

강자성체/p-Si의 쇼트키 다이오드 구조에서 터널 특성

상지대학교 윤문성*, 이진용, 함상희, 김순섭, 김지훈, 김보경, 윤태호, 이상석, 황도근
단국대학교 김선옥, 숙명여자대학교 이장로

Tunneling Properties of Ferromagnet/p-Si Schottky Diode Structure

Sangji University M. S. Yoon*, J. Y. Lee, S. H. Ham, S. S. Kim, J. H. Kim, B. K. Kim, T. H. Yoon, S. S. Lee, D. G. Hwang
Dankook University S. W. Kim, Sookmyung Women's University J. R. Rhee

1. 서 론

최근에 스핀트로닉스 주요 관심 소자의 하나인 자성체와 반도체 하이브리드형 쇼트키 장벽 다이오드 (Schottky Barrier Diode; SBD) 소자는 금속과 반도체간의 장벽전압에 의해 다수 전자가 이동하는 현상을 이용한 것으로서 과거에 신호 검파용으로 사용하던 금속 접촉 다이오드와 유사한 구조와 원리를 가진다. 내부 저항이 작고 동작속도가 빨라서 PC의 전원 장치와 같이 고속, 고효율을 요구하는 환경에 많이 사용된다. 쇼트키 장벽 소신호 다이오드와 쇼트키 장벽 정류기의 구분은 불분명하며 보통 0.5 A를 기준으로 구분한다. 장벽 금속의 두께로 인해 허용 역 전압이 최고 100 mV 정도로 대단히 낮으며 각 제조업체마다 이 허용 역 전압을 높이기 위해 신제품을 개발 중이다. 또한 이동통신 및 휴대기기 등의 전력소모를 최소화할 수 있는 초절전형 반도체 소자인 SBD를 연구 발표되었다. 이번에 개발한 SBD가 휴대폰, 워크맨, MP3플레이어 등의 기기에 전류, 전압 제어용 개별 반도체로 들어가는 기존의 다이오드에 비해 전력소모를 크게 줄일 수 있는 효과가 있다고 설명했다. 본 연구는 스핀 주입형 다이오드 및 트랜지스터 소자 개발을 목표로 바닥 전극체인 Cu와 p-Si 위에 증착된 SrTiO₃에 강자성체 구조를 가진 쇼트키 다이오드의 전압-전류 특성과 4단자 자기저항 측정법을 이용하여 전류-전압 (I-V) 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

Fig. 1(a)는 자성체와 p-Si 반도체 터널링 과정의 에너지 간격을 설명한 것이고, (b)는 Glass/Cu/p-Si/SrTiO₃/Al 혹은 Co 다층 구조를 도식화 한 것이다. (b)형태의 다층 구조에서 바닥 전극체로 반자성체인 Cu를 사용하였고, 버퍼층으로 P-Si를 증착시켰다. Top층은 Al 혹은 Co를 사용하였다. 이 두 가지 다층박막 구조의 시료들은 Corning #7059 유리 위에 이온 빔 증착 시스템을 이용하여 상온에서 제작하였다. 6개의 3-인치 타겟이 장착된 초고진공(UHV) 이온 빔 시스템은 기본 진공도가 5.0×10^{-9} Torr을 유지하였으며, 박막 증착시 1.0×10^{-4} Torr를 유지하면서 증착하였다. Si 증착시 3인치 p-형 Si 웨이퍼를 사용하였다. 증착시 빔 전압은 800 V, 전류는 6.0 mA를 유지하였고, Cu, Co, Al, Si층의 증착율은 0.1~0.3 Å/s의 균일한 증착률을 보여주었다. SrTiO₃ 증착시에는 Main 챔버에서 시료를 꺼낸 후 rf-스

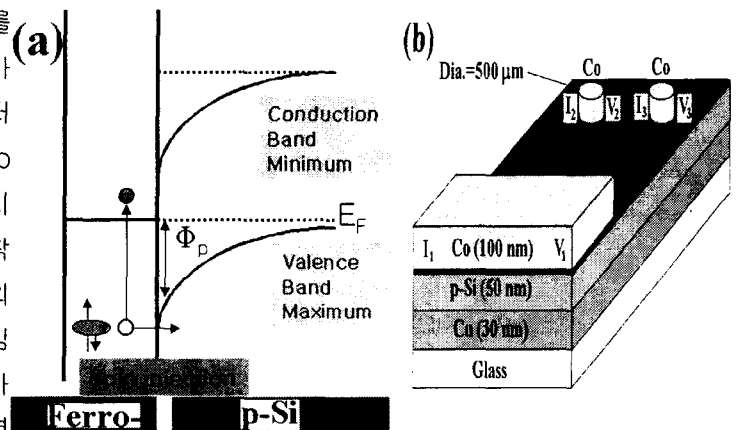


Figure 1.

