

dr hab. inż. Ireneusz Jabłoński, prof. uczelni
Katedra Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów
Politechnika Wrocławska

Wrocław, dnia 23 czerwca 2022 r.

SEKRETARIAT
Rady Dyscypliny AEE

Wpłynęło dnia 27. 06. 2022
Zarejestrowano pod nr
Podpis 

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Damiana Harasima,
pt.: „Wieloparametrowe czujniki wykorzystujące światłowodowe skośne siatki Bragga”**

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Piotr Kisała

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Sławomir Ciężczyk, prof. uczelni

Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzję wykonano w odpowiedzi na uchwałę Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, podjętą w dniu 7 kwietnia 2022 roku (pismo Przewodniczącego RDN AEE, dr hab. inż. Ryszarda Sroki, prof. uczelni z dnia 8.04.2022 r.).

1. Rozwiązywany problem naukowy

Tematyka przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej dotyczy możliwości prowadzenia pomiarów wieloparametrowych wybranych pól fizycznych, wykorzystujących światłowodowe skośne siatki Bragga (ang. *Tilted Fiber Bragg Grating*). W szczególności, jednym z wyzwań badawczych jest ustalenie odpowiedzi na pytanie czy możliwa jest wiarygodna, wieloparametrowa charakteryzacja kilku pól fizycznych za pomocą pojedynczej periodycznej struktury światłowodowej o zadanym kącie pochylenia. Jest to interesujące zagadnienie o charakterze naukowym i dużym znaczeniu praktycznym. Rozwiązywane zadanie polegało na wykorzystaniu usystematyzowanej wiedzy teoretycznej do realizacji logicznie spójnego eksperymentu, uwzględniającego budowę stanowiska pomiarowego, umożliwiającego projektowanie i wytworzenie światłowodowej siatki Bragga o zadanych parametrach, kontrolowane zadawanie pobudzenia wieloparametrowego, wiarygodną rejestrację odpowiedzi obserwowanego układu fizycznego, a także prowadzenie analiz sygnałów wyjściowych w wybranych reżimach ich reprezentacji. Na potrzeby dysertacji, do istniejącego w Laboratorium Optoelektroniki i Techniki Laserowych Politechniki Lubelskiej wprowadzono modyfikacje układu zapisu periodycznych struktur światłowodowych. Badanie właściwości metrologicznych wytwarzanych urządzeń optoelektronicznych prowadzono w zbudowanym, autorskim układzie pomiarowym, umożliwiającym kontrolowane zadawanie promienia gięcia włókna światłowodowego w zakresie od 12mm do 30 mm, kąta obrotu polaryzacji światła wprowadzanego w zakresie 0-360° oraz kontrolowanych zmian temperatury otoczenia. Bazując na przesłankach teoretycznych, dotyczących prowadzenia strumienia światła w konstrukcji periodycznej struktury światłowodowej, wskazano na różnicę kąta pochylenia płaszczyzn podwyższonego współczynnika załamania (Θ_{TFBG}) równą 2° i 4°, jako wartości uzasadnione do pogłębionych studiów ukierunkowanych na pomiary wieloparametrowe. Dla wybranych Θ_{TFBG} opracowano zasady pomiaru kąta obrotu, promienia gięcia oraz temperatury, najpierw jako wielkości indywidualne, a w kolejnych krokach dla wybranych par takich wielkości i zbioru trzech parametrów estymowanych w ramach realizacji pojedynczej akcji pomiarowej. Należy



podkreślić, że opracowane metody cechuje operowanie na możliwie surowej postaci rejestrowanych danych, niewzbogacone transformacjami na sygnałach wymagających, np. korzystania z dodatkowej/dużej mocy obliczeniowej.

Celem pracy było „zbadanie i analiza wpływu zmian wybranych wielkości fizycznych na charakterystyki widmowe światłowodowych struktur periodycznych o pochylonych płaszcach dyfrakcyjnych oraz dobór takich cech spektralnych, które umożliwią jednoczesne wyznaczanie wartości tych wielkości”. Cel pracy sformułowano poprawnie, choć w sposób ogólny. Tymczasem fakty opisywane zarówno w literaturze przedmiotu, jak i w samej treści przedłożonej do recenzji rozprawy mają charakter szczegółowy, koncentrujący się na ustalonej geometrii TFBG, warunkach materiałowych i geometrii światłowodu czy otaczającego środowiska. Podobnie, niejednoznaczne ilościowo jest stwierdzenie na temat liczby rozpatrywanych wielkości fizycznych, co w konsekwencji utrudnia ocenę zakresu oryginalności wkładu w pryzmacie wnioskowania wieloparametrowego; tutaj, opracowane w dysertacji fakty o charakterze poznawczym należy zestawić z wiedzą zastaną na temat, np. możliwości jednoczesnego pomiaru dwóch parametrów wybranych wielkości fizycznych za pomocą TFBG, także w odniesieniu do szczegółowych i/lub dowolnych uwarunkowań pomiarowych.

Autor deklaruje osiągnięcie celu na wstępnym etapie zredagowanej dysertacji (w rozdziale drugim).

Tezę pracy przedstawiono na str. 16 w brzmieniu:

„Dobór cech spektralnych oraz parametrów struktur pochylonych siatek Bragga pozwala na wyznaczenie wartości kilku wielkości fizycznych działających jednocześnie na jeden element TFBG.”,

Tak postawiony cel i teza odwołują się do poczynionego przez Doktoranta wkładu o charakterze poznawczym i aplikacyjnym, i są odpowiednie dla pracy na stopień doktora. Należy jednocześnie zauważyć, że oryginalność tych przyczynków koresponduje z dotychczasowymi wynikami uzyskanymi w omawianym zakresie przez innych autorów i zespoły badawcze, opublikowanymi w literaturze międzynarodowej, rozbudowując i potwierdzając dotychczas udokumentowany zbiór faktów w zdefiniowanej tematyce. W przedstawionej do recenzji dysertacji, z metodologicznego punktu widzenia, realizacja zidentyfikowanego celu stanowi rodzaj uporządkowania w postaci logicznie spójnego ciągu czynności zrealizowanego z wykorzystaniem dedykowanych narzędzi technicznych i autorskich obserwacji cząstkowych (niezestawionych dotychczas dla tak postawionego zadania), co prowadzi do sporządzenia kompletnego opisu techniki pomiarowej oraz uzyskania dokładności i powtarzalności zaprojektowanego rozwiązania systemowego użytecznych dla zastosowań. Jednocześnie, oryginalność, jakość i znaczenie poczynionego przez Doktoranta wkładu w rozwój podejmowanych zagadnień potwierdzają autorskie i współautorskie publikacje w renomowanych czasopismach branżowych oraz doniesieniach konferencyjnych, a także cytowania tych prac przez innych autorów, w szczególności prac przeglądowych, gdzie powołania na wyniki otrzymane przez mgr inż. Harasima *i in.* zyskują walor referencji w grupie optoelektronicznych urządzeń pomiarowych TFBG. W ocenie recenzenta, analogiczny, pozytywny skutek przyniosłoby sformułowanie celu i tezy wprost w odniesieniu do trzech wielkości, tj. kąta obrotu, promienia gięcia oraz temperatury, których jednoczesna estymacja w pojedynczej strukturze TFBG nie była dotychczas *explicite* skomentowana w literaturze w sposób systematyczny.

