Warszawa, dnia 16.11.2023 r.

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Instytut Systemów Elektronicznych

KWESTIONARIUSZ – RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY NAUKOWEJ WYDZIAŁU ELEKTRYCZNEGO POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ

Tytuł rozprawy: Opracowanie światłowodu aktywnego wykazującego efekt plazmonowy

Autor rozprawy: ***mgr inż. Karol Czajkowski***

Podstawą recenzji jest uchwała Rady Naukowej Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej nr.7/2023 z dnia 25 października 2023 r. w sprawie powołania Komisji Doktorskiej i wyznaczenia przewodniczącego w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr inż. Karolowi Czajkowskiemu, oraz pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej prof. dr hab. inż. Andrzeja Sikorskiego z dnia 31.10.2023 r. w sprawie powołania wymienionej Komisji Doktorskiej. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Jacek M. Żmojda, profesor uczelni. Promotorem pomocniczym jest dr inż. Magdalena Leśniak.

1. **Jaka jest obecność i pozycja Doktoranta w środowisku zawodowym i naukowym, zapisy bibliometryczne, publikacje w szczególności związane z pracą doktorską, zespół i otoczenie laboratoryjne Doktoranta?**

Mgr inż. Karol Czajkowski jest doktorantem w Katedrze Fotoniki, Elektroniki i Techniki Świetlnej, Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka. Doktorant działa w bardzo dobrym zespole naukowym technologii i fotoniki światłowodowej o kilkudziesięcioletniej tradycji badawczej. Zespół ten o znacznych osiągnięciach naukowych w skali międzynarodowej i krajowej został utworzony i był kierowany przez długi czas przez profesora Jana Dorosza. Obecnie kierowany przez młodych uczonych, wychowanków prof.J.Dorosza, nadal osiąga znakomite rezultaty naukowe w obszarze technologii światłowodowych i optoelektroniki. W takim środowisku badawczym działa doktorant. Takie sprzyjające środowisko i tradycja dobrej pracy naukowej znakomicie ułatwia osiągnięcie sukcesu badawczego przez kolejnego doktoranta wypromowanego w tym zespole. Doktorant skorzystał z tej szansy, nie zmarnował okazji i powstała bardzo dobra praca doktorska. Praca jest usytuowana w samym środku aktywnej tematyki badawczej prowadzonej obecnie przez zespół i dokłada się efektywnie do szerszego frontu badawczego nad specjalizowanymi światłowodami aktywnymi.

W portalu Baza Wiedzy Politechniki Białostockiej doktorant posiada zapis osobisty. Parametry bibliometryczne tam wymienione są następujące: liczba publikacji 13, sumaryczny IF ponad 1,5; sumaryczny SNIP ok. 4,2; wskaźnik CiteScore ok.7; sumaryczna punktacja MEiN 207. Główne publikacje doktoranta obejmują okres 2013-2015 i rok 2021. W BW PB znajduje się link do profilu doktoranta w bazie Scopus. BW PB określa obszary badawcze

doktoranta jako pręty szklane domieszkowane ziemiami rzadkimi, plazmonika, optoelektronika i elektronika. Publikacje w BW PB obejmują okres 2013-2021. Jedna publikacja jest samodzielna jednoautorska opublikowana w Przeglądzie Elektrotechnicznym w roku 2015 pt. Światłowód mikrostrukturalny ko-domieszkowany jonami Yb3+/Tm3+ do badania właściwości cieczy. Pozostałe publikacje są opracowane w zespole z promotorem i światłowodowym zespołem badawczym, wymienionej powyżej katedry pod kierownictwem prof. Marcina Kochanowicza.

W roku 2013 doktorant publikuje ze współautorami 4 prace, dwie w czasopismach Photonics Letters of Poland i Inżynieria Materiałowa, oraz dwie konferencyjne w Proc. SPIE Photonics Applications. Wszystkie te prace dotyczą badań nad szkłami aktywnymi dla światłowodów. W roku 2014 publikuje, ze współautorami, 5 prac konferencyjnych na XV konferencji Światłowody i ich Zastosowania, oraz w Proc. SPIE Photonics Applications. Podobnie jak w roku poprzednim tematyka prac dotyczy szkieł i światłowodów aktywnych. W roku 2015 publikuje ze współautorami dwie prace w czasopismach Przegląd Elektrotechniczny oraz Optical and Quantum Electronics. Obie prace dotyczą struktur światłowodowych dla celów czujnikowych biologicznych. W roku 2018 publikuje ze współautorami na konferencji COST Advanced fibre lasers pracę pt. Nanocomposite optical fibers doped with rare earth ions and nanoparticles for photonic applications. W roku 2021 publikuje ze współautorami pracę w Photonics Letters of Poland pt. Optical properties of antimony-borate glass rods co-doped with Eu3+/Ag+ ions.

