

Prof. dr hab. Grzegorz Karczewski  
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk  
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

## **Ocena dorobku naukowego oraz recenzja rozprawy habilitacyjnej doktora Marcina Motyki**

### **A. Ocena dorobku naukowego dr Marcina Motyki**

Dr Marcin Motyka jest absolwentem Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej, który ukończył w 2003 roku pracą magisterską pt.: „Optyczne własności studni kwantowych InGaAs/GaAs z niejednorodnościami w płaszczyźnie studni” wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jana Misiewicza. Prace badawcze w zespole Optycznej Spektroskopii Nanostruktur rozpoczął będąc jeszcze studentem trzeciego roku studiów. Przedmiotem tych badań były spektroskopowe techniki optyczne, takie jak fotoodbicie, elektroodbicie i fotoluminescencja, stosowane do pomiarów właściwości struktur półprzewodnikowych wykorzystywanych do konstrukcji laserów telekomunikacyjnych opartych na półprzewodnikowych strukturach niskowymiarowych.

W 2004 roku habilitant rozpoczął studia doktoranckie w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej pod opieką prof. Jana Misiewicza. W wyniku prac badawczych prowadzonych w ramach studiów doktoranckich habilitant opublikował 40 prac naukowych w czasopismach takich jak: Applied Physics Letters, Journal of Physics D, Semiconductor Science and Technology. Ponadto, w trakcie trwania studiów doktoranckich dr Marcin Motyka wygłosił 10 prezentacji dotyczących prowadzonych badań. Badania dr Motyki dotyczyły studni kwantowych AlInN/GaInN, w aspekcie zastosowań ich w laserach telekomunikacyjnych, wykorzystujących przejścia wewnątrz-podpasmowe, oraz heterostruktur AlGaIn/GaN, istotnych z punktu widzenia konstrukcji dużej mocy tranzystorów polowych. Z najważniejszych rezultatów z tego okresu zwracają uwagę następujące osiągnięcia: określenie wpływu przykrycia dielektrycznego na kształt potencjału powierzchniowego; wykazanie

efektu ekranowania pola przez tzw. dwuwymiarowy gaz elektronowy; wskazanie na możliwość tworzenia się powstawania powierzchniowej studni kwantowej w heterostrukturach AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub>. Badania te prowadzone były we współpracy z ośrodkami zagranicznymi i krajowymi takimi, jak IMEC (Belgia); Wurzburg University (Niemcy), Instytut Wysokich Ciśnień PAN w Warszawie oraz Wydziałem Elektroniki i Mikrosystemów (WEMiF) Politechniki Wrocławskiej. W czasie trwania studiów doktoranckich habilitant uczestniczył w realizacji kilku europejskich i krajowych projektów badawczych i został wyróżniony prestiżowymi nagrodami jak, wrocławskim stypendium im. Maxa Borna oraz stypendium START przyznawanym przez Fundację Na Rzecz Nauki Polskiej wybitnym, młodym naukowcom. W 2008 roku Marcin Motyka obronił z wyróżnieniem pracę doktorską pt.: „Zastosowanie spektroskopii elektro-modulacyjnej do badania struktur półprzewodnikowych na bazie azotku galu”.

Po obronie doktoratu w 2008 roku dr Motyka został zatrudniony jako asystent, a rok później jako adiunkt w Instytucie Fizyki, Politechniki Wrocławskiej. Zbiegło się to ze zmianą tematyki badawczej na związaną z optyczną detekcją w promieniowaniu w obszarze średniej podczerwieni. Dr Motyka zajmuje się tą tematyką do dziś. Prowadzi badania mające na celu wytworzenie podczerwonych czujników gazów. Zaraz po doktoracie dr Motyka zbudował nowe stanowisko pomiarowe pozwalające na realizację badań optycznych w podczerwieni. Nowatorskim rozwiązaniem było zastosowanie próżniowego spektrometru fourierowskiego. Stworzyło to możliwości prowadzenia badań wymagających wysokiej czułości spektralnej a także przestrzeń do uruchomienia nowych eksperymentów takich jak szybka spektroskopia różnicowa. Dzięki uruchomionemu stanowisku pomiarowemu możliwe stały się badania różnych struktur niskowymiarowych wykonywanych z różnych materiałów półprzewodnikowych, różnymi technikami epitaksjalnymi w różnych ośrodkach krajowych i zagranicznych. Habilitant badał supersieci AlGaAs/GaAs z Instytutu Technologii Elektronowej, supersieci InAs/GaSb z Wojskowej Akademii Technicznej, studnie kwantowe InGaAsSb/Al(In)GaAsSb z Uniwersytetu Montpellier, studnie kwantowe II rodzaju AlSb/InAs/InGa(As)Sb/InAs/AlSb z Uniwersytetu w Wurzburgu oraz heterozłącza InAs/GaInAsSb z Instytutu Joffego w St. Petersburgu. Wszystkie te badania przyniosły cenne wyniki mające znacznie dla poprawy i kontroli technologii oraz dla zrozumienia obserwowanych zjawisk fizycznych.

