

Wrocław, 07.01.2020

dr hab. inż. Jarosław Domaradzki, prof. uczelni
Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
Politechnika Wrocławska
ul. Janiszewskiego 11/17
50-372 Wrocław

Recenzja rozprawy doktorskiej

opracowana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych
Politechniki Warszawskiej z dnia 21.11.2019 r.

Tytuł rozprawy: Photon emission detection for tracing and classification of semiconductor defects

Autor rozprawy: mgr inż. Piotr Laskowski

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy/teza pracy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Rozprawa doktorska mgra Piotra Laskowskiego dotyczy problematyki analizy uszkodzeń występujących w scalonych układach elektronicznych, w tym zastosowania szybkich i niedrogich metod do lokalizacji i identyfikacji defektów. Podjęte w pracy zagadnienia są aktualne i dobrze wpisują się w dziedzinę poprawy niezawodności różnego typu elementów elektronicznych.

Głównym celem zrealizowanym przez autora rozprawy była szczegółowa analiza przydatności metod obrazowania bazujących na emisji optycznej do lokalizacji aktywnych obszarów elementów układów scalonych. Rozprawa doktorska ma charakter doświadczalny, jednak w celu przeprowadzenia analizy, autor wprowadza model teoretyczny, który następnie weryfikuje doświadczalnie dla różnych technologii i użytych materiałów.

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

1/5

Janek

Początkowe rozdziały pracy, tj. rozdz. 3 i 4 zawierają wprowadzenie do tematyki związanej z przedmiotem pracy. W szczególności w rozdz. 3 autor koncentruje się na opisie konstrukcji i zasady działania takich podstawowych elementów elektronicznych, jak tranzystory MOSFET i HEMT. W kolejnej części pracy (rozdz. 4) autor przedstawia przegląd stanu wiedzy na temat wybranych metod charakteryzacji elementów elektronicznych ze szczególnym uwzględnieniem metod bazujących na emisji optycznej. Ta wstępna część rozprawy opracowana została w oparciu o 41 pozycji literaturowych. Są to zarówno takie klasyczne podręczniki, jak S.M. Sze "Physics of semiconductor devices", czy W. Marciniak "Układy i systemy elektroniczne", jak i artykuły naukowe opublikowane w czasopismach i wydawnictwach konferencyjnych. Cytowane we wspomnianych rozdziałach prace wydane zostały przed 2010 rokiem.

Rozdział piąty rozprawy poświęcony został z kolei na omówienie metod charakteryzacji elektrycznej z podziałem na elementy wykonane w technologii krzemowej oraz osobno dla elementów wykorzystujących azotek galu. Ta część pracy zilustrowana została już wynikami prac własnych autora. Zdaniem recenzenta dokonana analiza źródeł została przeprowadzona w sposób wystarczający.

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

Cel jaki postanowił zrealizować autor rozprawy przedstawiony został w rozdziale szóstym i obejmował: zdefiniowanie, implementację i eksperymentalne udowodnienie przydatności metody obrazowania wykorzystującej emisję optyczną do analizy uszkodzeń w urządzeniach elektronicznych. Jakkolwiek sama metoda zastosowana przez autora jest znana i wykorzystywana powszechnie w wielu laboratoriach na świecie, to jednak stosowana jest ona typowo do urządzeń elektronicznych pracujących w warunkach statycznych. Autor rozprawy postanowił natomiast pokazać przydatność tego typu metod do analizy elementów pracujących również w warunkach dynamicznych. Należy stwierdzić, że sposób realizacji założonego celu rozprawy był właściwy i że został on osiągnięty.

W szczególności, na podstawie otrzymanych wyników badań autor przedstawił cenną analizę porównawczą trzech metod badawczych – PEM, TLS i PLS dla różnych parametrów testowych, co umożliwiło określenie warunków przydatności tych metod do obrazowania aktywnych obszarów badanych elementów. Ponadto, w toku realizacji rozprawy przeanalizowany



został wpływ między innymi takich czynników, jak napięcie bramki, prąd drenu, czy temperatura badanych tranzystorów na rodzaj i jakość (stosunek sygnał/szum) otrzymywanych wyników. Uzyskane w ten sposób informacje umożliwiły następnie autorowi rozprawy dokonanie analizy mechanizmów obserwowanej emisji optycznej.

