

Vandens lašelio tūrio prognozavimas mikroskysčių gardelėse

Droplet volume prediction for microfluidics chips

Valdemaras Milkus¹, Linas Mažutis¹

¹Vilniaus Universitetas, Gyvybės mokslų centras, Saulėtekio al. 7, LT-10257 Vilnius

valdemaras.milkus@bti.vu.lt

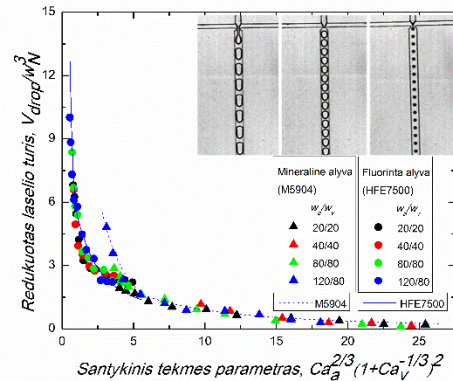
Mikroskysčių (angl.- Microfluidics) technologija yra paremta laminarine skysčių tėkme kanaluose, kurių aukštis ir plotis 10-100 mikrometrų (10^{-5} - 10^{-4} m). Biochemijos ir biologijos tyrimuose vis plačiau yra naudojamos mikroskysčių gardelės, kuriose dviejų nesimaišančių skysčių dėka gaminami lašeliai, atskirti pavienes ląsteles ar biomolekules. Vandens lašelių tūrį galima kontroliuoti keičiant tekės parametrus, o tai suteikia praplečia analitines galimybes charaktertizuojant biologinius mėginius. Šiame darbe naudojama tekės geometrija paremta vandeninės terpės suspaudimu iš dviejų pusių alyvos skersinio srauto dėka ir siauro purkštuko (angl.- Nozzle) sukuriama papildomu pasipriešinimu (angl.-Flow-focusing junction). Taip suformuojami pikolitru- nanolitru tūrio (10^{-12} - 10^{-9} l) vandens lašeliai alyvoje (1 pav.).

Nors lašelių technologija naudojama seniai, pilno teorinio aprašymo lašelio susidarymui nėra. Ankstesni modeliai paaiškina ir teoriškai gali nuspėti tik dalį stebimų lašelio dydžio skirtumų. Teorinį modelį apskunkina ne tik eksperimentinių (tekės srautų Q , klampų η) ir geometrinių gardelės parametrų gausa (kanalų aukštis ir plotis- H , w , purkštuko plotis w_N), bet ir paviršiaus aktyvių medžiagų (angl.-Surfactant) naudojimas lašelių stabilumui užtikrinti [1]. Šių medžiagų adsorbicija lemia mažėjančią paviršiaus įtempties koeficientą γ .

Mūsų modelis paremtas veikiančių jėgų pusiausvyros sąlyga. Skysčius stumiančios šlyties ir pasipriešinimo slėgio jėgos yra atsveriamos paviršiaus įtempties jėga. Tarp dviejų skysčių ir kanalo sienelių susidaranti trinties jėga lemia energijos sklaidos atsiradimą ir jėgų pusiausvyros pažeidimą. Pusiausvyros pažeidimo metu lašelis nutrūksta ir šis procesas kartojasi pastoviu periodu. Todėl visų lašelių tūris yra vienodas. Ankstesniuose darbuose buvo įrodyta, kad stačiakampio skerspjūvio kanale energijos sklaidą labiausiai lemia išorinės alyvos tekės greitis [1], [2].

Mūsų tiriamuoju atveju energijos sklaida yra proporcinga kapiliariniam skaičiui, kuris nusako klampos ir paviršiaus įtempties jėgų santykį:

$$Ca_{(a,v)} = \frac{\eta_{(a,v)} Q_{(a,v)}}{\gamma H w_{(a,v)}}. \quad (1)$$



1 pav. Lašelio redukuoto tūrio eksperimentinės vertės ir šio modelio prognozuojamos kreivės.

Nustatyta, kad trinties jėga ir susijusi energijos sklaida yra pagrindinis veiksnys, keičiantis lašelio tūrį. Santykinis tekės parametras leidžia skirtingų kanalų pločių ir lašelių tūrių vertes apibendinti viena funkcija (1 pav.). Šis modelis tinka skirtingo tankio ar klampumo alyvoms (fluorintai ir mineralinei), taip pat ir ne-Niutoninės klampos tirpalams. Apskaičiuotos funkcijos gali nesutapti esant lėtai apgaubiančios alyvos tekmei skirtingo pločio kanaluose. Silpnėsnė konvekcija lemia didesnę paviršiaus aktyvių medžiagų adsorbiciją ir paviršiaus įtempties koeficiento γ sumažėjimą. Šiuo atveju lašelio tūriui sužinoti reikalingas pilnos pusiausvyros lygties sprendimas skaitmeniniais metodais.

Reikšminiai žodžiai: mikroskysčiai, lašelis, klampa, sklaida, paviršiaus įtemptis

Literatūra

1. C. N. Baroud, F. Gallaire, and R. Danga, **Lab Chip**, 2010, 10, 2032–2045.
2. H. Wong, C.J. Radke and S. Morris, **J. Fluid Mech.** (1995), vol. 292, pp. 95-11