

2. ZAŁĄCZNIK do Wniosku

AUTOREFERAT

przedstawiający opis dorobku i osiągnięć
naukowych, w szczególności określonych
w art. 16 ust. 2 ustawy
w formie papierowej w języku polskim i angielskim

Dr Jacek Polit

AUTOREFERAT

przedstawiający opis dorobku i osiągnięć
naukowych, w szczególności określonych
w art. 16 ust. 2 ustawy

Dr Jacek Polit

Centrum Mikroelektroniki i Nanotechnologii
Wydział Matematyczno-Przyrodniczy
Uniwersytet Rzeszowski

Rzeszów, styczeń 2014 r.

SPIS TREŚCI

1. Imię i nazwisko.....	4
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	4
3. Przebieg pracy zawodowej	4
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego.....	5
5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze	18
5.1. Działalność prowadzona przed doktoratem	18
5.2. Działalność prowadzona po uzyskaniu doktoratu.....	19

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko

JACEK POLIT

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 1975 Stopień magistra fizyki uzyskany na Wydziale Matematyczno-Fizycznym i Wychowania Technicznego Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie. Temat pracy magisterskiej: „Otrzymywanie złącz p-n na bazie karborundu”; promotor: Doc. dr Ludwika Drozd-Miłto.
- 1990 Stopień doktora nauk fizycznych uzyskany na Wydziale Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Tytuł rozprawy „Badanie struktury i pewnych własności półprzewodnikowych węgla krzemu otrzymanego z fazy gazowej”; promotor: Doc. dr hab. L. Żdanowicz – Zakład Fizyki Ciała Stałego PAN Zabrze; recenzenci: Prof. dr hab. Maciej Oszałdowski – Politechnika Poznańska, Prof. dr hab. Mieczysław Subotowicz – Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych

- 1975-1976 Asystent stażysta w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie (obecnie Uniwersytet Rzeszowski).
- 1976-1977 Asystent w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie (obecnie Uniwersytet Rzeszowski).
- 1977-1983 Starszy Asystent w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie (obecnie Uniwersytet Rzeszowski).
- 1984-1990 Specjalista-fizyk w Instytucie Fizyki na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie (obecnie Uniwersytet Rzeszowski).

- 1990-1999 Adiunkt w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie (obecnie Uniwersytet Rzeszowski).
- 1999-2001 Starszy wykładowca w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie (obecnie Uniwersytet Rzeszowski).
- 2001-2007 Starszy wykładowca w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- 2007-2011 Starszy wykładowca w Zakładzie Fizyki Półprzewodników na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- 2011-2012 Starszy wykładowca w Zakładzie Fizyki Półprzewodników na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- od 2012- Starszy wykładowca w Centrum Mikroelektroniki i Nanotechnologii na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego, kierownik laboratorium niskotemperaturowej luminescencji.

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z 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 (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Cykl 14 publikacji dotyczących opracowania kryteriów doboru składu chemicznego i fazowego oraz określenia struktury lokalnej i defektów struktury roztworów stałych pierwiastków z grupy All BVI jako materiałów do zastosowania w detektorach podczerwieni, fotowoltaice oraz jako materiałów fotonicznych. Technika eksperymentalną do weryfikacji przyjętych hipotez badawczych była analiza widma fononowego zarówno w metodzie rezonansu magnetofononowego jak i spektroskopii FTIR w zakresie podczerwieni. Dla wybranego cyklu publikacji podano *impact factor* czasopisma zgodnie z rokiem, w którym publikacja została opublikowana, liczbę cytowań (wg bazy Web of Science) oraz uzgodniony ze współautorami procentowy udział w powstaniu pracy.

* w przypadku, gdy osiągnięciem tym jest praca/prace wspólne, należy przedstawić oświadczenia wszystkich jej współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w jej powstanie

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

„*Materiały fotoniczne - nowa metoda oparta o spektroskopię fononową do charakterystyki ich mikrostruktury lokalnej i defektów struktury.*”

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

H1. A.M. Andrukhiv, V.I. Ivanov-Omskii, **J. Polit**, E.M. Sheregii.

Peculiarities of composition and temperature dependence of energy -band parameters of $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$.

Acta Phys. Pol. A (1995) **87**, 513-517,

impact factor: 0,364; liczba cytowań: 0; mój udział w pracy: 50%.

H2. E.M. Sheregii, **J. Polit**, J. Cebulski, A.M. Andrukhiv.

Influence of temperature on magnetophonon resonances in four - component solid solutions of $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$.

Phys. stat. sol.(b), (1995) **192**, 121-127,

impact factor: 1,316; liczba cytowań: 9; mój udział w pracy: 50%.

H3. **J. Polit**.

Magnetophonon resonances with substracted phonon frequencies in semiconductor solid solutions.

Opto-Electronics Review, (1996) **4**, N 3/4, 140-144,

impact factor (2012): 0,923; liczba cytowań: 0; mój udział w pracy: 100%.

H4. **J. Polit**, E.M. Sheregii, V.I. Ivanov-Omskii, E. Ściesińska, J. Ściesiński, W. Gębicki.

Raman Scattering and far infrared reflection – absorption spectra of four - component solid solution $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$.

Phys. Stat. sol.(b) (1998) **208**, 21-30,

impact factor: 1,316; liczba cytowań: 11; mój udział w pracy: 50%.

H5. **J. Polit**, E.M. Sheregii, E. Ściesińska, J. Ściesiński.

Application of the reflection-absorption spectroscopy to the semiconductor thin films.

Thin Solid Films (2000) **364**/1-2, 269-273,

impact factor: 1,604; liczba cytowań: 1; mój udział w pracy: 55%.

- H6. **J. Polit**, E.M. Sheregii, E. Ściesińska, J. Ściesiński, B.V. Robouch, E. Burattini, J. Konior, A. Kisiel, A. Mycielski.
Analysis of phonon spectra of $Zn_xCd_{1-x}Te$ solid solutions.
 Journal of Alloys and Compounds, (2004) **371**, 172-176,
impact factor: 2,390; liczba cytowań: 14; mój udział w pracy: 40%.
- H7. M. Oszwałdowski, T. Berus, J. Rzeszutek, P. Sydoruchuk, **J. Polit**, E.M. Sheregii.
Pulsed Laser Evaporation of II-VI Semiconductor Thin Films and their Composed Structures.
 Journal of Alloys and Compounds, (2004) **371**, 164-167,
impact factor: 2,390; liczba cytowań: 4; mój udział w pracy: 30%.
- H8. **J. Polit**, E.M. Sheregii, J. Cebulski, M. Pociask, A. Kisiel, A. Mycielski, B.V. Robouch, E. Burattini, C. Marcelli, M. Cestelli-Guidi, M. Piccinini, P. Calvani, A. Nucara.
Manifestation of defects in phonon spectra of binary zinc-blende compounds.
 The European Physical Journal – Applied Physics (2004) **27**, 321-324,
impact factor: 2,390; liczba cytowań: 14; mój udział w pracy: 40%.
- H9. G. Khyap, P. Sydoruchuk, **J. Polit**, M. Oszwałdowski.
Investigation of ZnCdHgTe thin films and ZnCdHgTe-based Heterostructures.
 Journal of crystal Growth, (2005) **275**, e927-e930,
impact factor: 1,552; liczba cytowań: 0; mój udział w pracy: 45%.
- H10. **J. Polit**, E.M. Sheregii, A. Kisiel, A. Mycielski, B.V. Robouch, A. Marcelli, M. Cestelli-Guidi, J. Cebulski, and M. Piccinini.
High Resolution Spectra of Defects in CdTe obtained in FAR and MIR Region using Synchrotron Radiation.
 Journal of Infrared Physics and Technology (2006) **49**, 23-28,
impact factor: 1,165; liczba cytowań: 5; mój udział w pracy: 45%.
- H11. **J. Polit**, E.M. Sheregii, B.V. Robouch, A. Marcelli, J. Cebulski, M. Cestelli-Guidi, M. Piccinini, A. Kisiel, P. Zajdel, E. Burattini, A. Mycielski.
Phonon and Vibrational spectra of hydrogenated CdTe.
 Journal of Applied Physics (2006) **100**, 013521-1 013521-10,
impact factor: 2,210; liczba cytowań: 8; mój udział w pracy: 50%.

