

Warszawa, 28.05.2018

dr hab. inż. Piotr Lesiak
Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej
Zakład II Fotoniki i Optyki
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Artura Sobczyka,

pt. „**Kontrolowana transformacja wiązek światła emitowanych przez diody
laserowe wybranych typów**”

Promotor: dr hab. Maciej Sypek, prof. PW

1. Uwagi wstępne

Podstawą wydania opinii jest pismo prof. dr hab. Mirosława Karpierza, Dziekana Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej z dnia 25 stycznia 2018 r. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska obejmuje w swej części merytorycznej wstęp, pięć rozdziałów oraz zakończenie i zawiera się na 72 stronach. Część uzupełniającą stanowi bibliografia obejmująca 48 pozycji oraz załącznik obejmujący wyprowadzenie wzorów dla światła przechodzącego przez płytkę płaskorównoległościenną.

2. Znaczenie podjętej tematyki

Zasadniczym problemem podjętym w rozprawie doktorskiej pana mgra inż. Artura Sobczyka jest zagadnienie kształtowania wiązki światła wyemitowanego przez diody LED lub diody laserowe. Rozwój w dziedzinie półprzewodnikowych źródeł światła sprawił, że fotonika stała się w ostatnich latach jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin mikrotechnologii. Diody świecące (LED) i laserowe diody krawędziowe dzięki miniaturowym rozmiarom i niskiej cenie są powszechnie stosowane jako niezawodne źródła światła. Efektywna metoda formowania wiązek emitowanych przez laserowe diody krawędziowe pozostaje jednak nadal problemem otwartym. Generowany przez

ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa
tel. +48 (22) 234 72 67
fax: +48 (22) 628 21 71
dzickan@if.pw.edu.pl
fizyka.pw.edu.pl

krawędziowe diody laserowe astygmatyczny front falowy wymaga w przypadku tradycyjnej optyki refrakcyjnej zastosowania układu składającego się z wielu elementów zawierających m.in. soczewki sferyczne. Nie pozwala to jednak nadać wiązce symetrycznego przekroju i często związane jest ze znacznymi stratami energii wynikającymi z braku dopasowania wiązki o dużej asymetrii do układów o symetrii kołowej. Znacznie lepsze rezultaty osiągnęte są przez zastosowanie dyfrakcyjnych elementów optycznych.

Dlatego można uznać, że podjęta w rozprawie doktorskiej pana mgra inż. Artura Sobczyka tematyka jest z naukowego punktu widzenia zarówno aktualna, jak i ważna.

3. Teza pracy

Teza pracy została sformułowana we wstępie w formie stwierdzenia, że **„przy pomocy odpowiednio zaprojektowanych jednostronnych struktur dyfrakcyjnych można skoncentrować światło emitowane przez krawędziowe diody laserowe”**. W celu udowodnienia tezy pracy Doktorant opracował i zweryfikował modele świecenia diody laserowej, zaprojektował i wykonał struktury dyfrakcyjne kolimujące i koncentrujące promieniowanie świetlne, a na zakończenie swych prac doświadczalnie zweryfikował działanie wykonanych struktur.

Szczegółowa lektura rozprawy pana mgra inż. Artura Sobczyka uprawnia do sformułowania następującego wniosku, że tezę pracy sformułowano poprawnie, a logicznie i konsekwentnie napisana rozprawa w wystarczającym stopniu ją uzasadnia.

4. Struktura rozprawy

Praca nie została podzielona w sposób klasyczny na część teoretyczną i doświadczalną – podział pracy jest związany z podziałem toru światła na jego poszczególne elementy, które służą do zmiany jego geometrii. Każdy rozdział zawiera część opisową, w której to zaprezentowany został wkład autora w rozwój dziedziny oraz wykonane przez Doktoranta wyniki zarówno symulacji numerycznych jak i rzeczywistych pomiarów. Każdy kolejny rozdział częściowo lub w całości bazuje na wynikach otrzymanych w rozdziale poprzednim.

