoelektrycznym i znaleziono wiele zastosowań praktycznych tych materiałów.

Ze względu na ograniczenia wynikające z symetrii kryształów i właściwości elektronowych istnieje niewiele multiferroików wykazujących sprzężenie magneto-elektryczne. Najbardziej znanym jednofazowym multiferroikiem jest żelazian bizmutu BiFeO₃, który w temperaturze pokojowej wykazuje jednocześnie uporządkowanie

ferroelektryczne i antyferromagnetyczne. W wielu pracach przeglądowych szeroko i szczegółowo opisana jest struktura i diagram fazowy BiFeO_3 , oporność elektryczna, ferroelektryczność, magnetyzm, sprzężenie magneto-elektryczne i zastosowania tego materiału [np. 1-6]. Badany jest żelazian bizmutu w postaci monokryształu, cienkiej warstwy, nanorurek czy nanoproszku.

W litej próbce polikrystalicznej liniowy efekt ME jest opisany skalarnym współczynnikiem sprzężenia magnetoelektrycznego α , przy czym: $\alpha^2 < \epsilon \mu$. Dla większości materiałów ϵ oraz μ mają niewielką wartość i zgodnie z ograniczeniem $\alpha^2 < \epsilon \mu$ oczekiwany efekt magnetoelektryczny jest niewielki. W przypadku żelazianu bizmutu, jego specyficzna struktura magnetyczna, a mianowicie występowanie cykloidy spinowej całkowicie wyklucza liniowy efekt magnetoelektryczny w tym związku. Dlatego też poszukując jednofazowego materiału z wysokim współczynnikiem sprzężenia magnetoelektrycznego dokonuje się modyfikacji struktury BiFeO_3 mającej na celu destrukcję cykloidy spinowej i uzyskanie nowego materiału wykazującego sprzężenie magnetoelektryczne. Taką modyfikację realizuje się m.in. poprzez podstawianie jonów w strukturze żelazianu bizmutu lub tworzenie roztworów stałych ze związkami o strukturze perowskitu ABO_3 .

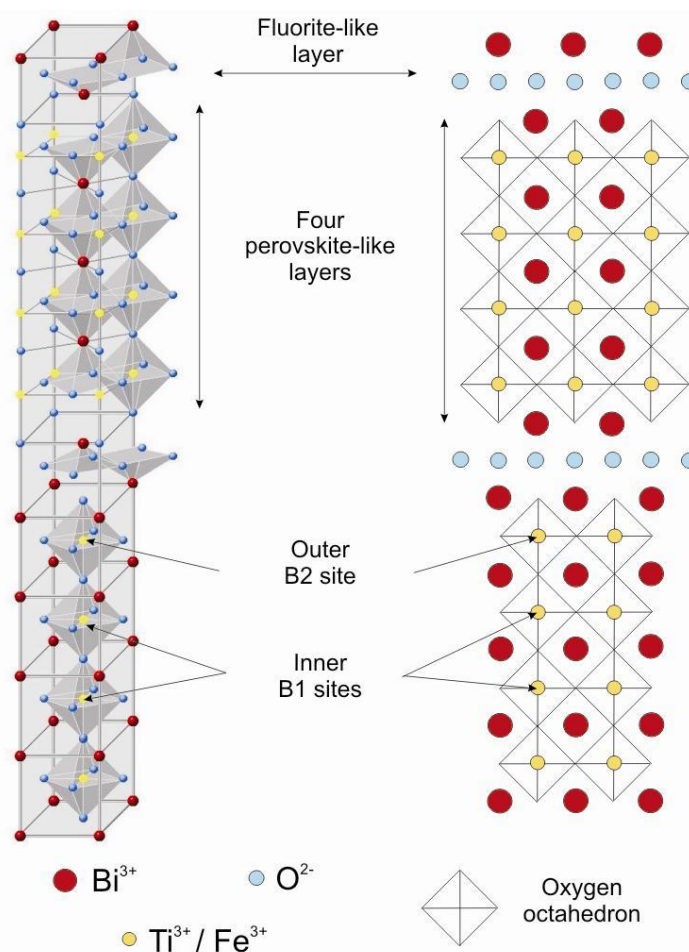
Włączając się w nurt poszukiwań jednofazowego związku z wysokim współczynnikiem sprzężenia magnetoelektrycznego od 2008 r. prowadzę badania różnych materiałów ceramicznych na bazie żelazianu bizmutu. Posiadając doświadczenie w tworzeniu stopów i kompozytów za pomocą syntezy mechanicznej zaproponowałam tę metodę jako niekonwencjonalną technologię wytwarzania materiałów multiferroicznych.

Związki Aurivilliusa $\text{Bi}_{m+1}\text{Ti}_3\text{Fe}_{m-3}\text{O}_{3m+3}$

W pierwszej kolejności zajęłam się badaniami związków Aurivilliusa powstałych w wyniku syntezy ferroelektrycznego tytanianu bizmutu $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ z żelazianem bizmutu BiFeO_3 , który jest jednocześnie ferroelektryczny i antyferromagnetyczny. Materiał do badań otrzymano przy pomocy standardowej metody syntezy w stanie stałym (ang. *solid-state sintering*) oraz nietypowej, w przypadku multiferroików, metody aktywacji mechanicznej (ang. *mechanical activation*). Związki Aurivilliusa mają strukturę warstwową, w której fluoryto-podobne bizmutowo-tlenowe warstwy $\{(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}\}$ przeplatają się z perowskitopodobnymi warstwami $\{(\text{Bi}_{m+1}\text{Fe}_{m-3}\text{Ti}_3\text{O}_{3m+1})^{2-}\}$, gdzie m oznacza liczbę warstw perowskitopodobnych i może przybierać wartości całkowite lub ułamkowe, przy czym $3,5 \leq m \leq 13$ (Rys. 1). Właśnie liczba tych warstw ma wpływ na właściwości związków Aurivilliusa, m.in. na ich właściwości elektryczne i magnetyczne.

Literatura:

- [1] M. Fiebig, Journal of Physics D: Applied Physics, 38(8) (2005) R123
 - [2] W. Eerenstein, N.D. Mathur, J.F. Scott, Nature, 442(17) (2006) 759
 - [3] G. Catalan, J.F. Scott, Advanced Materials, 21(24) (2009) 2463
 - [4] C. Ederer, N.A. Spaldin, Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics, 71(6) (2005) 060401.
 - [5] P. Fischer, M. Polomska, I. Sosnowska, M. Szymanski, Journal of Physics C: Solid State Physics, 13(10) (1980) 1931
 - [6] A. Palewicz, T. Szumiata, R. Przeniosło, I. Sosnowska, I. Margiolaki, Solid State Communications, 140(7-8) (2006) 359
-



Rys. 1 Komórka elementarna związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ z 4 warstwami perowskito-podobnymi [PoH41].

Struktura, oddziaływania nadsubtelne i makroskopowe właściwości magnetyczne spiekanych związków Aurivilliusa $\text{Bi}_{m+1}\text{Ti}_3\text{Fe}_{m-3}\text{O}_{3m+3}$ dla $m = 4 - 8$ zostały zbadane przy zastosowaniu metod dyfrakcji promieniowania X, spektroskopii mössbauerowskiej oraz magnetometrii VSM (poz. PoH17, PoH19, PoH20, PoH22, PoH27, PoH30, PoH47 na Liście publikacji). W pierwszej z prac opublikowanych na temat związków Aurivilliusa (PoH17) na podstawie wyników badań mössbauerowskich (widma składające się z dwóch dubletów) wskazałam na możliwość obsadzania przez jony Fe^{3+} dwóch różnych położenia w komórce elementarnej. Są to położenia B1 – w środku oktaedru tlenowego znajdującego się wewnątrz bloku perowskito-podobnego oraz położenia B2 – w oktaedrach w pobliżu warstw bizmutowo-tlenowych (Rys. 1).

Widma mössbauerowskie zmierzone w temperaturze pokojowej dla wszystkich badanych związków Aurivilliusa pokazały, że próbki są paramagnetyczne. Pomiar przeprowadzone w temperaturze ciekłego azotu i ciekłego helu dla związków z $m = 5 - 8$ pokazały przejścia do stanu uporządkowania magnetycznego. Wtedy związki charakteryzują się rozkładem wartości parametrów oddziaływań nadsubtelnych, co jest związane z przypadkowym obsadzaniem położenia tytanu przez jony żelaza w oktaedrach tlenowych. W przypadku związku $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$, tj. z liczbą warstw perowskito-podobnych $m = 4$ wykazano za pomocą VSM, że

związek jest paramagnetyczny aż do temperatury 2 K. Związek z liczbą $m = 5$ porządkuje się antyferromagnetycznie w temperaturze 11 K. Natomiast dla $m = 6 - 8$ wyniki pomiarów mössbauerowskich i VSM pozwoliły stwierdzić, że przejście ze stanu paramagnetycznego do antyferromagnetycznego nie zachodzi skokowo lecz w przedziale temperatury, w którym stopniowo zachodzi porządkowanie antyferromagnetyczne momentów magnetycznych (PoH30).

W badaniach nad związkami Aurivilliusa udowodniłam także, że metoda aktywacji mechanicznej może stanowić alternatywną technologię wytwarzania materiałów multiferroicznych. Wyniki przeprowadzonych badań pokazały, że poprzez mielenie mechaniczne składowych tlenków żelaza, bizmutu i tytanu w odpowiednich proporcjach a następnie poprzez odpowiednią obróbkę termiczną można wytworzyć związki Aurivilliusa, których dyfraktogramy i widma mössbauerowskie oraz wyznaczone z nich wartości parametrów sieci krystalicznej i oddziaływań nadsubtelnych są takie same jak dla analogicznych spiekanych związków Aurivilliusa (poz. PoH20, PoH24, PoH29, PoH35, PoH41, PoH47 na Liście publikacji).

W zakresie opisanej powyżej tematyki został realizowany doktorat Mariusza Mazurka, w którym pokazano, że spektroskopia mössbauerowska pozwoliła znaleźć zależności pomiędzy parametrami oddziaływań nadsubtelnych a liczbą warstw perowskito-podobnych w związkach Aurivilliusa $\text{Bi}_{m+1}\text{Ti}_3\text{Fe}_{m-3}\text{O}_{3m+3}$. Parametry oddziaływań nadsubtelnych w badanych związkach otrzymanych zarówno poprzez spiekanie w fazie stałej jak i aktywację mechaniczną są bardzo zbliżone do siebie. Wartości przesunięć izomerycznych IS i rozszczepień kwadrupolowych QS składowych dubletów odpowiadających dwóm różnym położeniom B1 i B2 jąder ^{57}Fe w sieci krystalicznej związków Aurivilliusa praktycznie nie zależą od liczby warstw perowskito-podobnych w tych związkach. Niewielkie różnice w wartościach IS i QS dla danej liczby m wynikają z niejednorodności strukturalnych badanych związków otrzymanych różnymi metodami. Niezależność przesunięcia izomerycznego i rozszczepienia kwadrupolowego od liczby warstw perowskito-podobnych w związkach Aurivilliusa jest uzasadniona, ponieważ skład i symetria najbliższego otoczenia próbników jądrowych ^{57}Fe nie zmienia się wraz ze wzrostem liczby warstw.

Żelazian bizmutu BiFeO_3

Następnie w latach 2012–2013 prowadziłam badania porównawcze struktury i oddziaływań nadsubtelnych żelazianu bizmutu wytworzonego dwoma różnymi technologiami. Próbkę do badań otrzymaną została przy pomocy: a) standardowej technologii spiekania zmodyfikowanej przez odejście od stechiometrii, tj. poprzez 3%- i 5%- nadwagę prekursora tlenku bizmutu oraz b) aktywacji mechanicznej przeprowadzonej w młynku planetarnym a następnie nagrzewania lub wygrzewania izotermicznego w piecu oporowym. W obydwu przypadkach otrzymany żelazian bizmutu był zanieczyszczony niewielką ilością faz pasożytniczych, tj. $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ oraz Fe_2O_3 (co niestety często zachodzi podczas preparatyki w warunkach laboratoryjnych). Zbadana została struktura przy pomocy dyfrakcji promieniowania X oraz oddziaływania nadsubtelne przy pomocy spektroskopii mössbauerowskiej. Wyznaczone zostały wartości parametrów sieci krystalicznej i parametrów oddziaływań nadsubtelnych żelazianu bizmutu i faz zanieczyszczających oraz oszacowano

względną zawartość procentową tych faz. Dzięki analizie otrzymanych wyników pomiarów stwierdziłam, że najmniejsza ilość zanieczyszczeń powstaje w procesie przygotowania BiFeO_3 metodą spiekania w temperaturze 1023 K przy zmieszaniu prekursorów z 3 %-nadwagką Bi_2O_3 . Natomiast dzięki technologii aktywacji mechanicznej udało się wytworzyć żelazian bizmutu po obróbce termicznej w temperaturze niższej o 50 K w porównaniu z metodą spiekania. Prace opublikowane w tym zakresie stanowią poz. PoH23 i PoH26 na Liście publikacji.

