

교류 전기장 배열 기법에 의해 제작된 ZnO 나노선 기반의 자외선 광다이오드 ZnO NW-based ultraviolet photodiodes fabricated by dielectrophoresis technique

김광은*, 강정민*, 이명원*, 윤창준*, 전영인*, 김상식* , * **

Kwangeun Kim*, Jeongmin Kang*, Myeongwon Lee*, Changjoon Yoon*, Youngin Jeon*, and Sangsig Kim* , **

고려대학교 전기전자전파공학과*, 고려대학교 나노반도체공학과**

Department of Electrical Engineering, Korea University*

Department of Nanosemiconductor Engineering, Korea University**

Abstract: 교류 전기장에 의해 배열된 ZnO 나노선 기반의 광다이오드를 제작하고 자외선 광특성을 조사하였다. ZnO 나노선은 dielectrophoresis (DEP) force와 토크 (T)에 의하여 두 전극사이에 배열되며, silicon (Si)나노선과 접합을 하여 p-n 접합을 형성한다. 형성된 p-n 접합은 정류작용을 하는 다이오드 특성을 보이며, 자외선 입사시 전류 점멸비 (on/off ratio) $10^1 \sim 10^2$ 을 보이는 광다이오드 (photodiode)로서 동작한다.

Key Words : ZnO nanowire, Si nanowire, p-n junction, photodiode, dielectrophoresis

1. 서 론

ZnO 나노선은 와이드 밴드갭 에너지 (3.24 eV), 및 큰 exciton 결합 에너지 (60 meV)를 지닌 특성으로 인하여 광센서 (photosensor), 태양전지 (solar cell), 및 발광다이오드 (LED)등의 다양한 광소자 물질로서 사용되고 있다. 본 실험에서는 n-ZnO 나노선과 p-Si 나노선을 교차하여 p-n 접합을 형성한 후 자외선 영역의 수광 특성을 가지는 ZnO 나노선 기반 포토다이오드 (photodiode)를 제작한다.

2. 결과 및 토의

식각 공정을 통하여 형성한 Si 나노선을 플라스틱 기판위에 전사한 후 Au 전극을 증착한다. 다음으로 ZnO 나노선의 배열을 위한 Al 전극을 Si 나노선과 교차되도록 증착하고, 전극에 교류 바이어스를 인가하며 methanol 용액에 분산되어 있는 ZnO 나노선을 두 전극 사이에 배열한다. ZnO 나노선은 교류 바이어스에 의한 dipole의 형성으로 인하여 다음과 같은 dielectrophoresis (DEP) force를 받는다 [1].

$$F_{DEP} = \frac{\pi r^2 l}{2} \epsilon m K(\omega) \nabla E_{rms}^2 \quad (1)$$

또한 ZnO 나노선은 전기장 내에서 방향성에 영향을 미치는 토크 (T)의 영향을 받는다.

$$T = p \times E \quad (2)$$

따라서 교류 전기장 내의 ZnO 나노선은 식 (1)과 (2)의 DEP force와 T에 의해 두 Al 전극사이에 배열되며, 동시에 Si 나노선과 접합하여 p-n 접합을 형성한다. 제작된 나노선 p-n 접합은 정류작용을 하는 diode로서 동작하며, 자외선 입사에 대한 전류 점멸비 (on/off ratio) $10^1 \sim 10^2$ 을 보이는 photodiode로서 동작한다. 이는 자외선에 의하여 ZnO 나노선의 전도대 (conduction band)에 생성된 전자들이 전류의 흐름을 증가시킴으로서 나타나는 현상으로, n-ZnO 나노선과 p-Si 나노선이 교차되어 형성된 p-n 접합은 photodiode로서 효율적으로 동작함을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단이 지원하는 나노원천기술개발사업 (CINS), 세계수준의 연구중심대학 육성사업 (WCU)과 한국산업기술개발원이 지원하는 중기거점기술개발사업, 중소기업청이 지원하는 중소기업기술혁신개발사업, 한국산업기술평가원이 지원하는 핵심기반기술개발사업 (시스템IC2010), 서울시정개발연구원이 지원하는 특허기술상품화 기술개발 지원사업, 하이닉스(주)-고려대학교 나노반도체 프로그램의 산학 위탁 연구비 지원에 의하여 수행되었다.

참고 문헌

- [1] S. Kumar, S. Rajaraman, R. A. Gerhardt, Z. L. Wang, and P. J. Hesketh, "Tin oxide nanosensor fabrication using AC dielectrophoretic manipulation of nanobelts", *Electrochimica Acta*, Vol. 51, No. 5, p. 943, 2005.

† 교신저자) 김상식, e-mail: sangsig@korea.ac.kr, Tel: 02-3290-3245
주소: 서울시 성북구 안암동5가 고려대학교 공과대학 전기전자전파공학과