

Kontrola zjawisk nieliniowych w femtosekundowych laserach światłowodowych

G. Soboń

*Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej,
Politechnika Wroclawska,
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: grzegorz.sobon@pwr.edu.pl*

Lasery emitujące impulsy ultrakrótkie są niezbędnymi narzędziami w wielu obszarach nauki i przemysłu, np. w obróbce materiałów, obrazowaniu biomedycznym czy spektroskopii. Lasery femtosekundowe stanowią podstawę wielu technik nagrodzonych Nagrodą Nobla, takich jak wzmacnianie impulsów ultrakrótkich (CPA, Strickland i Mourou, 2018), optyczne grzebienie częstotliwości (Hänsch i Hall, 2005) czy spektroskopia ultraszybka (Zewail, 1999). Pomimo długiej historii, lasery ultraszybkie są stale rozwijane; nadal pozostaje wiele wyzwań naukowych i technicznych do rozwiązania.

Główne problemy związane z laserami femtosekundowymi to ich złożoność, często duże rozmiary i konieczność okresowych przeglądów. Znaczącym krokiem w kierunku niezawodnych i kompaktowych laserów femtosekundowych było wprowadzenie technologii światłowodowej. Obecnie lasery całkowicie światłowodowe, tzw. all-fiber (tj. zbudowane w całości ze światłowodów i komponentów światłowodowych, bez objętościowych elementów optycznych) są w stanie generować impulsy o czasie trwania rzędu kilku cykli (kilkanaście femtosekund), zajmując powierzchnię mniejszą niż 20×20 cm, za cenę rzędu kilku tysięcy złotych. Jednakże moc wyjściowa takich układów jest fizycznie ograniczona przez efekty nieliniowe, występujące w światłowodach, które prowadzą do rozpadu impulsu lub niepożądanego poszerzenia spektralnego. Istnieje kilka sposobów na ominięcie ograniczenia, wynikającego z nieliniowości (np. wspomniana wcześniej technika CPA). Jednakże, zwykle niepożądane efekty nieliniowe można obrócić w zaletę i wykorzystać do poprawy wydajności laserów femtosekundowych. Nieliniowe wzmacniacze światłowodowe w połączeniu z femtosekundowymi oscylatorami dają możliwość generowania w bardzo prosty sposób impulsów laserowych o długości kilku cykli optycznych. Ponadto, efekty nieliniowe, zachodzące w światłowodach i kryształach, można wykorzystać do efektywnej i łatwej konwersji promieniowania laserowego w zakresy spektralne, leżące poza pasmem wzmocnienia typowych ośrodków wzmacniających.

W referacie zaprezentowane zostaną najnowsze osiągnięcia Grupy w zakresie generacji impulsów ultrakrótkich z laserów światłowodowych, a także ich konwersji w nowe zakresy spektralne. Ponadto, omówione zostaną możliwości zastosowania metod uczenia maszynowego w optymalizacji laserów femtosekundowych, pracujących w reżimie silnie nieliniowym.