Rozdział drugi dotyczący diod krawędziowych trudno nazwać rozdziałem, gdyż liczy on zaledwie pół strony i wygląda jak wstęp do kolejnego rozdziału. Jeśli już jednak

Doktorant zdecydował się na wyróżnienie w pracy osobnego rozdziału poświęconemu diodom krawędziowym, to należałoby w nim przedstawić ich zasadę działania, która wskazałaby przyczyny kształtu emitowanej wiązki. Zamiast tego w rozdziale dość lakonicznie jest zapisane, że krawędziowe diody laserowe małej mocy można traktować jako punktowe źródła światła. Bardzo prosiłbym o szersze wyjaśnienie tego stwierdzenia. Brak odnośnika literaturowego sprawia, że trudno jest stwierdzić czy zapis ten jest twierdzeniem Doktoranta czy ogólnie znaną prawdą.

Rozdział trzeci dotyczy matematycznych modeli opisu rozchodzenia się światła emitowanego przez krawędziowe diody laserowe. Rozdział ten oprócz matematycznego opisu modeli z podziałem na te znane w literaturze jak i te, których jest autorem zawiera również przykładowe wyniki modelowania dwóch typów diod krawędziowych. Dla każdego typu diody zastosowano dwa modele teoretyczne. W pierwszym przypadku Doktorant modelował (na dwa sposoby) diody krawędziowe charakteryzujące się krótkim rozkładem światła w obszarze aktywnym, dla których modelowanie przeprowadzono przy pomocy zmodyfikowanej metody splotowej. W drugim przypadku modelowane były (również na dwa sposoby) diody charakteryzujące się nieregularnym rozkładem światła w obszarze aktywnym. Biorąc pod uwagę obliczenia wykonane dla dwóch wzajemnie prostopadłych osi daje to ogólną liczbę jedynie czterech par wyników. Wyniki te zostały jednak przedstawione w dość chaotyczny sposób, nie dając możliwości ich łatwej analizy przez czytelnika. Dodatkowo w niektórych przypadkach zaproponowane modele były jednakowe dla różnych przypadków i dawały dokładnie takie same wyniki na wykresach. Sytuacji nie uratowały podpisy pod rysunkami, które z względu na małą liczbę opisujących je danych nie pozwalają czytelnikowi zorientować się w łatwy sposób, które wyniki one opisują.

W rozdziale czwartym zostały przedstawione wyniki kolimacji światła emitowanego przez krawędziowe diody laserowe. Diody te emitują wiązkę silnie rozbieżną, wychodzącą ze złącza o podłużnym kształcie co powoduje, że kolimacja takiej wiązki nie jest łatwa. W literaturze znanych jest wiele rozwiązań, które nie do końca spełniają swoje zadanie, dlatego też Doktorant zaproponował w pracy wykorzystanie eliptycznej struktury dyfrakcyjnej. Przedstawiony w tym rozdziale opis zawiera symulacje numeryczne propagacji skolimowanej wiązki oraz wyniki eksperymentu. Niestety skromny opis

rysunków nie do końca pozwala rozeznąć się czytelnikowi, które wyniki dotyczą symulacji numerycznych, a które eksperymentu.

W rozdziale piątym doktorant przedstawił wyniki koncentracji światła emitowanego przez diody laserowe przy pomocy zaproponowanej przez siebie metody. Do koncentracji wiązki wykorzystano struktury dyfrakcyjne, które dzielą eliptyczną wiązkę na małe koherentne odcinki i koncentrują je w jeden punkt. Propozycje struktur zostały szczegółowo opisane i obliczone numerycznie. Następnie struktury zostały wykonane i przetestowane zarówno pod kątem jakości wykonania, jak i zasady działania.

