

Plenáris előadás kivonata

Bioinspirált polimer alapú autonóm mikrofluidikai rendszerek mikroszerkezet – anyagválasztás – felületmódosítás – integráció – alkalmazás

Dr. Fürjes Péter

MTA Energiatudományi Kutatóközpont
Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Budapest

A mikrofluidikai rendszerek egyik alapvető feladata a mintatranszport biztosítása az analitikai és orvosbiológiai alkalmazásokra fejlesztett Lab-on-a-Chip eszközök esetén, amely feltételezi a pontos vezérelhetőséget, és ezáltal a mérésnek megfelelő mintamennyiségek megbízható, adott áramlási sebességgel történő mozgatását. A bonyolult integrált aktív elemek vagy a költséges és energiaigényes külső eszközök helyett kézenfekvő – a LFA típusú tesztek példáját figyelembe véve – az autonóm működést biztosító, kapillaritáson alapuló eszközök fejlesztése, melyek segítségével hordozható, kisméretű, olcsó rendszerek megvalósítása is lehetővé válik.

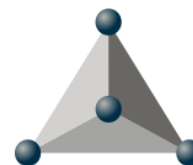
Anyagtulajdonságok és geometria

A bioanalitikai rendszerek miniaturizálását a félvezető-megmunkálásban bevetten használt mikrotechnológiai eljárások adaptálása és alkalmazása tette lehetővé. Ma már azonban nemcsak félvezetőiparban elterjedten alkalmazott szilícium alapanyagból lehet robusztus mikrorendszereket előállítani, a költséghatékonyság jegyében a polimer szerkezeteket is elterjedten alkalmazzák.¹ Nagy előnyük, hogy fröccsöntéssel technológiával olcsón és könnyen megmunkálhatóak. Alkalmazásukat azonban nehezíti a kisméretű szerves molekulák (pl: gyógyszermolekulák), szerves oldószerek adszorpciója. Legnagyobb hátrányuk felületük hidrofób jellege, ami megnehezíti, hogy segítségükkel felületkezelés, módosítás nélkül vizes bázisú minták kezelésére alkalmas autonóm rendszereket valósítsunk meg. A hidrofób jelleg miatt a csatornák felületén nagymértékű lehet a fehérjék illetve más biomolekulák nem-specifikus adszorpciója is. A megcélzott bioanalitikai alkalmazás szempontjából kritikus anyagjellemzők tehát: átlátszóság, biokompatibilitás, hidrofil csatornafalak, elenyésző nem-specifikus bekötődés a szabad felületeken, kémiai stabilitás és a technológiába való integrálhatóság. A folyadék-minta szállítását és kezelését megvalósító mikrofluidikai rendszerek esetében tehát alapvető a megfelelő anyagválasztás, kialakítási és felületmódosítási technológia alkalmazása.²

A kapilláris pumpák folyadékszallító képessége függ a csatornarendszer felületének nagyságától, nedvesíthetőségétől, valamint morfológiájától, ennek megfelelően adott alapanyag esetén a felületi mikrostruktúra változtatásával az elérhető áramlási sebességek befolyásolhatóak. Megfigyelhető például, hogy a természetes növényi vízszállító rendszerek (xylem) belsejében különböző másodlagos struktúrák találhatók, melyek megnövelik a kapillárisok felületének érdességét, így a vízszállító képességét. A tervezetten megvalósított mikrostruktúrák az általunk tervezett mikrofluidikai rendszerekben is lehetőséget biztosítanak tehát a kontrolált áramlási sebességek beállítására.

¹ P. Fürjes, E. G. Holczer, E. Tóth, K. Iván, Z. Fekete, D. Bernier, F. Dortu, and D. Giannone, PDMS microfluidics developed for polymer based photonic biosensors, *Microsystem Technologies* 21:(3) pp. 581-590., 2015, DOI: 10.1007/s00542-014-2130-y

² E. Holczer, Z. Fekete, P. Fürjes: Surface modification of PDMS based microfluidic systems by tensides, *Material Science Forum* 729 361-366, 2013



Eredmények

Kutatócsoportommal eljárást dolgoztunk ki PDMS alapanyagban kialakított csatornák felületi tulajdonságainak módosítására, és a természetben megtalálható vízszállító rendszerek mikroszerkezetének adaptálásával kapilláris pumparendszert terveztünk kontrolált folyadékszállítási tulajdonságokat megcélozva. A PDMS-t a térhálósodás előtt tenzid molekulákkal (TX-100, PDMS-PEO) módosítva jelentősen tudtuk javítani a mikrofluidikai rendszerek hidrodinamikai ellenállását és a szabad felületeken tapasztalható nem-specifikus fehérjebekötődést. Emellett a teljes mikrofluidikai rendszer megvalósíthatóságát szem előtt tartva igyekeztünk az alapanyag kiváló kötési tulajdonságait (üveg, Si felületekhez) is megtartani.³

Olcso, eldobható passzív kapilláris pumpát valósítottunk meg. Kialakítása előtt elemeztük az élővilágban sikeresen alkalmazott struktúrák makro- és mikro-szintű architektúráját, majd ezen alapuló mesterséges – bioinspirált – mikrokapilláris szerkezeteket hoztunk létre. A kialakított szerkezetek viselkedését elemeztük és vizsgáltuk az alkalmazott felületmódosítási eljárások és a különböző mikrostruktúrák hatását is a kapilláris rendszer teljesítményére.

Előadásomban konkrét diagnosztikai példán is bemutatom, hogy kapilláris struktúrák geometriájának optimalizálásával és a megfelelő alapanyag illetve felületmódosítás megválasztásával olyan mikrofluidikai rendszerek hozhatóak létre, melyek hatékony és vezérelt folyadéktranszportot képesek biztosítani hordozható analitikai eszközökben.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom az MTA EK MFA MEMS Laboratóriuma munkatársainak technológiai szakértelmükért és PhD hallgatóim (kiemelve Holczer Esztert) lelkes munkájáért. Köszönöm továbbá a MedInProt Fehérjetudományi Kiválósági Együttműködési Program támogatását.

³ E. Holczer, P. Fürjes, Bioinspired capillary systems for autonomous microfluidic application, Proceeding of the "Mátrafüred 2014" Conference on Electrochemical Sensors, Visegrád, Hungary, 2014

E. Holczer, T. Kárpáti and P. Fürjes, Controlled capillary transport in locally modified polymer microfluidic systems, Proceedings of Microfluidics 2014, Heidelberg, Germany, 2014

E. Holczer, P. Fürjes, Effects of micropatterning and surface modification of microfluidic channels on capillary water transport, Proceedings of Eurosensor2014, Brescia, Italy, 2014