

저온 증착 Nano-Crystalline TCO

홍문표

고려대학교 디스플레이반도체물리학과

Indium Tin Oxide (ITO)를 포함한 Transparent Conduction Oxide (TCO)는 LCD, OLED와 같은 Display, 그리고 Solar Cell 등 광신호와 전기신호간 변환이 필요한 모든 Device에 반드시 필요한 핵심 물질로, 특히 고품질 Display의 투명전극에서 요청되는 95% 이상의 투과도와 $15 \Omega/\square$ 이하의 면저항 특성을 동시에 만족할 수 있는 기술은 현재까지 Plasma Sputtering 공정으로 160°C 이상에서 증착된 ITO 박막이 유일하다. 그러나, 최근 차세대 기술로서 Plastic Film을 기반으로 하는 Flexible Display 및 Flexible Solar Cell 구현에 대한 요구가 급증하면서, Plastic Film 기판위에 Plasma Damage이 없이 상온에 가까운 저온 (100°C 이하)에서 특성이 우수한 ITO 투명전극을 형성 할 수 있는 기술의 확보가 중요한 현안이 되고 있다. 지난 10년 동안 100°C이하 저온에서 고품질의 ITO 또는 TCO 박막을 얻기위한 다양한 연구와 구체적인 공정이 활발히 연구되어 왔으나, ITO의 결정화 온도 (통상 150~180°C)이하에서 증착된 ITO박막은 비정질 상태의 물성적 특성을 보여 원하는 전기적, 광학적 특성확보가 어려웠다.

본 논문에선 기본적으로 절연체 특성을 가져야 하는 산화물인 TCO가 반도체 또는 도체의 물리적 특성을 보여주는 기본원리의 고찰을 토대로, 재료학적 특성상 Crystalline 구조를 보여야 하는 ITO (Complex Cubic Bixbyte Structure)가 Plasma Sputtering 공정으로 저온에서 증착될 때 비정질 구조를 갖게 되는 원인을 규명하고, 이를 바탕으로 저온에서 증착된 ITO가 Crystalline 구조를 유지 할 수 있게 하고, Stress Control에 유리한 Nano-Crystalline 박막을 형성하면서 Crystallinity를 임의로 조절 할 수 있는 새로운 기술인 Magnetic Field Shielding Sputtering (MFSS) 공정과 최근 성과를 소개한다.

한편, 또 다른 새로운 저온 TCO 박막형성 기술로서, 유기반도체와 같은 Process Damage에 매우 취약한 유기물 위에 Plasma Damage 없이 TCO 박막을 직접 형성할 수 있는 Neutral Beam Assisted Sputtering (NBAS) 기술의 원리를 설명하고, 본 공정을 적용한 Top Emission OLED 소자의 결과를 소개한다. 또한, 고온공정이 수반되는 Solar Cell용 투명전극의 경우, 통상의 TCO박막이 고온공정을 거치면서 전기적 특성이 열화되는 원인을 규명하고, 이에 대한 근본적 해결 방법으로 ITO 박막의 Dopant인 Tin (Sn) 원자의 활성화를 증가시킨 Inductively Coupled Plasma Assisted DC Magnetron Sputtering (ICPDMS)의 원리와 박막의 물성적 특성과 내열 특성을 소개한다.