Spiekane roztwory stałe $(\text{BiFeO}_3)_x-(\text{BaTiO}_3)_{1-x}$

Od 2012 r. rozpoczęłam systematyczne badania kolejnych materiałów multiferroicznych, tj. roztworów stałych żelazianu bizmutu z tytanianem baru $(\text{BiFeO}_3)_x-(\text{BaTiO}_3)_{1-x}$. Cykl prac poświęconych tym multiferroikom obejmuje artykuły opublikowane w latach 2012–2017 (poz. PoH25, PoH28, PoH32, PoH37, PoH39, PoH40, PoH45 na Liście publikacji). W pierwszej kolejności badałam roztwory stałe układu $\text{BiFeO}_3\text{--BaTiO}_3$ otrzymane standardową metodą ceramiczną. Przeprowadziłam pomiary dyfraktometryczne i mössbauerowskie oraz pomiary wielkości efektu magnetoelektrycznego dla zawartości tytanianu baru $x = 0,5 - 0,9$. W roztworach stałych $(\text{BiFeO}_3)_x-(\text{BaTiO}_3)_{1-x}$ współczynnik sprzężenia magnetoelektrycznego α_{ME} jest rzędu $1 \text{ mVcm}^{-1}\text{Oe}^{-1}$ [7]. Celem moich badań było pokazanie, że odpowiedni dobór parametrów technologicznych w procesie syntezy, tj. spiekanie próbek ww. roztworów stałych przy różnej temperaturze i czasie pozwoli na zwiększenie wartości napięciowego współczynnika magnetoelektrycznego α_{ME} w tych materiałach. Analiza dyfraktogramów wykazała, że wraz ze wzrostem zawartości tytanianu baru w zakresie 10-30 % molowych zachodzi zmiana struktury krystalicznej roztworu stałego z romboedrycznej do regularnej. Badania mössbauerowskie pokazały, że dodawanie tytanianu baru wpływa na wielkość oddziaływań nadsubtelnych, m.in. zmniejsza się wartość średniej indukcji magnetycznego pola nadsubtelnego z $\sim 47 \text{ T}$ dla $x = 0,9$ do $\sim 43 \text{ T}$ dla $x = 0,7$. Osłabienie magnetycznych oddziaływań związane jest ze wzrastającym nieporządkiem spinów (łamaniem ich struktury spiralnej), co z kolei wpływa na wielkość efektu magnetoelektrycznego.

Śledząc literaturę dotyczącą multiferroików można zauważyć, że badacze skupiają się głównie na wykazaniu, że próbki posiadają uporządkowanie elektryczne i magnetyczne stosując tradycyjne pomiary pętli histerezy elektrycznej i magnetycznej [np. 8]. Dużo ważniejszymi z punktu widzenia oceny przydatności przemysłowej multiferroików są bezpośrednie pomiary napięciowego współczynnika sprzężenia magnetoelektrycznego α_{ME} . Parametr ten określa wielkość odpowiedzi materiału na pobudzenie zewnętrzne. Bez względu na mechanizm powstawania sprzężenia magnetoelektrycznego, pomiar tego efektu sprowadza się do pomiaru ładunku indukowanego na powierzchni badanego materiału po umieszczeniu próbki w stałym polu magnetycznym o natężeniu H_{DC} .

Literatura:

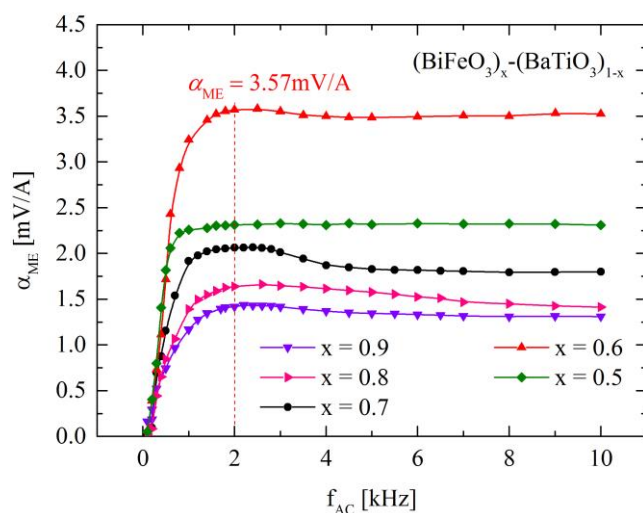
- [7] S. Yang, A. Kumar, V. Petkov, S. Priya, Journal of Applied Physics, 113(14) (2013) 144101
 - [8] Y.-jie Zhang, H.-guo Zhang, J.-hua Yin, H.-wei Zhang, J.-lan Chen, W.-quan Wang, G.-heng Wu, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 322 (2010) 2251-2255
-

W praktyce oznacza to zwykle pomiar sygnału napięciowego V_{ME} (pochodzącego od efektu ME) na elektrodach próbki w funkcji H_{DC} . Jest to tzw. statyczna metoda pomiaru efektu ME. Na podstawie V_{ME} wyznacza się napięciowy współczynnik magnetoelektryczny α_{ME} zdefiniowany jako zmiana wartości natężenia pola elektrycznego indukowanego wewnątrz danego materiału przy jednostkowej zmianie wartości natężenia zewnętrznego pola magnetycznego H_{DC} . Jednakże, bezpośredni pomiar napięcia V_{ME} może prowadzić do błędnych wniosków, szczególnie w przypadku materiałów polikrystalicznych, które przed pomiarem efektu magnetoelektrycznego poddane zostały wstępnej polaryzacji elektrycznej. Polaryzacji dokonuje się przez przyłożenie silnego zewnętrznego pola elektrycznego w podwyższonej temperaturze w celu uporządkowania dipoli elektrycznych w badanym materiale wzdłuż określonego kierunku, a następnie chłodzi się ten materiał w obecności pola elektrycznego. Pozwala to uzyskać bardziej efektywne oddziaływanie pomiędzy dipolami magnetycznymi oraz elektrycznymi. Podczas polaryzacji istnieje jednak możliwość gromadzenia się ładunków na granicach ziaren, co wpływa na rozkład pola elektrycznego wewnątrz próbki, a więc także na wartość mierzonego sygnału. Aby wyeliminować ten efekt stosuje się obecnie dynamiczną metodę pomiaru współczynnika α_{ME} . Metoda ta opiera się na wykorzystaniu superpozycji stałego (DC) i zmiennego (AC) pola magnetycznego. Układ eksperymentalny używany w moich badaniach i metodyka pomiaru została opisana w pracach PoH37 oraz PoH40 na podstawie literatury [9].

Pomiary napięciowego współczynnika magnetoelektrycznego α_{ME} w funkcji natężenia stałego pola magnetycznego H_{DC} wykazały spadek sprzężenia magnetoelektrycznego ze wzrostem natężenia pola dla wszystkich badanych materiałów. Zaobserwowano też, że funkcja $\alpha_{ME}(H_{DC})$ wykazuje charakter histerezy, o szerokości zależnej od składu i metody wytwarzania próbek. Największe sprzężenie magnetoelektryczne wykazywały próbki spiekane w najwyższej temperaturze (1153 K), pomimo znacznie krótszego czasu obróbki termicznej. Maksymalna wartość współczynnika $\alpha_{ME} = 1,92$ mV/A przy częstotliwości zmiennego pola magnetycznego $f_{AC} = 1$ kHz zmierzona została dla wstępnie spolaryzowanego w polu $E = 3$ kV/mm jednofazowego materiału dla $x = 0,7$ (Rys. 2). Uzyskana wartość niemal dwukrotnie przewyższała opublikowane przez innych autorów wyniki dla próbek o zbliżonym składzie ($x = 0,725$) [7]. Pomiary zależności współczynnika α_{ME} od częstotliwości zmiennego pola magnetycznego f_{AC} przy ustalonej wartości H_{DC} pozwoliły wykazać, że optymalna częstotliwość sygnału modulacji (sygnału użytkowego w urządzeniach elektronicznych wykorzystujących efekt magnetoelektryczny), dla której sprzężenie magnetoelektryczne jest największe wynosi ok. 2-2,5 kHz. Przy tej częstotliwości dla $x = 0,6$ uzyskano wartość $\alpha_{ME} = 3,57$ mV/A (Rys. 2). Wysokie wartości współczynnika α_{ME} odnotowane dla próbek o $x = 0,5$ i $0,6$ wynikają z obecności fazy tetragonalnej (niecentrosymetrycznej), dzięki czemu materiały te wykazują wyższą polaryzację elektryczną.

Literatura:

[9] G.V. Duong, R. Groessinger, M. Schoenhardt, D. Bueno-Basques, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 316(2) (2007) 390



Rys. 2 Zależność współczynnika α_{ME} od częstotliwości f_{AC} dla próbek o różnej zawartości tytanianu baru spiekanych w temperaturze $T = 1153$ K i wstępnie polaryzowanych w polu $E = 3$ kV/mm [PoH 45].

Występowanie maksimum funkcji opisującej zależność wartości α_{ME} od f_{AC} jest wynikiem procesu rozładowania ładunku elektrycznego gromadzonego na powierzchni badanych materiałów, który to proces przy niskich częstotliwościach jest powodowany przez efekty rezystancyjne, natomiast przy wysokich przez efekty pojemnościowe, co zostało kilkakrotnie opisane w literaturze [np. 10, 11]. W zakresie opisanej powyżej tematyki został realizowany doktorat Karola Kowala.

Mechanicznie aktywowane roztwory stałe $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}-(\text{BaTiO}_3)_x$

Kontynuując w latach 2014–2017 badania nad roztworami stałymi żelazianu bizmutu z tytanianem baru oraz posiadając doświadczenie w charakteryzowaniu materiałów wytworzonych przez aktywację mechaniczną zaproponowałam wykorzystanie tej metody do otrzymania roztworów stałych układu $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}-(\text{BaTiO}_3)_x$ w pełnym zakresie koncentracji składników ($x = 0,1 \div 0,9$). Prace badawcze obejmowały: (1) określenie składu fazowego i struktury krystalicznej otrzymanych próbek na podstawie pomiarów przeprowadzonych za pomocą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego, (2) poznanie oddziaływań nadsubtelnych w wytworzonych materiałach dzięki zastosowaniu spektroskopii mössbauerowskiej, (3) znalezienie zależności pomiędzy parametrami oddziaływań nadsubtelnych a koncentracją tytanianu baru oraz (4) porównanie właściwości strukturalnych i magnetycznych uzyskanych roztworów stałych po wygrzewaniu izotermicznym w różnych temperaturach. Wyniki systematycznie prowadzonych badań zostały opublikowane w pracach: PoH34, PoH42, PoH46.

Literatura:

- [10] J.M. Caicedo, J.A. Zapata, M.E. Gómez, P. Prieto, Journal of Applied Physics, 103(7) (2008) 07E306.
 [11] A. Stoch, P. Stoch, J. Kulawik, P. Zieliński, J. Maurin, Materiały Ceramiczne, 64(4) (2012) 443
-

Głównym osiągnięciem było udowodnienie, że dzięki metodzie aktywacji mechanicznej połączonej z dodatkową obróbką termiczną można wytworzyć multiferroiczne roztwory stałe $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}-(\text{BaTiO}_3)_x$ w pełnym zakresie koncentracji składników zaś optymalnym procesem obróbki termicznej, który pozwala na uzyskanie roztworu stałego z małą ilością faz wtórnych jest izotermiczne wygrzewanie w temperaturze 1173 K. W badanych w temperaturze pokojowej roztworach stałych $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}-(\text{BaTiO}_3)_x$ wraz ze wzrostem koncentracji BaTiO_3 w zakresie 30–40 % molowych zaobserwowano przejście fazowe od struktury romboedrycznej $R3c$ (odpowiadającej BiFeO_3) do regularnej $Pm3m$ (charakterystycznej dla BaTiO_3). Wzrost koncentracji tytanianu baru powoduje także zmianę stanu magnetycznego roztworów stałych $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}-(\text{BaTiO}_3)_x$, które charakteryzują się uporządkowaniem antyferromagnetycznym w zakresie koncentracji $x = 0,1 \div 0,3$, następnie dla $x = 0,4$ współistnieje faza antyferromagnetyczna i paramagnetyczna, zaś w przedziale $x = 0,5 \div 0,9$ roztwory stałe są paramagnetyczne. W związku z tym wartość indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego B_{hf} spada systematycznie od 48 T do zera wraz ze wzrostem koncentracji BaTiO_3 . Wyniki badań zrealizowanych w powyższej tematyce stanowiły materiał pracy doktorskiej Bożeny Malesy.

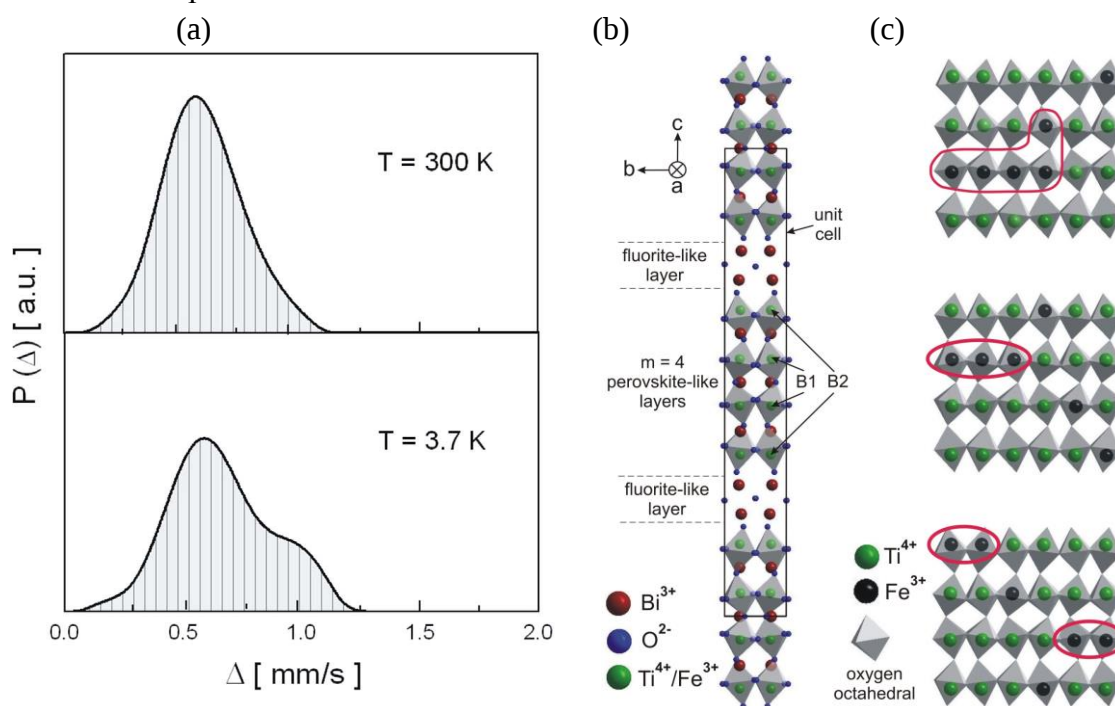
Roztwory stałe $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$

Badania nad roztworami stałymi żelazianu bizmutu z innymi związkami o strukturze ABO_3 prowadziłam także dla układu $\text{BiFeO}_3\text{--NdFeO}_3$ (poz. PoH33 na Liście publikacji). Materiał do badań został przygotowany metodą spiekania. W tych multiferroikach zaobserwowano strukturalne przejście fazowe od układu romboedrycznego do rombowego dla zawartości Nd w zakresie 20–30 %. Wszystkie widma mössbauerowskie zarejestrowane dla roztworów stałych $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ były sekstetami i charakteryzowały się rozkładem pól nadsubtelnych w przedziale 45–54 T, co wynika z tego, że jony Nd w sposób przypadkowy obsadzają miejsca jonów Bi. Stwierdzono, że średnia wartość indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego wzrasta monotonicznie wraz z wzrostem zawartości Nd od ok. 49,5 T do 51,2 T. Taka niewielka zmiana wynika z faktu, że sprzężenie magnetyczne pomiędzy jonami Fe i Nd jest co najmniej o dwa rzędy wielkości słabsze od oddziaływania pomiędzy Fe-Fe. Przemianom strukturalnym towarzyszy także wzrost przesunięcia izomerycznego i zmiana znaku przesunięcia kwadrupolowego. Dla roztworów stałych $\text{BiFeO}_3\text{--NdFeO}_3$ przeprowadzone zostały także pomiary wielkości efektu magnetoelektrycznego (poz. PoH40 na Liście publikacji). Największą wartość współczynnika sprzężenia magnetoelektrycznego odnotowano dla 20 % zawartości Nd, czyli w pobliżu przejścia strukturalnego, natomiast występowanie tego sprzężenia jest spowodowane destrukcją cykloidy spinowej w żelazianie bizmutu po utworzeniu roztworu stałego z żelazianem neodymu.

