

dr hab. inż. Anna Szerling
Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut
Mikroelektroniki i Fotoniki
Al. Lotników 32/46
02 - 668 Warszawa

Warszawa, 16/06/2026

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Patryka Sokołowskiego p.t. „Opracowanie optycznych metod badania wybranych parametrów tkanek biologicznych oraz ich fantomów”

Rozprawa doktorska mgr inż. Patryka Sokołowskiego została wykonana pod kierunkiem Promotorki Prof. dr hab. inż. Małgorzaty Szczerskiej.

Rozprawa dotyczy opracowania optycznych metod wykrywania wybranych analitów oraz przygotowania fantomu ludzkiego moczu. Doktorant przeprowadził analizę możliwości wykorzystania metod optycznych do oznaczania wybranych biomarkerów, m.in. z zastosowaniem opracowanych w ramach badań czujników światłowodowych. Metody optyczne są obecnie intensywnie rozwijane na potrzeby monitorowania stanu zdrowia i diagnostyki biomedycznej, a ich dalszy rozwój stanowi istotny element umożliwiający szybkie, czułe i precyzyjne wykonywanie badań przesiewowych.

Przedstawiona rozprawa poświęcona jest opracowaniu optycznych metod badania wybranych parametrów tkanek biologicznych oraz ich fantomów. Zrealizowane badania obejmowały zarówno prace koncepcyjne, jak i technologiczne oraz pomiarowe. W ramach rozprawy Autor:

- 1) wykazał, że opracowane w ramach doktoratu czujniki światłowodowe mogą być z powodzeniem wykorzystywane do wykrywania RNA wirusów SARS-CoV-2 i grypy typu A oraz do detekcji przeciwciał klasy IgG;
- 2) przedstawił możliwości zastosowania znanych metod optycznych do szybkiej klasyfikacji pacjentów z sepsą i zakażeniami układu moczowego;
- 3) zaprezentował możliwość wykorzystania interferometru Fabry’ego-Pérot’a do pomiaru współczynnika załamania światła produktów spożywczych;
- 4) zaproponował fantom odzwierciedlający właściwości optyczne ludzkiego moczu.

Wyniki opisane w rozprawie zostały opublikowane w sześciu artykułach, z czego w trzech Doktorant był pierwszym autorem, co potwierdza jego istotny udział w realizacji badań. Kolejna publikacja oczekuje na recenzję. Kluczowe publikacje związane z rozprawą ukazały się w dobrych czasopismach dla dziedziny m.in. Journal of Biophotonics, Sensors and Actuators Reports.



Praca składa się z siedmiu rozdziałów. W rozdziale pierwszym Doktorant przedstawił skrócone wprowadzenie do tematyki rozprawy. Kolejne części poświęcone są opisowi zastosowanych metod technologicznych i eksperymentalnych. Opis ten jest wystarczający i w przeważającej części został przygotowany prawidłowo.

W rozdziale 2 Doktorant przedstawił opracowanie oraz walidację nowego typu czujnika światłowodowego do detekcji RNA wirusów SARS-CoV-2 i grypy typu A. Pewien niedosyt może jednak budzić brak bardziej szczegółowej analizy oraz dokładniejszego wyjaśnienia działania układu przedstawionego na rysunku 2. Interesujące byłoby również odniesienie się do samego procesu projektowania czujnika w tej części pracy. Dodatkowego wyjaśnienia wymagają dane dotyczące grubości zastosowanej warstwy złota na czujniku. Istotne byłoby również omówienie zachodzących zjawisk fizycznych na powierzchni uformowanego czujnika oraz możliwości przenikania promieniowania przez taką warstwę w kontekście detekcji wirusów, w tym wskazanie, czy obserwowany efekt ma charakter plazmoniczny. Dodatkowo wyjaśnienia wymaga, jaką jednorodność grubości warstwy złota uzyskiwano oraz czy miało to istotny wpływ na działanie czujnika.

W części dotyczącej wyników i zarejestrowanych widm doprecyzowania wymaga informacja dotycząca powtarzalności wykonywanych pomiarów oraz tego, czy podczas pomiarów czujnika przed funkcjonalizacją, po funkcjonalizacji, a także w trakcie detekcji, stosowano identyczne warunki eksperymentalne. Ciekawe byłoby również odniesienie się oraz pogłębiona analiza przesunięć widm w kierunku krótszych długości fal przy wyższych stężeniach analitów (rys. 6). Innym istotnym elementem byłoby wyjaśnienie, na podstawie jakich badań potwierdzono skuteczność funkcjonalizacji.

