

수소이온이 조사된 스핀밸브의 미세 구조 분석

한윤성*, 김상훈, 이상호, 홍종일

연세대학교 공과대학 신소재공학과, 서울특별시 서대문구 신촌동 134,

1. 서론

스핀밸브의 거대자기저항, 이방성, 교환 결합력 등의 전자기적 특성 향상을 위해서 일반적으로 사용되는 방법은 자성 박막의 증착 후 후속 공정으로 자장 열처리를 하는 방법이다. 하지만 자장 열처리 방법 외에도 이온 조사를 통한 스핀밸브의 물성을 향상시키려는 실험도 많이 진행되어 왔다 [1-5]. 기존의 이온 조사 방법의 경우 여러 가지 종류의 이온들을 조사시킨 실험이 이루어졌지만, 스핀밸브의 효율을 결정짓는 교환 결합력과 거대자기저항 특성을 동시에 향상시키기 어려웠다. 본 실험에서는 수소 이온을 조사하여 교환 결합력과 거대자기저항 특성이 동시에 향상된 결과를 보였으며, 그 이유를 x-ray diffraction (XRD)을 사용하여 박막의 미세 구조 분석을 통해 조사하였다.

2. 실험방법

스핀밸브 샘플은 4×10^{-6} Pa 이하의 기본 진공도를 가지는 DC-magnetron UHV 스퍼터로 증착하였다. 샘플의 구조는 Si/SiO₂ 200/Ta 5/Ni₈₀Fe₂₀ 2/Ir₁₉Mn₈₁ 6/Co₉₀Fe₁₀ 3/Cu 2.7/Co₉₀Fe₁₀ 2/Ni₈₀Fe₂₀ 2/Cu 1/Ta 5 (nm) 이며, 증착되는 동안 일축 이방성을 유도하기 위해 90 Oe의 자기장을 가해 주었다. 샘플의 종류는 1) 비교 대상이 되는 증착 상태 그대로의 기준샘플, 2) 증착시 가해진 자장 방향과 같은 방향으로 5 kOe의 세기를 가지는 자장 하에서 250 °C 에서 1시간 열처리한 샘플, 3) 550 eV의 에너지를 가지는 수소 이온을 증착시 가해진 자장 방향과 같은 방향으로 400 Oe의 세기를 가지는 자장 하에서 20 분간 조사한 샘플 등 3 가지 종류로 준비하였다. 스핀밸브의 전자기적 특성은 상온의 -5 kOe에서 5 kOe 자장 하에서 4-point probe를 이용하여 측정하였고, 미세 구조는 포항가속기 연구소 5A 빔라인의 XRD를 통해서 분석하였다.

3. 실험결과

스핀밸브에 이온 조사를 하는 실험에서 가속전압, 이온 조사 시간 등의 변화에 따른 교환결합력의 변화를 살펴볼 수 있었으며, 이러한 교환결합력의 변화와 거대자기저항비의 변화 경향이 거의 유사함을 확인할 수 있었다. 이것은 pinning layer인 IrMn이 수소이온 조사에 의해 변화되어 거대자기저항비를 변화시키는 원인이 되었다는 것을 의미한다. 자장 열처리 샘플과 수소 이온 조사 샘플의 교환 결합력은 기준샘플의 교환 결합력(355 Oe)에 비해 각각 65% (587 Oe), 59% (565 Oe) 증가한 값을 보였고, 거대자기저항비는 기준샘플(8.1%)에 비해 각각 8% (8.7%), 19% (9.6%) 증가하였다. High angle로 측정된 XRD data를 통해 각각의 샘플의 박막들이 (111) 방향으로 잘 배향된 결정성을 가진다는 것을 알 수 있었다. 자장 열처리와 수소이온 조사를 한 스핀밸브의 각 층의 diffraction peak에서 peak 세기와 적분면적의 증가를 볼 수 있었으며, 그 경향은 두 샘플이 거의 일치하는 결과를 보였다. 그리고 image plate를 사용하여 얻은 IrMn 층의 χ -rocking을 통한 반치폭 변화를 볼 수 있었으며, 반치폭의 변화는 자장 열처리와 수소이온 조사의 경우 모두 기준 샘플의 반치폭에 비해 감소하는 경향을 보였다.

4. 고찰

스핀밸브에서 전자기적인 물성은 반강자성체, 강자성체, 그리고 비자성체 박막의 배향방향으로의 결정성과 박막간의 계면의 상태에 의해서 결정된다. 지금까지의 이온 조사 실험과는 달리 본 수소이온 조사 실험에서는 스핀밸브의 대표적인 전자기적 특성인 거대자기저항비와 교환결합력 모두 향상된 값을 얻었다. 이것은 박막의 결정성 또는 계면상태, 아니면 두 가지 모두에 변화가 생겼다는 것을 의미한다. 수소이온이 조사된 스핀밸브에서는 high angle XRD와 χ -rocking을 통해서 IrMn (111) 조적이 강해졌으며, mosaic spread의 감소로 (111) 부조직(sub-structure)들이 더욱 잘 정렬되어 있다는 것을 알 수 있었다. IrMn (111) 면은 고정층과의 계면이고, (111) 면에서 자기 모멘트를 가지고 있는 Mn 원자가 규칙적으로 배열할수록 교환결합력을 결정하는 일방향 이방성 상수 J_k 값이 커지게 된다 [6-7]. 따라서 IrMn layer가 (111) 방향으로 잘 배향된 결정성을 가질수록 큰 교환 결합력을 가지게 된다는 것을 확인하였다.

5. 결론

DC-magnetron UHV 스퍼터로 증착한 스핀밸브의 물성 향상을 위한 방법으로 자장 열처리와 수소이온 조사 방법이 사용되었으며, 각각의 방법을 사용해 거대자기저항비와 교환결합력이 향상된 결과를 얻을 수 있었다. XRD를 통해 각각의 후속 공정을 한 스핀 밸브의 IrMn (111)에서의 강한 texture와 mosaic spread의 감소를 볼 수 있었으며, IrMn 층의 변화가 거대자기저항비와 교환결합력의 향상에 영향을 주었다는 것을 확인하였다.

6. 참고문헌

- [1] C. Chappert, H. Bernas, J. Ferré, V. Kottler, J.-P. Jamet, Y. Chen, E. Cambril, T. Devolder, F. Rousseaux, V. Mathet, and H. Launois, *Science* **280**, 1919 (1998).
- [2] D. M. Kelly, I. K. Schuller, V. Korenivski, K. V. Rao, K. K. Larsen, J. Bottiger, E. M. Gyorgy, and R. B. van Dover, *Phys. Rev. B.* **50**, 3481 (1994).
- [3] D. Engel, I. Krug, H. Schmoranzler, A. Ehresmann, A. Paetzold, K. Röhl, B. Ocker, W. Maass, *J. Appl. Phys.* **94**, 5925 (2003).
- [4] A. Mougín, T. Mewes, M. Jung, D. Engel, A. Ehresmann, H. Schmoranzler, J. Fassbender, and B. Hillebrands, *Phys. Rev. B.* **63**, 060409 (2001).
- [5] C.-H. Lai, C. H. Yang, Y. J. Wang, H. Niu, C. Hou, and S. Mao, *J. Appl. Phys.* **91**, 7101 (2002).
- [6] A. Sakuma, K. Fukamichi, K. Sasao, R. Y. Umetsu, *Phys. Rev. B.* **67**, 024420 (2003).
- [7] K. Hoshino, R. Nakatani, H. Hoshiya, Y. Sugita, and S. Tsunashima, *Jpn. J. Appl. Phys.* **35**, 607 (1996).