Pozytywnie należy ocenić perspektywę rozwoju tematyki w sensie postawionych w dysertacji tez. Mianowicie, posługując się ustalonymi eksperymentalnie faktami,

Jobst

uzasadnionym byłaby próba ich usystematyzowania w zbiór sformalizowanych reguł odnoszących się w sposób uogólniony do rozważanych zjawisk, a przy tym przynoszących rekomendacje dla zastosowań (w tym automatyzacji procedury pomiarowej). Przy tym, Autor kreśli w rozprawie doktorskiej alternatywne scenariusze rozwoju aktywności badawczej w zdefiniowanej tematyce, polegające np. na modyfikacjach TFBG i ogólnie rozwiązań siatek Bragga, poprawiających selektywność czujnika podczas pomiaru wybranych wielkości fizycznych.

2. Charakterystyka rozprawy

Praca ma charakter badawczy, z dobrze zarysowanymi podstawami teoretycznymi i kompletnym protokołem eksperymentalnym. Jej istotą jest opracowanie metodologii jednoczesnego pomiaru trzech wielkości fizycznych – kąta obrotu, promienia gięcia oraz temperatury – w optoelektronicznym układzie zawierającym jedną światłowodową skośną siatkę Bragga.

Rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Harasima, obejmująca 140 stron, składa się z siedmiu wyróżnionych części.

Numerowany **Rozdział 1** – „Wstęp” w sposób syntetyczny definiuje tematykę badań podjętą przez Doktoranta. Uzasadniając potrzebę pomiaru i monitorowania systemów oraz procesów technicznych, a także zalety czujników opartych na światłowodowych siatkach Bragga (ang. *Fiber Bragg Grating* – FBG), streścił on najważniejsze zagadnienia dotyczące rodzajów FBG, technik ich wytwarzania, zestawiając wylistowane informacje z charakterystykami statycznymi takich czujników w zastosowaniach do pomiaru wybranych wielkości fizycznych. W drugiej części „Wstępu” scharakteryzowano strukturę rozprawy doktorskiej oraz treści kolejnych rozdziałów.

Rozdział 2 specyfikuje tezę, cel i zakres pracy. Przedstawione w nim fakty ukierunkowują narrację dla wątków poznawczych rozwijanych w dysertacji i czynności powziętych przez Doktoranta na potrzeby udokumentowania prawdziwości postawionej tezy.

Rozdział 3 definiuje światłowodową siatkę Bragga, opisując jej strukturę i zasadę działania. Kolejne podrozdziały, na gruncie podstaw teoretycznych systematyzują rodzaje i właściwości światłowodowych siatek Bragga, wskazując na parametryzację determinującą charakterystyki pracy omawianych urządzeń. Zagadnienia opisano w ramach dwóch klas: konwencjonalne siatki Bragga oraz światłowodowe skośne struktury Bragga. Ta część dysertacji, uzupełniona bogato cytowaną literaturą, przynosi także dobre tło do prezentacji własnych osiągnięć Autora uzyskanych w ramach doktoratu. Dotyczy to zarówno interpretacji obserwacji eksperymentalnych w odniesieniu do przesłanek teoretycznych, jak również analiz porównawczych w relacji do opracowań publikowanych dotychczas przez inne zespoły badawcze w międzynarodowej literaturze przedmiotu.

W konstrukcji **Rozdziału 4** wyróżnić można trzy części merytoryczne. Pierwsza z nich (podrozdziały 4.1 i 4.2) relacjonuje wiedzę zastaną na temat technologii wytwarzania światłowodowych struktur periodycznych na włóknach światłowodowych, w tym o pochylonej płaszczyźnie modulacji współczynnika załamania. Wychodząc od zagadnień wrażliwości włókna światłowodowego na promieniowanie ultrafioletowe, Doktorant omówił kolejno podstawy metody zapisu siatek Bragga: punkt po punkcie, maski fazowej oraz interferometryczną. Druga część rozdziału (podrozdział 4.3) skupia się na zrelacjonowaniu

J. Bawole

problematyki wytwarzania skośnych światłowodowych siatek Bragga i przynosi istotny wkład specyfikację dedykowanego stanowiska do wytwarzania tej klasy urządzeń optoelektronicznych, zainstalowanego w Laboratorium Optoelektroniki i Techniki Laserowej Politechniki Lubelskiej. Omówiono szczegóły konstrukcji optomechanicznej, determinującej precyzję i powtarzalność procesu wytwarzania TFBG, choć nie wskazano na ilościowe miary wyrażające takie atrybuty stanowiska wykorzystywanego w dalszych etapach badań. W trzeciej części merytorycznej rozdziału – podrozdział 4.4, na uruchomionym stanowisku laboratoryjnym wytworzono populację skośnych siatek Bragga, a następnie przeprowadzono dla nich analizę właściwości widmowych obejmującą dwa parametry: kąt pochylenia płaszczyzn modulacji współczynnika załamania oraz głębokość modulacji współczynnika załamania światła. W podsumowaniu przeprowadzonych czynności potwierdzono, iż parametry technologiczne struktur wytwarzanych w laboratorium na potrzeby dysertacji wpływają na widma transmisyjne zapisywanych siatek. Przy tym obserwacje relacji pomiędzy parametrami i charakterystykami widmowymi pozostawały w zgodzie z podstawami teoretycznymi i wynikami eksperymentów relacjonowanych w międzynarodowej literaturze przedmiotu. Ten wstępny etap weryfikacji przydatności stanowiska i wytwarzanych na nim struktur optoelektronicznych miał charakter jakościowy, determinujący dalsze poczynania Doktoranta w zakresie doboru techniki wytwarzania siatek TFBG do zastosowań w jednoczesnym pomiarze dwóch i/lub trzech wielkości fizycznych.

