Prof. dr hab. Tadeusz Suski
Instytut Wysokich Ciśnień PAN
Sokołowska 29/37
01-142 Warszawa,

Warszawa, 26 kwietnia 2021r.

Recenzja rozprawy habilitacyjnej doktora inżyniera Wojciecha Rudno-Rudzińskiego

" Badania zjawisk zachodzących w obszarach aktywnych struktur telekomunikacyjnych laserów półprzewodnikowych wykorzystujących tunelowanie między studnią kwantową i kropkami kwantowymi."

1) Uwagi wstępne

Rozprawa habilitacyjna doktora inżyniera Wojciecha Rudno-Rudzińskiego wykonana została na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki (WPPT) Politechniki Wrocławskiej. Rozprawa oparta jest na 10 artykułach opublikowanych w międzynarodowych czasopismach naukowych w okresie 2009-2018. Cała kariera naukowa pana W. Rudno-Rudzińskiego związana jest z tym Wydziałem.
Stopień magistra inżyniera uzyskał w 2002 r. A stopień doktora nauk fizycznych w 2006 r. za pracę (z wyróżnieniem) „Spektroskopia optyczna niskowymiarowych struktur półprzewodnikowych z uwzględnieniem technik pomiarowych o wysokiej rozdzielczości przestrzennej". Promotorem zarówno pracy magisterskiej jak i doktorskiej był prof. dr hab. inż. Jan Misiewicz.

W latach 2006 – 2008, pan W. Rudno-Rudziński pracował na stanowisku asystenta w Instytucie Fizyki, WPPT, Politechniki Wrocławskiej. Po uzyskaniu stopnia doktora, od roku 2008 do dzisiaj pracuje jako adiunkt w tym samym miejscu. Od 09.2006 – 06.2007 odbył staż post-doktorski w Institute National des Sciences Appliquées, Lyon, Francja.

2) Opis i ocena najważniejszych wyników badań uwzględnionych w opisie osiągnięcia naukowego

Autoreferat został napisany w sposób ciekawy i klarowny. Widać tu talent dydaktyczny Habilitanta.

Wprowadzenie do zagadnień obejmujących zainteresowania badawcze dr inż. W. Rudno-Rudzińskiego w okresie po uzyskaniu przez niego stopnia doktora, zawiera charakterystykę tego obszaru. Przedstawione zostały szczególne wymagania stawiane emiterom laserowym emitującym promieniowanie w zakresach telekomunikacyjnych 1.3 i 1.55 μm. Ścisłe korelacje pomiędzy parametrami zastosowanych heterostruktur i ich charakterystyką widmową stanowią wątek przewodni jego działań opisanych w Autoreferacie. Zaproponowane wcześniej przez innych badaczy rozwiązania konstrukcyjne takich emiterów, wykorzystują koncepcję struktur hybrydowych składających się ze studni kwantowej sprzężonej kwantowomechanicznie z kropką kwantową. Takie struktury stanowią prawidłowo działający emiter promieniowania laserowego z obszarów telekomuniacyjnych . Koncepcje takich rozwiązań pochodziły z różnych ośrodków światowych zaangażowanych w realizacje takich źródeł promieniowania. Habilitant w logiczny sposób tłumaczy wagę wprowadzenia układów hybrydowych z elementami o różnej wymiarowości oraz efektów tunelowania nośników poprzez cienką barierę, rozdzielającą oba układy.

Ze względu na szczególny zakres widmowy konstruowanych emiterów, wybór stosowanych materiałów dotyczy półprzewodników III-V z rodziny arsenków i mieszanych „arsenko-azotków" oraz „arsenko-fosforków".

