



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI,
TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI



Gdańsk, dn. 5 grudnia 2022 r.

dr hab. inż. Małgorzata Szczerska, prof. uczelni
Katedra Metrologii i Optoelektroniki
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr Velerii Myndrul

pt. „Photoluminescent and electrochemical (bio)sensors based on porous silicon and zinc oxide for continuous mycotoxins and glucose detection”

Promotor:

dr hab. Igor Iatsunskiy, prof. UAM

Opiekun pomocniczy:

dr Mikhael Bechelany

Recenzję rozprawy doktorskiej sporządzono na podstawie Uchwały nr 82/2021/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne i Astronomia UAM z dnia 30 września 2022 roku w sprawie wyznaczenia recenzentów w postępowaniu o nadanie stopnia doktora mgr Velerii Myndrul.

1. Opis rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska została napisana w języku angielskim i obejmuje 166 stron. Składa się z 8 rozdziałów zasadniczych oraz dodatkowych rozdziałów nienumerowanych: Podziękowań, Streszczenia, Listy publikacji powiązanych tematycznie, Literatury oraz Listy stosowanych oznaczeń i symboli, jak również Listy innych publikacji, Listy wystąpień konferencyjnych oraz Oświadczeń współautorów oraz Zgody wydawnictw.

2. Zagadnienie naukowe

W ocenianej rozprawie cele i teza pracy nie zostały jednoznacznie określone i przedstawione. Jako cele naukowe pracy przyjęłam zaprezentowane w rozdziale „Motivation and outline” motywacje do podjęcia prezentowanego zagadnienia badawczego. Autor rozprawy określił je jako:

Cel główny:

„The primary intention of this thesis is to fabricate and apply well-known semiconductors and their composites in the design of optical and electrochemical (bio)sensors suitable for continuous detection of hazardous species as well as healthcare applications.”

[„Głównym celem tej pracy jest wytworzenie i zastosowanie dobrze znanych półprzewodników i ich kompozytów do projektowania (bio)czujników optycznych i elektrochemicznych odpowiednich do ciągłego wykrywania gatunków niebezpiecznych, jak również do zastosowań medycznych.”]

Cele szczegółowe:

1. *“Another aim of this thesis is to demonstrate the ability of ZnO-based electrodes for electrochemical point-of-care continuous glucose detection in non-invasive body fluid (e.g. sweat).”*

[„Kolejnym celem pracy jest wykazanie zdolności elektrod na bazie ZnO do elektrochemicznego ciągłego wykrywania glukozy w płynach ustrojowych (np. pocie) w punktach opieki zdrowotnej.”]

2. *“the motivation for this thesis is to demonstrate the applicability of nanoscaled Si and ZnO in PL-based and electrochemical (bio)sensor performances for highly sensitive and selective detection of foodborne pathogens and non-invasive point-of care testing. “*

[„Motywacją do tej pracy jest wykazanie możliwości zastosowania Si i ZnO w skali nano w wydajności (bio)czujników opartych na PL i elektrochemicznych dla wysoce czułe i selektywne wykrywanie patogenów przenoszonych przez żywność oraz nieinwazyjne testy w miejscu opieki. “]

Cele pracy, główny i szczegółowe, zostały poprawnie sformułowane i stanowią ważny oraz aktualny problem naukowy. Aby je osiągnąć Autor rozprawy przedstawiła wyniki szeregu prac badawczych, mających na celu opracowanie bioczuźników z wykorzystaniem materiału porowatej krzemionki (ang. porous silica - *PSi*) oraz tlenku cynku (*ZnO*).

Wydaje się, że zakres celu głównego mógł zostać zawężony poprzez zawężenie wybranych gatunków niebezpiecznych np. do grzybów lub bakterii. Taką samą uwagę mam w przypadku zastosowań czujnika w ochronie zdrowia, co jest określeniem bardzo ogólnym.

Cele szczegółowe są jasno i precyzyjniej określone, chociaż również nie znalazło się tam doprecyzowanie patogenów będących w obszarze zainteresowania Doktoranta.

Na uwagę zasługuje fakt, że w żadnym z celów nie pojawia się aplikacja materiału *PSi*, a jest on jednym z dwóch materiałów, wytypowanych do badań, wymienionych w tytule rozprawy obok *ZnO*.

Rozprawę można zakwalifikować jako pracę interdyscyplinarną – dotyczy zagadnień opracowania nowych czujników z wykorzystaniem innowacyjnych rozwiązań inżynierii materiałowej, w celu opracowania bioczuźników wykorzystujących optyczne i elektrochemiczne metod detekcji. Praca ma zdecydowanie charakter eksperymentalny.

3. Analiza aktualnego stanu wiedzy

Trzy pierwsze rozdziały rozprawy zawierają wyniki analizy literatury przedmiotu. Rozprawa zawiera 385 pozycji literatury światowej opisujące aktualny stan wiedzy w zakresie konstrukcji bioczuźników, właściwości i wytwarzania *PSi* i *ZnO*.