Rozdział 5 i Rozdział 6 stanowią najważniejsze części pracy, gdyż bezpośrednio omawiają stanowisko pomiarowe, materiał badawczy, przyjęte metody badawcze oraz uzyskane wyniki, odpowiednio dla pomiaru wybranych wielkości fizycznych – kąt obrotu, promień gięcia oraz temperatura – postrzeganych indywidualnie (rozdział 5) oraz jako zestaw, kolejno dwóch i trzech wielkości estymowanych jednocześnie za pomocą pojedynczej skośnej siatki Bragga (rozdział 6). W każdym z tych rozdziałów zastosowano analogiczną strukturę opisu, odniesioną do linii podziału wyznaczonej według wartości kąta pochylenia θ_{TFBG} 2° i 4°, polegającą na wskazaniu zarejestrowanych danych eksperymentalnych, metod analizy zależności pomiędzy pobudzeniem, geometrią czujnika i obserwowanymi parametrami widmowymi definiującymi zjawisko, scharakteryzowaniu wyników oraz ich omówieniu w kontekście przydatności do wiarygodnego pomiaru kolejnej wielkości fizycznej, tj. promienia zgięcia, kąta obrotu, temperatury, ich kombinacji w parach lub zbioru trzech wielkości szacowanych w jednej akcji pomiarowej. Zaproponowany schemat opisu ułatwia Czytelnikowi zrozumienie omawianych faktów, tworzących spójny logicznie ciąg rozumowania i czynności dowodzących postawionych w rozprawie tez.

Rozdział 5 przynosi najpierw specyfikację autorskich stanowisk pomiarowych, opracowanych na potrzeby zbadania wpływu wybranych wielkości fizycznych na widma TFBG, tj. opisano kolejno:

- układy ideowe wykorzystania zmian promienia gięcia siatki TFBG do pomiaru zmian odległości pomiędzy wybranymi elementami,
- schemat wprowadzania światła spolaryzowanego w dwóch charakterystycznych, ortogonalnych kierunkach: typu P oraz typu S,
- układ do wyznaczania zmian charakterystyk spektralnych siatki TFBG pod wpływem zmian temperatury otoczenia.

W sformułowanym opisie brakuje informacji na temat minimalnego/maksymalnego ziarna zmiany sterowanej wielkości, a także dokładności i stabilności nastawy rozpatrywanego parametru.

Kolejne części rozdziału, to raport z eksperymentów czynnikowych, gdzie dla siatki TFBG 2° (podrozdział 5.1) i 4° (podrozdział 5.2) oceniano kolejno:

J. K.

- (i) wpływ zmian promienia gięcia na zarejestrowane widmo,
- (ii) wpływ zmian kąta obrotu na zmierzone widmo,
- (iii) wpływ zmian temperatury na obserwowane widmo.

Na tym etapie prowadzonych rozważań, w kolejnych iteracjach czynności pomiarowych, zapewniano zmienność tylko jednej spośród rozważanych wielkości fizycznych, utrzymując pozostałe na stałym poziomie referencyjnym. Prowadzone obserwacje ukierunkowano na zrekonstruowanie reguł w postaci modelu lingwistycznego badanych zjawisk, w szczególności identyfikując wrażliwe na zadane pobudzenie zakresy (np. mody wyższych/nieższych rzędów), wzorce (np. w postaci kształtu wycinka charakterystyki skojarzonego z cechami fizykalnymi modu światłowodowego, tj. mod Bragga, mod Ghost, itd.) oraz wielkości (np. amplituda rezonansu – jej zmiana – w widmie transmisyjnym) i zachowanie cech „osobliwych” (np. wartość minimalna, kierunek i wielkość jej zmian w odpowiedzi na zadane pobudzenie) opisywane dla charakterystyki widmowej. W tym rozumieniu, wnioski prowadzone przez Doktoranta dotyczy relatywnie „surowych” danych, niepodlegających dodatkowym transformacjom, a dalej usystematyzowaniu w postaci modelu empirycznego i/lub mechanistycznego. W rozdziale 5, Autor bada także i wyraża wprost zakresy liniowości zjawisk oraz czułość struktur TFBG 2° i 4° na kolejno rozpatrywane pobudzenia. W tym zakresie koncentruje się na oszacowaniu wartości bezwzględnych wybranych parametrów statycznych czujników TFBG, nie podając miar względnych, a także nie odnosząc ich do obserwacji poczynionych przez inne zespoły badawcze i relacjonowane w literaturze dla analogicznych i/lub alternatywnych zadań pomiarowych. W przedłożonej do recenzji dysertacji nie skomentowano charakterystyk dynamicznych czujników TFBG.

Zrealizowane w Rozdziale 5, eksperymentalne analizy czynnikowe przywiodły mgr inż. Damiana Harasima do ogólnych spostrzeżeń natury systematyzującej, istotnych dla zaprojektowania efektywnego i wiarygodnego pomiaru wielu wielkości fizycznych z wykorzystaniem przetwornika w postaci pojedynczej TFBG. Na Rys. 5.24, sporządzonym dla przykładu widma transmisyjnego siatki TFBG 2°, Doktorant wskazuje zakresy charakterystyki niosące użyteczne informacje dla unikalnego wnioskowania o wartości kąta obrotu, promienia gięcia i temperatury. Implikuje to koncepcyjną możliwość separacji wkładu od trzech, rozpatrywanych wielkości fizycznych w pojedynczym zadaniu pomiarowym, co należy uznać za oryginalny wynik Autora.

Rozdział 6 rozwija wątki jednoczesnego pomiaru wybranych wielkości fizycznych, w szczególności z wykorzystaniem pojedynczej skośnej siatki Bragga o kącie $\Theta_{TFBG} = 2^\circ$ i $\Theta_{TFBG} = 4^\circ$. Mając na względzie treści poprzednich rozdziałów dysertacji, w nazwie rozdziału 6 pojawia się nieuzasadniona informacja nt siatki TFBG 6° jako podstawy rozważań na rozpatrywanym etapie badań. Zasadnicza faza dowodu postawionej tezy dotyczy właśnie rozdziału 6 i rozpoczyna się budową opisanego w rozprawie doktorskiej mgr inż. Damiana Harasima stanowiska laboratoryjnego (podrozdział 6.1), umożliwiającego jednoczesne zadawanie kontrolowanych zmian gięcia, kąta skrętu i temperatury względem światłowodu z wytworzoną strukturą periodyczną o zadanym kącie pochylenia oraz pomiar widm. Kolejne części rozdziału 6 dotyczą badania przydatności siatki TFBG 2° do jednoczesnego pomiaru dwóch wielkości fizycznych i TFBG 4° do jednoczesnego pomiaru trzech wielkości fizycznych, rozważanych w dysertacji. Dla TFBG 2° przeanalizowano (podrozdział 6.2):

- wpływ zmian promienia gięcia i kąta obrotu na widma TFBG 2°,
- wpływ zmian promienia gięcia i temperatury na widma TFBG 2°,
- wpływ zmian kąta obrotu i temperatury na widmo TFBG 2°.

