

wpłynęło dnia 06.08.2024

nr ..... zał. ....

Wilga, dnia 05.08.2024 r.

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk

Politechnika Warszawska

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

Instytut Systemów Elektronicznych

**KWESTIONARIUSZ – RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY  
DYSCYPLINY NAUKOWEJ AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA, ELEKTROTECHNIKA I  
TECHNOLOGIE KOSMICZNE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ**

**Tytuł rozprawy: Warstwy falowodowe wytwarzane metodą zol-żel aktywowane  
jonami wybranych lantanowców – technologia i charakteryzacja**

**Autorka rozprawy: mgr inż. Magdalena Zięba**

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała nr 53/2024 Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Śląskiej z dnia 2 lipca 2024 r. dotycząca powołania recenzentów wyżej wymienionej rozprawy doktorskiej. Uchwała opublikowana przez Monitor Prawny Politechniki Śląskiej pod znakiem sprawy: RDAEETK.0211.53.2024 podpisana przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny AEEiTK profesor dr hab. inż. Monikę Kwokę. List prof. Moniki Kwoki RDAEETK.512.5.2024 z dnia 25.07.2024 r. z informacją o powołaniu mnie na recenzenta wymienionej rozprawy doktorskiej. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Paweł Karasiński, prof. P.Śl., a promotorem pomocniczym dr Katarzyna Wojtasik.

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

Pani mgr inż. Magdalena Zięba jest doktorantką w Katedrze Optoelektroniki, Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej i uczestniczką Szkoły Doktorów. W systemie Baza Wiedzy Omega Politechniki Śląskiej posiada standaryzowany zapis osobisty obejmujący dorobek naukowy, bibliometrię i zapis współpracy: [omega.polsl.pl/info/author/PSLeb236d3acf354f11813b51f0c9b084e4. Dyscypliną naukową Doktorantki jest w 100% Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne AEEiTK. W Bazie Wiedzy Omega, Doktorantka posiada znaczące wskaźniki bibliometryczne: liczba indeksowanych w bazie publikacji – 60 obejmujących lata 2017-2024, indeks H (Scopus) = 11, indeks H (WoS) = 10, sumaryczny IF = 112,2, sumaryczny SNIP = 33, sumaryczny CiteScore 161, sumaryczna punktacja ministerialna p = 3100. Indeksowane publikacje naukowe są dobrze skupione tematycznie wokół tematyki technologicznej światłowodów planarnych.

Spośród 62 prac 23 ma punktację równą lub powyżej 70 p. W 7 z tych wysoko-punktowych prac Doktorantka jest pierwszym autorem. Tak znaczny dorobek Doktorantki wynika w dużej części z pracy w bardzo dobrym zespole technologicznym działającym pod kierownictwem dr hab. Pawła Karasińskiego, profesora Politechniki Śląskiej, twórcy tego świetnego laboratorium kilkadziesiąt lat temu. Techniczne wykształcenie chemiczne Doktorantki pozwoliło Jej na efektywne dołączenie do technologicznego laboratorium fotonicznego, wzmocnienie go i relatywnie szybkie uzyskanie bardzo dobrych rezultatów

prac badawczych.

Jakość publikacji, dorobek naukowy i wskaźniki bibliometryczne znacznie przekraczają wymagania formalne i zwyczajowe niezbędne do uzyskania stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie AEEiTK. Doktorantka jest wyraźnie obecna w swoim specjalizowanym fotoniczno-technologicznym środowisku zawodowym i naukowym. Pozycja Doktorantki jest silnie ugruntowana w dobrym zespole badawczym, uzyskującym uznanie międzynarodowe poprzez liczne cytowania wyników prac.

W portalu Scopus [[www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195058851](http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195058851)] Doktorantka posiada zapis 31 publikacji cytowanych 375 razy przez 305 różnych prac. Wieloautorska praca przeglądowa z roku 2022 opublikowana w MDPI Materials uzyskała 18 cytowań. Kilka prac opublikowanych w tym roku uzyskało cytowania po ok. 10, co jest wynikiem bardzo dobrym na tak krótki okres.

Zapis w bazie ORCID [[orcid.org/0000-0002-0126-031X](http://orcid.org/0000-0002-0126-031X)] zawiera 24 publikacje. ORCID podaje informację, że Doktorantka była zatrudniona w latach 2016-2020 w Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrze.

W portalu Ludzie Nauki [[ludzie.nauka.gov.pl/ln/profiles/Q6vRVMI6F1T](http://ludzie.nauka.gov.pl/ln/profiles/Q6vRVMI6F1T)] Doktorantka posiada zapis osobisty z historią zawodową i listą publikacji obejmującą 18 pozycji. W bazie PolOn PBN Doktorantka posiada zapis osobisty i indeks 20 prac.