Kolejne fragmenty wprowadzenia do Autoreferatu dotyczą przedstawienia zalet i wad powszechnie przyjętej koncepcji emiterów promieniowania laserowego pochodzącego z zero-

wymiarowych układów kwantowych, do których tunelują nośniki generowane w studni kwantowej. Do zalet takich emiterów należą bardzo niskie prądy progowe, lepsza stabilność termiczna, oraz szerokie widmo wzmocnienia optycznego. Ta trzecia cecha wynika z niejednorodności wymiarów geometrycznych kropek lub kresek kwantowych i niejednorodności składu chemicznego tworzących je stopów. Cechy, które wydają się niekorzystnymi z punktu widzenia jakości strukturalnej przygotowywanych struktur kwantowych, takich jak duża szerokość połówkowa linii emisyjnych, stanowi pożądaną cechę z punktu widzenia możliwości przestrajania/dostrajania widma emisji do aplikacyjnie ważnych obszarów telekomunikacyjnych.

Jeśli chodzi o wady to: wynikająca z trójwymiarowego potencjału wiążącego niska gęstość stanów w kropkach/kreskach kwantowych. Ogranicza to istotnie moc optyczną lasera. Związana z tym jest również wysoka populacja gorących nośników wynikająca z efektu tzw. „phonon -bottle- neck", blokującego relaksację nośników do niżej energetycznych stanów kropki kwantowej. Obniża on szybkość modulacji promieniowania laserowego. Stosowane są różne rozwiązania redukujące niekorzystny wsteczny transfer nośników.

Publikacje przedstawione w autoreferacie dr inż. Wojciecha Rudno-Rudzińskiego stanowią ciekawy zestaw prac badawczych mających na celu zrozumienie efektów fizycznych odpowiedzialnych za wydajną emisję światła(jak i jej ograniczenia) w kluczowych oknach telekomunikacyjnych 1,3 oraz 1,55 μm,. Zasadnicza koncepcja rozwiązania tego zagadnienia polega na zastosowaniu sprzężonego kwantowo-mechanicznie systemu hybrydowego studni i kropek (lub kresek) kwantowych. Cienka bariera rozdzielająca oba systemy zapewnia kwantowomechaniczne sprzężenie obu elementów hybrydy. System ten w rozwiązaniach aplikacyjnych ma tworzyć diodę laserową, charakteryzującą się ultraniskimi prądami progowymi, ogromną stabilnością temperaturową, szerokim widmem wzmocnienia optycznego. Cechy te są konsekwencją zastosowania zero-wymiarowych kropek (lub kresek) kwantowych jako „serca" emitera. Ważne jest również zapewnienie znacznej szybkości modulacji sygnału istotnej dla aplikacji telekomunikacyjnych.

W prowadzonych badaniach Habilitant i współpracownicy koncentrowali się na wielu strukturach kwantowych przygotowanych pod kątem ich przydatności w zastosowaniach jako emitery laserowe. Należały do nich:

i) układ referencyjny, emitujący promieniowanie w długościach fali około 1 μm, krótszych niż okna telekomunikacyjne 1.3 i 1,55 μm. Badane struktury zawierają InGaAs (studnia kwantowa, SK) oraz sprzężone kropki kwantowe(KK) InGaAs/GaAs;

ii) InGaAsN (SK) i InAs/GaAs (KK) z emisją w 1,3 μm;

iii) InGaAs (SK) i InAs (KK) w strukturze epitaksjalnej uzyskiwanej na podłożu z InP, emisja w 1,55 μm;

(iv) InGaAsP (SK) z barierą tunelową InP i kreskami kwantowymi (KresK) InAs, emisja w 1,55 μm;

Wytworzone i badane emitery hybrydowe stanowiły zwykle zestawy o zróżnicowanych elementach swoich struktur, takich jak na przykład koncentracje składowych elementów stopów półprzewodnikowych czy grubości studni kwantowych. Wprowadzenie tych modyfikacji umożliwiało wykazanie roli poszczególnych elementów całego sytemu hybrydowego w mechanizmach kluczowych dla osiągnięcia wymaganych parametrów struktury tunelowej.

