

반응성 DC 마그네트론 스퍼터법으로 증착된 SnO₂:(Sb, F) 박막의 전기·광학적 특성

Electrical and Optical Properties of SnO₂:(Sb, F) Thin Films by Reactive DC Magnetron Sputtering Method

정영호*, 신재혁, 송국현, 신성호, 박정일, 박광자(국립기술품질원)
이주성(한양대학교 공업화학과)

1. 서론

SnO₂는 도핑제를 첨가할 경우에 가시광선 영역에서는 높은 광투과도(>80%)를, 적외선 영역에서는 높은 반사율의 광학적 특성을 가지며, 비화학양론조성에 기인된 낮은 비저항의 전기적 특성과 높은 내마모성을 갖는 물질이다. 화학양론조성의 SnO₂ 박막은 Sb나 F의 도핑제를 적절히 첨가하였을 경우 도핑 되지 않았을 경우보다 더 낮은 비저항을 얻을 수 있는 것으로 보고되어 왔다.¹⁾ 비화학양론 조성 또는 Sn 자리에 5가의 Sb를 첨가하거나 산소자리에 1가의 F를 첨가할 경우 10⁻³Ωcm 정도의 낮은 비저항을 나타내는 것으로 알려져 있다. Stjerna 등에 의하면 도핑된 SnO₂ 박막의 전기광학적특성은 자유전자들의 이온화 불순물 산란(ionized impurity scattering)을 포함하는 산소빈자리나 Sb, F 원자에 의한 결과로서 보고하기도 하였다.²⁾ F-doped tin oxide film의 이동도는 Sb-doped tin oxide 박막보다 더 높은 것으로 알려졌다.³⁾

산화물이나 금속 alloy 타겟을 스퍼터링하는 기술은 우수한 uniformity와 최상의 adhesion을 갖는 박막을 얻는데 폭넓게 사용되어 왔다. 따라서 스퍼터링조건의 제어는 질 좋은 스퍼터박막을 얻는데 중요하다. 그러나 마그네트론 스퍼터링법에 의한 SnO₂의 제조에 대해서는 그리 많은 연구가 진행되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 DC 마그네트론 스퍼터법으로 Sb가 도핑된 SnO₂ 타겟에 F를 도핑하여 박막을 제조하여 전기적특성과 광학적특성을 연구하였다. 또한, scratch adhesion test는 DC 마그네트론 스퍼터 SnO₂:(Sb, F) 박막의 기계적 특성을 얻는데 사용되었다.

2. 실험방법

타겟과 기판이 마주보는 DC 마그네트론 스퍼터법으로 Sb와 F를 도핑한 박막을 제조하였다. 본 연구에서 사용된 타겟은 도핑되지 않은 금속 Sn 타겟과 Sb가 도핑되어 있는 Sn(Sb:3%, 5%, 7%) 타겟을 사용하였다. SnO₂ 박막증착에 사용된 기판은 슬라이드 글라스(76×26 mm/3×1 inch)로서 메탄올에 5분간 초음파 세척후 사용하

였다. 초기진공도는 2.5×10^{-5} 으로 하고, 기판과 타겟사이의 거리는 60mm로 하여 박막을 증착하였다. 또한 기판을 회전시켜 균일한 박막이 형성될 수 있도록 하였다. SnO_2 와 $\text{SnO}_2:\text{Sb}$ 에 F가 도핑된 박막을 제조하기위해 작업가스로서 SF_6 , O_2 와 Ar 가스를 혼합하여 박막을 제조하였다. 증착변수로서 DC 전력, 기판 온도, O_2 가스비, SF_6 가스비등을 고려하여 박막을 제조하였고, 이때 O_2 의 조성비는 45%~60%로 변화시켰으며, 박막 증착시 작업진공도는 3 mTorr로 하였다. 기판의 온도는 상온~450℃로, DC 전력은 20~40W, SF_6 가스는 0~10%로 변화시켰다. 제조된 박막의 두께는 surface profiler(α -STEP 500)을 사용하였고, 결정상분석은 XRD를 사용하여 분석하였다. 박막내의 전하농도와 이동도는 Hall 상수측정장치를 사용하여 상온에서 Van der Pauw 방법으로 측정하였고 이때 가해진 자기장은 5kG였다. 광학적성질은 200~900nm의 파장범위에서 UV-visible spectrophotometer을 사용하여 투과율(transmittance)을 측정하였다. 박막의 기계적인 거동은 스크래치 테스터를 사용하여 관찰하였고, 코팅층이 깨지는데 원인이되는 고주파진동을 측정하기 위해 acoustic emission이 사용되었다. Loading rate는 20 N/min, scanning speed는 10min/min, 최대 스프래치 하중은 100N으로 실험하였다.

3. 결과요약

DC 전력, 기판온도, 가스비(산소분압, SF_6 분압)의 증착변수에 따라 증착된 박막의 XRD 측정결과로부터 박막의 구조적인 변화를 관찰하였다. 증착변수에 따른 비저항, 이동도, 전자농도, 투과도등의 변화를 관찰하고 증착변수들이 전기적, 광학적특성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 온도에 따른 결정상은 300℃까지의 온도에서는 강도가 매우 약한 결정상이 관찰되었고, 350℃이상이 되어야 (101)피크가 주피크로 성장하였다. 또한 결정상은 산소가스비의 증가에 따라 (110),(211)피크의 상대적인 강도가 증가하고 (101)피크의 강도가 감소하였는데 (101) 주피크의 성장이 전기적특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되었다. 최적조건에서 증착된 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 박막과 $\text{SnO}_2:(\text{Sb}, \text{F})$ 박막의 전기적특성은 각각 $2.5 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 과 $4.19 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 의 비저항값을 나타내었으며, 기판온도가 상온~450℃ 일 때의 가시광선 영역에서 평균적으로 80% 이상의 높은 투과율을 관찰하였다.

참고문헌

1. G. Blandenet, M. Court and Y. Lagarde, Thin Solid Films, 77, 81(1981)
2. B. Stjerna and E. Olsson and C. G. Granqvist, J. Appl. Phys. 76(6), 3797(1994)
3. E. Shanthi, A. Banerjee and K. L. Chopra, Thin Solid Film, 88, 93(1982)