

La_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃ 박막의 저산소압 증착과 물리적 특성의 영향 및 이종접합구조에서의 P-N 접합 특성

송종현*

충남대학교 물리학과, 대전광역시 유성구 궁동 220번지

Low Oxygen Pressure Growth and its Effects on Physical Properties of La_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃ Thin Films and Characteristics of P-N Junction in Heterostructure

J. H. Song

Department of Physics, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

1. 서론

최근 들어 초거대자기저항 (colossal magnetoresistance) 현상을 보이는 페로브스카이트 계열의 망간 산화물들이 다양한 전자기적 특성을 보임이 관측되었으며 따라서 이 물질들의 자기센서, MR 헤드 분야 등에 폭넓은 활용 가능성을 기대하며 소자 응용 가능성에 염두에 둔 연구가 활발히 진행되어지고 있다[1,2]. 특히 La_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃ (LCMO) 산화물은 초거대자기저항이 처음 발견된 망간 산화물의 모태 물질로서 그 제반 특성에 관하여 연구가 매우 활발히 진행되어 왔으나 박막형태로의 합성 과정에서 일반적으로 매우 높은 산소 분압을 요구되어 그 응용성이 제약을 받아왔고 구체적인 소자 응용의 사례 또한 아직 미약하다[3]. 본 연구에서는 망간 산화물 박막의 제조 방법에 따른 플라즈마 운동에너지의 역할 이해를 목표로 고효율 증착법에 의한 낮은 산소 분압 증착과 스핀다이오드 제작을 위한 이종접합구조에서의 p-n 접합 특성에 대하여 연구하였다.

2. 실험방법

LCMO 박막의 합성을 위하여 Pulsed Laser Deposition (PLD) 방법을 이용하였으며 이때 소스 타겟은 고상반응법에 의하여 단상으로 합성되었다. 증착 챔버 내의 산소분압은 variable leak valve를 이용하여 정밀하게 조절되었으며 챔버 내부의 균일한 산소분압을 위하여 산소 노즐의 길이는 짧고 또 그 위치는 챔버 벽에 가깝게 하였으며 이로써 기관 부위와 실제 산소 분압을 측정하는 곳에서의 차이가 없도록 하였다. 증착 표면의 정밀한 구조 관측을 위하여 Reflection high energy electron diffraction (RHEED) 형상을 실시간으로 관측, 분석하였으며 이를 통해 시료의 정확한 두께와 구조를 구할 수 있었다. 각 시편의 결정 구조는 고분해능 X-선 회절기를 이용하여 분석되었으며 전기-수송 특성은 Four-Probe 방법으로 Physical Property Measurement System (PPMS)를 이용하여 측정하였으며 자기적 특성은 Magnetic Property Measurement System (MPMS) 로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

PLD 증착시 발생하는 플라즈마 내부 물질들의 운동에너지 차이에 따른 LCMO 박막의 물리적 특성 차이를 조사하기 위하여 타겟 표면의 레이저 점 (laser spot) 의 크기를 5.0×10^{-2} 에서 $10.2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ 까지 변화시켰을 때 전기적 특성과 자기적 특성은 각각 Fig. 1과 2와 같다. 이를 정리하여 요약하면

- (1) 높은 에너지의 플라즈마를 이용하여 증착한 박막의 경우 산소 분압이 1.0×10^{-6} Torr 일 때 큐리 온도가 220 K로 가장 높았으며 1.0×10^{-5} Torr 일 때에는 180 K로 관측되었고 이때 두 시편 모두 금속-절연체 전이 현상을 보였다. 반면 낮은 에너지 플라즈마를 이용하여 증착한 박막의 경우 절연체 특성을 보였으며 그 큐리 온도는 약 100 K로 매우 낮았다.
- (2) 위의 관측 결과로 미루어 볼 때 증착시의 플라즈마 에너지와 모양이 시편의 물리적 특성을 결정짓는 중요한 역할을 한다.

합성된 박막으로 LCMO/Nb-STO 이중접합구조 p-n 접합을 제작하였고 이때의 전류-전압의 측정 결과는 정류 특성을 띠었으며 이는 그림 3과 같다.

5. 결론

위의 결과로 미루어 보았을 때 LCMO 박막의 합성과 이를 이용한 p-n 소자의 결론은 다음과 같다.

- (1) 박막 합성 조건 중에서 높은 에너지의 플라즈마를 이용하였을 때 박막의 물리적 특성이 크게 향상되었으며 이는 증착 시 플라즈마 내부의 원자 운동에너지가 박막의 질을 향상시키는 매우 중요한 변수임을 나타낸다.
- (2) LCMO/Nb-STO 이중접합구조의 전기적 성질은 정류 특성을 보였으며 이는 LCMO를 이용한 소자 제작의 가능성을 나타낸다고 할 수 있다.

6. 참고문헌

- [1] C. Zener, *Phys. Rev.* **82**, 403 (1951).
- [2] R. von Helmut, J. Wecker, B. Holzapfel, L. Schultz and K. Samwer, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 2331 (1993).
- [3] T. Y. Koo, S. H. Park, K.-B. Lee, and Y. H. Jeong, *Appl. Phys. Lett.* **71**, 977 (1997).

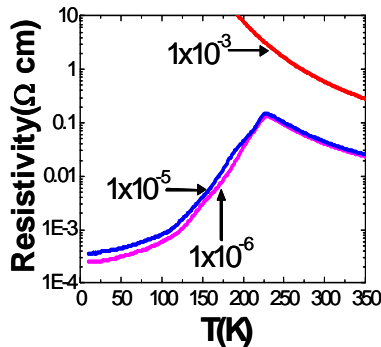


Fig. 1. 전기전도도의 온도의존성.

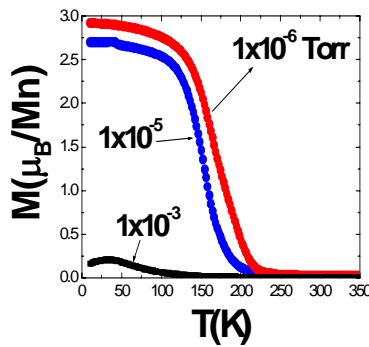


Fig. 2. 산소분압에 따른 M-T 곡선의 변화.

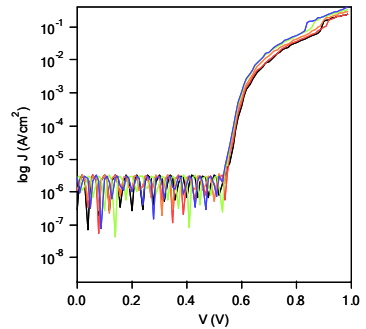


Fig. 3. LCMO/Nb-STO 이중접합 구조의 전압-전류 특성.