Według bazy „Web of Sciences” dr Marcin Motyka jest autorem bądź współautorem 93 publikacji, z których około 50 opublikowane zostały po obronie doktoratu. Całkowita liczba cytowań wszystkich prac dr Motyki wynosi 636, najbardziej cytowane prace cytowane były około 40 razy. Jego indeks Hirsh’a równy jest 14. Pod względem statystyki jest to dorobek znaczący, porównywalny z dorobkiem wielu pracowników naukowych o znacznie dłuższym stażu pracy. Ocena dorobku naukowego powinna uwzględnić jednak szerszy kontekst niż tylko spojrzenie przez pryzmat statystyki. Zatem, na podstawie starannie przygotowanych materiałów stwierdzam, że dorobek naukowy dr Marcina Motyki, zarówno przed doktoratem jak i po jego uzyskaniu, jest bardzo znaczący. Dr Motyka stał się niewątpliwie ekspertem w badaniach optycznych różnorodnych struktur półprzewodnikowych. Jego specjalnością są badania metodą odbicia optycznego, szczególnie w spektralnym obszarze podczerwieni. Dobitnie świadczą o tym liczne współprace międzynarodowe prowadzone przez habilitanta, mnogość prezentacji na międzynarodowych konferencjach specjalistycznych, wygłoszonych referatów i wykładów oraz bogaty dorobek publikacyjny. Dr Motyka dowiódł, że potrafi samodzielnie rozwiązywać złożone problemy badawcze, umie kierować pracą zespołów badawczych, świetnie sobie radzi ze złożoną aparaturą badawczą. Podsumowując, stwierdzam, że dorobek naukowy dr Marcina Motyki predysponuje go do samodzielnej pracy naukowej.

**B. Recenzja rozprawy habilitacyjnej dr Marcina Motyki pt.: „Optyczne właściwości obszarów aktywnych laserów półprzewodnikowych na zakres średniej podczerwieni, wykorzystujących struktury z nieciągłością pasm typu drugiego”**

Na rozprawę habilitacyjną dr **Marcina Motyki** pt.: „Optyczne właściwości obszarów aktywnych laserów półprzewodnikowych na zakres średniej podczerwieni, wykorzystujących struktury z nieciągłością pasm typu drugiego” składa się 10 jednotematycznych publikacji opublikowanych w renomowanych pismach specjalistycznych o zasięgu światowym: cztery z nich w Applied Physics Letters, dwie w Journal of Applied Physics, dwie w Applied Physics Express i po jednej w Nanoscale Research Letters i Journal of Physics D: Applied Physics. Wszystkie wymienione czasopisma należą niewątpliwie do czasopism wiodących w dziedzinie fizyki stosowanej. W ośmiu spośród artykułów habilitacyjnych dr Motyka jest pierwszym autorem i jak oświadczają wszyscy współautorzy jego wkład w raportowane badania był dominujący.

Dr Motyka opatrzył artykuły składające się na jego rozprawę habilitacyjną obszernym przewodnikiem, który sam w sobie zasługuje na uwagę. Niewątpliwą zaletą tego przewodnika jest jego ogólny charakter, szeroko i przystępnie wprowadzający w istotę i fizykę zjawisk, które były przedmiotem badań habilitanta. W szczególności, część wstępna tego wprowadzenia poświęcona jest podstawom fizycznym i opisowi działania półprzewodnikowych laserów kaskadowych. Autor opisuje szczegółowo rolę nieciągłości pasm w takich urządzeniach. Omawia również konkretne przykłady struktur, które badał, przedstawia ich strukturę pasmową i procesy, które prowadzą do akcji laserowej.

