

쌍에피택셜 LSMO Grain 경계 SDT 접합소자 제작 및 특성

상지대 이상석*, 황도근, 현한주, 박현아
숙명여대 최규리, 이장로

Fabrication and Characteristics of Biepitaxial LSMO Grain Boundary SDT Junction Device

Sangji Univ. S. S. Lee*, D. G. Hwang, H. J. Hyun and H. A. Park
Sookmyung Women's Univ. K. L. Choi and J. R. Rhee

1. 서 론

현재까지의 전자공학은 전자의 스핀거동을 거의 무시한 상태에서 발전을 거듭해왔다. 자성체와 반도체 혹은 부도체로 조합된 이중 (hetero) 구조에서 스핀의존전자 수송현상을 다루는, 즉, 전자공학파 자기학을 접목한 자기전자공학 (magnetoelectronics) 이라는 새로운 장의 출현으로 스핀의존터널링 (spin-dependent tunneling; SDT) 접합에 의한 스핀의존산란에 대한 물성연구와 거대자기저항 (GMR)과 초거대 자기저항 (CMR) 특성을 응용하여 자기정보저장 센서로 이용하려는 움직임이 자성재료학을 연구하는 학자들 사이의 커다란 관심이 되고 있다.

본 논문에서는 전자의 터널링현상이 생기는 박막면내 터널접합형식으로 스핀편극이 100%인 반금속 (half metal)이며 CMR 특성을 갖는 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) 쌍에피택셜 (biepitaxial) 박막을 이용한 새로운 스핀의존터널링 (spin-dependent tunneling; SDT) 접합 소자의 실험결과를 소개한다.

2. 실험방법

In-plane 상에서 LSMO/barrier(45° grain boundary)/LSMO 경계접합을 형성한 쌍에피택셜 LSMO 박막을 잘 연마된 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ 크기의 $\text{MgO}(001)$ 와 $\text{Al}_2\text{O}_3(11\bar{2}0)$ 단결정 기판 위에 SrTiO_3 층, MgO 층, CeO_2 층들을 각각 Ar + O_2 부분압력 1 mTorr, 기판온도 850°C 에서 rf 스퍼터링 증착, O_2 부분압력 0.5 mTorr와 650°C 에서 전자빔증착, O_2 부분압력 0.05 mTorr와 850°C 에서 전자빔 증착을 하였다. SrTiO_3 층, MgO 층, CeO_2 층의 증착율과 증착두께는 각각 1000 Å과 10 Å/min, 100 Å과 0.5 Å/sec, 400 Å과 0.5 Å/sec이다. Seed층인 MgO 층은 리소그라피한 보호막 PR과 전자사이클로트론공명 (Electron Cyclotron Resonance; ECR) 장치를 사용하여 산소이온의 가속전압 600 V, 빔전류 20 mA로 약 10분간 밀링하였다. PR을 없앤 후 얇은 MgO 층의 격자이완현상을 줄여 CeO_2 층과 SrTiO_3 층의 양호한 결정성장을 위해 산소분압 100 Torr, 기판온도 750°C 에서 10분간 열처리를 반드시 하였다. CeO_2 층이나 $\text{Al}_2\text{O}_3(11\bar{2}0)$ 층 위에 LSMO 박막은 기판온도 700°C 에서 증착율 10 Å/min, 두께 1200 Å을 dc sputtering inverted cylindrical magnetic source와 $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ target을 이용한 방법으로 증착하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림-1(a)는 LSMO/SrTiO₃/(MgO)/Al₂O₃ (11 $\bar{2}$ 0) 박막구조로 제작한 쌍에피텍셜 grain 경계접합에 수평으로 자기장을 인가하여 경계접합에 대한 자기저항곡선과 A와 B 영역에서 얻은 자기저항곡선이다. 온도 77 K에서 측정된 MR 곡선으로부터 얻은 최대 MR비는 13 % 이었다. 그림-1(b)는 LSMO/CeO₂/(MgO)/SrTiO₃/MgO(100) 박막구조로 제작한 쌍에피텍셜 grain 경계접합에 수평과 수직으로 각각 자기장을 인가하여 얻은 경계접합에 대한 자기저항곡선과 A와 B 영역에서 얻은 자기저항곡선이다. 온도 77 K에서 측정된 MR곡선으로부터 얻은 최대 MR비는 32 % 이었다. 그림-1 (a)와 (b)는 150~200 Oe 인 저자기장이내에서 MR이 크게 변하고 있다는 것을 보여준다. 이 결과는 경계면의 접합폭 수직 A로 추정되는 LSMO 박막 경계 장벽사이의 터널링효과에 의한 것으로 추정된다. 완전한 SDT 접합 특성을 보기 위하여 경계 접합부분에 화학적 처리나 ECR-ion 밀링을 이용한 dry 에칭을 통해 경계접합이 손상 없이 완전한 부도체 장벽층으로 in-plane상에서 에피텍셜 LSMO/insulator/LSMO의 SDT 접합구조를 형성하기 위해 연구개발 중에 있다.

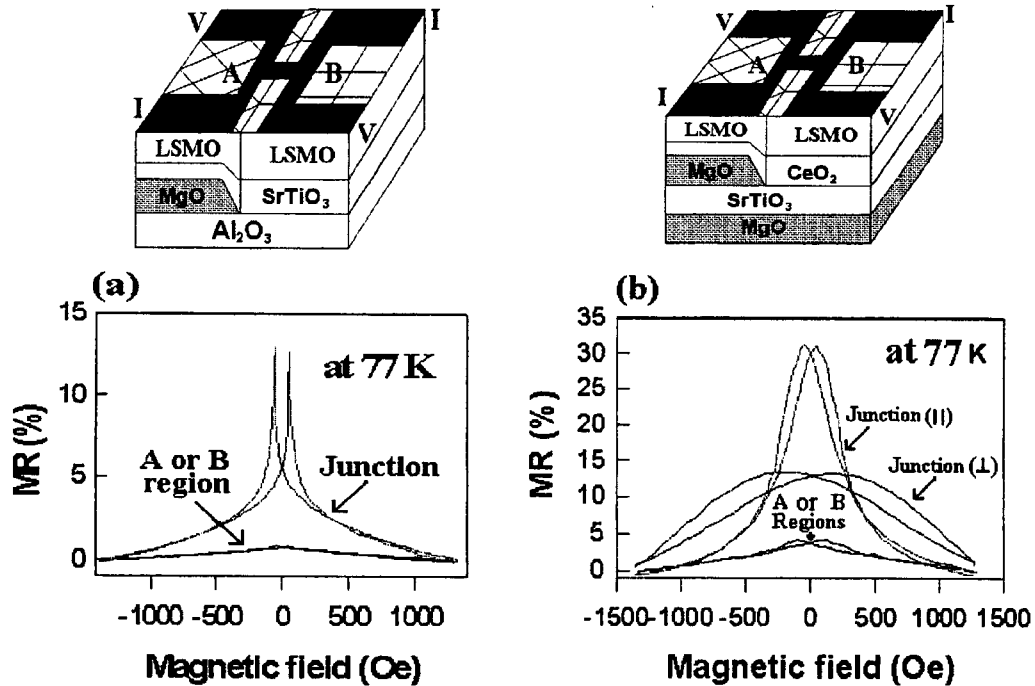


Fig. 1. Low field MR curves of biepitaxial (a) LSMO/SrTiO₃/(MgO)/Al₂O₃ (11 $\bar{2}$ 0) films and (b) LSMO/CeO₂/(MgO)/SrTiO₃/MgO(100) films measured at 77K.