



Warszawa, dn. 10.09.2023 r.

Prof. dr hab. inż. Waldemar ŻENDZIAN  
Instytut Optoelektroniki  
Wojskowa Akademia Techniczna

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
mgr inż. Olgi Szewczyk**

**pt:**

**„Spectral conversion of ultrashort laser pulses in nonlinear optical fibers”**

Konwersja widmowa ultrakrótkich impulsów laserowych w światłowodach nieliniowych

Rozprawa autorstwa mgr inż. Olgi Szewczyk zrealizowana została w Katedrze Teorii Pola, Układów Elektronicznych i Optoelektroniki Wydziału Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej pod opieką promotora dr. hab. inż. Grzegorza Sobonia.

**1. Cel badań (tezy rozprawy).**

Przedłożona do recenzji rozprawa Pani mgr inż. Olgi Szewczyk wpisuje się w badania konwersji nieliniowej impulsów laserów iterbowych i erbowych w mikrostrukturalnych światłowodach nieliniowych. Nieliniowa konwersja umożliwia otrzymanie ultrakrótkich (femtosekundowych) impulsów laserowych w obszarach widma niedostępnych przy bezpośredniej generacji tych laserów.

W pracach eksperymentalnych do konwersji widmowej wykorzystywano zaprojektowane pod potrzeby Doktorantki krzemionkowe światłowody mikrostrukturalne opracowane w laboratorium światłowodowym w Lublinie. Rozdziały prezentujące badania eksperymentalne zawierają szczegółową dyskusję otrzymanych wyników, które ponadto porównano z najlepszymi wynikami dotychczas raportowanymi w literaturze.

Autorka sformułowała dwie tezy:

1. “Spectrally-shifted solitons generated in the anomalous dispersion regime possess as good stability as the all-normal dispersion supercontinuum and can be used as seeds for Tm-doped fiber amplifiers.”

Spektralnie przesunięte solitony SSFS generowane w reżimie dyspersji anomalnej mają tak dobrą stabilność jak impulsy superkontinuum generowane przy całkowicie normalnej dyspersji i mogą być wykorzystane jako źródło zadające tulowych wzmacniaczy światłowodowych.

2. “The SSFS phenomenon allows for the generation of narrow-linewidth spectrally shifted solitons”

Efekt SSFS pozwala generować przesunięte widmowo solitony o wąskiej spektralnie linii.

Tezy są uzasadnione analizą publikacji oraz teorią propagacji ultrakrótkich impulsów w światłowodach nieliniowych. Głównym zadaniem Doktorantki było ich udowodnienie

eksperymentalne. Doktorantka postawiła sobie do zrealizowania cztery zadania badawcze, sprowadzające się do opracowania i zbadania modeli laboratoryjnych układów konwersji nieliniowej w światłowodach mikrostrukturalnych, a mianowicie postanowiła:

1. Scharakteryzować efekty nieliniowej konwersji widmowej w światłowodach mikrostrukturalnych pompowanych ultrakrótkimi impulsami laserów erbowych i iterbowych.
2. Scharakteryzować i porównać szумы generacji SSFS w światłowodach z anomalną dyspersją i generacji superkontinuum w światłowodach z całkowicie normalną dyspersją.
3. Przeprowadzić analizę na podstawie opracowanego modelu teoretycznego kompresji widmowej w światłowodach ze zmiennym profilem wzdłuż włókna dyspersji prędkości grupowej.
4. Opracować model laboratoryjny źródła laserowego charakteryzującego się wąską linią generacji przestrajalną w zakresie 1650 – 1900 nm z dodatkowym tulowym stopniem wzmacniającym.

Tematyka podjęta w rozprawie jest bardzo aktualna, a duże zainteresowanie nią wynika z faktu poszukiwania praktycznych rozwiązań źródeł generujących ultrakrótkie impulsy na wybranej długości fali z zakresu do 2  $\mu\text{m}$ , ze względu na bardzo szerokie spektrum możliwości ich zastosowań. Przykładowo niedostępne bezpośrednio z laserów ultrakrótkie impulsy o środkowej długości fali 1.3 lub 1.7  $\mu\text{m}$  mogą znaleźć zastosowanie w biomedycynie np. w mikroskopii trzyfotonowej, czy też do obrazowania za pomocą tomografii koherentnej OCT. Ze względu na występowanie w tym obszarze widmowym licznych silnych linii absorpcyjnych wielu cząstek gazów źródła takie mogą znaleźć zastosowanie w spektroskopii, w czujnikach gazu, w badaniach atmosfery, do monitorowania środowiska. We wszystkich tych zastosowaniach wymagane są wysoka stabilność, niskie szумы, wysoka koherencja oraz odpowiednie charakterystyki czasowe generowanych ultrakrótkich impulsów. Badania dotyczące powyższych parametrów generacji zaprezentowane w pracy są badaniami podstawowymi, są istotnym wkładem Doktorantki w dziedzinę źródeł opartych na nieliniowej konwersji w światłowodach nieliniowych.