W bazie krajowej danych naukowych Polon OPI PIB PBN Polska Bibliografia Naukowa doktorant posiada skromny niewypełniony profil osobowy oraz zapis bibliograficzny kilku publikacji, w tym z roku 2015. Zdziwienie budzi fakt, że oficjalna krajowa baza bibliograficzna firmowana przez MEiN nie jest uzupełniana. Publikacja Capillary waveguide biosensor indeksowana w PBN jest dostępna w otwartej wersji w portalu wydawcy Springer Link [s11082-014-0013-1]. Artykuł o biosensorze kapilarnym dotyczy pomiaru natężenia fluorescencji i detekcji koncentracji barwnika. Mierzono różne koncentracje barwnika i kalibrowano sensor do pomiarów fluoroforowych markerów nowotworowych takich jak dinukleotydu nikotynomidoadeninowego i flawiny.

Doktorant nie ma żadnego zapisu w bazie ORCID, mimo posiadania osobistej strony z indeksem [0000-0003-0098-5447]. Podobnie jest z bazą Scholar. W bazie Scholar, pośrednio poprzez współautorów, posiada wskaźniki bibliometryczne H=2 oraz cytowania C=11.

W bazie Scopus doktorant posiada zapis 8 dokumentów oraz wskaźniki H=3, C=16, okres publikacji 2013-2021. Ostatnia publikacja doktoranta w bazach to Optical properties of antimony-borate glass rods doped with Eu3+/Ag+ ions, Photonics Letters of Poland z roku 2021. Zastanawia brak dalszych publikacji doktoranta w latach 2022 i 2023. W bazie Web of Science wskaźniki doktoranta wynoszą: liczba indeksowanych publikacji 7, H=2 a liczba cytowań C=10. Zapisy są analogiczne do Scopusa. W bazie SPIE.org i publikacji SPIE Digital Library doktorant posiada zapis publikacji z wydawnictwa konferencyjnego Proceedings of SPIE, oraz autorski profil osobisty [Karol.Czajkowski-4331?SSO=1]. W bazie SPIE znajduje się 5 prac opublikowanych we współautorstwie na konferencjach SPIE. W bazie SPRINGER Link doktorat posiada zapis jednej publikacji opublikowanej, ze współautorami, w czasopiśmie Optical and Quantum Electronics w roku 2014 pt. Capillary waveguide biosensor.

W społecznościowej, zawodowej bazie LinkedIn doktorant posiada od roku 2018 zapis autorski [karol-czajkowski-998237b5]. Jest tam przedstawiona historia zawodowa doktoranta. Studia na Politechnice Białostockiej 2012-2016, i następnie jako doktorant. Wymieniona jest także praca w Instytucie Technologii Innowacyjnych EMAG.

Dorobek publikacyjny doktoranta jest skupiony wokół tematyki rozprawy doktorskiej i w odpowiedni sposób widoczny, oceniony i dostępny publicznie w naukowej sieci Internet. Wysiłek publikacyjny był skupiony w latach 2013-15 oraz 2021. Z tamtych lat pochodzi umiarkowana lecz wystarczająca liczba cytowań odzwierciedlająca zainteresowanie środowiska naukowego pracami doktoranta i współautorów. Widać, że doktorant w ostatnim czasie skupił się na opracowaniu i redakcji rozprawy doktorskiej. Z publicznego dorobku widać także, że doktorant nie kontynuuje kariery badawczej. Aktywne prace naukowe kończą się jakiś czas temu i nie są prowadzone dalej.

Podsumowując, recenzent stwierdza, że otwarta publiczna obecność doktoranta i jego dorobku w naukowych bazach danych bibliometrycznych i repozytoryjnych jest wystarczająca z nadmiarem dla młodego uczonego starającego się o stopień doktora nauk inżynieryjno - technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Dorobek ten jest związany tematycznie z obszarem badawczym rozprawy doktorskiej.

