

# Link 3D gamtinės kilmės dervų fotostruktūrinimo dinaminės projekcinės litografijos būdu

## Towards 3D photostructuring of naturally derived resins employing dynamic projection lithography

Edvinas Skliutas<sup>1</sup>, Sigita Kašėtaitė<sup>2</sup>, Linas Jonušauskas<sup>1</sup>, Jolita Ostrauskaitė<sup>2</sup>, Mangirdas Malinauskas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus universitetas, Kvantinės elektronikos katedra, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, 10223 Vilnius

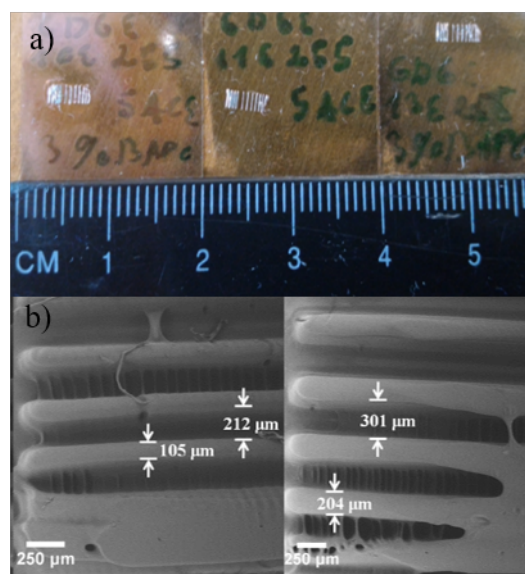
<sup>2</sup>Kauno technologijos universitetas, Polimerų chemijos ir technologijos katedra, Radvilėnų pl. 19, 50254 Kaunas  
edvinas.skliutas@ff.vu.lt

Pastaraisiais metais trimatis (3D) optinis spausdinimas iš sintetinių šviesai jautrių medžiagų tapo itin populiaria prototipavimo technologija ir yra pradamas diegti į gamybą [1]. Nors sukurti staliniai 3D spausdintuvai (3DS) jau yra prieinami asmeniniam vartojimui, komercinės dervos vis dar yra santykinai brangios. Be to, dažnai nežinoma jų cheminė sudėtis, negalima reguliuoti naudojimui paruoštų medžiagų fizikinių, cheminių bei biologinių savybių. Dėl to jų panaudojimas ribojamas ir tinkamas tik prototipavimo srityje. Naujaisiais tyrimais parodyta, kad ir atsinaujinančios žaliavos gali būti pritaikytos fotostruktūrinamų medžiagų gamyboje [2]. Pavyzdžiui, rafinuojant biodyzeliną, gaunamas šalutinis produktas – glicerolis. Tiek grynas, tiek chemiškai modifikuotas glicerolis gali būti naudojamas kaip monomeras polimerų sintezei [3]. Manoma, kad gamtinės kilmės monomerų pagrindu paruoštos dervos galėtų konkuruoti su komercinėmis ne vien kaina, bet ir biologinio suderinamumo bei skaidumo savybėmis.

Šios tendencijos paskatinti ėmėme domėtis organinių bio-medžiagų, pritaikomų 3DS technologijoje, sinteze ir fotostruktūrinimu. Kaip pradinė medžiaga buvo pasirinktas glicerolio diglicidilėteris [4]. Į jį buvo įmaišyta fotoiniciatoriaus ir kitų priedų (pvz., reaktyviojo tirpiklio) ir taip gautos šviesai jautrios dervos. Jos buvo fotostruktūrinamos dinaminės projekcinės litografijos (DPL) būdu. Tam naudotas Autodesk įmonės optinis 3DS Ember, spinduliuojantis 405 nm bangos ilgio šviesą. Prietaisas leidžia sukurti norimo vaizdo projekcijas, kuriomis buvo apšviečiami dervų lašeliai. Po ekspozicijos buvo stebima selektyvioji fotopolimerizacija (1 pav.). Gamtinės kilmės dervos palygintos su standartinėmis: Formlabs Clear ir Autodesk PR48. Nustatyta, kad paruoštos dervos buvo mažiau jautrios spinduliuotei ir joms reikėjo ilgų ekspozicijos trukmių (>10 min.). Nepaisant to, buvo ištirti jose suformuoti struktūriniai elementai – įvairaus storio linijos su kintančiu atstumu tarp jų. Matavimai parodė, kad ploniausios suformuojamos linijos yra apie 110 μm storio, kai tarpas 200 μm ar didesnis. Taip pat buvo įvertinti linijų morfologija optiniu profilometru. Įvertinta, kad didinant sugertos energijos dozę, polimerizuojama daugiau medžiagos ir suformuojami aukštesni dariniai (1 lentelė). Stebima tiesinė priklausomybė.

Taigi, šiame darbe mes parodėme, kad iš gamtinės kilmės monomerų paruoštos dervos gali būti pritaikytos DPL, tačiau jos yra mažiau jautrios šviesai, joms reikia papildomų cheminių modifikacijų arba optimizuoto fotoiniciatoriaus. Taip pat tikimasi, kad pažangus me-

džiagų apdorojimas ultrasparčiais impulsais dėl aukšto intensyvumo spinduliuotės ir atsirandančios netiesinės medžiagos-šviesos sąveikos padidintų tokių dervų fotostruktūrinimo efektyvumą [5].



1 pav. Selektviai polimerizuota gamtinės kilmės derva. a) – suformuoti dariniai po skirtingų ekspozicijos trukmių. b) – jų vaizdai, atlikti skenuojančiuoju elektronų mikroskopu (SEM). Buvo įvertinta, kad darinių aukštis tiesiškai priklauso nuo sugertos energijos dozės.

1 lentelė. Suformuotų darinių aukščiai  $d$ , esant skirtingoms energijos dozėms  $E$ .

$E$ (J/cm <sup>2</sup> )	$d$ (μm)
16	120
21	200
24	265

Reikšminiai žodžiai: trimatis (3D) spausdinimas, fotostruktūrinimas, dinaminė projekcinė litografija (DPL), gamtinės kilmės dervos, atsinaujinantys išteklių

### Literatūra

- [1] M. Molitch-Hou, *Adidas Uses Carbon's 3D Printing to Mass-Produce Futurecraft 4D Shoes* (2017-06-30).
- [2] J. Chen, et al., *Polymer* **43**(20), 5379-5389 (2002).
- [3] S. Kašėtaitė, et al., *Polym. Bull.* **72**, 3191-3208 (2015).
- [4] E. Skliutas, et al., *Proc. SPIE* **10115**, 1011514 (2017).
- [5] M. Malinauskas, et al., *Light Sci. Appl.* **5**(8), e16133 (2016).