Korzystając z reguł zrekonstruowanych w rozdziale 5, opisano zasady pomiaru, bezwzględne czułości, zakresy liniowości, dla powyższych par wielkości fizycznych. Opracowanie stanowi

J. Harasima

kompedium faktów eksperymentalnych, które mogą być dalej wykorzystane do rozwoju teorii i zastosowań opisywanej techniki pomiarowej.

W kolejnej fazie rozważań (podrozdział 6.3) zrealizowano zbiór eksperymentów ukierunkowanych na weryfikację wykonalności jednoczesnego pomiaru promienia zgięcia, kąta obrotu i temperatury z wykorzystaniem skośnej siatki Bragga o kącie pochylenia $\Theta_{TFBG} = 4^\circ$. Zastosowano protokół badań analogiczny jak dla przetwornika o $\Theta_{TFBG} = 2^\circ$, korzystając we wnioskowaniu ze spostrzeżeń sformułowanych na gruncie teorii i eksperymentów zrelacjonowanych w rozdziale 3 i rozdziale 5, a dotyczących relacji pomiędzy geometrią TFBG, pobudzeniem działającym w poligonie pomiarowym i obserwowanym wyjściem (charakterystykami widmowymi). W przypadku kąta pochylenia $\Theta_{TFBG} = 4^\circ$, analizy bazują na innych modach płaszczowych (LP) niż było to dla $\Theta_{TFBG} = 2^\circ$ - Autor uzasadnia jakościowo dokonane wybory, choć nie formułuje zwięzłej zasady algorytmizującej problem. Obserwacje poczynione dla czujników o dwóch różnych kątach Θ_{TFBG} (2° i 4°) podlegają analizie porównawczej, interpretacji, przede wszystkim w ramach obserwacji własnych, bez odniesienia do stwierdzeń z międzynarodowej literatury przedmiotu. Wynikiem kluczowym dla wnioskania o nieprzydatności siatek TFBG 4° do jednoczesnego pomiaru trzech rozpatrywanych wielkości fizycznych za pomocą pojedynczej periodycznej struktury światłowodowej o zadanym kącie pochylenia jest stwierdzenie o niemożliwości separacji informacji nt promienia gięcia włókna i kąta polaryzacji światła wprowadzanego do układu.

Ostatnia sekcja rozdziału 6 relacjonuje fakty dotyczące modyfikacji TFBG i alternatywnych rozwiązań siatek Bragga, poprawiających selektywność czujnika podczas pomiaru wybranych wielkości fizycznych. Jest to, np. *perpendicular tilted fiber Bragg grating* (P-TFBG), będąca złożeniem dwóch siatek skreślonych względem siebie o kąt 90° czy *twisted tilted fiber Bragg grating* (TTFBG), wprowadzająca skręt na długości całej struktury przetwornika poprzez stopniowe obracanie prążków dyfrakcyjnych wokół osi podłużnej światłowodu. Przedstawione rozwiązania i przykładowe dla nich wyniki dokumentują aktywność Doktoranta oraz zespołu, którego członkiem jest mgr inż. Damian Harasim, dowodzącą szerszego spojrzenia na rozwiązywany w pracy doktorskiej problem, a przy tym wyznaczającą możliwe scenariusze dla przyszłych badań.

Rozdział 7 podsumowuje czynności przeprowadzone przez mgr inż. Damiana Harasima, ukierunkowane na wykazanie możliwości realizacji jednoczesnego pomiaru kilku (trzech) wielkości fizycznych (promień gięcia, kąt obrotu, oraz temperatura) za pomocą jednego czujnika w postaci światłowodowej skośnej siatki Bragga. Doktorant nie wprost stwierdza na temat prawdziwości postawionej tezy dla przypadku przetwornika o $\Theta_{TFBG} = 2^\circ$. Nie wskazuje bezpośrednio na zakres i charakter swojego autorskiego/współautorskiego udziału w opublikowaniu uzyskanych wyników. Podsumowanie kończy lista najważniejszych, oryginalnych osiągnięć (ośmiu) Autora rozprawy.

Ostatnia (nienumerowana) część rozprawy, to **Literatura** zawierająca 109 pozycji.

Ponadto, dysertacja zawiera: Stronę tytułową, stronę z dedykacją, Spis treści, Streszczenie oraz Słowa kluczowe w języku polskim oraz angielskim, Wykaz oznaczeń.

Pracę napisano ładnym językiem polskim, na dobrym poziomie edycyjnym, z nielicznymi błędami interpunkcyjnymi, literowymi i językowymi. Wybrane, najważniejsze uchybienia natury językowej i edycyjnej wylistowano w dalszej części recenzji.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Analiza stanu wiedzy

Doktorant dokonał prawidłowego rozeznania literaturowego w obszarze tematycznym pracy, zarówno względem badanego/wykorzystywanego zjawiska, jak i metod oraz narzędzi

Yokicinski

jego jakościowego i ilościowego pomiaru, wniosków z badań relacjonowanych w piśmiennictwie krajowym i międzynarodowym, zastosowań, co pozwoliło na właściwe określenie ram pracy doktorskiej w stosunku do aktualnego stanu wiedzy. Efekt tych starań ilustruje znaczący wykaz wykorzystanej literatury (109 pozycji), zawierający ok. 80% publikacji z dwóch ostatnich dekad. Starsze pozycje dotyczą głównie podstawowych zagadnień fizycznych, wprowadzających do pomiarów optycznych bazujących na światłowodowych strukturach periodycznych jako czujnikach wybranych wielkości fizycznych, technologii wytwarzania siatek Bragga. Wyniki przeprowadzonych studiów literaturowych widać przede wszystkim w rozdziale trzecim i czwartym, w których omawiane są podstawy teoretyczne operowania światłowodowych przetworników Bragga, przykładowe wyniki obserwacji eksperymentalnych, a także technologie wytwarzania. Dalsze wzbogacenie argumentacji przedstawianej w dysertacji, poprzez odwołania do wiedzy zastanej, byłoby wskazane przede wszystkim w rozdziale 5 i rozdziale 6, gdzie omawiana jest autorska konstrukcja laboratoryjnego stanowiska pomiarowego oraz uzyskane przez Doktoranta wyniki badań wieloczynnikowych. Niemniej, streszczone metody wytwarzania siatek Bragga w wielu przypadkach także mogłyby przekierować Czytelnika do materiałów źródłowych. Bez względu na wskazany potencjał do dalszego udoskonalenia redakcyjnego prowadzonej w dysertacji narracji, bogata lista cytowanego piśmiennictwa wskazuje na gruntowne rozeznanie Autora w podejmowanym polu badawczym, o rodowodzie w naukach podstawowych i stosowanych. Z dokonanego zestawienia literaturowego wyłania się także profil zespołu badawczego, w którym Kandydat realizował prace raportowane w rozprawie doktorskiej, jako wiodącej w Polsce i rozpoznawalnej międzynarodowo grupy studiującej naturę procesów fizycznych (optycznych) i wykorzystującej ją w technice.

