RADA NAUKOWA DYSCYPLINY
INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

zaprasza na

PUBLICZNĄ OBRONĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Roberta Krzysztofa Cybulskiego

która odbędzie się w dniu **25 marca 2024 roku,** o godzinie **10:00** w trybie zdalnym

Temat rozprawy:

„Analiza właściwości nieliniowego przyciągania polaryzacji jako narzędzia do kontroli polaryzacji sygnału w światłowodowych systemach transmisyjnych"

Promotor: dr hab. inż. Krzysztof Perlicki, prof. uczelni – Politechnika Warszawska

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Tadeusz Pustelny – Politechnika Śląska

prof. dr hab. inż. Sławomir Sujecki – Politechnika Wrocławska

Obrona odbędzie się zdalnie na platformie MS Teams. Osoby zainteresowane uczestnictwem w obronie proszone są o zgłoszenie chęci uczestnictwa w formie elektronicznej na adres sekretarza komisji: dr hab. inż. Haliny Tarasiuk, – email: halina.tarasiuk@pw.edu.pl, do dnia 22 marca, godz. 12:00.

Z rozprawą doktorską i recenzjami można zapoznać się w Czytelni Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej, Warszawa, Plac Politechniki 1.

Streszczenie rozprawy doktorskiej i recenzje są zamieszczone na stronie internetowej: https://www.bip.pw.edu.pl/Postepowania-w-sprawie-nadania-stopnia-naukowego/Doktoraty/Wszczete-do-30-kwietnia-2019-r/Dyscyplina-informatyka-techniczna-i-telekomunikacja-dziedzina-nauk-inzynieryjno-technicznych/mgr-inz.-Robert-Krzysztof-Cybulski

Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny
Informatyka Techniczna i Telekomunikacja
Politechniki Warszawskiej
dr hab. inż. Jarosław Arabas, prof. uczelni

Streszczenie

W niniejszej pracy dokonano analizy właściwości wymuszonego rozpraszania Ramana we włóknie światłowodowym z punktu widzenia zmian zachodzących w fali wzmacnianej. Skoncentrowano się na nieliniowym przyciąganiu polaryzacji polegającym na uporządkowanych zmianach stanu polaryzacji fali wzmacnianej jak również na charakteryzacji procesu wzmocnienia, z uwzględnieniem jego właściwości polaryzacyjnych, które to zjawiska są szczególnie istotne z punktu widzenia systemów transmisyjnych wykorzystujących rozpraszanie Ramana. Zaproponowano wykorzystanie nieliniowego przyciągania polaryzacji do kontroli polaryzacji sygnału w systemie transmisyjnym wykorzystującym detekcję koherentną. Analizy dokonano na podstawie rezultatów symulacji numerycznych i eksperymentów laboratoryjnych.

Rada Naukowa Dyscypliny
INFORMATYKA TECHNICZNA
I TELEKOMUNIKACJA
Sekretariat
Data wpływu 16.11.2023r.
Numer.....

Wrocław, 09.10.2023

Prof. dr hab. inż. Sławomir Sujecki
Katedra Telekomunikacji i Teleinformatyki
Politechnika Wrocławska

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Roberta Krzysztofa Cybulskiego

Analiza właściwości nieliniowego przyciągania polaryzacji jako narzędzia do kontroli polaryzacji sygnału w światłowodowych systemach transmisyjnych

1. Jakie zagadnienie naukowe/badawcze jest rozpatrywane w pracy (cel i teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora?

W pracy sformułowano następującą **tezę**: Możliwe jest wykorzystanie rozpraszania Ramana we włóknie światłowodowym do uzyskania kontroli polaryzacji i wzmocnienia sygnału optycznego w systemie transmisji optycznej.
Natomiast **cele pracy** są sformułowane następująco:

- Określenie zależności efektywności zjawiska czysto-optycznego przyciągania polaryzacji i wzmocnienia fali optycznej od mocy fali pompującej oraz współczynnika nieliniowości światłowodu
- Określenie zależności efektywności zjawiska nieliniowego przyciągania polaryzacji oraz wzmocnienia fali optycznej od efektu wyczerpania mocy fali pompującej
- Eksperymentalna weryfikacja przydatności nieliniowego przyciągania polaryzacji do uzyskania automatycznego dopasowania polaryzacji sygnału użytkowego na wejściu odbiornika w systemie transmisyjnym z detekcją koherentną.