를 사용하였다. 증착시 빔 전압은 800 V, 전류는 6.0 mA를 유지하였고, Cu, Co, Al, Si층의 증착율은 0.1~0.3 Å/s의 균일한 증착률을 보여주었다. SrTiO₃ 증착시에는 Main 챔버에서 시료를 꺼낸 후 rf-스

퍼터 증착법을 이용하였다. 기판에 성장한 p-Si 박막의 2.7 eV 에너지 간격을 나타내었다. p-Si 기판의 반도체 특성을 그대로 내포하고 있으므로, 스핀 주입에 터널링 소자 제작에 적합할 것으로 예상된다.

3. 실험결과 및 분석

Fig. 2은 Fig. 1(b)에 도시된 전극 형태에서 측정된 산화층이 없는 Glass/Cu/p-Si/Al 구조의 전압-전류 특성 그래프이다. Fig. 3는 산화층 SrTiO₃가 있는 Glass/Cu/P-Si/SrTiO₃/Co 구조의 전압-전류 특성 그래프이다. (a)는 I1(-)-I2(+), V1(+)-V2(-) 조건에서의 I-V 특성이고, (b)는 I1(+)-I2(-), V1(+)-V2(-) 조건, (c)는 I1(-)-I2(+), V1(-)-V2(+) 조건, (d)는 I1(+)-I2(-), V1(-)-V2(+) 조건에서의 I-V 특성을 보여주고 있다. Fig. 4의 (a)~(d)까지의 그래프에서 터널 현상의 변화가 일어나고 있음을 알 수 있다. 그러나 비선형적이고 약한 비대칭적인 그래프는 기본적인 터널링 현상만을 보여주므로, 현재로서는 쇼트키 정류 다이오드 현상으로는 볼 수 없다.

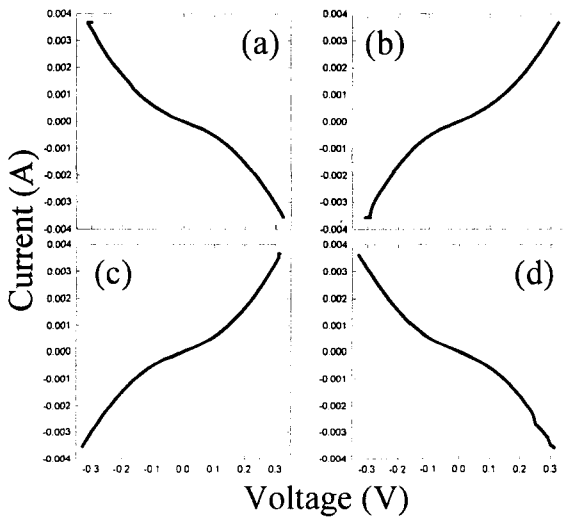


Figure 2.

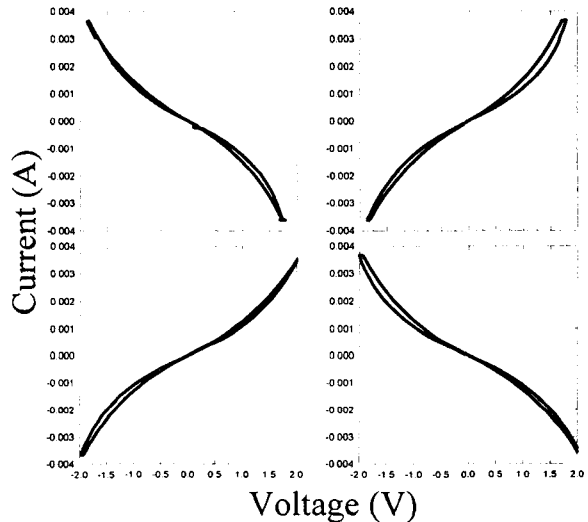


Figure 3.

4. 결 론

이온 빔 증착법으로 제작한 Si/SrTiO₃/Al[혹은 Co] 쇼트키 다이오드 구조의 전압-전류 특성을 조사하였다. p-Si 위에 성장한 SrTiO₃/Al[혹은 Co]는 전압-전류 특성에서 비선형적인 터널 현상을 보여주었고, SrTiO₃층의 균일한 성장으로 인하여 Co 같은 강자성체로 이루어진 구조에서 자기터널형 쇼트키 다이오드의 전압-전류 특성을 얻을 수 있는 가능성을 보여 주었다.