



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Bielecki

Warszawa, 14.08.2017r.

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY NAUKOWEJ
WYDZIAŁU ELEKTRONIKI
POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ**

Tytuł rozprawy: Opracowanie szkła o luminescencji w zakresie średniej podczerwieni do zastosowań w strukturach fotonicznych

Autor rozprawy: mgr inż. Tomasz Ragin

1. 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)?

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Tomasza Raginia, dotyczy analizy możliwości uzyskania luminescencji w paśmie 2,7 μm – 3,0 μm w szklach aktywnych na bazie tlenków metali ciężkich do zastosowań w strukturach fotonicznych.

Autor sformułował następującą tezę pracy:

Możliwe jest opracowanie szkła tlenkowego domieszkowanego pierwiastkami ziem rzadkich o luminescencji w paśmie 2,7 μm – 3,0 μm .

Do udowodnienia tezy rozprawy Doktorant zrealizował sześć zadań dotyczących:

- *opracowania składu matrycy szklistej na tlenkach bizmutu, germanu i galu w aspekcie uzyskania niskiej energii fononów,*
- *badań parametrów fizykochemicznych, termicznych i strukturalnych wytworzonych matryc,*
- *badań współczynnika absorpcji oraz transmitancji w trzech zakresach widmowych: widzialnym, bliskiej i średniej podczerwieni,*
- *doboru domieszek aktywnych w celu uzyskania emisji w paśmie 2,7 μm – 3,0 μm ,*

- *analiz wpływu domieszkowania oraz ko-domieszkowania jonami pierwiastków ziem rzadkich na ich właściwości spektroskopowe,*
- *wytworzenia aktywnego światłowodu włóknistego ze szkła na bazie tlenków metali ciężkich oraz określenie jego właściwości luminescencyjnych.*

Praca doktorska mgr. inż. Tomasza Raginia ma charakter doświadczalny. Składa się ona z 9 rozdziałów oraz bibliografii. Praca zaczyna się od zwięzłego wstępu, w którym przedstawiono możliwości zastosowania promieniowania optycznego z zakresu 2,7 μm – 3,0 μm . Omówiono sposoby wykorzystania lantanowców w aktywnych strukturach amorficznych do generacji promieniowania z ww. zakresu.

W rozdziale drugim Doktorant dokonał charakteryzacji pierwiastków ziem rzadkich pod kątem przejść kwantowych wewnątrz struktur energetycznych, omówił procesy oddziaływania międzyjonowego, oraz proces relaksacji wielofotonowej.

W rozdziale trzecim omówiono właściwości beztlenowych i tlenkowych struktur amorficznych stosowanych do emisji promieniowania z zakresu 2,7 μm – 3,0 μm .

W rozdziale czwartym podany został cel i zakres pracy oraz została zdefiniowana teza.

W rozdziale piątym podano metodykę, wykonanych przez Autora, badań dotyczących właściwości fizykochemicznych, termicznych, strukturalnych oraz spektroskopowych opracowanych szkła.

W rozdziale 6 Doktorant przedstawił wyniki badań eksperymentalnych na podstawie których wyselekcjonował szkło, które wykorzystał jako matrycę kolejno domieszkowaną pierwiastkami ziem rzadkich.

W rozdziale 7 scharakteryzowano aktywne szkła domieszkowane jonami Er^{3+} , Yb^{3+} oraz ko-domieszkowane $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ w aspekcie analizy parametrów luminescencyjnych.

Rozdział 8 poświęcono procesowi technologicznemu wytwarzania światłowodów włóknistych z aktywnym rdzeniem pracujących w zakresie 2,7 μm – 3,0 μm . Podano charakterystyki emisyjne otrzymanych włókien.

W rozdziale 9 zawarto podsumowanie wyników pracy.

Rozprawa liczy 112 stron, w tym 3 strony stanowi literatura.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczącej o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Załączony wykaz cytowanej literatury obejmuje 75 pozycji. Analiza źródeł, zarówno krajowych jak i międzynarodowych, została przeprowadzona właściwie. Przedstawione źródła literaturowe są aktualne i ich lektura świadczy o dostatecznej wiedzy Autora z zakresu merytorycznego rozprawy.

Autor przedstawił wnioski wynikające z aktualnego stanu wiedzy i na ich podstawie sformułował cel i tezę rozprawy (str. 47).

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

Dla zrealizowania założonego celu pracy i udowodnienia tezy Doktorant przeanalizował szereg problemów badawczych, które wyszczególniono w rozdziałach 3, 6, 7 i 8 rozprawy. Zostały one podzielone na następujące etapy: dogłębnej analizy właściwości, parametrów i charakterystyk szkieł fluorkowych, chalcogenidkowych i HMO (ang. *Heavy Metal Oxide*) stosowanych do generacji promieniowania z zakresu średniej podczerwieni, analizy otrzymanych wyników eksperymentalnych, wyselekcjonowania szkieł ko-domieszkowanych lantanowcami charakteryzującymi się najlepszymi parametrami luminescencyjnymi w zakresie średniej podczerwieni i wytworzenia światłowodu. Autor uzyskał silną emisję promieniowania w okolicy 2,7 μm ($\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$) oraz 2,85 μm ($\text{Ho}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$). W rezultacie Doktorant otrzymał aktywne struktury foniczne o luminescencji w przedziale 2,7 μm – 3,0 μm .