Cele i teza rozprawy zostały sformułowane jasno.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle?

W spisie literatury autor rozprawy powołał się na 99 pozycji przy czym około 35 razy odniósł się do wiodących czasopism naukowych z zakresu telekomunikacji optycznej, t.j. Journal of Lightwave Technology, IEEE Photonics Technology Letters, Optics Express. Ponadto spis literatury zawiera odnośniki do wiodących konferencji naukowych z zakresu telekomunikacji światłowodowej, t.j. CLEO, ECOC, OFC i książek. Stwierdzam zatem, że w mojej opinii analiza źródeł została przeprowadzona w sposób właściwy i stanowi wierne odwzorowanie obecnego stanu wiedzy w zakresie rozważanej tematyki. Jedyna uwaga jaką mam odnośnie analizy źródeł to odnośniki 32 i 36 w bibliografii wydają się nie być kompletne. Brakuje najprawdopodobniej nazwy czasopisma.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Na podstawie wyprowadzonych równań autor przygotował w środowisku VPI Photonics przy wykorzystaniu VPItransmissionMaker Optical Systems oprogramowanie do analizy stanu polaryzacji sygnału optycznego we włóknie światłowodowym z uwzględnieniem zjawiska nieliniowego przyciągania polaryzacji. Następnie przy pomocy opracowanego oprogramowania dokonał analizy zależności stanu polaryzacji sygnału od mocy pompy długości światłowodu, współczynnika dyspersji polaryzacyjnej oraz właściwości nieliniowych światłowodu, a w szczególności parametru nieliniowości γ. Następnie zestawił stanowisko pomiarowe do eksperymentalnej weryfikacji wyników uzyskanych przy pomocy opracowanego pakietu oprogramowania i dokonał weryfikacji eksperymentalnej wyników uzyskanych w wyniku obliczeń numerycznych. W ostatniej części pracy autor przeprowadził analizę zastosowania atraktora polaryzacji do kontroli polaryzacji sygnału użytecznego w systemie transmisji światłowodowej z detekcją koherentną. Według mojej opinii autor rozwiązał postawione zagadnienia i poprawnie dobrał metody zaś przyjęte założenia są uzasadnione.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Oryginalność rozprawy polega na opracowaniu oprogramowania do analizy zjawiska przyciągania polaryzacji światłowodzie telekomunikacyjnym i samodzielnym opracowaniu stanowiska pomiarowego do eksperymentalnej weryfikacji wyników uzyskanych za pomocą metod numerycznych. W szczególności autor dokonał kompleksowej zarówno teoretycznej jak i eksperymentalnej analizy zjawisk przyciągania polaryzacji i wzmocnienia optycznego, które występują we włóknie światłowodowym jako konsekwencja wymuszonego rozpraszania Ramana. W przypadku badań teoretycznych analizę przeprowadzono dla wybranych parametrów włókna światłowodowego, tj. stopień nieliniowości i dwójłomności oraz długość odcinka światłowodu, a także mocy oraz stanu polaryzacji fali pompującej oraz wzmacnianej. O oryginalności pracy świadczą również badania laboratoryjne. Badanie laboratoryjne zjawiska przyciągania polaryzacji przeprowadzono dla typowego światłowodu stosowanego w telekomunikacji (G.652.D). Pomiary wykonano dla różnych wartości mocy pompy oraz stanów polaryzacji fali pompującej. Rezultaty pracy są unikalne, ze względu na fakt, iż podobne analizy dostępne w literaturze dokonano jedynie dla wysoko nieliniowych włókien światłowodowych bez rozróżniania stanów polaryzacji fali pompującej.

Ponadto autor zaproponował teoretyczną analizę możliwości wykorzystania nieliniowego przyciągania polaryzacji do uzyskania jednoczesnej kontroli polaryzacji i wzmocnienia optycznego sygnału w systemie transmisyjnym z detekcją koherentną. Podejście to, wcześniej nie prezentowane w literaturze, umożliwia redukcję złożoności systemu telekomunikacyjnego poprzez usunięcie wzmacniaczy

optycznych z toru oraz uproszczenie konstrukcji odbiornika koherentnego, przy jednoczesnym zachowaniu odporności systemu na losowe zmiany polaryzacji sygnału powstałe wskutek transmisji w linii światłowodowej.