Przyglądamy się kilku wysoko-cytowanym pracom gdzie Doktorantka jest współautorką. Doktorantka, ze względu na technologiczne badania zespołowe, nie posiada opublikowanej pracy jedno-autorskiej. Dbanie w zespole badawczym o prace jedno-autorskie jest bardzo pozytywną, ale dość rzadką cechą. Umiejętność napisania pracy samodzielnej, nawet silnie wspomaganej przez zespół jest zupełnie inną umiejętnością niż pisanie pracy zespołowej. Doktorantkę i zespół badawczy usprawiedliwia fakt, że jest Ona pierwszym autorem w kilku kluczowych artykułach dokładających się merytorycznie do rdzenia rozprawy doktorskiej. Te prace posiadają liczne cytowania.

W ostatnim okresie czasu, najliczniej cytowaną pracą jest Optical thin films fabrication techniques – towards low-cost solution for the integrated photonic platform: a review of the current status, Materials 15(13) 2022. Praca podsumowuje działalność kilku współpracujących zespołów badawczych nad optycznymi technologiami cienkowarstwowymi z Politechniki Śląskiej, Politechniki Warszawskiej i Łukasiewicz – PORT Polski Ośrodek Rozwoju i Technologii z Wrocławia. Ta tematyka jest obszarem badawczym Doktorantki. W kolejnych dwóch pracach najliczniej cytowanych zespoły realizacyjne pochodzą także z różnych instytucji jak Politechniki Krakowskiej i Instytutu Metrologii i Inżynierii Materiałowej PAN, oraz Politechniki Warszawskiej.

Prace opublikowane w latach 2022 i 2023, i najliczniej cytowane, dotyczą takich materiałów na falowody fotoniczne wytwarzane metodami sol-gel jak tlenek cynku oraz układu krzem-tytan. Praca sol-gel derived silica titania waveguide films for applications in evanescent wave sensors – comprehensive study, Materials 15(21) 2022 dotyczy aplikacji sensorowych. Praca Zinc oxide films fabricated via sol-gel method and dip-coating technique – effect of sol aging on optical properties, morphology and photocatalytic activity, Materials 16(5) 2023 dotyczy szczegółowych aspektów technologicznych i charakteryzacji wytwarzanych cienkich warstw optycznych.

Ten bardzo krótki przegląd dorobku publikacyjnego Doktorantki pokazuje jej kluczowy udział technologiczny w pracach bardzo dobrego zespołu badawczego. Poznając bliżej specjalizację naukową Doktorantki z treści pracy doktorskiej i publikacji gdzie występuje jako pierwsza autorka ten udział uwidacznia się bardzo wyraźnie. Doktorantka jest

współautorką aż 31 publikacji notowanych w głównych globalnych bazach bibliometrycznych jak Scopus i Web of Science. To dorobek znacznie przekraczający wymagania do uzyskania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk technicznych i inżynierskich i dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Bliższa analiza publikacji współautorskich Doktorantki wskazuje ich ścisły związek z realizowaną tematyką pracy doktorskiej. Ponadto, publikacje pokazują umiejętność Doktorantki pracy w dużych zespołach badawczych pochodzących w wielu różnych instytucjach naukowych i naukowo-technicznych. Liczy się także efekt. Wynikiem takiej współpracy są bardzo dobre opublikowane rezultaty badawcze dotyczące zaawansowanych technologii fotonicznych. Na takiej szerokiej platformie współpracy między laboratoryjnej Doktorantka zbudowała swoją własną specjalność technologiczną.

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

Obszarem badawczym w którym działa Doktorantka są technologie fotoniczne związane z wytwarzaniem, charakteryzacją i aplikacjami różnego rodzaju optycznych falowodów planarnych i tworzonych z nich komponentów. Doktorantka realizuje pracę w zespole który posiada w tym zakresie doświadczenie kilkudziesięcioletnie. Liczne współautorskie publikacje Doktorantki dotyczą dość szerokiego zakresu prac technologicznych w tym obszarze. Bardzo porządny zbiór dorobku doktorantki, obejmujący aż 62 pozycje znajduje się w Bazie Wiedzy Politechniki Śląskiej OMEGA. Widać z tego zbioru prac, że zespół badawczy wykorzystuje pracę i zdobyte doświadczenie technologiczne Doktorantki w bardzo licznych pracach rozwojowych nad fotonicznymi falowodami planarnymi w takich kierunkach jak: opracowanie technologii nisko-kosztowych wytwarzania falowodów i funkcjonalnych elementów falowodowych, sprzęganie falowodów ze źródłami światła, wielokierunkowe optymalizacje procesów wytwarzania falowodów optycznych i światłowodów paskowych, badania nad różnymi układami materiałowymi dla falowodów planarnych i światłowodów paskowych, opanowanie technologii kompozytowych, prace w kierunku utworzenia i rozszerzenia biblioteki komponentów optyki zintegrowanej, i inne.

