

prof. dr hab. inż. Anna Cysewska-Sobusiak
Politechnika Poznańska
Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej
Zakład Metrologii i Optoelektroniki
ul. Piotrowo 3A
60-965 Poznań

Poznań, dnia 19 czerwca 2013 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Romualda Mazerskiego

**nt.: Opracowanie światłowodu aktywnego emitującego promieniowanie
w zakresie widzialnym**

Przedmiotem recenzji jest w/w rozprawa doktorska mgra inż. Wojciecha Romualda Mazerskiego. Promotorem rozprawy jest dr hab. Dominik Dorosz, promotorem pomocniczym dr inż. Marcin Kochanowicz. Przewód doktorski jest prowadzony przez Radę Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej. Recenzja została opracowana na prośbę Dziekana Wydziału Elektrycznego dr hab. inż. Mariana Rocha Dubowskiego, prof. nadzw. PB (pismo WE-300.4030/1/2013 z dnia 29 maja 2013 roku).

Tematyka pracy

W interdyscyplinarnej tematyce pracy mieszczącej się w obszarze elektroniki przenikają się zagadnienia z zakresu optoelektroniki i fotoniki, spektrometrii i metrologii oraz technologii i inżynierii materiałowej. Odpowiadając nasilającym się trendom do rozwoju urządzeń elektronicznych i optoelektronicznych na potrzeby zaawansowanych zastosowań – w tym medycznych, tematyka jest nowoczesna, aktualna i perspektywiczna.

Rozwój współczesnej techniki znamionuje m.in. dążenie w kierunku zaawansowanych rozwiązań fonicznych. Obecnie prowadzone są m.in. badania nad nowymi źródłami światła na potrzeby przemysłu, ochrony środowiska i medycyny. W zakresie tych rozwiązań mieszczą się badania, których celem jest konstrukcja nowych źródeł emitujących promieniowanie w zakresie widzialnym, o lepszych właściwościach, pozwalających na efektywne doprowadzenie odpowiedniej wiązki światła w trudno dostępne miejsca, do których należą m.in. głęboko położone zbiory tkanek w ciele człowieka. Uwzględniając zauważalne tendencje do intensywnego rozwoju tego obszaru nowoczesnej inżynierii

biomedycznej, który wykorzystuje optykę tkanek, problematyka konstrukcji światłowodowych źródeł promieniowania widzialnego na bazie włókien optycznych domieszkowanych jonami pierwiastków ziem rzadkich wpisuje się w te nowe tendencje i ma bardzo duży potencjał aplikacyjny.

Autor jako główny cel pracy przyjął *„opracowanie światłowodu ze szkła tellurowego kodomieszkowanego lantanowcami emitującego luminescencję w zakresie widzialnym”*. Cel wynika z przeprowadzonych badań literaturowych oraz doświadczeń własnych Autora, dotyczących szkieł tellurowych i wytworzonych z nich światłowodów kodomieszkowanych jonami pierwiastków ziem rzadkich. W pracy postawiono następującą tezę:

„Wykorzystując mechanizm apkonwersji w szkle tellurowym możliwe jest opracowanie światłowodu aktywnego emitującego promieniowanie w zakresie widzialnym.”

Rozwiązane przez Doktoranta zadania umożliwiły udowodnienie tej tezy i dostarczyły oryginalnych wyników w rozpatrywanym obszarze. Złożoność problematyki i związane z tym problemy analizy i eksperymentalnej weryfikacji badań są widoczne w treści pracy. Przyjęty cel pracy i postawiona teza są ważne z poznawczego punktu widzenia, ale na szczególną uwagę zasługują cechujące je walory praktyczne.

Układ pracy

Opiniowana praca liczy 142 strony, składa się ze wstępu, 7 rozdziałów i wykazu literatury, zawiera 92 rysunki i 18 tablic. We wstępie i trzech obszernych początkowych rozdziałach rozprawy (stanowiących połowę jej objętości) scharakteryzowano obszar tematyczny pracy i uzasadnienie jego podjęcia. W rozdziale 1 opisano wybrane zastosowania promieniowania widzialnego w medycynie. Rozdział 2 zawiera szczegółową charakterystykę lantanowców stosowanych w światłowodach aktywnych i opis procesów wzajemnego oddziaływania jonów pierwiastków ziem rzadkich, a rozdział 3 – charakterystykę szkieł i światłowodów umożliwiających uzyskanie luminescencji w zakresie promieniowania widzialnego w efekcie mechanizmu apkonwersji, która jest jednym z procesów bezpośredniego transferu energii. W rozdziale 4 Autor formułuje tezę i cel pracy oraz zestawia 7 przyjętych do rozwiązania zadań badawczych. Wyniki badań wykonanych Autora i uzyskane osiągnięcia są zawarte głównie w najważniejszych rozdziałach 5, 6 i 7. W rozdziale 5 przedstawiono metodykę i technologię wytwarzania opracowanego szkła tellurowego do budowy światłowodu aktywnego emitującego luminescencję w wyniku procesu apkonwersji. Szczegółowo określono warunki przeprowadzania eksperymentu oraz metodę wytwarzania aktywnego światłowodu ze szkła