Podsumowując stwierdzam, że uzyskane wyniki nie odbiegają od wyników i poziomu techniki prezentowanych w dostępnych czasopismach i materiałach konferencyjnych.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonywującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

W mojej opinii autor wykazał się umiejętnością poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Rysunki, które prezentują wyniki są wykonane starannie. W mojej opinii doktorant poprawnie wykorzystał tabele i różne rodzaje wykresów w celu poparcia wniosków. Niemniej jednak w kilku miejscach trudno jest zrozumieć tekst lub rysunki. Na przykład, na stronie 14stej cele są sformułowane w sposób zawiły. W mojej opinii można to uprościć. Na rysunku 5.4 trudno jest zrozumieć jak tor światłowodowy połączony jest z torem pomiarowym. Czy brakuje jakiejś linii na tym rysunku? Pozostały też w tekście tzw. literówki. We wzorze (40) występuje Aeff a powinno być A_{eff}. Ponadto w rozdziale czwartym autor mógł szerzej opisać metody numeryczne zastosowane do rozwiązania równań 48 i 49. Nie podano na przykład metody numerycznej wykorzystanej do obliczenia rozwiązań równań 48 i 49. W rozdziale siódmym zamieszczono bezpośrednio schematy zaczerpnięte ze środowiska obliczeniowego firmy VPI Photonics. Dla osoby, która nie posługuje się tym pakietem oprogramowania interpretacja wszystkich elementów schematu nie jest oczywista. To z kolei utrudnia zrozumienie zastosowanych metod obliczeniowych i w konsekwencji prezentowanych wyników.

6. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk inżynieryjno-technicznych?

W ramach przeprowadzonych badań opracowano oprogramowanie do numerycznej analizy zjawiska przyciągania polaryzacji w światłowodach telekomunikacyjnych. Wyniki uzyskane przy zastosowaniu metod numerycznych zostały zweryfikowane eksperymentalnie. Autor także wyznaczył zakres parametrów pracy układu do automatycznego dopasowania polaryzacji na wejściu odbiornika z detekcją koherentną światłowodowego systemu telekomunikacyjnego. Wyznaczony zakres parametrów pracy układu może zostać użyty do praktycznej realizacji koherentnego odbiornika, który wykorzystuje zjawisko przyciągania polaryzacji i zastosowania takiego odbiornika w systemach telekomunikacji światłowodowej.

Biorąc pod uwagę przedstawioną przez Doktoranta rozprawę stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy. Dlatego wnoszę o przyjęcie niniejszej rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Roberta Krzysztofa Cybulskiego do publicznej obrony.

Sławomir Łęgowski

KATEDRA OPTOELEKTRONIKI

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

44-100 Gliwice, ul. Krzywoustego 2, tel (032) 237-29-02,

Gliwice, 2023.10.12

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pustelny
Katedra Optoelektroniki
Politechnika Śląska
e-mail:Tadeusz.Pustelny@polsl.pl

Recenzja pracy doktorskiej

mgra inż. Roberta CYBULSKIEGO pt.:

"Analiza właściwości nieliniowego przyciągania polaryzacji jako narzędzia do kontroli polaryzacji sygnału w światłowodowych systemach transmisyjnych ".

Praca doktorska została wykonana na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej w Dziedzinie - Nauk Inżynieryjno-Techniczne w Dyscyplinie Naukowej – Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Promotorem w niniejszym przewodzie doktorskim jest Pan dr hab. inż. Krzysztof Perlicki, prof. Politechniki Warszawskiej.

1. Informacje wstępne

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Roberta Cybulskiego została opublikowana w formie monografii, wydanej przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej.
Wyniki swoich analiz literaturowych, analiz i rozważań o charakterze teoretycznym i projektowym a także badań eksperymentalnych Pan mgr Robert Cybulski zawarł na 127 stronach maszynopisu. Praca zawiera 60 rysunków, wykresów i zdjęć oraz 9 tabel. W rzeczywistości ilość rysunków jest znacznie większa, gdyż często pod jednym numerem znajduje się kilka wykresów (często nawet 8 wykresów). Bogata prezentacja graficzna analizowanych zagadnień oraz uzyskanych wyników jest silną stroną rozprawy i ułatwia analizy prezentowanych w niej treści. Praca zawiera *Wykaz ważniejszych oznaczeń* oraz *Wykaz symboli*, jakich Doktorant używał w rozprawie a również *Spis rysunków* i *Spis tabel*.