Przedstawiona analiza obejmuje bardzo szeroki zakres tematyczny i składa się z wielu krótkich rozdziałów opartych zazwyczaj na ograniczonej liczbie referencji, dla przykładu

rozdział „Electric immunosensors” czy „Fundamental aspects of porous silica” odwołują się wyłącznie do kilku pozycji, odpowiednio: [24 ÷27] oraz [97, 98, 99].

4. Wartość naukowa rozprawy

Oryginalność badań

Postawiony przez Autora rozprawy problem, czyli opracowanie bioczuJNIKA poziomu glukozy w pocie oraz czujnika patogenów występujących w żywności jest zadaniem niebanalnym, którego rozwiązanie wymagało od Doktoranta obszernej wiedzy z zakresu fizyki, inżynierii materiałowej oraz elektrochemii. Oryginalność przedstawionej do oceny rozprawy wynika przede wszystkim z nowego podejścia eksperymentalnego do pomiaru właściwości badanych wielkości biologicznych, które skupiły się na optymalizacji parametrów elektrod pomiarowych. Autor rozprawy wykorzystał znane w optyce materiały i zmodyfikował ich parametry w taki sposób, żeby mogły pełnić rolę elektrod w bioczuJNIKACH.

Autor rozprawy rozwiązał postawiony problem poprzez zmodyfikowanie parametrów optycznych i elektrochemicznych materiałów: *PSi* oraz *ZnO*, tak aby mogły zostać wykorzystane w bioczuJNIKACH wybranych wielkości biologicznych. Doktorant nie tylko opracował grupy materiałów o nowych właściwościach, ale również z sukcesem zastosował je w zaprojektowanych bioczuJNIKACH.

Zgodnie z załączonym oświadczeniem o jego wkładzie w realizowane opublikowane prace Doktorant był pomysłodawcą zaproponowanego rozwiązania w przypadku czujnika poziomu glukozy oraz czujnika do wykrywania patogenów występujących w żywności. Opracowanie konstrukcji tych czujników pozwalających na nieinwazyjny pomiar glukozy i obecności mykotoksyn w żywności stanowi samodzielny i oryginalny dorobek Autorki rozprawy.

Przedstawione w rozprawie rozwiązanie jest oryginalne w porównaniu do wcześniej stosowanych metod, gdyż pozwala na nieinwazyjny monitoring poziomu glukozy w sposób nieinwazyjny, w czasie rzeczywistym. Opracowane czujniki mogą w przyszłości znaleźć praktyczne zastosowanie w kontroli poziomu glukozy czy w procesie wykrywania mykotoksyn w żywności.

Oprócz oryginalności z punktu widzenia naukowego, przedstawione rozwiązanie są ważne z punktu widzenia społecznego. Opracowanie metod kontroli poziomu glukozy w sposób nieinwazyjny może być jednym z czynników wpływającym na do wzrost poczucia bezpieczeństwa osób chorych.

Z kolei problem opracowania tanich i skutecznych czujników patogenów mogących wpływać na jakość produktów spożywczych nabiera ogromnego znaczenia w świetle możliwości wystąpienia kryzysu żywnościowego.

Wartość naukowa artykułów

Przedstawione do oceny artykuły wykazują wysoką wartość naukową. Są szczegółowym i precyzyjnym opisem przeprowadzonych eksperymentów oraz charakterystyką wytworzonych materiałów na elektrody, jak i całych czujników. Opracowane metody pomiarowe zostały zwalidowane poprzez użycie innych metod kontrolnych. Poprawność działania czujnika glukozy była testowana na sztucznym pocie ale również na ochotnikach.

W artykułach zamieszczono obszerny i szczegółowy opis wyników badań zrealizowanych z zastosowaniem opracowanych czujników. Przedstawiono w nich obszerną dyskusję wyników, w których dokonano analizy statystycznej wyników pomiarów, co pozwoliło na korelację parametrów sygnału pomiarowego i wybranych parametrów biologicznych.

W artykułach przedstawiono również wyniki badań oraz poszerzoną dyskusję dotyczącą badania parametrów czujników w różnych warunkach, np. stabilność czasowo opracowanych czujników. Artykuły zawierają również rezultaty prac eksperymentalnych wraz z analizą wpływu poszczególnych parametrów środowiskowych na zmiany sygnału pomiarowego.

W wyniku analizy przedstawionej do oceny pracy należy stwierdzić, że Autor osiągnął cel naukowy i użył do tego właściwych metod. Wybór technik wykorzystanych pomiarowych został dokonany adekwatnie do problemu. Na podstawie analizy wyników zamieszczonych w dołączonych artykułach należy stwierdzić, że cel naukowy przedstawiony w pracy został osiągnięty.

5. Sposób przedstawienia wyników

Rozprawa została napisana w sposób staranny zarówno pod względem użytego języka, jak również pod względem edycyjnym. W rozdziałach 1 ÷ 3 zdecydowana większość rysunków została bezpośrednio zaczerpnięta z literatury lub pochodzi z literatury i została zmodyfikowana na potrzeby pracy.

