

Recenzja rozprawy habilitacyjnej doktora inżyniera Krzysztofa Ryczko

"Badanie wybranych struktur kwantowych związków III-V pod kątem poprawy parametrów pracy półprzewodnikowych emiterów promieniowania podczerwonego"

Uwagi ogólne

Rozprawa habilitacyjna doktora inżyniera Krzysztofa Ryczko wykonana została w Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur należącego do Katedry Fizyki Doświadczalnej Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Rozprawa oparta jest na 9 artykułach opublikowanych w międzynarodowych czasopismach naukowych w okresie 2012-2017. Cała kariera naukowa pana K. Ryczko związana była z tym Wydziałem.

Ocena osiągnięcia naukowego

Przedstawiony przez dr inż. K. Ryczko zestaw prac składa się z dziewięciu pozycji, w tym:

- Praca H1. Journal of Applied Physics (2014), (IF=2.183), cytowania-0; wkład K. R.- 75%
- Praca H2. Journal of Applied Physics (2012), (IF=2.21), cytowania-5; wkład K. R.- 55%
- Praca H3. Journal of Applied Physics (2013), (IF=2.185), cytowania-6; wkład K. R.- 35%
- Praca H4. Optical Materials (2012), (IF=1.918), cytowania-9; wkład K. R.- 35%
- Praca H5. Journal of Applied Physics (2013), (IF= 2,185), cytowania-13; wkład K. R.- 75%
- Praca H6. Journal of Applied Physics (2015), (IF=2.101), cytowania-3; wkład K.R.- 35%
- Praca H7. Applied Physics Express (2015), (IF=2.265), cytowania-5; wkład K. R.- 75%
- Praca H8. AIP Advances (2016), (IF=1.444), cytowania 1; wkład K. R.- 80%
- Praca H9. AIP Advances (2017) (IF=1.444), cytowania 1; wkład K. R.- 50%R.

Ostatnia informacja dla każdej z prac dotyczy zadeklarowanego przez dr inż. K. Ryczko jego wkładu w ich realizację.

Dr K. Ryczko jest pierwszym autorem siedmiu z dziewięciu prac tworzących osiągnięcie. Wszystkie prace są wieloautorskie i ich współczynnik oddziaływania (IF) waha się pomiędzy 1.444 i 2.265. Maksymalna ilość cytowań to 13. Z tym, że zawierają one sporo autocytaowań. 5 prac zostało opublikowanych w Journal of Applied Physics, które mimo niezbyt wysokiego IF cieszy się dobrą opinią wśród autorów ze środowiska zastosowań półprzewodników.

Wkład habilitanta w wyniki prezentowane w pracach H1-H9, to przede wszystkim solidnie wykonane obliczenia metodą $k \cdot p$ struktury pasmowej, w tym przerwy energetycznej, masy efektywnej, prawdopodobieństwa przejść optycznych (przekrycia funkcji falowych oraz

siły oscylatora), funkcji wzmocnienia dla struktur kwantowych trzech grup półprzewodników, emitujących światło w zakresie podczerwieni:

- 1) Kreski kwantowych w systemie InAs/InP ;
- 2) Studni kwantowych rozrzedzonych azotków InGaAsN/GaAsN/GaAs;
- 3) Studni kwantowych II-typu opartych o InAs/GaInSb, InAs/GaInAsSb oraz AlSb/InAs, GaAsSb na podłożu GaSb (lub InAs).

Wszystkie przeprowadzone obliczenia wiązały się z zagadnieniami emisji światła, głównie w układach laserowych wykorzystujących wyżej wymienione systemy. Miały na celu głębsze zrozumienie obserwowanych zjawisk lub propozycję zwiększenia efektywności emisji światła. 6 prac w przedstawionym zestawie zostało opublikowanych we współpracy z badaczami z Uniwersytetu w Würzburgu. Z tego ośrodka pochodziły również struktury badane eksperymentalnie w kilku pracach z zestawu H1-H9.

Według oświadczeń habilitanta, wspartych oświadczeniami znacznej części współautorów prac wchodzących w skład rozprawy, wkład dr inż. K. Ryczko w ich realizację był zasadniczy. Stwierdzam ten fakt „z obowiązku”, gdyż uważam wymagania na temat tych oświadczeń za niezręczne i niepotrzebne. W omawianym przypadku fakt zajmowania w większości prac H1-H9 pierwszego miejsca na liście autorów przekonuje mnie w wystarczającym stopniu o decydującym udziale habilitanta w ich powstaniu.