Praca zawiera *Listę publikacji autora*, którą stanowią *Publikacje z listy filadelfijskiej* oraz *Pozostałe publikacje*. Autor rozprawy powołuje się w swojej pracy na 99 pozycji literatury, z których korzystał przy jej realizacji. W tej grupie większość prac to artykuły naukowe relatywnie nowe (z okresu ostatnich kilku, kilkunastu lat). W zakresie analiz zjawisk fizycznych opisywanych w rozprawie Doktorant odwołuje się niekiedy do prac starszych (jeszcze z ubiegłego wieku) pionierskich i istotnych dla omawianych zagadnień.

2. Cel rozprawy

Praca doktorska Pana mgra inż. Roberta Cybulskiego pt. *"Analiza właściwości nieliniowego przyciągania polaryzacji jako narzędzia do kontroli polaryzacji sygnału w światłowodowych systemach transmisyjnych"* dotyczy zagadnień związanych z zastosowaniem zjawiska polaryzacji promieniowania elektromagnetycznego w zakresie okołowidzialnym w optycznych systemach transmisji informacji. Rozwój infrastruktury sieciowej związany głównie z ciągle rosnącym zapotrzebowaniem na wzrost szybkości przesyłu informacji oraz szeroki dostęp do różnych usług telekomunikacyjnych i multimedialnych powodują konieczność ciągłego wzrostu potencjału transmisyjnego sieci telekomunikacyjnych. O postępie w tym zakresie decyduje także rozwój systemów telekomunikacyjnych z transmisją i detekcją koherentną. Jednym z ważnych elementów poprawnej pracy systemów z transmisją koherentną jest obok zapewnienia poprawnej detekcji, również kontrola polaryzacji informacyjnego sygnału optycznego w systemach transmisyjnych wykorzystujących efekt polaryzacji sygnału świetlnego. Do kontroli i stabilizacji stanu polaryzacji światła w nowoczesnych systemach transmisyjnych można wykorzystać efekty nieliniowe, towarzyszące propagacji światła w światłowodach polaryzacyjnych. Zjawiska nieliniowe w światłowodach obserwuje się jako efekt modyfikacji wartości współczynnika załamania włókna, wywołany odpowiednio wysokim natężeniem koherentnego sygnału optycznego.

Wymuszone rozpraszanie Ramana należy do tej grupy zjawisk nieliniowych w światłowodach, które próbuje się zastosować do wzmocnienia propagującego się w włóknie sygnału optycznego. W zjawisku wymuszonego rozpraszania Ramana nowo wygenerowany foton ma identyczną fazę z padającym fotonem fali wzmacnianej. We wspomnianym oddziaływaniu fali wygenerowanej i fali wzmacnianej można obserwować nieliniowy efekt zmiany polaryzacji fali wzmacnianej pod wpływem fali wzmacniającej o większym natężeniu. Zjawisko to często określa się terminem przyciągania polaryzacji.

Nieliniowe przyciąganie polaryzacji zostało zaobserwowane dla kilku optycznych zjawisk nieliniowych w światłowodach, m.in. w nieliniowym rozpraszaniu Ramana oraz wymuszonym rozpraszaniu Brillouin'a.

W nowoczesnych optycznych systemach transmisyjnych z koherentną propagacją i detekcją światła, zjawisko wymuszonego rozpraszania Ramana można wykorzystać do kontroli i modyfikacji stanu polaryzacji sygnału optycznego. Tematyka oddziaływania nieliniowego koherentnej wiązki sygnału optycznego z falą wymuszającą zmianę polaryzacji jest atrakcyjna w sensie naukowym i poznawczym. Jest atrakcyjna również w sensie utylitarnym. Badaniom w tym zakresie poświęcona jest rozprawa doktorska Pan mgr .Roberta Cybulskiego.

Można bez wątpienia uznać, że tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej przez mgra Roberta Cybulskiego jest naukowo i technicznie ale także aplikacyjnie atrakcyjna. Ponieważ rozprawa realizowana jest w Dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych ważnym również jest jej użytkowy charakter.