Effekt magnetoelektryczny w związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$

Effekt magnetoelektryczny został także zbadany w związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ (poz. PoH36, PoH40, PoH49 na Liście publikacji). Związek ten jest najbardziej stabilnym termicznie związkiem z rodziny Aurivilliusa. Za pomocą badań mössbauerowskich i VSM wykazano, że materiał jest paramagnetyczny w temperaturach 4 – 300 K. Pomimo, że próbka

nie wykazuje uporządkowania magnetycznego w temperaturze pokojowej, posiada stosunkowo wysoki współczynnik sprzężenia magnetoelektrycznego, rzędu $10 \text{ mVcm}^{-1}\text{Oe}^{-1}$. Po wstępnej polaryzacji elektrycznej wartość współczynnika sprzężenia magneto- elektrycznego wzrasta dwukrotnie, a gdy podczas preparatyki związku $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ zastosuje się ciśnienie rzędu 120 MPa można osiągnąć nawet $\alpha_{\text{ME}} = 25 \text{ mVcm}^{-1}\text{Oe}^{-1}$ (PoH 49). Tak więc związek Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ wydaje się być dobrym kandydatem na jednofazowy materiał z relatywnie dużą wartością współczynnika sprzężenia magnetoelektrycznego. Wniosek ten potwierdzają teoretyczne obliczenia z pierwszych zasad i symulacje metodą Monte Carlo [12, 13]. Istnienie efektu magnetoelektrycznego w paramagnetycznym związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ pomagają wyjaśnić badania mössbauerowskie. Widma zmierzone w temperaturze pokojowej i w temperaturze 3,7 K charakteryzują się niesymetrycznym rozkładem rozszczepień kwadrupolowych Δ (Rys. 3a), z czego można wywnioskować, że jony Fe^{3+} preferencyjnie obsadzają położenia B1 (Rys. 3b), dla których Δ ma mniejszą wartość niż dla położenia B2.



Rys. 3 (a) Rozkład wartości rozszczepienia kwadrupolowego w związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ otrzymany z opracowania widm mossbauewrowskich zmierzonych w temperaturze pokojowej i 3,7 K; (b) komórka elementarna związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ z 4 warstwami perowskito-podobnymi; (c) ilustracja możliwego formowania się klastrow Fe^{3+} (jony Bi^{3+} and O^{2-} nie są pokazane dla przejrzystości rysunku) [PoH49].

Taka preferencja stymuluje tworzenie nano-obszarów bogatych w żelazo w sieci perowskito-podobnej (Rys. 3c). W obszarze klastera występuje silne sprzężenie antyferromagnetyczne pomiędzy najbliższymi sąsiadami Fe^{3+} , przy czym kierunki spinów są lekko odchylone od kierunku równoległego (tj. występuje *spin canting*).

Literatura:

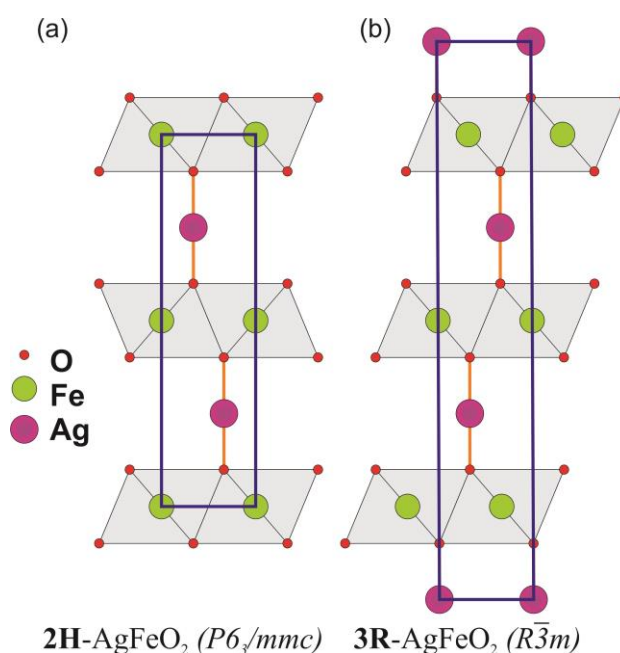
[12] A.Y. Birenbaum, C. Ederer, Physical Review B 90 (2014) 214109.

[13] A.Y. Birenbaum, A. Scaramucci, C. Ederer, Physical Review B 95 (2017) 104419

Niekolinearna struktura spinowa jest zaś źródłem polaryzacji elektrycznej, tak więc sprzężenie magnetoelektryczne w związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ występuje lokalnie. Natomiast, ze względu na słabe oddziaływanie dalekiego zasięgu, tj. pomiędzy klastkami żelaza w bloku perowskito-podobnym lub poprzez warstwy fluoru-podobne, w widmach Mössbauera nie obserwuje się sekstetu linii świadczącym o uporządkowaniu magnetycznym.

ad. e) Synteza, struktura i właściwości magnetyczne delafosytów zawierających żelazo

Poszukując nowej tematyki badawczej w zakresie multiferroików, w 2015 r. zainteresowałam się delafosytami. Materiały te są zaliczane do II typu multiferroików, w których sprzężenie magnetoelektryczne jest silne, jednak występuje w zakresie niskich temperatur. Delafosyty, podobnie jak związki Aurivilliusa, posiadają strukturę warstwową (Rys. 4). W formule chemicznej tych związków ABO_2 , A oznacza jednowartościowy kation metalu półszlachetnego lub szlachetnego – np. Cu^+ , Ag^+ , Pd^+ lub Pt^+ , zaś B oznacza trójwartościowy kation: (a) metalu z bloku p (Ga, In, Al), (b) metalu przejściowego (Fe, Co, Ni, Y) lub (c) kation metalu ziem rzadkich (La, Nd, Eu, Sc). W strukturze warstwowej, kationy typu A tworzą warstwę położoną między warstwami oktaedrów tlenowych BO_6 o wspólnych krawędziach, w środku których znajdują się kationy typu B (Rys. 4).



Rys. 4 Struktura krystaliczna związku AgFeO_2 : (a) odmiana heksagonalna 2H, (b) odmiana romboedryczna 3R (rysunek przedstawia rzut komórki elementarnej na płaszczyznę YZ).

Żelaziany o wzorze sumarycznym MFeO_2 (gdzie $\text{M} = \text{Ag}, \text{Cu}$) są słabo poznaną grupą multiferroików, a zwłaszcza nie zbadano dogłębnie oddziaływań nadsubtelnych w tych materiałach. Ponadto synteza tych związków w czystej postaci, bez faz wtórnych oraz o jednolitej strukturze krystalograficznej jest trudna, ze względu na obecność jonów Cu^+ , które ulegają utlenieniu czy jonów Ag^+ ulegających redukcji i wymaga stosowania odpowiednich warunków reakcji, takich jak wysoka temperatura i ciśnienie. W związku z tym

zapropnowałam, aby zsyntezować czyste delafosyty $MFeO_2$ za pomocą metod niskotemperaturowych, takich jak: współstrącanie, metoda zol-żel czy synteza mechaniczna. Dotychczas wytworzono żelazian srebra $AgFeO_2$ metodą współstrącania (poz. PoH44, PoH48 na Liście publikacji) oraz żelazian miedzi $CuFeO_2$ metodą aktywacji mechanicznej (PoH51).

W roku 2016 wykonane zostały badania struktury i właściwości magnetycznych związku $AgFeO_2$. W szczególności badania dyfraktometryczne potwierdziły otrzymanie czystego żelazianu srebra. Związek $AgFeO_2$ posiada dwie odmiany krystalograficzne: heksagonalną (2H) – o symetrii grupy przestrzennej $P6_3/mmc$ oraz romboedryczną (3R) – o symetrii grupy przestrzennej $R3m$ (Rys. 4). Pomiar widm mössbauerowskich wykazały, że związek ten jest paramagnetyczny w temperaturze pokojowej. Z literatury wiadomo, że w $AgFeO_2$ występują dwa przejścia magnetyczne [1-3]. Pierwsze przejście ze stanu paramagnetycznego w temperaturze pokojowej do stanu częściowo uporządkowanego, tj. posiadającego kolinearną strukturę magnetyczną o modulacji sinusoidalnej następuje w temperaturze Néela T_{N1} . Poniżej drugiej temperatury przejścia, T_{N2} , żelazian srebra wykazuje niekolinearną cykloidalną strukturę spinową o modulacji eliptycznej. Wartości temperatur Néela zależą od odmiany struktury krystalicznej i wynoszą odpowiednio $T_{N1} = 15$ K i $T_{N2} = 9$ K dla odmiany 3R- $AgFeO_2$ oraz $T_{N1} = 18$ K i $T_{N2} = 11$ K dla odmiany 2H- $AgFeO_2$. Moim głównym osiągnięciem w badaniach żelazianu srebra było przeprowadzenie pomiarów widm mössbauerowskich w niskich temperaturach w zakresie 3,7-16 K i pokazanie przejścia $AgFeO_2$ w stan uporządkowania magnetycznego charakteryzujący się szerokim rozkładem nadsubtelnego pola magnetycznego w przedziale temperatur $T_{N2} < T < T_{N1}$ (PoH44).

Ponadto, metodą współstrącania udało się zsyntezować związek $AgFeO_2$ z malejącą zawartością srebra i wykazano, że materiał zachowuje strukturę delafosytu przy 10 % niedoborze srebra (PoH48). W przypadku $CuFeO_2$ nowością jest otrzymanie tego związku metodą syntezy mechanicznej (PoH51). Udało się wytworzyć ten delafosyt z niewielką zawartością nieprzereagowanych tlenków żelaza i miedzi, co zostało zweryfikowane przy pomocy dyfrakcji promieniowania X i spektroskopii mössbauerowskiej. Trwają badania nad ulepszeniem metody syntezy w celu otrzymania czystego delafosytu $CuFeO_2$.

Prace badawcze w opisaney powyżej tematyce stanowią treść doktoratu Karoliny Siedliskiej (otwarty przewód doktorski 15.03.2017 r.). Poznanie oddziaływań nadsubtelnych oraz lokalnego otoczenia jonów żelaza w sieci krystalicznej związków $MFeO_2$ ($M = Ag, Cu$) przyczyni się do wyjaśnienia właściwości multiferroicznych żelazianów o strukturze delafosytu, zaś dobór i optymalizacja parametrów procesu syntezy pozwoli opracować wydajną metodę otrzymywania delafosytów.

Literatura:

- [1] N. Terada, D.D. Khalyavin, P. Manuel, Y. Tsujimoto, K. Knight, P.G. Radaelli, H.S. Suzuki, H. Kitazawa, Physical Review Letters 109 (2012) 097203(1-5).
 - [2] N. Terada, D.D. Khalyavin, P. Manuel, Y. Tsujimoto, A.A. Belik, Physical Review B 91 (2015) 094434(1-7).
 - [3] N. Terada, Journal of Physics: Condensed Matter 26 (2014) 453202(1-17).
-

ad. f) Badania oddziaływań nadsubtelnych w wodorotlenkach żelaza i nanocząstkach żelaza

Równolegle, w ramach współpracy krajowej i zagranicznej prowadziłam i prowadzę także badania oddziaływań nadsubtelnych w różnego rodzaju materiałach zawierających żelazo, m.in. w wodorotlenku żelaza $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (PoH31) czy nanocząstkach z jonami żelaza o zerowej walencyjności (poz. PoH43 i PoH50). Moim zadaniem jest zmierzenie widm mössbauerowskich badanych materiałów oraz określenie parametrów oddziaływań nadsubtelnych.