Poniżej omawiam nieco dokładniej przedstawione w rozprawie habilitacyjnej prace:

Znaczenie prac H1-H9 wynika z klarownie sformułowanych problemów wymagających rozwiązania. Dotyczą one zjawisk fundamentalnych charakteryzujących współcześnie wytwarzane struktury kwantowe jak również związanych z nimi zastosowań optoelektronicznych:

i) anizotropowe, nanometryczne „daszki” kwantowe z InAs, tworzące się na powierzchni heterostruktur InAs/InGaAlAs otrzymywanych epitaksjalnie na podłożu InP (H1). W polskiej nomenklaturze takie nanostruktury określane są jako kreski kwantowe. Mogą one ze sobą oddziaływać wymieniając nośniki, głównie na drodze tunelowania. Olbrzymia gęstość powierzchniowa kresek kwantowych (nawet 10^{11} cm⁻²) stanowi o przydatności takich systemów w obszarze aktywnym laserów półprzewodnikowych i wzmacniaczy optycznych. Innymi ważnymi atutami są łatwość uzyskania żądanej długości fali emitowanego promieniowania i bardzo szeroka funkcja wzmocnienia, wynikająca z niejednorodności zbioru kresek kwantowych. W pracy H1 zbudowano modele kresek kwantowych sprzężonych w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku wzrostu struktury, obliczono zależności energii przejść optycznych od rozmiarów kreski dla różnych temperatur.

ii) struktury kwantowe ze studniami zawierającymi rozrzedzone azotki (od ułamka do kilku procent azotu w matrycy GaAs lub InGaAs). Azot wprowadza stany zlokalizowane wewnątrz przerwy energetycznej GaAs a ich położenie zależy od koncentracji azotu (H2, H3). Wiąże się z tym zmiana wielkości przerwy energetycznej. W obu pracach podkreślono, że ich inspiracją w znacznej mierze była chęć wykazania przydatności tych materiałów do konstrukcji wydajnego lasera polarytonowego z silnym sprzężeniem ekscytonów ze studni kwantowej z modami fotonicznymi wnęki rezonansowej. W pracy H2 pokazano, że siła oscylatora studni kwantowej InGaAsN/GaAsN/GaAs emitującej światło w 1.3 μm, jest silnie zależna od wartości nieciągłości pasm (band off-sets) na międzypowierzchniach. Doniesienia na ten temat były sprzeczne. Wykazano również, że pomimo redukcji przekrycia funkcji falowych elektronu i dziury wraz ze wzrostem zawartości azotu, intensywność przejść ekscytonowych może się zwiększyć, ze względu na silny wzrost masy ekscytonu.

W pracy **H3** przeprowadzono doświadczalne badania przejść optycznych w $\text{GaAs}_{1-x}\text{N}_x/\text{GaAs}$ dla struktur o różnych wartościach x i różnych szerokościach studni. Wyniki te wykorzystano do porównania z rezultatami obliczeń metodą **k, uzyskując zweryfikowane wartości nieciągłości pasm;**

iii) najwięcej prac **H4—H9**, dotyczy heterostruktur ze studniami kwantowymi II-go rodzaju, w tym struktur o kształcie krawędzi pasm przypominającym literę W („W-shape”), wykorzystywanych do budowy międzypasmowych laserów kaskadowych. Najczęściej stosowaną tu sekwencją materiałów jest $\text{AlSb}/\text{InAs}/\text{GaInSb}/\text{AlSb}$. Rekombinacja promienista, będąca przejściem skośnym w przestrzeni rzeczywistej, „wykorzystuje” elektrony ze studni InAs i dziury ze studni GaInSb .

W pracy **H4** porównano wyniki pomiarów fotoluminescencji i fotoodbicia na próbkach z podwójnymi studniami InAs (W-shape) o różnych szerokościach. Wykazują one przejścia optyczne w obszarze widmowym pomiędzy 2 i 5 μm . Jest to obszar odpowiadający liniom absorpcyjnym gazów (n.p. CO , CO_2 , NH_3 , HCl) wywołujących groźne dla otoczenia zanieczyszczenia. Zastosowane struktury mogą więc być wykorzystane w laserach kaskadowych, jako część składowa detektorów gazów. Zadaniem habilitanta było przeprowadzenie obliczeń w ramach 8-pasmowego modelu **k

\text{InAs} oraz stopniem asymetrii grubości dwóch zastosowanych studni InAs .**

W pracy **H5** habilitant zaproponował wykorzystanie w strukturze lasera kaskadowego materiału czteroskładnikowego GaInAsSb do stworzenia studni dla dziur (zamiast GaInSb).