3. Teza i cele rozprawy doktorskiej

Doktorant sformułował następującą tezę swojej rozprawy doktorskiej (cytat z rozprawy): *„możliwe jest wykorzystanie wymuszonego rozpraszania Ramana we włóknie światłowodowym do uzyskania kontroli polaryzacji i wzmocnienia sygnału optycznego w systemie transmisji optycznej"*.

Dla weryfikacji niniejszej tezy Doktorant sformułował trzy cele (cytat z rozprawy):

- określenie właściwości zależności efektywności zjawiska czysto optycznego przyciągania polaryzacji i wzmocnienia fali optycznej przy pomocy spolaryzowanej fali pompującej we włóknie światłowodowym od mocy fali pompującej oraz stopnia nieliniowości i długości światłowodu;

- określenie właściwości zależności efektywności zjawiska nieliniowego przyciągania polaryzacji od efektu wyczerpania fali pompującej oraz wzmocnienia zależnego od polaryzacji;

- potwierdzenie możliwości wykorzystania nieliniowego przyciągania polaryzacji do dostosowania polaryzacji sygnału użytkowego na wejściu odbiornika w systemie transmisyjnym z detekcją koherentną;

Uważam, że sformułowana przez Doktoranta teza rozprawy oraz cele rozprawy postawione są jasno, poprawnie i precyzyjnie.

4. Zawartość rozprawy doktorskiej

W rozprawie doktorskiej Pana mgra Roberta Cybulskiego można wyróżnić dwie zasadnicze części, na które składa się 8 rozdziałów pracy.

Pierwszą część (strony: 13- 74) stanowią 4 pierwsze rozdziały rozprawy.
Tę część rozprawy stanowią rozdziały: *1 Wstęp i cel pracy, 2 Systemy transmisyjne z detekcją koherentną, 3 Zjawisko nieliniowego przyciągania polaryzacji we włóknie światłowodowym, 4 Teoretyczna weryfikacja nieliniowego przyciągania polaryzacji z wykorzystaniem wymuszonego rozpraszania Ramana.*
W tej części rozprawy mgr Cybulski przedstawia teoretyczną analizę właściwości procesu przyciągania polaryzacji w rezultacie oddziaływań nieliniowych pomiędzy koherentnymi wiązkami optycznymi, propagującymi się we włóknie światłowodowym. Doktorant omawia istotę tego zjawiska oraz dyskutuje możliwości jego uzyskania z wykorzystaniem różnych oddziaływań nieliniowych. Dalej (w rozdziale 4) Doktorant przedstawia analizę zjawiska rozpraszania Ramana w ośrodku geometrycznie ograniczonym. Przedstawia bogate wyniki własnych analiz numerycznych.

Na drugą część (strony: 75-121) składają się rozdziały *5, 6, 7* oraz 8. Tę część rozprawy stanowią rozdziały: *4 Eksperymentalna weryfikacja procesu przyciągania polaryzacji dla sygnału o długości fali 1552 nm w warunkach laboratoryjnych, 6 Weryfikacja procesu przyciągania polaryzacji przy zmianie długości fali wzmacnianej, 7 Zastosowanie atraktora polaryzacji do kontroli stanu polaryzacji i detekcji sygnału 16-QAM, 8 Podsumowanie* wraz z *Listą publikacji Autora* oraz nienumerowana część *Bibliografia.*
Część druga rozprawy zawiera wyniki eksperymentów nieliniowego przyciągania polaryzacji, wykorzystującego wymuszone rozpraszanie Ramana. Dalej (*w rozdziale 6*) Doktorant prezentuje rezultaty własnych badań eksperymentalnych w celu określenia właściwości procesu przyciągania polaryzacji i wzmacniania koherentnego sygnału optycznego w szerokim zakresie zmian długości fali wzmacnianej, dla wybranej konfiguracji parametrów, które zostały wybrane w rezultacie wcześniejszy badań (zaprezentowanych w *rozdziale 5)*. W *rozdziale 7* zaprezentowany został układ z zastosowaniem atraktora polaryzacji dla kontroli polaryzacji i wzmocnienia sygnału użytecznego z modulacją 16-QAM *(QAM – modulacja kwadraturowa)* w układzie z detekcją koherentną. *Rozdział 8* zawiera *Podsumowanie* realizacji rozprawy doktorskiej, przeprowadzone w sposób staranny i kompetentny. Tworzy go także wykaz publikacji własnych Doktoranta oraz Jego wystąpień konferencyjnych. Rozprawę kończy *Bibliografia,* którą stanowią 99 pozycje naukowe (artykuły) z tematyki podejmowanej w rozprawie. Wykaz literatury świadczy o dobrej