Badane próbki wytwarzane były metodą epitaksji z wiązek molekularnych (MBE) w czołowych ośrodkach europejskich: Laboratorium CNRS w Marcoussis, na Uniwersytecie w Kassel oraz Uniwersytecie w Wuerzburgu. W momencie podejmowania tej tematyki, a nawet w trakcie jej realizacji, istniały ograniczone doniesienia na temat laserów działających w obszarze telekomunikacyjnym w oparciu o omówione powyżej systemy kwantowe, wykorzystujące tunelowe wstrzykiwanie nośników. Początkowo ograniczały się one praktycznie do Grupy P. Bhattacharya z Uniwersytetu Michigan w Ann Arbor. Realizacja konkretnych emiterów nie mieściła się w planach

Habilitanta, ze względu na brak bazy do tego typu działań na macierzystym Wydziale dr. inż. W Rudno-Rudzińskiego.
Z punktu widzenia zrozumienia i opisu badanych efektów fizycznych określających zachowanie sprzężonych układów SK-KK lub SK -KresK (KresK-kreska kwantowa), wybrane systemy stanowią bardzo ciekawy „poligon" badawczy umożliwiający wgląd w podstawy fizyczne działania opisywanych systemów.

Prace P3 i P5 przedstawiają modelową strukturę tunelową ze studnią kwantową (SK) oraz kropką kwantową (KK) wykorzystującą system InGaAs/GaAs z emisją promieniowania w długościach fali w okolicach 1μm. Wytworzone układy tunelowe stanowią struktury odniesienia. Ich późniejsze, celowe modyfikacje osiągane na drodze zmiany geometrii i składu chemicznego prowadzą do uzyskania struktur emitujących promieniowanie w obszarach istotnych dla zastosowań telekomunikacyjnych. Zastosowanie InAs/GaAs jako KK, oraz InGaAs jako warstwę redukującą naprężenia niedopasowania i w końcu SK z InGaAs rozrzedzonej azotem (tzn. InGaAsN), umożliwia przesunięcie emisji do 1,3 μm (prace P1, P2, i P4) . Z kolei dzięki wykorzystaniu kresek kwantowych (KresK) InAs/InGaAsP/InP stało się możliwe uzyskanie emisji w trzecim oknie telekomunikacyjnym 1,55 μm (prace P6 i P8). Dodatkowo dla zademonstrowania emisji w 1.55 μm zastosowano dwa układy hybrydowe, w pierwszym, KresK w układzie InAs/InGaAlAs/InP (praca P7). W drugim wykorzystano symetryczne KK InAs/InAlGaAs/InP (prace P9 i P10) .

Powyższa lista przedstawia różnorodność badanych systemów emiterów tunelowych odpowiedzialnych za emisję promieniowania w zaplanowanych obszarach widmowych. Ich modyfikacja oraz optymalizacja, wynikające z zastosowanych parametrów materiałowych były w powyższych pracach badane metodami spektroskopii optycznej i opisywane szczegółowo w oparciu o przeprowadzone obliczenia numeryczne. Dla celów obecnej recenzji do bardziej szczegółowego opisu wybrałem wyniki zawarte w publikacjach **P5, P2 i P7**. Są to artykuły o największej liczbie cytowań.

Komentarze do uzyskanych wyników rozpocznę od omówienia publikacji **P5** (Phys. Rev. B, **85**,125311 (2012)) prezentującej wyniki dla układu modelowego sprzężonych studni (SK) i kropek kwantowych (KK), emitujących promieniowanie w okolicach 1 μm, a więc w falach krótszych od głównie eksploatowanych w pracach, zamieszczonych w autoreferacie dr inż. W. Rudno-Rudzińskiego systemów pracujących w 1,3 i 1,55 μm. Publikacja P5 przybliża w poglądowy sposób zasadę działania badanego tutaj sytemu hybrydowego „emitera tunelowego "oraz przydatności metod spektroskopii optycznej do śledzenia zmian w strukturze elektronowej modyfikowanej poprzez zmiany koncentracji indu w SK $In_xGa_{1-x}As$ oraz szerokości studni. Praca P5 została z zainteresowaniem przyjęta przez środowisko zajmujące się podobnego typu zagadnieniami, o czym świadczy cytowanie jej 22 razy.