- H12. B. V. Robouch, P. Zajdel, A. Kisiel, A. Marcelli, E. M. Sheregii, M. Cestelli-Guidi, M. Piccinini, **J. Polit**, J. Cebulski, E. Burattini, A. Mycielski.
Analysis of the phonon Line profile of hydrogenated CdTe.
J. Phys. Condens. Matter (2008) **20**, 325217-1-325217-9,
impact factor: 2,35; liczba cytowań: 1; mój udział w pracy: 15%.
- H13. **J. Polit**, E.M. Sheregii, A. Kisiel, B.V. Robouch, A. Marcelli, J. Cebulski, A. Mycielski.
Additional Phonon Modes and Canonical Phonon Modes in CdHgTe.
Phys.Rev.B (2010) **82**, 014306-1 – 014306-12,
impact factor: 3,691; liczba cytowań: 2; mój udział w pracy: 55%.
- H14. **J. Polit.**
Model of the two well potential for Hg- atoms in the $Hg_{1-x}Cd_xTe$.
Bull. PAS, Tech. Science (2011) **59**, 331-341,
impact factor: 0,98; liczba cytowań: 0; mój udział w pracy: 100%.

Istotny autorski wkład w dziedzinie nauki techniczne i w dyscyplinie naukowej „Inżynieria Materiałowa” dotyczy zastosowania spektroskopii fononowej do określenia zarówno składu chemicznego i fazowego oraz, mikrostruktury lokalnej i defektów struktury roztworów stałych pierwiastków z grupy All BVI zarówno dwu, trzy jak i czteroskładnikowych. Są one podstawowymi materiałami zarówno w technice podczerwieni jak i fotowoltaice (zwłaszcza CdTe) a także są rozważane jako materiały fotoniczne.

Autor opracował metodę określania mikrostruktury lokalnej i defektów struktury roztworów stałych. Mają one szerokie zastosowanie jako materiały fotoniczne w tym jako detektory podczerwieni, detektory promieniowania rentgenowskiego oraz detektory promieniowania γ . Stosowane są również jako podłoża do detektorów podczerwieni. Podstawy opracowanej metody polegają na badaniu widma fononowego poprzez odbicie optyczne w dalekiej podczerwieni. Jest to metoda bezinwazyjna i konkurencyjna w porównaniu do metody rentgenowskiej.

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Prowadzone prace były podstawą opracowania nowej metody charakteryzacji mikrostruktury lokalnej i defektów struktury materiałów fotonicznych w oparciu o spektroskopię fononową. Przyjęto hipotezę, że mikrostruktura lokalna roztworów stałych pierwiastków z grupy All BVI ma

swoje odzwierciedlenie w widmie fononowym tych materiałów. Potwierdzeniem tej hipotezy jest dobra aproksymacja widm fononowych badanych trójskładnikowych i czteroskładnikowych roztworów stałych (jak również uwodornionego CdTe) poprzez pięciokomórkowy model Verleura-Barkera (V-B) uzupełniony podejściem statystycznym z uwzględnieniem normalnego rozkładu atomów w sieci krystalicznej.

Stosowano w badaniu dwie główne metody eksperymentalne: magnetospektroskopię rezonansu magnetofononowego, oraz spektroskopię fourierowską (FTIR) w zakresie dalekiej i średniej podczerwieni w przypadku CdTe.

Dla opracowania kryteriów doboru składu chemicznego czteroskładnikowego roztworu stałego $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ do zastosowań w technice podczerwieni w pierwszym etapie określono parametry struktury pasmowej z wykorzystaniem zjawiska rezonansu cyklotronowego przy temperaturze 4,2K oraz magnetofononowego rezonansu w zakresie wartości temperatury 77-200K (spowodowanego absorpcją fononu HgTe). Stosowano roztwór stały o coraz większej zawartości Zn, który powoduje umacnianie wiązań CdTe. Określono także wpływ zawartości Cd na parametry struktury pasmowej m.in.: wartość przerwy wzbronionej i masy efektywnej. Zjawisko rezonansu magnetofononowego jest rezultatem niesprężystego rozpraszania na fononach swobodnych nośników prądu elektrycznego i ich przejścia pomiędzy poziomami Landaua w paśmie przewodnictwa lub w paśmie walencyjnym. Przejawia się w oscylacyjnych zmianach magneto-rezystancji jako funkcji pola magnetycznego. W badanych materiałach wartość $x \in (0,08-0,20)$, natomiast wartość $y \in (0,07-0,12)$. Ustalono, że parametry struktury pasmowej dla określonego składu chemicznego, na przykład dla: $x=0,17$, $y=0,08$ pozwalają na dokładne wyznaczenie częstotliwości fononowych (praca H1).

Uzyskane wyniki były podstawą do kolejnego etapu badań dla wybranego roztworu stałego $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ o składzie ($x=0,08$ i $y=0,11$). Prowadzono analizę wpływu temperatury na oscylacje poprzecznej magnetorezystancji w zakresie temperatury od 77 do 200K i w słabych magnetycznych polach o wartości indukcji do 2,5 T. Udowodniono, że struktura obserwowanych pików oscylacji nie może być charakteryzowana poprzez obecność tylko jednego rodzaju fononów w magnetofononowym rezonansie. Prowadzono interpretację eksperymentalnych pików za pomocą magnetofononowego rezonansu na różnicy fononowych częstotliwości, który po raz pierwszy zaobserwował Sheregii i współpracownicy w 1988 r. [Sher, 1988]- E.M. Sheregii, Yu.O. Ugrin, and D.D. Shuptar, *JEPT Lett.* **47**, 711-714 (1998). Zaobserwowane różnice częstotliwości pochodziły od HgTe, CdTe oraz ZnTe. Tym samym potwierdzono wielomodowość kryształu $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ (praca H2).