Dwie z cyklu publikacji habilitacyjnych dr Motyki (A2 i A3) mają charakter techniczny. Opisują one w szczególności zbudowany przez habilitanta układ pomiarowy wykorzystujący spektrometr Fouriera. Układ ten służy do pomiarów emisyjnych i absorpcyjnych w obszarze podczerwieni. Habilitant opisuje również metodę szybkiej spektroskopii różnicowej. Cykl badań różnorodnych struktur półprzewodnikowych z nieciągłościami pasm drugiego typu będących przedmiotem habilitacji został wykonany przy użyciu układu pomiarowego opisanego w pracach A2 i A3. Prace A1, A4-A8, dotyczą badań studni kwantowych typu II AlSb/InAs/InGa(As)Sb będącymi obszarem aktywnym międzypasmowych laserów kaskadowych na zakres 2-8  $\mu\text{m}$ . Praca A1 poświęcona została wyznaczeniu optymalnych parametrów technologicznych wzrostu takich studni. Rezultatem tych badań, w sprzężeniu z technologią było otrzymanie sygnału fotoluminescencyjnego w temperaturze pokojowej a w konsekwencji wytworzenie pierwszego lasera emitującego fale długości 3.4  $\mu\text{m}$ . W następnych pracach autor skupił się na propozycjach modyfikacji obszaru aktywnego, w taki sposób, aby wzmocnić siłę oscylatora podstawowego przejścia optycznego, a w konsekwencji doprowadzić do wzmocnienia emisji laserowej. Modyfikacje te polegały np. na zastosowaniu potrójnych warstw InAs (w pracy A4), na modyfikacji materiału bariery poprzez zastosowanie czteroskładnikowych roztworów stałych zastosowaniu roztworów stałych GaInAsSb zamiast GaInSb (A5-A7), lub na inżynierii naprężenie studni poprzez zastosowanie warstw GaAsSb (A8). Badania dr Motyki wykazały, iż zastosowanie dodatkowych warstw InAs istotnie zwiększa siłę oscylatora podstawowego przejścia optycznego przy jednoczesnym przesunięciu emisji w stronę niższych energii. Dodanie Arsenu do warstw GaInSb prowadzi do podobnego efektu gdyż zwiększa energię wiązania dziur w pasmie walencyjnym. Efektem niepożądanym w tym przypadku okazała się jednak modyfikacja kształtu potencjału wiążącego spowodowana wzrostem koncentracji stanów zlokalizowanych na między-powierzchni InAs/GaInAsSb. Badania wykazały że zastosowanie warstw GaAsSb,

zwiększa stopień swobody w projektowaniu długości fali emisji oraz daje możliwość wytworzenia laserów średniej podczerwieni z polaryzacyjnie niezależną wiązką światła. W pracach A9, A10 autor skupił się na badaniach drugiego typu heterozłączy GaInAsSb/InGaAsSb, wykorzystywanych w laserach złączowych na zakres 3-4  $\mu\text{m}$ . Badania te skoncentrowane były na wyznaczeniu zależności pomiędzy przerwą wzbronioną a energią pasma spin-orbita. Dostarczyły one bardzo istotnych informacji do odpowiedniego zaprojektowania składów warstw celem zmniejszenia wpływu rekombinacji Augera i podniesienia temperatury laserowania.

Podsumowując, w swojej rozprawie habilitacyjnej dr Marcin Motyka przedstawił szereg ważnych wyników dotyczących własności optycznych struktur kwantowych z nieciągłością pasm wykorzystywanych jako obszary czynne laserów kaskadowych. Prace te są ważne zarówno z punktu widzenia badań podstawowych jak i z punktu widzenia zastosowań badanych materiałów i struktur. Uważam, że przedstawiona rozprawa habilitacyjna stanowi istotny wkład autora w pogłębienie wiedzy o zjawiskach optycznych zachodzących w takich układach. Stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki określone w ustawie i rozporządzeniu o stopniach naukowych. Ponieważ zarówno dorobek naukowy jak i rozprawę habilitacyjną dr Marcina Motyki oceniam bardzo wysoko, wnoszę o dopuszczenie habilitanta do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego



Grzegorz Karczewski