Omawiana publikacja pokazuje jak wykorzystując informacje dostarczane przez różne optyczne metody badawcze i ich konfrontację z symulacjami numerycznymi można uzyskać informacje o wpływie zawartości indu w SK i jej szerokości na efektywność emisji badanego systemu wstrzykiwania tunelowego nośników ze SK studni kwantowej do KK i ich ewentualnej ucieczki z kropek. Wykazano również zmianę stopnia lokalizacji nośników w sprzężonym systemie SK-KK. Pokazano w szczególności, że dla znacznych zawartości indu w SK, funkcja falowa najniższego stanu elektronowego „wycieka" z KK do obszaru obejmującego SK. Pokazuje to niekorzystne tendencje pojawienia się kanałów ucieczki nośników z KK wraz ze wzrostem koncentracji indu i zbliżenia poziomów elektronowych w SK i KK. Obniża to efektywność emisji laserowej pochodzącej ze stanów zlokalizowanych w KK. Stany dziurowe nie są poddane takiemu sprzężeniu. Uzyskane wyniki pozwoliły na interpretacje zachowania lasera wytworzonego wcześniej w laboratorium prof. J,P, Reithmaiera, na Uniwerystecie w Kassel.

Energia emisji 1,3 μm

Praca P2, Appl. Phys. Lett. **94**, 171906 (2009) (cytowana 24 razy) opisuje wyniki mające na celu zrozumienia procesów emisji światła o długości fali 1,3 μm ze struktury z tunelowym wstrzykiwaniem nośników, składającej się ze SK $In_{0.15}Ga_{0.85}As_{1-x}N_x$, z barierą GaAs, i KK utworzonej przez InAs. Wprowadzenie do heterostruktury warstwy redukującej niedopasowanie sieciowe KK powoduje, że możliwe jest wytworzenie emisji w 1,3 μm z układu kropek. Z kolei zastosowanie stopu zawierającego azot w SK daje szansę na zmianę (strojenie) energii stanu podstawowego elektronów iniektora (SK), tak by zmieniać jego odległość energetyczną od stanu podstawowego kropek. Zwiększenie zawartości azotu prowadzi do redukcji przerwy energetycznej InGaAsN i w konsekwencji zwiększenia długości fali całego układu. Niestety, tym korzystnym zmianom struktury pasmowej w funkcji zawartości indu, towarzyszy wprowadzenie centrów rekombinacji niepromienistej związanych z obniżeniem jakości krystalograficznej struktury. Podwyższenie koncentracji azotu w studni kwantowej pogłębia ten efekt. Ogranicza to górny zakres stosowanej koncentracji azotu. W związku z koniecznością dodatkowego obniżenia położenia stanu podstawowego elektronów w SK, musi być ona odpowiednio szeroka. Ten fakt indukuje pojawienie się znacznej ilości poziomów a więc również przejść optycznych. Komplikuje to znacznie interpretację wyników badań metodami optycznymi.

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano 3 struktury wytworzone metodą wiązek molekularnych w Laboratorium CNRS , w Marcoussis. Pomiary optyczne przeprowadzone metodami fotoodbicia, fotoluminescencji (w różnych temperaturach) i pobudzenia fotoluminescencji zostały przeprowadzone przez Habilitanta. Czasowo rozdzielcze pomiary to zadanie wykonane przez M. Syperka. K. Ryczko, teoretyk z macierzystego Wydziału W. Rudno- Rudzińskiego był odpowiedzialny za obliczenia teoretyczne w przybliżeniu masy efektywnej, w ramach modelu „band anticrossing" W. Walukiewicza. Przeprowadzone badania i obliczenia umożliwiły określenie struktury elektronowej analizowanej struktury tunelowej na kropkach kwantowych InAs, z iniektorem InGaAsN, emitującej promieniowanie w 1.3 μm. Wykazano również, że tunelowanie z obszaru SK (iniektora) i kropek kwantowych w temperaturze pokojowej realizowane jest przez swobodne nośniki a nie ekscytony. W temperaturze około 100K następuje dysocjacja ekscytonów.

