

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Joanny Korec p.t.: „Kształtowanie właściwości propagacyjnych wiązki świetlnej w hybrydowych elementach światłowodowych na bazie cienkiego pokrycia metalicznego i warstwy ciekłego kryształu”

Niesłabnące zainteresowanie techniką światłowodową wynika z szerokiego spektrum możliwości wykorzystania promieniowania optycznego w różnych dziedzinach życia. Obecnie oferowane konstrukcje wykorzystują zarówno klasyczne włókna jak też struktury foniczne pozwalające na uzyskanie unikalnych pasm absorpcyjnych lub emisyjnych. Obok powszechnie znanego wykorzystania światłowodów w telekomunikacji, przemyśle czy w medycynie obserwuje się wzrost badań nad włóknami optycznymi do zastosowań czujnikowych. Niewątpliwie, właściwości światłowodów będących komponentami tych czujników muszą być optymalizowane pod kątem konkretnego zastosowania. Stąd poszukiwanie nowych konstrukcji światłowodów staje się koniecznością, a wyniki badań naukowych zawarte w rozprawie doktorskiej mgr inż. Joanny Korec wychodzą naprzeciw tym potrzebom.

Zatem, podjęcie tematyki badawczej będącej przedmiotem rozprawy mgr inż. Joanny Korec jest uzasadnione. Zagadnienia naukowe będące przedmiotem tej pracy są aktualne z naukowego oraz z praktycznego punktu widzenia. Licząca 138 stron, staranna pod względem edytorskim praca jest napisana jasno i podzielona na 5 logicznie następujących po sobie rozdziałów. Zawiera ona, poprzedzoną zestawieniem stosowanych oznaczeń i skrótów, analizę stanu wiedzy (rozdział 1) oraz badania własne (rozdziały 2-5). Taki układ pracy pozwala na jednoznaczną ocenę własnych osiągnięć jej twórcy.

Przedmiotem rozprawy jest rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego polegającego na:

- 1. Określeniu wpływu różnych cech ciekłych kryształów oraz parametrów otoczenia na propagację promieniowania optycznego w przewężeniu światłowodu i na tej podstawie zdefiniowaniu optymalnych warunków dalszych badań.*
- 2. Opracowaniu technologii metalizowania przewężenia światłowodu i połączenia go z materiałem ciekłokrystalicznym.*
- 3. Badaniu i analizie zjawisk zachodzących w wyniku pokrycia przewężenia światłowodu warstwami metalicznymi.*

W pierwszej części recenzowanej pracy mgr inż. Joanna Korec w wyczerpujący i krytyczny sposób dokonała przeglądu znanych metod wytwarzania przewężeń światłowodowych oraz warunków prowadzenia fali w przewężeniu – w szczególności, interakcji promieniowania optycznego z metalami oraz powstawania efektu rezonansu plazmonowego ze wskazaniem czujników światłowodowych funkcjonujących na bazie tego efektu. Przedstawiła też materiały ciekłokrystaliczne, które ze względu na swoje anizotropowe właściwości pozwalają na kształtowanie parametrów wiązki promieniowania prowadzonej w przewężanych elementach światłowodowych.

Wnioski będące podstawą badawczych działań Autorki są następstwem wnikliwej analizy aktualnego stanu wiedzy przeprowadzonej w oparciu o obszerną literaturę, obejmującą 173 pozycje literatury światowej (w tym 5, to współautorskie publikacje Autorki - z tego w 4-ch jest pierwszym autorem). Można więc powiedzieć, że Autorka jest dobrze przygotowana do realizacji tematyki doktoratu.

Na podstawie tej analizy mgr inż. Joanna Korec (w rozdziale 2) sformułowała cel pracy: *„dobór parametrów materiałów funkcjonalnych stanowiących pokrycia przewężeń światłowodowych które pozwalają na modyfikowanie parametrów wiązki świetlnej propagującej się wewnątrz struktury światłowodowej”*.