Przez wszystkie lata mojej działalności naukowej badania prowadziłam (i nadal prowadzę) współpracując z naukowcami w Polsce i za granicą z następujących ośrodków naukowych:

1. Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej
2. Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego
3. Instytut Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
4. Katedra Materiałoznawstwa Wydziału Informatyki i Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach
5. Katedra Fizyki Ciała Stałego Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie
6. Katedra Zastosowań Fizyki Jądrowej Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie
7. Instytut Technologii Elektronowej Oddział w Krakowie
8. Instytut Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego
9. Zakład Energetyki Jądrowej Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku
10. K.L. Khetagurov North-Ossetian State University, Vladikavkaz, Rosja
11. Department of Chemistry, M.V. Lomonosov Moscow State University, Rosja
12. Faculty of Engineering, University of Wollongong, Australia
13. Sultan Qaboos University, Oman
14. National Institute of Fundamental Studies Kandy, Sri Lanka
15. Institute for Nuclear Waste Disposal (INE), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe Niemcy
16. SSPA Scientific-Practical Materials Research Centre of National Academy of Science of Belarus

C. Podsumowanie dorobku naukowego

Mój dorobek publikacyjny w latach 1992–2018 przedstawiony poniżej w Tabeli 2 obejmuje wszystkie publikacje w całej mojej działalności naukowej. Prace w latach 1990–2003 obejmują publikacje przed doktoratem i po doktoracie.

TABELA 2			
Rodzaj publikacji	Przed habilitacją 1990–2003	Po habilitacji 2004–2018	RAZEM
Monografie	1	–	1
Monografie-redakcja	–	1	1
Monografie-rozdziały	–	1	1
Artykuły w czasopismach naukowych	35	51	86
	w tym z IF 25 co stanowi 71 %	w tym z IF 46 co stanowi 90 %	w tym z IF 71 co stanowi 83 %
Materiały konferencyjne	15	–	15
Redakcja materiałów konferencyjnych	2	1	3
Inne materiały opublikowane (raporty, notatki)	9	15	24
RAZEM	62	69	131

Większość prac ukazała się w punktowanych czasopismach, które posiadają współczynnik *Impact Factor* i które były umieszczone na listach czasopism, tj. liście filadelfijskiej, Journal Citation Reports (JCR) czy liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Szczegółowe zestawienie tych publikacji wraz z odpowiednimi punktami zawiera załącznik Z1b-Publikacje-Punktowane.pdf w postaci elektronicznej oraz przedstawia Tabela 3.

TABELA 3			
Rodzaj punktacji	Przed habilitacją 1990–2003	Po habilitacji 2004–2018	RAZEM
Sumaryczny IF w roku publikacji	25,466	51,405	76,87
Sumaryczny IF w 2017	53,016	79,882	132,90
Punktacja MNiSW w 2016 ¹	520	1013	1533
Liczba cytowań ²	88	717	805
Liczba cytowań/Bez autocytowań ³	99/64	742/600	841/664

¹ Punktacja wg Ujednoliconego wykazu czasopism za lata 2013-2016 z dn. 26.01.2017 części A i B <https://www.gov.pl/web/nauka/wykaz-czasopism-naukowych-zawierajacy-historie-czasopisma-z-publikowanych-wykazow-za-lata-2013-2016>

² Wg Bazy Web of Science z dn. 31.10.2018

³ Wg Bazy Scopus z dn. 31.10.2018

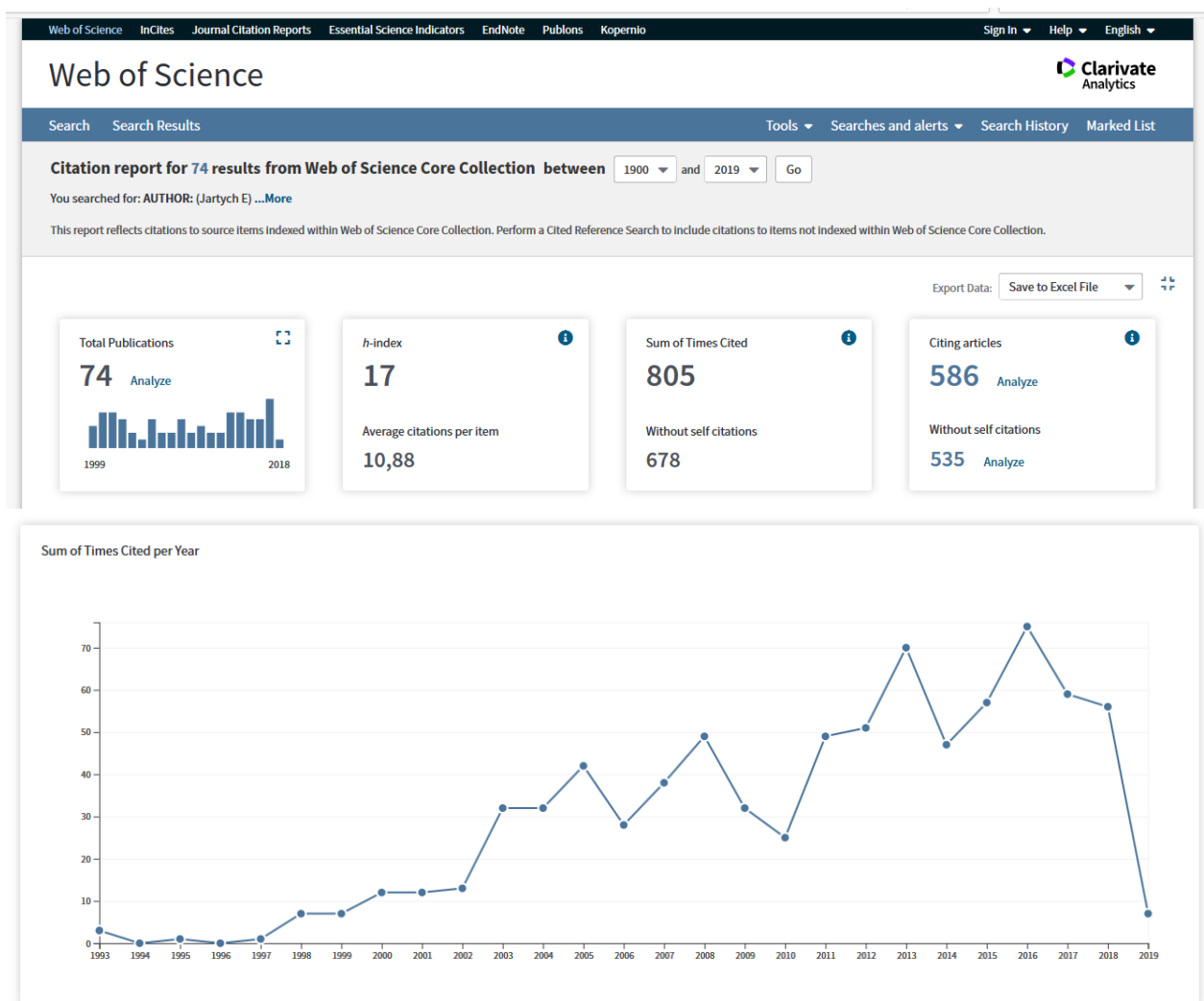
W październiku 2014 roku Rada Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej wszczęła w mojej sprawie postępowanie kwalifikacyjne do tytułu naukowego profesora nauk technicznych. Postępowanie zakończyło się 23 listopada 2015 r. decyzją odmowną.

Analiza cytowań – stan na dzień 31.10.2018

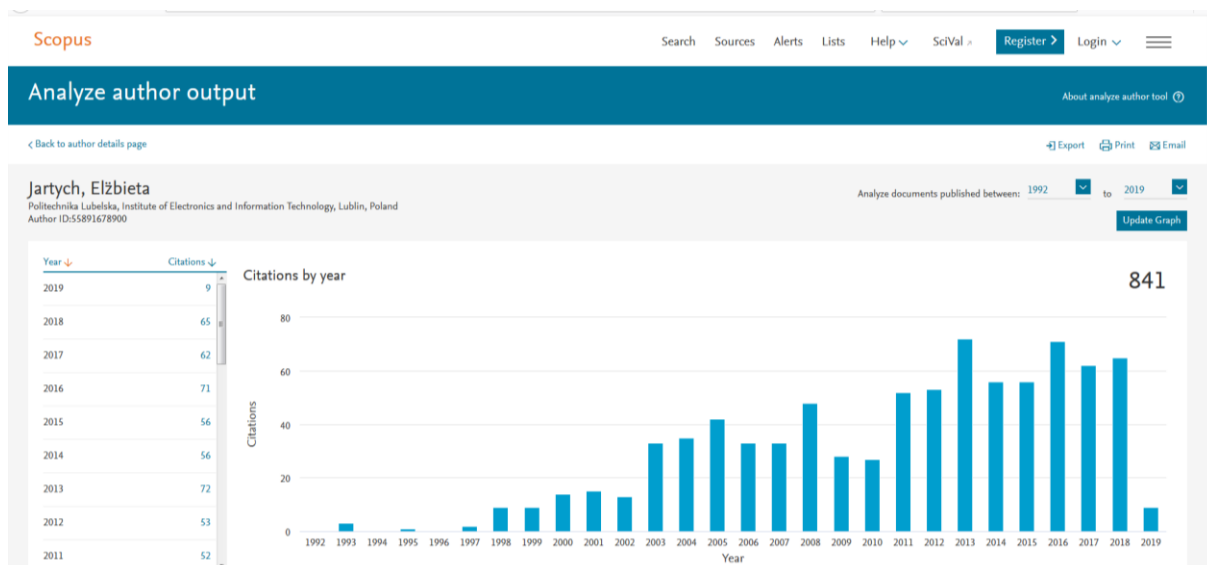
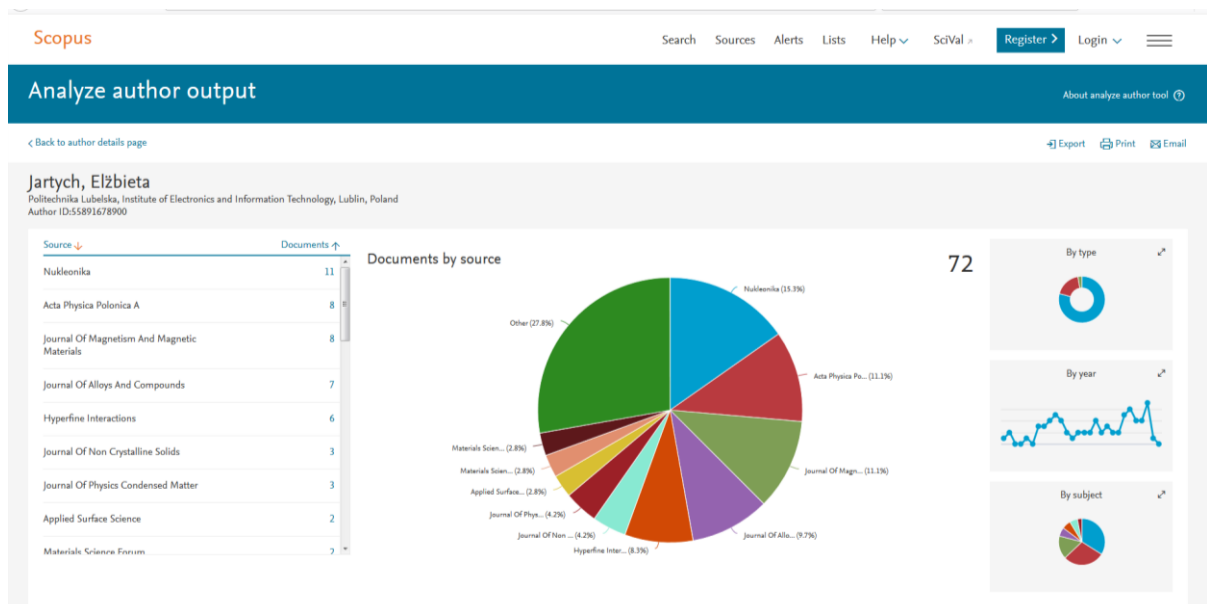
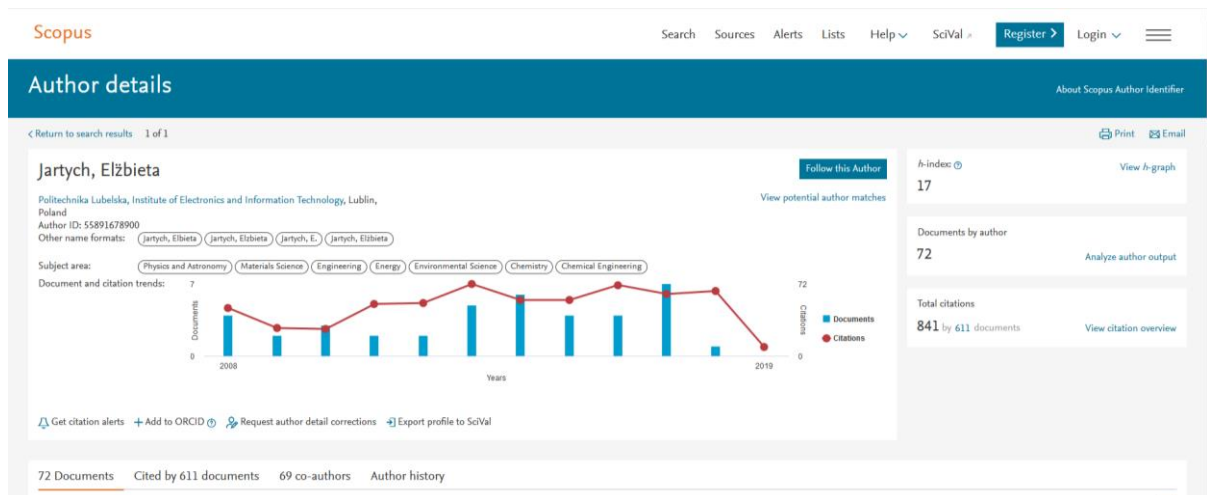
Baza danych	Liczba wszystkich cytowań	Liczba cytowań bez autocytowań	Index H całkowity	Indeks H od 2013
Web of Science	805	678	17	
Scopus	841	664	17	
Google Scholar	1063	—	19	11

