

스핀밸브의 Ta 하지층의 질소함유량 변화와 열처리 온도에 따른 자기적 특성

숭실대학교 전자공학과 최연봉*, 김지원, 조순철
 국민대학교 나노전자물리학과 이창우

(Magnetic properties depending on annealing temperature and
 N_2 concentration of Ta underlayer)

Soongsil University Yeonbong. Choi, Jiwon Kim, and Sunchul. Jo
 Kookmin University Chang-Woo. Lee

1. 서론

거대자기저항 현상을 이용한 응용가능성은 학문적인 연구뿐 아니라 산업체에서의 여러 분야에서 많은 관심을 가지고 연구되었다[1]. 고밀도 자기기록 매체의 재생헤드 및 자기 센서로 응용되기 위해서는 높은 자기 저항비와 소자제조 및 작동 시 발생하는 열에 대한 안정성이 요구된다. 또한 하지층과 다른 층 사이의 texture 영향이 스핀밸브의 자기 저항비 향상에 지대한 영향을 주는 것으로 보고되었다 [2]. 특히 자성층과 반강자성층에 의한 높은 교환결합력과 자기저항비를 얻기 위한 연구는 활발히 되었으나 자기 센서로 제조하기 위해 필요한 반도체공정에서 수반되는 확산 방지막에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 논문은 스핀밸브 구조에서 하지층으로 많이 사용하고 있는 Ta 층을 증착할 때 아르곤 가스와 함께 질소가스를 혼합하여 TaN 층의 질소 함유량에 따른 자기적 특성과 열처리 결과를 비교 검토하였다. 또한 Si 기판 위에 TaN 층을 증착하여 두 층 사이의 접착력과 스트레스를 측정하였고, Si 기판과 다른 자성층과의 계면에서 역할에 대해서도 알아보았다.

2. 실험방법

Si(SiO₂)/Ta(TaN)/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/FeMn/Ta 구조의 Bottom 타입 스핀밸브 박막을 증착하기 위하여 2 인치 8 타겟 DC 마그네트론 스퍼터링 장비를 사용하였다. 스핀밸브 박막 증착 시 초기 진공도는 2.0×10^{-7} Torr 이하에서 하였으며, 박막에 자화 용이층을 형성시키기 위하여 기판주위에 약 600 Oe 정도의 자장을 인가하였다. 각 층을 증착할 때 아르곤 가스는 6 mTorr로 고정하였으며, TaN 층은 아르곤 가스에 질소가스를 0.5 sccm 에서 12.0 sccm 까지 변화를 준 혼합가스를 사용하였으며, 이때 TaN 박막의 증착률은 약 105 Å/min 였다. 또한 열 적 안정성을 알아보기 위하여 5×10^{-4} Torr 이하의 진공을 유지하면서 170 °C부터 300 °C 까지 약 2 kOe 자장을 인가하면서 1시간동안 누적 열처리를 하였다. 자기저항비 측정은 4-point probe 방법을, 표면 거칠기 측정은 Atomic Force Microscope(AFM)을, 박막의 두께 측정은 α -step을 사용하였고, 계면에서의 결정성장 변화를 확인하기 위하여 X-ray diffractometry(XRD)을 사용하였다. 또한 기판과 Ta(TaN) 층과의 접착력을 알아보기 위하여 CSEN scratch tester를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 Ta 층 질소가스 함유량에 따른 자기저항곡선이다. 질소함유량이 4.0 sccm 까지는 자기저항비가 약 6.0 %에서 6.5 %정도를 유지하였으나 그 이상에서는 질소함유량의 증가에 따라 급속히 감소하였다. 이때 TaN 층의 비저항을 측정한 결과 245 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 에서 600 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 까지 증가하는 것을 확인하였다.

그림 2는 Ta 층 질소가스 함유량에 따른 교환자장곡선이다. 자기저항곡선과 같은 경향을 보였으며 질소함유량 3.0 sccm 까지는 약 160 Oe 정도를 유지하였으나 4.0 sccm 이상에서는 약 90 Oe까지 급속히 감소하였다.

