

Warszawa 18.12.2015 r.

Prof. dr hab. Adrian Kozanecki
Instytut Fizyki PAN
Al. Lotników 32/46
02-668 Warszawa

Recenzja wniosku dr Iraidy Demchenko o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

Dr Iraida Demchenko ukończyła 1994 r. studia w Narodowym Uniwersytecie w Doniecku (Ukraina), gdzie następnie pracowała do roku 2000. W okresie 01.04.2000 – 21.06.2005 była doktorantką Międzynarodowego Studium Doktoranckiego w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Pracę doktorską obroniła w Instytucie Fizyki w 2005 r. i w tym samym roku została tam zatrudniona jako adiunkt. W okresie 21.06.2007 – 01.10.2011 odbyła ponad 4 letni staż podoktorski w University of Nevada Las Vegas i Lawrence Berkeley National Laboratory w Kalifornii, USA. Po powrocie do Polski kontynuuje zatrudnienie jako adiunkt w IF PAN.

Dr Demchenko od początku pracy w Instytucie Fizyki PAN specjalizuje się w badaniach materiałów metodami rentgenowskimi z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego. Dr Demchenko wykorzystuje takie metody jak: XAFS (X-ray absorption fine structure), XANES (X-ray absorption near edge structure), XES (X-ray emission spectroscopy), RIXS (Resonant inelastic X-ray scattering), EXAFS (extended X-ray absorption fine structure) w rozmaitych modach pomiarowych. Współpracuje z europejskimi i amerykańskimi laboratoriami synchrotronowymi. Dlatego też jej osiągnięcia habilitacyjne wiąże się z wykorzystaniem promieniowania X ze źródeł synchrotronowych do badania lokalnej struktury atomowej i struktury pasmowej wybranych materiałów półprzewodnikowych.

Dr Iraida Demchenko przedstawiła jako osiągnięcie, w rozumieniu art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, cykl siedmiu publikacji zatytułowany:

„Charakteryzacja elektronowych oraz strukturalnych właściwości materiałów o różnym stopniu uporządkowania i wymiarowości badanych dla wybranych pierwiastków oraz orbitali za pomocą spektroskopii promieni X”.

Tytuł osiągnięcia jest bardzo ogólny, być może zbyt ogólny. Oczywiście, takie sformułowanie tytułu odzwierciedla intencje dr Demchenko, by przedstawić możliwości wykorzystania pełnego zakresu energii promieniowania X ze źródeł synchrotronowych, od miękkiego do twardego, do badania materiałów półprzewodnikowych. Zbadanie określonych właściwości takich jak atomowa struktura lokalna, czy struktura pasmowa wiąże się bowiem z właściwym doбором energii promieniowania X.

Na osiągnięcie habilitacyjne składa się 7 prac z okresu 2007-13, po jednej pracy w Phys. Rev. B. z 2010 r. (cytowana 11 razy), J. of Applied Physics z 2009 r. (cytowana 39 razy – jest to najlepiej cytowana praca dr Demchenko), J. Alloys and Compounds (2011 r., 3 cytowania), J. Physical Chemistry C (2012 r., 7 cytowań), J. Physics C: Condensed Matter (2007 r., 12 cytowań), Mat. Chem. and Phys. (2012 r., 1 cytowanie), oraz jedna praca konferencyjna, opublikowana w materiałach konferencyjnych J. of Physics Conf. Series (2013 r., 1 cytowanie). W pięciu pracach dr Demchenko jest pierwszą autorką, w J. Appl. Physics - czwartą, a w J. Phys. Chem. C - drugą. Sześć przedstawionych prac to owoc stażu

podoktorskiego w USA. Praca w J. Phys. C z 2007 r. powstała przed pobytem w USA. Prace składające się na dorobek habilitacyjny cytowane są łącznie 74 razy.

Prezentowane osiągnięcie habilitacyjne obejmuje ważne przykłady zastosowań metod spektroskopowych promieniowania X, wykorzystujących unikatowe cechy tak zwanych procesów „foton-in” - „foton-out”, czyli procesów, w których foton jest zarówno sondą jak i nośnikiem informacji. Bardzo ważną zaletą tych metod jest możliwość zastosowania ich do badania lokalnej struktury atomowej oraz struktury pasmowej materiałów o wysokim stopniu nieuporządkowania sieci krystalicznej, takich jak stopy GaNAs, GaInN, GaMnAs i inne.

