

Pasyvios modų sinchronizacijos iterbio femtosekundiniai skaiduliniai lazeriai spinduliuotės dažnio keitimui panaudojant netiesinius procesus

Passively mode-locked Ytterbium femtosecond fiber lasers for frequency conversion using nonlinear effects

Saulius Frankinas¹, Tadas Bartulevičius^{1,2}, Andrejus Michailovas^{1,2}

¹Ekspla, Savanorių pr. 237, 02300 Vilnius

²Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius
s.frankinas@ekspla.com

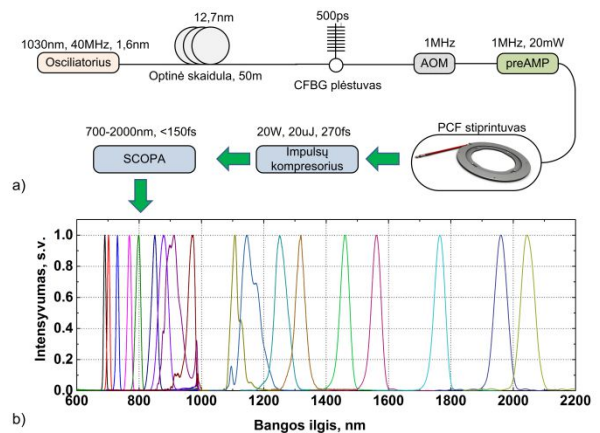
Skaidulinės lazerinės sistemos yra patrauklios didelės galios ultratrumpųjų impulsų generacijai ir stiprinimui dėl plačių sugerties ir emisijos juostų, ilgose fluorescencijos gyvavimo trukmės. Plati emisijos juosta leidžia stiprinti kad ir 30 fs trukmės impulsus [1], o dėl ilgose fluorescencijos gyvavimo trukmės sukaupiama daug energijos. Stipri spinduliuotės lokalizacija skaidulos šerdyje ir mažas kvantinis defektas lemia aukštą skaidulinių lazerinių sistemų našumą. Tačiau stipri šviesos lokalizacija skaidulos šerdyje kartu sukuria ir fundamentalų tokių sistemų ribojimą. Impulsų energinės charakteristikos skaidulinės lazerinės sistemos išvade ribojamos spinduliuotės saviveikos su medžiaga. Ultratrumpųjų impulsų atveju fazės moduliavimasis optinėje skaiduloje pasireiškia, kai impulsų energija tesiekia 1nJ [1]. Tokiu atveju atsiranda netiesinis fazės postūmis, impulso čirpas tampa netiesinis ir jau nėra pilnai kompensuojamas naudojant standartinius dispersinius komponentus. Impulso laikinė forma deformuojama, o sistemos išvade sumažėja laikinis impulsų kontrastas ir smailinis intensyvumas.

Faziškai moduluotų (čirpuotų) impulsų stiprinimas yra vienas iš būdų, leidžiantis pasiekti praktikoje panaudojamas impulsų energijas ir išvengti impulsų laikinės deformacijos dėl fazės moduliavimosi. Šio metodo esmė tokia, jog impulsai yra išplečiami laike, taip sumažinamas smailinis intensyvumas, vėliau pastiprinami ir suspaudžiami iki pradinių, arba trumpesnių impulsų. Kitas būdas sumažinti netiesiškumo įtaką impulsams realizuojamas didinant stiprintuvo skaidulos šerdies diametrą. Tačiau didinant skaidulos diametrą vis sunkiau išlaikyti geras erdvines pluošto charakteristikas. Pastaruoju metu vis plačiau naudojami vieną skersinę modą palaikantys fotoninių kristalų stiprintuvai, kurių šerdies diametras siekia 30-85 μm [2]. Stiprinant čirpuotus impulsus didelio modos ploto stiprintuvuose sumažinama stiprintuvo netiesiškumo įtaka impulsui, todėl sistemos išvade pasiekiami kelių dešimčių μJ energijos femtosekundiniai impulsai. Tokių impulsų charakteristikų pilnai pakanka efektyvių spinduliuotės dažnio keitimui sistemų, paremtų kontinuumo generacija ir stiprinimu, realizacijai.

Šiame darbe demonstruojamos dvi skaidulinės čirpuotų impulsų stiprinimo sistemos panaudojant 30 μm ir 45 μm skersmens fotoninių kristalų stiprintuvus. Principinė femtosekundinių impulsų skaidulinio lazerio schema parodyta 1a pav. Taip pat darbe pristatomi ir aptariami skaidulinio lazerio spinduliuotės dažnio

derinimo schemas, leidžiančios pasiekti 700-2000 nm spektro sritį, rezultatai.

Visiškai skaidulinis pasyvio modų sinchronizacijos osciliatorius generuoja spektriškai ribotiems artimus impulsus 40 MHz pasikartojimo dažniu ties 1030 nm centriniu bangos ilgiu. Osciliatoriaus impulsų spektras išplečiamas ilgoje pasyvioje skaiduloje iki 12,7nm, o trukmė išplečiama iki ~ 500 ps panaudojant čirpuotą skaidulinę Brego gardelę (CFBG). Impulsų pasikartojimo dažniui sumažinti naudojamas akustooptinis moduliatorius, po kurio naudojama priešstiprintuvo pakopa (preAMP), optimizuota prie pasirinkto didelio modos ploto stiprintuvo. Sustiprinti impulsai spaudžiami difrakcinių gardelių pora iki sub-300fs.



1 pav. a) principinė skaidulinio femtosekundinio lazerio schema; b) išmatuota spinduliuotės dažnio derinimo kreivė.

Skaidulinės sistemos spinduliuotės dažnio derinimo schema (SCOPA) paremta kontinuumo generacija YAG kristale ir stiprinimu BiBO kristale. Išmatuota spinduliuotės dažnio derinimo kreivė parodyta 1b pav. Taip pat darbe parodoma, jog efektyviam spinduliuotės dažnio keitimui pakanka santykinai mažos impulsų energijos ($\sim 1\mu\text{J}$), todėl kaupinimo lazeris gali būti supaprastintas.

Literatūra

- [1] J. Limpert ir kiti, IEEE Quantum Electron, **12**, 2 (2006).
- [2] F. Roser ir kiti, Opt. Lett, **32**, 24 (2007).