2. **Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Obszarem badawczym w którym działa doktorant jest technologia światłowodowa, a w szczególności technologia światłowodów aktywnych nietelekomunikacyjnych. Do wytworzenia projektowanego przez siebie światłowodu wykorzystuje szkło nanokompozytowe zawierające nanocząstki metali szlachetnych. Powołuje się na liczne materiały źródłowe wskazujące istotność i aktualność tej tematyki badawczej. Podaje przykłady rozwiązań technologicznych i zastosowań adekwatne w pewnym sensie do obszaru własnych prac badawczych. Ten obszar określa ogólnie terminem nanofotonika. W tym obszarze podkreśla znaczenie efektów plazmonowych w fotonice i ich potencjalne zastosowania dla przetwarzania informacji. Jeśli chce wykonywać światłowód ze szkieł nanokompozytowych z efektem plazmonicznym tak aby rzeczywiście móc obserwować plazmony na powierzchni nanocząstek metalicznych to takie zadanie jest bardzo wymagające i odpowiednie dla realizacji technologicznej pracy doktorskiej.

Zaistnienie efektu plazmonicznego w światłowodzie może wykazać poprzez zwiększoną absorpcję pasmową charakterystyczną dla zjawiska, rozpraszanie koherentne, wzmocnienie lub emisję promieniowania. Konieczna jest umiejętność kontroli procesu rozproszenia nanocząstek w osnowie szklanej, ich gęstość objętościową, odległości, orientacji, ewentualnie oddziaływania, odporność na obróbkę termiczną, itp. Potencjalna kontrola technologiczna tak wielu parametrów stanowi podstawę do budowy fotoniczno-plazmonicznych elementów funkcjonalnych. Takie elementy mogą być zapewne kompatybilne ze światłowodem włóknistym o standaryzowanych rozmiarach i właściwościach refrakcyjnych. Jeśli światłowód aktywny domieszkowany jonami lantanowców dodatkowo zawiera odpowiednio rozproszone nanocząstki metali szlachetnych doktorant powinien zaobserwować odpowiednie zwiększenie sygnału luminescencji. To elementarny dowód na prawidłowo wykonaną pracę technologiczną. Ale to dopiero początek. Dalej są elemety funkcjonalne zbudowane z takiego światłowodu. Na ile doktorant pójdzie później dalej z ewentualnym opracowaniem fotoniczno-plazmonicznego komponentu funkcjonalnego?

Na razie stawia tezę ostrożnie i minimalistycznie w postaci: możliwe jest opracowania światłowodu współ-domieszkowanego jonami lantanowców oraz nanocząstkami metali szlachetnych, wykazującego efekt plazmonowy. Taką ogólną tezę i cel pracy dzieli na

bardziej konkretne zadania realizacyjne. Zakłada wytworzenie szkieł optycznych współdomieszkowanych lantanowcami i nanocząstkami metalicznymi. Bada właściwości strukturalne, termiczne oraz spektroskopowe takich wytworzonych szkieł w zależności od parametrów współdomieszkowania. Bada procesy zachodzące w czasie wysokotemperaturowych etapów wytwarzania i wygrzewania szkła docelowego. Analizuje mechanizmy oddziaływania cząstek w szkłach domieszkowanych jonami europu i dysprozu. Wytwarza światłowód z szkieł współdomieszkowanych i charakteryzuje go w podstawowy sposób.

Zagadnienie naukowe i tezę rozprawy autor przedstawia w dedykowanym temu rozdziale 5 następującym po wprowadzających rozdziałach ogólnie opisowych i analitycznych doktoratu. Po przedstawieniu tezy autor omawia szczegółowo prace eksperymentalne i laboratoryjne. Teza i cele pracy zostały przedstawione jasno i dość skrótowo. Praca ma charakter głównie doświadczalny, technologiczny ale zagadnienia technologiczne są w odpowiedni sposób przedstawione na szerszym ale adekwatnym tle analitycznym i teoretycznym.