Umożliwia to wykorzystanie takich struktur do konstrukcji laserów kaskadowych działających w szerszym zakresie średniej podczerwieni (od poniżej 3 do powyżej 10 μm).

Rozważono użycie dwóch typów podłoży GaAs i InAs oraz wpływ przyłożonego pola elektrycznego. Obliczenia położenia poziomów energetycznych, funkcji falowych elektronów i dziur oraz całek przekrycia przeprowadzono w ramach 8-pasmowego modelu **k**

W pracy **H6** zaproponowano zastosowanie w tym samym celu trzech warstw InAs (zamiast dwóch) jako studni kwantowych dla elektronów i dwóch warstw GaInSb (zamiast jednej) jako studni kwantowych dla dziur. Wyniki przewidywań teoretycznych wykazały bardzo dobrą zgodność z rezultatami pomiarów widm fotoodbicia dla wytworzonych, wybranych struktur laserowych.

Praca **H7** jest pracą teoretyczną, nie zawiera wyników pomiarów na próbkach zwykle wytwarzanych przez partnerów z Uniwersytetu w Würzburgu. Jej autorzy pochodzą z macierzystej jednostki dr inż. K. Ryczko. Praca **H7** miała 3 cele do osiągnięcia: zaproponowanie modyfikacji struktur ze studniami kwantowymi typu II, mniej wrażliwych na fluktuacje parametrów warstwy czynnej (powstających w wyniku procesu wzrostu epitaksjalnego), emisję promieniowania w zaplanowanym obszarze podczerwieni. Dodatkowo winny charakteryzować się dużym prawdopodobieństwem przejść promienistych. Stosując wspomniany poprzednio model obliczeń, przeanalizowano zależności położenia energetycznych krawędzi pasm przewodnictwa i walencyjnego dla struktur z różną zawartością As w obszarze studni dla dziur, wykonanej z $\text{GaAs}_x\text{Sb}_{1-x}$. Wprowadzenie zmiennej koncentracji anionów indukuje zmianę naprężenia w strukturze. W szczególności oryginalną koncepcją było rozważenie wpływu naprężenia rozciągającego na

W pracy **H3** przeprowadzono doświadczalne badania przejść optycznych w $\text{GaAs}_{1-x}\text{N}_x/\text{GaAs}$ dla struktur o różnych wartościach x i różnych szerokościach studni. Wyniki te wykorzystano do porównania z rezultatami obliczeń metodą **k, uzyskując zweryfikowane wartości nieciągłości pasm;**

iii) najwięcej prac **H4—H9**, dotyczy heterostruktur ze studniami kwantowymi II-go rodzaju, w tym struktur o kształcie krawędzi pasm przypominającym literę W („W-shape”), wykorzystywanych do budowy międzypasmowych laserów kaskadowych. Najczęściej stosowaną tu sekwencją materiałów jest $\text{AlSb}/\text{InAs}/\text{GaInSb}/\text{AlSb}$. Rekombinacja promienista, będąca przejściem skośnym w przestrzeni rzeczywistej, „wykorzystuje” elektrony ze studni InAs i dziury ze studni GaInSb .

W pracy **H4** porównano wyniki pomiarów fotoluminescencji i fotoodbicia na próbkach z podwójnymi studniami InAs (W-shape) o różnych szerokościach. Wykazują one przejścia optyczne w obszarze widmowym pomiędzy 2 i 5 μm . Jest to obszar odpowiadający liniom absorpcyjnym gazów (n.p. CO , CO_2 , NH_3 , HCl) wywołujących groźne dla otoczenia zanieczyszczenia. Zastosowane struktury mogą więc być wykorzystane w laserach kaskadowych, jako część składowa detektorów gazów. Zadaniem habilitanta było przeprowadzenie obliczeń w ramach 8-pasmowego modelu **k

\text{InAs} oraz stopniem asymetrii grubości dwóch zastosowanych studni InAs .**

W pracy **H5** habilitant zaproponował wykorzystanie w strukturze lasera kaskadowego materiału czteroskładnikowego GaInAsSb do stworzenia studni dla dziur (zamiast GaInSb).