W ramach tego szerszego, ale spójnego, obszaru działania badawczego, tematykę pracy doktorskiej Autorka zawężyła do technologii zol-żel aktywnych optycznie warstw falowodowych i ich charakteryzacji. Falowody Doktorantka aktywuje, typowo w takich przypadkach, niektórymi jonami ziem rzadkich, czyli erbem i europem. Warto podkreślić, że taki temat rozprawy doktorskiej znajduje uznanie Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz inicjatorów i organizatorów projektu HYPHa – Hybrydowe platformy czujnikowe zintegrowanych układów fotonicznych na bazie materiałów ceramicznych i polimerowych. Projekt ten (POIR) był realizowany ze środków programu TEAM-NET FNP.

Realizacja pracy doktorskiej w ramach prestiżowego projektu FNP, uzyskane i opublikowane rezultaty podkreślają jej znaczenie dla rozwoju technologii fotonicznych. To właśnie realizacja pracy doktorskiej w ramach projektu FNP była powodem takich wieloautorskich i wielozespołowych publikacji. Doktorantka dostała w ramach tego projektu unikalną szansę znacznie przyspieszonej edukacji na bardzo wysokim, badawczym poziomie naukowym. Podczas realizacji pracy była otoczona znakomitymi specjalistami z poszczególnych, szczegółowych obszarów technologii fotonicznych. Doktorantka aktywnie wykorzystwała tę szansę i w wyniku twórczego wkładu własnego do badawczych prac zespołowych powstała bardzo dobra rozprawa doktorska.

Zagadnieniem naukowym rozpatrzonym i zrealizowanym w pracy było opracowanie

metody wytwarzania aktywnych optycznie warstw falowodowych. Warstwy były wytwarzane metodą domieszkowania kompozytowych warstw tlenków krzemu i tytanu w układzie  $\text{SiO}_x:\text{TiO}_y$  jonami lantanowców. Warstwy wykonywano metodą dobrze opanowaną w tym układzie materiałowym przez zespół badawczy, w którym Doktorantka działała czyli zol-żel oraz dip-coating.

Doktorantka przedstawia tezę pracy doktorskiej w następującej postaci rozpisanej szczegółowo na ogólny cel pracy, szczegółowe cele jakim mają służyć osiągnięte rezultaty, lista szczegółowych zadań do wykonania, które Autorka nazywa tezami, rozpisanie zadań na szczegółowe czynności laboratoryjne – przygotowania środowiska badawczego, przeprowadzenie serii procesów technologicznych, wykonanie serii badań technologicznych, oraz charakterystyka wytworzonych warstw.

Sformułowanie tezy pracy doktorskiej jest przedstawione w sposób jasny i nie przedstawiający wątpliwości. Teza została rozpisana na poszczególne zadania badawcze do rozwiązania, które Autorka opisuje dokładnie w kolejnych rozdziałach pracy.

Rozprawa doktorska ma charakter doświadczalny, technologiczny i pomiarowy. Technologia cienkich warstw optycznych, w tym warstw aktywnych domieszkowanych jonami ziem rzadkich, stanowi punkt wyjścia do budowy komponentów optyki zintegrowanej. W rozprawie doktorskiej Autorka przedstawia szczegółowo taką technologię przy pomocy realizowanego ciągu eksperymentów laboratoryjnych. Tę rozprawę nie obejmuje, ale w szeregu publikacji współautorskich wykonanych w dużym zespole badawczym pod kierownictwem promotora, pokazany jest ten etap prac badawczych prowadzących do wytwarzania z opracowanych warstw konkretnych fotonicznych komponentów funkcjonalnych. W taki sposób praca doktorska wpisuje się w szerszy front badawczy optyki zintegrowanej.

Podsumowując tę część recenzji, opiniodawca stwierdza, że cel, teza pracy, etapy realizacji, szczegółowe zadania, zostały przedstawione w sposób prawidłowy i zrozumiały. Zakres i waga prac technologicznych odpowiadają poziomowi pracy doktorskiej w dziedzinie nauk inżyniersko – technicznych i dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

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

Rozprawa doktorska cytuje 174 pozycje literaturowe. Tak znaczna liczba cytowanych prac świadczy o opanowaniu przez doktorantkę dużego zakresu wiedzy związanego zarówno szczegółowo jak i ogólnie z zagadnieniami optyki zintegrowanej i specyficznych rodzajów technologii szkieł i platform materiałowych dla fotoniki. Cytowanych jest wiele prac zespołu badawczego pod kierownictwem promotora. Tematyka cytowanych prac odpowiada równomiernie przebiegowi wywodu naukowego prowadzonego przez Autorkę w poszczególnych rozdziałach rozprawy. Źródła są powoływane w odpowiednich miejscach, adekwatnie do treści zagadnienia. W szczególności Doktorantka powołuje w sposób właściwy prace zespołu badawczego w którym działa naukowo. Rozprawa doktorska nie jest powtórzeniem opublikowanych prac tylko autorskim rozszerzeniem, i typowym dla rozpraw głębszą prezentacją własnych dokonań technologicznych w obszarze aktywnych cienkich warstw optycznych, w wybranym układzie materiałowym.

