Kompaktiško priverstinės Ramano sklaidos keitiklio kaupinamo GHz pasikartojimo dažnio ultratrumpųjų impulsų paketais kūrimas

Development of compact SRS converter pumped by an ultrafast laser operating in GHz burst regime

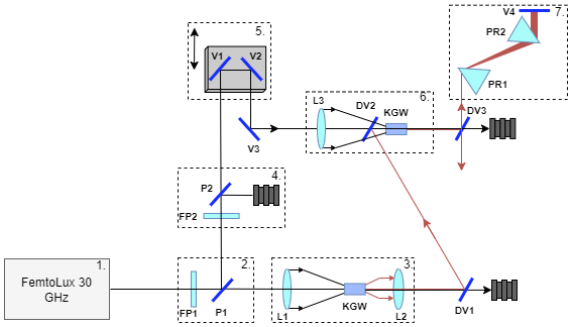
Raimundas Burokas[1,2], Lukas Kamarauskas[1], Kristupas Dagilis[1], Rokas Danilevičius[1], Andrejus Michailovas[1]
[1]Ekspla, UAB, Savanorių pr. 237, 02300 Vilnius
[2]Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius
raimundas.burokas@ftmc.lt

Biologinių audinių netiesinei mikroskopijai reikalingi lazeriniai šaltiniai, kurių bangos ilgis patenka į audinių skaidrumo langą (1,1 – 1,3 µm) ir turi mažus sklaidos sąlygotus nuostolius [1]. Tokiu būdu apšvietus artimosios infraraudonosios srities spinduliuote audiniuose sugeneruota antroji arba trečioji harmonika neturi destruktyvaus poveikio ir yra lengvai registruojama.

Dėl riboto skaičiaus lazerinių šaltinių, kurie gali generuoti femtosekundinius impulsus šiame spektriniame diapazone, dažnai yra naudojama netiesinė šviesos konversija. Viena iš technologijų – optinis parametrinis stiprintuvas, kurio realizacijai reikia konstruoti dideles ir sudėtingas sistemas [2]. Kita alternatyvi technologija - priverstinė Ramano sklaida (SRS). Jos metu kaupinimo spinduliuotės bangos ilgis Ramano terpėje yra paslenkamas tam tikru, tai terpei būdingu dydžiu. Tokiu būdu įprastinių lazerių bangos ilgis gali būti pastumiamas į norimą sritį. Sąveikos efektyvumas per vieną lėkį Ramano stiprintuve dažniausiai yra mažas, todėl bangos ilgio keitimas gali būti realizuojamas patalpinant netiesinį kristalą į rezonatorių. Tipinis kaupinimo impulsų pasikartojimo dažnis (10-100 MHz) lemia kelis metrus siekiantį Ramano rezonatoriaus ilgį. Tokioje optinėje schemoje atsiranda dideli reikalavimai stabilizacijos sistemai ir ji negali būti kompaktiška. Ilgas rezonatorius yra jautresnis mechaniniui ir šiluminiui poveikiui, o kompaktizuojant jo opto-mechaninė schema darosi sudėtinga.

Šiai problemai spręsti, pasiūlytas metodas Ramano stiprintuvui realizuoti pasitelkiant GHz dažnio impulsų paketus. GHz dažnio impulsų paketas turi turėti skirtingo intensyvumo impulsus, kad pirmasis impulsas sugeneruotų superkontinuumą, o tolesni impulsai stiprintų sugeneruotus Ramano bangos ilgius tame pačiame kristale. Femtosekundiniai GHz impulsų paketai formuojami FemtoLux30 (Ekspla) lazeryje panaudojant aktyvią šviesolaidinę kilpą [3]. Prieš pradedant konstruoti kompaktišką Ramano rezonatorių (kelių dešimčių cm eilės optinio kelio ilgio), kaupinamą GHz pasikartojimo dažnio impulsų paketais, reikia išsiaiškinti sugeneruotos Ramano spinduliuotės pluošto erdvines ir laikines savybes. Taip pat svarbu ištirti superkontinuumo generacijos ir SRS stiprinimo savybes. Šiam tikslui buvo surinkta vieno lėkio Ramano stiprintuvo schema, pavaizduota 1 pav.

Šiame darbe pristatomi SRS stiprinimo ir laikinio spaudimo rezultatai ultratrumpais impulsais. Užkratui buvo naudojamas superkontinuumas, sugeneruotas 4 mm ilgio KGW kristale, panaudojant nedidelę dalį lazerio energijos. Likusi spinduliuotės dalis buvo naudojama SRS stiprinimui. Užkratas ir kaupinimas buvo suderinti laike panaudojant vėlinimo liniją ir sutapatinti erdvėje nekolineariai sąveikai 10 mm ilgio KGW kristale. Nustatyta optimali impulso energija (~500 nJ) reikalinga sugeneruoti superkontinuumą su kuria pasiekiamas 18 kartų stiprinimas SRS stiprintuve, panaudojant 26 µJ kaupinimo energiją. Išmatuota impulsų trukmė po SRS stiprintuvo buvo 418 fs, o priziminiame spaustuve suspausta iki 109 fs. Daugiau rezultatų bus pristatyta konferencijos metu.



1 pav. Eksperimentinė schema: 1. Lazerinis šaltinis 2. Poliarizacinis pluošto daliklis 3. Superkontinuumo generacijos dalis 4. Ateniuatorius 5. Vėlinimo linija 6. SRS stiprintuvas 7. Prizminis impulsų spaustuvas.

Reikšminiai žodžiai:SRS stiprintuvas, KGW, GHz impulsų paketai.

Literatūra

[1] L. van Huizen, N.V. Kuzmin, E. Barbé, S van der Velde, E.A. te Velde, M.L. Groot, J. Biophotonics. ***12*(6)**, e201800297 (2019)
[2] M. Eremchev, D. Roesel, P.-M. Dansette, A. Michailovas, S. Roke, Biointerphases, **18**, 031202 (2023)
[3] T. Bartulevicius, M. Lipnickas, V. Petrauskiene, K. Madeikis, and A. Michailovas, Opt. Express **30**, 36849-36862 (2022).