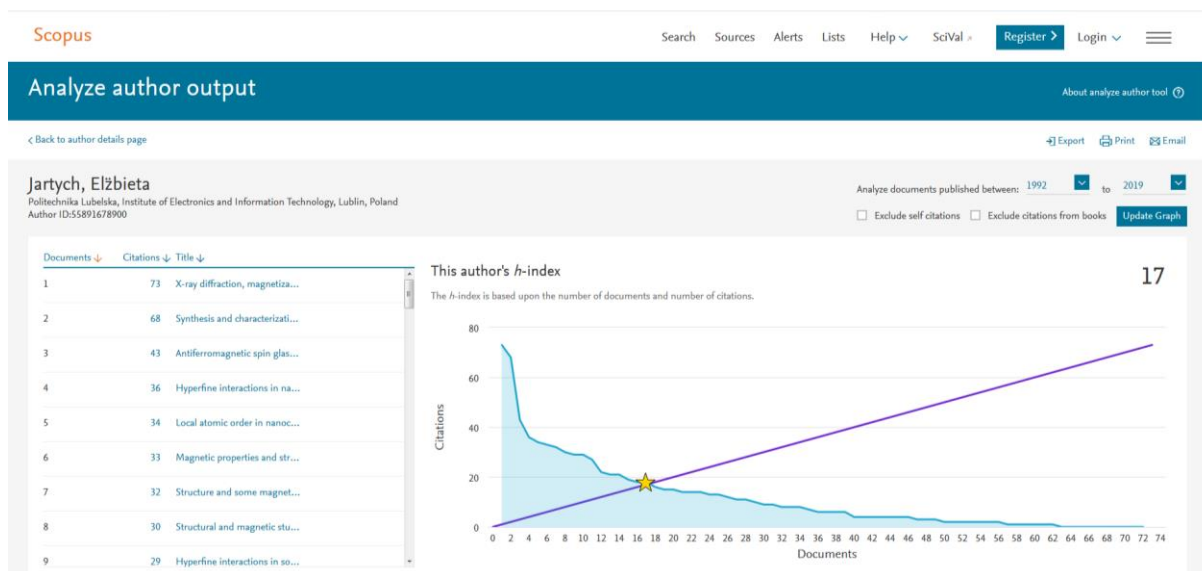
Źródła:

1. Web of Science

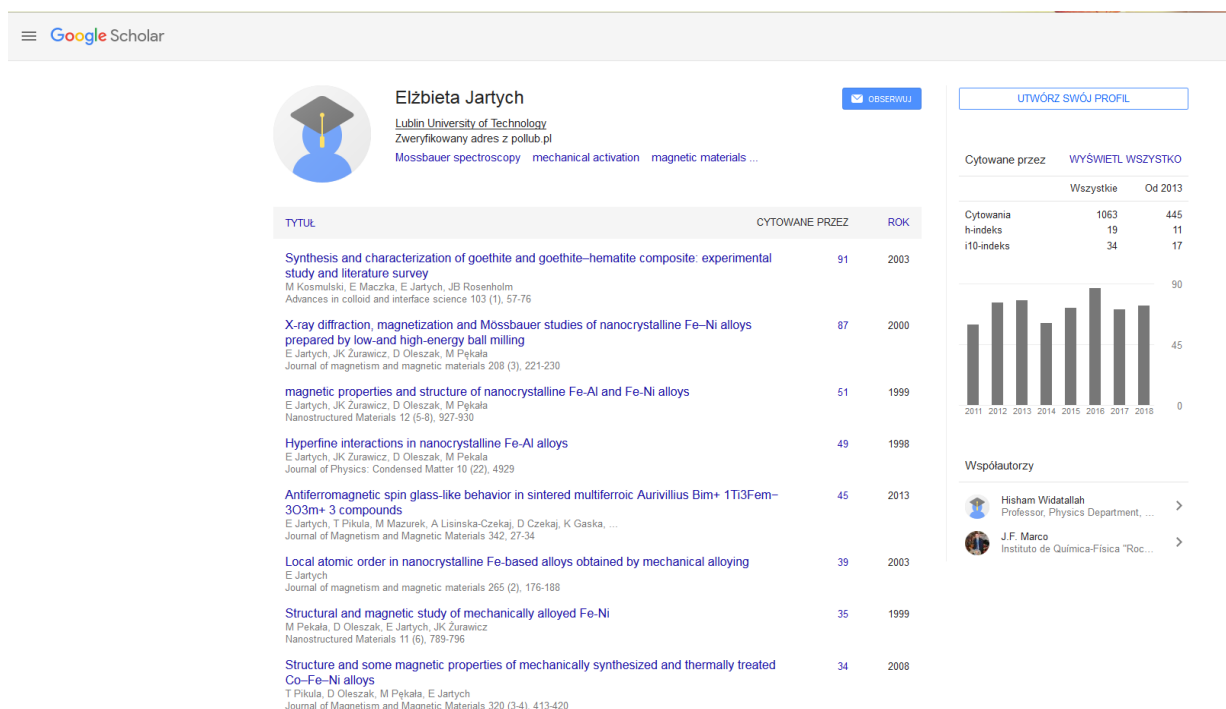


2. Scopus





3. Google Scholar



Ponadto moje publikacje są cytowane w:

1. Pracach przeglądowych:

(a) Shujie Sun, Zezhi Chen, Guopeng Wang, Xiaojun Geng, Zhenyu Xiao, Zhuzhu Sun, Zhihu Sun, Ranran Peng, Yalin Lu

Nanoscale structural modulation and low-temperature magnetic response in mixed-layer Aurivillius-type oxides

Scientific Reports 8:871 (2018) 1-10; DOI:10.1038/s41598-018-19448-1;

www.nature.com/scientificreports

- (b) Stuart L. James, Christopher J. Adams, Carsten Bolm, Dario Braga, Paul Collier, Tomislav Frisčić, Fabrizia Grepioni, Kenneth D.M. Harris, Geoff Hyett, William Jones, Anke Krebs, James Mack, Lucia Maini, A. Guy Orpen, Ivan P. Parkin, William C. Shearouse, Jonathan W. Steed, Daniel C. Waddell
Mechanochemistry: opportunities for new and cleaner synthesis
Chem. Soc. Rev. 41 (2012) 413-447
Critical Review

2. Książkach:

Ricardo Alcantara, Pedro Lavela, Carlos Perez Vicente, Jose L. Tirado
Applications of Mössbauer spectroscopy in the study of lithium battery materials
Chapter 28 in
Mössbauer Spectroscopy: Applications in Chemistry, Biology, and Nanotechnology.
First Edition; Ed. Virender K. Sharma, Göstar Klingelhöfer, and Tetsuaki Nishida
John Wiley & Sons, Inc. 2013 ; pp. 552-563

3. Raportach z realizacji projektów badawczych:

Edward Dreizin, Oleg Shlomo Lagoviyer, Mirko Schoenitz
New Jersey Institute of Technology
Mechanochemical Preparation of Organic Nitro Compounds
SERDP Project WP-2748 Final Report May 2018.
[https://www.serdp-estcp.org/index.php/Program-Areas/Weapons-Systems-and-Platforms/Energetic-Materials-and-Munitions/\(list\)/1/\(active\)/no/\(11\)/date/\(12\)/\(lo1\)/\(lo2\)/\(sort_order\)/inv/\(sort_by\)/sponsor/](https://www.serdp-estcp.org/index.php/Program-Areas/Weapons-Systems-and-Platforms/Energetic-Materials-and-Munitions/(list)/1/(active)/no/(11)/date/(12)/(lo1)/(lo2)/(sort_order)/inv/(sort_by)/sponsor/)

4. Najważniejsze osiągnięcia naukowe

Za swoje najważniejsze osiągnięcie naukowe uważam przeprowadzenie cyklu badań materiałów multiferroicznych za pomocą spektroskopii mössbauerowskiej i dogłębne poznanie struktury, oddziaływań nadsubtelnych i efektu sprzężenia magnetoelektrycznego w wybranych materiałach perowskitowych, perowskito-podobnych oraz delafosytach zawierających żelazo. Systematyczne badania przeprowadzone były w latach 2008–2018 dla związków Aurivilliusa, roztworów stałych żelazianu bizmutu z tytanianem baru i żelazianem neodymu oraz delafosytów – żelazianu srebra i żelazianu miedzi. W opublikowanych pracach naukowych kładłam nacisk głównie na wyniki badań mössbauerowskich, dzięki którym m.in.:

- wskazałam na możliwość obsadzania przez jony Fe^{3+} dwóch różnych położeń w komórce elementarnej związków Aurivilliusa, tj. położeń B1 – w środku oktaedru tlenowego wewnątrz bloku perowskito-podobnego oraz położeń B2 – w oktaedrach w pobliżu warstw bizmutowo-tlenowych;
- udowodniłam, że wartości parametrów oddziaływań nadsubtelnych w związkach Aurivilliusa w temperaturze pokojowej nie zależą od liczby warstw perowskito-podobnych w tych związkach, natomiast w temperaturze ciekłego azotu i ciekłego helu związki charakteryzują się rozkładem wartości parametrów oddziaływań nadsubtelnych, co jest związane z przypadkowym obsadzaniem położeń tytanu przez jony żelaza w oktaedrach tlenowych;

- zaobserwowałam spadek średniej wartości indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego oraz przejście od stanu uporządkowania antyferromagnetycznego do stanu paramagnetycznego w roztworach stałych $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ wraz ze wzrostem koncentracji tytanianu baru;
- pokazałam, że roztwory stałe $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ charakteryzują się rozkładem pól nadsubtelnych wynikającym z przypadkowego obsadzania miejsc jonów Bi przez jony Nd oraz że średnia wartość indukcji nadsubtelnego pola magnetycznego wzrasta monotonicznie wraz z ze wzrostem zawartości Nd;
- zaobserwowałam monotoniczny spadek średniej wartości indukcji pola nadsubtelnego wraz ze wzrostem temperatury od 3,7 K do 16 K w delafosycie AgFeO_2 .

W większości badanych materiałów zmierzono wielkość efektu sprzężenia magnetoelektrycznego za pomocą metody dynamicznej. W przypadku roztworów stałych żelazianu bizmutu z innymi związkami o strukturze perowskitu napięciowe współczynniki magnetoelektryczne posiadają wartości niewielkie, rzędu 3 mV/A ($2,4 \text{ mVcm}^{-1}\text{Oe}^{-1}$). Za najciekawszy wynik moich badań uznaję otrzymanie największej wartości współczynnika sprzężenia magnetoelektrycznego $\alpha_{\text{ME}} = 25 \text{ mVcm}^{-1}\text{Oe}^{-1}$ ($31,4 \text{ mV/A}$) dla paramagnetycznego w temperaturze pokojowej związku Aurivilliusa $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ oraz wyjaśnienie istnienia tego sprzężenia poprzez istnienie nano-obszarów (klasterów) żelaza, które powstają prawdopodobnie na etapie syntezy tych związków.

Ponadto udowodniłam, że synteza mechaniczna (aktywacja mechaniczna) jako niekonwencjonalna metoda wytwarzania materiałów może stanowić alternatywę dla tradycyjnych metod otrzymywania materiałów multiferroicznych. Spektroskopia Mössbauera wraz dyfrakcją promieniowania X pozwala monitorować proces technologiczny na każdym jego etapie. Zaletą procesu syntezy mechanicznej jest możliwość wytwarzania materiałów, które ze względu na rozdrobnienie do skali nanometrowej posiadają unikalne właściwości fizyczne. Przeważnie jednak sam proces mielenia nie prowadzi do osiągnięcia pożądanego związku lub roztworu stałego, tworzą się metastabilne fazy o nieznanym składzie i strukturze. Wystarczy tylko zastosować odpowiednią obróbkę termiczną i powstaje finalny produkt. Przeważnie temperatura takiej obróbki jest niższa o kilkadziesiąt lub kilkaset stopni K od temperatur stosowanych w przypadku technologii spiekania. Jednak nie we wszystkich przypadkach powstają czyste fazy. Dlatego też, aktywacja mechaniczna mimo swej prostoty nie jest idealną technologią i wymaga dalszych ulepszeń.

5. Osiągnięcia w zakresie opieki naukowej i kształcenia młodej kadry

W zakresie opieki naukowej nad dyplomantami pod moim kierunkiem zostało wykonanych **9** prac magisterskich i **35** prac inżynierskich (szczegóły znajdują się w Ankiecie oceny osiągnięć naukowych).

W zakresie kształcenia młodej kadry prowadziłam i prowadzę opiekę nad następującymi pracami doktorskimi:

- 1) liczba zakończonych przewodów doktorskich – **4**:

- Dr Tomasz Pikula *Oddziaływania nadsubtelne w stopach Co-Fe-Ni zsyntetyzowanych mechanicznie*, 2012, praca wyróżniona przez Radę Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki UMCS Lublin
- Dr Mariusz Mazurek *Właściwości magnetyczne multiferroicznych związków Aurivilliusa*, 2016, praca wyróżniona przez Radę Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej
- Dr inż. Karol Kowal, *Oddziaływania nadsubtelne i właściwości magnetoelektryczne roztworów stałych $(\text{BiFeO}_3)_x(\text{BaTiO}_3)_{1-x}$* , 2016, praca wyróżniona przez Radę Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej
- Dr Bożena Malesa, *Struktura i właściwości magnetyczne roztworów stałych $\text{BiFeO}_3\text{--BaTiO}_3$ zsyntetyzowanych mechanicznie*, 2017, praca zrealizowana i obroniona na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej

2) liczba otwartych przewodów doktorskich – **1**:

- mgr inż. Karolia Siedliska, *Otrzymywanie, struktura i właściwości magnetyczne delafosytów na bazie żelaza*, obrona planowana w 2019 roku.