Metody badawcze

Wykorzystane w pracy metody badawcze należą do obszaru aktywności eksperymentalnych, uwzględniających budowę i wykorzystanie dedykowanych narzędzi pomiarowych do (powtarzalnego) wytworzenia zjawiska w warunkach laboratoryjnych, akwizycji danych jako nośnika informacji o mierzonym obiekcie i/czy procesie, a także aplikację do zarejestrowanych sygnałów znanych transformacji celem fizyko-matematycznego, jakościowego, ilościowego i/lub porównawczego opisu rozważanego zjawiska. Ponadto, mgr inż. Damian Harasim wykazał się wiedzą oraz praktycznymi umiejętnościami w zakresie projektowania i technologii wytwarzania światłowodowych struktur periodycznych. W przedłożonej do recenzji rozprawie doktorskiej nie dowodzi się prawdziwości stawianych tez na drodze formalnej. Także w przypadku czynionych eksperymentalnie obserwacji, w licznych przykładach prowadzonej w pisemnym opracowaniu narracji nie odszukiwano dla nich uzasadnień wprost – prawdziwości lub jej braku w odniesieniu do zastanej teorii, np. wieloparametrowych zależności opisanych eksperymentalnie w rozdziale 5 i rozdziale 6, włączając oszacowane parametryczne wrażliwości struktur TFBG, nie rzutowano na reguły streszczone w rozdziale 3.3. Oczywiście, brak tego rodzaju zestawień w opracowaniu pisemnym nie dowodzi ostatecznego braku weryfikacji przez Doktoranta wyników względem przesłanek teoretycznych, a jedynie wskazuje na pominięcie jej w przedłożonym do oceny dokumencie. Bez względu na podniesioną w recenzji dyskusję uważam, że wybór i umiejętne zastosowanie opisanych powyżej metod świadczy o wiedzy, dużych umiejętnościach i szerokim warsztacie badawczym Doktoranta.

Prezentacja wyników

Uzyskane wyniki opisano w sposób precyzyjny i jednoznaczny. Autor umiejętnie zilustrował zarówno trudniejsze zagadnienia teoretyczne, jak i osiągnięte wyniki badań własnych, tworząc rysunki poglądowe, wykresy i tabele, zamieszczając zdjęcia. Dotyczą one

J. Kosiński

zarówno ilustracji kontekstu fizykalnego zagadnień podstawowych dla badanych zjawisk, metod wytwarzania siatek Bragga, zaplanowanych eksperymentów, architektury laboratoryjnych stanowisk pomiarowych, jak i obserwacji ilościowych, odnoszących się do studiowanego systemu i zachodzących w nim procesów. Wszystkie one umożliwiają zrekonstruowanie i powtórzenie eksperymentów zaproponowanych przez Doktoranta.

Analizy uzyskanych wyników cechują się szerokim zakresem i dużym poziomem szczegółowości, natomiast odczuwalny jest brak ich szerszego odniesienia do obserwacji raportowanych przez inne zespoły badawcze w literaturze międzynarodowej, m.in. bazujących na analogicznych strukturach TFBG o takiej samej i/lub innej wartości kąta pochylenia płaszczyzn podwyższonego współczynnika załamania (Θ_{TFBG}), zastosowanych do pomiaru tych samych co w dysertacji lub innych wielkości fizycznych, operujących w ośrodkach o analogicznej oraz innej wartości współczynnika refrakcji, siatkach Bragga wytworzonych w inny sposób aniżeli w recenzowanej rozprawie doktorskiej, itd. Użytecznym byłoby jednoznaczne wyrażenie przez Autora stanowiska, co do jakości uzyskanych wyników w relacji do innych rodzajów siatek Bragga, np. zestawiającego wady i zalety porównywanych technik pomiarowych, uzupełnione o informacje na temat dokładności i niepewności otrzymywanych dla nich wyników.

Zrealizowane w pracy doktorskiej eksperymenty zakładają operowanie na kilku różnych wielkościach fizycznych. Tymczasem wiele spośród sprecyfikowanych przez Doktoranta wartości miar należnych cechom metody pomiarowej wyrażanych jest w notacji bezwzględnej, np. niepewność pomiaru promienia gięcia, kąta obrotu polaryzacji, temperatury w scenariuszu pomiaru jednoczesnego dwóch wielkości. W takim przypadku uzasadnionym byłoby prowadzenie porównania w skali względnej. Stwierdzono także przykłady braku konsekwencji w sposobie komunikowania wyników, np. raz mowa o niepewności wyniku pomiaru (patrz strona 99), w innym przypadku o błędzie pomiaru (patrz strona 101).

Możliwe jest także dalsze udoskonalenie sposobu prezentacji tabelaryzowanych w dysertacji wyników pomiarów, zwłaszcza jeśli chodzi o liczbę podawanych cyfr znaczących wyniku – tutaj oczekuje się konsekwencji co do podawanej liczby cyfr znaczących dla sprecyfikowanej wielkości (patrz, np. Tabela 6.2), co do istotności podawanej liczby cyfr znaczących w obrębie pojedynczej tabeli/pojedynczego eksperymentu (patrz, np. Tabela 6.3), jak również pomiędzy tabelami/eksperymentami (patrz, np. Tabela 6.1 i Tabela 6.3).

Przedstawiony w dysertacji materiał badawczy cechuje szczegółowość i rozległość co do zrealizowanego programu pomiarów. Doktorant pozyskał w ten sposób wartościowy i unikalny zbiór faktów potwierdzających realizowalność jednoczesnych pomiarów wieloparametrowych w strukturze skośnej siatki Bragga. W opinii recenzenta, prezentację wyników można wzbogacić o powiązanie faktów w relacje matematyczne i/lub fizyko-matematyczne, a na bieżącym etapie prowadzonych studiów co najmniej o propozycję algorytmizacji problemu jednoczesnego pomiaru kilku wybranych wielkości za pomocą pojedynczej periodycznej struktury światłowodowej o zadanym kącie pochylenia. Mianowicie, użytecznym dla Czytelnika, szczególnie zainteresowanego zastosowaniem uzyskanych przez Autora wyników, byłoby np. sprocesowanie zadania w formie schematu blokowego specyfikującego kolejne kroki wymagane do przeprowadzenia wiarygodnej akcji pomiarowej, jak postawiono to w tezie pracy. W ten sposób Czytelnik zyskałby jednoznaczną odpowiedź, np. na pytanie dot. poprawnego doboru (reguł doboru) cech spektralnych oraz parametrów struktur pochylnych, gwarantującego prowadzenie zadania pomiarowego z możliwie największą precyzją i wiarygodnością wglądu w charakterystyki obserwowanego obiektu i/lub procesu. Innymi słowy, wartościowym byłoby skomentowanie tego czy otrzymane w rozprawie wyniki uprawniają do sformułowania konkluzji o bardziej ogólnym charakterze poznawczym lub aplikacyjnym, odnoszącym się do natury zjawisk, metody i narzędzi ich obserwacji, jak postawiono to w tytule pracy.