znajomości materiału naukowego, i metrologicznego dotyczącego analizowanych w rozprawie zagadnień. Choć dziwi fakt, że Doktorant tylko raz dowołuje się do własnej pracy (z współautorstwem Promotora) i raz odwołuje się do pracy opublikowanej przez Promotora.

5. Ocena rozprawy doktorskiej

W tym miejscu pragnę raz jeszcze podkreślić, że rozprawa doktorska Pana mgra inż. Roberta Cybulskiego jest ukierunkowana zarówno na rozwiązanie problemów naukowo-technicznych jak również, że ma ona istotny charakter utylitarny.

W opinii Recenzenta w niniejszym przewodzie doktorskim, jako własny wkład Doktoranta w rozwój badań i analiz efektów towarzyszących propagacji koherentnego sygnału optycznego we włóknie światłowodowym może uznać:

- analizę i charakteryzację zjawiska nieliniowego przyciągania polaryzacji a także wzmocnienia w szerokim zakresie długości światłowodu oraz wejściowej mocy fali pompującej i jej wejściowego stanu polaryzacji;
- uwzględnienie wpływu zjawiska wyczerpania się wrażliwości fali wzmacnianej na przyciąganie polaryzacji wywołanej falą pompującą, powyżej pewnych jej wartości natężenia;
- dokonanie oceny właściwości nieliniowego przyciągania polaryzacji w warunkach laboratoryjnych;
- przeprowadzenie teoretycznej analizy możliwości zastosowania atraktora polaryzacji do kontroli stanu polaryzacji koherentnego sygnału optycznego na wejściu odbiornika sygnału w systemie z modulacją kwadraturową;
- wykazanie, że zastosowanie atraktora polaryzacji na wejściu odbiornika koherentnego umożliwia usunięcie z toru światłowodowego wzmacniaczy optycznych, co upraszcza konstrukcję odbiornika oraz redukuje złożoność obliczeniową operacji wykonywanych przez procesor sygnałowy;

Należy podkreślić, że dla wykazania tezy rozprawy oraz osiągnięcia postawionych celów Doktorant zaproponował w kilku przypadkach oryginalne, własne rozwiązania.

Czytając rozprawę ma się pozytywne wrażenie, że Doktorant posiada wartościowe kompetencje i wiedzę w zakresie metrologii optoelektronicznej oraz informatyki technicznej i telekomunikacji.

Można uznać, że postawione w *Rozdziale 1 cele pracy* zostały, w wyniku jej realizacji przez Doktoranta osiągnięte.

Jako Recenzent pracy doktorskiej Pana mgra inż. Roberta Cybulskiego uważam, że niniejsza rozprawa prezentuje wartościowy poziom naukowy w *Dyscyplinie – Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.* Jak już wcześniej podkreślałem, ważnym jest, że rozprawa, obok wartości naukowej i technicznej oraz technologicznej, posiada także istotną wartość praktyczną.

6. Uwagi krytyczne

Z obowiązku Recenzenta pragnę zgłosić swoje uwagi i zastrzeżenia.

Praca doktorska mgra inż. Roberta Cybulskiego napisana jest w sposób przemyślany. Układ pracy jest starannie dobrany. Usterki edycyjne a także tzw. literówki w pracy zdarzają się relatywnie rzadko. Autor na początku pracy zamieścił *Wykaz ważniejszych oznaczeń* oraz *Wykaz symboli*, których używa w pracy. Ułatwia to lekturę pracy i analizę zawartych w niej treści. Doktorant przy redakcji pracy nie ustrzegł się stosowania skrótów myślowych oraz określeń nieprecyzyjnych

Doktorant na samym początku maszynopisu rozprawy składa *„Serdeczne podziękowania dla Krzysztofa Perlickiego za zwierzchnictwo i cierpliwość”.* Jest to dziwne podziękowanie kierowane do promotora rozprawy.