Kontynuując badania własne nad doborem składu roztworu stałego $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ (ZMCT), metodą rezonansu magnetofononowego wprowadzono do badań roztwór stały $Hg_{1-x}Cd_xTe$ (MCT). Celem była analiza częstotliwościowa zachowania się podłużnego optycznego (LO) i poprzecznego optycznego (TO) fononu CdTe i HgTe. Umożliwiło to analizę wzajemnych oddziaływań CdTe, HgTe i ZnTe w podsieciach związków poczwórnych. Jednocześnie pozwoliło na zaproponowanie modelu tych oddziaływań. Elektron zgodnie z tym modelem absorbuje fonon o większej energii i emituje następnie fonon o mniejszej energii, przechodząc jednocześnie na wyższy poziom Landaua. Jest to rezonans magnetofononowy z różnicą fononowych częstotliwości. Rezonans magnetofononowy na różnicy fononów ujawnia względnie dużą amplitudę i był obserwowany w polach magnetycznych o wartości od 0,15 do 1,6T czyli w niskim polu magnetycznym. Określono wartość różnicy energii fononów: $[\omega_{LO}(CdTe) - \omega_{LO}(HgTe)] = 2,3eV$. Wartość tej różnicy dla ZMCT wynosi 3meV (praca H3).

W kolejnym etapie badań i analizy widm fononowych zaczęto prowadzić rozważania nad doborem optycznej metody analizy widm fononowych, także nad zastosowaniem modelu probabilistycznego, dla widma fononowego roztworów stałych z uwzględnieniem ich rzeczywistej lokalnej mikrostruktury (defekty).

Przyjęto, że widma fononowe można charakteryzować różnymi metodami. Pozwala to uzyskać zależności częstotliwości fononowych od wektora falowego czyli krzywe dyspersyjne. Metoda rozpraszania neutronów jest najbardziej efektywną. Jednak nie jest stosowana do badania związków zawierających kadm na skutek absorpcji neutronów. Izotop ^{112}Cd hamuje neutrony w reaktorze, natomiast izotop ^{114}Cd jest bardzo rzadki. Stąd badanie związków trójskładnikowych tylko z tym izotopem Cd jest niezwykle kosztowne.

Rozpraszanie Ramana jest dobrą metodą badania widm fononowych. Pozwala uzyskać bezpośrednio częstotliwości fononowe. Jednak ich intensywność jest z reguły niska. Nie jest to przeszkodą przy badaniu związków dwuskładnikowych, dla których natężenie promieniowania rozproszonego rozkłada się na fonony: podłużny optyczny - LO i poprzeczny optyczny - TO. W przypadku roztworów stałych, to samo natężenie rozpada się na dużą liczbę częstotliwości. Wtedy, aby uzyskać sygnał widma Ramanowskiego, trzeba stosować laser wzbudzający o dużej mocy. Prowadzono długotrwały dobór wartości parametrów i uzyskano widma Ramana czteroskładnikowego roztworu stałego ($Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$) z rozdzielczością $2,5\text{ cm}^{-1}$ dla trzech jego składów chemicznych, w temperaturze 300K.

Eksperymentalne badania pozwoliły na obserwację TO -fononowych linii. Porównanie widma dla składu chemicznego $x=0,02$, $y=0,7$ oraz $x=0,12$, $y=0,17$

wykazuje obecność dodatkowych linii dla długości fali 163 cm^{-1} i 175 cm^{-1} oprócz dwóch linii, które obserwowano w zakresie $120\text{ -}150\text{ cm}^{-1}$ (praca H4). Stąd w dalszym etapie badań zdecydowano o wyborze metody odbicia w dalekiej podczerwieni jako metody badania widm fononowych. Opracowano metodę odbicia w dalekiej podczerwieni przedstawioną w pracach H4-H14. Prowadzi się pomiar odbicia optycznego jako funkcji częstotliwości. Najczęściej na podstawie krzywej odbicia metodą transformacji Kramersa – Kroniga otrzymuje się krzywą urojoną części funkcji dielektrycznej, która z kolei jest dobrze opisywana poprzez funkcję Lorentza.

Częstości fononowe ciał stałych przypadają na zakres liczb falowych od 100 do 600 cm^{-1} . Natomiast w badaniach widm fononowych ze względu na procedurę transformacji Kramersa – Kroniga pomiar wielkości $R(\omega)$ należy wykonać do szerszego zakresu widma. Dla roztworów stałych charakterystycznym jest wielomodowość widma fononowego, dlatego dyspersyjna analiza głównego fononowego pasma była prowadzona poprzez aproksymację $\text{Im } \epsilon(\omega, T)$ sumą Lorentzianów.

W badaniach otrzymano również widma odbiciowe w zakresie dalekiej podczerwieni. Wprowadzono wówczas teoretyczny model trójmodowości ZMCT dla interpretacji widm FTIR czteroskładnikowych roztworów stałych. Uzyskano dobrą zgodność między wartościami pomiaru widma Ramana i odbiciem w dalekiej podczerwieni. Pozwoliło to na otrzymanie częstotliwości fononów LO i TO dla podsieci HgTe-, CdTe- i ZnTe- podobnych w czteroskładnikowym roztworze stałym. Ustalono zależność częstotliwości fononowych modów od składu chemicznego roztworów stałych.

Kontynuując badania widma fononowego poczwórnych roztworów stałych i ich zależność od składu w warstwach typu $\text{Zn}_x\text{Cd}_y\text{Hg}_{1-x-y}\text{Te}$ (ZMCT) postanowiono określić stopień wpływu polaryzacji światła na cienkie warstwy ZMCT. Dlatego w pracy H5 opisano rozwinięcie i zastosowanie refleksyjno-absorpcyjnej spektroskopii (*ang. Infrared Reflection-Absorption Spectroscopy -IRAS*) do pomiarów cienkich warstw roztworów stałych. Charakteryzacja fononów w cienkich warstwach napotyka na ograniczenia związane z małym natężeniem światła źródeł promieniowania podczerwonego. W przypadku promieniowania padającego o wartości kąta innego niż dla kąta normalnego uwzględnić należy dwa rodzaje polaryzacji: „s”-prostopadłą do płaszczyzny padania promieniowania i „p” równoległą do płaszczyzny padania. W pracy wprowadzono wyrażenia dla funkcji dielektrycznej opisującej te dwa rodzaje polaryzacji. Zinterpretowano widma dla pięciu różnych składów chemicznych ZMCT oraz określono wartości częstotliwości fononowych zarówno dla fononów LO jak i TO.

Dalsze prace eksperymentalne w tym zakresie dotyczyły badania roztworów stałych $Zn_xCd_{1-x}Te$, stanowiących składnik roztworów $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$. Stosowano badania metodą odbicia w dalekiej podczerwieni (*ang. Far Infrared Region- FIR*). Zawartość Zn ulegała zmianie w zakresie $0,056 < x < 0,28$.

