

초박막 Fe과 Fe 산화층이 삽입된 spin valve의 특성 연구

한윤성*, 인장식, 김성훈, 심재철, 홍종일
연세대학교 신소재공학과 스핀소자 연구실

1. 서론

하드디스크 드라이브 헤드에 거대자기저항 스핀 밸브를 사용하면서부터 매년 60% 이상의 자기기록 면밀도의 향상이라는 놀라운 결과를 얻을 수 있었다. 이것은 거대자기저항 스핀 밸브가 가지는 높은 감도와 작은 방해신호 특성 등에 의해 얻어진 결과이다. 이러한 스핀 밸브에서 거대자기저항비는 헤드의 출력에 직접적인 영향을 미치는 요소이기 때문에 거대자기저항비를 향상시키려는 많은 노력이 진행되어 왔다. 우리 연구실에서는 이미 스핀의존산란의 증가를 통한 거대자기저항비를 향상시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 진행되었고, 그에 대한 결과도 보고가 되었다. 스핀의존산란의 증가는 자성층에 Ni, Cu, Fe 등의 불순물 삽입을 통한 자성층의 국부적인 상태밀도 변화 (δ -layer effect) 를 통해서 얻어질 수 있었다. 그리고 자성층에 얇은 산화막을 삽입함으로써 계면에서의 스핀의존산란의 증가 효과 (enhanced specular reflections) 도 얻을 수 있었다. 이러한 연구결과를 바탕으로 이 두가지 방법의 상승효과를 통한 스핀 밸브의 특성 향상이 이 실험의 주요 목적이다.

2. 실험방법

제작된 모든 샘플은 Si 위에 SiO₂ 가 증착된 웨이퍼를 사용하여 초고진공의 DC magnetron sputter 로 만들어졌다. 증착 전의 기본 진공상태는 2×10^{-9} torr 이하를 유지하였으며, 샘플은 Si/SiO₂ 2000/Ta 50/Ni₈₀Fe₂₀ 20/Ir₈₁Mn₁₉ 60/pinned layer (Co₉₀Fe₁₀ 30)/Cu 27/free layer (Co₉₀Fe₁₀ 20/Ni₈₀Fe₂₀20)/Cu 10/Ta 50 (Å)을 기본구조(reference)로 한다. 그리고 고정층 혹은 고정층과 자유층의 가운데 부분에 Fe 또는 Fe 산화층을 삽입한 샘플을 제작하여서 기준샘플(reference)과 특성을 비교하였다. 삽입된 층의 두께는 1-9 Å 까지 2 Å 씩 증가시켰다. 산화층의 경우 산화막의 특성을 최적화하기 위하여 산소노출량을 1 sccm·sec 에서 200 sccm·sec 까지 변화시키면서 증착하였고, 증착 후 5×10^7 torr 이하의 압력, 250 °C , 5 KOe 자장을 가하는 조건에서 1시간동안 열처리를 하였다. 측정은 DC 4-point probe method, vibrating sample magnetometry (VSM) , near-edge x-ray absorption fine structure (NEXAFS) spectroscopy 를 사용하여 이루어졌다.

3. 실험결과

실험결과 Fe 산화층을 고정층과 산화층에 삽입하는 방법이 자기저항비와 교환결합자계 값의 향상에 가장 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다. 이는 특히 5 Å 의 두께를 가지는 Fe 산화층을 120 sccm·sec 와 1 sccm·sec 의 산화조건으로 각각 고정층과 자유층에 삽입한 경우 가장 향상된 거대자기저항비, 면저항변화 값, 교환결합자계 값을 얻을 수 있었다. 그 값은 각각 11.9%, 1.97 Ω, 632 Oe 로 기준샘플과 비교했을 때 각각 55%, 44%, 17% 가 증가된 값이었다.