W podrozdziale 2.3 Autor nie w pełni precyzyjnie przedstawił dane ilościowe dotyczące zmian intensywności w funkcji wzrostu stężenia; widoczne są również pewne braki w zakresie analizy powtarzalności wykonywanych pomiarów. Interesujące byłoby również szersze wyjaśnienie mechanizmów odpowiedzialnych za detekcję. Pewien niedosyt budzi także część dotycząca wyboru widm wykorzystywanych w algorytmach uczenia maszynowego. Warto byłoby również uzupełnić pracę o informacje dotyczące specyficzności opracowanych czujników.

W rozdziale 3 Doktorant zaprezentował metodę analizy zmian w moczu związanych z zakażeniem układu moczowego oraz występowaniem urosepsy, wykorzystując spektroskopię absorpcyjną w badaniach ludzkiego moczu. W tej części pewien niedosyt może budzić brak bardziej szczegółowych informacji dotyczących zastosowanych algorytmów uczenia maszynowego, ich roli w analizie oraz sposobu grupowania danych.

Rozdział 4 zawiera wyniki badań dotyczących analizy ścieków z wykorzystaniem spektroskopii absorpcyjnej. Na stronie 34 znajduje się odwołanie do publikacji [D]. Czy Doktorant nie zamierzał w tym miejscu powołać się na publikację [E]? Pewien niedosyt może budzić brak informacji dotyczącej

podstaw wyboru wartości granicznej zmian stężenia CRP w ściekach przy analizie danych z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego.

W rozdziale 5 Doktorant podsumował przeprowadzone badania wybranych produktów spożywczych, które mogą pełnić rolę fantomów tkanek biologicznych, z wykorzystaniem czujnika światłowodowego bazującego na interferometrii niskokoherencyjnej oraz refraktometru.

W przedstawionym w tym rozdziale układzie pomiarowym wskazano, że jednym z jego elementów było zwierciadło aluminiowe (Al). Czy Doktorant rozważał zastosowanie innych materiałów lub rozwiązań pełniących funkcję zwierciadła w tym układzie? Interesujące byłoby szersze omówienie przyczyn obserwowanego spadku współczynnika załamania światła wraz ze wzrostem temperatury oraz porównanie tego zjawiska dla poszczególnych badanych materiałów biologicznych. Pewien niedosyt może budzić brak bardziej szczegółowej analizy niepewności pomiarowych oraz opracowania statystycznego wyników, które mogłyby stanowić dodatkowe potwierdzenie przedstawionych wniosków w rozdziale 5.

W rozdziale 6 Doktorant przedstawił prace badawcze nad opracowaniem fantomu odzwierciedlające widmo optyczne moczu w zakresie widzialnym. W tym rozdziale interesujące byłoby odniesienie się do danych dotyczących współczynnika załamania, gęstości oraz możliwych reakcji z innymi analitami.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie i dalsze perspektywy działań.

Wskazane w recenzji uwagi i niejasności nie obniżają wartości naukowej rozprawy oraz uzyskanych przez Doktoranta wyników.

W rozprawie Doktorant jasno i jednoznacznie sformułował cel pracy, którym było opracowanie czujników światłowodowych, a także opracowanie, adaptacja oraz weryfikacja wybranych technik optycznych w celu ich zastosowania w analizie materiałów biologicznych i środowiskowych. Kolejne rozdziały w sposób jasny pokazują realizację przyjętego celu. Postawione zadania badawcze zostały zrealizowane w sposób przekonujący, z zastosowaniem właściwych metod eksperymentalnych. Przyjęte założenia są uzasadnione i konsekwentnie realizowane. Oryginalność rozprawy polega przede wszystkim na opracowaniu, zaprojektowaniu i wytworzeniu czujników światłowodowych skutecznych w detekcji RNA wirusów. Przedstawione rozwiązania mają również potencjalne zastosowania w innych systemach detekcji, co podkreśla ich uniwersalność oraz realną wartość dodaną dla rozwoju dziedziny. Praca wpisuje się w aktualny światowy poziom badań i stanowi zauważalny wkład w rozwój tej dynamicznie rozwijającej się dziedziny. W swojej rozprawie Doktorant przeprowadził obszerną i poprawną analizę literatury światowej oraz aktualnego stanu wiedzy. Cytowania są właściwie dobrane, aktualne i dobrze odzwierciedlają stan badań w tej dziedzinie.

Układ pracy jest przejrzysty, a wyniki przedstawione są w postaci czytelnych wykresów, tabel i zdjęć. Przedstawiona rozprawa doktorska zawiera oryginalne wyniki badań, które oceniam pozytywnie.

Reasumując, recenzowana rozprawa świadczy o dużej wiedzy Autora w dziedzinie nauk inżyniersko – technicznych, a w szczególności w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Patryka Sokołowskiego zawiera oryginalne i istotne wyniki badań. Recenzowana praca doktorska spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z obowiązującą Ustawą wnoszę o przyjęcie rozprawy i jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Anna Szerling