tellurowego. Otrzymane wyniki badań eksperymentalnych przedstawiono w rozdziale 6, w którym scharakteryzowano wyselekcjonowane szkło tellurowe kodomieszkowane jonami pierwiastków ziem rzadkich tak, aby uzyskać luminescencję w zakresie widzialnym oraz przedstawiono luminescencyjne właściwości wytworzonych światłowodów. Wnioski wynikające z analizy wyników doświadczeń eksperymentalnych i syntetyczne podsumowanie uzyskanych rezultatów przedstawiono w rozdziale 7. Bibliografię stanowi zbiór 112 cytowanych przez Autora pozycji, w którym są także 2 współautorskie publikacje Doktoranta. Warto podkreślić, że tylko 7 pozycji literatury dotyczy prac opublikowanych przed rokiem 2000. Można więc sądzić, że zdobyte przez Doktoranta rozeznanie w uprawianej tematyce jest wystarczająco rozległe i obejmuje najnowszy stan wiedzy.

Ocena wyników naukowych

Przedmiotem pracy jest opracowanie światłowodu, w którym luminescencja w zakresie widzialnym następuje w wyniku procesu apkonwersji promieniowania. Ponieważ warunkiem koniecznym uzyskania tego procesu jest niska energia fononów ośrodka aktywnego, najważniejszym etapem projektowania światłowodu przez Autora było trudne zagadnienie syntezy szkła na rdzeń. W efekcie swych badań Doktorant zaprojektował i wykorzystał szkła tellurowe do wytworzenia światłowodów kodomieszkowanych jonami $\text{Yb}^{3+}/\text{Tm}^{3+}$, $\text{Yb}^{3+}/\text{Ho}^{3+}$, $\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ w celu uzyskania emisji promieniowania w zakresie widzialnym.

Przedstawione wyniki badań analitycznych i eksperymentalnych dowodzą, że postawione w pracy zadania zostały osiągnięte w założonym zakresie, a postawiona teza – udowodniona. Liczne fragmenty pracy mają oryginalny charakter, dowodząc umiejętności zaplanowania i zrealizowania przez Doktoranta złożonych zadań analitycznych, technologicznych i doświadczalnych – do zalet pracy należą w szczególności praktyczne aspekty uzyskanych rezultatów, które mogą mieć dużą wartość użytkową. W rzetelny sposób przedstawiono kolejne etapy analiz i eksperymentów, podsumowując ich wyniki formułowanymi szczegółowymi wnioskami. Udokumentowaniem rezultatów są zamieszczone w pracy liczne zestawienia tabelaryczne i wykresy. Dobrym zakończeniem merytorycznym jest komunikatywne zamieszczenie w rozdziale 7 syntetycznego zestawienia realizowanego celu z uzyskanymi wynikami rozwiązanych zadań badawczych. Wykorzystanie cytowanych źródeł jest poprawne, a wnioski z analizy wyciągane są i formułowane w prawidłowy sposób.

Należy podkreślić, że przyjęty cel pracy i postawiona teza są ważne z poznawczego punktu widzenia, ale na szczególną uwagę zasługują cechujące je walory praktyczne. Do wartościowych wyników pracy można przede wszystkim zaliczyć:

1. Dokonanie bardzo szczegółowego i użytecznego przeglądu literatury w zakresie procesów wzajemnego oddziaływania jonów pierwiastków ziem rzadkich, ze szczególnym uwzględnieniem cech lantanowców stosowanych w światłowodach aktywnych.
2. Określenie optymalnych konfiguracji par jonów lantanowców umożliwiających uzyskanie największego natężenia luminescencji w zakresie widzialnym w rezultacie procesu konwersji wzbudzenia w górę.
3. Określenie optymalnych stężeń ziem rzadkich w celu uzyskania luminescencji powstałej na drodze transferu energii między lantanowcami oraz procesu apkonwersji.
4. Opracowanie oryginalnych składów szkieł charakteryzujących się największym natężeniem emisji apkonwersji i wytworzenie aktywnych światłowodów z wykorzystaniem metody tyglowej.
5. Określenie parametrów optycznych i innych właściwości fizykochemicznych szkieł oraz opracowanie warunków syntezy szkła tellurowego jako matrycy dla jonów lantanowców (szkło rdzeniowe) oraz szkła płaszczowego.
6. Dokonanie rzetelnej analizy uzyskanych wyników związanych z pomiarami i analizą luminescencyjnych właściwości światłowodów wytworzonych ze szkła tellurowego kodomieszkowanych jonami: $\text{Yb}^{3+}/\text{Ho}^{3+}$, $\text{Yb}^{3+}/\text{Tm}^{3+}$, $\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$. Należy zaznaczyć, że w prawidłowy sposób zostały opisane warunki prac technologicznych i doświadczalnych, co jest bardzo ważną, pozytywną cechą dokumentowania badań eksperymentalnych.

