

1 mJ, 10 W, 10 kHz subpikosekundinis hibridinis lazeris

1 mJ, 10W, 10 kHz subpicosecond hybrid laser

Aivaras Kazakevičius^{1,2}, Audrius Zaukevičius², Rokas Danilevičius², 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 palyginti mažo dažnio pikosekundiniai lazeriai yra daugiausia pritaikomi moksle – atliekant įvairius fizikinius tyrimus. Tokie lazeriai daugiausiai naudojami itin didelės energijos kelių optinių ciklų lazerinių OPCPA sistemų kaupimui [1]. Šiems lazeriams svarbiausia pasiekti kuo didesnę išvadinę impulso energiją išlaikant gerus spinduliuotės erdvinis ir laikinius parametrus. Iš kitos pusės, moksliniams tyrimams taip pat svarbus ir didesnis impulsų pasikartojimo dažnis, leidžiantis greičiau rinkti eksperimentų duomenis, pasiekti geresnį signalo ir triukšmo santykį bei registruoti įvykius, kurių statistinė tikimybė yra maža. Galiausiai, didesnis impulsų pasikartojimo dažnis taip pat leistų panaudoti didelės energijos lazerius medžiagų apdirbime.

Siekiant kuo didesnės lazerių impulso energijos bei vidutinės galios, sistemos dizainą riboja ne tik optinis pramušimas, bet ir Kero, elektroninio lęšio bei terminio lęšio efektai, pluošto depoliarizacija stiprintuve. Be to, didinant impulsų energiją surenkama vis daugiau netiesinės fazės. Visi šie reiškiniai riboja ne tik maksimalią lazerinės sistemos išvadinę impulso energiją, bet ir gadina pluošto parametrus. Hibridinis (skaidulinis lazeris naudojamas kartu su laisvos erdvės stiprintuvu) sistemos dizainas leidžia pasiekti aukštą mJ eilės impulsų energiją išnaudojant abiejų tipų lazerių privalumus: kompaktiškumą, gerą stabilumą ir patikimumą bei galimybę pasiekti didelę energiją [2].

Šiame darbe pristatomas hibridinis 1 mJ, 10 kHz, 850 fs lazeris paremtas čirpuotų impulsų stiprinimo technologija. Pagrindinės sistemos dalys: skaidulinis užkrato šaltinis, dviejų lėkių tiesinis laisvos erdvės Yb:YAG stiprintuvas ir keturių lėkių gardelinis impulsų spaustuvas.

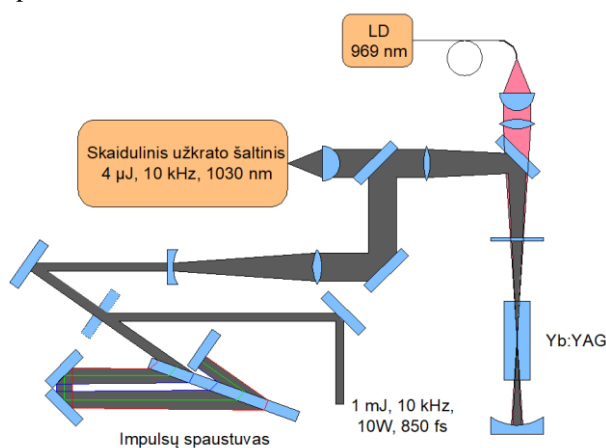
Užkrato pluošto parametrai formuojami skaidulinėje lazerinės sistemos dalyje dviem pagrindiniais etapais. Pirmiausia, iš skaidulinio osciliatoriaus gaunamų impulsų spektras yra plečiamas pasyvioje skaiduloje, o impulso trukmė didinama panaudojant čirpuotą skaidulinę Brego gardelę. Taip suformuojami 1030 nm centrinio bangos ilgio, apie 240 ps trukmės ir 4 nm spektro pločio impulsai. Toliau lazerio spinduliuotė yra stiprinama iki 4 μJ impulso energijos skaiduliniuose stiprintuvuose ir sumažinamas impulsų pasikartojimo dažnis iki 10 kHz panaudojant skaidulinį akustooptinį moduliatorių (AOM). Vėliau užkrato šaltinio spinduliuotė yra stiprinama tiesiniame dviejų lėkių laisvos erdvės Yb:YAG stiprintuve kaupimui panaudojant 969 nm bangos ilgio nuolatinės veikos 140 W maksimalios galios lazerinį diodą. Užkrato ir kaupinimo pluoštai yra fokusuojami ir perklojami kristale. Šiame stiprintuve užkrato impulsai pasitiprinami ≈ 275 kartus iki 1,1 mJ energijos. Dėl siauros Yb:YAG stiprinimo juostos lazerio impulsų spektras siaureja iki ≈ 2,2 nm. Sustiprinta spinduliuotė iš stiprintuvo išvedama panaudojant poliarizatoriaus ir λ/4 fazinės plokštelės porą. Galiausiai spinduliuotė nukreipiama į impulsų spaustuva, kurio dispersija (iki ketvirtos eilės) yra suderinta su skaidulinio impulsų plėstuvo dispersija. Sistemos išėjime pasiekta 1 mJ impulsų energija (10W, 10 kHz), artima idealiai pluošto kokybė ($M^2 \approx 1,03$) bei 850 fs impulso trukmė. Lazerio impulsų energijos stabilumas ≈ 0,2%.

Reikšminiai žodžiai: hibridinis lazeris, skaidulinis užkrato šaltinis, dviejų lėkių laisvos erdvės stiprintuvas, čirpuotų impulsų stiprinimas, impulsų energija, impulsų energijos stabilumas, impulsų pasikartojimo dažnis, iterbiu legiruotas itrio aliuminio granatas.

Literatūra

[1] C. Lai et al, Opt., **17**, 094009 (2015).

[2] P. Mackonis, A. M. Rodin, Opt. Express, **28**, 1261 (2020).



1 pav. Lazerinės sistemos principinė schema.