

Prof. dr hab. inż. Tomasz R. Woliński
Politechnika Warszawska
Wydział Fizyki
Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
tel. 22 234 5689.
e-mail: tomasz.wolinski@pw.edu.pl

Warszawa, 13.05 2022 r.

Ocena rozprawy doktorskiej pt.:
“*Study of solitonic steering of femtosecond pulses in soft glass dual-core optical fibers*”
MATTIA LONGOBUCCO, MSc

Rozprawa doktorska Mattia Longobucco, MSc napisana w języku angielskim pt.: “***Study of solitonic steering of femtosecond pulses in soft glass dual-core optical fibers***” („Badanie solitonowego sterowania impulsami femtosekundowymi w światłowodach dwurdzeniowych wykonanych ze szkiele wieloskładnikowych”) została wykonana w Zakładzie Fotoniki na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (UW) pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Ryszarda Buczyńskiego. Promotorem pomocniczym rozprawy był dr Ignác Bugár.

Recenzowana rozprawa doktorska z zakresu nieliniowej optyki światłowodowej dotyczy zagadnień propagacji solitonów w falowodach sprzężonych i w szczególności prezentuje wyniki badań sterowanego energią solitonowego przełączania impulsów femtosekundowych w dwurdzeniowych światłowodach o wysokiej nieliniowości optycznej.

Głównym rozprawy było zaprojektowanie specjalnych światłowodów dwurdzeniowych ze szkiele miękkich o dopasowanych właściwościach temperaturowych nadających się do sterowanego energią przełączania impulsów femtosekundowych wywołanego mechanizmem samopułapkowania solionów wysokiego rzędu wymuszanego poprzez nieliniowy efekt Kerra w szklanych rdzeniach optycznych. W tym kontekście tematyka rozprawy doktorskiej Mattia Longobucco jest niezwykle nowatorska, a jednocześnie uzyskane przez Doktoranta wyniki zawierają w sobie bardzo duży potencjał aplikacyjny w dziedzinie całkowicie optycznego przetwarzania sygnałów.

Rozprawa doktorska pana Mattia Longobucco ma charakter zarówno teoretyczny jak i eksperymentalny i obejmuje zarówno symulacje numeryczne prowadzące do optymalizacji dyspersji oraz właściwości sprzęgania struktur światłowodowych jak również ciąg systematycznych badań eksperymentalnych dotyczących propagacji światła w zakresie liniowym oraz nieliniowym w zoptymalizowanych światłowodach dwurdzeniowych. Światłowodowe dwurdzeniowe ze szkiele wieloskładnikowych nie są dostępne komercyjnie, a możliwości ich wytwarzania oraz badania wynikają bezpośrednio z wieloletniej i owocnej współpracy zespołów prof. R. Buczyńskiego zlokalizowanych zarówno w Zakładzie Fotoniki na Wydziale Fizyki UW jak i w Zakładzie Szkiele Instytutu Mikroelektroniki i Fotoniki (d. ITME) Sieci Łukasiewicz.

Według bazy *Web of Science* Mattia Longobucco był współautorem 7. prac z listy JCR bezpośrednio związanych z tematyką rozprawy doktorskiej i opublikowanych w bardzo krótkim przedziale czasowym tj. w latach 2019-2021, spośród których sześciokrotnie był pierwszym (wiodącym) autorem:

1. **M. Longobucco**, I. Astrauskas, A. Pugžlys, N. T. Dang, D. Pysz, F. Uherek, A. Baltuška, R. Buczyński, I. Bugar, *Complex study of solitonic ultrafast self-switching in slightly asymmetric dual-core fibers*, *Applied Optics*, vol. 60, issue 32 (2021) 10191-10198. doi:10.1364/AO.430631 (**Editor's pick**);

2. **M. Longobucco**, I. Astrauskas, A. Pugžlys, D. Pysz, F. Uherek, A. Baltuška, R. Buczyński, I. Bugar, *High contrast all-optical dual wavelength switching of femtosecond pulses in soft glass dual-core optical fiber*, *Journal of Lightwave Technology* vol. 39, issue 15 (2021) 5111-5117, doi:10.1109/JLT.2021.3081352;

3. **M. Longobucco**, J. Cimek, D. Pysz, R. Buczyński, I. Bugar, *Alloptical switching of ultrafast solitons at 1560 nm in dual-core optical fibers with high contrast of refractive index*, *Optical Fiber Technology* 63 (2021) 102514. doi:10.1016/j.yofte.2021.102514;

4. V.H. Nguyen, L.X. The Tai, I. Bugar, **M. Longobucco**, R. Buczyński, B.A. Malomed, M. Trippenbach, *Reversible ultrafast soliton switching in dual-core highly nonlinear optical fibers*, *Optics Letters* 45 (2020) 5221-5224. doi:10.1364/OL.404039;

