

Co-Sputtering 법으로 증착시킨 ZnO-based DMS의 특성 (Properties of Co-Sputtered ZnO-based DMS)

연세대학교 임상옥, 정민창, 함문호, 명재민

기존의 정보기술(IT)은 전자의 전하를 이용한 반도체 소자와 전자의 양자역학적 스핀을 이용한 자성체에 바탕을 두고 있었다. 최근에 들어서 전자의 이러한 두 가지 성질을 동시에 이용하고자 하는 “스핀트로닉스(Spintronics)”라고 불리는 혁신적인 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 물질의 최소단위의 하나인 전자와 그 전자의 스핀방향을 자기장을 이용하여 제어함으로써 정보를 처리하는 스핀트로닉스 기술은 그야말로 미래 정보혁명의 주역이 될 기술이다. 기존 반도체의 양이온을 전이금속(Transition Metal)으로 치환하여 자성의 성질을 띄게 하는 자성반도체(Diluted Magnetic Semiconductors)는 스핀트로닉스를 구현해 줄 재료로서 광범위하게 연구되고 있다. 큰 밴드갭을 갖는 GaN과 ZnO는 스핀트로닉스 기술의 상용화를 위하여 가장 중요한 요소라고 할 수 있는 높은 큐리온도(T_C)를 가질 수 있는 후보로서 주목받고 있다. 이 중 ZnO는 운반자 농도(Carrier Concentration) 조절에 용이하고, 투명한 전극을 만들 수 있으며, 또한 GaN에 비해 전이금속을 더 많이 고용할 수 있는 등 여러 가지 장점을 가지고 있다.

현재까지 ZnO 박막 증착에는 주로 PLD(Pulsed Laser Deposition) 법이 주로 이용되고 있으나 본 연구에서는 rf(radio frequency) magnetron co-sputtering 법을 사용하였다. 이 방법의 장점은 ZnO와 전이금속에 연결된 rf power의 변환만으로 얻고자하는 조성비를 손쉽게 얻을 수 있다는 것이며, 박막의 결정성 또한 우수하다는 것이다. 전이금속 중에서 ZnO 내에 가장 큰 고용도를 갖는 Co와 Mn을 이용하여 ZnO-based DMS의 자기적 특성을 AGM(Alternating Gradient Magnetometer)과 SQUID(Superconducting Quantum Interference Device) 측정을 통해 살펴보았다.

ZnCoO의 경우 Transmittance Spectra 분석을 통하여 ZnO 내의 band edge의 변화와 $d-d$ transitions 분석을 통하여 자성을 유발시키는 물리적 특성($sp-d$ transitions)의 존재를 확인하였고, 증착온도의 변화를 통하여 우수한 결정성을 유지하면서 더 높은 고용도를 얻을 수 있었다. 또한 ZnMnO의 경우 홀 도핑에 의하여 기존의 전자 도핑에 의해 얻어진 가장 높은 큐리온도(T_C)인 45K를 훨씬 뛰어넘는 상온 이상의 큐리온도(T_C)를 확인하였다.