그림 3은 Si/Ta(TaN)층을 증착하여 질소함유량에 따른 XRD 결과를 나타낸 것이다. 질소함유량은 0 sccm 부터 5.0 sccm까지를 비교하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 질소량이 점차 증가함에 따라 β -Ta(221) 상이 증가하였으며 1.0 sccm에서부터 TaN(101) 상이 보이기 시작하였다. 그러나 질소함유량이 5.0 sccm일 때부터 β -Ta(221) 상과 TaN(101) 상은 약해지는 것을 볼 수 있었다. 이것은 Ta 층에 질소량 함유량이 증가하면서 TaN 층이 비결정질화 됨을 의미한다.

그림 4는 열처리 온도 변화에 따른 자기저항비 곡선이다. 질소량이 0 sccm, 0.5 sccm 그리고 4.0 sccm인 경우 자기저항비는 6 % 이상이었으나 열처리 온도가 상승하여 200 °C에서 감소하기 시작하였다. 그러나 질소량이 8.0 sccm 인 경우에는 220 °C 까지 그리고 12.0 sccm 일 경우에는 260 °C 까지 증가하는 경향을 보였다.

접착력 측정결과 Ta 보다 질소가 8.0 sccm이 함유된 TaN 의 경우 약 2 배정도 강한 결과를 보였다.

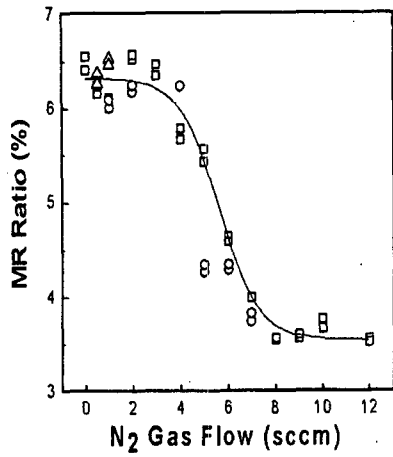


Fig.1 MR ratio of spin valve structures as a function of N_2 gas flow.

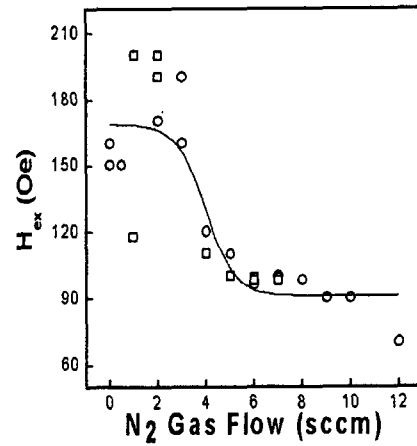


Fig. 2 H_{ex} of spin valve structures as a function of N_2 gas flow.

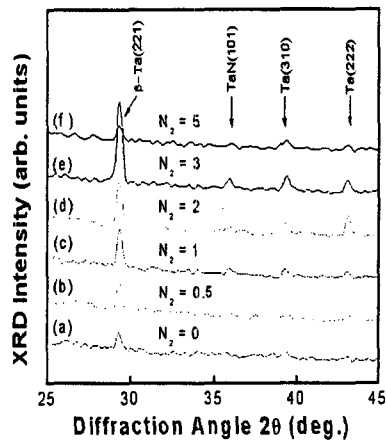


Fig. 3 XRD pattern of TaN films as a function of N_2 gas flow.

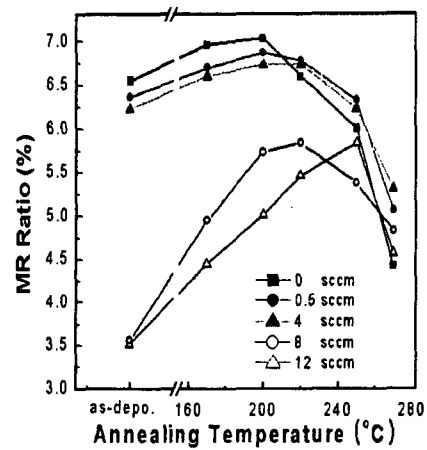


Fig. 4 MR ratio of spin valve structures for various N_2 gas flow as a function of annealing temperature.

4. 참고문헌

- [1] J. M. Daughton, IEEE Trans. Magn., 28(5), 2488 (1992)
- [2] K. Hayashi, S. Mori, H. Yamamoto, and J. Fujikata, Jpn. J. Appl. Phys., 36, L1161 (1997)