

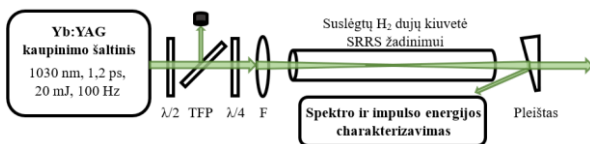
Pakopinės rotacinės priverstinės Ramano sklaidos žadinimas vienetinių pikosekundžių trukmės lazerio impulsais

Excitation of cascaded stimulated rotational Raman scattering by single-picosecond laser pulses

Augustė Černekytė, Augustinas Petrulėnas, Paulius Mackonis, Aleksej M. Rodin
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Kieto kūno lazerių laboratorija, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius
auguste.cernekyte@ftmc.lt

Pastaraisiais metais sparčiai besivystant netiesinei optinei mikroskopijai [1], vis svarbesni tampa ultratrumpųjų impulsų lazeriniai šaltiniai, kurie efektyviai sužadintų netiesinius procesus audinyje dar prieš juos pažeidžiant. Todėl optimalus lazerio spinduliuotės centrinis bangos ilgis turėtų būti 1,1 – 1,3 μm srityje, kurioje šviesos skvarbos gylis yra didžiausias. Nepaisant didelės smailinės galios lazerių plėtros pasaulyje, daugiausiai paplitę lazeriniai šaltiniai apsiriboja $\sim 1 \mu\text{m}$ bangos ilgiais, bei jų II ir III harmonikomis. Todėl alternatyvių metodų paieška yra būtina siekiant sukurti efektyvius didelės energijos ultratrumpuosius ilgesnių bangos ilgių lazerinius šaltinius. Viena iš alternatyvų yra priverstinė Ramano sklaida (*angl. stimulated Raman scattering, SRS*). Šis metodas turi tam tikrų privalumų: erdvinis pluošto valymas SRS keitimo metu, impulsų spūda [2] ir didelis keitimo efektyvumas, galintis siekti iki 50-60% [3] plačioje spektrinėje srityje. SRS nereikalauja fazinio sinchronizmo sąlygos, todėl sugeneruotos SRS spinduliuotės dažnių juosta ir jos plotį apsprendžia tik kaupinimo spinduliuotės spektro plotis, aktyviosios Ramano terpės Stokso poslinkis ir optinių fononų relaksacijos laikas.

Šio darbo tikslas buvo ištirti priverstinę Ramano sklaidą, žadinant rotacines virpesines modas (*angl. stimulated rotational Raman scattering, SRRS*) suslėgtose molekuliniuose vandenilio (H_2) dujose, ir nustatyti optimalias sąlygas siekiant generuoti intensyvią ultratrumpųjų lazerio impulsų spinduliuotę 1,1 - 1,3 μm spektrinėje srityje.

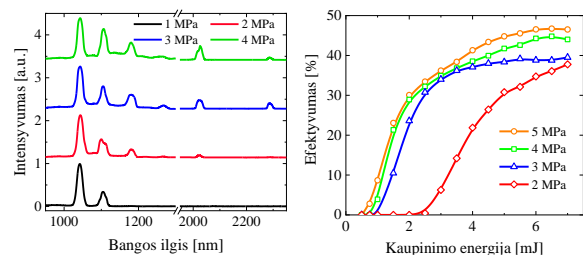


1 pav. Eksperimentinė SRRS žadinimo suslėgtų H_2 dujų kiuvetėje schema.

Eksperimentiškai ištirta SRRS spektro gaubtinės bei keitimo efektyvumo priklausomybės nuo dujų slėgio, kaupinimo impulso energijos ir poliarizacijos. Kaupinimui naudoti 1030 nm, 1,2 ps apskritiminės poliarizacijos impulsai (1 pav.). Tyrimai buvo atliekami 1 m ilgio kiuvetėje, keičiant H_2 dujų slėgį nuo 0,5 MPa iki 5 MPa ir kaupinimo spinduliuotės impulso energiją nuo 0,5 mJ iki 7 mJ.

SRRS spektro gaubtinės kitimas keičiant dujų slėgį

kiuvetėje, pateiktas 2 pav. - kairėje. Pradžioje (1 MPa slėgis), dėl mažo stiprinimo, stebima tik pirmos eilės rotacinio Stokso spinduliuotė, atitinkanti 587 cm^{-1} poslinkį. Didinant vandeninio dujų slėgį, generuojama ir antros bei trečios eilės Stokso spinduliuotė.



2 pav. SRRS spektro gaubtinė (kairėje) ir keitimo efektyvumas (dešinėje) esant 1-5 MPa H_2 dujų slėgiui.

Rotacinės sklaidos keitimo efektyvumo priklausomybė nuo kaupinimo energijos naudojant skirtingus vandenilio dujų slėgius pavaizduota 2 pav. - dešinėje. Matyti, kad SRRS slenkstis (1 % efektyvumas) sumažėja 4 kartus, kai dujų slėgis padidinamas nuo 2 MPa iki 5 MPa. Galiausiai nustatyta, kad SRRS keitimo efektyvumas padidėja 1,2 karto naudojant apskritiminę kaupinimo poliarizaciją. Be to, apskritiminė poliarizacija slopina vibracines Ramano modas ir leidžia efektyviau žadinti aukštesnės eilės rotacinio Stokso spinduliuotę.

Pagrindiniai tyrimo rezultatai parodė, kad SRRS keitimo efektyvumo ir spektro išplėtimo padidėjimas, taip pat slenkstinės energijos sumažėjimas gali būti pasiektas optimaliai padidinus kaupinimo energiją ir H_2 dujų slėgį, taip pat optimizuojant kaupinimo poliarizaciją. Didžiausias keitimo efektyvumas siekė $\sim 47\%$, o spektrinė juosta buvo išplėsta iki 1,3 μm . Šie impulsai ateityje galėtų būti suspausti iki vienetinių fs naudojant gardelinį arba prizminį kompresorių.

Šiam projektui dalinį finansavimą skyrė Lietuvos mokslo taryba pagal sut. Nr. S-MIP-23-74 ir Nr. P-SV-23-11.

Reikšminiai žodžiai: priverstinė Ramano sklaida, ultratrumpieji impulsai, aukšto slėgio dujos.

Literatūra

- [1] N.M. Israelsen, C.R. Petersen, A. Barh, D. Jain, M. Jensen, G. Hanneschläger, P. Tidemand-Lichtenberg, C. Pedersen, A. Podoleanu, and O. Bang, *Light Sci. Appl.* **8**, 11 (2019).
- [2] H. Kawano, Y. Hirakawa, T. Imasaka, *Appl. Phys.* **65**, 1–4 (1997).
- [3] D. von der Linde, M. Maier, W. Kaiser, *Phys. Rev.* **178**, 11–17 (1969).