W pracy H-1 dr Demchenko skutecznie wykorzystwała spektroskopię miękkiego promieniowania rentgenowskiego (metody XAS i XES) do badania stopów $\text{GaN}_{1-x}\text{As}_x$ – ważnych półprzewodników o wysokim stopniu nieuporządkowania strukturalnego. Są to pierwsze badania z wykorzystaniem spektroskopii promieniowania rentgenowskiego dla pełnego zakresu składów tych półprzewodników. Anomalna zależność przerwy energetycznej od składu wymagała udzielenia odpowiedzi na pytanie, ruch którego pasma jest odpowiedzialny za obserwowaną zależność. Wkład dr Demchenko w rozwiązanie powyższego problemu polegał na wyznaczeniu struktury elektronowej badanego układu wokół poziomu Fermiego poprzez połączenie emisji (XES) i absorpcji (XAS) miękkiego promieniowania rentgenowskiego oraz na interpretacji uzyskanych wyników. Dr Demchenko prześledziła energię położenia pasm i hybrydyzację stanów N i As w funkcji składu stopu i pokazała, że zmniejszenie przerwy energetycznej dla rosnącej zawartości As może być przypisane przesunięciu maksimum pasma walencyjnego w kierunku wyższych energii dla stopów o zawartości As $x < 0.2$ oraz przesunięciu minimum pasma przewodnictwa w kierunku niższych energii dla stopów o składzie $x > 0.2$. Wyniki uzyskane w tej pracy potwierdzają obliczenia teoretyczne w modelu „band anticrossing”, wyjaśniające zmiany energii wzbronionej stopów $\text{GaN}_{1-x}\text{As}_x$ w obszarze stopów bogatych w azot hybrydyzacją stanów N i As i pojawieniem się poziomów rezonansowych ponad wierzchołkiem pasma walencyjnego ($x < 0.2$) oraz pojawieniem się pasma poniżej dna pasma przewodnictwa dla stopów bogatych w As. W zakresie składów $0.17 < x < 0.70$ warstwy $\text{GaN}_{1-x}\text{As}_x$ są amorficzne. Obliczone z widm XAS wartości przerwy wzbronionej w tym zakresie składów okazały się być o ok. 0.6 eV wyższe niż wartości otrzymane w pomiarach absorpcji optycznej. Autorka zwraca uwagę, że to systematyczne odstępstwo może być m.in. wynikiem nieuwzględnienia wiązania między ekranowaną dziurą rdzeniową oraz elektronem przewodnictwa. Ten aspekt brany był pod uwagę w następnych pracach.

Zagadnienie wiązania dziury rdzeniowej z elektronem przewodnictwa był dyskutowane w pracy H-2. Szczegółowa analiza widm absorpcyjnych XANES dotyczyła dwóch materiałów – czystego InN i stopu $\text{Ga}_{0.23}\text{In}_{0.77}\text{N}$. Dla obu materiałów subtelna struktura widm absorpcyjnych ściśle koreluje z mieszaniną stanów d i s . Gęstość końcowych stanów o symetrii s jest stosunkowo niewielka i rozłożona w dużym zakresie energii. W rezultacie radialny element macierzowy przejść dipolowych dla stanów s jest o około rząd wielkości mniejszy niż dla stanów d , a gęstość stanów końcowych d jest większa, oraz skupiona w niewielkim zakresie energii. W pracy wykazano, że szacowany wkład stanów o symetrii s do widma InN jest około 30 razy mniejszy niż stanów d .

W analizie widm XANES często zaniebdywany jest wpływ dziury rdzeniowej w powłoce d metalu, co niejednokrotnie uniemożliwia bezpośrednie porównanie danych teoretycznych z eksperymentem. W związku z tym w pracy H-2 przeprowadzono analizę teoretyczną widm XANES z uwzględnieniem lub pominięciem (pełne ekranowanie) dziury rdzeniowej. Autorka wykorzystwała fakt, że rozkład natężenia w widmie absorpcyjnym w pobliżu krawędzi absorpcji odzwierciedla strukturę elektronową, odpowiadającą stanom

końcowym w pasmie przewodnictwa. Porównanie obliczeń z krzywą eksperymentalną widm XANES pokazało, że uwzględnienie dziury rdzeniowej daje lepszą zgodność z widmem doświadczalnym dla stopu $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$, natomiast w przypadku InN należy założyć pełne ekranowanie dziury rdzeniowej. Dr Demchenko stwierdziła, że ekranowanie dziury rdzeniowej w InN jest bardzo skuteczne ze względu na istnienie akumulacyjnej warstwy elektronów na powierzchni InN , nieobecnej w przypadku $\text{Ga}_{0.23}\text{In}_{0.77}\text{N}$.