W rozdziale 3.1, rozpoczynającym prezentację własnych badań, Autorka wytworzyła przewężone struktury na bazie jednomodowych światłowodów Corning SMF-28e z wykorzystaniem istniejącego w Zakładzie Technicznych Zastosowań Fizyki WAT stanowiska do przewężania światłowodów FOTET. Następnie, tak wytworzone przewężenia bez metalicznego pokrycia umieściła w oryginalnej konstrukcji komorze zawierającej kolejno ciekłe kryształy 6CHBT, E7 i 3092A. Na podstawie pomiarów spektralnych dokonała wyboru optymalnego wariantu. W następnym etapie (Rozdział 3.5) poddała badaniom przewężenia pokryte warstwami metalicznymi (złoto, srebro) i bimetalicznymi (złoto-srebro, srebro-złoto), umieszczając je w komórce zawierającej zakwalifikowaną do dalszych badań ciekłokrystaliczną mieszaninę 3092A. Autorka szczegółowo scharakteryzowała wszystkie użyte w badaniach materiały. Niełatwym zadaniem było też opracowanie metody nanoszenia warstw metalicznych na przewężone światłowody. Mgr inż. Joanna Korec dokonała pomiarów transmisyjnych trzech rodzajów komórek ciekłokrystalicznych (o orientacji twist, prostopadłej i równoległej) i przewężeń pokrytych wyżej wymienionymi warstwami metalicznymi (Rys. 51 – Rys. 60). Autorka porównała (tabele 11-13) otrzymane wartości minimów transmisyjnych oraz poziom absorpcji. Na wyznaczonych przebiegach rezonansowych wskazała położenie oraz szerokość minimów transmisyjnych a także podała wartości stosunku sygnału do szumu (SNR). Powyższe wyniki badań były podstawą do wyznaczenia przez Autorkę średniej wartości przesunięcia minimów transmisyjnych powodowanych przez każdą z naniesionych metalicznych warstw. Najszersze minima transmisyjne osiągnięto dla komórek z przewężeniem pokrytym warstwą złotą, a największą szerokość (64,3 nm)

dla prostopadłej orientacji komórki ciekłokrystalicznej otaczającej złotem pokryte przewężenie światłowodowe. Autorka zrealizowała tu założony cel tej części rozprawy: otrzymanie minimum rezonansowego w zależności od metalowego pokrycia przewężonego światłowodu jako efektu zjawiska rezonansu plazmonowego zachodzącego na granicy pomiędzy metalem a ciekłym kryształem. W ten sposób udowodniła, że możliwe jest kształtowanie właściwości propagacyjnych hybrydowych elementów światłowodowych poprzez pokrycie ich warstwą metalu i ciekłego kryształu. Autorka nie omieszkała też zwrócić uwagę na niedoskonałości zrealizowanego procesu technologicznego i wskazała na kierunki dalszych badań zmierzających do optymalizacji tego procesu.

Uzyskane wyniki dowodzą słuszności przyjętych założeń i poprawności działań związanych z realizacją tematu rozprawy. Potwierdzeniem tej poprawności są publikacje wyników badań w prestiżowych czasopismach naukowych o międzynarodowym zasięgu (m.innymi: *Journal of Sensors, Optical Fiber Technology, Materials*), czy w ramach konferencji SPIE Photonic Europe, 2018).

Postawione zadanie mgr inż. Joanna Korec rozwiązała w sposób oryginalny, wykazując tym samym bardzo dobre przygotowanie do samodzielnego rozwiązywania zagadnień teoretycznych, jak też związanych z praktyczną realizacją eksperymentu. Udowodniła, że poprzez dobór parametrów materiałów funkcjonalnych stanowiących pokrycia przewężeń światłowodowych możliwe jest sterowanie parametrami wiązki propagującej się w światłowodzie.

Jako oryginalne osiągnięcia autora uważam:

1. Opracowanie konstrukcji i określenie parametrów technologicznych światłowodowych struktur przewężanych do połączeń z określonymi materiałami funkcjonalnymi.
2. Określenie wpływu rodzaju pokryć metalicznych i ich grubości na optyczne parametry spektralne hybrydowych przetworników światłowodowo-ciekłokrystalicznych.
3. Wykazanie możliwości sterowania w szerokim zakresie parametrami propagacyjnymi promieniowania optycznego prowadzonego w przewężeniu światłowodu (przesunięcie minimów transmisyjnych w zależności od rodzaju powłoki metalicznej od 56,4 nm do 214,1 nm).