Umożliwia to wykorzystanie takich struktur do konstrukcji laserów kaskadowych działających w szerszym zakresie średniej podczerwieni (od poniżej 3 do powyżej 10 μm).

Rozważono użycie dwóch typów podłoży GaAs i InAs oraz wpływ przyłożonego pola elektrycznego. Obliczenia położenia poziomów energetycznych, funkcji falowych elektronów i dziur oraz całek przekrycia przeprowadzono w ramach 8-pasmowego modelu **k**

W pracy **H6** zaproponowano zastosowanie w tym samym celu trzech warstw InAs (zamiast dwóch) jako studni kwantowych dla elektronów i dwóch warstw GaInSb (zamiast jednej) jako studni kwantowych dla dziur. Wyniki przewidywań teoretycznych wykazały bardzo dobrą zgodność z rezultatami pomiarów widm fotoodbicia dla wytworzonych, wybranych struktur laserowych.

Praca **H7** jest pracą teoretyczną, nie zawiera wyników pomiarów na próbkach zwykle wytwarzanych przez partnerów z Uniwersytetu w Würzburgu. Jej autorzy pochodzą z macierzystej jednostki dr inż. K. Ryczko. Praca **H7** miała 3 cele do osiągnięcia: zaproponowanie modyfikacji struktur ze studniami kwantowymi typu II, mniej wrażliwych na fluktuacje parametrów warstwy czynnej (powstających w wyniku procesu wzrostu epitaksjalnego), emisję promieniowania w zaplanowanym obszarze podczerwieni. Dodatkowo winny charakteryzować się dużym prawdopodobieństwem przejść promienistych. Stosując wspomniany poprzednio model obliczeń, przeanalizowano zależności położenia energetycznych krawędzi pasm przewodnictwa i walencyjnego dla struktur z różną zawartością As w obszarze studni dla dziur, wykonanej z $\text{GaAs}_x\text{Sb}_{1-x}$. Wprowadzenie zmiennej koncentracji anionów indukuje zmianę naprężenia w strukturze. W szczególności oryginalną koncepcją było rozważenie wpływu naprężenia rozciągającego na

uwięzienie kwantowe dziur w obszarze studni GaAsSb. Wskazano korzyści płynące z faktu wytworzenia grubszych studni, umożliwiających wytworzenie laserów kaskadowych mniej wrażliwych na fluktuacje parametrów wzrostu.

Praca **H8** jest dwuautorska i ma charakter teoretyczny (podobnie jak praca H7). Dotyczy również struktur laserowych typu II (W-design) AlSb/InAs/GaAsSb/InAs/AlSb w kontekście analizy funkcji wzmocnienia i wkładu dwóch liniowych polaryzacji światła TE i TM, rozchodzącego się wzdłuż płaszczyzny warstwy aktywnej lasera. W przeprowadzonej analizie wzięto pod uwagę obecność przyłożonego pola elektrycznego określającego warunki pracy działającego przyrządu. Autorzy zaproponowali konstrukcję obszaru czynnego lasera zapewniającą wytworzenie emitera światła podczerwonego z możliwością sterowania własnościami polaryzacyjnymi. Dodatkowo przedstawiono interesujące i oryginalne rozwiązanie zapewniające uzyskanie wzmocnienia niezależnego od polaryzacji światła dla podczerwonych laserów kaskadowych emitujących światło o długości fali około 3 μm .

Praca **H9**, opublikowana w 2017 r., nawiązuje do spektroskopowych zastosowań laserów podczerwonych w celu selektywnej analizy chemicznej w wielu dziedzinach. Stosowane rozwiązania dotyczą grzebieni częstotliwości o szerokim widmie promieniowania, zawierającym równo-odległe linie świecenia o charakterze koherentnym.

Dla uzyskania grzebieni częstości w obszarze średniej podczerwieni ważną konstrukcją jest laser z synchronizacją modów. W omawianej pracy autorzy koncentrują się na konstrukcjach obszarów aktywnych z pasywną synchronizacją modów w międzypasmowym laserze kaskadowym. Umożliwia ona generację ultrakrótkich impulsów. Taki mod pracy osiąga się w układzie połączonych monolitycznie ośrodka czynnego, generującego wzmocnienie i obszaru absorbującego (saturable absorber). Uzyskane wyniki pokazują, że wprowadzenie wielokrotnych studni kwantowych InAs, rozważanych już w pracy H6, w typie II studni kwantowych InAs/GaInSb lub wprowadzenie rozciągająco naprężonej warstwy GaAsSb do studni kwantowych o charakterze „W-shape”. Stwarza to możliwość uzyskania nowych własności przyrządu z synchronizacją modów. Wymaga to realizacji istotnie różnych wartości siły oscylatora (i związanych z tym charakterystycznych czasów życia) dla dwóch odwrotnie spolaryzowanych zewnętrznym napięciem części takiego lasera.