W pracy H-3 na przykładzie tlenku kadmu zaprezentowano pionierskie prace, pokazujące możliwość wyznaczenia wartości prostej i skośnej przerwy energetycznej dla materiałów półprzewodnikowych przy użyciu metody RIXS (Resonant inelastic X-ray scattering) i XAS ze względu na komplementarność tych metod. Szerokość przerwy energetycznej w CdO długo była sprawą kontrowersyjną. O ile dane literaturowe dotyczące prostej przerwy energetycznej były dość zgodne, w granicach 2.3 - 2.4 eV, to podawane wartości doświadczalne i teoretyczne przerwy skośnej wahały się w szerokim zakresie od 0.55 do 1.9 eV. W pracy H-3 przeprowadzone zostały pomiary RIXS w celu zbadania przejść w różnych punktach strefy Brillouina w CdO i określenia wartości skośnej przerwy energetycznej. Bardzo istotnym wkładem dr Demchenko jest opracowanie procedury wyodrębniania „niekoherentnej” części składowej widma RIXS, która została wykorzystana do wzmocnienia widoczności wpływu składowej koherentnej na strukturę pasmową. Procedura ta wymagała użycia wysokoenergetycznie wzbudzonego widma z zakresu znacznie powyżej progu absorpcji jako reprezentanta niekoherentnej emisji promieniowania rentgenowskiego. Wykazano, że widma RIXS dla CdO w pobliżu progu absorpcji wykazują częściowe przekrywanie się początkowych oraz końcowych stanów elektronowych o zbliżonych k , co skutkuje niekoherentnym wkładem do widma emisyjnego nawet przy niskich energiach ekscytacji. Opracowana procedura umożliwiła jednoznaczne określenie wartości skośnej przerwy energetycznej na 0.9 eV, a także dyspersji pasma walencyjnego w CdO . Tym samym założony cel badań przedstawionych w pracy H-3, jakim było wykazanie, że widmo RIXS idealnie odzwierciedla pasmową strukturę półprzewodnika oraz, że obliczenia *ab initio*, wykorzystujące teorię funkcjonału gęstości dobrze odtwarzają widma eksperymentalne.

W przedstawionej analizie dr Demchenko przemilcza fakt istnienia na powierzchni CdO akumulacyjnej warstwy elektronów (podobnie jak to ma miejsce w InN) i jej ew. wpływu na określenie wartości przerwy energetycznej. Istnienie takiej warstwy było wcześniej wykazane np. w pracy L.F.J. Piper, .. Phys. Rev. B77, 125204 (2008), a sama dr Demchenko potwierdziła to w swojej publikacji w J. Electron Spectr. and Related Phenomena z 2011 r., nieuwzględnionej w cyklu publikacji przedstawionych jako osiągnięcie habilitacyjne.

Podobne podejście do przedstawionego w pracy H-3 zostało użyte do analizy widm RIXS dwuchloru kadmu zmierzonych wokół krawędzi K chloru. Wyróżnione zostały dwa dominujące wkłady w widmach RIXS, a mianowicie wkład rezonansowy oraz ekscytonowy. Wykazano, że zależność dyspersyjna poniżej progu absorpcji odpowiada regule Ramana Stokesa, podczas gdy dyspersja powyżej progu dzieli się na dwie jakościowo różne relacje. Określono doświadczalnie, że prosta przerwa energetyczna CdCl_2 w wysoko symetrycznym punkcie Γ wynosi około $5,7 \pm 0,05$ eV. Otrzymana wartość zgadza się dobrze z szerokością przerwy energetycznej określoną w badaniach optycznych. Badania przeprowadzone w pracy H3 były pierwszymi, w których metoda RIXS została wykorzystana do interpretacji struktury pasmowej związku CdCl_2 .

