

Keleto optinių ciklų trukmės impulsų generacija ir spūda 3 - 4 μm spektrinėje srityje

Generation and compression of few optical cycle pulses in the 3 - 4 μm spectral range

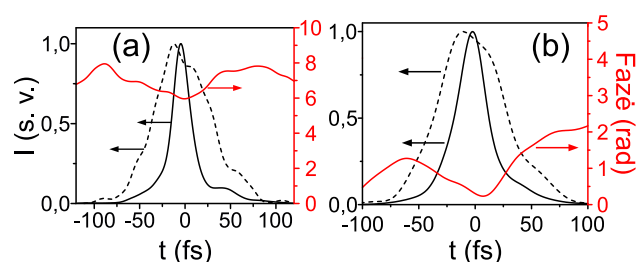
Agnė Marcinkevičiūtė, Nail Garejev, Rosvaldas Šuminas, Gintaras Tamošauskas, Audrius Dubietis
Vilniaus universitetas, Kvantinės elektronikos katedra, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius
agne.marcinkeviciute@ff.vu.lt

Vystantis tokioms mokslo sritims kaip ultrasparčioji spektroskopija, atosekundinių impulsų generacija, aukštųjų harmonikų generacija bei stiprių elektromagnetinių laukų fizika, atsiranda vis didėjantis vidurinės infraraudonosios (VIR) spektrinės srities kelių optinių ciklų trukmės impulsų poreikis [1]. VIR spektrinis diapazonas yra pasiekiamas per netiesinės optikos reiškinius, tokius kaip skirtuminio dažnio generacija bei parametrinis stiprinimas, tačiau femtosekundiniams kelių optinių ciklų trukmės impulsams parametrinio stiprinimo juostos plotis yra nepakankamas. Siekiant išplėsti impulsų spektrą yra pasitelkiama netiesinė impulsų savispūda, kuri remiasi intensyvių šviesos impulsų spektro plėtra dėl fazės moduliavimosi jiems sklindant skaidrioje dielektrinėje terpėje ir dispersijos kompensavimu dispersiniuose elementuose [2]. Šis metodas yra universalus ir itin patrauklus VIR spektriniame diapazone, kadangi fazinė moduliacija yra kompensuojama pačioje netiesinėje terpėje, pasižyminčioje anomalią grupinių greičių dispersiją (GGD) šioje spektrinėje srityje [3, 4].

Remiantis netiesinės spūdos metodu, sukūrėme kompaktišką ultratrumpųjų impulsų šaltinį, veikiantį VIR spektro srityje ir generuojantį sub-3 optinių ciklų trukmės ir sub-30 μJ energijos impulsus, kurių bangos ilgis derinamas 3-4 μm diapazone. Sukurtas šaltinis sudarytas iš skirtuminio dažnio generacijos, parametrinio šviesos stiprinimo ir netiesinės spūdos pakopų. Pradiniai 3-4 μm diapazone derinamo bangos ilgio, sub-100 fs trukmės impulsai gauti generuojant skirtuminį dažnį tarp komercinio parametrinio šviesos stiprintuvo signalinės ir šaltinės bangų kalio titanilo arsenato (KTA) kristale. Šie impulsai toliau buvo sustiprinti iki 35 μJ energijos plačiajuosčiame ličio jodato (LiIO_3) parametriniame šviesos stiprintuve, kaupinant pagrindinės Ti:safyro lazerio harmonikos spinduliuote. Netiesinė spūda buvo realizuojama fokusuojant sustiprintus impulsus į keleto milimetrų storio netiesinės medžiagos (YAG, CaF_2 arba BaF_2) plokštelę, kuri buvo patalpinta ant mechaninio postūmio staliuko. Keičiant plokštelės poziciją geometrinio židinio atžvilgiu, buvo valdomas krintančios spinduliuotės intensyvumas ir pluošto diametras, kas leido pasiekti optimalias savispūdos sąlygas. Netiesinių medžiagų pasirinkimą lėmė jų netiesiškumas ir dispersinės savybės, leidusios pasiekti optimalų balansą tarp fazės moduliavimosi ir anomalios GGD ties skirtingais bangos ilgiais.

Pasiekta 3 μm bangos ilgio impulsų savispūda iki 23 fs trukmės (2,3 optinio ciklo) 3 mm storio YAG plokštelėje, 3,5 μm impulsų - iki 31 fs (2,7 optinio ciklo) 4 mm storio CaF_2 plokštelėje ir 4 μm impulsų - iki 42 fs (3,2 optinio ciklo) 4 mm storio BaF_2 plokštelėje,

kuomet impulsų laikinės gaubtinės ir fazės buvo atstatytos iš suminio dažnio dažninės skyros optinio strobavimo (SFG-FROG) pėdsakų, zondojuojant atraminiais 30 fs trukmės, 720 nm bangos ilgio impulsais iš nekolinarus parametrinio šviesos stiprintuvo (1 pav.). Erdvinių skirstinių matavimai parodė, kad savispūdos metu pluoštas nebuvo iškraipomas dėl fokusavimosi ir daugiafotonės sugerties reiškinių. Spūdos energinis našumas viršijo 90%, ir buvo sąlygotas tik Frenelio atspindžių nuo neskaidrintų priekinio ir galinio plokštelių paviršių. Sukurto šaltinio potencialą šviesos ir medžiagos (skaidrių dielektrikų bei puslaidininkių) sąveikų tyrimams VIR spektro srityje parodė mūsų atlikti eksperimentai generuojant daugiau nei 3 optinių oktavų (10^{-4} intensyvumo lygyje) spektro pločio superkontinuumo spinduliuotę BaF_2 ir CaF_2 kristaluose.



1 pav. Iš SFG-FROG pėdsakų atstatytos pradinių (punktyrinė linija) bei savispūdą patyrusių (vientisa linija) impulsų laikinės gaubtinės bei fazės: (a) 3 μm bangos ilgio atveju vykstant didžiausiai impulsų savispūdai be nuostolių YAG plokštelėje, (b) 3,5 μm bangos ilgio atveju, vykstant didžiausiai impulsų savispūdai be nuostolių CaF_2 plokštelėje.

Tyrimą finansuoja Lietuvos mokslo taryba (sutarties Nr. APP-8/2016).

Reikšminiai žodžiai: parametrinis šviesos stiprinimas, skirtuminio dažnio generacija, impulsų spūda, superkontinuumo generacija

Literatūra

- [1] J. Biegert, P. K. Bates, O. Chalus, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. **21**, 531-540 (2012).
- [2] C. Rolland, P. B. Corkum, J. Opt. Soc. Am. B **5**(3), 641-647 (1988).
- [3] M. Hemmer, M. Baudisch, A. Thai, A. Couairon, J. Biegert, Opt. Express **21**(23), 28095-28102 (2013).
- [4] V. Shumakova, P. Malevich, S. Ališauskas, A. Voronin, A. M. Zheltikov, D. Faccio, D. Kartashov, A. Baltuška, A. Pugžlys, Nat. Commun. **7**, 12877 (2016).