

Femtosekundowe lasery Cr:ZnS/Se – następca Ti:sapphire?

M. Kowalczyk^{1,2,3,4}

¹*Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej,
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów,
Politechnika Wroclawska,
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

²*Fakultät für Physik,
Ludwig-Maximilians-Universität München,
Am Coulombwall 1, 85748 Garching, Niemcy*

³*Max-Planck-Institut für Quantenoptik,
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching, Niemcy*

⁴*Center for Molecular Fingerprinting,
Czuczor utca 2-10, 1093 Budapest, Węgry*

e-mail: maciej.kowalczyk@pwr.edu.pl

Pojawienie się laserów, generujących kilku-femtosekundowe impulsy o długości odpowiadającej pojedynczym oscylacjom fali elektromagnetycznej oraz możliwość kształtowania ich przebiegu dało początek nowemu obszarowi badań nad fizyką ultraszybkich oddziaływań między światłem a materią [1] oraz ich kontrolą [2]. Kluczową technologią, która umożliwiła ten postęp były lasery Ti:sapphire (tytanowo-szafirowe), które mogą generować stabilne fazowo impulsy o długości pojedynczych femtosekund i już od ponad 3 dekad [2] są niezastąpionym źródłem światła dla eksperymentów w dziedzinie fizyki procesów ultraszybkich. Niemniej jednak, lasery Ti:sapphire są spektralnie ograniczone do fal o długości ok. $0.8 \mu\text{m}$, co uniemożliwia ich wykorzystanie do badań w zakresie spektralnym średniej podczerwieni (MIR; $2\text{-}20 \mu\text{m}$) i znacznie ogranicza zakres możliwych zastosowań [4]. Laserami, którą mogą wypełnić tę lukę są źródła, wykorzystujące jako ośrodki aktywne domieszkowane chromem kryształy siarczku cynku (Cr:ZnS) i selenku cynku (Cr:ZnSe). Ze względu na swoją ultraszerokopasmową emisję w zakresie spektralnym $2\text{-}3 \mu\text{m}$ są one często określane jako „Ti:sapphire średniej podczerwieni” [5].

W moim referacie przedstawię chromowy laser ciała stałego, który emituje 30 fs impulsy z częstością repetycji 25 MHz. Są one poszerzane spektralnie w pojedynczej płycie wykonanej z rutylu do pasma przekraczającego optyczną oktawę. Poszerzone impulsy są kompresowane za pomocą specjalnych lusterek dielektrycznych do długości 6.9 fs, co odpowiada pojedynczemu cyklowi fali elektromagnetycznej. Energia jednocyklowych impulsów wynosi ok. 20 nJ. Faza obwiednia-nośna (CEP) jest stabilizowana z fluktuacjami na poziomie 6 mrad, co czyni z tego lasera najbardziej stabilne fazowo źródło impulsów kilkocyklowych na świecie [6]. Zaprezentuję także, jak za pomocą technik optyki nieliniowej można przenieść te ultrakrótkie i ultrastabilne impulsy

do zakresu spektralnego średniej podczerwieni (0.9-12 μm ; 3.7 optyczne oktawy) [7], co może być wykorzystane do badań w dziedzinie spektroskopii [8].

W podsumowaniu wystąpienia przedstawię technologie laserowe wykorzystujące chromowe lasery ultraszybkie, które zostaną uruchomione na Politechnice Wrocławskiej w ramach programu Polskie Powroty, NAWA (BPN/PPO/2022/1/00028).

Bibliografia

- [1] Brabec T., Krausz F., *Rev. Mod. Phys.* 72, 545-591 (2000).
- [2] Boolakee T. *et al.*, *Nature* 605, 251-255 (2022).
- [3] Moulton P. F., *J. Opt. Soc. Am. B* 3, 125-133 (1986).
- [4] Schlecht M. T. *et al.*, *Sci. Adv.* 8, eabj5014 (2022).
- [5] Mirov S. B. *et al.*, *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* 24, 1-29 (2018).
- [6] Kowalczyk M. *et al.*, *Optica*, accepted for publication, DOI: 10.1364/OPTICA.481673
- [7] Steinleitner P., Nagl N., Kowalczyk M. *et al.*, *Nat. Photon.* 16, 512-518 (2022).
- [8] Pupeza I., Huber M. *et al.*, *Nature* 577, 52-59 (2020).