

RF 마그네트론 스퍼터링법으로 제작한 고온 내구성 InSbO₄ 박막의 물성 평가Characterization on high temperature durability of InSbO₄ deposited by RF magnetron sputtering이현준^{a*}, 조상현^{a,b}, 송풍근^a^{a*}부산대학교 재료공학과(E-mail: hyunjunlee@pusan.ac.kr), ^b대구 테크노파크 나노융합실용화센터 나노융합개발팀

초 록 : InSbO₄ (Indium antimony oxide) 박막을 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 SiO₂가 코팅된 Si wafer (SiO₂/Si) 기판 또는 400°C 에서 용해된 석영 유리 (silica glass) 기판 위에 증착시켰다. 고결정성과 화학양론의 InSbO₄ 막을 증착시키기 위해 최적화된 조성의 In_{0.2x}Sb_{0.3x}O_x 타겟을 이용하여 Ar과 O₂ 혼합 가스 분위기에서 스퍼터링 증착을 수행하였다. InSbO₄ 막은 가시광 영역에서 80%이상의 투과도를 보였고, 400°C 에서 1100°C 사이의 어닐링 온도에서는 InSbO₄ 막의 전기적 성질이 높은 고온 내구성을 가지는 것을 알 수 있었다. 그러나 1200°C 이상의 어닐링 온도에서는 새로운 Sb₂O₄ 상의 분리로 인해 InSbO₄ 막의 비저항이 급격히 증가하였다.

1. 서론

고품질의 대면적 평판 디스플레이 생산을 위해 점차 증가하는 기술적 요구를 충족시키기 위해 비저항을 상당량 줄이는 TCO 박막을 증착하는 데에 많은 노력이 집중되고 있다. 대부분의 TCO 박막에 대한 선행연구는 Sn이 도핑된 Indium Oxide (ITO) 박막에 대하여 연구되어왔지만, 최근의 TCO 박막은 가격 저감과 자원 유용성의 관점에서 ITO를 대체할 물질을 장려하여 적은 양의 In을 함유하고 있다. 따라서 이성분계 또는 삼성분계로 구성된 다성분계 산화물이 TCO 박막을 위한 새로운 물질로 보다 주목받고 있다. 몇몇 새로운 다성분계 n-type TCO로는 MgIn₂O₄, Zn₂SnO₄, Zn₂In₂O₅, InGaZnO₄ 등이 보고되었다.¹⁻⁴ 반면에 무기 발광 디스플레이 소자에 적용되는 TCO에서는 발광층이 900°C 보다 높은 온도에서 어닐링 되어야하므로 전기적 성질 측면에서 매우 높은 고온 내구성이 요구된다. AZO (Al doped ZnO), ITO 또는 SnO₂와 같은 전형적인 TCO 박막에서는 전기적, 광학적, 화학적 안정성이 고온에서의 후열처리에 의해 급격히 저감한다는 몇몇 보고가 있다.^{5,6} InSbO₄는 새로운 다성분계 n-Type TCO로 흥미로운 물질 중 하나인데, 양이온 자리를 차지하는 In³⁺와 Sb⁵⁺ 이온이 격자상수 a, b인 루틸 구조 (rutile structure)를 이루고 각각의 값은 0.474 nm와 0.3215 nm 이다.⁷ 이 값들은 동일하게 루틸 구조를 가지는 SnO₂의 격자상수 a=0.4748, b=0.3187과 매우 유사하다.⁸ Shirnova의 연구에 의하면 열역학적 연구에 의해 주어진 In-Sb-O계의 상태도에서 산소막은 InSb의 표면에 생성된다는 보고가 있다.⁹ 하지만 InSbO₄ 막에 대한 구조적, 광학적, 전기적 성질은 보고된 바가 없다. 따라서 이 연구에서는 InSbO₄ 막의 전기적, 구조적, 광학적 특성을 조사하였고, 이 박막이 매우 높은 고온 내구성을 가지는 것을 확인하였다.

