



Uniwersytet Warszawski

Wydział Fizyki

ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa
tel.: (022) 55 46 827, fax.: (022) 55 46 882
e-mail: sekretariat@igf.fuw.edu.pl
www.igf.fuw.edu.pl

Prof. dr hab. Tomasz Szoplík
tszoplík@mimuw.edu.pl
Tel: 0 22 55 46 822

Warszawa, 8 lutego 2015

Recenzja

pracy doktorskiej

"Obrazowanie submikrometrowych drgań czujnikami światłowodowymi"

mgra inż. Krzysztofa Prokopczuka

Mgr inż. Krzysztof Prokopczuk dowodzi słuszności tezy, że możliwe jest obrazowanie i pomiar, po wcześniejszej kalibracji, drgań o amplitudzie wychylenia mniejszej niż 1 μm czujnikiem światłowodowym z odwzorowaniem wystarczającym do zastosowań przemysłowych i medycznych. Celem pracy było sprawdzenie możliwości mapowania drgających membran symulujących błonę bębenkową, a także sprawdzenie możliwości obserwacji drgań struktur złożonych, co mogłoby w przyszłości pozwolić na analizę drgań układu błony bębenkowej i kosteczek słuchowych.

Pracę wykonał na Wydziale Fizyki PW pod opieką prof. dra hab. Andrzeja W. Domańskiego i we współpracy z dr Aleksandra Starzyńską i drem Piotrem Arcimowiczem z Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego.

W czasie studiów doktoranckich p. Prokopczuk był współautorem następujących publikacji:

Domański, A.W. , Poczesny, T., Prokopczuk, K., Makowski, P., An optical fiber loop sensor for vibration monitoring. Photonics Letters of Poland 2, 58-60 (2010).

Poczesny, T. , Prokopczuk, K., Domanski, A.W., Comparison of optical fiber inertial vibration sensors. Acta Physica Polonica A 122, 954-956 (2012).

Prokopczuk, K. , Poczesny, T., Sobotka, P., Domański, A.W., Extrinsic optical fiber sensor for medical audiometric applications. Acta Physica Polonica A 122, 957-961 (2012).

Domański, A.W. , Bieda, M., Lesiak, P., Makowski, P., Szelaąg, M., Poczesny, T., Prokopczuk, K., Sobotka, P., Chychłowski, M., Sierakowski, M., Woliński, T.R., Polarimetric optical fiber sensors for dynamic strain measurement in composite materials. Acta Physica Polonica A 124, 399-401 (2013).

Prokopczuk, K., Rozwadowski, K., Starzyńska, M.D.A., Domański, A.W., Optical fiber sensor for membrane submicrometer vibration measurement. Applied Optics 53, 6051-6057 (2014).

Ponadto był współautorem pięciu komunikatów konferencyjnych opublikowanych w Proceedings of SPIE.

Drugi, wstępny rozdział rozprawy (str. 11-31) dotyczy metod pomiaru drgań mechanicznych. Autor opisuje rodzaje drgań występujących w naturze i omawia ich mierzalne parametry: przemieszczenie drgającego obiektu oraz jego prędkość i przyspieszenie. Pokrótce przedstawia również metody pomiaru drgań z wykorzystaniem sygnałów elektrycznych i optycznych. W podrozdziale 2.5 koncentruje się na pomiarach z wykorzystaniem światłowodów i odwołuje się w nim do współautorskich prac własnych.

Trzeci rozdział (str. 32-53) poświęcony pomiarom drgań mikrometrycznych metodą zewnętrznej modulacji natężenia sygnału optycznego zawiera elementy współautorskich, konferencyjnych publikacji p. Prokopczuka. Mam wrażenie, że podnoszenie braku podatności dielektrycznej głowicy światłowodowej mierzącej drgania mechaniczne części maszyn na zakłócenia elektromagnetyczne jest trochę naiwne. Natomiast, w przekonywujący sposób Autor omawia czułość czujnika drgań złożonego z dwóch światłowodów: jednomodowego nadawczego i wielomodowego odbiorczego. Jednomodowość światłowodu nadawczego, dzięki małej rozbieżności wiązki, ogranicza szum w gałęzi detekcyjnej. Skończona wydajność wprzęgania sygnału do włókna odbiorczego wprowadza ograniczenia zarówno na rozstaw obu włókien jak i na odległość głowicy od badanego obiektu. Optymalizacja takiej głowicy polega na dopasowaniu rozstawu włókien do amplitudy drgań z uwzględnieniem charakterystyki rozproszeniowej drgającej powierzchni. Pan Prokopczuk twierdzi, że optymalny czujnik drgań składa się z dwóch światłowodów: jednomodowego nadawczego i wielomodowego odbiorczego. W podrozdziale 3.7 rozważane jest zastosowanie takiego czujnika do badania kształtu obracających się łopatek wirnika. Uważam, że charakterystyka rozproszeniowa drgającej lub obracającej się powierzchni może w poważny sposób wpływać na pomiar kształtu obiektu w omawianej metodzie „zewnętrznej modulacji natężenia.” Ten aspekt dokładności pomiarów jest w podrozdziale 3.7 pominięty.