Prace H-5 i H-6 dotyczyły bezpośredniej oceny zmian struktury pasma przewodnictwa kropek kwantowych PbS w porównaniu do objętościowego siarczku ołowiu. Zmiana

krawędzi pasma walencyjnego i przewodnictwa jako funkcja wielkości nanokryształu PbS nie została wcześniej zbadana doświadczalnie. Dr Demchenko przeprowadziła pomiary widm XANES dla objętościowego PbS i kropek kwantowych PbS. Badano przejścia z atomowych stanów 1s siarki do niezajętych orbitali $3p-\sigma^*$ siarki. Zmierzone w pobliżu krawędzi K siarki widma odniesiono do widm wzorcowych próbek związków PbSO_4 i Na_2SO_3 , co pozwoliło stwierdzić, że na powierzchni PbS siarka występuje w postaci kompleksów SO_3^{2-} i SO_4^{2-} . Przesunięcie progu absorpcji o ok. 1.67 eV dla kropek kwantowych PbS w stronę wyższych energii w porównaniu z objętościowym wskazuje na zmniejszenie liczby stanów p siarki w paśmie przewodnictwa. Zmniejszenie liczby stanów prowadzi do przejść o wyższej energii, co odzwierciedla zwiększenie przerwy wzbronionej. Konsekwentnie, takie zmiany można rozumieć jako przejaw ograniczania kwantowego w kropkach kwantowych PbS.

Praca H-6 jest uzupełnieniem pracy H-5 – materiał eksperymentalny zawarty w H-6 jest w istocie rzeczy powtórzeniem pracy H-5, jednakże rozdział przedstawiający symulacje widm XANES w zależności od promienia kropki kwantowej i składu powierzchni jest wartościowym wkładem metodologicznym do analizy widm XANES w przypadku obiektów nanometrycznych. Obliczenia pokazują, że zwiększanie rozmiarów nanokropki PbS prowadzi do wzrostu liczby nieobsadzonych stanów p siarki, co wzmacnia natężenie struktury przy krawędzi absorpcji. Dla promieni kłustra większych od 9.4 Å nie stwierdzono dalszej modyfikacji kształtu widma przykrawędziowego. Wynik ten pokazuje, że rozmiar nanoobjektu znajduje swoje odzwierciedlenie w widmach XANES. Przeprowadzone zostały także obliczenia dla kłustra o ustalonej średnicy 3.6 nm dla różnych liczb nierównoważnych pozycji atomów S w pobliżu obszaru powierzchniowego kropki w celu odtworzenia wkładu powierzchniowych kompleksów siarki z tlenem w widma XANES nanokropek kwantowych PbS. Stwierdzono znaczny efekt zmniejszenia natężenia pierwszego rezonansu i zwiększenia stanów wokół energii ~ 2472 eV dla próbek z kropkami kwantowymi w porównaniu do nieobsadzonych stanów objętościowego PbS. Podobna zależność jest wyraźnie widoczna w widmach doświadczalnych, co dowodzi, że elektronowa struktura nieobsadzonych stanów w pobliżu krawędzi absorpcji jest bardzo wrażliwa nie tylko na efekt rozmiarowy, ale także „widzi” wkład atomów powierzchniowych do ostatecznego kształtu widma XANES.

Istnienie na powierzchni kropek kwantowych PbS kompleksów siarki z tlenem bez wątplenia stanowi komplikację przy analizie widm XANES mających na celu znalezienie przesunięcia krawędzi K siarki w wyniku efektów rozmiarowych. Z tym zagadnieniem dr Demchenko poradziła sobie bardzo dobrze. Adsorpcja atomów na powierzchni nanokryształów jest oczywiście problemem ogólnym w analizie efektów rozmiarowych, w związku z tym praca dr Demchenko stanowi istotny wkład w metodologię analizy widm XANES dla struktur nanokrystalicznych.