Słuszność tezy potwierdzają badania eksperymentalne opisane w rozdziałach 6, 7 i 8 rozprawy.

Autor rozwiązał postawione zadania, użył właściwych metod badawczych, a przyjęte założenia są merytorycznie uzasadnione.

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

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć Autora uznaje:

- opracowanie oryginalnego składu chemicznego szkła optycznego na bazie tlenków metali ciężkich (bizmutu, germanu i galu) o obniżonej zawartości jonów OH^- ,
- przeprowadzenie optymalizacji koncentracji jonów pierwiastków ziem rzadkich (Er^{3+} , Ho^{3+}) w celu uzyskania efektywnej luminescencji promieniowania w zakresie widmowym 2,7 μm – 3,0 μm ,
- zastosowanie wytworzonych szkieł bizmutowo-germanowych ko-domieszkowanych jonami $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ oraz $\text{Ho}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ do zbudowania rdzenia światłowodu, którego konstrukcja umożliwiła łatwe wzbudzenie jonów ziem rzadkich promieniowaniem laserowym o długości fali 980 nm.
- uzyskanie w światłowodach emisji w pasmach 2,7 μm ($\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$) oraz 2,85 μm ($\text{Ho}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$) powstałych w wyniku transferu energii donor \rightarrow akceptor.

Są to rozwiązania oryginalne, stanowiące samodzielny dorobek Autora i wnoszące nowe elementy do poziomu techniki reprezentowanej w literaturze światowej.

5. Czy autor wykazał umiejętności poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Recenzowana praca została napisana w sposób zwięzły i przekonujący. Układ pracy jest logicznie uzasadniony. Na szczególną uwagę zasługuje bardzo gruntowna analiza źródeł, zarówno krajowych jak i międzynarodowych, podanie metodyki badań i dyskusja otrzymanych wyników.

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

Jak w każdej rozprawie doktorskiej Autor nie ustrzegła się drobnych niedociągnięć. Oto niektóre z nich:

- Str. 22. Autor określa "poziom transmisji" zamiast wartość transmisji,
- Str. 24. Rysunek 3.2 na osi rzędnych powinno być – przekrój czynny na emisję i absorpcję,
- Str. 32. Rysunek 3.13 długość fali powinna być wyrażona w nm a nie w μm , podobna uwaga dotyczy rys. 3.14b,
- Str. 35. Nieczytelny rys. 3.17, podobna uwaga dotyczy rys. 3.20,
- Str. 38 ostatnie zdanie w p. 3.3 co Autor miał na myśli pisząc „łatwość przetwarzania materiału”,
- Str. 46 Zdaniem recenzenta ten rozdział powinien zakończyć się podsumowaniem z przeprowadzonej w nim analizy,
- Str. 53 zamiast wielkość współczynnika załamania powinno być wartość współczynnika załamania,
- Str. 69 - czy przedstawiona transmisja na rys. 6.8 dotyczy szkła topionego w piecu próżniowym?
- Str. 70 - czy istnieje możliwość pobycia się pasma absorpcji wody w zakresie 2,7-3,5 μm (rys. 6.10) ?
- Str. 95 (rozdz. 8.1) i str. 97 (rozdz. 8.2). Autor porównuje szerokości połówkowe pasm emisyjnych uzyskanych w szklach i odpowiednich światłowodach podając różnice w uzyskanych wartościach. Brak jest szerszego komentarza uzyskanych wyników.
- Szkoda, że Autor w wykazie publikacji nie zamieścił prac własnych dotyczących tematyki rozprawy.
- Doktorant nie ustrzegł się także pewnych stwierdzeń żargonowych, czy skrótów myślowych, jednakże nie mają one wpływu na wysoką ocenę merytoryczną rozprawy.

Jestem przekonany, że powyższe wątpliwości zostaną wyjaśnione w trakcie publicznej obrony rozprawy.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Wyniki badań przedstawione przez Autora rozprawy są wartościowe przede wszystkim z poznawczego punktu widzenia. Praca ma duże znaczenie praktyczne w dobie wytwarzania aktywnych światłowodów charakteryzujących się wysoką luminescencją w zakresie widmowym 2,7 μm – 3,0 μm .

Uważam, że dalsze prace w tej dziedzinie powinny być kontynuowane. Wynikami tej pracy powinni zainteresować się badacze zajmujący się laserami światłowodowymi.

Praca ta była możliwa była do wykonania w znanym nie tylko w kraju, ale i na świecie Zespole kierowanym przez Profesora Dominika Dorosza.

8. 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

