

Wzmacnianie ultrakrótkich impulsów laserowych w nieliniowym reżimie zarządzania wzmocnieniem: analiza wpływu parametrów impulsu wejściowego

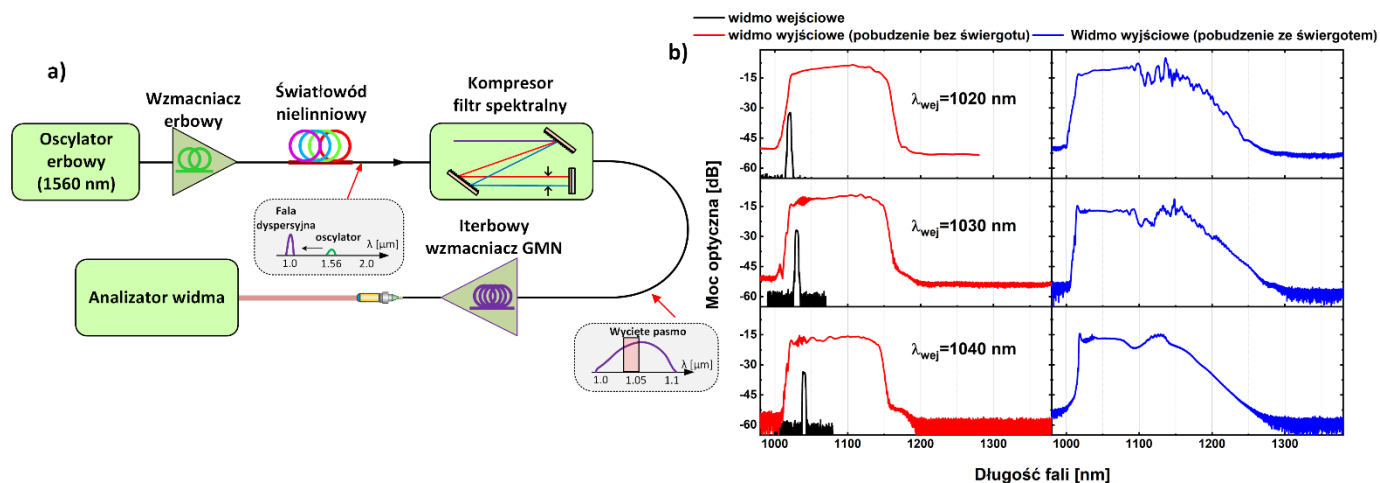
M. Krakowski[†], G. Sobóń¹

¹Laser & Fiber Electronics Group, Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

[†]email: mikolaj.krakowski@pwr.edu.pl

Lasery światłowodowe prezentują wiele zalet w porównaniu z laserami objętościowymi, w tym ich mniejszy rozmiar, łatwiejsze zarządzanie temperaturą, jakość wiązki i eliminację potrzeby justowania sytemu [1-2]. Wadą światłowodowych systemów laserowych jest wysoka nieliniowość, której konsekwencją są efekty nieliniowe, co z kolei ogranicza zakres ich możliwości w zastosowaniach wymagających dużej mocy. Obiecujące wyniki osiągnięto przy użyciu techniki CPA (ang. Chirped Pulse Amplification), lecz aktualnie wiodącą perspektywą jest tak zwane wzmacnianie w reżimie nieliniowego zarządzania wzmocnieniem GMN (ang. Gain Managed Nonlinear Amplification) [3]. W takim wzmacniaczu włókno aktywne jest znacznie dłuższe niż w konwencjonalnych wzmacniaczach światłowodowych, co pozwala impulsom przejść przez szereg reżimów: z nieliniowego, do samopodobnego i do GMN. Generacji reżimu GMN oparta jest na poszerzeniu widma impulsu w normalnym reżimie dyspersji.

W literaturze przedstawiono szereg zalet systemu GMN - wysoką moc wyjściową, szerokie spektrum optyczne impulsu wyjściowego i łatwość kompresji do <30 fs; jednak zaobserwowano również, że wzmacniacz jest silnie zależny od swiergotu impulsu wejściowego [3]. W tym badaniu przeprowadzamy szczegółową analizę odpowiedzi wzmacniacza GMN w zależności od parametrów impulsu zasiewającego. Na Rys. 1. a) przedstawiono uproszczony schemat układu eksperymentalnego. System składa się z femtosekundowego oscylatora o długości fali 1560 nm, które po wzmocnieniu ulega przesunięciu widmowemu w kierunku krótszych długości fal w wysoce nieliniowym włóknie HNLF poprzez generację fali dyspersyjnej. Na wyjściu otrzymujemy widmo o długości 80 nm, obejmujące zakres od 1010 do 1090 nm. Z tego widma przy pomocy filtra wybrano 3 długości fali (1020, 1030, 1040) i 3 szerokości widma (8, 6 oraz 4 nm). Impulsy zostały wprowadzone do światłowodu dwupłaszczowego domieszkowanego iterbem (Coherent PLMA-YDF-10/125-VIII) o długości 3,4 m, pompowanego laserem o długości fali 976 nm i mocy 10W. Badano odpowiedź wzmacniacza (widmo impulsu wyjściowego) dla skompresowanych impulsów wejściowych oraz 2 rozciągniętych impulsów. Na rysunku 1. b) przedstawiono wybrane widma optyczne dla impulsów wejściowych o szerokości 4 nm, średnia moc każdego impulsu wynosiła 2 mW, zaprezentowane jest widmo dla impulsu skompresowanego oraz rozciągniętego w kompresorze.



Rysunek 1: a) uproszczony schemat systemu eksperymentalnego; b) wybrane widma optyczne zarejestrowane dla impulsu wejściowego oraz dla impulsu wyjściowego przy skompresowanym i rozciągniętym impulsie wejściowym.

Analizując widma wyjściowe wzmacniacza obserwujemy wysoką zależność odpowiedzi na parametry wejściowe. Dla impulsów skompresowanych na każdym paśmie osiągnięto widmo o podobnej szerokości, jednak dla długości 1020 pasmo wyjściowe jest najmniej zniekształcone. Dla impulsów nieskompresowanych zauważamy „wygładzenie” widma wraz ze wzrostem długości fali impulsu wejściowego. Badania zostały w całości sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (NCN) w ramach grantu nr 2021/42/E/ST7/00111.

Literatura

- [1] N. Nishizawa, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, , 090101 (2014).
- [2] M. E. Fermann and I. Hartl, Nat. Photonics **7**, 868–874 (2013)
- [3] P. Sidorenko, W. Fu, and F. Wise, Optica **6**, 1328–1333 (2019).