Uwagi szczegółowe

Na podstawie wnikliwej analizy pracy mogę stwierdzić, że nie nasuwają się zasadnicze uwagi krytyczne o charakterze merytorycznym. Z punktu widzenia celu i postawionej tezy praca przedstawiona do recenzji rozprawa została zrealizowana poprawnie i ma nieliczne słabe strony. Układ pracy jest właściwy, Doktorant – niezależnie od wypunktowania wniosków w podsumowującym rozprawę rozdziale 7 – w poszczególnych rozdziałach wcześniejszych słusznie uwypukla własne dokonania.

Celowe byłoby jednak zwrócenie uwagi na następujące kwestie:

1. Na podkreślenie zasługuje staranność wykonania licznych, w większości barwnych, rysunków i wykresów, ich właściwe rozmiary i czytelność opisów. Jednakże, zarówno w przypadku tekstu, jak i rysunków, tabel i wzorów matematycznych często zastosowano w pracy niejednolity zapis niektórych oznaczeń: zalecenia dotyczące zasad stosowania symboli i oznaczeń literowych wielkości i jednostek oraz symboli matematycznych mają status Polskiej Normy opublikowanej w roku 2006 na bazie Dokumentu Harmonizacyjnego przyjętego przez Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki.
2. str. 24, 26, 28, 30. Zastosowano tę samą numerację dla różnych zależności: numeracji (2.20) i (2.21) użyto dwukrotnie na str. 24 i 30, a numeracji (2.22) użyto trzykrotnie na str. 26, 28 i 30.
3. str. 22 i 24. W jaki sposób oszacowano dokładność omawianych metod? (*uwaga: potocznie używane stwierdzenie, że dokładność wynosi np. 10% oznacza, że niedokładność wynosi 90%!.*)
4. Wskazane byłoby bliższe wyjaśnienie dotyczące istotnej różnicy między kształtem widma emisji wytworzonych światłowodów i widma luminescencji szkła tellurowego użytego na rdzeń (str. 125).
5. Zauważono usterki stylistyczne i inne, w tym związane ze sposobem zapisu jednostek miar, określeniami i pojęciami, które dotyczą m.in.:
 - dość licznych usterek, takich jak tzw. "literówki", brak liter lub zbędne litery w wyrazach, zbędne lub nadmiarowe spacje, a także liczne błędy interpunkcyjne – w tym głównie nadmiar lub brak przecinków, co niekiedy łamie główną myśl zawartą w danym zdaniu i zaburza płynność tekstu,
 - dość częstego stosowania potocznego określenia „**około**” lub skrótu „**ok.**” przy podawaniu danych liczbowych zawierających określoną liczbę cyfr znaczących, np.: „**około 1 μm** ”, „**około 590°C**”, „**ok. 10-15%**”, „**ok. 300 cm^{-1}** ”,
 - niejednolitego sposobu formatowania czcionki przy pisaniu wielkości fizycznych, zależności itp. występujących w tekście oraz we wzorach i na rysunkach,
 - częsty brak tzw. twardej spacji, którą należy rozdzielać liczbę od symbolu jednostki,

- niejednolitego zapisu zakresów wartości „od–do”; zgodnie z obowiązującymi zaleceniami, powinno być np.: długość fali w zakresie **od 400 nm do 2000 nm** lub długość fali w zakresie **(400–2000) nm**, a nie w zakresie **400 – 2000 nm** (str. 42).

Wymienione usterki oraz zauważone niejasności i nasuwające się wątpliwości są raczej drugiego rzędu i nie wpływają w znaczący sposób na ogólne bardzo pozytywne wrażenie z lektury rozprawy. Jej merytoryczny zakres dowodzi, że Autor wykazał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w rozpatrywanym interdyscyplinarnym obszarze badań, do którego wniósł swój wkład. Przedstawiona rozprawa ma charakter poznawczy i aplikacyjny, i stanowi bardzo wartościowe opracowanie. W zakresie rozpatrywanych zagadnień Autor wykazał się odpowiednią wiedzą i umiejętnościami, które pretendują go do uzyskania stopnia naukowego doktora.

Konkluzja

Reasumując uważam, że w opiniowanej rozprawie doktorskiej nt.: *OPRACOWANIE ŚWIATŁOWODU AKTYWNEGO EMITUJĄCEGO PROMIENIOWANIE W ZAKRESIE WIDZIALNYM* mgr inż. Wojciech Romuald Mazerski samodzielnie rozwiązał postawione zadanie naukowe i wykazał się wiedzą oraz umiejętnościami wymaganymi dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Elektronika*. Stwierdzam, że praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Jednocześnie, zważywszy na to, że praca **spełnia moim zdaniem z nadmiarem wymagania stawiane rozprawom doktorskim**, wnioskuję o jej wyróżnienie. Merytoryczny zakres rozprawy dowodzi, że Autor wykazał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w rozpatrywanym interdyscyplinarnym obszarze badań, do którego wniósł swój znaczący wkład. Zawartość pracy jest zgodna z najnowszym stanem wiedzy w tym zakresie, a osiągnięcia własne Autora są nowatorskie.

