

Optinio parametrinio čirpuotų impulsų stiprinimo pasiekimai

Advances in optical parametric chirped pulse amplification

Audrius Dubietis

Vilniaus universitetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius

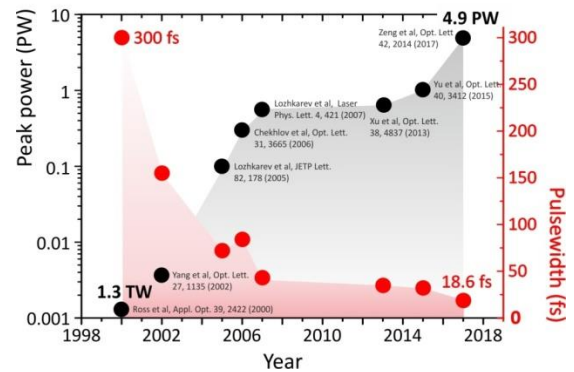
1985 metais D. Strickland ir G. Mourou Ročesterio universitete išrado Čirpuotų impulsų stiprinimo (*Chirped Pulse Amplification, CPA*) metodą¹, kuris išsprendė fundamentinę su lazerinio stiprintuvo optiniu pažeidimu susijusią ultratrumpųjų šviesos impulsų stiprinimo problemą, taip atverdami praktiškai neribotas galimybes stiprinti šviesos impulsus iki didžiausių imanomų energijų. CPA metodas paskatinio spartų ultrasparčių kietojo kūno lazerių technologinį progresą, kuris savo ruožtu įkvėpė su lazeriais susijusių eksperimentinių mokslų suklestėjimą, atverdama naujas fizikinių, technologinių ir tarpdisciplininių tyrimų kryptis².

1992 metais A. Dubietis, G. Jonušauskas ir A. Piskarskas Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centre pademonstravo “modifikuotą CPA” metodą, kuriame vietoje lazerinio stiprintuvo pasiūlė naudoti parametrinį šviesos stiprintuvą³. Toks stiprinimo metodas, kuris buvo neužilgo pavadintas Optiniu parametriniu čirpuotų impulsų stiprinimu (*Optical Parametric Chirped Pulse Amplification, OPCPA*), puikiai suderina CPA metodo ir parametrinio šviesos stiprinimo teikiamus privalumus. Skirtingai nei lazerinis stiprinimas, parametrinis šviesos stiprinimas yra nerezonansinis procesas, t. y. jame nedalyvauja realūs medžiagos lygmenys, dėl to pasiekiamas didelis stiprinimas išvengiant šiluminių nuostolių. Toks stiprinimo būdas suteikia lankstumą pasirenkant norimą bangos ilgį ir užtikrina labai plačią stiprinimo juostą, kuri svarbi stiprinant pačius trumpiausius impulsus optiniame diapazone. OPCPA metodas greitai laiku pelnė pripažinimą, ir šandien OPCPA ir CPA metodai yra įvardijami kaip alternatyvų neturintys būdai generuoti labai didelės galios ultratrumpuosius šviesos impulsus. Šiuolaikinių petavatinių (1 PW=10¹⁵ W) lazerinių sistemų architektūros yra paremtos OPCPA ir CPA metodais ir įvairiomis jų kombinacijomis, taikant hibridines stiprinimo technologijas, ir netgi išskirtinai vien tik OPCPA metodą (1 Pav.)

Iki tol neįsivaizduojamos šviesos impulsų smailinės galios tapo ranka pasiekiamos, tačiau kita vertus, OPCPA kaip metodo, kuris gali būti taikomas ir labai kompaktiškomis (vadinamosioms *table-top*) lazerinėms sistemoms, pripažinimas vėlavo bent dešimčia metų. Tikras lūžis šioje srityje įvyko apie 2004 metus, o per pastarąjį dešimtmetį įvyko tokių OPCPA metodu paremtų sistemų kūrimo bumas (2 Pav.)⁴, kurį paskatino poreikis generuoti vis ilgesnio bangos ilgio keleto optinių ciklų trukmės impulsus stiprių laukų fizikos eksperimentams ir spartus diodais kaupinamų ultratrumpųjų impulsų kietojo kūno lazerių progresas.

Šių dienų kompaktiškos OPCPA sistemos leidžia generuoti pačius trumpiausius, daugiau nei optinės

oktavos spektro pločio impulsus, kurių smailinė galia siekia dešimtis teravatų (1 TW=10¹² W), vidutinė galia jau peržengė 100 W ribą, o spinduliuotės bangos ilgių pasirinkimas toli pralenkė šiuolaikinių kietojo kūno lazerinių stiprintuvų galimybes.



1 Pav. Labai didelės galios lazerinių sistemų, kurios išskirtinai remiasi OPCPA metodu, raida.

Kompaktiškos OPCPA sistemos yra pasiekusios aukštą mokslinės ir technologinės brandos lygį, kai kurios iš jų jau gaminamos komerciškai ir sėkmingai naudojamos pačiuose įvairiausiuose priešakiniuose tyrimuose, pradedant optinių dažnių sinteze ir baigiant atosekundinių impulsų generacija Rentgeno diapazone bei stiprių laukų fizika.

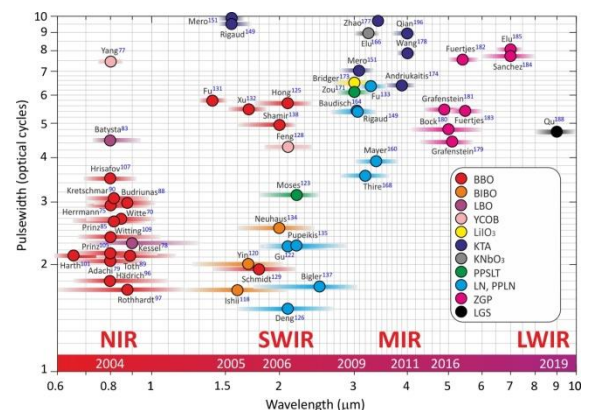


Fig. 2. Kompaktiškų OPCPA sistemų raida.

Keywords: optical parametric chirped pulse amplification (OPCPA).

Literatūra:

- [1] D. Strickland and G. Mourou, *Opt. Commun.* **56**, 219 (1985).
- [2] G. Mourou, *Rev. Mod. Phys.* **91**, 030501 (2019).
- [3] A. Dubietis, G. Jonušauskas, and A. Piskarskas, *Opt. Commun.* **88**, 437 (1992)
- [4] A. Dubietis and A. Matijošius, *Opto-Electron. Adv.* **6**, 220046 (2023).