

Efektīvūs vieno bei dviejų lėkių valdomo pradinio čirpo Yb strypiniai šviesolaidiniai stiprintuvai naudojantys Gires – Tournois interferometrinius veidrodžius

Efficient single-pass and double-pass pre-chirp managed Yb-doped rod-type fiber amplifiers using Gires – Tournois interferometric mirrors

Jonas Banys¹, Julius Vengelis¹

¹Vilniaus universitetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius

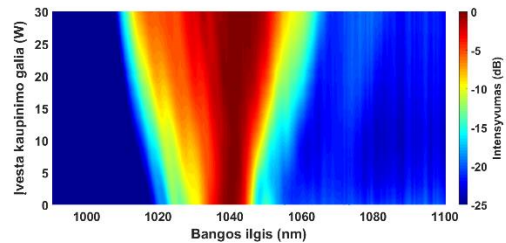
jonas.banys@ff.vu.lt

Didelio smailinio intensyvumo ultratrumpųjų impulsų lazeriai pritaikomi pramonės, gynybos ir mokslinių tyrimų srityse [1]. Svarbi mokslinių tyrimų tema yra naujų būdų radimas gauti vis didesnę vidutinę lazerio galią ir kuo trumpesnę impulsų trukmę. Vienas iš būdų pasiekti tokius lazerinės spinduliuotės parametrus yra šviesolaidinis ultratrumpųjų impulsų stiprinimas naudojant didelio modos ploto dvigubo apvalkalo fotoninių kristalų strypinius šviesolaidžius, kuriuose netiesiniai optiniai efektai pasireiškia silpniau, o geros termo-optinės savybės bei plati stiprinimo juosta įgalina sustiprinti impulsus iki 10 – 100 W vidutinės galios [2].

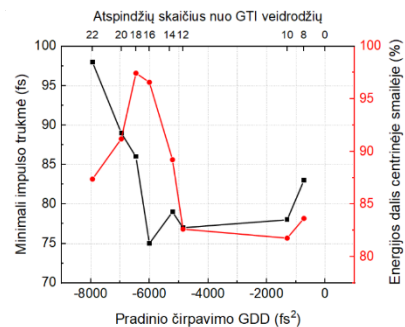
Ultratrumpųjų impulsų stiprinimą šviesolaidžiuose nulemia sąveika tarp šviesolaidžio dispersijos, netiesinių efektų ir stiprinimo. Bendru atveju ši sąveika sąlygoja tai, kad tiesioginio šviesolaidinio stiprinimo schemose gauti spektriškai ribotus sustiprintus impulsus yra sudėtinga. Šiai problemai spręsti yra naudojamos netiesinio stiprinimo technikos. Viena tokių - valdomo pradinio čirpo stiprinimas (PCMA – pre-chirp managed amplification) [2]. PCMA sistemoje prieš šviesolaidinį stiprintuvą naudojamas impulsų plėstuvas, kuris faziškai moduliuoja (čirpuoja) užkrato impulsą, o dėl stiprinimo metu pasireiškiančio fazės moduliavimosi (FSM) impulso spektras plinta. Skirtingai nei įprastame čirpuotų impulsų stiprinime, PCMA metode impulsai išplečiami nedaug, o tiesinis sustiprintų impulsų čirpas ir platus spektras leidžia suspausti impulsus iki <100 fs trukmių [2]. Šiame darbe pademonstruojamos vieno bei dviejų lėkių šviesolaidinės valdomo pradinio čirpo (PCMA) stiprinimo sistemos Yb:KGW osciliatoriui „Flint“ ir iširtos jų energinės, laikinės ir erdvinės charakteristikos. Taipogi pirmą kartą pademonstruojamas šviesolaidinis PCMA stiprintuvas, kuriame pradinis čirpavimas ir impulsų suspaudimas atliekamas naudojant tik Gires – Tournois interferometrinių (GTI) veidrodžių poras. Tai leido įgyvendinti kompaktišką, energiškai efektyvų ir lengvai justiruojamą stiprintuvą, kuris galėtų būti naudojamas kaip patikimas, didelės galios ir aukštos impulsų kokybės lazerinis šaltinis. Be to, šiame darbe pateikta eksperimentinė idėja galėtų paskatinti tolimesnę Yb šviesolaidinių stiprintuvų plėtrą bei pritaikymo sritis.

PCMA ir GTI veidrodžių kombinacija leido gauti aukšto tangentinio (>60%) bei optinio (>69%) efektyvumą stiprintuvus, generuojančius ~20 W išvadinės vidutinės galios 75-85 fs trukmės artimus spektriškai ribotiems sustiprintus impulsus su aukšta pluošto kokybe. GTI veidrodžių naudojimas PCMA sistemoje patrauklus dėl lengvo justiravimo, didelio

energinio efektyvumo (>93%) bei kompaktiškumo. Darbe nustatytos PCMA netiesinio stiprinimo metodo ypatybės – fazės moduliavimosi sąlygotas impulso spektro plitimas stiprinimo metu (1 pav.) bei optimali pradinio čirpavimo grupinio vėlinimo dispersijos vertė, kuriai esant gaunami aukščiausios kokybės trumpiausi impulsai (2 pav.). Be to, pirmą kartą pademonstruota dviejų lėkių PCMA stiprinimo sistema, kuri ne tik išlaiko vieno lėkio PCMA metodo privalumus, bet pasižymi dar aukštesniu stiprinimo koeficientu bei efektyvumu.



1 pav. Vieno lėkio PCMA stiprintuvo išvadinės spinduliuotės spektro dinamika keičiant kaupimo galią. Pradinio čirpavimo GDD - 6000 fs². Užkrato galia 3,5 W.



2 pav. Minimalios suspausti impulsų trukmės (juoda kreivė) ir energijos dalies centrinėje impulso smailėje (raudona kreivė) priklausomybė nuo pradinio čirpavimo GDD (arba atspindžių skaičiaus nuo GTI veidrodžių).

Reikšminiai žodžiai: Yb strypinis šviesolaidinis stiprintuvas, PCMA, Gires – Tournois interferometras, Yb:KGW osciliatorius

Literatūra

- [1] Zhao, X. Hu, and Y. Wang, Femtosecond-pulse fiber-based amplification techniques and their applications, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. **20**(5), 512–524 (2014).
- [2] Y. Hua, G. Chang, F.X. Kärtner, and D. N. Schimpf, Pre-chirp managed, core-pumped nonlinear PM fiber amplifier delivering sub-100-fs and high energy (10 nJ) pulses with low noise, Opt. Express **26**(5), 6427–6438 (2018).