

Superkontinuumo generacija safyre naudojant femtosekundinių lazerinių impulsų voras

Supercontinuum generation in sapphire with burst femtosecond laser pulses

Balys Momgaudis¹, Vaida Marčiulionytė¹, Vytautas Jukna¹, Gintaras Tamošauskas¹, Martynas Barkauskas², Audrius Dubietis²

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

²Šviesos konversija, Keramikų g. 10223, Vilnius

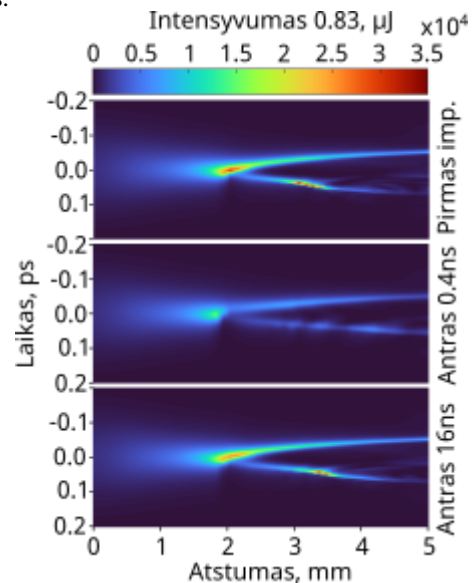
Balys.Momgaudis@ff.vu.lt

Pastaruoju metu, dėl plataus pritaikymo[1,2], daug dėmesio skiriama didelį (MHz-GHz) pasikartojimo dažnį ar impulsų voras galinčių generuoti lazerių kūrimui ir tobulinimui. Norint išlaikyti tokių lazerių lankstumą, kuris, bangos ilgių diapazono atžvilgiu, ateina dėl galimybės taikyti netiesinio optinio parametrinio stiprinimo procesus, kuriam yra būtina rasti didelio dažnio plataus spektro šaltinius. Šio fenomeno pritaikymui dažniausiai naudojama baltos šviesos superkontinuumo generacija[3]. Vis dėlto, didėjant impulsų pasikartojimo dažniui kinta medžiagos atsakas ir pasidaro vis sunkiau užtikrinti gerai atsikartojanti, plataus spektro ir stabilų ilgame laikiniame intervale impulsą. Šiame pranešime bus aptarti baltos šviesos kontinuumo eksperimentinės generacijos klasikinėje terpėje, safyre, naudojant didelio pasikartojimo dažnio impulsų voras niuansai. Eksperimentiniams rezultatams paaiškinti taip pat bus pasitelkta skaitmeninio modeliavimo, paremtų netiesinių šviesos sklidimu medžiaga, metodai.

Eksperimentinė superkontinuumo generacija buvo gauta naudojant 1030 nm bangos ilgio šviesos impulsų voras, kurių vidinis pasikartojimo dažnis buvo 62.5 GHz ir 2.5 MHz. Tokių parametru žadinanti spinduliuotė buvo gauta naudojant sustiprintą 1 MHz Yb:KGW lazerio impulsinį pluoštą. Plataus spektro kontinuumas buvo generuojama naudojant 1-10 impulsų voras, kuriuose vieno impulso trukmė siekė 190 fs ties puse intensyvumo maksimumo. Eksperimentų rezultatai atskleidė, jog didėjant pasikartojimo dažniui impulsų voroje superkontinuumo generacijos slenkstis pradeda augti, o ilgalaikis stabilumas mažėja.

Eksperimentiniai rezultatai buvo atkartoti skaitmeninio modeliavimo metodais[4] kaip parodyta 1, pav. Teorinis modelis buvo paremtas dviejų impulsų sklidimu per tą patį optinės terpės tūrį su valdomu laiko intervalu tarp impulsų. Modelyje buvo įskaityti šviesos difrakcija ir dispersija, netiesinė fazės savimoduliacija bei optinis Kero efektas. Medžiagos pokyčiai buvo įskaičiuoti atsižvelgiant į laisvųjų elektronų plazmos generacija dėl daugiafotoninės bei griutinės jonizacijos. Be šių jonizacijos procesų taip pat buvo įtrauktas ir indėlis į laisvųjų elektronų tankį dėl medžiagoje egzistuojančių taškinių F defektų, kurie dar vadinami deguonies vakancijomis ir bi-vakancijomis. Energijos relaksacija buvo įvertinta atsižvelgus į eksitoninių būsėnų formavimąsi, defektų lygmenų užpildą bei terminį ir slėginį energijos persiskirstymą. Skaitmeniniu modelių pavyko paaiškinti superkontinuumo energijos

slenksčio augimo priežastis, kurių pagrindą sudaro likutinio medžiagos sužadavimo keičiama šviesos sugertis.



1.pav. Impulso intensyvumo laikinės gauptinės priklausomybė nuo kristalo ilgio. Skirtumai tarp pirmo impulso ir antro naudojant skirtingus vėlinimus tarp impulsų.

Reikšminiai žodžiai: Netiesinė optika, superkontinuumas, skaitmeninis modeliavimas, didelių pasikartojimo dažniai, femtosekundės.

[1] D. J. Förster, B. Jäggi, A. Michalowski, & B. Neuenschwander, Review on experimental and theoretical investigations of ultra-short pulsed laser ablation of metals with burst pulses. *Materials* **14**, 3331 (2021).

[2] D. Esser, S. Rezaei, J. Li, P. R. Herman & J. Gottmann, Time dynamics of burst-train filamentation assisted femtosecond laser machining in glasses. *Opt. express* **19**, 25632–25642 (2011).

[3] A. Dubietis, G. Tamošauskas, R. Šuminas, V. Jukna & A. Couairon, Ultrafast supercontinuum generation in bulk condensed media (invited review). arXiv preprint arXiv:1706.04356 (2017).

[4] V. Jukna, N. Garejev, G. Tamošauskas, & A. Dubietis, Role of external focusing geometry in supercontinuum generation in bulk solid-state media. *JOSA B*, **36**(2), A54-A60. (2019).