

# Medžiagų paviršiaus cheminės sudėties vaizdinimas naudojant femtosekundiniu lazeriu indukuotos plazmos spektroskopijos metodą

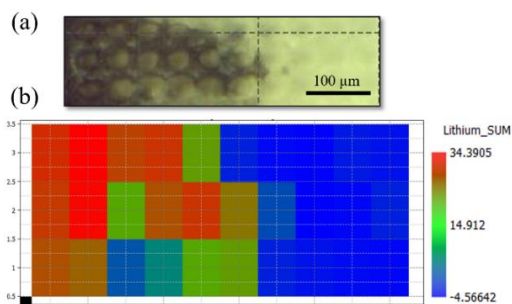
## Chemical composition imaging of material surfaces using femtosecond laser-induced breakdown spectroscopy

Žyngintas Dabulis<sup>1</sup>, Ona Balachninaite<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus universitetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, 10222 Vilnius  
[zyngintas.dabulis@ff.stud.vu.lt](mailto:zyngintas.dabulis@ff.stud.vu.lt)

Lazeriu indukuotos plazmos spektroskopija (LIPS) yra sparčiai populiarėjantis cheminio vaizdinimo metodas dėl tokių privalumų, kaip analizės greitis, pigumas bei įrangos paprastumas. Kai lazerio impulsas yra sugeriamas medžiagoje, mažas jos kiekis yra išgarinamas bei susiformuoja plazma, kuri emituoja specifinių bangos ilgių, atitinkančių cheminius elementus, spektrą [1]. Vienas iš šios metodikos pritaikymų galėtų būti medžiagų paviršinių cheminių elementų žemėlapiavimas, bandinį skenuojant lazerio impulsais, indukuojant plazmą bei analizuojant jos spinduliuotę skirtinguose pasirinkto ploto taškuose. Svarbus ultratrumpųjų lazerio impulsų panaudojimo šiam tyrimui pranašumas yra pasiekama geresnė erdvinė skyra dėl ženkliai mažesnio šiluminio poveikio medžiagai lyginant su ilgesnių trukmių impulsų naudojimu [2].

Šiame darbe buvo bandoma optimizuoti LIPS schemą paviršiaus cheminės sudėties analizės žemėlapiavimo metodui naudojant dviejų skirtingų bangos ilgių femtosekundinę spinduliuotę: ultravioletinės (343 nm) ir infraraudonosios (1030 nm) spektro srities. Taip pat buvo iširta bandinio aplinkos slėgio įtaka erdvinei skyrai ir žemėlapių kontrastui. Šioms užduotims įgyvendinti buvo naudojamas heterogeniškas bandinys – granito akmuo. Eksperimentiškai LIPS būdu nustatčius ir rentgeno spindulių difrakcijos metodu patvirtinus, kad tamsesnių bandinio vietų, skirtingai nei šviesesnių, struktūrose buvo ličio, pasirinkta cheminius žemėlapius vaizduoti šiam elementui (1 pav.)

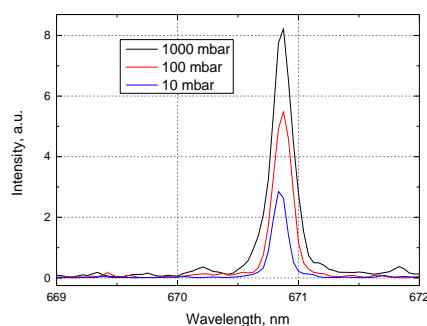


1 pav. (a) Granito bandinio IR spinduliuote tirtos paviršiaus zonos nuotrauka. (b) Ličio I 670.8 nm spektrinei linijai sukurtas LIPS žemėlapis.

Ultravioletinė spinduliuotė suteikia 2,5 karto geresnį LIPS cheminio žemėlapių kontrastą nei infraraudonoji prie vienodos impulsų energijos, tačiau UV indukuoti krateriai buvo maždaug dvigubai didesnio diametro, nes fotonų energija yra didesnė. Tai nėra priimtina

žemėlapiavimo pritaikymui, kadangi tai reiškia ir dvigubai suprastėjusią skyrą.

Mažesnis slėgis bandinio aplinkoje sumenkintų oro elementų įtaką LIPS spektrams bei dėl mažesnės dalelių koncentracijos, sumažėtų ir triukšmas. Naudojant IR spinduliuotę, ties 1000 mbar, 100 mbar ir 10 mbar buvo iširta, jog ličio spektrinei linijai signalo-triukšmo santykis nuo atmosferinio iki 10 mbar slėgio suprastėjo tik 1.5%, o linijos plotis sumažėjo net 40% ties  $1/e^2$  lygiu (2 pav.). Siauresnės spektro linijos minimalizuoja spektrinės interferencijos tikimybę.



2 pav. Ličio I 670.8 nm LIPS spektrinės linijos iš granito akmens palyginimas esant skirtingam aplinkos slėgiui.

Taip pat buvo bandoma nustyti geriausią įmanomą erdvinę cheminio žemėlapių skyrą bei mažiausią lazeriu indukuotą bandinio šurkštumą. Geriausia pasiekta erdvinė skyra buvo 9  $\mu\text{m}$ , o toks žemėlapiavimo metodas indukavo tik apie 1  $\mu\text{m}$  paviršiaus šurkštumą.

Apibendrinant darbą, buvo nustatyta, jog su infraraudonosios spektro srities femtosekundine lazerio spinduliuote, naudojant lazeriu indukuotos plazmos spektroskopijos metodą, galima atlikti cheminį bandinio paviršiaus žemėlapiavimą pasiekiant ~10  $\mu\text{m}$  erdvinę skyrą.

*Reikšminiai žodžiai: lazeriu indukuotos plazmos spektroskopija (LIPS), femtosekundinė spinduliuotė, cheminės sudėties vaizdinimas.*

### Literatūra

- [1] M. Kanyinda Jean-Noëla, K. Tshamala Arthurb, B. Jean-Marcc, v. J. *Environ. Sci. Public Heal.*, vol. **04**, no. 03, pp. 134–149 (2020).
- [2] V. Gardette, V. Motto-Ros, C. Alvarez-Llamas, L. Sancey, L. Duponchel, B. Busser, *Anal. Chem.*, vol. **95**, no. 1, pp. 49–69 (2023).