W czwartym rozdziale (str. 54-82) Autor przedstawia wizję zastosowania czujnika drgań mikrometrycznych i submikrometrycznych do pomiaru drgań ludzkiej błony bębenkowej. Model błony bębenkowej powstał przy współpracy z dr Aleksandrą Starzyńską i dr. Piotrem Arcimowiczem z Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Działanie czujnika zostało zademonstrowane na przykładzie drgań membrany głośnika i modelu błony bębenkowej. Omówione w podrozdziale 4.8 mapowanie drgań błony bębenkowej jest ciekawą koncepcją, ale na razie nie popartą żadnymi konkretnymi rozwiązaniami technicznymi. Autor przedstawia metodę zewnętrznej koherentnej modulacji natężenia, w której wykorzystuje, wcześniej uznaną za gorszą, głowicę z jednym włóknem jednomodowym. Można przypuszczać, że wynika to z wykorzystania źródeł światła o małej drodze koherencji. Trudno mi ocenić znaczenie czujnika dla zastosowań w laryngologii. Natomiast p. Prokopczuk opisuje swą metodę z entuzjazmem ale bez konkretnego powiązania parametrów rzeczywistej błony bębenkowej i fantoma tej błony. Trzeba jednak podkreślić, że najważniejsza, współautorska publikacja *Optical fiber sensor for membrane submicrometer vibration measurement*, *Applied Optics* 53, 6051-6057 (2014) Autora rozprawy została zauważona w USA i wybrana do reprodukcji w prestiżowym elektronicznym *The Virtual Journal of Biomedical Optics* 9(11), 6051 (2014). Byłoby dobrze znać opinię o zaproponowanym czujniku pracowników Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu w Światowym Centrum Słuchu w Kajetanach. Zespół medyków z tego Instytutu jest znany z zainteresowania współpracą ze specjalistami z obszaru fizyki i techniki.

Ostatni rozdział (str. 83-97) jest poświęcony badaniom drgań struktur tylko częściowo przezroczystych, oraz drgań niesinusoidalnych. Częściowa przezroczystość drgającej membrany w oczywisty sposób obniża czułość czujnika drgań. Jako antidotum p. Prokopczuk proponuje przetwarzanie sygnału wyjściowego za pomocą filtrów pasmowych. W tym rozdziale również pojawia się nieuzasadniony optymizm, który zawarty jest w zdaniu: „W przypadku zastosowania czujnika do pomiarów medycznych, możliwe jest nie tylko wyznaczenie odpowiedzi aparatu słuchowego na określone częstotliwości, ale i wyznaczenie selektywności słuchu przy wysokim poziomie tła, co jest istotnym czynnikiem w wypadkach osłabienia zdolności słyszenia i rozumienia mowy.” W rozprawie nie ma dowodu słuszności tego stwierdzenia. Co więcej, schemat na Rys. 5.1 przedstawia układ pomiarowy, w którym za nieruchomym fantomem błony znajduje się piezoelektryczny rezonator. Brak jakiegokolwiek wytłumaczenia jak ten

układ odnosi się do budowy ucha ludzkiego i zapowiedzianego we Wstępie badania drgań układu błony bębenkowej i kosteczek słuchowych. Wniosek z tego, że w rozdziale piątym mowa jest o pomiarach drgań układów złożonych nie mających nic wspólnego z ludzką błoną bębenkową.

W uwagach końcowych Autor rozprawy przedstawia zbudowane układy sterowania światłowodowych czujników drgań mechanicznych o podfalowej amplitudzie. Podkreśla również, że głowica z jednym, jednomodowym, nadawczo-odbiorczym włóknem, w której zachodzi interferencja fali odbitej od czoła światłowodu i fali odbitej od membrany może służyć do pomiaru drgań o określonej częstotliwości. Potencjalnie może też służyć do oceny selektywności słuchu lub do oceny jakości głośników.

Przedłożona mi do recenzji rozprawa może być podstawą uzyskania stopnia doktora nauk fizycznych w świetle wymagań formalnych stawianych przez odpowiednie ustawy. Proszę więc o dopuszczenie mgra inż. Krzysztofa Prokopczuka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'K. Prokopczuk', written in a cursive style.