3. **Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań / świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonywujący?**

Praca doktorska zawiera dość znaczną liczbę odwołań literaturowych bo aż do 123 pozycji. Powołania są dość równomiernie rozłożone w treści pracy. We wstępie, literatura [1-16], autor odnosi się do publikacji o szkłach nanokompozytowych zawierających nanocząsteczki metali szlachetnych, ich właściwości fizykochemicznych, optycznych, zjawiska plazmonowego, szczegółów kwantowych kolektywnych procesów elektronowych na powierzchni nanocząstek i ich oddziaływanie na bezpośrednie sąsiedztwo, wpływu tych procesów na właściwości optyczne osnowy szklanej. Te powołania literaturowe odnosi finalnie do światłowodu plazmonicznego stosowanego do budowy czujników, ale na stronie 8 rozprawy zapomina chyba odwołać się do literatury [17] bo gdzie indziej w tekście tego odwołania nie ma.

W dość prostym, a nawet trywialnym, opisie rodzajów światłowodów w R1.1. nie ma odwołań do literatury. Można usprawiedliwić autora, że jest to jedynie część poboczna ogólno-opisowa nie związana zbytnio z głównym nurtem pracy. W R1.2-1.3, literatura [18-80] autor zgodnie z treścią tych rozdziałów dotyczących światłowodów aktywnych i samego efektu plazmonowego, i zastosowań czujników z powierzchniowym rezonansem plazmonowym SPR (Surface plasmon resonance), powołuje się na literaturę dotyczącą: jonów lantanowców jako domieszki aktywizujące w inżynierii materiałowej, metody analizy zjawiska SPR, klasyfikacja czujników SPR, szczegóły konstrukcyjne i technologiczne światłowodowych czujników SPR, charakterystyki światłowodowych czujników SPR, rodzaje realizowanych i zastosowania czujników SPR. Cytowania grupowe ze znaczną liczbą skumulowanych pozycji np. [22-27], [30-33], [41-44], [45-51] i inne, nie są zbyt dobrą metodą przeglądu literatury. Tak się raczej nie powinno robić.

W R1 i R2. [81-84] także cytuje kilka powszechnie znanych rysunków z literatury dotyczących struktury energetycznej pierwiastków ziem rzadkich, mechanizmu działania czujnika SPR, klasyfikacji światłowodowych czujników SPR, efektu elektrooptycznego (rys.2.1 i 2.2). Niektóre z tych rysunków cytowanych z [81] są trywialne i nie powinny być wprost z literatury przeniesione do rozprawy doktorskiej. Bezpośrednie przenoszenie rysunków z literatury także nie robi zbyt dobrego wrażenia – rys.2.3. – 2.5., ale także np. 3.1., 3.3, niektóre są dość słabej jakości i całość sprawia wrażenie niejednorodności pomiędzy rozdziałami. Bezpośrednie cytowanie rysunku 1.4. z [36] jest pójściem autora na łatwiznę. Zacytowany z [36]

dość skomplikowany rysunek 1.5. – tabela klasyfikacyjna światłowodowych czujników SPR zawierający wiele informacji jest omówiony przez autora zdawkowo i w sposób słabo kierunkowany na prace własne w tym obszarze – co byłoby uzasadnieniem jego przedstawienia. Takie szersze przedstawienie tematyki w rozprawie doktorskiej jest oczywiście uzasadnione ale przez pokazanie na tle prowadzonej tematyki badawczej koordynat obszaru własnej pracy twórczej.

W R3 dotyczącym zjawisk powierzchniowego SPR i zlokalizowanego rezonansu plazmonowego LSPR cytuje grupowo prace powołane w poprzednich rozdziałach [70-71], [45-51] oraz [85-97] dotyczące inżynierii materiałowej, właściwości nanocząstek metali szlachetnych w osnowie dielektrycznej, kształtu i rozmiarów nanocząstek, składu chemicznego nanocząstek, syntezy nanocząstek, ładunkowych mechanizmów kolektywnych, zachowania nanocząstek w polu elektrycznym, teorii Mie, sprzęgania rezonansowego między cząstkami, mechanizmów tworzenia solitonów, metody tłumionego całkowitego odbicia ATR, procesu Ostwalda. W rysunku 3.4. zaczerpniętym i nieco przerobionym z pracy [96-97] dotyczącej układu pomiarowego z pryzmatem dla spektroskopii FTIR warto byłoby ujednolicić, także w odniesieniu do innych rysunków tego typu i do tekstu pracy, rozmiar czcionki. Tak pozostawiony rysunek sprawia wrażenie jakiegoś brudnopisu.

