



Politechnika Wroclawska

Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki

Prof. dr hab. inż. Leszek Golonka

Wrocław 31.07.2014 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Guzowskiego
pt.: „Zintegrowane połączenia optyczne na podłożach ceramicznych”

Wstęp

Tematyka poruszana w recenzowanej rozprawie doktorskiej jest ważna zarówno od strony naukowej jak i możliwości praktycznego zastosowania. Autor pracy zajmuje się połączeniami optycznymi w systemach elektronicznych układów scalonych. Połączenia takie są realizowane jako połączenia typu *on-chip* lub *off-chip*. Autor pracy zajmuje się połączeniami typu *off-chip*. Komunikują one ze sobą układy VLSI (*Very Large Scale Integration*) znajdujące się w modułach typu MCM (*Multi Chip Module*) światłowodami telekomunikacyjnymi na względnie dużych odległościach. Odpowiednie konwertery wytwarzają sygnał elektryczny na wejściu i wyjściu dyskretnych elementów elektrycznych połączonych optyczną linią transmisyjną. Prace w tym zakresie są prowadzone od lat w Katedrze Przyrządów Półprzewodnikowych i Optoelektronicznych Politechniki Łódzkiej przy współpracy z LEOM (*Laboratoire d'Electronique Optoelectronique et Microsysteme*) Ecole Centrale de Lyon (ECL) w ramach projektów bilateralnych oraz europejskich.

Ocena

Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter technologiczno eksperymentalny z dokładnym opisem wyników prowadzonych pomiarów. Dotyczy ona opracowania tzw. opto-podłoża z zagrzebanymi w ceramice AlN lub Al₂O₃ światłowodami i zintegrowanym

wejściowym i wyjściowym konwerterem O/E. W przyszłości opracowana technologia ma być wykorzystana do wykonania podłoża ceramicznych typu DCB (*Direct Bond Copper*).

Dwie tezy pracy sformułowano następująco:

1. Jest możliwe wykonanie ceramicznego opto-podłoża zawierającego zagrzebaną autonomiczną optyczną linię transmisyjną
2. Można wykorzystać kątowno-kuliste mikrosoczewki zintegrowane ze światłowodem szklanym do wykonania sprzęgu opto-elektrycznego w autonomicznej optycznej linii transmisyjnej.

Rozprawa doktorska składa się z 199 stron tekstu łącznie z bibliografią (10 rozdziałów) oraz 90 stron z 10 aneksami. W tekście znajduje się 200 rysunków i 29 tabel. Rysunki wykonane są bardzo starannie. Spis publikacji zawiera 216 pozycji (w tym 5 prac własnych). W rozdziale poświęconym analizie literatury światowej przedstawiono obszernie informacje na temat materiałów, konstrukcji i technologii stosowanych w układach MCM. Wnioski z przeglądu literatury sformułowano w sposób jasny i przekonujący.

W pierwszej części rozprawy Autor analizował dane literaturowe dotyczące wielu typów światłowodów wykonanych z różnych materiałów. Analizę przeprowadzono pod kątem możliwości zastosowania w ceramicznym opto-podłożu. Na podstawie dokonanego przeglądu literatury wybrano odpowiednie światłowody do dalszych prac badawczych. Oceniono zależność tłumienia sygnału od ilości zawnieć i promienia zgięcia światłowodów oraz określono wpływ wysokich temperatur na ich właściwości mechaniczne i optyczne. Najlepszymi właściwościami charakteryzował się światłowód wielomodowy klasy OM4 BI. Światłowód ten wykorzystywano w dalszych badaniach.

W drugiej części rozprawy przedstawiono wyniki badań nad integracją światłowodów w podłożach ceramicznych oraz sprzęganiem światłowodów z elementami aktywnymi zintegrowanymi z podłożem.

Za najważniejsze osiągnięcia Autora rozprawy uważam:

- 1) opracowanie profilu termicznego wypalania światłowodu szklanego w temperaturze 1000 °C,
- 2) zaprojektowanie i wykonanie światłowodów zakończonych kątowno-kulistymi mikrosoczewkami, dzięki którym dokonano sprzęgania pomiędzy elementami aktywnymi, a światłowodami na podłożu krzemowym.