W rozdziale szóstym doktorant krótko przedstawił możliwość uzyskania jednorodnego oświetlenia przy pomocy kolimacji wiązek wychodzących z kilku źródeł światła. Zaprezentowany w tym rozdziale układ kolimujący wykorzystujący siatki Dammana jest autorstwa Doktoranta.

Na moment redakcji rozprawy doktorskiej dorobek pana mgr inż. Artura Sobczyka stanowią przede wszystkim trzy prace czasopismach z listy JCR: Journal of Optics (IF 1.847), Optoelectronics Review (IF 1.449), oraz IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology (IF 2.940). W dwóch przypadkach Doktorant występuje jako główny współautor. Dodatkowo pan mgr inż. Artur Sobczyk jest głównym współautorem pracy opublikowanej w Photonics Letters of Poland. Trzy z tych prac są ściśle powiązane z monografią i są szerzej opisane w rozdziałach 4, 5 i 6.

5. Ocena formalna

Za najważniejsze osiągnięcia rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Artura Sobczyka można przyjąć:

- Opracowanie i zweryfikowanie modeli świecenia diody krawędziowej osobno dla diody posiadającej krótki i osobno dla diody charakteryzującej się nieregularnym obszarem aktywnym, które umożliwiło w kolejnym kroku
- Opracowanie i zweryfikowanie (numeryczne i eksperymentalne) elementów dyfrakcyjnych kolimujących i koncentrujących rozbieżną wiązkę światła oraz
- Otrzymanie jednorodnego rozkładu natężenia światła dla oświetlenia złożonego z wielu źródeł.

Tematyka rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Artura Sobczyka jest atrakcyjna w aspekcie technicznym i technologicznym. Analizowane zagadnienia są ważne dla współczesnej fotoniki w perspektywie praktycznego wykorzystania wyników uzyskanych w ramach realizacji pracy doktorskiej. Aplikacyjny charakter uzyskanych wyników oceniam bardzo wysoko.

Zawarty w rozprawie materiał badawczy świadczy, że pan mgr inż. Artur Sobczyk jest dojrzałym pracownikiem naukowym, posiadającym umiejętności zarówno samodzielnego formułowania problemów technicznych i technologicznych, jak i ich rozwiązywania.

Struktura rozprawy jest poprawna choć autor nie ustrzegł się w niej błędów. Dużym mankamentem w rozdziałach 2 i 4 jest złe nazewnictwo niektórych pojęć. Transmitancja jest nazywana w monografii transmisją lub transmitacją, a oznaczenie jednostek względnych [AU]. Niestety skromny opis rysunków w rozdziale 3 nie do końca pozwala rozeznaczyć się czytelnikowi, które wyniki dotyczą symulacji numerycznych, a które eksperymentu. Mankamentem rozdziału 5 jest brak porównania wyników symulacji numerycznych przedstawionych na rysunku 5.7 i wyników doświadczalnych przedstawionych na rysunku 5.9. Brakuje też pomiaru ilości skupianej energii przez naświetlone struktury (tak jak ma to miejsce dla symulacji numerycznych zaprezentowanych - Tab. 5). Porównanie to pozwoliłoby zweryfikować poprawność przyjętego modelu lub jakości wykonanych struktur.

Przedstawione uwagi nie zmieniają pozytywnej opinii Recenzenta o rozprawie doktorskiej pana mgr inż. Artura Sobczyka.

6. Podsumowanie

Moja ogólna ocena pracy jest pozytywna. Praca zawiera duży materiał badawczy. Jest to materiał zarówno o charakterze teoretycznym (modelowanie wiązki laserowej), jak również o charakterze badań eksperymentalnych (wykonanie i charakteryzacja zaprojektowanych struktur dyfrakcyjnych).

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska

mgra inż. Artura Sobczyka pt.:

**„Kontrolowana transformacja wiązek światła emitowanych przez diody
laserowe wybranych typów”**

spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i po spełnieniu innych warunków formalnych wnoszę o jej publiczną obronę.

Z wyrazami szacunku,

