

# Mikro-fluidinio Makro-molekulių Separatoriaus Gamyba Tiesioginiu Femtosekundiniu Lazeriniu Rašymu

## Fabrication of Microfluidic Macromolecule Separator by Femtosecond Direct Laser Writing

Deividas Andriukaitis<sup>1,2</sup>, Dovilė Andrijec<sup>1</sup>, Rokas Vargalis<sup>1</sup>, Agnė Butkutė<sup>1,2</sup>, Olga Kornušova<sup>3</sup>, Tomas Drevinskas<sup>3</sup>, Vilma Kaškonienė<sup>3</sup>, Mantas Stankevičius<sup>3</sup>, Audrius Maruška<sup>3</sup>, Linas Jonušauskas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Femtika, UAB, Saulėtekio al. 15, Vilnius 10224

<sup>2</sup>Lazerinių tyrimų centras, Fizikos Fakultetas, Vilniaus Universitetas, Saulėtekio al. 10, 10223 Vilnius

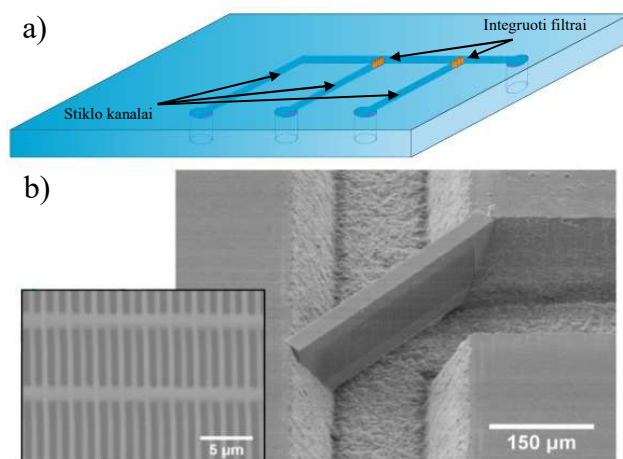
<sup>3</sup>Chemijos Katedra, Vytauto Didžiojo Universitetas, Vileikos g. 8, Kaunas 3035

deividas@femtika.lt

Tiesioginis lazerinis rašymas naudojant femtosekundinį (fs) lazerį yra patraukli technologija leidžianti apdirbti daugelį medžiagų [1]. Didžiulę įtaką šios technologijos populiarumui ir naujiems pritaikymams padarė lazerinės inžinerijos kilimas ir tobulėjimas. To pasekoje buvo pradėta gaminti modernias, bei derinamas fs-lazerines sistemas, su kuriomis įmanoma kontroliuoti įvairius lazerio parametrus tokius kaip: pulso trukmė (nuo sub-200 iki 10 ps), pasikartojimo dažnį (1-1000 kHz) ir pulso energiją (nJ-mJ). Medžiagų apdirbimo srityje galima pamatyti ultra-trumpųjų impulsų naudojimą, kuris praplečia tiesioginio lazerinio rašymo greitį bei kokybę [2]. Suderinus šią technologiją su greitai gaminama įranga [3] galima gaminti ganėtinai sudėtingus darinius, kurie gali būti integruoti į mikro-prietaisus.

Šiame darbe pristatome integruotą mikrofluidinį filtru paremtą makro-molekulių separatorių. Jis pagamintas naudojant hibridinio tiesioginio lazerinio rašymo technologiją. Naudojant adityvų formavimą galima gaminti mikro-filtrus [4] su galimybe pakeisti jų porų dydį, kurio paskirtis yra filtruoti mikro-daleles skystyje. Šios technologijos privalumas yra galimybė gauti sub-difrakcinius darinius yra realizuota filtro gamyboje. Filtrų porų dydis gali varijuoti nuo 250 iki 1000 nm. Minėti filtrai su skirtingais porų dydžiais gali būti integruojami į mikro-kanalų sistemas taip pasiekiant kelių lygių dalelių filtravimą. Formuojant šiuos darinius buvo susidurta su struktūrų iškraipymu dėl kapiliarinių jėgų ryškinimo metu. Ši problema buvo išspręsta modifikavus filtro modelį. Filtrai yra integruojami į stiklinius kanalus, kurie yra išabliuoti naudojant femtosekundinį lazerį. Darbo metu buvo iteruojami įvairūs abliacijos parametrai ir režimai. Geriausi rezultatai gauti naudojant impulsų papliulę (angl. burst) režimą. Kombinavus su tinkamais gamybos parametrais, lazerio pluoštas buvo skenuojamas m/s eilės greičiu tuo pat metu išlaikant iki 5% kanalo geometrijos sutapimą su teoretiniu. Paviršiaus šurkštumas - iki kelių ~um RMS. Tiek abliacijos ir integracijos operacijos buvo atliktos naudojant ta pačią įrangą tik keičiant fokusuojančią optiką ir lazerio parametrus. Galiausiai buvo atliktas sandarinimas. Iš trijų opcijų, kurios yra lazerinis virinimas, adhezinis sandarinimas ir terminis sujungimas buvo pasirinkta trečioji opcija, dėl atsikartojamumo ir

proceso paprastumo. Šiame darbe buvo skirta daug dėmesio gamybos proceso našumo optimizavimui. Sukombinavus visas minėtas technologijas, pilnai veikiantį mikro-fluidinį makro-molekulių separatorių pavyko pagaminti mažiau negu per valandą (išskiriant medžiagos paruošimo laiką). Šis ganėtinai trumpas proceso laikas veda į naujus mikro-molekulių separatoriaus pritaikymus.



1 pav. a) dviejų lygių filtravimo schema sudaryta iš dviejų makro-molekulių separatorių, integruotų išabliuotame mikro-kanalų sistemoje. b) integruoto makro-molekulių separatoriaus SEM atvaizdas.

Padidintame vaizde matomos aukštos skyros filtro poros (~500 nm).

### Literatūra

- [1] L. Jonušauskas, D. Mackevičiūtė, G. Kontenis, and V. Purlys, "Femtosecond lasers: the ultimate tool for high-precision 3D manufacturing," *Adv. Opt. Technol.* 8(3-4), 241-251 (2019).
- [2] A. Žemaitis, P. Gečys, M. Barkauskas, G. Račiukaitis, and M. Gedvilas, "Highly-efficient laser ablation of copper by bursts of ultrashort tuneable (fs-ps) pulses," *Sci. Rep.* 9, 12280 (2019).
- [3] L. Jonušauskas, T. Baravykas, D. Andrijec, T. Gadišauskas, and V. Purlys, "Stitchless support-free 3D printing of free-form micromechanical structures with feature size on-demand," *Sci. Rep.* 9, 17533 (2019).
- [4] L. Amato, Y. Gu, N. Bellini, S. M. Eaton, G. Cerullo, and R. Osellame, "Integrated three-dimensional filter separates nanoscale from microscale elements in a microfluidic chip," *Lab Chip* 12, 1135-1142 (2012).