

# 전기 영동을 이용한 공기 중 미생물 분리

문희성\*†, 남윤우\*\*, 박재찬\*\*, 정효일\*

## Dielectrophoretic separator for Airborne Microbes

Hui-Sung Moon\*†, Yun-Woo Nam\*\*, Jae Chan Park\*\* and Hyo-Il Jung\*

**Key Words:** Dielectrophoresis(유전영동), Continuous cell separation(연속적 세포 분리), Microfluidics(미세 유체), Microbes detection(미생물 검침)

### Abstract

For direct detection of microbes in air, samples have to be collected but environmental particles such as dust are also trapped in such samples. Therefore the isolation of target bacteria from non-biological materials of similar size is of great importance in the identification of such organisms. Dielectrophoresis is an emerging technique that can rapidly separate cells in microfluidics. In this paper we proposed a new method for the separation of airborne microbes using condensation and dielectrophoresis. This system could be used as a continuous flow through separation system for various particles and utilized as a pretreatment technique for microbe detection.

### 기호설명

$r$  : 입자의 반지름

$\epsilon_e$  : 유전율

$K[\omega]$  : Clausius-Mossoti factor

$\omega$  : 주파수

$E$  : 전기장 세기

### 1. 서론

최근 위생에 대한 관심이 증대함에 따라 공중 보건을 위협하는 박테리아, 바이러스, 곰팡이 등과 같은 미생물에 대한 실시간 검침법에 대한 수요가 늘고 있다. 하지만 실제 환경에서는 박테리아와 각종 먼지들이 섞여있어 직접적인 검침에

어려움이 있다[1]. 본 연구진은 박테리아 검침의 전처리 과정으로써 non-biological material부터 박테리아를 분리해내는 세포 분리를 고안하였다.

세포를 포함한 미세 입자를 전기적으로 제어하는 방법으로 유전 영동법(Dielectrophoresis, DEP)이 많은 관심을 불러일으키고 있다. 유전영동은 비균일한 전기장과 입자의 편극도(Polarizability)의 상호작용에 의해 발생하며 유전영동으로 인해 구형의 입자가 받게 되는 힘 (DEP force)는 다음과 같은 수식으로 표현된다[2].

$$F_{DEP} = 2 \pi r^3 \epsilon_e \{ \text{Re}[K(\omega)] \} \nabla E^2$$

이때 전기장이 강한 쪽으로 힘을 받는 것을 positive DEP, 강한 쪽에서 밀어내려는 힘을 받는 것을 negative DEP 라 한다. Fig1의 구조를 이용하면 이러한 입자의 전기적 물성치에 따라 입자들을 분리할 수 있다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 제작

본 Device는 Si/SiO<sub>2</sub> wafer에 Ti/Au를 증착(각각 300Å/7000Å)하여 전극을 패터닝 하였고

† 연세대학교 기계공학과

E-mail : uridle7@yonsei.ac.kr

TEL : (02)2123-5814 FAX : (02)2123-2159

\* 연세대학교 기계공학과

\*\* 삼성중합기술원 Bio & Health Lab

마이크로 채널은 SU8 mold로 PDMS replica를 만드는 soft lithography 공정을 이용하여 제작하였다. 분리 영역의 채널은 폭 x 길이 x 높이가 각각 320 $\mu$ m x 10mm x 40 $\mu$ m의 크기를 지닌다 (Fig 2.).

### 2.2 bead 실험

고안된 device의 feasibility를 측정하기 위해 3.3x10<sup>6</sup>개/ml의 0.71  $\mu$ m와 0.2  $\mu$ m polymer bead를 0.0018mS/cm의 D.W에 넣어 0.1  $\mu$ l/min의 속도로 채널에 유입시켰다. 전원은 5V, 1MHz로 공급하였다.

### 2.3 bead/박테리아 분리실험

air born 박테리아의 일종인 *Micrococcus aureus*을 Nutrient broth에서 배양한 후 centrifuger를 이용해 D.W로 매질을 바꾸었다. 여기에 0.2  $\mu$ m bead를 혼합하여 2.2와 같은 조건으로 실험을 진행하였다. 단 전압은 박테리아의 viability에 영향을 최소화하기 위해 1V를 가했다.

## 3. 결과

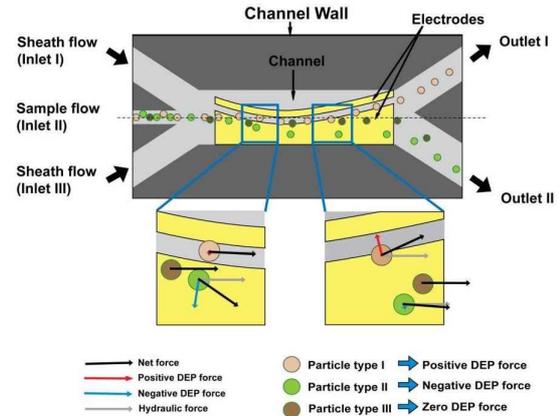
분리 실험 결과 0.71  $\mu$ m bead와 박테리아 모두 Positive DEP를 보이면서 곡선모양 전극의 edge를 따라 흘러갔다. 그 결과 Fig 3에서 볼 수 있듯이 95% 이상의 순도로 Outlet I로 sorting 되었고 Recovery 역시 87% 이상으로 대부분의 target 입자를 outlet I 으로 추출하는데 성공했다. 한편 위의 조건에서 실험하는 동안 박테리아의 viability에는 문제가 없는 것으로 관찰되었다.

## 4. 결론

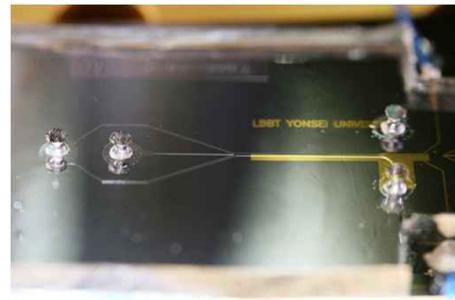
본 실험에서 DEP를 이용하여 효과적으로 박테리아와 다른 입자들 미세유로상에서 분리하는데 성공했다. 이 기술은 미생물 센서의 전처리 과정에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 예상된다.

### 후 기

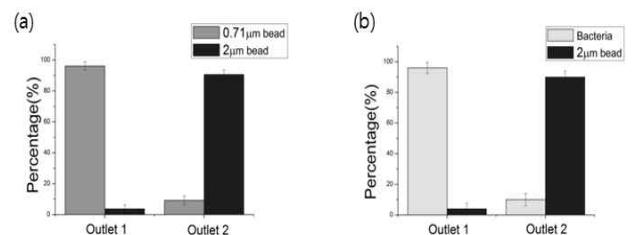
본 연구는 삼성종합 기술원과 환경부의 연구비 지원(#101-082-035)으로 수행 되었음.



**Fig 1.** Schematic diagram of dielectrophoretic separator. Edges of each electrodes show higher electric field than other region.



**Fig 2.** Image of fabricated device.



**Fig 3.** Separation results. (a)0.71 $\mu$ m and 2 $\mu$ m beads. (b)Bacteria and 2 $\mu$ m bead.

### 참고문헌

- (1) H. O. Fatoyinbo, M. P. Hughes, S. P. Martin, P. Pashby, F. H. Labeed. 2007, "Dielectrophoretic separation of *Bacillus subtilis* spores from environmental diesel particles," *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. 9, pp. 87-90
- (2) H. A. Pohl, 1978, "Dielectrophoresis," *Cambridge University Press*, pp. 17-43