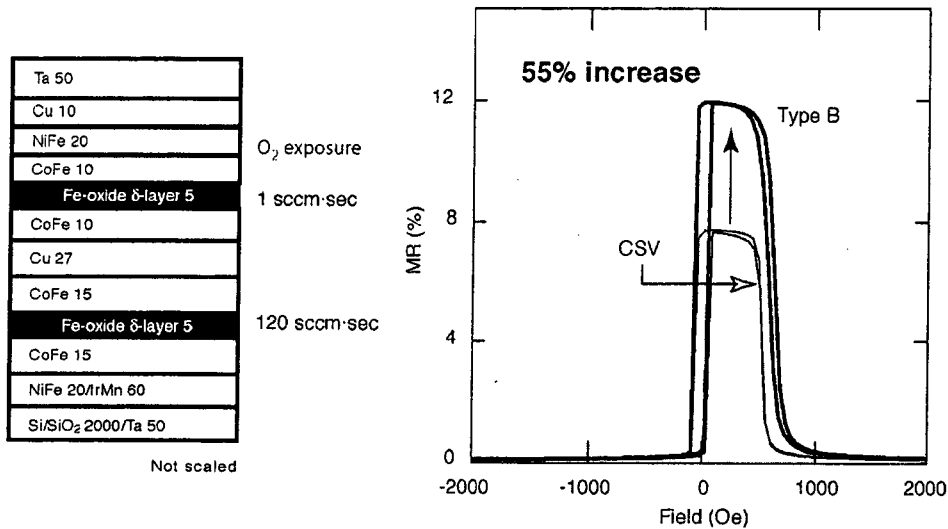
4. 고찰

실험결과 처음 실험을 계획했던 목적에 맞게 가장 향상된 스핀 밸브 특성 향상을 얻을 수 있었다.

그리고 NEXAFS 측정을 통해서 삽입된 Fe 산화층이 주로 Fe 과 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 상으로 구성되어 있다는 것을 확인할 수 있었고, 이 결과와 VSM 측정을 통해서 삽입된 Fe 산화층이 연속적인 막을 형성하지 못하고, 불순물의 형태를 띠고 고정층과 자유층에 삽입되어 존재한다는 사실을 확인할 수 있었다. 그 결과, Fe 과 Fe 산화층을 삽입한 스핀 밸브의 측정 결과와 비교를 통해 이 실험의 또 다른 목적인 불순물 삽입을 통한 자성층의 국부적인 상태 밀도 변화와 얇은 산화막을 삽입함으로써 계면에서의 스핀의존산란의 증가효과의 상승효과를 확인할 수 있었다. 또한 우리가 예측하지 못했던 교환결합자계 값의 향상된 결과를 얻을 수 있었는데, 이는 자성층 내에서 Fe 원자의 국부적인 증가를 통한 교환결합력의 향상이 가져온 결과라고 생각한다.

5. 결론

우리는 초박막의 부분적으로 산화된 Fe 층을 스핀 밸브의 고정층과 자유층에 삽입함으로써 스핀 밸브의 향상된 성능을 얻을 수 있었다. 이는 기준샘플과 비교했을 때, 55%의 거대자기저항비의 향상과 44%의 면저항변화 값의 향상, 그리고 17%의 교환결합자계 값의 향상된 결과이다. 그리고 Fe 과 Fe 산화층을 삽입한 경우 스핀 밸브의 특성 비교와 NEXAFS, VSM 측정을 통해 불순물 삽입을 통한 자성층의 국부적인 상태 밀도 변화와 얇은 산화막을 삽입함으로써 계면에서의 스핀의존산란의 증가효과의 상승효과를 확인할 수 있었다.



6. 참고문헌

- [1] P. Zhan, J. Binder, I. Mertig, R. Zeller and P. H. Dederichs: Phys. Rev. Lett. 80, 4309 (1998)
- [2] J. Hong, and Hitoshi Kanai, Jpn. J. Appl. Phys. Part 1 42, 7296 (2003)
- [3] J. Hong, and Y. Lee, M. K. Lee, H. J. Song, H. Shin, Y. Yoo, and J. Suh, Appl. Phys. Lett. 83, 4803 (2003)