Proszę Doktoranta, aby w trakcie publicznej obrony przedstawił szczegółowo z kim współpracował i w jakim zakresie. Problem współpracy zawsze był dla mnie problemem istotnym. I to dlatego, że wartościowe prace naukowe z zakresu badań eksperymentalnych muszą wiązać się ze współpracą. Z reguły wykonywane są w zespołach badawczych. I nie ma w mojej opinii, w tym nic nagannego. Współpraca naukowa zawsze jest wartością – jest również wartością w przypadku realizacji rozprawy doktorskiej. Naganne może być w działalności naukowej unikanie informacji o współpracy, która ma charakter naukowy. W niniejszej rozprawie Doktorant nic nie mówi z kim współpracował i w jakim zakresie. Jest to dodatkowo dziwne przez fakt, że wszystkie Jego prace naukowe są pracami współautorskimi. W aspekcie Jego współpracy przy realizacji pracy, mam do Doktoranta następujące pytania:

- Czy analizy numeryczne, których wyniki zamieszczone są w rozprawie zostały wykonane osobiście przez Doktoranta? W oparciu o jaki system numeryczny prowadził własne badania analizowanych w rozprawie struktur?

- Czy eksperymentalne stanowisko badawcze (przedstawione w rozprawie) jest stanowiskiem istniejącym w Jednostce? Czy Doktorant uczestniczył w zestawieniu tego stanowiska?

W rozprawie, w analizach naukowych dotyczących konstrukcji wzmacniaczy optycznych Doktorant wykorzystuje zjawisko wymuszonego rozpraszania Ramana. Analizuje także możliwość wykorzystania zjawiska wymuszonego rozpraszania Brillouin'a. Pan mgr Cybulski w swojej pracy o fizycznej naturze tych zjawisk pisze oszczędnie. Proszę aby w trakcie publicznej obrony zjawiska te krótko wyjaśnił i omówił.

Powyższe uwagi nie mają wpływu, na moją pozytywną opinię o recenzowanej rozprawie doktorskiej Pana mgr. inż. Roberta Cybulskiego.

Pan mgr inż. Robert Cybulski jest współautorem 3 prac, wydanych w czasopismach naukowych indeksowanych w bazach o zasięgu światowym (opublikowanych w: *Optical Quantum Electronics oraz Journal of Lightwave Technology*). Jest również współautorem 6 prac opublikowanych w wydawnictwach spoza Listy A Ministerstwa Edukacji i Nauki. W swoim dorobku wymienia udział w 4 konferencjach IEEE-SPIE w Wildze. Uczestniczył w 3 projektach badawczych.

Jeśli uwzględni się, że Pan Robert Cybulski stara się o stopień doktora nauk technicznych (a w pracach brał udział jako jeszcze magister) to można uznać, że jest to dorobek zasługujący na zauważenie.

Konkluzja końcowa

Jako recenzent, pragnę wyraźnie podkreślić, że pozytywnie oceniam poziom naukowy rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Roberta Cybulskiego.

Praca doktorska zawiera oryginalne wyniki analiz i badań naukowych i technicznych, o ważnym utylitarnym znaczeniu. Cele rozprawy zostały osiągnięte.

Biorąc pod uwagę moją, jako Recenzenta, pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej mgra inż. Roberta Cybulskiego pt.:

"Analiza właściwości nieliniowego przyciągania polaryzacji jako narzędzia do kontroli polaryzacji sygnału w światłowodowych systemach transmisyjnych ".

uważam, że

w świetle obowiązującej *Ustawy - Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z 20.07.2018r* (a także w świetle aktów wcześniejszych, w tym: „*Ustawą o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki*", *z dnia 14 marca 2003 roku wraz z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 roku. oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018)* **recenzowana rozprawa spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w Dyscyplinie - Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, w Dziedzinie – Nauki Inżynieryjno-Techniczne.**

Pozytywna ocena pracy doktorskiej stanowi, w mojej opinii podstawę do ubiegania się mgra inż. Roberta Cybulskiego o stopień doktora nauk technicznych w Dyscyplinie - Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Wnoszę do Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie mgra inż. Roberta Cybulskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z wyrazami szacunku

Gliwice, 2023.10.12