Wyniki eksperymentów zostały przedstawione wyłącznie w dołączonych artykułach, gdzie zostały przedstawione szczegółowo, a rezultaty są prezentowane w przystępny dla czytelnika sposób.

Mankamentem pracy jest brak poszerzonego opisu artykułu, który pozwoliłby na całościową prezentację eksperymentu oraz szerszego przedstawienia wyników pomiarów.

W pracy występują również pojedyncze błędy edycyjne, które w żaden sposób nie obniżają wysokiej wartości pracy. Ich przykłady przedstawiono poniżej:

1. Używanie kolokwializmów: „peak position” (s.25).
2. Brak opisu skrótów użytych w opisie rysunku rysunków, dla przykładu: Figure 1.5÷7; 3.1 ÷3.2.
3. Stosowanie uogólnienia wymagających doprecyzowania, dla przykładu „change of light paramters” – bez podania jakie parametry (s.16), „change in the film thickness is essential” – bez określenia powodu (s.21); „The sensitivity of MZI-based immunosensor can be tuned by the change of sensing window length” – bez podania w jaki sposób (s.22)
4. Niepełny spis oznaczeń i skrótów stosowanych w Rozprawie.

6. Uwagi krytyczne dotyczące rozprawy

1. Moja podstawowa uwaga krytyczna dotyczy braku jasno określonej tezy rozprawy.
2. Kolejna uwaga dotyczy braku jednoznacznego określenia celu głównego i szczegółowego.
3. W pracy zabrakło rozdziału końcowego – podsumowania, przedstawiającego parametry metrologiczne opracowanych przez Doktoranta bioczuJNIKÓW na tle innych, przedstawionych w literaturze rozwiązań służących do pomiaru tych samych wielkości. Pozwoliłoby to na podkreślenie zalet opracowanych bioczuJNIKÓW. Prezentowany opis

opublikowanych prac jest bardzo skrótowy i nie pozwala na całościową prezentację eksperymentu oraz szerszego przedstawienia wyników pomiarów.

Uwagi szczegółowe:

4. Proszę Autora aby wyjaśnił dlaczego uważa, że „nanoscaled Si and ZnO are ideal for use as labels in FL-based (bio)sensors”.
5. W rozdziale „Optical immunosensors” Autor przedstawił podział czujników optycznych. „Zazwyczaj używa się podziału czujników opartego na rozróżnieniu zmian we właściwościach optycznych promieniowania, które jest kontrolowane, proszę o wyjaśnienie dlaczego przyjęto taki podział.
6. Również w tym samym rozdziale Autor twierdzi, że „optical immunosensors ... can be easily miniaturized facilitating development of lab-on-chip devices”, co wymaga szerszego komentarza, ponieważ realizacja czujników optycznych w wersji lab-on-chip, lab-on-fiber nastrocza wielu problemów, które nie występują w innych realizacjach takich samych czujników.
7. Proszę o wyjaśnienie, co stwierdzenia z tego samego rozdziału dotyczące interferencji Mach-Zehnera: „the relationship between the initial and final interferences can provide information about analyte concentration or mass density adhered to the immunosensor”. Co oznacza w tym przykładzie “initial interference”?

7. Wnioski końcowe

Można stwierdzić, że recenzowana praca stanowi opis oryginalnego rozwiązania problemu naukowego wykonanego przez Autora rozprawy, jak również wykazuje jego ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej Nauki Fizyczne, jak również umiejętność samodzielnego prowadzenia prac naukowych.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa Pana mgr Velerii Myndrul spełnia wymagania *Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* oraz odpowiedniego *Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora.*

Mając na uwadze osiągnięte wyniki i obowiązujące przepisy prawa wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne i Astronomia Uniwersytetu im Adama Mickiewicza w Poznaniu, o dopuszczenie Pana mgr Velerii Myndrul, ubiegającego się o nadanie stopnia naukowego doktora nauk fizycznych, o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Równocześnie zwracam się z wnioskiem o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr Velerii Myndrul, ponieważ przedstawione wyniki prac badawczych wyróżniają się oryginalnością zastosowanych metod badawczych oraz dużą wagę naukową, co zostało potwierdzone opublikowaniem wyników tych prac w renomowanych czasopismach naukowych.

W dołączonym do rozprawy wykazie publikacji Doktoranta przedstawiono zbiór 8 artykułów opublikowanych w czasopismach znajdujących się w Journal Citation Reports z wysokim współczynnikiem wpływu. W sześciu artykułach Doktorant jest pierwszym, a w jednym drugim autorem, co wskazuje na jego wiodący wkład w powstanie publikacji. Cztery z przedstawionych artykułów powiązane są z tematyką rozprawy. Na wyróżnienie zasługuje również duża aktywność konferencyjna Doktoranta.

M. Szczerska

.....
dr hab. inż. Małgorzata Szczerska, prof. uczelni