Źródłem promieniowania podczerwonego była zarówno lampa Hg jak i promieniowanie synchrotronowe. Analizę dwu pasm odbicia ze strukturą subtelną wykonano na podstawie modelu pięciu konfiguracji tetraedrów dla trójskładnikowych roztworów stałych. Otrzymano osiem fononowych modów z parametrami oscylatorów: siły oscylatorów S_k , wartości częstotliwości ω_k oraz współczynnika tłumienia γ_k . Były one podstawą do określenia ich rzeczywistej lokalnej krystalicznej struktury. Użycie promieniowania synchrotronowego z synchrotronu DAΦNE w Laboratori Nationali di Frascati – Włochy (LNF), pozwoliło na uzyskanie większej rozdzielczości (praca H6).

Podkreślić należy, że roztwór stały może być kompozycją dwóch substancji dwuskładnikowych AC i BC, w którym zachowuje się prawidłowa struktura krystaliczna przejawiająca się w intensywności odpowiednich pików dyfrakcyjnych promieniowania rentgenowskiego. Zwiększenie zawartości składnika BC w roztworze ABC prowadzi do uzyskania struktury krystalicznej z inną wartością średnią stałej sieciowej. Stąd wynika nowe zadanie badawcze - ustalenie rzeczywistych rozkładów liczbowych jednostek bazowych dla struktury blendy cynkowej. Przyjmuje się, że są to tetraedry elementarne, których w trójskładnikowym roztworze stałym jest pięć, w tym dwa dwuskładnikowe i trzy trójskładnikowe. Ustalono także, że w literaturze przedmiotu brak konsekwentnego zastosowania probabilistycznego modelu, który charakteryzując widma fononowe roztworów stałych uwzględniałby rzeczywistą lokalną mikrostrukturę (defekty).

Dla rozwiązania tego problemu przyjęto:

1. Opracowanie statystycznego modelu widm fononowych dla trójskładnikowych i czteroskładnikowych roztworów stałych,
2. Wykonanie doświadczalnych badań widm fononowych z dużą rozdzielczością kilku zbiorów roztworów stałych w szerokim zakresie ich składu chemicznego oraz analizę ich struktury subtelną i powiązanie z rzeczywistą lokalną strukturą krystaliczną,
3. Ustalenie charakteru rozkładu elementów bazowych.

Przyjmując założenia chemii kwantowej i właściwości atomów można obliczyć energię wiązania AZ lub BZ. Potrzebna jest jednak mikroskopowa teoria dla charakteryzacji widm fononowych roztworów stałych - jednocześnie stanowiłaby statystyczny model kryształów roztworów stałych. Wprowadzono jako wagę statystyczną współczynnik preferencji obsadzeń W_k (*ang. site occupation preferences*).

W przypadku cienkowarstwowych układów: $Zn_xCd_{1-x}Te$, $In_xGa_{1-x}As$ o niedopasowanej sieci krystalicznej z podłożem, powstaje międzywarstwa przejściowa również o niedopasowanej stałej sieciowej do podłoża. Na przykład zrelaksowana drogą dyslokacji krawędziowych. Struktury takie są stosowane w praktyce. Na przykład w przypadku $ZnCdTe$ jako podłoża dla matryc detektorów podczerwieni. Wytwarzanie jednak takiej pseudo morfologicznej struktury wymaga wiedzy o jej rzeczywistej strukturze lokalnej.

Pojawiają się wątpliwości czy statystyczny rozkład tych komórek jest rozkładem normalnym, czyli binarnym rozkładem Bernoulliego, czy też nie i jaka jest alternatywa. Mogą nią być dwa, niewykluczające się przypadki: klasteryzacja, wprowadzenie preferencji obsadzeń.

Klasteryzację można weryfikować doświadczalnie. Niemniej jednak w roztworach stałych: $CdHgTe$, $ZnCdTe$, $ZnCdHgTe$ stanowiących przedmiot badań własnych Autora, klasteryzacji nie obserwowano. Dlatego do opisu ich struktury nie wystarczy jeden parametr klasteryzacji β - wcześniej wprowadzony przez Verleura i Barkera w 1966. [Ver, 1966]- H.W. Verleur, A.S. Barker Jr., *Infrared Lattice Vibrations In $GaAs_yP_{1-y}$ Alloys*, *Phys. Rev.* **149**, 715-729 (1966). Przyjęto więc hipotezę, że bardziej prawdopodobnym będzie opis przez wprowadzenie preferencji obsadzeń SOP (*ang. site occupation preferences*) za pomocą wartości trzech współczynników W_k , które można interpretować jako wagi statystyczne komórek elementarnych, dla związków dwuskładnikowych $W_k=1$. Do zweryfikowania tej hipotezy przeprowadzono doświadczalne badania widm odbicia. Rozszerzono obszar badania na cienkie warstwy $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ wytworzone przez laserową ablację. Stosowano aparaturę skonstruowaną w Politechnice Poznańskiej w uruchomieniu której, Autor brał udział. Aparaturę do laserowej ablacji oraz uzyskane warstwy przedstawiono w pracy H7.

Aparaturę cechuje oryginalna konstrukcja umożliwiająca nanoszenie cienkich warstw pierwiastków również z grupy All BVI. Opracowano metodykę przygotowywania targetów, oraz wykonano badania dyfrakcji rentgenowskiej z warstw podwójnych typu $CdTe$, oraz warstw czteroskładnikowych $ZnCdHgTe$. Uzyskano prawidłową strukturę krystaliczną wytworzonych warstw.

Przedstawione badania kontynuowano (praca H9) dla warstw czteroskładnikowych roztworów stałych $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ o zawartości ($0 < x < 0,20$, $0 < y < 0,30$). Warstwy wytworzono zarówno metodą epitaksji z fazy ciekłej na podłożach $CdTe$ i $ZnCdTe$, jak i metodą laserowej ablacji, na podłożu amorficznym - szklanym i ceramicznym. Wytworzone warstwy były warstwami typu p o koncentracji nośników ($p \sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Charakterystyki elektryczne warstw określono dla zakresu wartości temperatury $T=77-290\text{K}$ zarówno prądowo-napięciowe, jak i napięciowo- pojemnościowe. Charakterystyki

prądowo-napięciowe były zbliżone do diodowych. Heterostruktury CdTe/ZnCdHgTe cechowały się fotoczułością w zakresie spektralnym 0,5-0,65 μm .