Energia emisji 1,55 μm

Praca **P7**, AIP Advances, **7**, 015117 (2017) (cytowana 9 razy) przedstawia struktury z tunelowym wstrzykiwaniem nośników, składającej się ze SK InGaAs, dopasowanej sieciowo do InP i KresK InAs, również dopasowanych do InP. Barierę tunelową stanowi tutaj wąska warstwa ze stopu poczwórnego InGaAlAs. Zastosowanie kwazi-zero-wymiarowych kresek kwantowych zwiększa gęstość stanów emitera struktury tunelowej w porównaniu ze strukturami wykorzystującymi KK, opisywane w większości publikacji prezentowanych w Autoreferacie. Badane struktury zostały przygotowane na Uniwersytecie w Kassel.

Uzyskanie efektywnej emisji w długości fali 1,55 μm wymaga przeprowadzenie doboru szerokości SK – iniektora, spełniającej dwa warunki: 1) wydajny transfer nośników (wygenerowa-nych pobudzeniem elektrycznym w SK, do stanu podstawowego całego układu SK+KresK i 2) zachowanie jego „kwazi" zero-wymiarowego charakteru. Pierwszy warunek wymaga uzyskania sprawnego sprzężenia kwantowomechanicznego pomiędzy układem stanów 2D SK i stanów kwazi-0D w kreskach kwantowych. Sprzężenie to zapewnia transport nośników z obszaru o dużej populacji nośników (SK) do KresK InAs/InP o niskiej populacji. Proces przechodzenia do stanu podstawowego kresek kwantowych może się odbywać bezpośrednio, tzn. z udziałem fononu optycznego, podłużnego (LO). Lub zachodzi poprzez stany wzbudzone kreski. Pierwszy scenariusz istotnie ogranicza niekorzystne procesy powrotu nośników do studni kwantowej w ramach tunelowania „wstecznego".

Spełnienie warunku 2) wymaga wprowadzenia silnego ograniczeniu kwantowego charakteryzującego najniższe stany energetyczne elektronów i dziur w kresce kwantowej. Do

weryfikacji eksperymentalnej przyjętych założeń, Habilitant przeprowadził niskotemperaturowe pomiary fotoluminescencji, pobudzania fotoluminescencji i fotoodbicia. Symulacje numeryczne umożliwiły pełną identyfikację zachodzących procesów.

Wytworzono 3 struktury, różniące się szerokością studni InGaAs. Szerokość ta zmieniając się od 6,5 nm do 4,5 nm indukuje zmiany odległości energetycznej pomiędzy stanami podstawowymi studni i kreski od około 75 meV do około 45 meV. Ten ostatni przypadek wykazuje istotne zbliżenie się do wymogów dla efektywnego (optymalnego) transferu nośników ze SK do KresK z udziałem fononu LO, którego energia to w przybliżeniu 30 meV. Wynik ten potwierdza spełnienie warunku 1), tzn. istnienia efektywnego sprzężenia kwantowomechanicznego pomiędzy dwoma podsystemami wytworzonego emitera (SK+KresK)). Jednocześnie stwierdzono, że zbliżenie stanu podstawowego studni do rezonansu z fononem LO przez poszerzenie SK prowadzi do delokalizacji dziury z KresK do SK, indukując wyraźną utratę zero-wymiarowego charakteru całego systemu i pojawienie się nisko-wydajnych przejść skośnych w ramach rekombinacji promienistej nośników w systemie emitera tunelowego.

Uzyskane wyniki wskazują na skomplikowane relacje pomiędzy parametrami strukturalnymi badanego systemu i charakterem uzyskiwanej emisji a więc jego przydatności do aplikacji emiterowych. Ostatnie stwierdzenie odnosi się do wszystkich opisywanych w autoreferacie systemów hybrydowych.

3) Ocena osiągnięć naukowych uwzględnionych w Autoreferacie

Dr W. Rudno-Rudziński jest pierwszym autorem dziewięciu z dziesięciu prac tworzących Osiągniecie. Oświadczenia współautorów jednoznacznie wskazują na jego kluczowy lub istotny udział w przeprowadzeniu badań i w powstaniu tych publikacji. Wszystkie prace są wieloautorskie a ich współczynnik oddziaływania (IF) waha się pomiędzy 2.2 i 4,5. Jedna praca charakteryzuje się niższym współczynnikiem - 0.779. Publikacja P2 z 2009 r. wykazuje maksymalną liczbę cytowani, 24 razy (wraz z autocytowaniami). 2 prace zostały opublikowane w Applied Physics Letters, po jednej w Scientific Reports i Phys. Rev. B. Uzyskany przez dr inż. W. Rudno-Rudzińskiego współczynnika Hirsch'a to 10, ilość opublikowanych prac – 37; cytowania prac – 327, w tym 277 bez autocytowań (Web of Science 2021).