Podsumowując:

Do najważniejszych osiągnięć dr inż. Krzysztofa Ryczko świadczących o wystarczającym przygotowaniu do samodzielnej pracy badawczej i do tworzenia zespołu badawczego, należą w mojej opinii:

1. Opanowanie aparatu obliczeniowego bazującego na metodzie **k, umożliwiającego opis, analizę i interpretację wielu efektów fizycznych w półprzewodnikowych strukturach kwantowych.**
2. Umiejętność doboru w pracy badawczej ważnych zagadnień reprezentujących obszar istotny dla zastosowań w dziedzinie różnych emiterów światła w obszarze bliskiej i średniej podczerwieni. Należały do nich lasery na kreskach kwantowych, lasery polarytonowe bazujące na rozrzedzonych azotkach, lasery kaskadowe

wykorzystujące studnie kwantowe II-go rodzaju (również „W-shape”) oraz międzypasmowe lasery kaskadowe dla pasywnej synchronizacji modów .

3. Umiejętność wykorzystania informacji o własnościach laserów kaskadowych wykorzystujących studnie kwantowe II-go rodzaju (również „W-shape”) w kolejnych pracach zawierających propozycje poprawy ich własności lub rozszerzenia obszaru zastosowań.
4. Przyjęty w rozprawie dobór 3 rodzin półprzewodnikowych o różnorodnym składzie chemicznym i strukturze pasmowej modyfikowanej w procesach wzrostu epitaksjalnego spowodował, że habilitant stał się ekspertem w znacznym obszarze fizyki półprzewodników i ich zastosowań.

W recenzowanej Rozprawie brakowało mi pewnego obszaru zagadnień, moim zdaniem ważnego ze względu na złożoną naturę potrójnych i poczwórnych stopów półprzewodnikowych wykorzystywanych do wytworzenia analizowanych heterostruktur. Ten niedosyt wynika z braku informacji dotyczących wpływu odstępstw w realnych strukturach od założonych parametrów. Takich jak szerokości obszarów epitaksjalnych, odstępstw od ściśle określonej atomowej szerokości międzypowierzchni. Odbywa się to w wyniku interdyfuzji niektórych pierwiastków pomiędzy różnymi obszarami analizowanych struktur. Takie podejście dziwi recenzenta ponieważ w dorobku habilitanta są prace na ten temat (M. Motyka i inni, Nanoscale Research Letters (2015), K. Ryczko i inni, J. Applied Physics (2011)).

Druga uwaga dotyczy trudności pojawiających się w kilku przypadkach prowadzonej przez recenzenta oceny osiągnięcia. Chodzi o możliwość pełnego rozeznania elementów oryginalności zawartych w pracach H1- H9 w stosunku do prac publikowanych wcześniej z udziałem dr inż. K. Ryczko. Fakt ten nie obniża mojej ogólnej, pozytywnej oceny działalności habilitanta ale nieco utrudnia określenie okresu przygotowania habilitacji określonej na podstawie dat ukazania się prac H1-H9 (2012-2017).

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Stopień magistra inżyniera dr inż. K. Ryczko uzyskał w 1996 r. w zakresie specjalności: Fizyka Ciała Stałego. Tytuł pracy to: „Wpływ ekscytonów na podstawowe przejścia optyczne półprzewodników w obecności zewnętrznego pola elektrycznego” . A stopień doktora nauk fizycznych (tytuł rozprawy: „Właściwości ekscytonów w modulacyjnie domieszkowanych heterozłączach $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ ”), uzyskał w 2000 r. Promotorem w obu przypadkach był prof. dr hab. inż. Jan Misiewicz. Realizacja pracy doktorskiej zaowocowała publikacją 5 prac.

Badania prowadzone po uzyskaniu stopnia doktora, niezwiązane z tematyką rozprawy habilitacyjnej

Uważam, że również w tym obszarze dr inż. Krzysztof Ryczko działał w aktualnej i atrakcyjnej tematyce. Podstawę tej działalności stanowiło opracowanie i szerokie stosowanie szeregu metod i programów komputerowych służących do: obliczania energii i funkcji falowych różnych heterostruktur półprzewodnikowych w obecności naprężeń i pola elektrycznego oraz przyłożonego pola magnetycznego, obliczania g-czynnika oraz energii i innych własności ekscytonów.