J. Jankowski

Oryginalność rozwiązania problemu naukowego

Postawiony problem naukowy – jednoczesny pomiar kilku (trzech) wybranych wielkości fizycznych (tutaj: kąt obrotu, promień gięcia oraz temperatura) z wykorzystaniem pojedynczej periodycznej struktury światłowodowej o zadanym kącie pochylenia – mgr inż. Damian Harasim rozwiązał w sposób oryginalny. Stwierdzenie to wynika z kilku faktów. Po pierwsze, dotychczasowe wysiłki zespołów badawczych zajmujących się podejmowaną przez Doktoranta tematyką kierunkowały swoje aktywności na rozwiązanie zadania pomiaru jednej i/lub dwóch wielkości fizycznych rozważanych w recenzowanej rozprawie doktorskiej; tryb z trzema i większą liczbą wielkości mierzonych, to kierunek aktualnych wysiłków poznawczych. Choć opublikowane wyniki korzystały z analogicznej metodyki obserwacji, to niejednokrotnie różniły się co do sposobu wytwarzania skośnej siatki Bragga, wartości kąta pochylenia płaszczyzn podwyższonego współczynnika załamania (Θ_{TFBG}), a przy tym dostarczały cząstkowych obserwacji zjawisk optycznych na strukturze czujnika w zadanych warunkach. Mgr inż. Damian Harasim zaprojektował i zrealizował pełny cykl procesu pomiarowego dla obiektywnie wybranych kątów $\Theta_{TFBG} = 2^\circ$ i $\Theta_{TFBG} = 4^\circ$, wskazując poprzez interpretację uzyskanych wyników na szeroki zakres uwarunkowań determinujących zalety i ograniczenia realizacji pomiaru jedno-, dwu- i trzyparametrowego skośną siatką Bragga. Przy tym, zaproponowany scenariusz analizy danych jest relatywnie nieskomplikowany i bazując na cechach zdefiniowanych w odniesieniu do surowych danych (charakterystyk) zarejestrowanych podczas krótkoczasowej akcji pomiarowej przynosi na tyle dużo informacji, by w sposób wiarygodny wnioskować jednocześnie o trzech wybranych wielkościach fizycznych, korzystając tylko z jednego przetwornika. Za istotne poznawczo oraz użytkowo należy uznać informacje ilościowe dotyczące: a) czułości wybranych parametrów spektralnych struktur o kącie wewnętrznym 2° i 4° na zmiany promienia gięcia, kąta obrotu oraz temperatury, b) czułości skrośnych przy pomiarach dwóch wielkości fizycznych jednocześnie: promienia gięcia oraz kąta obrotu, promienia gięcia oraz temperatury, kąta obrotu oraz temperatury. Praca przynosi także zbiór faktów eksperymentalnych, zwłaszcza na temat powiązania parametrów spektralnych widm struktur TFBG 2° i 4° ze zmianami promienia gięcia, kąta obrotu oraz temperatury otoczenia, które mogą podlegać dalszej eksploracji w kierunku sformalizowania algorytmu jednoczesnego pomiaru wybranych wielkości fizycznych, jak postawiono to w tezie i tytule rozprawy.

Efekty swoich prac Kandydat zawarł (wg bazy Scopus) w 21 publikacjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym (cztery samodzielne, współautorstwo z Promotorem, Promotorem pomocniczym oraz innymi, włączając współautorów spoza macierzystej jednostki Doktoranta oraz z zagranicy), w tym osiem artykułów w czasopismach indeksowanych na liście JCR. Dodatkowo, Doktorant jest współautorem trzech projektów wynalazczych. Dorobek uzupełnia sześć publikacji (w tym jedna z JCR) traktujących o zagadnieniach niezwiązanych bezpośrednio z tematyką rozprawy. Według bazy Scopus, liczba cytowań (bez autocytowań) wynosi 113, a indeks Hirscha $h=5$.

Należy podkreślić, iż zdefiniowane w rozprawie pole badawcze pozostaje otwarte na dalsze studia o charakterze podstawowym i stosowanym, włączając alternatywne koncepcje przetworników Bragga i korzystających z nich metod pomiarowych, w rozwoju których uczestniczy mgr inż. Damian Harasim.

4. Uwagi krytyczne i zagadnienia do dyskusji

Mgr inż. Damian Harasim, prowadząc badania naukowe i redagując rozprawę doktorską, nie ustrzegł się kilku niedociągnięć redakcyjnych oraz kilku merytorycznych.

Jebta

Uwagi redakcyjne:

- 1) Zdarzają się w rozprawie doktorskiej stwierdzenia niepoprawne w swej konstrukcji językowej i/czy logicznej, np.
 - str. 14, Wstęp: „Oprócz pomiaru dwóch wielkości mierzonych jednocześnie, do zalet takiego rozwiązania należy: 1) jego konstrukcja jest generalnie mniej trudna do wykonania oraz 2) przetwornik może być wykonany w kompaktowych, miniaturowych wymiarach.”,
 - str. 120: „Wykresy przedstawiające zmiany współczynnika transmisji powodowanych zmianą kąta obrotu polaryzacji światła wprowadzanego potwierdzają, że wpływ promienia gięcia w zakresie od 15 mm do 30 mm nie wpływa na ich charakter.”.
- 2) Doktorant często korzysta z konstrukcji zdaniowej „coś zostało zrobione”, gdzie słowo ‘został’ nie przynosi nowej treści, np. strona 93: „Odcinek ten został uformowany w pętlę, której jeden z końców został unieruchomiony w uchwycie. Drugi koniec pętli został zamocowany w uchwycie przytwierdzonym do elektronicznie sterowanego posuwu [...]”. W języku polskim, bardziej elegancką formą tego zdania jest: „Odcinek ten uformowano w pętlę, której jeden z końców unieruchomiono w uchwycie. Drugi koniec pętli zamocowano w uchwycie przytwierdzonym do elektronicznie sterowanego posuwu [...]”.
- 3) Stwierdzono przypadki powtórzeń (niezamierzonych i zamierzonych) słów czy zwrotów w pojedynczym zdaniu oraz sąsiedztwie zdań, np.:
 - strona 58: „[...] zapewnia po trzech odbiciach od zwierciadeł propagację wiązki równoległe do powierzchni roboczej stołu optycznego wraz z ustawieniem osi podłużnej przekroju poprzecznego wiązki poziomo, równoległe do powierzchni roboczej stołu optycznego.”,
 - strona 94: „[...] wielkości fizycznych na określone wcześniej parametry widmowe wybranych fragmentów spektrum transmisyjnego. Określone zostały tzw. czułości skrośne oraz wpływ zmian gięcia na współczynniki widmowe związane z pomiarem skrętu. Pozwoliło to na określenie możliwości [...]”.
- 4) Zbiór referencji literaturowych wskazanych w dysertacji wskazuje na dobre i aktualne rozeznanie Autora w rozwijanych i wyłaniających się wątkach badawczo-rozwojowych, dotyczących projektowania, wytwarzania i zastosowań siatek Bragga. Przy tym, w przedłożonym do recenzji opracowaniu pisemnym, mając na względzie technikę pisania prac naukowych i technicznych (w tym na stopień), w wybranych fragmentach treści wskazane byłoby udokumentowanie stwierdzeń korzystających z „wiedzy zastanej” poprzez odwołanie się do odpowiednich cytowań. Dla przykładu, str. 18-19: „Przy wytwarzaniu siatek Bragga wykorzystuje się efekt zmian współczynnika załamania światła wskutek oświetlenia odpowiedniego włókna światłowodowego (nasyconego wodorem lub domieszkowanego np. germanem) światłem ultrafioletowym o długości fali 248 nm i wysokiej energii. Uzyskanie zmian periodycznych wymaga naświetlania światłowodu wiązką światła o natężeniu zmieniającym się odpowiednio wzdłuż włókna, co uzyskuje się najczęściej poprzez zastosowanie tzw. masek fazowych w postaci specjalnych siatek dyfrakcyjnych. Włókno umieszcza się w obszarze pola interferencyjnego powstającego za maską fazową dzięki czemu uzyskuje się periodycznie zmieniający się rozkład współczynnika załamania wzdłuż światłowodu.”. We wskazanym fragmencie, obiektywność, ścisłość i kompletność sformułowanego stanowiska, wykorzystującego wiedzę i doświadczenia wynikłe ze studiów innych autorów, a streszczone przez Doktoranta, mogłyby uzyskać dodatkowe wzmocnienie poprzez powołanie się na stosowne publikacje.
- 5) W wybranych przypadkach omyłkowo odwołano się do nieodpowiednich obiektów, np. typu rysunek, lub też niekompletnie je opisano. Dla przykładu:
 - str. 38: „Przykładowe spektrum pokazano na Rys. 3.15.a, gdzie wyraźnie widoczne jest, iż długość [...]” – powinno nastąpić tutaj odwołanie do Rys. 3.15b.

Jakubko

- str. 56: W podpisie do Rys. 4.8 nie wyspecyfikowano wyróżnionych paneli a) i b), podczas gdy w tekście pracy doktorskiej następują odwołania szczegółowe, tj. do Rys. 4.8.a i Rys. 4.8.b; analogiczna sytuacja dotyczy Rys. 5.23 i Rys. 6.34.
 - str. 102: Brakuje legendy do charakterystyk z Rys. 6.11 – która krzywa dotyczy odpowiednio polaryzacji S i polaryzacji P?
 - Str. 114: W legendzie do Rys. 6.26 błędnie podano wartości kąta obrotu – wg zapisu, wszystkie przypadki dotyczą kąta obrotu równego 0° .
- 6) W tekście dysertacji, powołując się na obiekty typu rysunek czy tabela, wywołanie o numerze „całkowitym” zamykano – w środku zdania – interpunkcyjnym znakiem kropki (np. str. 39: „Rysunek 3.17. przedstawia charakterystykę [...]”), podczas gdy odwołanie do numeracji „złożonej” nie korzystało z takiej formy (np. str. 76: „Rysunek 5.9.b pokazuje powiększenie [...]”).
 - 7) W opisie do Rys. 6.4, na stronie 95 podano, że wynik eksperymentu dla charakterystyki widmowej z Rys. 6.4.b dotyczy promienia gięcia 15 mm, podczas gdy w podpisie do Rys. 6.4 (strona 96) stwierdzono, iż promień gięcia wynosił 20 mm. Należy uzgodnić poprawność zapisu.

Uwagi merytoryczne:

- 1) Przedstawiając we „Wstępie” motywację do podjęcia badań we wskazanej tematyce, a także jej istotność, Doktorant formułuje argumentację dotyczącą zalet jako (str. 14): „Wykrywanie kilku wielkości fizycznych jednocześnie przy użyciu światłowodowych siatek Bragga jest przedmiotem badań z uwagi na różne zalety takich rozwiązań. [...] Po drugie, czujniki FBG z natury wykazują czułość krzyżową, która powoduje brak możliwości rozróżnienia wpływu różnych wielkości (np. naprężenia oraz temperatury) na przesunięcie długości fali.” Wykorzystana konstrukcja zdaniowa myśli wskazuje na ograniczenie rozwiązania, aniżeli zaletę, gdyż pożądaną jest możliwość separacji wkładu pochodzącego od działania różnych pól fizycznych. W istocie, jako problem otwarty, podjęty i rozwiązany w dysertacji, finalnie zyskuje kontekst zalety.
- 2) Wynikiem badań przeprowadzonych przez Doktoranta jest bogaty zbiór danych, niosących informacje jakościowe i ilościowe na temat wielowymiarowych zależności obowiązujących w badanym układzie. W przedłożonym do recenzji opracowaniu pisemnym, Autor systematyzuje zaobserwowane relacje posługując się opisem słownym formułując modele lingwistyczne, a także zestawiając je w postaci rysunków, np. Rys. 5.24. Mając na względzie schemat procesu poznawczego w metrologii, techniczny charakter pracy, a także docelową potrzebę algorytmizacji rozwiązywanego problemu, tak by doprowadzić do implementacji w postaci zautomatyzowanej, uzasadnionym byłoby ujęcie zidentyfikowanych reguł w języku formalnym, z wyspecyfikowaniem ich zakresu stosowalności. Czy rozważano algorytmizację problemu w postaci fizyko-matematycznego i/lub matematycznego modelu zjawisk? Proszę scharakteryzować protokół postępowania możliwy do zastosowania dla takiego zadania.
- 3) Jeden z rozdziałów głównych (rozdział 4) rozprawy doktorskiej dotyczy zagadnień technologicznych związanych z wytwarzaniem światłowodowych siatek Bragga (należy zauważyć, iż w tym zakresie Doktorant posiada udokumentowane osiągnięcia, np. w postaci projektów wynalazczych). Opisano w nim m.in. charakterystyki struktur periodycznych TFBG wykorzystane w dalszym eksperymentowaniu. Systematyzując problem pomiarów wieloparametrowych za pomocą pojedynczej światłowodowej siatki Bragga uzasadnionym jest skomentowanie wpływu czynników materiałowych i dot. technologii zapisu na dokładność i selektywność estymacji parametrów związanych z gięciem, polaryzacją światła oraz temperaturą. Na ile czynniki te mogą zaburzyć opisane korelacje szczegółowe na poziomie wybranych modów, zakresów charakterystyki

Yolka

widmowej i/lub całego konceptu z Rys. 5.24, profilując adekwatnie czułość, dokładność i swoistość obserwacji pomiarowej?