## 2. O pracy doktorskiej, charakter rozprawy.

Praca doktorska mgr Olgi Szewczyk ma charakter eksperymentalno-teoretyczny. Składa się ona z 6 rozdziałów i trzech dodatków w postaci spisu najważniejszych akronimów wykorzystywanych w pracy, listy osiągnięć naukowych uzyskanych przez Autorkę w trakcie studiów doktoranckich oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Rozprawa liczy 124 strony. Jest napisana w języku angielskim.

Autorka po zaprezentowaniu w rozdziale 1 celów, tez i struktury pracy, w rozdziale 2 bardzo merytorycznie wprowadziła czytelnika w obszar prowadzonych badań. Opisała wykorzystując nieliniowe równanie Schrödingera wpływ zjawisk nieliniowych i dyspersji prędkości grupowej na parametry ultrakrótkich impulsów propagujących się w światłowodach nieliniowych. Opisała podstawowe zjawiska nieliniowe występujące w światłowodach takie jak: samo modulacja fazy SPM, poprzeczna modulacja fazy, wymuszone rozpraszanie Ramana, mieszanie cztero-falowe. Następnie dla zadanych parametrów światłowodu mikrostrukturalnego (zadanej charakterystyki dyspersyjnej i współczynnika nieliniowości) przeprowadziła analizę generacji SSFS przy dyspersji anomalnej, a następnie generacji superkontinuum. Wykazała, że superkontinuum generowane w światłowodach z dyspersją całkowicie normalną charakteryzuje się lepszymi parametrami niż kontinuum przy dyspersji anomalnej. Charakteryzuje się mniejszą złożonością charakterystyk czasowych, większą



koherencją, mniejszymi szumami. W rozdziale 2 Doktorantka opisała również mierzone w eksperymentach parametry ultrakrótkich impulsów takie jak: widmowy i czasowy kształt impulsu, spektralna i czasowa faza impulsu, koherencja kolejnych impulsów (widzialność prążków), współczynnik korelacji widmowej (mapa korelacji), szum względny natężenia RIN. Opisała wykorzystane metody pomiarowe tych parametrów. Rozdział ten ma duże walory dydaktyczne i może być podstawą dobrego wykładu z optyki nieliniowej w światłowodach.

Trzy kolejne rozdziały mają znaczenie zasadnicze, opisują one badania eksperymentalne Doktorantki, rozszerzone o wyniki analiz numerycznych ogólnego nieliniowego równania Schrödingera w światłowodach nieliniowych. W rozdziale 3 Doktorantka przedstawiła analizę generacji SSFS w światłowodach mikrostrukturalnych z przesuniętą długością fali zerowej dyspersji na 932 nm, pompowanych zarówno ultrakrótkimi impulsami laserów iterbowych (1  $\mu\text{m}$ ) jak i erbowych (1.55  $\mu\text{m}$ ), a więc w reżimie dyspersji anomalnej. Dla obu źródeł pompujących w funkcji mocy wyjściowej przedstawiła zmierzone charakterystyki widmowe i czasowe przesuniętych ramanowsko solitonów, wyniki pomiarów koherencji, stopień zachowania polaryzacji oraz wpływ długości włókna mikrostrukturalnego na wielkość przesunięcia widma solitonu. Wykorzystując jako pompę laser YDFL uzyskała przestrajanie przesunięcia widma solitonów do długości fali 1,67  $\mu\text{m}$ , a laser EDFL do 1.95  $\mu\text{m}$ . Generowane przesunięte częstotliwościowo solitony charakteryzowały się dużą koherencją, w pierwszym przypadku zmierzona widzialność prążków 0.7 – 0.9, a drugim 0.9. Dla obu źródeł pompujących sprawność generacji przesuniętych częstotliwościowo solitonów wyniosła 20%. Solitony o długości fali 1.3 i 1.7  $\mu\text{m}$  mogą być wykorzystane w OCT, dodatkowo solitony o długości fali 1.55  $\mu\text{m}$  mogą być wzmacniane we wzmacniaczach erbowych, a o długości fali 1.95  $\mu\text{m}$  we wzmacniaczach tulowych.