Brałam udział w zespołach eksperckich i konkursowych wykonując następujące recenzje:

1) Recenzje sporządzone w przewodach doktorskich – **3**:

- Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Jolanty Dzik *Wytwarzanie ceramiki $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ oraz zbadanie jej struktury i właściwości dielektrycznych*, Uniwersytet Śląski, Katowice, 2013
- Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Rafała Idczaka *Badanie defektów w stopach podwójnych na bazie żelaza za pomocą spektroskopii mössbauerowskiej oraz anihilacji pozytonów*, Wydział Fizyki i Astronomii, Uniwersytet Wrocławski, 2013
- Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Aleksandry Jasek *Fale gęstości ładunkowej w nadprzewodnikach na bazie żelaza badane metodą spektroskopii mössbauerowskiej*, Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, 2016

2) Recenzje sporządzone w postępowaniach habilitacyjnych – **1**:

- Recenzja dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej dr Dariusza Malczewskiego pt. *Charakterystyka stanu metamiktycznego przy użyciu metod spektroskopowych: implikacje dla stabilizacji wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych*, Uniwersytet Śląski, Katowice 2012

3) Udział w komisjach habilitacyjnych – **2**:

- Członek komisji habilitacyjnej dr. inż. Ewy Markiewicz, rozprawa pt. *Wpływ nieporządku strukturalnego na własności dielektryczne perowskitów tlenkowych i wielofazowych układów polimerowych*, Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań, 2017

- Członek komisji habilitacyjnej dr. inż. Małgorzaty Kąc, rozprawa pt. *Wpływ kontrolowanej modyfikacji struktury i morfologii planarnych i liniowych nanostruktur metalicznych na ich własności magnetyczne na przykładzie wielowarstw Fe/Cr i nanodrutów Co*, Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków, 2017

W dniu 6 września 2018 r. Centralna Komisja do Spraw Stopni i Tytułów powołała mnie jako członka komisji habilitacyjnej w postępowaniu habilitacyjnym dr Anny Gągor, tytuł osiągnięcia naukowego: *Strukturalne przemiany fazowe w nieuporządkowanych hybrydach organiczno-nieorganicznych*; Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu.

- 4) Recenzowanie wniosków w NCN – **10 OPUS i 3 PRELUDIUM**
- 5) Recenzowanie wniosku w konkursie IUVENTUS-PLUS – **1** oraz recenzja raportu końcowego z wykonania projektu – **1**
- 6) Recenzowanie grantów zagranicznych – **3**
- 7) Recenzowanie prac publikowanych w czasopismach międzynarodowych posiadających współczynnik wpływu *Impact Factor* – **132**

Szczegóły do pkt. 1) – 7) znajdują się w Ankiecie oceny osiągnięć naukowych oraz w załączniku Z6-Recenzje-Artykułów.pdf.

6. Działalność popularyzująca naukę

Poza działalnością naukową i dydaktyczną, część mojej aktywności poświęciłam popularyzacji nauki:

- wygłaszając wykłady z zakresu mojej tematyki badawczej na seminariach naukowych:
 - *Zastosowanie efektu Mössbauera w badaniach ciała stałego*. Posiedzenie Lubelskiego Towarzystwa Naukowego, 30.11.1994
 - *Oddziaływania nadsztelne w materiałach nanokrystalicznych*. Konwersatorium Instytutu Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 7.03.2002
 - *Oddziaływania nadsztelne w materiałach nanokrystalicznych*. Seminarium Instytutu Fizyki Uniwersytetu Opolskiego, 3.04.2003
 - *Zastosowanie spektroskopii mössbauerowskiej w badaniach materiałów ceramicznych*. Seminarium Naukowe Katedry Materiałoznawstwa, Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec, 24.11.2010
 - *Oddziaływania nadsztelne w materiałach ceramicznych na bazie żelazianu bizmutu*. Seminarium Środowiskowe Połączonych Zespołów Fizyki Ciała Stałego, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, 28.03.2012
 - *Struktura i oddziaływania nadsztelne w nowym multiferroiku – delafosycie AgFeO₂*. Seminarium naukowe Zakładu Metod Jądrowych Instytutu Fizyki UMCS, 4.05.2016
 - *Efekt Mössbauera i efekt sprzężenia magnetoelektrycznego w multiferroikach zawierających żelazo*. Seminarium naukowe NO3 Instytutu Fizyki Jądrowej PAN, Kraków 9.01.2018
- prowadząc wykłady z zakresu mojej tematyki badawczej dla doktorantów Politechniki Lubelskiej (od 2010 r. – nadal) i Politechniki Warszawskiej (2016-2017)
- organizując seminaria naukowe:
 - Zastępca sekretarza konferencji *Intermolecular Interactions in Matter IIM-3*, Lublin-Kazimierz Dolny, 7-9.09.1995

- Sekretarz *Ogólnopolskiego Seminarium Spektroskopii Mössbauerowskiej OSSM'96*, Lublin, 27-29.05.1996
- Członek Komitetu Organizacyjnego konferencji *V Polish Conference on Crystal Growth PCCG-V*, Nałęczów, 10-13.05.1998
- Sekretarz konferencji *Intermolecular Interactions in Matter IIM-5*, Lublin, 1-4.09.1999
- Członek National Advisory Committee of *International Symposium on Metastable and Nano Materials*, 2006, Warsaw, Poland, 27-31.08.2006
- Członek komitetu naukowego *Ogólnopolskiego Seminarium Spektroskopii Mössbauerowskiej OSSM'2008* Kraków – Koninki, *OSSM'2010* Warszawa, *OSSM'2012* Lublin-Kazimierz Dolny, *OSSM'2014* - Wrocław, *OSSM'2016* Radom-Turno i *OSSM'2018* Białystok-Goniądz
- Organizator główny seminarium: *Spektroskopia mössbauerowska w badaniach stali*; Wydział Podstaw Techniki PL, Lublin, 6.11.2007
- Organizator główny seminarium: *Spektroskopia mössbauerowska w badaniach materiałów ceramicznych*; Wydział Podstaw Techniki PL, Lublin, 5.11.2009
- Członek komitetu organizacyjnego *XLI Zjazdu Fizyków Polskich*, Lublin, 4 - 9.09.2011
- propagując pokojowe wykorzystanie energii jądrowej w ramach seminarium:
 - *Energetyka jądrowa – co się stało, co nas czeka?*; Wydział Elektrotechniki i Informatyki PL, Lublin, 19.04.2011
 - II Seminarium Bezpieczeństwa Jądrowego *Badania i metody obliczeniowe dla bezpieczeństwa elektrowni jądrowych* Wydział Elektrotechniki i Informatyki PL, Lublin, 28.11.2012
 - III Seminarium Bezpieczeństwa Jądrowego *Zastosowania metod jądrowych w medycynie* Wydział Elektrotechniki i Informatyki PL, Lublin, 28.11.2013.
- organizując wycieczki edukacyjne dla studentów Politechniki Lubelskiej (szczegóły w Ankiecie oceny osiągnięć naukowych).

Ponadto jestem członkiem następujących towarzystw:

- Polskie Towarzystwo Fizyczne – od 1999 roku
- Lubelskie Towarzystwo Naukowe – od 2007 roku
- Polskie Towarzystwo Fotoniczne – od 2013 roku
- Polskie Towarzystwo Spektroskopii Mössbauerowskiej – od 2017

Dużym wyróżnieniem był dla mnie wybór jako przedstawiciela Polski do International Board on the Applications of the Mössbauer Effect. Wybory odbyły się 18 czerwca 2018 r. podczas XII Ogólnopolskiego Seminarium Spektroskopii Mössbauerowskiej OSSM'2018.

Na Politechnice Lubelskiej pełniłam i pełnię też wiele funkcji organizacyjnych:

- 1) Kierownik Zakładu Fizyki Doświadczalnej w Instytucie Fizyki
1.04.2004-30.09.2010
- 2) Zastępca Dyrektora Instytutu Fizyki 1.04.2009-30.09.2010
- 3) Kierownik Zakładu Elektroniki i Fizyki Technicznej w Instytucie Elektroniki i Technik Informatycznych od 1.05.2012 – nadal
- 4) Członek Rady Wydziałów: WZiPT PL 2004-27.12.2007;
WPT PL 27.12.2007-30.09.2010;
WEiI PL od 01.10.2010 – nadal
- 5) Członek Komisji ds. Finansów WPT 19.11.2008-30.09.2010
- 6) Członek Wydziałowej Komisji Stypendialnej na kierunkach zamawianych 10.11.2009-28.01.2013
- 7) Członek Komisji ds. Badań Naukowych i Rozwoju Kadry WEiI na kadencje 2012-2016 oraz 2016-2020
- 8) Członek Senackiej Komisji ds. Badań Naukowych od 7.12.2012
- 9) Przewodnicząca komisji dyplomującej na kierunku inżynieria biomedyczna.

7. Lista Publikacji

Wykaz dorobku publikacyjnego przed uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego

Monografia:

1. E. Jartych: **Oddziaływania nadsztelne w materiałach nanokrystalicznych**. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej 2003, 134 strony

Artykuły przed habilitacją – DoH:

DoH1. E. Jartych, J. Olchowik, J.K. Żurawicz: **Badanie metodą spektroskopii efektu Mössbauera półprzewodnikowych stopów $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}_y\text{As}_{1-y}$ domieszkowanych ^{57}Fe** . *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* **200** Fizyka 7 (1990) 43-54

DoH2. E. Jartych, M. Piersiak-Żurawicz, J.K. Żurawicz: **Badania metodą spektroskopii mössbauerowskiej własności magnetycznych stopów żelaza z niklem otrzymywanych elektrolitycznie**. *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* **223** Fizyka 8 (1991) 5-17

DoH3. E. Jartych, M. Budzyński, J.K. Żurawicz: **Hyperfine interactions in electrodeposited $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ alloys**. *Hyperfine Interactions* **73** (1992) 255-264

DoH4. E. Jartych, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **A Mössbauer study of electrodeposited $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$ alloys**. *Journal of Physics: Condensed Matter* **5** (1993) 927-934

DoH5. E. Jartych, M. Piersiak-Żurawicz, J.K. Żurawicz: **Badania mössbauerowskie stopów Fe-Co otrzymywanych elektrolitycznie**. *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* **230** Fizyka 9 (1993) 29-36

DoH6. E. Jartych: **Oddziaływania nadsztelne w warstwie powierzchniowej ciał stałych**. *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* **230** Fizyka 9 (1993) 37-50

DoH7. E. Jartych, J. Olchowik, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **A Mössbauer spectroscopy study of electrodeposited $(\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x})_{1-y}\text{Fe}_y$ alloys with $0 \leq x \leq 1$ and $y \leq 0.01$** . *Journal of Physics: Condensed Matter* **5** (1993) 8921-8926

DoH8. E. Jartych: **Wpływ ciśnienia na parametry oddziaływań nadsztelnych**. *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* Fizyka **10** (1994) 34-43

DoH9. E. Jartych, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **Mössbauer investigation of electrodeposited Fe-Ni, Fe-Co and Co-Ni: ^{57}Fe alloys**. *Nukleonika* **39** No.3 (1994) 215-222

DoH10. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Mössbauer and X-ray diffraction studies of mechanically alloyed Fe-Al**. *Hyperfine Interactions* **99** (1996) 389-399

DoH11. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Magnetic properties and structure of nanocrystalline $\text{Fe}_{70}\text{Al}_{30}$ alloy prepared by mechanosynthesis**. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **186** (1998) 299-305

- DoH12. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Hyperfine interactions in nanocrystalline Fe-Al alloys.** *Journal of Physics: Condensed Matter* **10** (1998) 4929-4936
- DoH13. D. Oleszak, M. Pękała, E. Jartych, J.K. Żurawicz: **Structure and magnetic properties of mechanically alloyed Fe₅₀Al₅₀.** *Materials Science Forum* **269-272** (1998) 643-648
- DoH14. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Magnetic and structural studies of nanocrystalline Fe-based alloys.** *Molecular Physics Reports* **22** (1998) 15-19
- DoH15. M. Pękała, D. Oleszak, E. Jartych, J.K. Żurawicz: **Structural and magnetic study of mechanically alloyed Fe-Ni.** *Nanostructured Materials* **11** (1999) 789-796
- DoH16. M. Pękała, D. Oleszak, E. Jartych, J.K. Żurawicz: **Structural and magnetic study of crystalline Fe₈₀Ni₂₀ alloys with nanometer-sized grains.** *Journal of Non-Crystalline Solids* **250-252** (1999) 757-761
- DoH17. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Magnetic properties and structure of nanocrystalline Fe-Al and Fe-Ni alloys.** *Nanostructured Materials* **12** (1999) 927-930
- DoH18. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **X-ray diffraction, magnetization and Mössbauer studies of nanocrystalline Fe-Ni alloys prepared by low- and high-energy ball milling.** *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **208** (2000) 221-230
- DoH19. M. Pękała, D. Oleszak, E. Jartych, J.K. Żurawicz: **Magnetic study of nanocrystalline alloy Fe₆₇W₃₃.** *Materials Science Forum* **343-346** (2000) 825-829
- DoH20. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Structure and magnetic properties of mechanosynthesized iron-tungsten alloys.** *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **218** (2000) 247-255
- DoH21. E. Jartych, D. Oleszak, J.K. Żurawicz: **Hyperfine interactions in solid state reaction of hematite with aluminium.** *Hyperfine Interactions* **128** (2000) 495-501
- DoH22. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Chocyk, T. Pieńkos, G. Gładyszewski: **Hyperfine interactions and internal stresses in electrodeposited thin iron layers.** *Molecular Physics Reports* **30** (2000) 73-79
- DoH23. E. Jartych, J.K. Żurawicz, E. Mączka, J. Borc: **Preparation of thin iron films by electrodeposition and characterisation of their local magnetic properties.** *Materials Chemistry and Physics* **72** (3) (2001) 356-359
- DoH24. P. Budzyński, P. Tarkowski, E. Jartych, A.P. Kobzev: **Evaluation of mechanical properties in tool steel implanted with high energy nitrogen ions.** *Vacuum* **63** (2001) 737-742
- DoH25. E. Jartych, D. Chocyk, M. Budzyński, M. Jałochowski: **Surface morphology and local magnetic properties of electrodeposited thin iron films.** *Applied Surface Science* **180** (2001) 246-254

