

스핀 주입용 Fe/MgO/GaAs구조에서 MgO층 성장온도에 따른 구조적 및 자기적 특성

김현승*, 김형준, 최준우, 김경호, 한석희

한국과학기술연구원 스핀트로닉스연구단, 서울시 성북구 하월곡동 39-1

1. 서론

Spin-FET(spin-field effect transistor)를 구현함에 있어 중요한 이슈 중의 하나가 강자성금속에서 반도체로의 스핀주입율의 향상이다. 이를 위해서 자성금속/반도체의 계면에 MgO층을 삽입하여 전도성 불일치 문제를 해결하고 터널링 장벽효과에 의한 스핀주입율을 향상시키고자 하는 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구에서는 GaAs기판위에 MgO와 Fe가 성장될 때 MgO의 성장온도에 따른 구조 및 자기적 특성분석을 진행하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 Fe/MgO/GaAs 구조 성장을 위해 epitaxial GaAs 버퍼와 Fe 층은 분자선 증착, MgO는 스퍼터링 장치를 각각 이용하였다. 샘플의 대기 노출에 따른 산화를 방지하고자 Fe 성장 후 Ti capping을 하였다. 모든 증착 장치는 고진공 튜브로 연결되어 있어 본 연구에 사용된 샘플들은 in-situ 공정으로 성장되었다. 스퍼터링 장치에서 4nm 두께 MgO 성장 시 각각 상온과 300°C로 달리하였으며 7nm 두께의 Fe은 모든 샘플에서 200°C의 성장온도를 유지하였다. 성장이 완료된 샘플들의 구조분석을 위해 transmission electron microscopy (TEM)을 이용하였고, 자기적 특성을 측정하기 위해 alternating gradient magnetometer (AGM)을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 Fe/MgO/GaAs 구조에서 4nm 두께 MgO의 성장온도가 각각 상온과 300°C인 샘플의 단면 TEM 이미지를 보여준다. 비록 상온 성장된 MgO에서도 다소의 결정성이 관찰되지만 300°C에서 성장된 MgO의 결정성이 더욱 향상되었음을 알 수 있다. 특히 상온 성장된 MgO 상에 성장된 7nm 두께 Fe은 three-dimensional (3D) island 형상을 보이는 반면 300°C에서 성장된 MgO 상의 Fe은 연속적이며 two-dimensional (2D) 층을 형성하고 있음을 확인하였다. 이는 MgO가 고온에서 성장될 경우 내부의 응력이 완화되어 Fe와의 격자부정합이 감소하였기 때문으로 사료된다.

한편 그림 2는 MgO의 성장온도가 각각 상온과 300°C인 샘플의 AGM 측정 결과를 보여준다. 상온 성장된 MgO 상의 island 형상의 Fe은 magnetic anisotropy를 보이지 않는 반면 300°C에서 성장된 MgO 상의 2D 층을 보이는 Fe에서는 cubic anisotropy를 보여준다. 각각의 Fe island들이 하부의 MgO/GaAs와 동일한 epitaxial relationship을 보이기 때문에 magnetic anisotropy를 보이지 않는 이유에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다.

4. 결론

MgO의 터널링 장벽효과에 의한 스핀주입율 향상에 대한 연구를 진행함에 있어서 기초가 되는 Fe/MgO/GaAs의 구조적 및 자기적 특성 분석을 진행하였다. MgO 층의 성장온도는 MgO 층의 결정성뿐만 아니라 Fe 층의 구조적 및 자기적 특성을 변화시키는 중요한 공정변수임을 관찰하였다. 향후 Fe 형상이 magnetic anisotropy와 어떠한 연관성이 있는지에 대한 연구와 구조내의 strain을 정량적으로 분석할 예정이다.

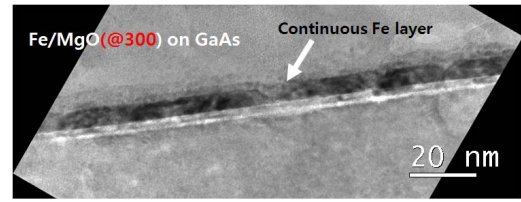
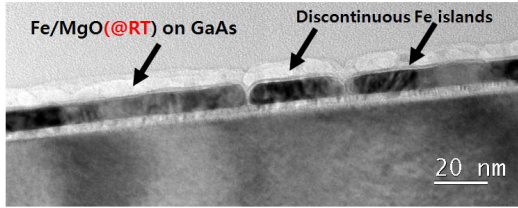


그림 1. Fe/MgO(RT) on GaAs와 Fe/MgO(300°C) on GaAs의 TEM사진.

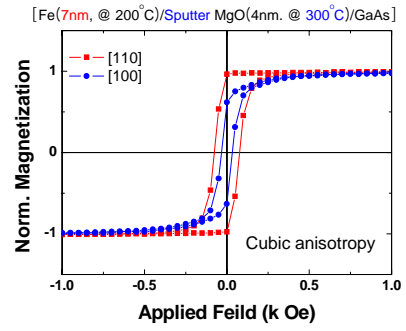
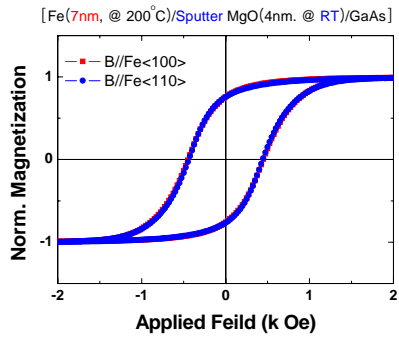


그림 2. Fe/MgO(RT) on GaAs와 Fe/MgO(300°C) on GaAs의 AGM 측정 결과

5. 참고문헌

- [1] B. D. Cullity, *Introduction To Magnetic Materials* (Hoboken, New Jersey, USA: Published by John Wiley & Sons, Inc., 2009), p.360-364.