Depoliarizacijos kompensavimas 10 mJ, 100 W, 10 kHz hibridinėje lazerinėje sistemoje

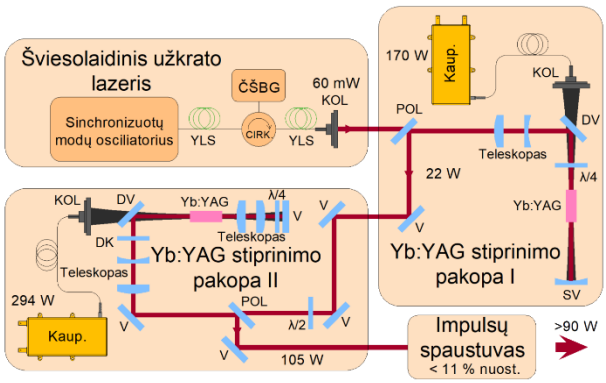
Depolarization compensation in 10 mJ, 100 W, 10 kHz hybrid laser system

Aivaras Kazakevičius[1,2], Rokas Danilevičius[2], Andrejus Michailovas[1,2]
[1] Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius
[2] UAB Ekspla, Savanorių pr. 237, LT-02300 Vilnius
a.kazakevicius@ekspla.com

Didelės energijos ir vidutinės galios lazeriai pritaikomi įvairiose mokslinių tyrimų bei industrijos srityse. Aukštos smailinės galios ultratrumpieji impulsai naudojami spinduliuotės generacijai ekstremalios UV, THz ir rentgeno spindulių srityse arba laisvųjų elektronų pluoštų generacijai. Industrijoje tokie lazeriai pritaikomi itin mažų matmenų lustų gamybai arba vienašūviam lazeriniam ženklinimui atlikti.

Rekordiniai išvadiniai lazerių pasiekiami pasitelkiant čirpuotų impulsų stiprinimą (CPA) plonojo disko arba daugialėkiuose Yb:YAG aktyvios terpės stiprintuvuose, optiniu parametriniu čirpuotų impulsų stiprinimu (OPCPA) paremtuose lazeriuose bei šviesolaidinių stiprintuvų koherentinio impulsų apjungimo lazerinėse sistemose. Itin maža < 100 fs impulso trukmė OPCPA sistemose gaunama pasitelkiant plataus spektro superkontinuumo netiesinį stiprinimą, o Yb:YAG sistemose – fazinę savimoduliaciją dujomis užpildytuose tuščiaviduriuose fotoninių kristalų šviesolaidžiuose (*hollow-core fiber*) arba daugelio lėkių celėse (*multi-pass cell*).

Impulso energijos bei spinduliuotės vidutinės galios didinimas yra vienas iš pagrindinių ultrasparčiųjų lazerių technologinių iššūkių. Siekiant didelės lazerio spinduliuotės vidutinės galios susiduriama su termiškai indukuotais įtempiais aktyviojoje terpėje, dėl kurių atsiranda depoliarizacijos nuostoliai bei suprastėja išvadinio pluošto kokybė. Iš galo kaupinamuose stiprintuvuose, kurie yra nagrinėjami šiame darbe, šie efektai tampa reikšmingi pasiekus apie 100 W vidutinę lazerio spinduliuotės galią[1].



1 pav. Principinė didelės energijos ir vidutinės galios pikosekundinio lazerio schema.

Šiame darbe pristatomas hibridinis 10 mJ, 100 W, 10 kHz lazeris susidedantis iš didelės energijos pikosekundinio šviesolaidinio lazerio ir dviejų tiesinių dvilėkių Yb:YAG aktyvios terpės laisvos erdvės stiprintuvų bei nagrinėjamas depoliarizacijos kompensavimo metodas pasitelkiant parabolinio delsos profilio banginę plokštelę[2].

Šviesolaidiniame sinchronizuotų modų osciliatoriuje sugeneruojami pikosekundiniai impulsai 47,4 MHz impulsų pasikartojimo dažniu. Impulsų trukmė padidinama iki 390 ps pasinaudojant čirpuota šviesolaidine Brego gardele ir panaudojant kelias šviesolaidines stiprinimo pakopas pasiekiama 6 µJ impulso energija šviesolaidinio lazerio išėjime. Impulsų pasikartojimo dažnis mažinamas iki 10 kHz šviesolaidiniame akustooptiniame moduliatoriuje. Toliau, panaudojant dvi laisvos erdvės Yb:YAG stiprinimo pakopas, impulsai stiprinami iki 2,2 mJ ir 10 mJ impulso energijos. Spinduliuotės spektro plotis lazerio išėjime yra 1,31 nm ir atitinka 900 fs spektru ribotą impulso trukmę. Lazerio impulsai suspausti keturių lėkių gardeliniame *Treacy* tipo impulsų spaustuve iki 1 ps trukmės, pasiektas 90% impulso kontrastas. Išvadinis pluoštas buvo paveiktas terminių įtempių antrojoje stiprinimo pakopoje. Esant maksimaliai kaupinimo spinduliuotės galiai gauta 12% depoliarizacijos nuostolių, o išvadinio pluošto kokybė pasikeitė nuo < 1,1 pirmojoje laisvos erdvės stiprinimo pakopoje iki < 1,3 – antrojoje. Siekiant sumažinti nuostolius ir pagerinti išvadinio pluošto kokybę, panaudotas naujas depoliarizacijos kompensavimo metodas. Tiesioginio lazerinio rašymo būdu pagaminta paraboliniu delsos profiliu pasižyminti banginė plokštelė (*Workshop of Photonics*). Panaudojus šią banginę plokštelę antrojoje Yb:YAG stiprinimo pakopoje, depoliarizacijos nuostoliai sumažinti iki 5%. Tačiau išvadinio pluošto kokybė išliko nepakitusi.

Pranešimo metu bus apžvelgiamos lazerinių sistemų vidutinės galios ir impulso energijos didinimo strategijos bei pristatomi stiprinimo ir depoliarizacijos kompensavimo eksperimentai tiesiniuose dvilėkiuose Yb:YAG stiprintuvuose.

Reikšminiai žodžiai: hibridinis lazeris, tiesiniai stiprintuvai, čirpuotų impulsų stiprinimas, depoliarizacija, pluošto kokybė, iterbiu legiruotas itrio aliuminio granatas.

Literatūra

[1] I. Kuznetsov, S. Chinzhov, O. Palashov, *JOSAB* **40**, 2434 (2023).
[2] L. Veselis, R. Burokas, o. Ulčinas, T. Gertus, K. Michailovas, A. Michailovas, *Appl. Opt.* **60**, 7164 (2021).