Chciałbym tu wspomnieć o pomiarach i opisie teoretycznym zagadnień związanych z rozszczepieniem spinowym ekscytonów w jednostronnie domieszkowanej węglem studni kwantowej GaAs (J. Jadcak, M. Kubisa, K. Ryczko, i inni. Phys. Rev. B **86**, 245401 (2012)). Ciekawe wyniki uzyskano również w pracy: “Optical transitions and band gap

discontinuities of GaInAsSb/AlGaAsSb quantum wells emitting in the 3 μm range determined by modulation spectroscopy”_, M. Motyka, G. Sęk, K. Ryczko, i inni, J. Appl. Phys. **106**, 066104 (2009). Przeprowadzone obliczenia struktury pasmowej umożliwiły identyfikację przejść optycznych obserwowanych w pomiarach fotoodbicia. Są one jednoznacznie opisane przez 85% nieciągłość pasma przewodnictwa w tej heterostrukturze. Dość zaskakująco, nieciągłość ta nie zależy od stosunku As/Sb w składzie chemicznym zarówno studni jak i barier kwantowych.

W ramach działalności naukowej dr inż. K. Ryczko nie ujętej w jego rozprawie habilitacyjnej powstało kilkadziesiąt prac naukowych.

Ocena aktywności naukowej - podsumowanie

Dorobek naukowy dr inż. Krzysztofa Ryczko

Istotne osiągnięcia dr inż. K. Ryczko w ramach jego działalności naukowej charakteryzuje wysoki indeks Hirscha - 15, ilość opublikowanych prac w czasopismach z listy filadelfijskiej to 96, a ilość cytowań (bez autocytowań) to 458. O wysokim poziomie jego publikacji świadczy lista czasopism, w których się ukazały: Physical Review B - 6 prac; Applied Physics Letters - 11 prac; Journal of Applied Physics - 11 prac.

Należy podkreślić jego aktywny udział we współpracy z kilkoma znanymi światowymi ośrodkami naukowymi. Mniej efektownie jego obecność w środowisku międzynarodowym przekładała się na powierzanie mu wygłaszania wykładów zaproszonych na konferencjach międzynarodowych (tylko jeden przypadek). Jego udział z prezentacjami w międzynarodowych konferencjach ograniczał się głównie do Międzynarodowej Szkoły Fizyki Związków Półprzewodnikowych „Jaszowiec”.

Dr inż. K. Ryczko brał udział w realizacji 5-ciu projektów w ramach europejskich Programów Ramowych (jako główny wykonawca w dwóch) i w 4 projektach krajowych agencji finansujących badania.

Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski

Wiele działań habilitanta mieści się w wątku działalności dydaktycznej. Przykładowo, przygotował i dwukrotnie prowadził wykłady z fizyki dla dwóch wydziałów Politechniki Wrocławskiej. Prowadził wkłady, ćwiczenia i laboratorium z fizyki ogólnej dla kilku wydziałów oraz ćwiczenia z Mechaniki Kwantowej i Fizyki Ciała Stałego.

Był promotorem 3 prac magisterskich i 1 pracy inżynierskiej. Był w dwóch kadencjach członkiem komisji programowej dla kierunku studiów: Fizyka Techniczna.

Udział w działalności popularyzującej naukę (np. prowadził wykłady szerokiego programu kształcenia młodzieży – Studium Talent). Pełnił funkcję Sekretarza w komitetach organizacyjnych 9-ciu konferencji naukowych.

Był również recenzentem ponad 20 artykułów naukowych w czasopismach takich jak: Appl. Phys. Lett., J. Applied Phys., superlattices and microstructures, Solid State Communications i innych.

Podsumowanie

Reasumując stwierdzam, że zawartość merytoryczna pracy habilitacyjnej dr inż. Krzysztof Ryczko 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. Trochę dziwi w tym kontekście spory okres czasu, który upłynął od momentu uzyskania stopnia doktora inżyniera.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa habilitacyjna zawiera rezultaty stanowiące wkład do fizyki półprzewodników. Uznaję, że spełnione zostały wymagania określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Wnioskuje o nadanie dr Krzysztofowi Ryczko stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie fizyka.

Tadeusz Suski