Udział Habilitanta w realizacji opisywanych prac oprócz propozycji przygotowania odpowiednich struktur laserowych (kierowanych do zagranicznych współpracowników) dotyczył przede wszystkim charakteryzacji optycznej tych struktur. Polegała ona na pomiarach ich własności metodami spektroskopii optycznej: fotoluminescencji, pobudzenia fotoluminescencji, fotoodbicia. Habilitant odgrywał kluczową rolę w tych pomiarach i ich interpretacji.
W Autoreferacie Habilitant opisuje dodatkowe badania przeprowadzone przez współautorów tych publikacji. Zawierają one: czasowo rozdzielczą spektroskopię optyczną (TRPL) oraz symulacje numeryczne obserwowanych efektów. Pomiary czasowe w cenny sposób uzupełniały pozostałe pomiary optyczne. Wspólnie z symulacjami numerycznymi były bardzo ważnym elementem badań umożliwiającym zrozumienie roli mechanizmów fizycznych (zarówno pożądanych jak i szkodliwych) ważnych dla zastosowań. Obliczenia były prowadzone zwykle w ramach przybliżenia funkcji enwelopy lub 8-mio pasmowego modelu k*p. Za prowadzone symulacje odpowiedzialna była grupa współpracujących teoretyków z macierzystego Wydziału Habilitanta. Zasadnicza rola Habilitanta w końcowej interpretacji wyników została potwierdzona w oświadczeniach współautorów prac.

Recenzent uważa, że tematyka realizowana i opisana w Autoreferacie była bardzo aktualna w okresie badań obejmujących pracę doktorską W. Rudno-Rudzińskiego oraz w pierwszej połowie okresu badań nad zagadnieniami dotyczącymi habilitacji. W późniejszym okresie zainteresowanie efektami fizycznymi odpowiedzialnymi za efektywność działania opisywanych emiterów zmniejsza się. Fakt ten wpływał na zmniejszenie liczby cytowań późniejszych prac dr inż. W. Rudno-Rudzińskiego i

współpracowników. W ramach pierwszego okresu istnieją dwie publikacje z cytowaniami powyżej 20. W późniejszym okresie cytowania nie przekraczają 10. Świadczy to o malejącym zainteresowaniu środowiska międzynarodowego wynikami uzyskiwanymi przez dr W. Rudno-Rudzińskiego. Natomiast recenzent jest zdania, że wyniki te zapewniały lepsze zrozumienie mechanizmów fizycznych odpowiedzialnych za wydajną emisję światła (laserowanie) z emiterów hybrydowych z wstrzykiwaniem tunelowym. W tym zakresie osiągnięcia uzyskane przez dr inż. W. Rudno-Rudzińskiego uważam za cenne.

Jednocześnie namawiam Habilitanta do rozważenie możliwości istotnej modyfikacji lub zmiany tematyki badawczej. Pozostaje ona bardzo podobna od momentu rozpoczęcia pracy magisterskiej, do 2018 roku. Natomiast analiza zainteresowania wynikami badań Habilitanta (mierzona liczbą cytowań jego publikacji) wykazuje z upływem czasu tendencję malejącą. Brak propozycji wygłoszenia referatu zaproszonego na konferencjach tematycznych wynikać może z tego samego powodu.

