

Renata ZAWISZA

Przetworniki wielkości fizykochemicznych na bazie długookresowych siatek światłowodowych

Streszczenie

Celem niniejszej pracy była konstrukcja i badania platformy do przetwarzania wielkości fizykochemicznych, opartej na długookresowej siatce światłowodowej z podwójnym pasmem absorpcyjnym umieszczonej w światłowodowej pętli interferometrycznej. Głównymi wyzwaniami w tym zakresie było wykonanie platformy przetwornikowej zapewniającej zarówno szeroki zakres pomiarowy, jak i ekstremalną czułość przede wszystkim na zmianę współczynnika załamania medium otaczającego głowicę pomiarową, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej stabilności czasowej oraz powtarzalności pomiarowej. Przeprowadzony przegląd literaturowy własności fizycznych elementów światłowodowych oraz rozwiązań układowych platformy przetwornikowej pozwolił na dobranie odpowiednich parametrów konstrukcyjnych, takich, że platforma spełnia wymogi stawiane przy konstrukcji biologicznych/chemicznych czujników in-line.

Podczas realizacji pracy, przeprowadzono analizę warunków dopasowania widma transmisyjnego długookresowej siatki światłowodowej z podwójnym pasmem absorpcyjnym i światłowodowego interferometru pętlowego za pomocą zmiany stanu polaryzacji wiązki propagującej się w zamkniętym torze optycznym. Scharakteryzowano również skonstruowaną platformę jako przetwornik zmiany temperatury, naprężeń wzdlużnych oraz zmiany zewnętrznego współczynnika załamania medium otaczającego głowicę pomiarową. Minima interferencyjne, działające również jako filtr optyczny, umożliwiły zastosowanie pomiaru różnicowego dającego ekstremalną czułość na detekowane parametry fizyczne: $0,8562 \pm 0,039$ dBm/°C dla temperatury, $1,943 \pm 0,091$ dBm/mε dla naprężeń wzdlużnych oraz $3871,5 \pm 10,1$ dBm/RIU dla zewnętrznego współczynnika załamania. Przeprowadzono również badania potwierdzające stabilność platformy w czasie, jak również powtarzalność pomiaru analizowanych zmiennych parametrów fizycznych.

Realizując założone cele pracy zastosowano platformę jako dwupunktowy czujnik do detekcji zewnętrznego współczynnika załamania światła oraz zmian temperaturowych. Taka implementacja pozwoliła na kompensację temperatury jako szumu dynamicznego pomiaru innej wielkości, tutaj zewnętrznego współczynnika załamania. Analiza macierzowa pozwala na rozdzielenie sygnałów pochodzących od dwóch lub więcej przetwarzanych wielkości fizykochemicznych. W pracy przedstawiono również syntetyczne wyniki badań detekcji materiału biologicznego za pomocą skonstruowanej platformy. Do tego wykorzystano układ immunochemiczny biotyna-awidyna, gdzie sfunkcjonalizowana powierzchnia struktury periodycznej stanowiła głowicę pomiarową. Dzięki zastosowaniu pętli interferometrycznej możliwa była rejestracja ekstremalnie małych zmian wywołanych przez wiązanie biotyny z awidyną. Badanie te były przedstawieniem możliwości aplikacyjnych charakteryzowanej platformy.

Zaprezentowane w pracy wyniki były tematem czterech publikacji, w tym trzech w czasopismach naukowych z JCR oraz ponad 10 wystąpień konferencyjnych, w których doktorantka jest współautorem.

Renata ZAWISZA

Transducers of physicochemical quantities based on long-term fiber optic networks

Summary

The purpose of this work was the construction and testing of a platform for processing physicochemical quantities, based on a long period fiber grating with a dual resonance (DRLPG), placed in a fiber loop mirror (FLM). The main challenge in this area was the implementation of the transducer platform ensuring both a wide measuring range and extreme sensitivity primarily to changing the refractive index (RI) of the medium surrounding the measuring head while maintaining high time stability and measurement repeatability. A literature review of the physical properties of optical fiber elements and transducer platform system solutions has allowed the selection of appropriate construction parameters such that the platform meets the requirements for the construction of biological / chemical in-line sensors.

During the work, an analysis of the conditions for matching the transmission spectrum of a DRLPG and a FLM was performed by changing the polarization state of the beam propagating in the closed optical path. The constructed platform was also characterized as a transducer of temperature change, longitudinal stress and change of the external refractive index of the medium surrounding the measuring head. Interference minima of FLM, also functioning as an optical filter, allowed the use of differential measurement giving extreme sensitivity to the detected physical parameters: 0.8562 ± 0.039 dBm / ° C for temperature, 1.943 ± 0.091 dBm / mε for longitudinal stress and 3871.5 ± 10.1 dBm / RIU for the external refractive index. Tests confirming platform stability over time, as well as repeatability of measurement of the analysed physical variables were also carried out.

Implementing the assumed objectives of the work, the platform was used as a two- point sensor to detect the external refractive index (RI) and temperature changes. This implementation allowed temperature compensation as a dynamic noise measurement of another quantity, here the external refractive index. Matrix analysis allows the separation of signals from two or more processed physicochemical quantities. The paper also presents synthetic results of biological material detection tests using the constructed platform. For this, the immunochemical biotin avidin system was used, where the functionalized surface of the periodic structure (DRLPG) was a measuring head. Thanks to the interferometric loop, it was possible to record extremely small changes caused by the binding of biotin to avidin. This study was a proof of the application possibilities of the characterized platform.

The results presented in the work were the subject of four scientific publications, including three in scientific journals with JCR and over 10 conference presentations in which the PhD student is a co-author. The laboratory experiments were mostly carried out in Photonic Photonics Research Center, Université du Québec en Outaouais in Canada.