W pracy H-7 przeprowadzono jedne z pierwszych badań przy użyciu EXAFS (extended X-ray absorption fine structure) zmian w strukturze lokalnej wokół atomów Mn w warstwach GaMnAs wywołanych wysokotemperaturowym wygrzewaniem oraz wyznaczono wpływ tych zmian na właściwości magnetyczne. Wcześniej doniesienia literaturowe wskazują, że w strukturach niepoddanych obróbce termicznej atomy Mn zastępują atomy Ga w matrycy GaAs natomiast istotne zmiany strukturalne w GaMnAs, obserwowane przy wysokich temperaturach wygrzewania (ok. 450°C i wyżej), są najprawdopodobniej wynikiem wstępnego etapu wytrącania się fazy MnAs. By zweryfikować tę hipotezę dr Demchenko przeprowadziła szczegółowe badania EXAFS pojedynczych warstw $\text{Ga}_{0.95}\text{Mn}_{0.05}\text{As}$ wygrzewanych w temperaturze 500 and 600°C i wykazała, że wygrzewanie warstwy w temperaturze 500°C wprowadza do struktury blendy cynkowej GaMnAs nieporządek strukturalny, powodujący relaksację naprężenia matrycy od dużego naprężenia ściskającego do znikomo małego. Wygrzewanie w temperaturze 600°C z kolei pozostawia niewielkie

naprężenia rozciągające w matrycy GaAs i doprowadza do utworzenia się heksagonalnych wytrąceń MnAs. Wytrącenia te są ferromagnetyczne i charakteryzują się temperaturą Curie rzędu 300 K.

W mojej ocenie ta praca nie dostarcza nowych informacji istotnych dla zrozumienia struktury stopu GaMnAs przed i po wygrzewaniach termicznych. Informacje dotyczące struktury GaMnAs (zawartość Mn ~5%) i właściwości magnetycznych po wygrzewaniu GaMnAs w 500° i 600°C znane były dzięki pracom np. Moreno i współpracowników (np. Phys. Rev. B67, 235206 (2003) z wykorzystaniem wysokorozdzielczej dyfrakcji rentgenowskiej (HRXRD), opublikowanymi 4-5 lat przed ukazaniem się pracy dr Demchenko. W tym sensie praca dr Demchenko jest jedynie potwierdzeniem, że przy zastosowaniu zaawansowanych technik synchrotronowych można otrzymać te same informacje strukturalne, co za pomocą HRXRD. Rozumiem jednak, że intencją dr Demchenko było przedstawienie w osiągnięciu habilitacyjnym możliwie pełnej informacji o potencjale badawczym metod synchrotronowych w zastosowaniu do materiałów silnie nieuporządkowanych i ten cel został osiągnięty.

Podsumowując: w przedstawionym osiągnięciu habilitacyjnym zaprezentowano przykłady efektywnego zastosowania metod synchrotronowych do badania systemów o wysokim stopniu nieuporządkowania strukturalnego: zastosowanie miękkiej spektroskopii rentgenowskiej (XANES oraz XES) na przykładzie [H-1] do zbadania struktury pasmowej $GaN_{1-x}As_x$. Na przykładzie systemów 3d metali przejściowych ($In_xGa_{1-x}N$ [H-2]) krawędzi L3 metalu, przedstawiono wpływ uwzględnienia dziury rdzeniowej w trakcie interpretacji widm XANES. Opisano użyteczność stosowania kombinacji spektroskopii XANES, XES oraz RIXS do oszacowania prostej/skośnej przerwy energetycznej materiałów (na przykładach CdO [H-3] oraz CdCl₂ [H-4]). Skuteczność absorpcyjnej spektroskopii rentgenowskiej, jako narzędzia do obserwacji efektu kwantowego w koloidalnych nanocząstkach PbS, została zademonstrowana w dwóch pracach H-5 i H-6. W pracy H-7 przedstawiono z kolei przydatność spektroskopii EXAFS dla charakteryzacji materiałów spintronicznych na przykładzie systemu Ga_{1-x}MnxAs.

Prace dr Demchenko wpisują się w jeden z głównych nurtów badań układów silnie nieuporządkowanych, na co wskazuje dość dobra cytowalność prac dotyczących stopów GaAs z N i Mn. Nie ulega wątpliwości, że dr Demchenko doskonale opanowała metodologię pomiarów synchrotronowych oraz metody teoretycznej analizy wyników i potrafi z danych eksperymentalnych wyciągnąć cenne informacje, dotyczące zarówno struktury pasmowej, jak i lokalnej struktury atomowej oraz wytrąceń nanokrystalicznych innej fazy. Wkład dr Demchenko w rozwój metodologii analizy danych spektroskopowych widm promieniowania X jest znaczący i przyczynia się do głębszego zrozumienia struktury pasmowej układów nieuporządkowanych i analizy powierzchni obiektów nanometrycznych.