5. **M. Longobucco**, I. Astrauskas, A. Pugžlys, D. Pysz, F. Uherek, A. Baltuška, R. Buczyński, I. Bugar, *Broadband self-switching of femtosecond pulses in highly nonlinear high index contrast dualcore fibre*, *Optics Communications* 472 (2020) 126043. doi:10.1016/J.OPTCOM.2020.126043;

6. **M. Longobucco**, P. Stajanča, L. Čurilla, R. Buczyński, I. Bugar, *Applicable ultrafast all-optical switching by soliton self-trapping in high index contrast dual-core fibre*, *Laser Physics Letters* 17 (2020) 025102. doi:10.1088/1612-202X/ab63d8;

7. **M. Longobucco**, J. Cimek, L. Čurilla, D. Pysz, R. Buczyński, I. Bugar, *All-optical switching based on soliton self-trapping in dual-core high-contrast optical fibre*, *Optical Fiber Technology* 51 (2019).

Wszystkie te prace – pomimo, że opublikowane w przeciągu ostatnich 2 lat – uzyskały już (stan z dnia 11.05.2022) 31. cytowań (wg bazy WoS), a sumaryczny współczynnik wpływu tych prac (IF) wynosi ponad 22. Świadczy bardzo dobrze o aktualności tematyki badawczej. Praca nr 1 z 2021 roku opublikowana w *Applied Optics* została specjalnie wyróżniona przez edytora (*Editor pic*) jako publikacja o wybitnych walorach naukowych w swojej dziedzinie.

Rozprawa składa się z czterech numerowanych rozdziałów, rozdziału poświęconemu wnioskom (*Conclusions*), wykazu 7 publikacji oraz 14 wystąpień konferencyjnych Autora, dwóch dodatkowych rozdziałów (*Appendices*), spisu stosowanych w pracy skrótów, spisu rysunków i tabel oraz bogatego spisu literatury, który obejmuje 293 pozycje bibliograficzne i zawiera łącznie 177 strony. Dodatkowo numerowane pierwsze strony pracy (od I do XX) zawierają streszczenie w języku polskim i angielskim, główne cele i tezę pracy, rozdział wprowadzający (*Introduction*) oraz spis treści.

We wstępnej części Mattia Longobucco definiuje główną tezę swojej pracy, która sprowadza się do trzech szczegółowych sformułowań:

1. *Całkowicie szklany światłowód dwurdzeniowy wytworzony ze szkieł miękkich wspomaga nieliniowo kontrolowane samopułapkowanie solitonów femtosekundowych w obszarze bliskiej podczerwieni (1560 nm)*
2. *Zoptymalizowany światłowód dwurdzeniowy umożliwia wysoko kontrastowe przełączanie dzięki zjawisku samopułapkowania w szerokim zakresie długości fal pobudzających do 1700 nm*
3. *Wpływ asymetrii na wydajność sprzęgania w wytworzonym światłowodzie dwurdzeniowym może być ograniczony poprzez wykorzystanie nieliniowego efektu Kerra indukowanego impulsami femtosekundowymi lub też zastosowaniem całkowicie szklanego światłowodu dwurdzeniowego wytworzonego ze szkieł miękkich powodując poprawę warunków przełączania w szerokim zakresie spektralnym (przy pompowaniu falami u długościach 1560 nm oraz 1700 nm).*

W dalszej części wstępu Doktorant nakreśla przyjętą w rozprawie strategię, która ma doprowadzić do udowodnienia tej trójczłonowej tezy.

Rozdział 1. (*Theoretical background*) stanowi przegląd bogatej literatury dotyczącej propagacji solitonów wyższego rzędu w światłowodach cylindrycznych. Ten obszerny rozdział liczący 47 stron stanowi bardzo dobre wprowadzenie do tematyki rozprawy i świadczy o rzetelnej znajomości zjawisk optyki nieliniowej struktur światłowodowych, a w szczególności w zastosowaniu do opisu propagacji światła w światłowodzie dwurdzeniowym. Rozdział kończy się przedstawieniem nowej perspektywy zastosowania mikrostrukturalnego światłowodu dwurdzeniowego na bazie miękkich szkieł wieloskładnikowych.