R4 dotyczący oddziaływania jonów ziem rzadkich z nanocząstkami cytuje prace [98-110] dotyczące różnic właściwości wewnątrz grupy ziem rzadkich i metali przejściowych, transferów energii, rodzajów relaksacji, zjawisk wielofononowych, wzrostu intensywności luminescencji kompleksów RE w obecności nanocząstek metali szlachetnych, lokalnych silnych skupień energii EM indukujących lokalnie zjawiska nieliniowe, itp.

W rozdziałach laboratoryjnych R6-8, odwołania literaturowe [110-123], autor powołuje się na kilka prac własnych [110-112], str.55 i 56, oraz na tematykę technologiczną głównie związaną z wytwarzaniem interesujących autora szkieł oraz ich właściwości spektroskopowych. Pod względem wieku literatury najnowsze prace źródłowe obce i własne dotyczą technologii szkieł i są cytowane w części technologicznej. Większość prac ma podstawowy charakter archiwalny tworzący podstawy teoretyczne i technologiczne obszaru rozprawy doktorskiej.

Podsumowując, w pracy doktorskiej przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań, świadczący o dobrej wiedzy autora. Wnioski z przeglądu źródeł autor formułuje w rozprawie w sposób jasny i przekonywujący. Na podstawie tych wniosków formułuje tezę rozprawy, planuje kolejne etapy jej realizacji i pozytywnie osiąga jej cel w postaci samodzielnego wytworzenia interesującego rodzaju światłowodu aktywnego wykazującego efekt plazmonowy.

Zakres analizowanej literatury w pracy jest dość szeroki, ale tematycznie dobrze skupiony wokół realizowanych badań. Sformułowanie prawidłowych wniosków i na tej podstawie wybór własnych zagadnień badawczych do rozwiązania był znacznie ułatwiony z powodu uczestnictwa doktoranta w pracach bardzo zaawansowanego zespołu badawczego fotoniki światłowodowej. Nie umniejsza to jednak autorskiego wysiłku doktoranta w takim wyborze zagadnień, wspólnie z opiekunami, aby ich rozwiązania były przydatne w dalszych rozwojowych działaniach badawczych i technologicznych prowadzonych obecnie przez znakomity naukowy Zespół Fotoniki Światłowodowej Politechniki Białostockiej.

4. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Rozprawa jest napisana w języku polskim. Objętość pracy wynosi 147 stron. Praca zawiera wstęp, 9 rozdziałów, i materiały pomocnicze w postaci streszczeń, wykazów oznaczeń, rysunków i tabel, spisu literatury, dodatku dotyczącego niepewności pomiaru typu A. Struktura rozprawy jest następująca. Tezę pracy i proponowaną ścieżkę realizacji badań autor przedstawia

w R.5. po rozdziałach wstępnych zarysowujących tło realizacji pracy. W początkowych rozdziałach pracy, R.1-R.4, autor opisuje odrębnie poszczególne komponenty systemu i środowiska technicznego i technologicznego którego dotyczy praca. Tymi komponentami są światłowody włókniste, nanocząstki metali szlachetnych, jony lantanowców, oraz oddziaływanie nanocząstki – jony.

W krótkiej części światłowodowej autor opisuje ich zupełnie podstawowe właściwości i zastosowania. W części dotyczącej nanocząstek srebra które wykorzystuje w swoim procesie technologiczny opisuje ich właściwości fizykochemiczne, optyczne, oraz problematykę ich umieszczania w osnowie dielektrycznej, w tym zagadnienie agregacji i obróbki termicznej w osnowie. W części dotyczącej zjawiska powierzchniowego i zlokalizowanych rezonansu plazmonowego rozróżnia zjawiska SPR i LSPR, i analizuje wpływ pola EM i warunków umieszczenia w osnowie na nanocząstki metaliczne, podaje podstawy teorii rozpraszania światła przez rozproszone nanocząstki według modelu Mie, oraz przedstawia zjawiska sprzężeń między nanocząstkami, i problematykę syntezy nanocząstek.

Najobszerniejsze rozdziały R.6, R.7 i R.8 dotyczą dokładnej i wyczerpującej dokumentacji wykonanych własnych oryginalnych prac badawczych. W R.6 autor przedstawia metodykę prac badawczych obejmującą dobór realistycznych szkieł na włókno optyczne, możliwych do wykonania w dysponowanych warunkach laboratoryjnych, oraz syntezę szkieł rdzeniowych współ-domieszkowanych jonami srebra i jonami lantanowców, a także zagadnienie redukcji termochemicznej jonów srebra. Następna część R.6 dotyczy pomiarów wybranych właściwości szkieł współ-domieszkowanych.