Stwierdzono, że nieodzownym jest sprawdzenie możliwości wykrycia defektów poprzez analizę widma fononowego. W pierwszym etapie prowadzono analizę widm fononowych w podwójnych związkach o strukturze blendy cynkowej. Rozważono model zniekształconych tetraedrów spowodowanych wytworzeniem wakansów i obecnością atomów międzywęzłowych. W modelu tym przyjęto $A(V_z Z_{1-x})$ i $(A_{1-y} V_a)_y Z$ jako układ konfiguracji pięciu tetraedrów z defektami; gdzie: A - atom kationu, Z - atom anionu, V_a - wakans kationu, V_z - wakans anionu. Uzyskano widma w dalekiej podczerwieni otrzymane z użyciem promieniowania synchrotronowego w laboratorium LNFN DAΦNE- Light we Frascati we Włoszech. W badaniach stosowano warstwy CdTe wytworzone techniką transportu w fazie gazowej (PVT) oraz warstwy polikrystalicznego CdTe o małym stężeniu tlenu. Warstwy te były oczyszczane z tlenu w atmosferze wodoru. Stwierdzono, że tetraedry CdTe zawierające defekty struktury zarówno wakanse jak i atomy międzywęzłowe mogą być rozważane jako pseudo - potrójne roztwory $\text{Cd}(V_{\text{Tex}}\text{Te}_{1-x})$ i $(\text{Cd}_{1-y}\text{V}_{\text{Cdy}})\text{Te}$. Każdy z tych pseudo - potrójnych związków wytwarza dwa dodatkowe fononowe mody. Tetraedry zawierające defekty w CdTe mogą generować cztery dodatkowe mody: dwa mody $V\text{Cd}_{\omega-1}$ i $V\text{Te}_{\omega-1}$ powiązane z atomami międzywęzłowymi dającymi linię o mniejszej wartości częstotliwości i mody generowane przez tetraedry z wakansami $V\text{Cd}_{\omega 1}$ i $V\text{Te}_{\omega 1}$ linie od strony większej wartości częstotliwości. Doświadczalnie obserwowano cztery dodatkowe linie dla próbki CdTe z tlenem w zakresie liczb falowych 100 - 200 cm^{-1} . Przypuszcza się, że linie dla częstotliwości 148,5 i 151 cm^{-1} są odpowiednio powiązane z tetraedrami z wakansami Cd i Te.

Jednocześnie prowadzono analizę odkształcenia sieci krystalicznej CdTe spowodowaną obecnością domieszek atomów tlenu i wodoru (praca H10). Stosowano spektrometr Fourierowski w zakresie dalekiej i średniej podczerwieni (FTIR). Badaniu poddano próbki CdTe o różnej zawartości wodoru. Stwierdzono, że spektroskopia FTIR jest metodą niedestrukcyjną, która może być użyta do detekcji defektów w kryształach. W zakresie średniej podczerwieni obserwowano linie spowodowane obecnością cząsteczki H-Cd-H. Potwierdza to hipotezę, że wodór w sieci CdTe przyjmuje położenie międzywęzłowe. Natomiast w zakresie dalekiej podczerwieni stwierdzono cechy potwierdzające obecność cząstek Te_3 i Te_2 oraz obecność jednoskośnego telluru. Dodatkowe linie po lewej stronie głównego fononowego modu mogą być interpretowane jako dodatkowe fononowe mody spowodowane przez

oscylacje Cd-Te w tetraedrze cechującym się obecnością jednego lub dwóch atomu wodoru.

Badania kontynuowano (praca H11) dla wytworzonych monokryształów CdTe w zakresie temperatury 30–300 K. Charakteryzowały się trzema poziomami zawartości wodoru: wysokim, średnim i niskim. Do interpretacji danych eksperymentalnych określono urojoną część stałej dielektrycznej przy pomocy transformacji Kramersa-Kroniga. Ilościową ocenę wpływu atomów wodoru na fononowe i wibracyjne widma uwodornionego CdTe prowadzono za pomocą specjalnego statystycznego modelu opracowanego w tej pracy. Model uwzględnia wpływ wodoru na elementarne komórki bazowe, tetraedry.

Podczas analizy widm interpretowano piki odpowiadające molekułom Te_3 , Te_2 oraz cząsteczkom jednoskośnego Te. Dodatkowe linie powiązane z przesunięciem w kierunku mniejszej częstotliwości interpretowano jako rezonansowe dodatkowe fononowe mody spowodowane przez oscylacje wiązań Cd-Te w tetraedrach zawierających jeden lub dwa dodatkowe atomy wodoru. Dla głębszej analizy rezultatów wprowadzono statystyczny model opisujący defekty - międzywęzłowe atomy w podwójnych związkach. Obecność jednego lub więcej atomów wodoru w tetraedrze prowadzi do dodatkowych modów ω_{KH} . Są one przesunięte w kierunku mniejszej częstotliwości w porównaniu do ω_0 o wartość umożliwiającą uzyskanie nierówności $\omega_{\text{K+1H}} < \omega_{\text{KH}} < \omega_0$. Mody te są rezonansowymi o częstotliwości ω_{TO} - częstotliwość poprzecznego optycznego fononu i są obserwowane na tle ciągłej fononowej gałęzi. Stąd przypuszczenie, że materiał CdTe wytworzony i badany jako czysty w latach 70-tych zwykle był silnie uwodorniony. Stosowano bowiem wodór do usunięcia tlenu w materiałach wyjściowych. Stąd wyniki publikowanych badań z tych lat powinny być w większości zreinterpretowane.

Prowadzono analizę kształtu linii widm fononowych (praca H12) dla różnych izotopów CdTe o różnej zawartości wodoru. Stosowano metodę spektroskopii fourierowskiej w zakresie częstotliwości $20\text{-}700\text{cm}^{-1}$ i temperatury 30-300K. Występuje osiem stabilnych izotopów Cd i osiem stabilnych izotopów Te. Stąd uzyskuje się 64 kombinacje par jonowych dipoli Cd-Te. Dla interpretacji widm odbicia także użyto transformacji Kramersa - Kroniga dla otrzymania urojonej części stałej dielektrycznej. Próbki CdTe były oczyszczane z tlenu w atmosferze wodoru pod ciśnieniem 1013,25 Pa, 10132,5 Pa i 50662,5 Pa (0,01 atm, 0,1 atm i 0,5 atm)- odpowiednio: CdTe(L) o małej zawartości wodoru; CdTe(M) o średniej zawartości wodoru oraz CdTe(H) o dużej zawartości wodoru. Jako podstawę wybrano częstotliwość określoną dla $\omega(^{114}\text{Cd}^{130}\text{Te})=142,6\text{ cm}^{-1}$ z rozdzielczością 2 cm^{-1} . Analizę kształtu linii CdTe(L) w temperaturze 30K prowadzono metodą najmniejszych kwadratów

i następnie w temperaturze 100, 230 i 300K. Określono parametry linii dopuszczając dopasowanie kształtu metodą pseudo-Voigta.

W kolejnym etapie badań przystąpiono do analizy defektów w $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ (praca H13 i H14). Przyjęto do badań widma odbicia trójskładnikowych roztworów stałych $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ o składzie chemicznym ($0,06 < x < 0,7$) w zakresie temperatury 20 - 293K i w zakresie spektralnym 50 - 200 cm^{-1} . Stosowano promieniowanie synchrotronowe w laboratorium DAΦNE-Light. Uwagę szczególną zwrócono na zakres liczb falowych 100 - 118 cm^{-1} . Stwierdzono obecność w tym zakresie dodatkowych linii, które dotychczas były pomijane w analizie i publikacjach. Dotyczy to zwłaszcza roztworu $\text{Hg}_{0,8}\text{Cd}_{0,2}\text{Te}$ typu p i typu n i interpretacji ich widm odbicia.