Należy też podkreślić, że zrealizowano trudny, wymagający interdyscyplinarnej wiedzy i doświadczenia proces technologiczny związany z wytworzeniem badanych struktur, udokumentowany obszerną, staranną, szczegółową analizą i interpretacją uzyskanych wyników.

Wszystko to stanowi wartościowy dorobek Autorki i czyni rozprawę znaczącą w zakresie badań, projektowania i wytwarzania nowych konstrukcji optoelektronicznych. Rozprawa wyróżnia się oryginalnymi walorami poznawczymi, użytkowymi i wdrożeniowymi, przez co będzie przydatną pracownikom naukowym jak również projektantom i wykonawcom nowej generacji czujników światłowodowych. Przyjęte w rozprawie założenia są uzasadnione. Poprawny dobór metod badawczych i pomiarowych oraz wnioski wynikające z wykonanej pracy pozwalają stwierdzić, że postawione Autorce zadanie zostało rozwiązane poprawnie, a cel rozprawy osiągnięty.

Uwagi wynikające z lektury rozprawy:

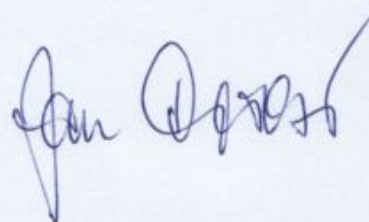
1. Autorka, moim zdaniem, niesłusznie dokonała podziału badań własnych jako „część technologiczna i badawcza” (s.49). Uważam, że te dwie części należą do badań powinny być podzielone na część technologiczną i część pomiarową.
2. Autorka podała cel pracy nie określając jej tezy. Przyjęła jako pewnik (niewątpliwie słusznie) że dobór parametrów materiałów funkcjonalnych stanowiących pokrycia przewężeń światłowodowych pozwalają na modyfikowanie parametrów wiązki świetlnej propagującej się wewnątrz struktury światłowodowej.
2. Autorka informuje (str.60 i str.80), że pomiary transmisji widmowej dla wszystkich wariantów realizowano w temperaturze pokojowej – jakiej konkretnie i czy takiej samej dla wszystkich pomiarów ? Jak długo trwał pomiar i czy ta temperatura układu pomiarowego była stabilizowana ? Nie wynika to przedstawionego na rys. 35 schematu układu pomiarowego i jego opisu (Rozdz. 3.3). Czy były one wykonane w komorze klimatycznej z pomocą której określono wpływ temperatury na ciekły kryształ i propagację w komórce (Rozdz. 3.4) ?.
3. Pomiary transmisyjne wykonano w zakresie widzialnym i w podczerwieni (550 – 1200 nm) – z tego względu byłoby poprawniej używać w pracy sformułowania promieniowanie optyczne (zamiast światło) z podaniem jego zakresu.
4. W jaki sposób byłoby możliwe ograniczenie zaobserwowanych podczas pomiarów komórek z warstwami metalicznymi fluktuacji mocy promieniowania ?
5. Warstwy metaliczne były nanoszone tylko po jednej stronie przewężenia – czy mierzona była grubość warstwy napyłonej po obwodzie i jaki wpływ na transmisję mogła mieć niepokryta (o ile to miało miejsce) metalem część przewężenia?.

Powyższe uwagi nie wpływają na ogólną, pozytywną ocenę recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Pani mgr inż. Joanna Korec samodzielnie rozwiązała trudny problem naukowo-badawczy, co wymagało interdyscyplinarnej wiedzy teoretycznej jak też umiejętności i doświadczenia w realizacji eksperymentu.

Wniosek

Osiągnięcia poznawcze zaprezentowane w pracy mgr inż. Joanny Korec pozwalają na stwierdzenie, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie inżynieria materiałowa i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.



Białystok, 24.10.2022 r.