

Aukšto matmenų santykio 3D stiklinių darinių gamyba selektyvaus lazerinio ėsdinimo technologija

High aspect ratio 3D glass structures fabrication by Selective Laser Etching

Agnė Butkutė^{1,2}, Tomas Baravykas², Jokūbas Stančikas¹, Linas Jonušauskas^{1,2}, Valdas Sirutkaitis¹

¹Vilniaus Universitetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius

²Femtika, Saulėtekio al. 10, LT-10224 Vilnius

agne.but.agne@gmail.com

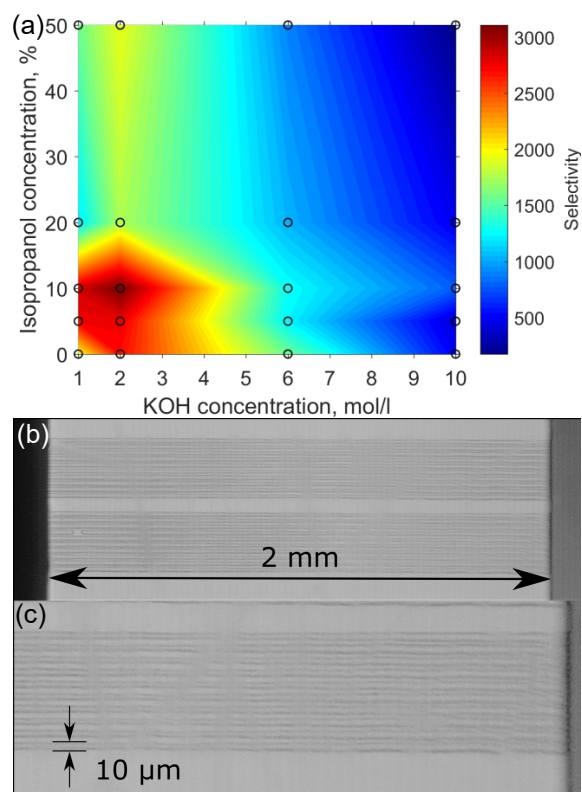
3D stikliniai dariniai gali būti naudojami įvairiose srityse nuo medicininių prietaisų iki optinių komponentų. Stiklas patraukli medžiaga tiek dėl savo optinių, tiek dėl mechaninių savybių. Tačiau ši medžiaga yra gana sunkiai apdirbama ir reikalauja itin delikačių technologijų tam padaryti. Viena iš galimų technologijų apdirbanti stiklą ir formuoti 3D funkcinius darinius yra selektyvus lazerinis ėsdinimas [1].

Medžiagų apdirbimas selektyvus lazerinio ėsdinimo technologija susideda iš kelių procesų. Pirmiausia aukšto intensyvumo femtosekundiniais lazeriniais impulsais medžiagos tūryje įrašomos porėtos modifikacijos, vadinamos nanogardelėmis. Vėliau medžiaga paveikiama agresyviu ėsdikliu, kuriame modifikuoti regionai ėsdinasi daug kartų greičiau nei nemonifikuota medžiaga. Taip suformuojamas 3D stiklinis darinys.

Vienas pagrindinių parametrų vertinant proceso efektyvumą yra selektyvumas, kuris apibrėžiamas kaip modifikuotos ir nemonifikuotos medžiagos ėsdinimosi spartų santykis. Šis dydis apibrėžia didžiausią įmanoma darinio elemento matmenų saktį. Įvardintas dydis priklauso nuo daugelio faktorių tiek lazerinio apdirbimo metu, tiek ėsdinimo metu. Selektivitymo vertėms įtaką daro spinduliuotės intensyvumas, impulso trukmė, poliarizacija ir kiti parametrai [2], įtaką taip pat daro ėsdiklio pasirinkimas bei ėsdiklio koncentracija ir jo temperatūra [3]. Bene didžiausia lydyto kvarco stiklo selektivitymo vertė yra apie 1400 [1]. Tačiau kai kurie preciziniai taikymai reikalauja netgi aukštesnių selektivitymo verčių.

Šiame darbe pristatoma technologijos patobulinimai leidžiantys gauti didesnę selektivitymo vertę. Dažniausiai minėtos technologijos ėsdinimo procese naudojama 8-10 mol/l 85-90°C temperatūros kalio šarmo (KOH) tirpalas. Tačiau nėra daug duomenų apie gaunamus rezultatus ėsdinant žemesnių koncentracijų tirpalais. Taip pat, siekiant padidinti selektivitymo vertę Kalio šarmo tirpalui ruošti buvo panaudojamas ne tik vanduo, bet ir vandens izopropanolio mišinys, kas leidžia padidinti drėkinimą bei tikėtina leidžia padidinti ir selektivitymo vertę. Taigi buvo iširta tiek skirtingų koncentracijų KOH tirpalo panaudojimas, tiek ėsdiklio skiedimas izopropanoliu. Gauti ėsdinimo rezultatai varijuojant ėsdiklio savybes pademonstruoti spalvinėje diagramoje (1 pav.). Ėsdiklio koncentracijos mažinimas ir maišymas su nedideliu kiekiu izopropanolio (5-20%) leidžia padidinti selektivitymo vertes iki maždaug 3000. Paminėti proceso patobulinimai atveria galimybes vis

sudėtingesnių ir tikslesnių darinių gamybai, tokiems kaip itin tikslios kanalų sistemos kaip pademonstruota 1 pav. (b) ir (c) dalyse.



1 pav. (a) selektivitymo priklausomybė nuo kalio šarmo ir izopropanolio koncentracijos kalio šarmo tirpale, (b) ir (c) aukšto matmenų santykio kanalai stiklo tūryje

Reikšminiai žodžiai: lazerinis mikroapdirbimas, 3D dariniai, stiklo apdirbimas

Literatūra

- [1] J. Gottmann, M. Hermans, N. Repiev, J. Ortmann, Selective laser-induced etching of 3D precision quartz glass components for microfluidic applications - up-scaling of complexity and speed, *Micromachines* **8**(4), 110 (2017).
- [2] C. A. Ross, D. G. Maclachan, D. Choudhury, R. R. Thomson, Optimisation of ultrafast laser assisted etching in fused silica, *Opt. Express* **26**(19), 24343 - 24356 (2018).
- [3] S. Butkus, M. Rickus, R. Sirutkaitis, D. Paipulas, V. Sirutkaitis, Fabrication of high aspect ratio channels in fused silica using femtosecond pulses and chemical etching at different conditions, *J. Laser Micro. Nanoen.* **14**(1), 19 - 24 (2019).