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

Oryginalny dorobek autora rozprawy stanowi opracowana metodyka analizy elementów elektronicznych pracujących w warunkach dynamicznych z wykorzystaniem metody bazującej na emisji optycznej. W tym celu, autor w pierwszej kolejności przeanalizował działanie elementów elektronicznych będących przedmiotem Jego zainteresowania (tranzystory HEMT i MOSFET), a następnie w oparciu o oryginalne wyniki badań zaproponował model teoretyczny, którego przydatność udowodnił na przykładzie analizy wybranych elementów, wykonanych w technologii krzemowej oraz azotku galu. Opracowany model teoretyczny umożliwił rozszerzenie funkcjonalności znanych statycznych metod obrazowania do zastosowania w przypadku elementów pracujących w warunkach zmiennoprądowych.

Oryginalność dorobku potwierdza opublikowanie wyników uzyskanych przy współudziale autora w cytowanych w rozprawie dziesięciu pracach (poz. [37, 49-57]) wydanych w latach 2007 - 2017 z czego w sześciu autor rozprawy występuje na pierwszym miejscu.

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

Zdaniem recenzenta autor rozprawy wykazał opanowanie warsztatu zarówno od strony rozważań teoretycznych, planowania eksperymentu, prowadzenia badań doświadczalnych, jak i analizy i interpretacji wyników. Sądząc po latach cytowanych w rozprawie prac własnych autora, należy stwierdzić, że przedstawiony w rozprawie materiał jest dojrzały i dobrze przemyślany. Wyniki badań są przedstawione w sposób zwięzły i zrozumiały.

Rozprawa doktorska przygotowana została w języku angielskim i składa się z 12 rozdziałów, spisu użytej literatury, a także streszczenia w języku polskim i angielskim. Rozprawa łącznie liczy 141 stron. Napisana została w sposób zrozumiały, chociaż nie udało się uniknąć pewnych błędów stylistycznych.

Do zdecydowanie najsłabszej części rozprawy pod względem redakcyjnym należy zaliczyć spis użytej literatury. Wiele cytowanych tam źródeł jest niekompletnych, brakuje danych bibliograficznych (rok, miejsce wydania, nr stron), brak konsekwencji i dowolność w podawaniu kolejności: imię, nazwisko autorów pracy, rok wydania, podawanie pełnych imion autorów lub tylko inicjałów, itp.

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

Pewien niedostatek od strony merytorycznej rozprawy budzi brak rozwinięcia i odniesienia się autora do roli i miejsca jaką pełni opracowana przez niego metoda w dziedzinie badania niezawodności analizowanych elementów elektronicznych. Autor rozprawy pokazuje przydatność zastosowanych metod do obrazowania aktywnych obszarów wybranych elementów, jednak nie wskazuje bezpośrednio jak wykorzystać otrzymane informacje w analizie i poprawie niezawodności.

W załączonym do pracy streszczeniu opracowanym w języku polskim, autor tłumaczy "failure analysis" jako "analiza błędów" podczas, gdy powszechnie przyjętym w języku polskim określeniem jest "analiza uszkodzeń".

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Przedstawiony w rozprawie materiał ma zdecydowanie praktyczny charakter o możliwości potencjalnego zastosowania do lokalizacji i analizy uszkodzeń występujących w różnych typach elementów elektronicznych, nie tylko w skali laboratoryjnej. Sądząc z opisu zamieszczonych w rozprawie wyników oraz publikacji własnych autora, opracowana metoda będzie dalej wykorzystywana i rozwijana w macierzystej jednostce autora rozprawy.

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

W mojej ocenie przedstawiona mi do oceny rozprawa całkowicie spełnia wymagania z wyraźnym nadmiarem.

9. Wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wskazuje na dojrzałość naukową Kandydata w zakresie dyscypliny, w której ubiega się o nadanie stopnia doktora. Zrealizowana praca oraz opublikowane artykuły pokazują, że Doktorant opanował umiejętność zarówno warsztatu doświadczalnego, jak i analizy i interpretacji wyników badań.

Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska całkowicie spełnia wymagania wynikające z art. 179 ust.1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z dnia 30 sierpnia 2018 r. poz. 1669) w związku z art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i wnoszę o przyjęcie i dopuszczenie jej do publicznej obrony oraz o nadanie Kandydatowi stopnia naukowego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin i dyscyplin naukowych i artystycznych (Dz. U. z dnia 25 września 2018 r. poz.1818).

Jerostaw Doczwrecki