

기상합성법을 이용하여 합성한 단일 실리콘 나노선에 대한 광전류 측정

김경환, 김기현, 강정민, 윤창준, 정동영*, 민병돈, 조경아, 김상식, 서민철**
 고려대학교 전기공학과, 중점연구소*
 삼성SDI AT그룹 개발1팀 중앙연구소**

Photocurrent of Single Silicon Nanowire Synthesized by Thermal Chemical Vapor Deposition

Kyung-hwan Kim, Kihyun Keem, Jeongmin Kang, Changjoon Yoon, Dong-young Jeong*, Byung-don Min, Kyungah Cho, Sangsig Kim and Minchul Suh**

Department of Electrical Engineering Korea University

Institute for Nano Science Korea University*

AT Group Tech. Development 1-Team Corporate R&D Center, Samsung SDI Company**

Silicon(Si) nanowires have been grown by thermal chemical vapor deposition using the 20h ball-milled SiO powders under controlled conditions without the catalyst. For the synthesis of Si nanowires, Al₂O₃ substrates were used. Current-Voltage(I-V) and photoresponses were measured for the single Si nanowire in vacuum at room temperature. The light sources for these measurements were the 325 nm wavelength line from a He-Cd laser and the 633 nm wavelength line from a He-Ne laser. The intensity of the photoresponse is independent of the illumination time. And rise and decay times of the photoresponses are shorter than 1 sec.

1. 서 론

탄소나노튜브(CNT)[1]가 발견된 이후로 나노구조 반도체 물질의 합성이 중요한 관심사가 되기 시작하였다. 다양한 나노물질들 중에서 1차원 구조의 실리콘(Si) 나노선에 대한 관심이 증가되고 있다. 최근의 많은 과학자들이 Si 나노선 합성[2]과 Si 기반의 나노소자[3]에 대한 연구를 진행하고 있다. 또한 많은 연구그룹들이 다양한 나노선을 이용하여 광전류현상[4]에 대한 연구를 진행하고 있다. 그러나 Si 나노선에서의 광전류 현상에 대한 연구는 아직 미비한 것으로 알려지고 있다.

따라서 본 연구에서는 먼저 기상합성법을 통해 합성한 실리콘 나노선의 구조적 특성을 Scanning Electron Microscopy(SEM), X-ray diffraction(XRD), High resolution Transmission Electron Microscopy(HRTEM)을 통해 분석하고, 단일 Si 나노선에 대한 광전류 특성을 325nm 파장의 He-Cd 레이저와 633nm의 He-Ne 레이저를 이용하여 확인하였다.

2. 실험

Si 나노선은 기상합성법을 통해 성장시켰다. Si 나노선은 20시간동안 ball-mill 과정을 거친 -325 mesh의 고순도의 SiO 분말(Aldrich Company)을 전기로 중앙에 위치시킨다. 전기로 내의 압력은 250 torr로 유지하면서 Ar(95%) +H₂(5%) gas를 흘려준다.[2] 그 후 1350 °C로 1시간동안 가열을 하여 합성을 한다. 단일 Si 나노선에 금속전극을 형성하기 위해 광사진식각공정을 이용하여 2단자 Au/Ti 금속전극을 형성한다.

단일 Si 나노선에 대한 광전류 특성을 확인하기 위해

325 nm 파장의 He-Cd 레이저와 633 nm의 He-Ne 레이저를 이용하여, Si 나노선의 광전류 현상을 확인 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1의 (a)는 합성된 Si 나노선의 SEM 이미지와 Selected-Area Electron Diffraction(SAED)패턴의 모습이다. 그림 (b)와 (c)는 나노선의 HRTEM 이미지이다. 그림 (b)에서 나노선의 격자가 선명하게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 그림 (c)는 Si 나노선의 특징인 구부러짐 현상의 원인이 되는 stacking faults[5]가 나타남을 확인하였다.

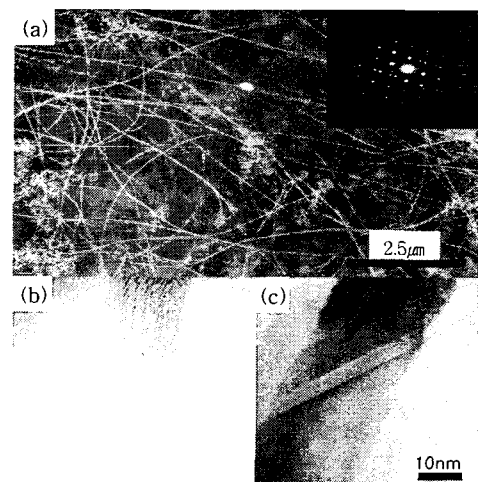


그림 1. (a) Si 나노선의 SEM 이미지와 SAED패턴. (b), (c) HRTEM 이미지.

그림 2는 Si 나노선의 XRD 이미지이다. 나노선들이 방

항성을 가지고 잘 자라고 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과를 통해 성장된 Si 나노선들이 결정성이 좋은 나노선임을 확인하였다.