W rozdziale 4 opisano układ eksperymentalny zbudowany do zbadania konwersji widmowej impulsów z światłowodowego lasera erbowego w dwóch światłowodach mikrostrukturalnych, pierwszy o dyspersji anomalnej ( $ZDF=1.3 \mu\text{m}$ ) i współczynniku nieliniowości  $7.7 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$ , a drugi o dyspersji całkowicie normalnej i współczynniku nieliniowości  $9.8 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$ . Impulsy o czasie trwania 335 fs z lasera erbowego z synchronizacją modów za pomocą modulatora grafenowego wzmocniono i skompresowano do 50 fs w zbudowanym światłowodowym wzmacniaczu erbowym. Dla pierwszego światłowodu mierzono charakterystyki solitonów przesuniętych częstotliwościowo SSFS, a dla drugiego charakterystyki superkontinuum ANDi-SC. Dla obu przypadków generacji zmierzono charakterystyki widmowe, wyznaczono mapy korelacji widmowej, widzialność prążków, stosunek sygnału do szumu. Pomiary wykazały, że dla obu konfiguracji konwersji nieliniowej impulsy charakteryzują się dużą koherencją, stabilnością, wysokim stosunkiem sygnału do szumu i oba źródła mogą być wykorzystane jako zadające w światłowodowym wzmacniaczu tulowym. Doktorantka udowodniła to tezę w dalszej części badań wzmacniając w zbudowanym wzmacniaczu tulowym solitony o długościach fal 1870, 1950, 1970, 1994 nm i superkontinuum. Do pełnej charakteryzacji impulsów na wyjściu ze wzmacniacza  $T_m$  (widma impulsów, kształtu impulsów, zmiany fazy w czasie i jej widma) wykorzystano technikę FROG. Zarówno dla impulsów wejściowych jak i wyjściowych wzmacniacza pomierzono coraz powszechniej wykorzystywany w technice laserowej szum względny natężenia RIN w zakresie 10 Hz – 500 kHz oraz obliczono jego wartość scałkowaną po tym zakresie, a następnie porównano z wynikami literaturowymi podobnych układów laserowych. Dla wzmocnionych solitonów uzyskano całkowity RIN 0.153%, a dla superkontinuum 0.128%, a więc wartości porównywalne z wynikami literaturowymi. Rozdział ten charakteryzuje się wnikliwą



analizą otrzymanych wyników i prawidłową ich interpretacją. Doktorantka udowodniła w nim pierwszą tezę rozprawy.

W rozdziale 5 pracy Doktorantka poświęciła badaniom kompresji widmowej ultrakrótkich impulsów w światłowodach nieliniowych ze zmienną wzdłuż włókna dyspersją prędkości grupowej. Rozwiązując ogólne nieliniowe równanie Schrödingera dla różnych profili dyspersji w światłowodzie typu CPF (różnych długości segmentów światłowodów SMF i DSF) zaprojektowała optymalny światłowod z względu na maksymalną wartość współczynnika kompresji widma solitonu. Optymalna konfiguracja światłowodu CPM została zrealizowana praktycznie i wykorzystana do kompresji widm solitonów generowanych w światłowodzie mikrostrukturalnym w wyniku wprowadzenia do niego impulsów z lasera erbowego. Na wyjściu zbudowanego układu Doktorantka uzyskała ultrakrótkie impulsy przestrajalne w zakresie 1622 – 1900 nm, skompresowane maksymalnie około 37 krotnie z szerokością widmową w zakresie 0,43 – 1,11 nm. Na zakończenie zbudowała wzmacniacz tulowy, który pozwolił zwiększyć moc średnią zawężonych widmowo impulsów. Maksymalna moc średnia wyniosła 446 mW. Na podkreślenie zasługuje zgodność wyników numerycznych i eksperymentalnych. Ta część pracy udowadnia 2 tezę pracy.

Praca zakończona jest wnioskami końcowymi zawartymi w rozdziale 6.