Dobrze wyposażone laboratorium technologiczne Zespołu badawczego umożliwia doktorantowi wykonanie skaningowych różnicowych pomiarów kalorymetrycznych, gęstości wytworzonych szkieł i ich objętości molowej, właściwości strukturalnych i morfologicznych metodami rentgenowskim XRD i elektronowej mikroskopii skaningowej SEM/EDS. Najważniejsze jednak dla procesu wytworzenia specjalizowanego włókna światłowodowego wydają się pomiary właściwości optycznych jak refrakcji, luminancji i spektroskopii Ramana.

W rozdziale R.7 dokonuje dokładnej krytycznej analizy uzyskanych wyników pomiarów w kierunku możliwości wyciągnięcia z wytworzonych szkieł aktywnego światłowodu plazmonowego. Takie szkła muszą wykazywać cały szereg odpowiednich właściwości fizykochemicznych w tym mechanicznych, termicznych, optycznych, spektralnych, widm wzbudzenia, luminescencyjnych, zaniku wzbudzenia, spektroskopowych, strat optycznych, braku krystalizacji i agregacji nanocząstek, itp., i taki proces analizy i doboru właściwości autor prezentuje w rozdziale 7.

Ukoronowaniem badań nad specjalizowanymi, zaprojektowanymi, autorskimi, aktywnymi szkłami współ-domieszkowanymi jest wyciąganie z nich światłowodu. Można powiedzieć najprzyjemniejsza część pracy doktorskiej we fragmencie laboratoryjnym technologicznym. Proces wytworzenia światłowodu z zaprojektowanych szkieł autor przedstawia w rozdziale R.8. Eksperymentuje i dobiera odpowiednie parametry wysokotemperaturowego procesu technologicznego wyciągania światłowodu. Wytwarza różne włókna w tym współ-domieszkowane jonami srebra i dysprozu oraz jonami srebra i europu. W czasie procesu kontroluje wymiar światłowodu, proporcje wymiarowe rdzeń-płaszcz oraz aperturę numeryczną. Wytworzone światłowody poddaje pomiarom optycznym a w tym analizuje ich właściwości luminescencyjne. Przedstawia szereg wyników w postaci krzywych spektralnych luminescencji dla różnych poziomów domieszki srebrnej.

W podsumowującym rozprawę dość szerokim rozdziale R.9 autor ponownie wymienia w nieco rozszerzonej formie cel badań oraz osiągnięte wyniki technologiczne. Wymienia także w postaci syntetycznej sześciopunktowej listy najważniejsze osiągnięcia własne. Są to ważne etapowe osiągnięcia cząstkowe prowadzące do wytworzenia aktywnych światłowodów wielomodowych z rdzeniami współ-domieszkowanymi jonami europu, dysprozu i srebra. W

tych światłowodach uzyskano zmiany natężenia luminescencji zależne od domieszki molowej srebra i wyższe o ok 13% dla optymalnej domieszki w porównaniu ze światłowodem nie domieszkowanym srebrem. Ponadto w rozdziale podsumowującym autor opisuje syntetycznie podłoże energetyczno-pasmowe zmian wzbudzenia luminescencji.

Podsumowując przedstawiony w rozprawie logiczny i wyczerpujący opis własnych oryginalnych technologicznych prac badawczych recenzent stwierdza, że doktorant rozwiązał właściwie postawione zagadnienie wytworzenia aktywnego światłowodu plazmonowego. Innymi słowy doktorant rozwiązał właściwie postawione w tezie i celach pracy zagadnienie, użył do tego właściwych metod naukowo-technicznych, oraz przyjęte założenia były prawidłowe.

5. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Własne oryginalne wyniki prace są dobrze udokumentowane w treści pracy w wielu miejscach. Typowo dla prac doktorskich zawiera ona część nakreślającą tło tematyczne realizacji badań. Taki opis ma charakter własnego opracowania ale jest zaczerpnięty z literatury. Charakter oryginalny mają działania doświadczalne i pomiarowe oraz wnioski z badań. Sukcesem badawczym jest opracowanie i fizyczne wytworzenie założonego światłowodu współ-domieszkowanego nano-cząstkami srebra i wybranymi jonami ziem rzadkich, oraz pokazanie metrologiczne zaistnienia w tym światłowodzie efektu plazmonowego.