Praca doktorska zawiera cytowania prac związanych zarówno z przebiegiem własnych prac technologicznych o charakterze twórczym, jak i znacznej liczby prac powoływanych w części

opisowej tła i ogólnego obszaru badawczego. Tematyka cytowanych prac dotyczy przykładowo: ogólna teoria laserów, wprowadzenie do optyki zintegrowanej, zjawiska elektro-optyczne w krzemie, fotonika krzemowa, niobian litu jako system materiałowy w optyce zintegrowanej, fotonika terabitowa, układ materiałowy InP, technologie scalania fonicznego, foniczne platformy zintegrowane, skalowalność zintegrowanych technologii fonicznych, bierne i aktywne komponenty na różnych fonicznych platformach materiałowych, technologia zol-żel cienkich warstw optycznych dla celów optyki zintegrowanej, nisko-stratne falowody TiO<sub>2</sub>, czujniki falowodowe w technologii zintegrowanej, planarne falowody ZnO, obniżanie strat w optycznych falowodach cienkowarstwowych, falowody amorficzne i nanokrystaliczne dla zakresu IR, klasa czujników z falą zanikającą i przesunięcie fazowe Goosa-Hanchena, stabilność długo-terminowa warstw optycznych zol-żel, teoria i praktyka wymiany jonowej w szkłe i cienkich warstwach optycznych, budowa falowodów metodami wymiany jonowej, numeryczne metody analizy optycznych falowodów planarnych, metody pomiarowe i charakteryzacji optycznych falowodów planarnych, pomiary profili refrakcyjnych cienkich warstw optycznych, mikro-interferometria cienkich warstw, badania strukturalne, elektryczne i piezoelektryczne cienkich warstw optycznych, integracja heterogeniczna w optyce zintegrowanej, układy materiałowe organiczno-nieorganiczne, technologie odciskania i dip-coating falowodów optycznych, optyczne warstwy aktywne i lasery cienkowarstwowe, cienkie warstwy optyczne na szkłe hafnowym domieszkowane erbem, technologie z porowatą krzemionką, teoria i praktyka luminescencji w cienkich warstwach optycznych, szerokopasmowe źródła ASE, zjawiska up-konwersji i down-konwersji w falowodach optycznych, nieliniowa optyka cienkich warstw, technologie z nanocząsteczkami, pomiary spektroskopowe i fotoluminescencyjne, i inne. To bardzo szeroki źródłowy zakres tematyczny na którym opierała się Doktorantka przygotowując rozprawę doktorską.

Podsumowując niniejszą część recenzji opiniodawca stwierdza, że Autorka przeprowadziła w rozprawie w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w obszarze warstw falowodowych wytwarzanych metodą zol-żel aktywowanych jonami lantanowców i ich charakteryzacji. Ten wykaz literatury ściśle związanej z przedmiotem doktoratu jest dobrze uzupełniony, a nawet w pewien sposób nieco nadmiarowo, o źródła prezentujące szersze ale niezbędne tło badawcze i techniczne. Sposób i zakres cytowania źródeł wskazuje na to, że Autorka opanowała szeroką wiedzę związaną z obszarem badawczym rozprawy doktorskiej. Wnioski z przeglądu literatury Autorka przedstawia w rozprawie w sposób jasny i przekonujący.

#### **4. Czy autorka rozwiązała postawione zagadnienia, czy użyła właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?**

W przypadku recenzowanej pracy doktorskiej zachodzi ciekawy przypadek decyzji napisania rozprawy w postaci in-extenso monografii o znacznej objętości, typowej dla prac doktorskich. Zapewne taka decyzja została podjęta z powodu realizacji doktoratu w ramach prestiżowego projektu FNP. W zasadzie dorobek publikacyjny Doktorantki jest tak pokaźny, pod względem ilościowym i jakościowym merytorycznym, że mogłaby napisać rozszerzone streszczenie i przedstawić rozprawę jako cykl publikacji. Typowo, wymagałoby to oświadczeń współautorów, tych publikacji gdzie Autorka jest na pierwszym miejscu lub jest współautorem korespondencyjnym. Recenzent oczywiście nie narzeka, że Doktorantka, pewnie wspólnie z promotorem, zdecydowali o wersji monograficznej. Praca jest napisana porządnie i obejmuje dobrze całość postawionego zagadnienia badawczego na odpowiednio zakreślonym tle naukowym i technologicznym. Jednak recenzent chciał zaznaczyć że ze względu na znaczny dorobek, taka opcja przedstawienia doktoratu istniała i byłaby pewnie równie ciekawa. Rozszerzony abstrakt pisze się zupełnie inaczej niż monografię doktorską.

Rozprawa jest napisana w języku polskim, ma 131 stron i treść została podzielona na 9 rozdziałów. Rozdziały Autorka podzieliła na dwie grupy rozdzielone rozdziałem 6 w którym

formułuje cel, zakres pracy i metodykę badawczą, oraz określa formalnie tezy. Po wstępie do pracy, w rozdziałach 2-5 Autorka przedstawia podstawy fizyczne światłowodów planarnych, platformy materiałowe stosowane w optyce zintegrowanej, technologia warstw aktywnych, oraz wytwarzanie warstw z fazy ciekłej. Ten ostatni rozdział części wstępnej opisu obszaru badawczego jest ukierunkowany na metody stosowane w zespole badawczym w którym działa Doktorantka, a więc np. zol-żel i rozwirowania.

We wstępie Doktorantka porusza na początku tematy historyczne związane głównie z rozwojem telekomunikacji światłowodowej. Autorka formułuje tam także rodzaj credo swoich poszukiwań badawczy opisanych w pracy doktorskiej. Twierdzi, że poszukuje nowych materiałów aktywnych do zastosowań w optoelektronice. Te nowe materiały są w postaci kompozytowych optycznych warstw falowodowych  $\text{SiO}_x\text{:TiO}_y$  domieszkowanych erbem i europem. Po takim odważnym credo, Autorka dalej kontynuuje pisanie skrótego podręcznika historii fotoniki światłowodowej. Pisze także o różnych niepowodzeniach technologicznych po drodze do sukcesu a mianowicie o wysokich stratach optycznych, nano-krystalitach, gładkości powierzchni, i innych przeszkodach, których większość została chwalebnie do dnia dzisiejszego rozwiązana. Skupia się na właściwościach krzemowej platformy materiałowej podkreślając jej zalety. Oczywiście dla porównania przedstawia inne platformy jak LN i falowody Ti:LN. Pod koniec wstępu skupia się na swoich metodach zol-żel i dip-coating. Podkreśla realizację pracy w ramach projektu HYPHa. Wymienia liczne ośrodki krajowe z którymi współpracowała przy realizacji projektu, a więc i rozprawy doktorskiej. Współpraca dotyczyła szczegółów technologicznych, ale głównie była związana z dostępnością unikalnej aparatury pomiarowej w różnych ośrodkach.

Rozdziały 2-5 są skrótowym wstępem do podręcznika optyki zintegrowanej. Wszystko tam się dzieje optycznie na granicy dwóch ośrodków, ale jednak nie całkiem ściśle geometrycznie tylko nieco tajemniczo z wnikaniem fali i przesunięciem fazowym GH, nieco inaczej dla polaryzacji TE i TM. Autorka dzielnie przytacza podstawowe wzory trygonometryczne zarządzające ważnymi kątami na granicy ośrodków oraz w światłowodzie planarnym. Wymienia w ładnej infografice źródła strat światłowodu planarnego. Skupia się nieco bardziej na szorstkości powierzchni. Oczywiście światłowod planarny trzeba pobudzić, bo inaczej nic z tego nie będzie. Warto też umiejętnie łączyć ze sobą światłowody włókniste z planarnymi, a także wykonywać na ich powierzchni siatki dyfrakcyjne. Wśród platform materiałowych Doktorantka wymienia zestawy klasyczne i zestawia tabelarycznie ich zalety i wady. No cóż jak zwykle nie ma rozwiązań idealnych. Trzeba szukać kompromisów. Z lantanowców wybiera dwa ale opisuje prawie wszystkie. Jak zwykle pojawia się powszechnie znany diagram poziomów energetycznych lantanowców trójwartościowych.

Dalej jest standardowa wstępna wiedza o lantanowcach. Wywód o erbie zaczyna od powiedzenia analogicznego do słynnej wypowiedzi szefa IBM sprzed wielu dziesięcioleci, 1Mb pamięci wystarczy do wszystkiego. Podaje tabelaryczne zestawienie aktywnych warstw falowodowych. Czy ta tabela 4.1. jest cytowana czy takie ciekawe zestawienie zrobione jest samodzielnie? W rozdziale o wytwarzaniu ponownie Doktorantka zanurza się w historię. Wiele technologii zaczynamy od prekursorów tlenkowych. Dalej działamy w ulubionym obszarze zol-żel, pięknie przedstawionym infograficznie na rys.5.2. Następnie równie pięknie przedstawione reakcje hydrolizy i kondensacji katalizowanych kwasem i zasadą. Czyli jak to w chemii, walka kwasu z zasadą i kolejna piękna infografika 5.6. Na końcu, jak zwykle w metodzie zol-żel chodzi o suszenie, a niełatwo to zrobić bez popsucia wszystkiego. Dla porównania z zol-żel mamy dalej inne technologie ciekło-fazowe.

W sumie, ta część rozprawy zawiera syntetycznie przedstawioną wiedzę podstawową, klasyczną. Warto dodać, że współczesna fotonika zintegrowana idzie znacznie dalej niż przedstawia to Autorka w wykładzie klasycznym. Optyka zintegrowana włącza obecnie plazmonikę, polarytonikę, zjawiska kwantowe i technologie jednofotonowe, bifotonowe, emergencji i wzbudzeń kolektywnych, w konstrukcji fotonicznych układów scalonych. Nauka i

technologia fascynuje się budową interferometrów HOM na układach wielu precyzyjnych falowodów paskowych. Te optyczne falowody są elementami układów kwantowych typu „którędy droga”, oraz dyskryminatorami rozróżnialności fotonów. O tym ważnym kierunku rozwoju optyki/fotoniki zintegrowanej Autorka nie wspomina. Nie jest to przedmiotem tej rozprawy doktorskiej, ale jest to obecnie jeden z najważniejszych kierunków rozwoju fotoniki scalonej.

W rozdziale 6 dzielącym rozprawę na część podręcznikową i własną Autorka bardzo dokładnie opisuje co robi jako oryginalny technologiczny wkład własny. Formułuje w punktach i na kolejnej pięknej infografice cele i tezy pracy oraz przebieg wykonywanych eksperymentów, także wykonywanych z udziałem innych ośrodków.

Rozdział 7 Autorka poświęca zastosowanym przez siebie podczas realizacji pracy metodom pomiarowym i aparaturze. Recenzent nie zamierza wnikać w tą część 7.1., bowiem ponownie jest to wiedza podstawowa. Wyniki własne zaczynają się częściowo od rozdziału 7.2., a właściwie są prezentowane dopiero w rozdziale 8. Każdą metodę Autorka zaczyna od krótkiego opisu podstawowego i potem prezentuje niektóre wyniki własnych pomiarów. Po pomiarach spektrofotometrycznych i metodami m-linii Autorka przechodzi do strat optycznych. Prezentuje stanowisko pomiarowe wykorzystujące metodę smugową. Morfologie powierzchni warstw bada metodami AFM. Badanie struktury i mikrostruktury składu i morfologii materiałów wykonuje metodami TEM i SEM. Wykonuje profilometrię optyczną we współpracy z laboratorium Cezamat PW. Do kolekcji pomiarów dodaje spektrofluorymetrię wzbudzeniową. W wielu z tych pomiarów pomocny jest projekt HYPHa. Trochę mnie dziwi ten rozdział 7, skoro w rozdziale 8 mamy te same pomiary. Może Doktorantka chciała odizolować podstawy od całkowicie własnych wyników i komentarzy już tylko tych wyników.

Przechodzimy do kuchni technologicznej i najwartościowszej części pracy doktorskiej, czyli do rozdziału 8. Nie bez przyczyny ta część rozprawy wzbudza największe zainteresowanie recenzenta. Po pewnym znudzeniu podczas czytania części podręcznikowych recenzent odkrywa w rozdziale 8 prawdziwą wiedzę technologiczną Doktorantki, i umiejętność pięknego opisu wraz z ilustracjami tego co sama pracownice zrobiła we wspaniałej fotonicznej kuchni technologicznej. Rozdział ten wynagradza przebijanie się przez te wszystkie wstępy, poprawnie napisane, ale dość długie i nieco nudne. Nie chodzi tutaj o dyskredytowanie Autorki za zrobienie swojego wyciągu z podręczników optyki współczesnej, ale o pewną niechęć recenzenta do tak pisanych rozpraw doktorskich. Recenzent jednak w pełni rozumie tradycję pisania rozpraw i usprawiedliwia Autorkę. Tak pisana rozprawa ma niezaprzeczalną zaletę, że jest szerzej rozumiana nie tylko przez wąskich specjalistów od optyki/fotoniki zintegrowanej, szczególnie technologów i inżynierów materiałowych.

W rozdziale 8 Doktorantka dokumentuje wyniki swoich prac technologicznych i pomiarowych. Wykonuje liczne syntezy i tworzy setki warstw optycznych. Tysiące takich wytworzonych warstw poddaje badaniom przesiewowym i najlepsze kwalifikuje do badań rozszerzonych. Wykonuje tą syzyfową pracę cierpliwie i osiąga nagrodę w postaci mistrzowskiego opanowania niektórych technologii zol-żel i domieszkowania jonami aktywnymi optycznie. Po setkach eksperymentów uzyskuje warstwy bardzo wysokiej jakości i wyniki pomiarów takich najlepszych warstw przedstawia i analizuje w rozprawie. Rozdział 8 zawiera dziesiątki zmierzonych różnych charakterystyk takich najlepszych warstw. Z punktu widzenia inżynierii optycznej są to typowe charakterystyki zawsze prowadzone w tego typu laboratoriach technologicznych i optyczno-spektroskopowych. Nowość polega na wyborze przez doktorantkę konkretnego układu materiałowego i konkretnej domieszki aktywnej i bardzo szerokim scharakteryzowaniu takiego układu. W najlepszych przypadkach otrzymuje dobre wyniki strat nie przekraczających  $0,2\text{dB/cm}$  przy ostrożnym wygrzewaniu niskotemperaturowym.

Postawione zagadnienie i jego rozwiązanie Doktorantka przedstawia obszernie w rozdziale 8. Cała reszta rozprawy jest tłem pomocniczym, otoczeniem tylko częściowo potrzebnym do

zrozumienia znacznego nakładu i wartości naukowej i technicznej pracy technologicznej wykonanej przez Autorkę. Podsumowując, recenzent stwierdza, że Doktorantka rozwiązała postawione zagadnienia, użyła do tego właściwej metody, i wykazała prawidłowość przyjętych założeń. Postawione i zrealizowane zadanie opracowania aktywnych kompozytowych warstw falowodowych SiOx:TiOy domieszkowanych erbem i europem ma wartościowy charakter naukowo-technologiczny i jest zadaniem odpowiednim pod względem trudności do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika i technologie kosmiczne.

W krótkim, na szczęście, podsumowaniu rozprawy, zwyczajowo kończącym większość rozpraw doktorskich, Autorka wymienia syntetycznie własne osiągnięcia w sposób opisowy i poprzez przedstawienie listy wykonanych badań własnych, oraz rysuje odważne plany na przyszłość. Tą przyszłość określa jako konieczność opracowania struktur falowodowych i ewentualnie przygotowanie elementów funkcjonalnych dla całego pasma spektralnego obejmującego cały zakres przezroczystości badanego układu materiałowego na warstwy i falowody optyczne.

**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?**

Badania technologiczne przeprowadzone przez Doktorantkę w ramach rozprawy są fragmentem szerszego frontu badawczego prowadzonego od wielu lat przez zespół badawczy pod kierownictwem promotora prof. P.Karasińskiego i ukierunkowanego na opracowanie falowodów i elementów funkcjonalnych pokrywających cały obszar użyteczny np. do zastosowań czujnikowych, telekomunikacyjnych oraz budowy układów i procesorów fotonicznych w technologii optyki zintegrowanej. Warto zwrócić uwagę, że nazwa optyka zintegrowana się nieco zestarzała i została praktycznie zastąpiona przez PIC fotoniczne układy scalone, a może tylko nieco zmieniła znaczenie?

A może odgałęziła się nieco w osobny obszar? To w takim razie czym różnią się terminy PIC i IO? I w którym obszarze jest zlokalizowana rozprawa doktorska. W obu? Przecież nie chodzi o analizy dogłębne w nieskończoność i wykonywanie perfekcyjnych soczewek Luneburga na takich warstwach, które robi Doktorantka. To przeszłość. Teraz liczy się gęstość integracji falowodów optycznych i takich soczewek, dzielników wiązki, sprawne operowanie fotonicznym pasmem zabronionym, umiejętnym i oszczędnym zarządzaniem kontrastem optycznym w gęstym środowisku funkcjonalnym. Chodzi oczywiście o maksymalne wykorzystanie cennej przestrzeni, w której naszym zadaniem jest jak najbardziej efektywne zagospodarowanie fotonu w czasie jego przelotu.

Oryginalny, samodzielny dorobek Doktorantki jest umieszczony w rozdziale 8 rozprawy. Cały ten opisany materiał technologiczny, syntezy, wytwarzanie warstw, rutynowe badania warstw, badania morfologiczne, widmowe, i wiele innych pracowitych metod charakteryzacji, uporządkowanie tego materiału, wyciągnięcie wniosków technologicznych odnośnie odpowiednich składów materiałowych, opracowanie i standaryzacja procedur technologicznych, to wszystko razem jest oryginalnym i wartościowym dorobkiem Doktorantki. Doktorantka doprowadziła do absolutnej perfekcji wybrane metody technologiczne, nad którymi pracowała kilka lat. Dodatkowo, ten wymóg perfekcji technologicznej był niejako wzmocniony przez realizowany prestiżowy projekt FNP. Oprócz tego, że Doktorantka pracuje w perfekcyjnym technologicznym zespole naukowym.

