

다층구조의 미세유체채널을 이용한 자성입자 분리

이혜린*[†] · 송석흥* · 정효일*

Magnetic beads separation using a multi-layered microfluidic channel

Hye-Lyn Lee, Suk-Heung Song and Hyo-Il Jung

Key Words : Magnetic Beads(자성입자), Microfluidic Channel(미세유체 채널), Electromagnet (전자석)

Abstract

This paper presents the design and experiment results of a multi-layered microsystem for magnetic bead applications. The magneto-microfluidic device is designed for capable of separating magnetic beads. In the presence of the magnetic field, magnetic beads are attracted and moved to high gradient magnetic fields. A multi-layered microfluidic channel consists of top and bottom layers in order to separate magnetic beads in the vertical direction. Our channel is easily integrated magnetic cell sorter, especially on-chip microelectromagnet or permanent magnet device. Fast separation of magnetic beads in top and bottom channels can be used in high throughput screening to monitor the efficiency of blood and drug compounds.

기호설명

T : 테슬라(Tesla; Wb/m²)

1. 서 론

미세유체 채널과 자장을 이용한 자성입자분리 기술은 암 질환이나 면역질환 환자의 진단 및 치료를 위해 특정 세포를 분리하거나, 각종 유도물질에 대한 약물 검색 시스템 등 다양한 분야에서 연구, 개발되고 있다[1, 2]. 자장을 이용한 분리 연구에서 주로 사용되는 미세유체 채널은 평면구조의 채널이 대부분 이었다 [1, 4].

본 연구에서는 전자석과 미세유체 채널을 이용하여 자성입자를 분리하는 연구를 하였으며, 특히 미세유체 채널을 단층이 아닌 다층 구조로 제작하여 채널 내의 자성입자가 자장과 중력의 영향을 받아 보다 효율적으로 분리 될 수 있는 수직 방향의 시스템을 구성하였다. 이러한 다층 구조를 가진 미세유체 채널 장치의 효율을 알아보기 위해 영구자석과, 전자석을 사용하여 테스트한 결과를 분석하였다.

2. 다층구조 미세유체채널

2.1 다층구조 미세유체 채널 장치

[†] 책임저자, 회원, 연세대학교 기계공학과
E-mail : uridle7@yonsei.ac.kr
TEL : (02)2123-5814 FAX : (02)2123-2159
* 연세대학교 기계공학과

자체 제작한 전자석과 다층구조의 미세유체 채널로 구성된 자성입자 분리 장치의 시스템은 Fig. 1 과 같다. 상층 채널의 inlet 으로 buffer 용액을 유입시키고, 하층 채널의 inlet 으로는 자성입자 혼합액을 유입시킨다. 채널 내를 흐르는 자성입자는 자기장의 영향을 받아 상층채널로 이동하게 되고 상층의 outlet 로 분리되어 나오게 된다.

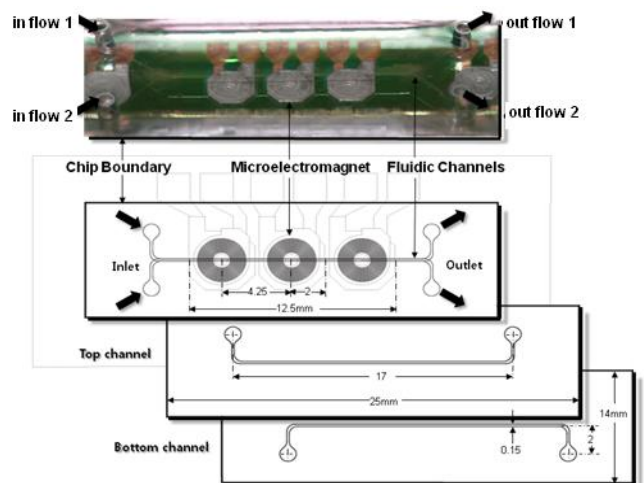


Fig. 1 Illustration of the multi-layer structured microfluidic channel with on-chip electromagnet

2.2 제작

미세유체채널은 Photo-lithography 공정을 이용하여 PDMS 로 제작하였으며, 이는 (1) 마스크 패턴 제작, (2) SU-8 마스터 제작, (3) PDMS 채널 주형, (4) 플라즈마 접착 순으로 되어있다.

상층과 하층의 채널을 각각 제작하여 다층 미세유체 채널을 제작하였다.

전자석은 컨덕터코일, 절연층 및 강자성체로 구성 되어있다.

다층구조의 미세유체 채널 장치의 크기는 약 25mm x 14mm x 5mm 이며 미세유체채널의 길이는 17mm, 폭은 150 μ m, 깊이는 100 μ m 이었다.

3. 자성입자 분리 실험

제작된 미세유체 채널의 자성입자 분리 시 자기장 크기는 3.19mT 의 영구자석과 1.55mT 의 전자석을 이용하였다. 주사기 펌프를 사용하여 자성입자 혼합액과 buffer 용액을 inlet 유량 10 μ m/min 으로 유입시켰다. 자성입자는 직경 2.8 μ m 의 Dynabead M280 을 사용하였다. Fig. 2 는 다층구조의 미세유체 채널의 outlet 사진으로, 자기장을 가해주었을 때 상층 채널과 하층 채널로 분리 된 자성입자의 양상을 볼 수 있었다.

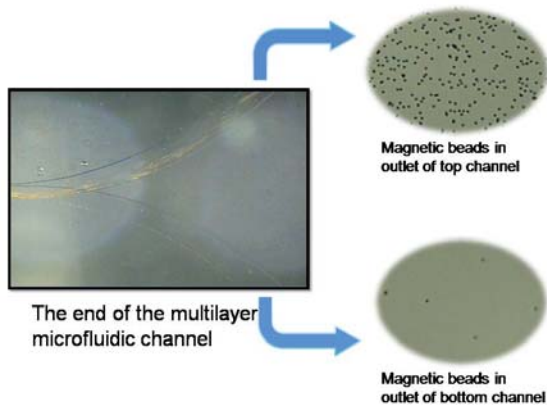


Fig. 2 Photographs of the magnetic beads in outlet of the multi-layered microfluidic channel with magnetic fields

4. 결과

본 장치의 분리효율을 계산하기 위해 채널의 상층과 하층의 outlet 으로 분리된 자성입자의 개수를 비교해본 결과는 Fig. 3 과 같았다. 첫째, 자기력이 가해지지 않은 경우(negative control) 17.79%의 자성입자가 검출되었다. 이것은 채널 내 유동에 따른 diffusion 에 의한 현상으로 볼 수 있다. 둘째, 전자석인 경우 분리효율은 92.40%로서 매우 높은 효율을 얻을 수 있었다. 마지막으로, 영구자석인 경우, 분리효율은 98.75%로서 전자석의 경우와 마찬가지로 우수한 효율을 얻을 수 있었다. 이 결과는

일반적인 평면구조채널의 효율이 90% 내외임을 감안할 때[3, 4], 본 장치가 보다 우수함을 확인 할 수 있다.

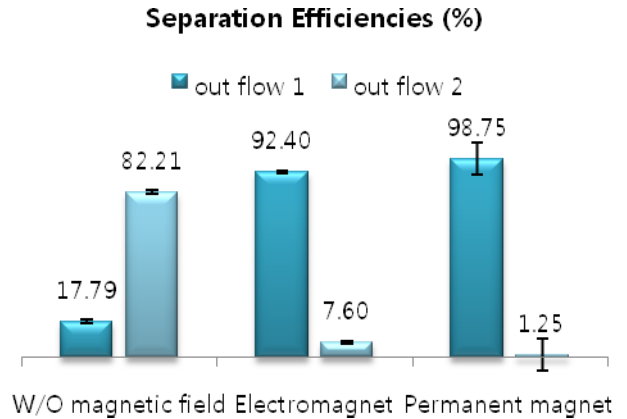


Fig. 3 Experimental results of the separation efficiencies

5. 결론

본 연구의 다층구조 미세유체채널을 이용한 수직 방향의 자성입자 분리 실험 결과, 높은 효율을 보임을 확인할 수 있었다. 더욱이 본 장치는 간단한 제작공정으로 손쉽게 다층구조의 미세유체 채널을 제작할 수 있으며 적은 비용으로 빠르고 간편한 분리가 가능하다. 또한 항원항체 반응을 이용한 세포분리 및 약물검색 시스템 등에 이용 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) Kim, J., U. Steinfeld, H. Lee and H. Seidel, 2007, "Development of a novel micro immune-magnetophoresis cell sorter", *Sensors*, 2007 IEEE, pp.1081-1084.
- (2) Choi, J., C. Ahn, S. Bhansali and H. Henderson, 2000 , "A new magnetic bead-based, filterless bio-separator with planar electromagnet surfaces for integrated bio-detection systems", *Sensors & Actuators: B. Chemical*, Vol. 68, No. 1-3, pp. 34-39.
- (3) Bu, M., T. B. Christensen, K. Smistrup, A. Wolff and M. F. Hansen, 2008, "Characterization of a microfluidic magnetic bead separator for high-throughput applications", *Sensors and Actuators, A: Physical*, Vol. 145-146, No. 1-2, pp. 430-436.
- (4) Smistrup, K., O. Hansen, H. Bruus and M. Hansen, 2005, "Magnetic separation in microfluidic systems using microfabricated electromagnets experiments and simulations", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 293, No. 1, pp. 597-604.