

Medžiaga ir didelio intensyvumo lazerio spinduliuotė – praeitis, tendencijos ir ateities planai

Matter and high-intensity laser radiation – the past, the trends and the future plans

Mikas Vengris¹, Lukas Rimkus¹, Lukas Kontenis², Jonas Berzinš², Mangirdas Malinauskas¹ and Audrius Dubietis¹

¹ Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio 10, LT-10222 Vilnius

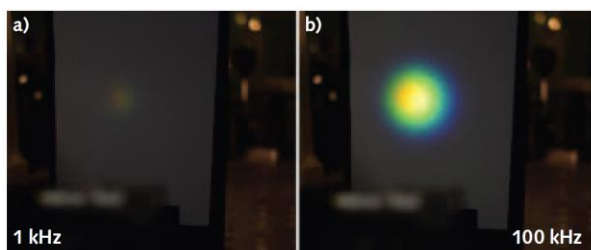
² Light Conversion, Keramikų 2B, LT10233 Vilnius

mikas.vengris@ff.vu.lt

Ultratrumpųjų impulsų lazeriai taikomi medžiagų ir šviesos sąveikoms tyrinėti jau ne vieną dešimtmetį. Per tą laiką atlikta nemažai svarbių tyrimų, išstobulinti ne tik patys lazeriniai šviesos šaltiniai, bet ir juos naudojančios eksperimentų metodikos, atrasti naujų taikymai medžagotyroje, netiesinėje optikoje ir mikro bei nanoinžinerijoje. Dalis šių tyrimų, atliekamų Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centre apdovanoti 2019 metų Lietuvos mokslo premija. Pranešime trumpai pristatysime šį darbų ciklą, atkreipdami dėmesį į svarbiausius darbus ir temas bei jų tarpusavio sąsajas.

Per pastarąjį dešimtmetį išryškėjo nauja svarbi kryptis femtosekundinių lazerių technologijoje: auga ne lazerio generuojamų impulsų energija, o jų pasikartojimo dažnis. Nors ši tendencija labai greitai paplito pramoniniuose lazerių taikymuose, mokslininkų tarpe vis dar gyva nuomonė, jog moksliniams tyrimams parankiausi Ti:Safyro lazeriai, spinduliuojantys impulsus vieno ar kelių kHz dažniu, o siekiant atverti naujas tyrimų galimybes tinkamiausias kelias yra didinti jų impulsų energiją.

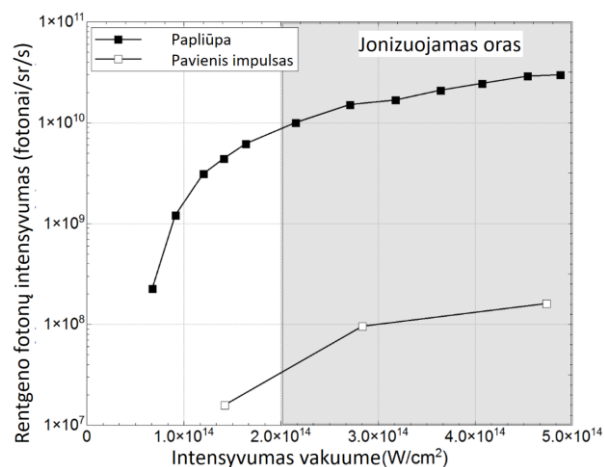
Nors kartais šis požiūris tebėra teisingas, kai kada tai tik mąstymo inercija. Šiame pranešime nagrinėsime priežastis, dėl kurių didelio pasikartojimo dažnio lazerinės Yb:KGW sistemos yra (ar gali būti) pranašesnės, atliekant netiesinės optikos (1 pav.), ultrasparčiosios spektroskopijos ar vaizdinimo eksperimentus ir net generuojant ir registruojant antrinę spinduliuotę [1] XUV ar renteno srityje.



1 pav. Baltos šviesos kontinuumas, sugeneruotas a) 1 kHz ir b) 100 kHz pasikartojimo dažnio impulsais – kurį lengviau užregistruoti?

Kitas svarbus aspektas, kurį lazerių technologijos pasiekė būtent didelio pasikartojimo dažnio Yb:KGW lazerinėse sistemose – tai lazeriai generuojantys femtosekundinių impulsų papliūpas arba serijas. Trukmės tarp impulsų serijose gali būti ~100 ps, ~10 ns ar ~10 μ s. Pirmieji tokių impulsų papliūpų privalumai išryškėjo lazerinio medžiagų apdirbimo eksperimentuose

[2], tačiau kita produktyvi tokių impulsų taikymo sritis – femtosekundinės rentgeno spinduliuotės generacija, panaudojant impulsų poras, kuriose pirmasis nedidelės energijos impulsas, patekęs į kietą taikinį, sukuria plazmą, o antrasis, apie dešimt kartų didesnės energijos už pirmąjį, sąveikaudamas su plazma, generuoja rentgeno spinduliuotę. Pademonstruota, kad papliūpomis veikiantis 100 W vidutinės galios lazeris leidžia paprastai generuoti femtosekundinę rentgeno spinduliuotę laboratorijos sąlygomis nenaudojant vakuumo ir pasiekti rentgeno intensyvumus, iki šiol stebėtus tik itin sudėtingose daugelio milidžaulių lazerinėse sistemose [3]. Taip pat parodyta, kad papliūpų režimas leidžia padidinti generuojamos rentgeno spinduliuotės intensyvumą daugiau nei 100 kartų, nors suminė kaupinančios papliūpos energija yra lygi pavienio impulso energijai (2 pav.).



2 pav. Sugeneruotos rentgeno spinduliuotės intensyvumo priklausomybė nuo kaupinančios lazerinės spinduliuotės intensyvumo papliūpų ir pavienių impulsų režime.

Pademonstruoti ir sugeneruotos spinduliuotės taikymai rentgeno vaizdinime bei rentgeno spektroskopijoje.

Reikšminiai žodžiai: femtosekundiniai lazeriai, antrinė spinduliuotė, pasikartojimo dažnis.

Literatūra

- [1] M.Vengris, L. Kontenis and J.Berzinš. Laser Focus World, 2021 May 19, p.60.
- [2] C. Gaudiuso, P. N. Terekhin, A. Volpe, S. Nolte, B. Rethfeld, and (2004).
- [3] M. Gambari, R. Clady, A. Stolidi, O. Uteza, M. Sentis, and A. Ferre, Scientific Reports 10 (2020).