Widma fononowe trójskładnikowego roztworu stałego $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ przy niskiej temperaturze (30K) w znaczącym stopniu zależą od typu przewodnictwa materiału. Typ - n cechuje jedna ostra linia dla Hg-Te (rozważa się występowanie tylko jednego kanonicznego modu (CPM)) - oznacza to degenerację częstotliwości modów fononowych. Dla roztworu CdHgTe w przypadku zawartości 20% CdTe stwierdzono obecność dwóch modów - dodatkowy jest mod przy położeniu 107 cm^{-1} . Natomiast dla $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ typu - p dla $x=0,2$ w temperaturze 30K do dopasowania do krzywej zależności $\text{Im}\epsilon(\omega)$ użyto ośmiu oscylatorów Lorentza. Oznacza to usunięcie degeneracji częstotliwości ośmiu fononowych modów dla poszczególnych konfiguracji strukturalnych opisywanych modelem pięciu komórek bazowych. Podwyższenie temperatury i zwiększenie zawartości CdTe powoduje również usunięcie degeneracji częstotliwości w n-typie $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$.

Analizę widm odbicia prowadzono również dla trójskładnikowego roztworu stałego $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$. Przyjęto do badań duży zbiór próbek materiału o składzie chemicznym ($0,06 < x < 0,7$). Stosowano spektralny zakres liczb falowych 100-115 cm^{-1} w zakresie temperatury 30-300K. Metodę analizy rentgenowskiej użyto dla próbek typu p i typu n $\text{Hg}_{0,8}\text{Cd}_{0,2}\text{Te}$. Rozwinięto w tych badaniach także model dwudolinowego potencjału dla atomów - Hg w sieci $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ dla charakteryzacji dodatkowych linii fononowych (APM). Poprawność modelu potwierdzono niezależnymi danymi doświadczalnymi z dyfrakcji rentgenowskiej. Stwierdzono, że interpretacja obserwowanych APM za pomocą dwudolinowego modelu pozwala uzyskać większe prawdopodobieństwo dla przyjętej hipotezy w porównaniu z modelem wakansów proponowanym wcześniej. Zależność temperaturowa sumy siły oscylatorów dla APM w zakresie częstotliwości 104-116 cm^{-1} dla HgCdTe n i p typu wskazują na wartość energii aktywacji 90 i 75 meV. Odpowiada to energii przejścia atomów Hg od głębszego minimum określonej energii E_2 do drugiej E_1

(nietrwałej - metastabilnej wg teorii Sussmana). Stan energetyczny E_2 ma taką samą energię w wyższych temperaturach dla HgCdTe typu n i p.

Długotrwałe wygrzewanie roztworów stałych HgCdTe w temperaturze 220 °C (inwersja od typu p do typu n) prowadzi do relaksacji sieci krystalicznej i powrotu atomów Hg do stanu stabilnego. Uzyskane wyniki analizy rentgenowskiej potwierdzają tę hipotezę. Można więc stwierdzić, że sieć krystaliczna HgCdTe dla kryształów typu p, zawiera stany o różnej wartości energii. Jednocześnie stwierdzono przewagę stanów nietrwałych – energia E_1 , które można opisać modelem dwudolinowym. Wzrost temperatury prowadzi do zwiększenia długości wiązania Hg-Te (naprężenia w sieci), powodując rozszczepienie częstotliwości materiału HgTe - typu n. Z tego powodu różnica między widmem fononowym HgCdTe typu n i p zanika w temperaturze pokojowej. Zwiększenie zawartości CdTe w kryształach HgCdTe prowadzi do tego samego efektu występującego przy podwyższeniu temperatury. Zwiększa się liczba kanonicznych fononowych modów (*ang. canonical phonon modes*) - CPMs (pojawia się rozszczepienie częstotliwości zarówno dla modów HgTe jak i CdTe), ponieważ zawartość atomów rtęci w stanie E_1 (nietrwałym) wzrasta i powoduje zwiększenie długości wiązania Hg-Te. Zwiększa się także naprężenie w sieci krystalicznej, degeneracja CPMs jest więc usunięta.

W podsumowaniu można wskazać, że analiza wyników badań (prace H13 i H14) potwierdza występowanie zależności pomiędzy charakterem widma fononowego roztworów stałych HgCdTe i ich mikrostrukturą lokalną. Przejawia się ona w rozkładzie konfiguracji tetraedrów (jest stochastycznie jednorodna), jak również rodzajem defektów powodujących dodatkowe linie (konfiguracje z atomami rtęci w stanach nietrwałych). Udowodniono (prace H10 – H12) także wpływ na widma fononowe innych defektów struktury - związane międzywęzłowe atomy wodoru. Defekty te są trudno wykrywalne innymi metodami. Jednocześnie wykazano obecność dużej liczby modów w widmach fononowych czteroskładnikowych roztworów stałych (prace H4 - H5). Natomiast w pracach poświęconych rezonansowi magnetofononowemu w tychże roztworach stałych wykazano przejaw dużej liczby modów w oddziaływaniu elektron- fonon (prace H3 - H1).

Potwierdzono więc główną tezę tego cyklu prac doświadczalnych, że mikrostruktura lokalna roztworów stałych pierwiastków z grupy All BVI, będącymi głównymi materiałami dla techniki podczerwieni ma swoje odzwierciedlenie w widmie fononowym tych materiałów. Tym samym została opracowana nowa metoda spektroskopii fononowej do określania mikrostruktury lokalnej i defektów struktury.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych)

Publikacje naukowe ujęte w bazie Web of Science

(stan na dzień 21 sierpnia 2013 r.)

Całkowita liczba publikacji (artykuły): **36**

Sumaryczny *impact factor* publikacji wg listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: **32,027**

Liczba cytowań: **233**

Liczba cytowań z wyłączeniem autocytowań: **107**

Średnia liczba cytowań przypadająca na jedną publikację: **3,48**

Indeks Hirscha **h = 9**

Pełny wykaz publikacji i wystąpień konferencyjnych podano w Załączniku nr 3 (z uwzględnieniem wymagań określonych w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r., Dz. U. nr 196, poz. 1165).

5.1 Przebieg pracy naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora

Pracę badawczą podjąłem w październiku 1974 roku na ostatnim roku studiów w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego WSP w Rzeszowie pod opieką doc. dr Ludwika Drozd-Miłto. Prowadzone badania dotyczyły sposobu otrzymywania złącz p-n na osnowie węgliku krzemu. Po zatrudnieniu od 1 października 1975 roku w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki WSP w Rzeszowie kontynuowałem badania nad właściwościami politypowymi węgliku krzemu. Zaprojektowałem i udoskonaliłem aparaturę do wytworzenia węgliku krzemu z fazy gazowej w atmosferze wodoru. Rezultatem tych eksperymentów było określenie warunków procesu umożliwiających otrzymanie tylko jednej spośród 140 modyfikacji SiC tzw. β -SiC. Zdobyte umiejętności pogłębiałem praktycznie współpracując w latach 1976 - 79 z Ośrodkiem Badawczo- Rozwojowym Fabryki Materiałów Ściernych „KORUND” w miejscowości Koło. Rezultatem tej współpracy było uzyskanie wzorców podstawowych politypów SiC oraz przygotowanie dwuczęściowego opracowania pt. „Wykonanie wzorców podstawowych politypów technicznego SiC wraz z określeniem metod ich identyfikacji i przydatności jako materiału ściernego”. Od 1985 roku prowadziłem badania nad SiC w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego PAN w Zabrze pod opieką naukową doc. dr hab. Lidii Żdanowicz.

Wyniki badań nad SiC prezentowałem na kilku konferencjach naukowych, w tym na konferencji Physics of Thin Films -1st National Autumn School Szczyrk (october 19-25th), 1975 - tytuł komunikatu „Influence of the preparation conditions and substrate polarity on the growth rate of thin films and Crystals

of SiC". Na XIV konferencji School on the Physics of Semiconducting Compounds Jaszowiec 9-15 June, 1985 przedstawiłem komunikat „Investigation of structure and electrical properties of SiC received from gas phase.” Rezultatem prowadzonych badań było także przygotowanie pracy doktorskiej pod tytułem: „*Badanie struktury i pewnych własności półprzewodnikowych węgla krzemu otrzymanego z fazy gazowej*”. Pracę tę obroniłem na Uniwersytecie Marii-Curie Skłodowskiej w Lublinie w kwietniu 1990 r. Promotorem pracy była Doc. dr hab. Lidia Żdanowicz z Zakładu Fizyki Ciała Stałego PAN Zabrze; recenzenci: Prof. dr hab. Maciej Oszwałdowski – Politechnika Poznańska, Prof. dr hab. Mieczysław Subotowicz – Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

5.2 Przebieg pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora rozszerzyłem swoje zainteresowania badawcze, współpracując z prof. dr. hab. inż. Andrzejem Bylicą. W szczególności badania dotyczyły struktury warstw węgla krzemu na podłożu stali. Stosowano metody dyfrakcji rentgenowskiej. Prowadzono analizę zmiany struktury w warstwach wierzchnich stali typu SW7M po obróbce laserowej, struktury warstw ochronnych, również SiC. Rezultatem tej współpracy były 3 komunikaty na konferencjach międzynarodowych i 6 komunikatów na konferencjach krajowych. W 1993 roku podjąłem współpracę z prof. dr hab. Eugeniuszem Szeregijem w zakresie badania fononów w roztworach stałych pierwiastków z grupy All BVI metodą rezonansu magnetofononowego. Wyniki badań przedstawiono w 9 publikacjach w czasopismach z listy filadelfijskiej oraz były prezentowane na 9 konferencjach międzynarodowych (wykaz publikacji i konferencji w załączniku nr 3). Rezultatem tych badań było stwierdzenie zjawiska **multimodowości** w roztworach stałych $Zn_xCd_yHg_{1-x-y}Te$ oraz **rezonansu magnetofononowego na różnicy fononów**. Od 1995 roku podjęto badania roztworów stałych metodami optycznymi. Stosowano także metodę odbicia w dalekiej podczerwieni przy współpracy z Instytutem Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie oraz metodą Ramana przy współpracy z Instytutem Fizyki Politechniki Warszawskiej. W widmach Ramana potwierdzono zjawisko multimodowości określone wcześniej. Rezultaty badań (okres 1994 - 2003) zaprezentowano na 16 konferencjach międzynarodowych (załącznik nr 3) i opublikowano 16 artykułów - większość w czasopismach z listy filadelfijskiej (załącznik nr 3). Od 2002 roku podjąłem starania o dostęp do źródła promieniowania synchrotronowego, które pozwoliłoby na uzyskanie zarówno większej rozdzielczości jak i mocy

promieniowania w porównaniu z tradycyjnymi źródłami promieniowania podczerwonego, a także na zastosowanie po raz pierwszy tego promieniowania dla badania roztworów stałych pierwiastków z grupy All BVI. Starania te zostały uwieńczone sukcesem i uzyskano dostęp do synchrotronu DAΦNE we Frascati we Włoszech w Laboratorium INFN DAΦNE - Light, realizując w kolejnych latach następujące granty międzynarodowe:

- projekt TARI UE nr 11 (contract HPRI – CT – 1999-00088): Far infrared spectra of multicomponents semiconductors (2003 – 2005) - Kierownik Prof. dr hab. Eugeniusz Szeregij,

- project TARI UE nr 36 (contract HPRI – CT – 1999-00088): Influence of electron states on the phonon spectra in the gapless region of CdHgTe and ZnHgTe solid solutions (2004- 2006) - Kierownik Prof. dr hab. Eugeniusz Szeregij,

- project TARI UE nr 22 (contract R 113 – CT – 2004- 5060 78): Far Infrared Reflection – Absorption spectra of solid solutions thin films with polarized light (2005 - 2006) - Kierownik Prof. dr hab. Eugeniusz Szeregij,

- project TARI UE nr 20 (contract HPRI-CT-1999- 00088): Analysis of defect in tetrahedral crystals by far infrared spectroscopy and EXAFS (2003 – 2005) – Kierownik **dr Jacek Polit**,

- project TARI UE nr 49 (contract R113 – CT – 2004 – 506078): Study of phonons and magnons in semimagnetic semiconductors by far – infrared reflection with polarized light (2006- 2007) – Kierownik dr Józef Cebulski,

- project TARI UE nr 13 (contract R113-CT- 2004-506078): Reflectivity spectra analysis of the oriented mono-crystalline ZnCdTe in polarized light (2004-2006)- Kierownik **dr Jacek Polit**.

Rezultaty tych badań opublikowano w 14 artykułach w czasopiśmie z listy filadelfijskiej w latach 2003-2011 (załącznik nr 3) oraz przedstawiono na 14 konferencjach międzynarodowych.

Głównym rezultatem tych badań było udowodnienie silnej zależności pomiędzy charakterem widma fononowego roztworów stałych HgCdTe oraz ich mikrostrukturą lokalną (konfiguracje tetraedrów, a także potwierdzenie jakiego rodzaju defekty powodują dodatkowe linie (przypuszcza się, zgodnie z modelem dwudolinowym, że są to konfiguracje tetraedrów z atomami rtęci w stanach nietrwałych). W pracach H10 – H12 udowodniony został przejaw w widmach fononowych takich defektów jak międzywęzłowe atomy wodoru (protony, ponieważ atomy H w sieci krystalicznej tracą elektrony). Defekty te są trudno wykrywalne innymi metodami.

W pracach H4-H5 po raz pierwszy została pokazana wielomodowość w widmach fononowych czteroskładnikowych roztworów stałych. W pracach w których badano roztwory stałe pierwiastków z grupy All BVI wykorzystując

rezonans magnetofononowy wykazano przejaw tej wielomodowości tych roztworów ale w oddziaływaniu elektron fonon (H_3-H_1).

Od 2005 roku regularnie uczestniczę w seminariach w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (IMIM PAN).

Działalność Dydaktyczna

W latach 1992 - 1996, byłem Z-cą Dyrektora ds. Dydaktyczno-Wychowawczych w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Do moich obowiązków należała kontrola prawidłowości realizacji procesu dydaktycznego, zgodnie z rozporządzeniami Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego, rozporządzeniami Rektora Uniwersytetu Rzeszowskiego, a także zgodnie z uchwałami Rady Wydziału Matematyczno – Przyrodniczego w Instytucie Fizyki. W okresie tym kierunek Fizyki uzyskał akredytację Ministerialnej Komisji Akredytacyjnej.

Ponownie funkcję zastępcy Dyrektora ds. Dydaktyczno-Wychowawczych pełniłem w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego w latach 2005-2012. W okresie tym akredytację uzyskał I stopień Fizyki Technicznej, na którym uruchomiono także studia Inżynierskie. Stopień II oczekuje na akredytację.

Na kierunku Fizyki Technicznej pozyskano projekt EDISON- „Wzbogacenie oferty edukacyjnej kierunku Fizyka Techniczna 2009-2013 dla kierunku zamawianego oraz projekt TESLA - Techniczna Edukacja Sukcesem Ludzi Ambitnych - wzbogacenie oferty edukacyjnej kierunku „Fizyka Techniczna, realizowany w latach 2011-2015”.

Byłem promotorem wielu prac licencjackich na kierunku Fizyka, oraz prac Inżynierskich na kierunku Fizyka Techniczna i Biotechnologia.

Obecnie jestem także promotorem pięciu prac inżynierskich na kierunku Inżynieria Materiałowa, a także dziewięciu prac inżynierskich na kierunku Biotechnologia.

W latach 1998 do 2012 r. byłem kierownikiem Pracowni Elektronicznej.

W latach 2009-2012 byłem asystentem koordynatora projektu unijnego „FENIKS” – długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów, uprzednio uczestnicząc w jego przygotowaniu. Projekt ten objął swym działaniem 2500 uczniów z trzech województw: małopolskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego. W ramach tego projektu przygotowałem elektroniczną wersję konspektu zajęć w pracowni elektronicznej. Przygotowałem także wersję

elektroniczną materiałów dydaktycznych dla kierunku Inżynieria Materiałowa przedmiotu Elektronika.

Plany naukowo-badawcze na najbliższe lata

Wybudowanie kompleksu centrów Mikroelektroniki i Nanotechnologii oraz Innowacji i Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej Uniwersytetu Rzeszowskiego finansowanego z funduszy europejskich stworzyło warunki do rozszerzenia i pogłębienia wcześniej realizowanej tematyki badawczej. W Centrum Mikroelektroniki i Nanotechnologii jestem kierownikiem Laboratorium Niskotemperaturowej Luminescencji. Zbudowany specjalny układ umożliwia kontrolę jakości warstw i układów wytworzonych na stanowisku epitaksji z wiązek molekularnych (MBE). Również w Centrum Innowacji i Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej w Laboratorium Spektroskopii Materiałów jestem kierownikiem Pracowni Spektroskopii w Dalekiej Podczerwieni. Na wyposażeniu w tej pracowni znajduje się spektrometr Fourierowski na zakres dalekiej i średniej podczerwieni z mikroskopem na zakres średniej podczerwieni Hiperion. Spektrometr wyposażony jest w przystawki: transmisyjną, refleksyjną, transmisyjną-refleksyjną oraz przystawkę ATR (z kryształem diamentu). Wyposażenie pracowni pozwala na kontynuowanie badań widm fononowych struktury materiałów wytworzonych metodą MBE zarówno związków pierwiastków grupy AII BVI jak i AIII BV. Zamierzam również skierować swoje zainteresowania w kierunku łączenia nanocząsteczek złota z różnego rodzaju enzymami i białkami, które mogą znaleźć zastosowanie w biotechnologii jako elementy biosensorów.

Pobyty naukowe za granicą

W latach 2003 - 2007 uczestniczyłem w realizacji następujących grantów europejskich z użyciem promieniowania synchrotronowego w Laboratorium INFN DAΦNE - Light we Frascati we Włoszech, realizując następujące granty międzynarodowe:

- projekt TARI UE nr 11 (contract HPRI – CT – 1999- 00088): Far infrared spectra of multicomponents semiconductors (2003 – 2005)- Kierownik Prof. dr hab. Eugeniusz Szeregij,

- project TARI UE nr 36 (contract HPRI – CT – 1999 – 00088): Influence of electron states on the phonon spectra in the gapless region of CdHgTe and ZnHgTe solid solutions (2004 - 2006) - Kierownik Prof. dr hab Eugeniusz Szeregij,

- project TARI UE nr 22 (contract R 113 – CT – 2004– 5060 78): Far Infrared reflection – Absorption spectra of solid solutions thin films with polarized light (2005 - 2006) - Kierownik Prof. dr hab. Eugeniusz Szeregij,

- project TARI UE nr 20 (contract HPRI-CT-1999- 00088): Analysis of defect in tetrahedral crystals by far infrared spectroscopy and EXAFS (2003 – 2005) - Kierownik **dr Jacek Polit**,

- project TARI UE nr 49 (contract R113 – CT – 2004 – 506078): Study of phonons and magnons in semimagnetic semiconductors by far – infrared reflection with polarized light (2006–2007) - Kierownik dr Józef Cebulski,

- project TARI UE nr 13 (contract R113-CT – 2004 – 506078): Reflectivity spectra analysis of the oriented mono-crystalline ZnCdTe in polarized light (2004 - 2006)- Kierownik **dr Jacek Polit**.

Zazwyczaj prowadzone badania w Laboratorium INFN odbywały się dwa razy do roku przez dwa tygodnie przez kolejne lata realizowania projektów.

Wyróżnienia wynikające z prowadzonych badań naukowych

1990 r.

Nagroda II stopnia Rektora Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie za osiągnięcia naukowe.

2004 r.

Nagroda Dziekana Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego za osiągnięcia w pracy naukowej.

2010 r.

Nagroda II stopnia Rektora Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie za osiągnięcia naukowe.

Pełnione funkcje

Od 01.09.1992 r. do 31.08.1996 r.

Z-ca Dyrektora ds. Dydaktyczno-Wychowawczych w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie. Członek Rady Instytutu Fizyki.

Od 01.09.2005 r. do 31.08.2012 r.

Z-ca Dyrektora ds. Dydaktyczno-Wychowawczych w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie. Członek Rady Instytutu Fizyki.

Od 01.10.2012 r. do nadal

Kierownik Laboratorium Niskotemperaturowej Luminescencji w Centrum Mikroelektroniki i Nanotechnologii.

Od 01.10.2012 r. do nadal

Kierownik Studenckiej Pracowni Badania Własności Optycznych w Strukturach Półprzewodnikowych w Centrum Mikroelektroniki i Nanotechnologii.

Od 10.10.2012 r. do nadal

Kierownik Pracowni Spektroskopii w Dalekiej Podczerwieni w Centrum Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej (ClITWTP) Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Uczestnictwo w organizacjach

od 1990 r. do nadal

Członek Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters, likely representing the author's name.