- 4) Badania nad rozwijaną w pracy doktorskiej metodą pomiarową prowadzono przede wszystkim w warunkach laboratoryjnych, a czułość układu na wybrane wielkości fizyczne wymaga operowania na precyzyjnych układach optycznych i elektronicznych. Nie skomentowano w sposób gruntowny stabilności zaprojektowanej techniki w sytuacji pasożytniczego działania na czujnik zewnętrznych pól, np. drgań mechanicznych, zmiany właściwości optycznych ośrodka, itp., co może determinować strategię przyszłych aplikacji. Proszę scharakteryzować zagadnienie odporności wieloparametrowej metody pomiarowej na pasożytnicze działanie czynników zewnętrznych, rzutując fakty na wiarygodność i powtarzalność zdobywanych z jej pomocą informacji?
- 5) Projektując i budując stanowisko laboratoryjne do badań przydatności skośnych siatek Bragga w pomiarach wieloparametrowych poczyniono założenia co do zakresu zmiany zadawanego pobudzenia, np. temperaturowego. W dysertacji nie skomentowano, np. rezygnacji z analiz dla ujemnych wartości temperatury. Proszę uzasadnić dokonane wybory zakresów dla parametrów funkcjonalnych zbudowanego stanowiska.
- 6) Wykorzystując zbudowane stanowisko laboratoryjne oraz przyjęty w pracy doktorskiej protokół postępowania, którą z rozpatrywanych wielkości fizycznych mierzy się z największą, a którą z najmniejszą dokładnością w zaprojektowanej metodzie pomiarowej?
- 7) Analizując w rozprawie doktorskiej zależności pomiędzy wybranymi wielkościami fizycznymi i rejestrowanym widmem Doktorant korzysta z informacji zakodowanej w zmianach kształtu charakterystyki dla różnych modów płaszczowych, np. analizując wpływ gięcia, nośnikiem informacji użytecznej o zjawisku było widmo transmisyjne modu LP₀₁, skrętu – LP₀₁₆, natomiast dla zbadania wrażliwości czujnika TFBG na pobudzenie temperaturowe obserwowano zmiany LP₁₁. W dysertacji nie uzasadniono dokonanych w tym względzie wyborów. Myśląc o algorytmizacji problemu, jednym z kroków byłby wybór modu, dla którego estymowane będą parametry charakterystyczne wielkości wyjściowej. Czy można usystematyzować zagadnienie wyboru obserwowanego modu w projektowanej metodzie, także mając na względzie operowanie czujnika w działających zewnętrznych polach fizycznych?
- 8) Przywołana w rozprawie doktorskiej bibliografia ukazuje wielość aktywności podejmowanych przez różne zespoły badawcze w zakresie podstaw fizycznych, inżynierii i zastosowań siatek Bragga (także skośnych siatek Bragga). Wartościowym informacyjnie podsumowaniem przeprowadzonych badań byłoby zestawienie charakterystyk (wyrażonych jakościowo i/lub ilościowo) autorskiej metody pomiarowej z propozycjami alternatywnymi. Jakie są mocne, a jakie słabe strony podejścia proponowanego w przez Doktoranta, szczególnie w odniesieniu do zastosowań?

Recenzent zwraca się z prośbą, aby w czasie obrony Doktorant odniósł się do poniższych kwestii:

- Proszę porównać dokładność pomiaru trzech wielkości rozważanych w pracy doktorskiej z wykorzystaniem zaprojektowanego protokołu postępowania, odnosząc się zarazem do obserwacji poczynionych przez inne zespoły badawcze i relacjonowane w literaturze dla analogicznych i/lub alternatywnych zadań pomiarowych?

- Korzystając z wiedzy i doświadczenia nabytych w ramach przeprowadzonych badań, proszę scharakteryzować możliwą strukturę algorytmizacji (np. w postaci schematu blokowego) problemu pomiaru wieloparametrowego korzystającego z pojedynczej struktury TFBG?

J. B. S.

- Czy oceniano, jak dynamika obserwowanych wielkości fizycznych wpływa na dokładność i powtarzalność jednoczesnego pomiaru wieloparametrowego korzystającego z pojedynczej struktury TFBBG?

- Jeśli Doktorant dysponuje wynikami pomiarowymi z badań nad techniką trzyparametrową zrealizowaną za pomocą pojedynczej siatki TFBBG 2°, gdzie ustalono graniczne (jednocześnie wszystkie maksymalne/minimalne) wartości pobudzeń (promienia zgięcia, kąta obrotu i temperatury), proszę o zestawienie ich w formie analogicznej do Rys. 5.24, a także o komentarz do wyników.

5. Wnioski końcowe

Zawartość dysertacji pokazuje, że cel pracy został osiągnięty. Przyjęta metodologia, zakres prac oraz uzyskane wyniki świadczą o pracowitości i umiejętności samodzielnego rozwiązywania problemów naukowo-technicznych przez Doktoranta. Ponadprzeciętnie oceniam oryginalność oraz istotność wkładu poczynionego przez mgr inż. Damiana Harasima w zdefiniowanym obszarze zagadnieniowym, poparte licznymi publikacjami w uznanych czasopiśmie branżowych.

Reasumując uważam, że praca doktorska, pt. „Wieloparametrowe czujniki wykorzystujące światłowodowe skośne siatki Bragga” wyraźnie wykracza poza poziom przeciętny, spełniając z nadmiarem wymagania, jakie stawia rozprawom doktorskim w dyscyplinie Elektronika, odpowiadającej dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tj. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) w związku z art. 179 ust. 1 i ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 30.08.2018 r. Poz. 1669 z późn. zm.), i wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Damiana Harasima do publicznej obrony rozprawy doktorskiej, a także wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Jreneusz Jabłoński