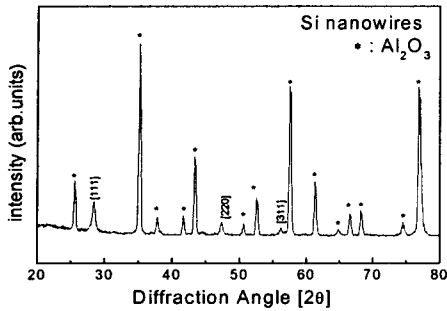


그림 2. Si 나노선의 XRD

그림 3의 (a)는 단일 Si 나노선의 2단자 Au/Ti 금속 전극을 형성한 그림이다. 광사진식각공정을 이용하여 두께가 대략 70~80 nm 정도, 길이가 10 μm 정도의 나노선에 3 μm 간격의 금속 전극을 형성하였다. 그림 (b)는 단일 Si 나노선의 I-V 특성으로 그 모습이 비선형적으로 나타나는 것을 확인하였고, 이것은 Si 나노선과 Ti 전극 사이에 schottky 장벽이 존재하기 때문일 것으로 여겨진다.

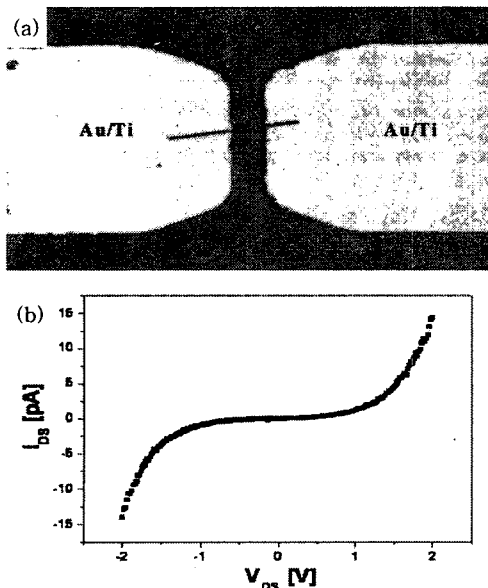


그림 3. (a) 단일 Si 나노선의 Au/Ti 금속전극 형성 및 I-V 특성

그림 4는 단일 Si 나노선의 광전류에 대한 특성을 확인한 그림이다. 그림 (a)는 325 nm 파장의 He-Cd 레이저에 대한 Si 나노선의 광전류 특성이고, 그림 (b)는 633 nm의 He-Ne 레이저를 이용하여 확인한 Si 나노선의 광전류 특성이다. 상온, 상압에서 소스-드레인 사이의 전압을 3 V로 하고 레이저를 100초 마다 on/off를 반복하여 광전류 현상을 확인하였다. 그림에서 보는 것과 같이 응답속도가 매우 빠르게 나타나는 것을 확인하였다.

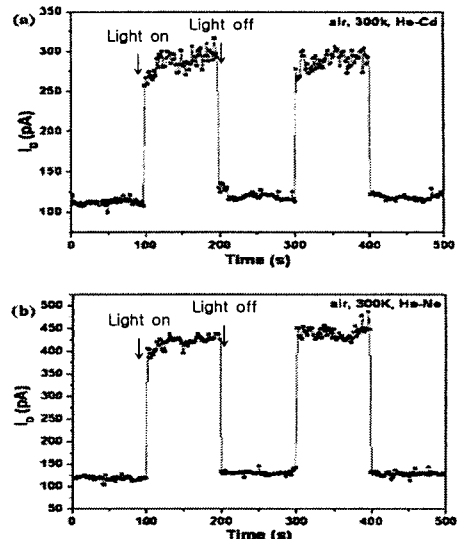


그림 4. 단일 Si 나노선의 광전류 특성. (a) 325nm 파장의 He-Cd 레이저. (b) 633nm의 He-Ne 레이저

4. 결론

본 연구에서는 20시간 ball-mill 처리된 SiO 분말을 이용하여 기상합성법을 통해 단결정의 고순도 Si 나노선을 합성하고, 합성된 나노선을 이용하여 2단자의 Au/Ti 전극을 광사진식각공정으로 형성하였다. 단일 Si 나노선의 2단자 패턴을 통해 측정된 I-V 특성은 비선형적으로 나타나는 것을 확인하였고, 이것은 Si 나노선과 Ti 전극 사이에 schottky 장벽이 존재하기 때문일 것으로 여겨진다. 단일 Si 나노선은 325 nm 파장의 He-Cd 레이저와 633 nm의 He-Ne 레이저에 빠른 반응을 보이는 것을 확인하였다. 이것은 Si 나노선이 고성능 광 검출기로의 활용이 유용함을 확인해 주고 있다.

감사의 글

본 연구는 과학재단의 특정연구개발사업, 산업자원부의 나노핵심기술개발사업, 삼성SDI로부터의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] N. Hamada, S. Sawada, and A. Oshiyama, Phys. Rev. Lett. 68, p.1579, 1992.
- [2] S. T. Lee, Y. F. Zhng, N. Wang, Y. H. Tang, I. Bello, and C.S. Lee. J. Mater. Res. 14, p.4503, 1999.
- [3] O. H. Elibol, D. Morisette, D. Akin, J. P. Denton, and R. Bashir, Appl. Phys. Lett. 83, p.4613, 2003.
- [4] Kihyun Keem, Hyunsuk Kim, Gyu-Tae Kim, Jong Soo Lee, Byungdon Min, Kyoungah Cho, Man-Young Sung, and Sangsig Kim, Phys. Appl. Lett. 84, p.4376, 2004.
- [5] Y. F. Zhang, Y. H. Tang, N. Wang, D. P. Yu, C. S. Lee, I. Bello, and S.T. Lee, appl. phys. Lett. 72, p.1835, 1998.