### **3. Sposób przeprowadzenia analizy źródeł. Sposób sformułowania wniosków z analizy.**

Załączony wykaz cytowanej literatury obejmuje 193 pozycje, w tym 3 współautorstwa Doktorantki (we wszystkich pierwsza autorka, wszystkie indeksowane w JCR). Należy stwierdzić, że dorobek publikacyjny Doktorantki zaprezentowany w wykazie literatury dotyczy ściśle zakresu tematycznego rozprawy. W dodatku do doktoratu Autorka zaprezentowała swój cały bardzo duży jak na obecny etap jej rozwoju naukowy dorobek naukowy. Jest ona współautorem 3 artykułów w czasopismach z listy filadelfijskiej, 2 artykułów konferencyjnych, 13 ustnych i plakatowych prezentacji konferencyjnych oraz jednego zgłoszenia patentowego. Ponadto jest laureatką 4 wyróżnień i stypendiów naukowych. Analiza cytowanych źródeł świadczy o biegłości Doktorantki w tematyce prezentowanej w rozprawie. Autorka demonstruje bardzo dobre przygotowanie ogólne i szeroką wiedzę teoretyczną i praktyczną z optyki nieliniowej, laserów światłowodowych z synchronizacją modów wzdłużnych, propagacji ultrakrótkich impulsów w światłowodach oraz technik pomiarowych wykorzystywanych w wymienionych dziedzinach. Cytowana bibliografia jest reprezentatywna dla rozważanego zakresu pracy. Analizę źródeł uznaję za przeprowadzoną w sposób wyczerpujący.

### **4. Rozwiązanie postawionego zadania, właściwość przyjętych metod i założeń.**

Doktorantka przyjęte do realizacji pracy zadania badawcze konsekwentnie zrealizowała. Przeprowadziła i udokumentowała badania, których wyniki w pełni potwierdzają tezy pracy. Odnosnie 1 tezy w rozdziale 4 przeprowadziła badania porównawcze charakterystyk solitonów przesuniętych częstotliwościowo i impulsów superkontinuum otrzymywanych na wyjściu dwóch światłowodów mikrostrukturalnych różniących się znakiem dyspersji prędkości grupowej. Przedstawione w pracy charakterystyki pokazują, że spektralnie przesunięte solitony generowane w reżimie dyspersji anomalnej mają tak dobrą stabilność jak impulsy superkontinuum generowane przy całkowicie normalnej dyspersji. W dalszej części rozdziału Doktorantka wzmacniając generowane solitony SSFS w światłowodowym wzmacniaczu tulowym udowodniła również, że mogą być one wykorzystane jako źródło zadające. Uważam,



jednak, że nie jest to właściwe sformułowanie. Ze względu na poszerzenie zastosowania takich źródeł ważniejsza jest teza, że solitony przesunięte częstotliwościowo można wzmocnić z zachowaniem ich charakterystyk czasowych i widmowych, a nie że można je wykorzystać jako źródło zadające.

W celu udowodnienia II tezy Doktorantka zaprojektowała, skonstruowała i przebadła teoretycznie i eksperymentalnie model laboratoryjny układu laserowego, który pobudzany ultrakrótkimi impulsami z lasera erbowego (czas trwania 42 fs, szerokość widma 131 nm) po zastosowaniu światłowodu nieliniowego mikrostrukturalnego, a następnie światłowodu typu CPF generował impulsy przestrajalne w zakresie 1669 – 1860 nm, o szerokości widmowej w zakresie 0.43 – 1.11 nm. Opracowane źródło jest nowatorskie bowiem jest przestrajalne (szybkie przemiatanie) w szerokim zakresie i generuje impulsy femtosekundowe. Uzyskane wyniki badań tego układu udowodniają II tezę pracy.

Podsumowując z przyjemnością stwierdzam, że Autorka rozwiązała postawione w rozprawie zadania badawcze w sposób wzorowy i wyczerpujący. Udowodniła eksperymentalnie swoje tezy. Doktorantka znakomicie opanowała warsztat doświadczalny badań i wiedzę w zakresie laserów światłowodowych z synchronizacją modów wzdlużnych oraz propagacji impulsów przez nie generowanych w światłowodach nieliniowych. Doktorantka wykazała się dużą sprawnością w realizacji i dokumentacji pracy naukowej. Zaprezentowana rozprawa stanowi zamkniętą całość w zakresie celów, sposobu analizy problemu i formułowanych w niej wniosków. W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę na różnorodność technik zastosowanych w badaniach oraz umiejętności eksperymentatorskie Autorki. Doktorantka zbudowała samodzielnie bardzo złożone układy laserowe w technologii światłowodowej, na które składały się oscylatory erbowe i iterbowe z synchronizacją modów wzdlużnych, wzmacniacze światłowodowe (niektóre z wykorzystaniem techniki CPA), światłowodowe konwertery nieliniowe impulsów femtosekundowych. Przeprowadziła kompleksowe badania zbudowanych układów laserowych wykorzystując samodzielnie zestawione stanowiska pomiarowe np. z wykorzystaniem dyspersyjnej transformaty Fouriera, czy też do pomiaru szumów RIN. Pokazała również umiejętność wykorzystania w badaniach techniki FROG, która umożliwia pełną charakteryzację ultrakrótkich impulsów światła.

#### **5. Oryginalność rozprawy; samodzielny dorobek autora; pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy ( poziomu techniki) prezentowanego w literaturze światowej.**

W rozprawie przedstawione są wyniki własnych prac doświadczalnych dotyczących wpływu dyspersji oraz efektów nieliniowych na charakterystyki ultrakrótkich impulsów w światłowodach mikrostrukturalnych. Światłowody mikrostrukturalne utrzymujące polaryzację o zadanych przez Doktorantkę parametrach (dyspersja prędkości grupowej, współczynnik nieliniowości (efektywna średnica modu)) zaprojektowano i wykonano w kraju w laboratorium w Lublinie. Wyniki badań Doktorantki zostały poddane weryfikacji przez prezentacje konferencyjne oraz publikacje w czasopismach naukowych z obszaru laserów. Zgodnie z wykazem literatury publikacje [59], [63], [175] są ściśle związane z badaniami przedstawionymi w rozdziałach zasadniczych pracy odpowiednio 3, 4 i 5. Moim zdaniem na oryginalność rozprawy oraz dorobek Autorki w dziedzinie nieliniowej konwersji ultrakrótkich impulsów laserów iterbowych i erbowych w światłowodach mikrostrukturalnych składają się znaczące wyniki badań opublikowane we wspomnianych publikacjach do których zaliczam:

1. Przeprowadzenie kompleksowych badań porównawczych generacji SSFS i superkontinuum we włóknach mikrostrukturalnych różniących się znakiem dyspersji prędkości grupowej. Porównanie względnego szumu natężenia RIN, koherencji



sąsiednich impulsów, zmiany fazy w dziedzinie czasu i częstotliwości, charakterystyk czasowych i widmowych.

2. Opracowanie i złożenie układu laboratoryjnego tulowego wzmacniacza światłowodowego do wzmacniania solitonów SSFS oraz impulsów superkontinuum ANDi-S.
3. Przeprowadzenie analizy numerycznej efektu kompresji widmowej impulsów we włóknie o zadanym profilu dyspersji i zoptymalizowanie konfiguracji włókna CPF pod względem maksymalnego zawężenia widma. Zweryfikowanie eksperymentalnie przeprowadzonych analiz teoretycznych.
4. Opracowanie i budowa źródła laserowego generującego ultrakrótkie impulsy o wąskiej linii widmowej <1 nm przestrzajalnej w zakresie długości fal 1620-1900 nm.
5. Opracowanie i budowa wzmacniacza światłowodowego domieszkowanego Tm przystosowanego do pracy w zakresie krótkofalowym 1650-1900 nm.

## 6. Poprawność przedstawienia uzyskanych wyników.

Rozprawa została zredagowana w sposób przejrzysty, napisana poprawnym językiem naukowym i technicznym w języku angielskim. Wyniki prezentowane w pracy są przejrzyste zredagowane i zrozumiale zinterpretowane. Każdy rozdział Autorka podsumowuje bardzo staranną dyskusją otrzymanych wyników. Najlepsze swoje wyniki eksperymentalne porównuje z wynikami literaturowymi wykazując w ten sposób swój wkład w badania zjawisk nieliniowych w światłowodach mikrostrukturalnych. Strona edytorska rozprawy jest bardzo staranna. Myślę, że wybierając język angielski Doktorantka uniknęła błędów tłumaczenia słownictwa naukowego z tej dziedziny z języka angielskiego na język polski. Pracę oceniam bardzo wysoko, czytałem ją z dużym zainteresowaniem i z przyjemnością. Recenzowana praca doktorska potwierdza nie tylko wysokie indywidualne predyspozycje i dojrzałość naukową Doktorantki, ale również wystawia znakomite świadectwo zespołowi naukowemu, w którym realizowała swoje badania.

