

$T_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ (T = V, Cr, Mn) 박막의 자기적 성질 및 자기저항 특성

김광주, 이희정

건국대학교 물리학과

마그네타이트(Fe_3O_4)에 3d 전이원소(T = V, Cr, Mn) 치환 시 나타나는 구조적, 전기적, 자기적 성질들을 조사분석 하였다. 측정에 이용된 시료들은 졸-겔 방법을 이용하여 Si(100) 기판 위에 다결정 박막 형태로 제작되었다. 전이원소 치환된 $T_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ 박막들은 cubic 구조를 유지하며 격자상수는 Cr 도핑의 경우 소폭 감소함이 나타남에 반하여 V 및 Mn 도핑의 경우 증가함이 나타났다. X-선 광전자 분광법을 이용한 치환 원소들의 이온수(ionicity) 분석 결과, V 이온의 경우 +3이 +2에 비하여 큰 밀도를 가지는 것으로 나타난 반면 Mn 이온의 경우 +2가 +3에 비하여 밀도가 큰 것으로 나타났다. 시료들에 대한 M-H 곡선 측정 결과, V 및 Cr 도핑의 경우는 도핑량 증가에 따라 포화자화량(M_s)이 점차적으로 감소함이 나타나는데 반하여 Mn 도핑의 경우는 큰 변화가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 도핑 원소와 치환되는 Fe 이온의 자기능률 비교를 통하여 그 설명이 가능하며, V 및 Cr 도핑 시에 나타난 초기 M_s 값의 증가는 팔면체 자리에 위치하는 Fe^{2+} 이온의 궤도 각운동량 기여에 의한 것으로 해석된다. $T_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ 시료들에 대한 상온에서의 외부자기장 변화에 따르는 자기저항 측정 결과, 전이원소 치환에 의하여 자기저항 비가 줄어드는 결과를 얻었으며, 자기 이방성(anisotropy) 효과가 나타났다. 이와 같은 자기저항은 외부 자기장이 작을 때에는 $(M/M_s)^2$ 값과 그 변화가 유사하지만 외부 자기장이 클 때에는 큰 차이가 나타났다. 또한, 도핑된 전이원소 종류에 따라 자기저항 변화정도가 다르게 나타났는데, carrier의 스핀 분극을 및 grain boundary 터널링 효과에 근거한 분석을 수행하였다.