Droga do otrzymania takiego wyniku oczywiście musiała prowadzić przez wiele udanych i mniej udanych eksperymentów i prób laboratoryjnych syntezy wielu matryc szklistych, wielu obserwacji i pomiarów. W wybranym szkle o składzie molowym 35SiO2 - 30GeO2 - 20Sb2O3 - 5K2O - 5ZnO - 5Ga2O3 domieszkowanym jonami Dy3+ i AgNO3 oraz Eu3+ i AgNO3 autor uzyskuje efekt stabilnej redukcji termochemicznej i zmiany natężenia luminescencji zależne od koncentracji azotanu srebra. Obserwuje ten efekt bezpośrednio po procesie wyciągania światłowodu bez dodatkowego wygrzewania. Takie wygrzewanie stosowano w przypadku objętościowych próbek wytwarzanych szkieł. Jako badawcze działania oryginalne autora należy uznać następujące: opracowanie składu szkła i jego efektywne współ-domieszkowanie, pomiary szkła i pokazanie jego stabilności, dobór efektywnego okna termicznego do procesu redukcji termochemicznej jonów srebra, wszechstronne badanie szkieł, wytworzenie włókien światłowodowych oraz przeprowadzenie ich pomiarów.

Podsumowując, recenzent stwierdza, że oryginalność rozprawy i zawartość samodzielnego oryginalnego dorobku autora jest odpowiednia dla rozpraw doktorskich w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Pozycja naukowo-techniczna rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturą światową jest bardzo dobra.

6. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonywującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Praca jest ogólnie napisana poprawnie. Autor przekonywująco prezentuje teoretyczne i technologiczne tło badawcze i własne rezultaty naukowe. Najistotniejsze w pracy są rezultaty laboratoryjne, które autor opisuje obszernie. Dokumentacja przeprowadzonych procesów technologicznych i pomiarów jest prawidłowa.

Podsumowując, recenzent uważa, że autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonywującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Praca w części wstępnej jest odpowiednio zwięzła i jasna. Poprawność redakcyjna rozprawy w części wstępnej nie budzi zastrzeżeń. Pewien niedosyt budzi niejednorodny styl cytowania rysunków w tej części, np. mieszanie opisów polskich i angielskich w kopiowanych rysunkach, itp.

7. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Praca nie posiada istotnych stron słabych. Oczywiście wygląd pracy znacznie uległ by poprawie, gdyby autor ujednolicił całość redakcyjnie w jednym stylu. Nieco wkradło się tam nieporządku nie dotyczącego wywodu merytorycznego. Praca jest całością i udowadnia założoną tezę, ale dla recenzenta wygląda nieco jakby była niedokończona. Wiele badań, pomiarów, wytworzenie włókna, duży wysiłek technologiczny i laboratoryjny, pomiarowy, i zawieszanie głosu na kilku pomiarach widma luminescencji. Praca byłaby o klasę lepsza jeśli byłaby zakończona jakimś mocnym akcentem w postaci jakiegoś funkcjonalnego pomiaru tego światłowodu.

8. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Światłowody nietelekomunikacyjne są atrakcyjne dla budowy fotonicznych systemów funkcjonalnych. To miał recenzent na myśli wymieniając taki brak powyżej, nie jako wadę pracy, bo nie było tego w założeniach, ale jako ciekawą i możliwą pointę tej pracy. Tutaj mamy do czynienia z typowym opracowaniem akademickim, dalekim od wysokiego poziomu TRL. Obszar aplikacyjny takiej klasy światłowodów jest znaczny i w tym sensie praca ma przydatność dla nauk inżynieryjno-technicznych. Praca wskazuje na relatywnie łatwą możliwość łączenia różnych technik fotonicznych i elektronowych, kolektywnych zjawisk kwantowych w tym plazmonicznych w jednym hybrydowym układzie fotonicznymi.

9. Podsumowanie, Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
<u>c/ spełniająca wymagania</u>
d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Recenzent wnioskuje o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów procesu doktoryzowania. Rozprawa doktorska spełnia wszelkie warunki zwyczajowe i formalne odnośnie wymaganego zakresu i poziomu badawczego i naukowo-technicznego przedstawionych wyników w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk