

# 비규소식 접합형 전계 효과 트랜지스터

김광복<sup>1</sup>, 한지형<sup>3</sup>, 김희찬<sup>2,\*</sup>, 정택동<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 대학원 협동과정 바이오엔지니어링

<sup>2</sup>서울대학교 의과대학 의공학교실, 의학연구원 의용생체공학연구소

<sup>3</sup>서울대학교 화학부

## Nonsilicon based Junction Field Effect Transistor

K. B. Kim<sup>1</sup>, J. -H. Han<sup>3</sup>, H. C. Kim<sup>2,\*</sup> and T. D. Chung<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Interdisciplinary Program, Bioengineering Major, Graduate School, Seoul National University, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Department of Biomedical Engineering, College of Medicine and Institute of Medical and Biological Engineering, Medical Research Center, Seoul National University, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Department of Chemistry, Seoul National University, Seoul, Korea

### Abstract

This paper reports that the output characteristics of nonsilicon based junction field effect transistor (JFET) can be implemented by effectively controlling the ions in microchannel using a microfluidic chip with conductive charge-selective polymers of different polarity. The proposed JFET system based on microfluidic chip has poly-DADMAC which is positive charge polyelectrolytes and poly-AMPSA which is negative charge polyelectrolytes, perpendicular to the flowing direction of fluid, on the wall of microchannel. It was confirmed using fluorescent dyes with different charges that when a gate voltage is applied between these two polyelectrolytes, anions move to the polymers in the main channel through poly-DADMAC and cations through poly-AMPSA, thus forming an ion-depletion region.

### 연구 배경

최근 전자공학의 전자를 대신하여 이온의 효과적인 전기적 제어를 통해 다이오드 및 트랜지스터와 유사한 특성을 보인 연구들이 발표되고 있다. 서로 다른 극성의 폴리머 전해질을 갖는 두 개의 젤 전극을 서로 겹쳐 다이오드의 전류-전압 특성곡선을 보인 폴리 전해질 다이오드는 교류 및 직류 전원에서도 매우 안정적인 특성을 갖으며, 이를 마이크로 플루이딕 칩에 집적하여 이온 구동 회로를 구현한 연구가 보고 되었다[1]. 일반적으로 마이크로 채널의 듀바이 길이(Debye length)는 채널 넓이에 비해 매우 작지만, 나노 채널의 경우 반대로 듀바이 길이(Debye length)가 나노 채널보다 크기 때문에 전해질의 농도와 채널 표면의 극성에 영향을 받는다. 이러한 나노 채널의 특징을 이용하여 게이트 전압으로 표면 극성을 변화시켜 소스-드레인 사이의 전도도를 변화시킨 나노플루이딕 트랜지스터가 제안되기도 하였다[2]. 본 연구에서는 마이크로 플루이딕 칩 시스템에서의 효과적인 이온 조절을 위하여 극성이 다른 폴리머 전극을 만들었으며, 이를 이용하여 접

합형 전계 효과 트랜지스터를 제안하고자 한다.

### 연구 방법

제안된 마이크로 플루이딕 칩 기반의 접합형 전계 효과 트랜지스터는 마이크로 채널 벽에 유체가 흐르는 방향과 수직으로 양전하를 띄는 폴리머(poly-DADMAC)와 음전하를 띄는 폴리머(poly-AMPSA)가 형성되어 있으며, 두 폴리머 사이에 일정 전압을 인가하면 음이온은 양전하 폴리머로, 양이온은 음전하 폴리머를 통하여 메인 채널에서 각 폴리머 쪽으로 이동하게 됨으로서 이온 공핍 영역을 형성하게 된다. 이를 확인하기 위해 극성이 다른 형광 샘플을 이용하였다. 이온 공핍 영역은 두 폴리머 양단에 공급해준 게이트 전압이 커짐에 따라 증가하며, 따라서 트랜지스터의 소스와 드레인 사이의 전류는 이온 공핍 영역의 영향을 받아 변화하게 됨을 입증하고자 한다. 게이트 전압의 변화에 따른 소스-드레인 사이의 전류  $I_D$ 의 변화를 관찰하기 위하여 마이크로 플루이딕 칩 기반의 트랜지스터 출력 특성 곡선을 측정하였다.

### 연구 결과

그림 1과 같이 극성이 다른 폴리머 양단에 게이트 전압을 인가하면 메인 채널로부터 양이온 및 음이온이 순간적으로 제거되어 이온 공핍 영역이 발생한다. 이러한 이온 공핍 영역은 마이크로 채널에 국소적으로 전도도를 떨어뜨리는 효과를 갖으며, 접합형 전계 효과 트랜지스터와 같은 출력 특성을 보임을 알 수 있다.

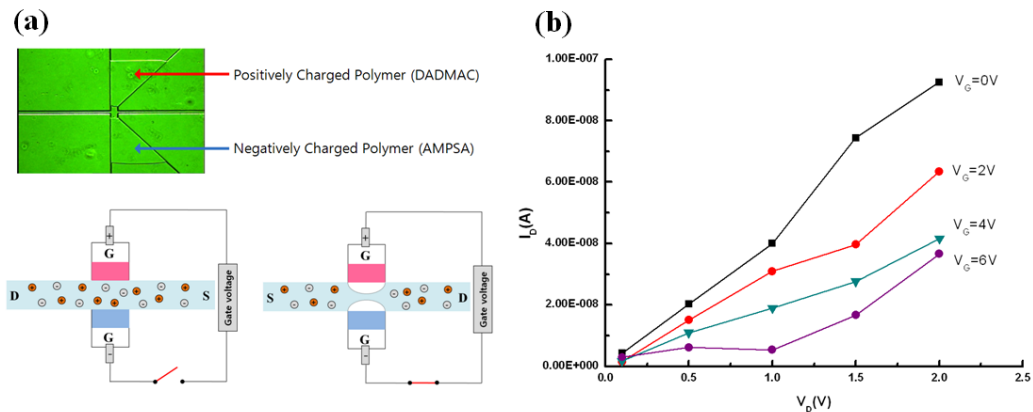


그림 1. (a) 마이크로 플루이딕 칩 기반의 트랜지스터 및 이온 공핍 영역 발생 원리 (b) 게이트 전압에 따른 소스-드레인 전류 변화

### Acknowledgements

본 연구는 한국과학재단을 통해 교육과학기술부의 바이오기술개발사업으로부터 지원받아 수행되었습니다 (2005-01287).

### 참고 문헌

- [1] J.-H. Han, K. B. Kim, H. C. Kim, and T. D. Chung, *Angew. Chem., Int. Ed.* 48, 3830, 2009.
- [2] R. Karnik, R. Fan, M. Yue, D. Li, P. Yang, and A. Majumdar, *Nano Lett.* 5, 943 2005.