- DoH26. E. Jartych, D. Oleszak, J.K. Żurawicz: **Hyperfine interactions in amorphous Fe-Nb alloys prepared by mechanical alloying.** *Hyperfine Interactions* 136 (2001) 25-33
- DoH27. E. Jartych: **Zastosowanie spektroskopii efektu Mössbauera w badaniu materiałów otrzymywanych poprzez syntezę mechaniczną.** *Eksploracja i Niezawodność* 2-3 (2001) 85-93
- DoH28. E. Jartych, D. Oleszak, J.K. Żurawicz: **Process of amorphization induced by mechanical alloying of iron with tungsten and niobium.** *Acta Physica Polonica A* 100 (2001) 731-736
- DoH29. E. Jartych, M. Karolus, D. Oleszak, J.K. Żurawicz, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Structure and hyperfine interactions in mechanosynthesized iron-molybdenum alloys.** *Journal of Alloys and Compounds* 337 (2002) 69-75
- DoH30. M. Karolus, E. Jartych, D. Oleszak: **Structure and magnetic properties of nanocrystalline Fe-Mo alloys prepared by mechanosynthesis.** *Acta Physica Polonica A* 102 (2002) 253-258
- DoH31. E. Jartych, D. Oleszak, J.K. Żurawicz: **Hyperfine interactions in mechanosynthesized Fe-based alloys.** *Molecular Physics Reports* 36 (2002) 95-98
- DoH32. E. Jartych, K. Pękała, P. Jaśkiewicz, J. Latuch, M. Pękała, J. Grabski: **Structural and magnetic properties of bulk amorphous alloys Fe-Al-Ga-P-B-Si.** *Journal of Alloys and Compounds* 343 (2002) 211-216
- DoH33. E. Jartych, M. Jałochowski, M. Budzyński: **Influence of the electrodeposition parameters on surface morphology and local magnetic properties of thin iron layers.** *Applied Surface Science* 193 (2002) 210-216
- DoH34. M. Kosmulski, E. Mączka, E. Jartych, J.B. Rosenholm: **Synthesis and characterization of goethite and goethite-hematite composite. Experimental study and literature survey.** *Advances in Colloid and Interface Science* 103 (2003) 57-76
- DoH35. E. Jartych: **Local atomic order in nanocrystalline Fe-based alloys obtained by mechanical alloying.** *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 265 (2003) 176-188

Materiały konferencyjne przed habilitacją – K:

- K1. J.K. Żurawicz, M. Budzyński, E. Jartych: **Mössbauer study of the electrodeposited $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ alloys.** *Proceedings of the XXVI Zakopane School of Physics "Condensed Matter Studies by Nuclear Methods"*, Zakopane, Poland, 13-21 April 1991, ed. J. Stanek, A.T. Pędziwiatr, World Scientific (1991) 373-378
- K2. E. Jartych, M. Piersiak-Żurawicz, J.K. Żurawicz: **Zastosowanie spektroskopii mössbauerowskiej w badaniach stopów metali przejściowych otrzymywanych elektrolitycznie.** *Materiały Seminarium Naukowego pt. "Dwustronna współpraca naukowa pomiędzy Politechniką Lubelską a Instytutem Elektrotechnicznym w Sankt Petersburgu"*, *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* 230 Fizyka 9 (1993) 167-171

- K3. E. Jartych, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **Hyperfine interactions in electrodeposited Co-Ni alloys doped with ^{57}Fe** . *Proceedings of the XXVIII Zakopane School of Physics "Condensed Matter Studies by Nuclear Methods"*, Zakopane, Poland, 9-15 May 1993, ed. E. Görlich, K. Tomala, STABILL Kraków (1993) 281-284
- K4. E. Jartych, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **Hyperfine interactions in electrodeposited Fe-Ni, Fe-Co and Ni-Co: ^{57}Fe alloys**. *Proceedings of the International Conference "Intermolecular Interactions in Crystallization Process and Characterization of Physical Effects in Solids"*, Kazimierz Dolny, Poland, 27-28 September 1993, ed. E. Śpiewła, J.M. Olchowik, Wydawnictwa Uczelniane PL (1993) 94-98
- K5. E. Jartych, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **Physical properties of electrodeposited alloys**. *Book of Abstracts of Fourth Seeheim Workshop on Mössbauer Spectroscopy*, Seeheim, Germany, 24-28 May 1994, P32
- K6. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Mössbauer investigations of mechanically alloyed Fe-Al**. *Proceedings of the XXX Zakopane School of Physics "Condensed Matter Studies by Nuclear Methods"*, Zakopane, Poland, 6-13 May 1995, ed. K. Tomala, E. Görlich, STABILL Kraków (1995) 389-392
- K7. J.K. Żurawicz, E. Jartych, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Hyperfine interactions in electrodeposited Fe-Mn**. *Proceedings of the 3rd International Conference on "Intermolecular Interactions in Matter"*, Lublin-Kazimierz Dolny, Poland, 7-9 September 1995, ed. K. Sangwal, E. Jartych, J.M. Olchowik, Politechnika Lubelska (1995) 124-127
- K8. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Amorphization of mechanically alloyed Fe-Al observed by Mössbauer spectroscopy**. *Book of Abstracts of the Interantional Conference on the Applications of Mössbauer Effect*, Rimini, Italy, 10-16 September 1995, 04-B12
- K9. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Magnetic and structural properties of mechanically alloyed Fe-Al**. *Proceedings of All-Polish Seminar on Mössbauer Spectroscopy*, Lublin, Poland, 27-29 May 1996, ed. J. Sarzyński, UMCS (1996) 46-50
- K10. M. Pękała, D. Oleszak, E. Jartych, J.K. Żurawicz: **Nanocrystalline $\text{Fe}_{70}\text{Al}_{30}$ alloys formed by mechanical alloying: structure and magnetic properties**. *Proceedings of the Fifth International Workshop on Non-crystalline Solids "Non-crystalline and Nanoscale Materials"*, Santiago de Compostella, Spain, 2-5 July 1997, ed. R. Rivas, M.A. Lopez-Quintela, World Scientific, (1998) 212-217
- K11. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Magnetic properties and structure of ball milled Fe-based alloys**. *Proceedings of the XXXIV Zakopane School of Physics "Condensed Matter Studies by Nuclear Methods"*, Zakopane, Poland, 9-15 May 1999, ed. E.A. Görlich, A.T. Pędziwiatr, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego Kraków (1999) 199 -202
- K12. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Hyperfine interactions in nanocrystalline Fe-based alloys**. *Book of Abstracts of the International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect ICAME'99*, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 29 August – 3 September 1999, T1-22

K13. P. Budzyński, E. Jartych, F.F. Komarov: **Changes of the surface layer of NC10 steel implanted with N⁺ ions at energy 100-300 keV.** *Proceedings of the II International Symposium NEET'2001 New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation*, Kazimierz Dolny, Poland, 14-17.02.2001, 189-191

K14. E. Jartych, K. Pękała, P. Jaśkiewicz, M. Pękała, J. Latuch: **Mössbauer study of bulk amorphous alloys Fe-Al-Ga-P-B-Si.** *Ogólnopolskie Seminarium Spektroskopii Mössbauerowskiej 2002*, Goniądz, Poland, 9-12.06.2002, Program i abstrakty, 15

K15. P. Budzyński, F.F. Komarov, J. Filiks, E. Jartych: **Effect of nitrogen ion implantation on tribological properties of tool steel NW1.** *IV International Symposium: Ion implantation and other application of ions and electrons ION 2002*, Kazimierz Dolny, Poland, 10-13.06.2002, Book of Abstracts, 62

Redakcja materiałów konferencyjnych przed habilitacją:

1. Proceedings of the 3rd International Conference on *Intermolecular Interactions in Matter* 7-9.09.1995, ed. K. Sangwal, E. Jartych, J.M. Olchowik
2. Proceedings of the 5th International Conference on *Intermolecular Interactions in Matter* 1-4.09.1999, ed. K. Sangwal, E. Jartych, W. Polak

Inne materiały opublikowane przed habilitacją:

1. E. Jartych, M. Piersiak-Żurawicz, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **Mössbauer investigations of electrodeposited Fe-Ni alloys.** *I. F. UMCS REPORT 1991*, 49-50
2. E. Jartych, M. Piersiak-Żurawicz, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **Mössbauer spectroscopy study of electrodeposited Fe-Co alloys.** *I. F. UMCS REPORT 1992*, 63-64
3. E. Jartych, J.K. Żurawicz, M. Budzyński: **Mössbauer study of electrodeposited Co-Ni alloys doped with ⁵⁷Fe.** *I. F. UMCS REPORT 1993*, 55-56
4. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Magnetic and structural properties of mechanosynthesized Fe-Al alloys.** *I. F. UMCS REPORT 1995*, 163-164
5. J.K. Żurawicz, E. Jartych, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Mössbauer spectroscopy study of electrodeposited Fe-Mn.** *I. F. UMCS REPORT 1995*, 173-174
6. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Struktura i magnetyzm nanokrystalicznych stopów żelaza otrzymywanych poprzez syntezę mechaniczną.** *35 Lat Działalności naukowo-dydaktycznej w zakresie fizyki w Politechnice Lubelskiej*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej (1999) 83-87
7. E. Jartych: **Doktorat h.c. Adama Sobiczewskiego**, *Postępy Fizyki*, t. 53 z. 1 (2002) 52
8. E. Jartych: **Nagroda im. Profesora Włodzimierza Żuka**, *Postępy Fizyki*, t. 54 z. 1 (2003) 44
9. E. Jartych: **Fizyka w zastosowaniach**, *Postępy Fizyki*, t. 54 z. 5 (2003) 221

Wykaz dorobku publikacyjnego po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego

Artykuły po habilitacji - PoH:

PoH1. E. Jartych, D. Oleszak, M. Pękała, J. Sarzyński, M. Budzyński: **Structure and magnetic properties of mechanically synthesized nanocrystalline Co₅₂Fe₂₆Ni₂₂ alloy.** *Journal of Materials Science* **39** (2004) 5385-5388

PoH2. L.M. Kubalova, D. Oleszak, A. Antolak, E. Jartych, V.I. Fadeeva, T. Kulik: **The influence of ball milling conditions on the solid state reactions in Fe₅₀Ge₅₀ powder mixtures.** *Archives of Materials Science* **25 (4)** (2004) 531-538

PoH3. H.M. Widatallah, C. Johnson, F.J. Berry, E. Jartych, A.M. Gismelseed, M. Pękała, J. Grabski: **On the synthesis and cation distribution of aluminum-substituted spinel-related lithium ferrite.** *Materials Letters* **59** (2005) 1105-1109

PoH4. E. Jartych, A. Całka, A. Smolira, L. Michalak: **Hydrogen-induced phase transformations in nanostructured graphite made by controlled ball milling.** *Vacuum* **78** (2005) 347-351

PoH5. D. Oleszak, E. Jartych, A. Antolak, M. Pękała, M. Szymańska, M. Budzyński: **Structure, hyperfine interactions and magnetization studies of mechanically alloyed Fe₅₀Ge₅₀ and Fe₆₂Ge₃₈.** *Journal of Alloys and Compounds* **400** (2005) 23-28

PoH6. A. Smolira, M. Szymańska, E. Jartych, A. Całka, L. Michalak: **Structural transformations in graphite induced by magneto-mechanical-milling in hydrogen atmosphere.** *Journal of Alloys and Compounds* **402** (2005) 256-262

PoH7. H.M. Widatallah, C. Johnson, F.J. Berry, A.M. Gismelseed, E. Jartych, J. Marco, F.S. Gard, M. Pękała: **Synthesis and cation distribution of copper-substituted spinel-related lithium ferrite.** *Journal of Physics and Chemistry of Solids* **67** (2006) 1817-1822

PoH8. E. Jartych, J.K. Żurawicz, D. Oleszak, M. Pękała: **Hyperfine interactions, structure and magnetic properties of nanocrystalline Co-Fe-Ni alloys prepared by mechanical alloying.** *Hyperfine Interactions* **168** (2006) 989-994

PoH9. E. Jartych, D. Oleszak, L. Kubalova, O.Ya. Vasilyeva, J.K. Żurawicz, T. Pikula, S.A. Fedotov: **Thermal stability and hyperfine interactions of mechanically alloyed Fe-Ge phases.** *Journal of Alloys and Compounds* **430** (2007) 116-122

PoH10. T. Pikula, D. Oleszak, J.K. Żurawicz, E. Jartych: **Local atomic configuration in mechanically synthesized Co-Fe-Ni alloys.** *Nukleonika* **52 Suppl.1** (2007) S:43-S:46

PoH11. T. Pikula, D. Oleszak, M. Pękała, E. Jartych: **Structure and some magnetic properties of mechanically synthesized and thermally treated Co-Fe-Ni alloys.** *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **320** (2008) 413-420