Końcowa uwaga recenzenta dotyczy dodatkowej informacji o działalności badawczej dr W. Rudno-Rudzińskiego w ciągu ostatnich dwóch lat (2019 i 2020 r). W okresie tym nie został opublikowany żaden artykuł z jego współautorstwem. Natomiast okazało się, że był to okres istotnej aktywności Habilitanta. Pojawił się ciekawy artykuł: W. Rudno-Rudzinski, M. Burakowski, J.P. Reithmaier, A. Musial, and M. Benyoucef; "Magneto-Optical Characterization of Trions in Symmetric InP-Based Quantum Dots for Quantum Communication Applications", MATERIALS, **14**, 942 (2021). Publikacja ta pokazuje rozszerzenie zainteresowań dr inż. W. Rudno-Rudzińskiego na obszar własności magneto-optycznych kropek kwantowych InP. Przeprowadzone określenie własności trionów w obecności pola magnetycznego może mieć istotne znaczenie dla kontroli elektrycznej pojedynczych spinów w zastosowaniach „Q-bitowych". Powyżej opisany fakt stanowi dodatkowy argument dla pozytywnej oceny aktywności badawczej dr W. Rudno-Rudzińskiego po uzyskaniu stopnia doktora.

4) Uczestnictwo w konferencjach i projektach badawczych.

Dr inż. W. Rudno-Rudzinski uczestniczył z prezentacjami ustnymi i plakatami w 30 konferencjach międzynarodowych (przed i po doktoracie). Nie wygłaszał żadnego referatu zaproszonego.

Habiltant brał udział jako wykonawca w 3 ramowych projektach Europejskich: DeLight, ZODIAC i GIFT. Członkami konsorcjów realizujących te badania ze strony sektora gospodarczego były znane firmy europejskie takie jak: FRANCE TÉLÉCOM – CNET Francja, MITEL SEMICONDUCTOR AB Szwecja, ALCATEL-Thales Francja, NL Nanosemiconductors GMBH Niemcy Uczestniczył również jako wykonawca w realizacji 7 projektów krajowych agencji finansujących badania. Wielokrotnie uczestniczył czynnie w przygotowaniu aplikacji do wielu projektów badawczych w tym międzynarodowych. Należy docenić jego aktywność w tych działaniach, chociaż szkoda, że nie realizował żadnego projektu jako jego kierownik.

5) Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski

Należy docenić ogromne zaangażowanie Habilitanta w wątku działalności dydaktycznej. Dotyczyło to niezmiennie całego okresu realizacji doktoratu i lat późniejszych. Trudno tu wymienić wszystkie zrealizowane działania. Obejmowały prowadzenie szeregu wykładów dla studentów różnych Wydziałów Politechniki Wrocławskiej, wykładu autorskiego, ćwiczeń laboratoryjnych, komputerowych i rachunkowych. Był opiekunem 2 prac magisterskich i 2 prac inżynierskich.

Udzielał się również w działalności popularyzującej naukę (np. prowadził wykłady szerokiego programu kształcenia młodzieży, organizował przez wiele lat pokazy i prelekcje na imprezach popularyzatorskich jako wykładowca i animator.

Był również recenzentem ponad 16 artykułów naukowych w czasopismach takich jak: Appl. Phys. Lett., Superlattices and Microstructures, Journal of Physics and Chemistry of Solids i innych.

6) Podsumowanie

Reasumując, uważam, że zawartość merytoryczna pracy habilitacyjnej dr inż. Wojciecha Rudno-Rudzińskiego i jego całkowity dorobek naukowy oraz osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne, są podstawą do uznania, że ma on kwalifikacje do samodzielnej pracy naukowej. Świadczy o tym jego szeroka wiedza i dotychczasowe doświadczenie badawcze oraz umiejętność stawiania problemów naukowych i ich rozwiązywania. Powyższy wniosek formułuję biorąc w znacznym stopniu pod uwagę ponad przeciętne zaangażowanie Habilitanta w działalność dydaktyczną, popularyzatorską i organizacyjną. W tym, wieloletnie działania na korzyść całego środowiska wrocławskiego, przy organizacji Olimpiad Fizycznych oraz w Oddziałach Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz SPIE.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiony mi do recenzji Autoreferat (rozprawa habilitacyjna) zawiera rezultaty stanowiące wymierny wkład do fizyki półprzewodników. Uznaję, że spełnione zostały wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Wnioskuję o nadanie dr inż. Wojciechowi Rudno-Rudzińskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie fizyka.

Tadeusz Suski