Na dorobek naukowy dr Demchenko składają się łącznie 34 prace opublikowane w czasopiśmie z bazy JCR (20 po doktoracie), 12 raportów przygotowanych dla laboratoriów synchrotronowych i ponad 80 prezentacji konferencyjnych.

Bibliometryczne wskaźniki według bazy „Web of Science”:
liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) – **224**, (bez autocytowań – **207**), indeks Hirscha – **9** Indeksy bibliometryczne można uznać za satysfakcjonujące.

Dr Demchenko jest współautorką rozdziału p.t. "Absorpcyjna spektroskopia rentgenowska" w przeglądowym skrypcie zatytułowanym "Spektroskopia promieniowania

synchrotronowego oraz badania strukturalne" pod redakcją B. J. Kowalskiego, W. Paszkowicza i E. A Görlicha.

Współautorzy cyklu publikacji przedstawionych jako osiągnięcie habilitacyjne złożyli oświadczenia dotyczące ich wkładu w daną pracę. Z oświadczeń wynika wiodący wkład dr Iraida Demchenko w badania eksperymentalne i analizę teoretyczną wyników otrzymanych dzięki zastosowaniu całej gamy komplementarnych metod spektroskopowych z użyciem promieniowania X ze źródeł synchrotronowych. Autorka sama określa swój wkład na ~70% w pracach z przewagą badań synchrotronowych i 30-40% w przypadku prac o szerszym zakresie badań eksperymentalnych.

Działalność organizacyjna i dydaktyczna

Po powrocie ze stażu podoktorskiego w Stanach Zjednoczonych (01.10.2011 r.), dr Iraida Demchenko została kierownikiem grupy SL1.2 w IF PAN i sprawowała tę funkcję do jesieni 2014 roku. Od roku 2012 do chwili obecnej jest kierownikiem tematu statutowego p.t. *"Charakteryzacja nowych materiałów nieorganicznych i organicznych: uporządkowanie atomowe, wiązania chemiczne i skład pierwiastkowy"*. Obecnie kontynuuje niektóre projekty naukowe, które są częścią habilitacji, z naciskiem na wykorzystanie spektroskopii rentgenowskiej jako dominującej techniki do badań materiałów.

Dorobek edukacyjny dr I. Demchenko - wkład w kształcenie młodych kadr wiąże się przede wszystkim z pierwszym okresem aktywności zawodowej - pracy na Uniwersytecie w Doniecku w latach 1995-2000. Po doktoracie w IF PAN jej aktywność dydaktyczna skupiała się na uczestnictwie w organizacji międzynarodowych i krajowych warsztatów naukowych, które bez wątpienia posiadają istotny walor edukacyjny. Dr Demchenko ma także drobny wkład w działalność popularyzatorską (Festiwal Nauki w 2004 r.). Wygłosiła kilka seminariów w IF PAN. Organizuje seminarium naukowe w SL1, a od 2012 roku jest również opiekunem naukowym jednego doktoranta. Zważywszy specyfikę pracy w instytucie PAN uważam, że warunek prowadzenia działalności edukacyjnej, jest spełniony, choć nie jest imponujący.

Dr Demchenko skutecznie zdobywa środki finansowe na kierowanie projektami badawczymi realizowanymi w centrach synchrotronowych: w DESY (BESSY), Lund, ALBA, a także w USA. Z projektów aktualnie realizowanych w Polsce wskazała projekt EAgLE, w którym kieruje pakietem nr 2.

Podsumowując, uważam, że osiągnięcie naukowe przedstawione przez dr Iraidę Demchenko stanowi cenny wkład w rozumienie właściwości silnie nieuporządkowanych stopów półprzewodnikowych oraz w rozwój metodologii badań i analizy teoretycznej układów nieuporządkowanych z wykorzystaniem promieniowania X ze źródeł synchrotronowych. Osiągnięcie naukowe, całkowity dorobek naukowy po doktoracie oraz dorobek organizacyjny i dydaktyczny dr Iraidy Demchenko w pełni wypełniają warunki ustawowe wymagane do nadania stopnia doktora habilitowanego.

Warszawa, 18.12. 2015 r.

prof. dr hab. Adrian Kozanecki