- PoH12. T. Pikula, D. Oleszak, M. Pękała, J. K. Żurawicz, E. Jartych: **Thermal stability and hyperfine interactions of mechanically synthesized $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{20}$ alloy.** *Reviews on Advanced Materials Science* **18** (2008) 322-325
- PoH13. T. Pikula, D. Oleszak, M. Pękała, E. Jartych: **Mössbauer study of nanocrystalline $\text{Co}_{60}\text{Fe}_{30}\text{Ni}_{10}$ and $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{35}\text{Ni}_{15}$ alloys obtained during mechanical synthesis.** *Journal of Non-Crystalline Solids* **354** (2008) 4267-4270
- PoH14. T. Pikula, D. Oleszak, M. Pękała, M. Mazurek, J.K. Żurawicz, E. Jartych: **Mössbauer study of mechanosynthesized and thermally treated Co-Fe-Ni alloys.** *Acta Physica Polonica A* **114** (2008) 1545-1553
- PoH15. E. Jartych, T. Pikula, D. Oleszak: **X-ray diffraction and Mössbauer studies of X20Cr13 steel subjected to ball milling.** *Hyperfine Interactions* **192** (2009) 119-124
- PoH16. T. Pikula, L. Kubalova, D. Oleszak, J.K. Żurawicz, E. Jartych: **Structure and hyperfine interactions of mechanically synthesized Co-Fe-Ni alloys.** *Journal of Alloys and Compounds* **483** (2009) 582-584
- PoH17. E. Jartych, M. Mazurek, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj: **Hyperfine interactions in some Aurivillius $\text{Bi}_{m+1}\text{Ti}_3\text{Fe}_{m-3}\text{O}_{3m+3}$ compounds.** *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **322** (2010) 51-55
- PoH18. T. Pikula, D. Oleszak, E. Jartych: **Hyperfine interactions in mechanosynthesized and thermally treated Co-Fe-Ni alloys.** *Journal of Physics. Conference Series* **217** (2010) 012082 (4 strony)
- PoH19. A. Lisińska-Czekaj, E. Jartych, M. Mazurek, J. Dzik, D. Czekaj: **Dielektryczne i magnetyczne właściwości ceramiki multiferroicznej $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$.** *Materiały Ceramiczne /Ceramic Materials/* **62 (2)** (2010) 126-133
- PoH20. M. Mazurek, E. Jartych, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj, D. Oleszak: **Structure and hyperfine interactions of $\text{Bi}_9\text{Ti}_3\text{Fe}_5\text{O}_{27}$ multiferroic ceramic prepared by sintering and mechanical alloying methods.** *Journal of Non-Crystalline Solids* **356** (2010) 1994-1997
- PoH21. E. Jartych: **On the magnetic properties of mechanosynthesized Co-Fe-Ni ternary alloys.** *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **323** (2011) 209-216
- PoH22. M. Mazurek, A. Lisińska-Czekaj, Z. Surowiec, E. Jartych, D. Czekaj: **Structure and hyperfine interactions in Aurivillius $\text{Bi}_9\text{Ti}_3\text{Fe}_5\text{O}_{27}$ conventionally sintered compound.** *Acta Physica Polonica A* **119** (2011) 72-74
- PoH23. E. Jartych, D. Oleszak, M. Mazurek: **Hyperfine interactions in multiferroic mechanically activated BiFeO_3 compound.** *Przegląd Elektrotechniczny* **88(9B)** (2012) 242-244
- PoH24. M. Mazurek, E. Jartych, D. Oleszak: **Mössbauer studies of $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ electroceramic prepared by mechanical activation.** *Przegląd Elektrotechniczny* **88(9B)** (2012) 256-258

- PoH25. K. Kowal, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj, E. Jartych: **Wybrane właściwości strukturalne i magnetyczne elektroceramiki $(\text{BiFeO}_3)_x\text{-(BaTiO}_3)_{1-x}$** . *Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska* **2** (2012) 25-30
- PoH26. E. Jartych, A. Lisińska-Czekaj, D. Oleszak, D. Czekaj: **Comparative X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy studies of BiFeO_3 ceramic prepared by conventional solid-state reaction and mechanical activation**. *Materials Science-Poland* **31(2)** (2013) 211-220
- PoH27. E. Jartych, K. Gąska, J. Przewoźnik, Cz. Kapusta, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj, Z. Surowiec: **Hyperfine interactions and irreversible magnetic behavior in multiferroic Aurivillius compounds**. *Nukleonika* **58(1)** (2013) 47-51
- PoH28. K. Kowal, E. Jartych, P. Guzdek, P. Stoch, B. Wodecka-Duś, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj: **X-ray diffraction, Mössbauer spectroscopy and magnetoelectric effect studies of $(\text{BiFeO}_3)_x\text{-(BaTiO}_3)_{1-x}$ solid solutions**. *Nukleonika* **58(1)** (2013) 57-61
- PoH29. M. Mazurek, E. Jartych, D. Oleszak: **Structure and hyperfine interactions of multiferroic $\text{Bi}_{m+1}\text{Ti}_3\text{Fe}_{m-3}\text{O}_{3m+3}$ ceramics prepared by mechanical activation**. *Nukleonika* **58(1)** (2013) 143-147
- PoH30. E. Jartych, T. Pikula, M. Mazurek, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj, K. Gąska, J. Przewoźnik, C. Kapusta, Z. Surowiec: **Antiferromagnetic spin glass-like behavior in sintered multiferroic Aurivillius $\text{Bi}_{m+1}\text{Ti}_3\text{Fe}_{m-3}\text{O}_{3m+3}$ compounds**. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **342** (2013) 27-34
- PoH31. E. Mączka, E. Jartych, M. Kosmulski: **Isoelectric points of fresh and aged $\text{Fe}(\text{OH})_2$** . *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* **441** (2014) 326-330
- PoH32. E. Jartych, T. Pikula, K. Kowal, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj: **Mössbauer spectroscopy and magnetoelectric effect studies of multiferroic ceramics based on BiFeO_3** . *Key Engineering Materials* **602-603** (2014) 936-941
- PoH33. T. Pikula, J. Dzik, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj, E. Jartych: **Structure and hyperfine interactions in $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ solid solutions prepared by solid-state sintering**. *Journal of Alloys and Compounds* **606** (2014) 1-6
- PoH34. E. Jartych, B. Malesa, A. Antolak-Dudka, D. Oleszak: **Mössbauer spectroscopy studies of multiferroic $(\text{BiFeO}_3)_{1-x}\text{-(BaTiO}_3)_x$ solid solutions prepared by mechanical activation**. *Acta Physica Polonica A* **125(3)** (2014) 837-839
- PoH35. M. Mazurek, D. Oleszak, T. Pikula, M. Karolus, E. Jartych: **Structure and Mössbauer spectroscopy studies of multiferroic mechanically activated Aurivillius compounds**. *Acta Physica Polonica A* **126 (4)** (2014) 975-978
- PoH36. T. Pikula, P. Guzdek, J. Dzik, A. Lisińska-Czekaj, E. Jartych: **X-Ray Diffraction, Mössbauer Spectroscopy, and Magnetoelectric Effect Studies of Multiferroic $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ Ceramics**. *Acta Physica Polonica* **127** (2015) 296-299
- PoH37. K. Kowal, E. Jartych, P. Guzdek, A. Lisińska-Czekaj, D. Czekaj: **Magnetoelectric effect in $(\text{BiFeO}_3)_x\text{-(BaTiO}_3)_{1-x}$ solid solutions**. *Materials Science-Poland* **33** (2015) 107-112

- PoH38. E. Jartych, L. M. Kubalova, V.I. Fadeeva: **X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy studies of a mechanosynthesized $\text{Fe}_{75}\text{B}_{25}$ alloy**. Nukleonika 60(1) (2015) 43-46
- PoH39. K. Kowal, M. Kowalczyk, D. Czekaj, E. Jartych: **Structure and some magnetic properties of $(\text{BiFeO}_3)_x\text{-(BaTiO}_3)_{1-x}$ solid solutions prepared by solid-state sintering**. Nukleonika 60(1) (2015) 81-85
- PoH40. E. Jartych, T. Pikula, K. Kowal, J. Dzik, P. Guzdek, D. Czekaj: **Magnetoelectric effect in ceramics based on bismuth ferrite**. Nanoscale Research Letters 11 (2016) 234 (8 pages)
- PoH41. E. Jartych, T. Pikula, M. Mazurek, W. Franus, A. Lisinska-Czekaj, D. Czekaj, D. Oleszak, Z. Surowiec, A. Aksenczuk, A. Calka: **Structure and magnetic properties of $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ ceramics prepared by sintering, mechanical activation and EDAMM process. A comparative study**. Archives of Metallurgy and Materials 61 (2016) 869-874
- PoH42. T. Pikula, B. Malesa, D. Oleszak, M. Karolus, Z. Surowiec, V.I. Mitsiuk, E. Jartych: **Composition-driven structural and magnetic transitions in mechanically activated $(1-x)\text{BiFeO}_3\text{-(x)BaTiO}_3$ solid solutions**. Solid State Communications 246 (2016) 47-53
- PoH43. S. Ratnayake, D. Schild, E. Maczka, E. Jartych, J. Luetzenkirchen, M. Kosmulski, M. Makehelwala, S. K. Weragoda, A. Bandara, R. Wijayawardana, R. Chandrajith, S.P. Indrarathne, R. Weerasooriya: **A novel radiation-induced grafting methodology to synthesize stable zerovalent iron nanoparticles at ambient atmospheric conditions**. Colloid and Polymer Science 294 (2016) 1557-1569
- PoH44. K. Siedliska, T. Pikula, Z. Surowiec, D. Chocyk, E. Jartych: **X-ray diffraction and ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy studies of delafossite AgFeO_2 prepared by co-precipitation method**. Journal of Alloys and Compounds 690 (2017) 182-188
- PoH45. K. Kowal, P. Guzdek, M. Kowalczyk, E. Jartych: **Compositional dependence of hyperfine interactions and magnetoelectric coupling in $(\text{BiFeO}_3)_x\text{-(BaTiO}_3)_{1-x}$ solid solutions**. Nukleonika 62 (2017) 117-122
- PoH46. B. Malesa, T. Pikula, D. Oleszak, E. Jartych: **Effect of BaTiO_3 concentration on structural and magnetic properties of mechanically activated $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ system**. Nukleonika 62 (2017) 149-152
- PoH47. M. Mazurek, E. Jartych: **A comparative study of hyperfine interactions in Aurivillius compounds prepared by mechanical activation and solid-state sintering**. Nukleonika 62 (2017) 153-157
- PoH48. K. Siedliska, T. Pikula, D. Chocyk, E. Jartych: **Synthesis and characterization of AgFeO_2 delafossite with non-stoichiometric silver concentration**. Nukleonika 62 (2017) 165-170
- PoH49. T. Pikula, J. Dzik, P. Guzdek, V.I. Mitsiuk, Z. Surowiec, R. Panek, E. Jartych: **Magnetic properties and magnetoelectric coupling enhancement in $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ ceramics**. Ceramics International 43 (2017) 11442-11449

PoH50. S. Y. Ratnayake, A. K. Ratnayake, D. Schild, E. Maczka, E. Jartych, J. Luetzenkirchen, M. Kosmulski, R. Weerasooriya: **Chemical reduction of nitrate by zerovalent iron nanoparticles adsorbed radiation-grafted copolymer matrix**. Nukleonika 62 (2017) 269-275

PoH51. K. Siedliska, T. Pikula, D. Oleszak, E. Jartych: **Structure and hyperfine interactions of mechanically activated delafossite CuFeO_2** . Acta Physica Polonica 133(3) (2018) 372-375

Redakcja monografii po habilitacji:

1. **Safety Aspects of Modern Nuclear Power**, ed. Elżbieta Jartych, Lublin, Politechnika Lubelska 2016, 227 str.

Rozdział w monografii po habilitacji:

1. **Application of Mössbauer spectroscopy to study metamict minerals as potential forms for the immobilization of high - level nuclear waste**, Malczewski Dariusz, Jartych Elżbieta, w: *Safety aspects of modern nuclear power*; ed. Jartych Elżbieta, Lublin, Politechnika Lubelska 2016, s. 179-206.

Redakcja materiałów konferencyjnych po habilitacji:

1. Proceedings of the 9th All-Polish Seminar on Mössbauer Spectroscopy OSSM'2012, 10-13.06.2012, Lublin-Kazimierz Dolny, Poland and the 40th Polish Seminar on Positron Annihilation PSPA'2012, 13-14.06.2012, Lublin-Kazimierz Dolny, Poland; ed. Elżbieta Jartych, Marek Pietrow; Nukleonika vol. 58, No 1, 2013

Inne materiały opublikowane po habilitacji:

1. E. Jartych: **Nagroda im. Profesora Włodzimierza Żuka**, *Postępy Fizyki*, t. 55 z. 2 (2004) 66
2. E. Jartych: **Nagroda im. Profesora Włodzimierza Żuka**, *Postępy Fizyki*, t. 57 z. 3 (2006) 117
3. E. Jartych: **Honorowe wyróżnienie dla nestora lubelskiej fizyki jądrowej**, *Postępy Fizyki*, t. 57 z. 3 (2006) 135
4. E. Jartych: **Binder doktorem h.c. UMCS**, *Postępy Fizyki*, t. 58 z. 5 (2007) 237-238
5. E. Jartych: **60-lecie Oddziału Lubelskiego**, *Postępy Fizyki*, t. 59 z. 3 (2008) 132-133
6. E. Jartych: **Ernst Bauer doktorem honoris causa Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej**, *Postępy Fizyki*, t. 60 z. 3 (2009) 130-131
7. Jartych Elżbieta, Walkowski Jacek: **Jak zachęcać młodzież do studiów technicznych?** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 1 (2011) 10-11

8. Jartych Elżbieta, Kacejko Piotr: **Seminarium pt. Energetyka jądrowa – co się stało, co nas czeka?** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 2 (2011) 33-34
9. Jartych Elżbieta: **IV Lubelskie Targi Energetyczne ENERGETICS 2011.** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 1 (2012) 31-32
10. Jartych Elżbieta: **Ogólnopolskie Seminarium Spektroskopii Mössbauerowskiej 2012.** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 3 (2012) 31-32
11. Jartych Elżbieta, Kowal Karol: **Badania i metody obliczeniowe dla bezpieczeństwa elektrowni jądrowych – relacja z II SBJ’2012.** *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska* nr 4b (2012) 51
12. Jartych Elżbieta: **II Seminarium Bezpieczeństwa Jądrowego na Politechnice Lubelskiej.** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 1 (2013) 17-18
13. Jartych Elżbieta: **Zastosowania metod jądrowych w medycynie.** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 1 (2014) 18
14. Jartych Elżbieta: **Współpraca zagraniczna z Uniwersytetem w Wollongong w Australii.** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 3 (2015) 21
15. Jartych Elżbieta: **Laboratorium Biofizyki dla studentów inżynierii biomedycznej.** *Biuletyn Informacyjny Politechniki Lubelskiej* nr 3 (2015) 27