Autor recenzowanej rozprawy rozwiązał poprawnie postawione zagadnienie badawcze. zintegrował z podłożem ceramicznym światłowodowy MMF, opracował i wykonał układy sterująco-zasilające dla elementów aktywnych oraz wybrał i zintegrował z podłożem ceramicznym elementy aktywne. W zintegrowanych połączeniach optycznych przesłano sygnały z częstotliwościami dochodzącymi do 2 GHz. Wartość eksperymentalna wyników pracy doktorskiej jest duża. Są one bardzo interesujące z punktu widzenia zastosowań praktycznych. Autor wykazał się odpowiednim poziomem znajomości literatury z dyscypliny naukowej, której dotyczy rozprawa.

Do recenzowanej rozprawy mam kilka uwag:

- 1) opis wyników przeprowadzonych badań jest często bardzo ogólny, brakuje informacji ilościowych i analizy zachodzących procesów,
- 2) w podsumowaniu rozprawy brak najważniejszych wniosków,
- 3) nie podano bliższych informacji o laserach, którymi wycinano rowki w ceramice (typ, długość fali),
- 4) brak dokładnych badań ilościowych kształtu wyciętych rowków (nie ma profilogramów),
- 5) brak informacji na temat jakości polerowanych światłowodów,
- 6) moim zdaniem, często niepotrzebne i zbyt szczegółowe przedstawiono wyniki pomiarów w aneksach (wykresy zamieszczone w pracy dostarczają identycznych informacji, co dane w tabelach aneksu). Niektóre wykresy w pracy i aneksie są identyczne, np. rysunki 5.18 i F1 oraz 5.19 i F2.
- 7) nie sprawdzono, czy opracowane podłoża ceramiczne nadają się do wytworzenia podłoża typu DCB,
- 8) szkoda, że Autor nie zna prac z Politechniki Wrocławskiej o światłowodach zagrzebanych w ceramice LTCC (np. Sensors and Actuators B, vol. 111/112, s. 396-402, 2005; Int. J. Appl. Ceram. Technol. 3[2], s. 150-156, 2006), światłowodach planarnych na LTCC (rozprawa doktorska dr. Rafała Tadaszaka, rok 2011), wytwarzaniu soczewek w światłowodach (rozprawa doktorska dr. Jacka Radojewskiego, rok 1991).

Rozprawa doktorska jest napisana poprawnie pod względem edytorskim. Zawiera jedynie pojedyncze usterki redakcyjne, np.:

- 1) brak spisu akronimów i symboli,
- 2) liczby dziesiętne pisane z kropką, zamiast z przecinkiem,

- 3) niewłaściwy podpis pod rysunkiem 2.1 (str. 12) i numer rysunku 6.12 (str. 139),
- 4) niedobra jakość niektórych zdjęć (np. rys. 4.21, 4.22),
- 5) spis literatury – nie zawsze podano miejsca konferencji i strony artykułów.

Podsumowanie

Pan mgr inż. Bartłomiej Guzowski wykazał się umiejętnością przeprowadzania prac badawczych. Rozprawa świadczy o wiedzy Autora z dyscypliny naukowej, której dotyczy. Autor poprawnie rozwiązał postawione zadania.

Tematyka rozprawy jest aktualna. Przedstawione wyniki są wartościowe i ważne z punktu widzenia poznawczego i możliwości zastosowania w praktyce.

Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Guzowskiego pt.: „Zintegrowane połączenia optyczne na podłożach ceramicznych” zawiera elementy nowości i reprezentuje odpowiednio wysoki poziom naukowy. W związku z tym spełnia warunki obowiązującej ustawy o stopniach naukowych.

Stawiam wniosek, aby Rada Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej dopuściła mgr inż. Bartłomieja Guzowskiego do publicznej obrony swoich tez.