## 7. Słabe strony rozprawy, jej główne wady.

Zasadniczo moim zdaniem Autorka uniknęła błędów merytorycznych. Zabrakło mi tylko w rozdziale 2 pracy (rozdziale wprowadzającym) kilku informacji, które uważam za ważne, a mianowicie:

1. Warto byłoby precyzyjnie określić jak można zmieniać współczynnik nieliniowości  $\gamma$  dla propagacji impulsów w światłowodach, w szczególności we włóknach mikrostrukturalnych.
2. Doktorantka opisała zjawiska nieliniowe w światłowodach z pominięciem opisu wymuszonego rozpraszania Brillouina, dlaczego?
3. Wypadało by również zaznaczyć we wstępie do pracy, że dotyczy ona analizy propagacji impulsów w światłowodowych nieliniowych jednomodowych.

W pracy są nieliczne następujące błędy (głównie edytorskie):

	jest (błąd)	powinno być
Str. 16	DSF	DCF
Równanie (2.26)	$T_R \frac{\partial  A ^2}{\partial t}$	$T_R \frac{\partial  A ^2}{\partial t} A$
Równanie (2.26)	$\frac{\beta_3}{3} \frac{\partial^3 A}{\partial t^3}$	$\frac{\beta_3}{6} \frac{\partial^3 A}{\partial t^3}$

Wzory (2.28) i (2.29)	$\tau$	$t$
Wzory(2.54), (2.59)	$T_0$	$t_0$
Str. 29	$\beta_2 = 5ps/km$	$\beta_2 = -5ps^2/km$
Rys. 2.24	anomalous dispersion	all-normal dispersion
Rys. 4.4	(b)..... (c) .....	
Str. 90	$36.7 ps^2/km$	$-36.7 ps^2/km$
Str. 91	$37.5 ps^2/km$	$-37.5 ps^2/km$

Powyższe uwagi jednak w niczym nie umniejszają **bardzo wysokiej wartości pracy**.

## 8. Przydatność rozprawy dla nauk technicznych, przemysłu, obronności kraju itp.

Uzyskane podczas realizacji pracy wyniki są znaczące. Stanowią istotny wkład w rozwój źródeł generujących ultrakrótkie impulsy (femtosekundowe) na dowolnej długości fali z zakresu  $\sim 1-2 \mu m$ . Przeprowadzone badania poszerzają stan wiedzy w tym obszarze i potwierdzają przydatność rozprawy dla nauk technicznych. Wykonane modele laboratoryjne układów laserowych mogą być podstawą do opracowania urządzeń laserowych, które mogą znaleźć wiele zastosowań. Przykładowo źródło generujące wąskie widmowo impulsy ( $<1nm$ ) przestrajane w zakresie 1620 -1900 nm może znaleźć zastosowanie w tomografii koherentnej OCT.

## 9. Zaliczenie rozprawy do jednej z następujących kategorii:

- Nie spełnia wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy,
- Wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- Spełniająca wymagania,
- Spełniająca wymagania z nadmiarem,
- Wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie.**

Podsumowując stwierdzam, że praca **Pani mgr. Olgi Szewczyk** stanowi oryginalny wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Jej rozprawa doktorska spełnia kryteria oryginalności rozwiązania problemu naukowego i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej sformułowane w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Doktorantka z powodzeniem osiągnęła cele badawcze i wykazała się bardzo wysokim poziomem wiedzy teoretycznej, umiejętnościami modelowania numerycznego równania Schrödingera oraz konstruowania układów laserowych, a także kompetencjami naukowo-badawczymi, co potwierdzone jest wyczerpującymi i przekonującymi analizami otrzymanych wyników.

Mając powyższe na uwadze wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Olgi Szewczyk do publicznej obrony. Biorąc pod uwagę otrzymane Zasady wyróżnienia rozpraw doktorskich w Politechnice Wrocławskiej wnioskuję o jej wyróżnienie.



Prof. dr hab. inż. Waldemar Żendzian