Rozdział 2. (*Materials and structural optimization*) na kolejnych 45. stronach zawiera opis podstawowych właściwości materiałów szklanych wytworzonych w Instytucie Mikroelektroniki i Fotoniki (Ł-IMIF) oraz symulacje właściwości propagacyjnych zarówno w obszarze liniowym jak nieliniowym światłowodów dwurdzeniowych wykonanych na bazie tych szkieł. Najważniejsze wyniki uzyskane przez Doktoranta i opisane w tym rozdziale zostały opublikowane w 3 pracach: *Optical Fiber Technology* (2019), *Optical Fiber Technology* (2021) oraz *Laser Physics Letters* (2020), w których Doktorant jest głównym autorem. Na Rys. 2.3b różnica współczynników załamania (dla $\lambda=1550$ nm) $\Delta n \sim 1,38$ jest inna niż w opisie tego rysunku w tekście. W podrozdziale 2.5 Doktorant opisuje proces wytwarzania w Ł-IMIF światłowodów dwurdzeniowych typu *all-solid*, w którym to procesie brał udział. Niestety, w praktyce nie udało się wytworzyć światłowodów dwurdzeniowych, które idealnie odpowiadałyby optymalnym strukturom uzyskanym na podstawie przeprowadzonych symulacji.

Rozdział 3. (*Experimental results*) przedstawia wyniki eksperymentalne badania wytworzonych światłowodów dwurdzeniowych zarówno w obszarze liniowym jak i nieliniowym dla dwóch długości fal: 1560 nm oraz 1700 nm. Wyniki tych badań zostały pojawiły się w latach 2020-2021 w trzech bardzo dobrych publikacjach: *Optics Letters*, *Optics Communications* oraz *Applied Optics*, przy czym ostatnia została wyróżniona przez edytora. Doktorant wyraźnie określa swój wiodący wkład w 2 publikacjach (jako główny autor), a w pracy opublikowanej w *Optics Letters* podkreśla swoją rolę w eksperymencie (*ultrafast solitonic switching in the C-band*) potwierdzającym symulacje numeryczne pierwszego autora.

Uzyskane wyniki eksperymentalne dowiodły słuszności pierwszych dwóch punktów trójczłonowej tezy rozprawy.

Rozdział 4. (*Ultrafast all-optical dual wavelength switching in DCFs*) przedstawia wyniki bardzo ciekawego eksperymentu, w którym dwa synchronizowane czasowo impulsy femtosekundowe o długościach fali: 1030 nm (impuls kontrolny) i 1560 nm (impuls sygnałowy) wprowadzone zostały do jednego z rdzeni światłowodu, a proces przełączania do drugiego rdzenia jest bardzo dobrze kontrolowany. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w 2021 r. w piśmie o wysokim IF: *Journal of Lightwave Technology* i jednocześnie dowiodły słuszności trzeciego punktu trójczłonowej tezy rozprawy.

Ostatni, nienumerowany rozdział *Conclusions* przedstawia podsumowanie uzyskanych przez Doktoranta w rozprawie wyników, które całkowicie dowiodły postawionej trójczłonowej tezie rozprawy.

W pracy dostrzegłem nieliczne błędy edytorskie, z których najczęstszym była pisownia nazwiska błędna Schrödingera (str. X, 1, 2) oraz szereg literówek w streszczeniu rozprawy w języku polskim. Na Autorze rozprawy w języku obcym ciąży bowiem obowiązek (Artykułu 187, p.4, Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, Dz. Ustaw 2020 poz. 85) przygotowania streszczenia pracy w języku polskim. Obowiązek ten został dopełniony, chociaż dosyć niedbale. Również spis treści (*Contents*) nie uwzględnia spisu rysunków i tabel, a w końcowej części zawiera błędną numerację stron.

Powyższe drobne uchybienia nie wpływają na moją bardzo wysoką ocenę recenzowanej rozprawy. Doktorant ze starannością opisuje procedury numeryczne, technologiczne i eksperymentalne oraz wnikliwie analizuje otrzymane wyniki, a także krytycznie analizuje rozbieżności pomiędzy wynikami eksperymentalnymi a symulacjami. Świadczy to o poprawności i rzetelności warsztatu badawczego, a jednocześnie o sumienności i skrupulatności w badaniach eksperymentalnych i symulacjach numerycznych.

W podsumowaniu stwierdzam, iż zgodnie z obowiązującą ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. Ustaw z dn. 20.01.2020 r. poz. 85) recenzowana rozprawa doktorska **stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, a przez to może stanowić podstawę uzyskania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie nauki fizyczne. W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie Mattia Longobucco, MSc do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z uwagi na znaczącą rangę przedstawionego w rozprawie osiągnięcia naukowego, którego najważniejsze tezy zostały opublikowane w postaci 7 artykułów w renomowanych czasopismach z zakresu optyki i fotoniki (w tym jednym wyróżnionym przez edytora pisma) z dominującym wkładem Doktoranta w ich powstanie, a w szczególności za analizę teoretyczną i eksperymentalną wpływu asymetrii rdzeni na proces przełączania solitonowego w światłowodach dwurdzeniowych, stawiam wniosek o **wyróżnienie** rozprawy doktorskiej Mattia Longobucco.