Formalny wymóg recenzji każe spojrzeć na elementy tej perfekcji technologicznej



Doktorantki. Wymienia je w podsumowaniu. Bez tych działań nie zdołałaby wykonać tak dobrej pracy i osiągnąć tak dobrych wyników. W laboratorium technologicznym liczy się cierpliwe wykonanie setek a może tysiące nieudanych i kilku udanych eksperymentów oraz określenie i wyznaczenie różnych parametrów i procesów. Doktorantce udało się określić i wyznaczyć: wpływ poziomu domieszkowania erbem i europem na parametry falowodów, wpływ czasu starzenia zoli na falowody, jednorodność optyczną warstw domieszkowanych, parametry optycznych pasm zabronionych, optymalne parametry wymaganych procesów termicznych wygrzewania, zespolone współczynniki załamania, charakterystyki widmowe strat i ich zależność od technologii, widma luminescencyjne zoli, kserozeli i warstw optycznych, czasy zaniku luminescencji w różnych układach materiałowych. Doktorantka wykonała gigantyczną pracę laboratoryjną. Wartość i oryginalność tej pracy jest udokumentowana w cytowanych publikacjach.

Podsumowując, recenzent stwierdza że znaczne części wykonanych przez Doktorantkę prac technologicznych mają charakter oryginalnego, autorskiego wkładu w wiedzę w obszarze technologii fotonicznych. Pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową jest bardzo pozytywna. Wiedza generowana przez Doktorantkę dokłada się do wiedzy na dobrym poziomie międzynarodowym.

**6. Czy autorka wykazała umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?**

Praca jest napisana wzorowo. Mądra głowa i sprawne, delikatne ręce Doktorantki w połączeniu z działaniem w bardzo dobrym zespole badawczym dały świetny rezultat. Chyba jednak panie aspirujące do tytułów uczonych - doctus - przewyższają jednak znacznie panów w cierpliwej, dokładnej, długotrwałej, laboratoryjnej pracy technologicznej. Mam wrażenie, że tutaj mamy taki właśnie przypadek. Uporządkowane dane, porządnie opisane i skomentowane, przedstawione w ładnej czytelnej formie. Rozdział 8 jest dobrym kompendium wiedzy technologicznej w obszarze zdefiniowanym przez tytuł rozprawy doktorskiej. Dzięki takiemu uporządkowaniu jest dobrą platformą startową ułatwiającą dalsze prace w kierunku zaawansowanych komponentów fotoniki scalonej. Wyniki przedstawione w rozdziale 8 Autorka otoczyła rozdziałami wstępnymi tworzącymi całość łatwą do czytania i zrozumienia istoty jej technologicznych osiągnięć własnych.

Podsumowując, recenzent stwierdza że Doktorantka wykazała w rozprawie doktorskiej umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Praca doktorska jest odpowiednio zwięzła, a wywód naukowy jest jasny. Poprawność redakcyjna rozprawy jest wzorowa.

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

Praca doktorska nie ma istotnych wad, które mogłyby wpłynąć na jej wartość. W trakcie recenzji opiniodawca wyraził swoje uwagi dotyczące ogólnej konstrukcji pracy. Są one jednak subiektywne i nie mają wpływu na ogólną bardzo pozytywną ocenę pracy. Recenzent wolałby, gdyby praca zawierała więcej materiału własnego kosztem treści podręcznikowych. Na przykład rozdział 8 mógłby być podzielony i zawierać np. opisy różnych fascynujących „przygód” laboratoryjnych, których przydarza się wiele w pracy eksperymentalnej. Taka jest esencja odkrywczej pracy laboratoryjnej.

## 8. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Rozprawa ma charakter czysto akademicki. Jest to praca zbierająca wyniki wielu testów technologicznych, mnóstwo pomiarów, poprawek, powtórzeń. Praca nie ma wiele wspólnego z działaniem na rzecz poprawy stopni dojrzałości technicznej produktów. Jednak pośrednio oczywiście dotyczy postępów działań technologicznych na rzecz rozwoju fotoniki scalonej. A fotonika scalona ma znaczne perspektywy rozwoju.

## 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
- c/ spełniająca wymagania
- d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie**

Recenzent wnioskuje o dopuszczenie Doktorantki 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 inżyniersko-technicznych i dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Rozprawa doktorska jest dobrze osadzona a całym opublikowanym dorobku naukowym Doktorantki. Publikacje Doktorantki są dobrze skupione wokół jednolitej tematyki i rodują nadzieje na dalszy efektywny rozwój prac naukowo-technicznych i technologicznych w tym kierunku. Publikacje Doktorantki, wykonane w zespole, licznie cytowane przez środowisko technologiczne fotoniki są wyjątkowo silnym wsparciem jej dorobku naukowego prezentowanego w rozprawie. W całości dorobek ten jest wyjątkowo bogaty. Powstaje pytanie dlaczego Doktorantka zwlekała ze skonsumowaniem tego dorobku i nie przedstawiła tezy doktorskiej znacznie wcześniej?

Dobrze napisana praca doktorska i bardzo duży publikacyjny dorobek współautorski o znacznej wadze merytorycznej wsparty licznymi cytowaniami skłania recenzenta do wystąpienia o wyróżnienie rozprawy doktorskiej. Recenzent wystąpi o wyróżnienie w zależności od przebiegu obrony.

