

마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 증착한 Sn doped IZO 박막의 열전 특성

변자영, 송풍근*

부산대학교 재료공학과

최근 세계적으로 대체 에너지는 중요한 이슈가 되고 있으며 그 중 열전 재료는 유망한 에너지 기술로서 주목 받고 있다. 특히 고 직접화 전자 소자의 발열 문제를 해결하기 위해, 소형화와 정밀 온도 제어가 가능한 박막형 열전 소자에 연구가 주목 받고 있다. 박막형 열전소자 중 산화물 반도체계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 산화물 반도체계 중 In₂O₃는 BiTe, PbTe 등의 기존의 재료에 비해 독성이 낮을 뿐만 아니라 내 산화성 및 고온에서 열적 안정성이 우수하여 고온에서 적용 불가능한 금속계 열전 재료의 한계를 극복 할 수 있다는 장점을 가진다. 우수한 성능 가장 낮은 캐리어 밀도를 가지기 때문에 열전 재료는 높은 전기 전도도 및 제백 계수 그리고 낮은 열전도도 특성을 가져야만 한다. IZO:Sn(Zn 10 wt.%, Sn 800 ppm) 박막의 경우, 높은 전기 전도성을 가지면서 비정질 구조를 가진다. 이와 같이 비정질 구조를 가지는 박막 열전 재료는 격자에 의한 열 전도도가 낮기 때문에 결정질 구조에 비해 전체 열 전도도 값이 낮을 것으로 기대된다. 따라서 높은 전기 전도도를 가지면서 동시에 낮은 열 전도도를 가지게 되어 우수한 열전 특성을 가질 것이라 예상된다. 이러한 특성을 바탕으로 본 연구에서는 비정질 구조를 갖는 Zn와 미량의 Sn을 동시에 첨가한 In₂O₃박막의 전기적 특성 및 열전 특성을 관찰하고자 한다.

본 연구에서는 magnetron sputtering법으로 IZO:Sn(Zn 10 wt.%, Sn 800 ppm) 타겟을 이용하여 기판 가열 없이 DC Power 70 W, 작업 압력 0.7 Pa으로 SiO₂ 기판 위에 400 ± 20 nm 두께의 박막을 증착하였다. 이러한 공정으로 만들어진 박막은 대기 중 후 열처리를 각각의 200, 300, 400, 500, 600°C 온도에서 진행하였다. 박막의 미세 구조는 XRD를 통해 관찰하였다. 그리고 박막의 전기적 특성은 Hall effect measurement을 통해 측정하였고, 열전 특성은 Seebeck 상수의 측정을 통하여 평가하였다.

XRD 확인 결과 RT에서 증착한 박막과 후 열처리 200, 300, 400, 500°C 결과 비정질 구조를 보였고, 후열처리 600°C에서는 결정의 회절 피크를 보였다. 전기적 특성의 경우, 후 열처리 온도가 증가함에 따라 전기 전도도는 감소한다. 이는 공기중의 산소가 박막에 침투하여 oxygen vacancy를 막아 캐리어 밀도가 감소한것에 기인 된 것으로 판단된다. 열전 특성의 경우 제백상수는 후 열처리 600°C에서 가장 높은 제백상수를 나타낸다. 제백 상수는 수식에 따라 캐리어 밀도의 -2/3승에 비례하게 된다. 수식에 따라 후 열처리 600°C에서 가장 낮은 캐리어 밀도를 가지기 때문에 가장 높은 제백 상수를 가지게 된다. 열전 성능 척도인 Power factor는 제백 상수의 제곱과 전기전도도의 곱으로 나타내는데, 후 열처리 200°C에서 가장 높은 Power factor를 보인다. 이는 캐리어 밀도 감소에 따라 전기 전도도는 감소하였지만 이로 인해 제백 상수는 증가하였고, 또한 캐리어 밀도 감소에 따라 이온화 불순물 산란의 감소에 의해 이동도의 증가에 의한 것으로 판단된다. 박막의 경우 기판의 영향으로 인해 열 전도도 측정이 어려워 열전 성능 지수(ZT)를 계산할 수 없지만, 마그네트론 스퍼터링법으로 증착한 IZO:Sn 박막은 비정질 구조를 가지므로 격자진동에 의한 열 전도도가 낮아 전체 열 전도도가 결정질에 비해 낮을 것이며 이는 높은 열전 성능 지수를 가질 것으로 예상된다.

Keywords: Thermoelectric, Sn doped IZO, Magnetron sputtering