2. 본론

본 연구에서는 SiO₂가 코팅된 Si (SiO₂/Si) 또는 400°C 에서 용해된 silica glass 기판 위에 RF 마그네트론 스퍼터링 법을 이용하여 막을 증착하였다. 스퍼터 타겟으로는 소결된 In_{0.2x}Sb_{0.3x}O_x 세라믹 디스크를 사용하였다. 또한 1.0 Pa의 working pressure에서 다양한 O₂ flow ratio로 스퍼터 증착이 수행되었다. 모든 증착에서 타겟과 기판사이의 거리와 RF 스퍼터링의 인가전압은 각각 55 mm와 50 W로 유지되었다. 증착된 막은 고온 내구성을 조사하기 위하여 400~1200°C 의 공기 중에서 1 시간 동안 어닐링 하였다. 박막의 두께를 측정하기 위해 surface profiler (DekTak 3, Veeco)를 사용하였다. 막의 미세구조

는 40 kV - 20 mA로, $\text{CuK}\alpha$ 방사선을 이용한 XRD (X'Pert-series PW3040, Philips)로 조사하였다. 박막 내의 In과 Sb의 원자 농도는 1 kV - 10 mA로 5분간 XPS (ESCA 750, Shimadzu)를 통해 측정하였다. XPS 분석 전에 시편의 표면에 3분간 1kV, 10mA의 Ar^+ sputtering으로 이온 에칭 하였다. 비저항 (resistivity ρ), 홀 이동도 (Hall mobility μ), 캐리어 밀도 (free carrier density n)는 four-point probe법과 van der Pauw geometry에서 0.3T의 DC 자기장을 사용하여 Hall-effect measurement (HMS-3000, Ecopia)로 측정하였다. 광투과도는 300nm에서 2600nm 사이의 파장범위에서 UV-VIS-NIR spectrophotometer (UV-3150, Shimadzu)로 분석하였다.

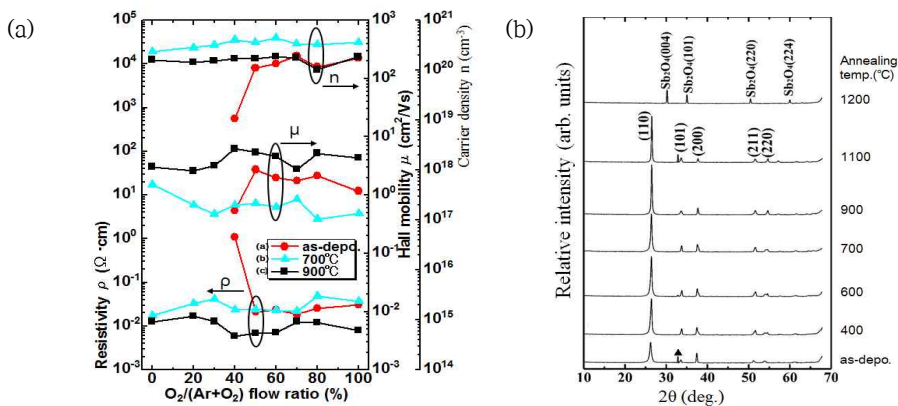


Fig. (a) XRD patterns and (b) electrical of properties for InSbO4 films post-annealed at 400-1200°C

3. 결론

투명하고 전기전도성을 가진 InSbO₄ 박막이 다양한 O₂ flow ratio에서 In_{0.2x}Sb_{0.3x}O_x 타겟을 사용하여 RF 마그네트론 스퍼터링 법으로 성공적으로 증착되었다. InSbO₄ 박막의 전기적, 구조적 특성이 특히 박막의 화학양론에 의해 강한 영향을 받음을 확인하였다. 어닐링 온도인 400°C와 1100°C 사이에서는 InSbO₄ 박막의 전기적, 구조적으로 큰 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 그러나 새로운 Sb₂O₄상 분리에 의해 1200°C 이상의 어닐링 온도에서는 비저항이 급격히 증가하였다. 그러므로 InSbO₄ 박막은 높은 고온 내구성을 요구하는 무기 발광 소자와 같은 분야에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. H. Un'no, N. Nikuma, T. Omata, N. Ueda, N. Ueda, T. Hashimoto and H. Kawazoe, Jpn. Appl. Phys. 32 (1993), 1260.
2. H. Enoki, T. Nakayama, and J. Echigoya, Phys. Status Solidi A 129 (1992), 181.
3. T. Minami, S. Takata, T. Kakumu, and H. Sonohara, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2, 34 (1995), L971.
4. M. Orita, H. Skai, M. Takeuchi, Y. Yamaguchi, T. Hujimoto and I. Kojima, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. 20 (1996), 573.
5. T. Minami, K. Osashi, S. Takata, T. Mouri and N. Ogawa, Thin Solid Films 193/194 (1990), 721.
6. T. Minami, T. Miyata and T. Tamamoto, J. Vac. Sci. Technol. A17 (4) (1999), 576.
7. Zeitschrift fur Kristallographie, Bd. 118 (1963), 158.
8. JCPDS card No. 41-1445.
9. T. P. Smirnova, A. N. Golubenko, N. F. Zcharchuk, V. I. Belyi, G. A. Kokovin and N. A. Valisheva, Thin Solid Films 76 (1981), 11.