

Q-10

Microfabrication process를 이용한 자성 터널 접합

한국과학기술연구원
고려대학교

이제형*, 신경호
이궁원

Magnetic tunneling junction with microfabrication process

Korea Institute of Science and Technology
Korea University

J.H. Lee*, Kyung-Ho Shin
K. Rhie

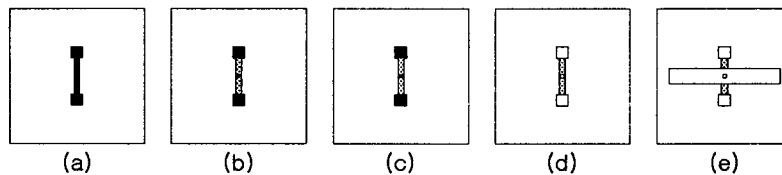
1. 서론

Lithography에 의한 microfabrication을 이용하여 산화 시간에 따라 MR과 저항의 변화를 관측하였다. Al의 산화는 RF 플라즈마 산화 방법을 이용하였고, in-situ로 Al의 산화 시간을 측정하여 산화 시간에 따른 Al의 산화 두께를 계산하였다. 그 결과에 의하여 산화 시간을 정하여 자성 터널 접합에 적용하여, MR비를 측정하였다. 최대 MR비는 산화를 30초 시켰을 때 약 15%를 얻었다.

2. 실험방법

시료의 제작은 2 inch, 6 gun sputter 장비를 사용하여, base pressure를 5×10^{-7} Torr 이하로 하여, 2×10^{-3} Torr 에서 증착 하였다. RF 플라즈마를 이용하여 Al막을 산화시켰다. 시료 증착시 시료에 일축 자기 이방성을 주기 위해 자기장을 400~500Oe를 인가하여 증착 하였다.

시료(Ta(50)/NiFe(100)/CoFe(20)/Al₂O₃(20)/CoFe(40)/FeMn(80)/NiFe(60)/Ta(50)/SiO₂)의 구성은 가장 널리 쓰이는 반강자성층인 FeMn을 이용하여 Bottom 스핀 밸브 방식으로 제작하였다. 하부의 Ta은 비정질로서 NiFe의 하지층으로 사용될 경우 NiFe의 입자를 미세하게 하여 자기적으로 soft하게 해주는 fresh layer의 역할을 하며, NiFe층은 FeMn의 (111) 배향을 촉진하기 위한 완충층에 해당한다. shadow mask로 제작한 시료를 photo mask를 이용하여 optical lithography한 후, Ion milling으로 Al₂O₃ 층까지만 식각하였다. junction size는 $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ 이고, capping layer는 Ion beam Deposition system을 이용하여 Al을 reactive sputter하여 Al₂O₃를 150nm 두께로 증착 하였다. 그 다음으로 capping한 시료를 lift-off



- (a) Deposition of whole stocks via shadow mask
- (b) Photolithography via Photo mask and Ion milling to top of CoFe bottom lead
- (c) 150nm thickness Al₂O₃ Capping layer
- (d) Lift-off
- (e) Deposition of Top lead(Cu) via shadow mask

Fig. 1. Schematics of Microfabrication of Magnetic Tunnel Junction

한 후, shadow mask를 이용하여 Cu를 Top lead로 50nm 증착 하였다. 위 모든 공정을 Fig. 1에서 보여 주고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

산화 시간에 따른 Al_2O_3 의 두께를 알기 위하여 Al을 20nm를 증착 하여 in-situ로 Al을 RF 50W, 10mTorr에서 플라즈마 산화시키며, 동시에 그 저항을 측정하여 Al 두께에 따른 저항 값을 구하였다. Fig. 2.에서 보면 산소 주입과 함께 저항이 급격히 증가한 후 포화되었고, shutter가 닫힌 상태에서 플라즈마를 켜서, Al이 플라즈마에 직접 노출되지 않은 상태에서도 Al이 산화되어 감을 볼 수 있다. 또한 직접 플라즈마에 노출된 후 수 분 이내로 Al의 산화가 포화되어 감을 알 수 있다. Fig. 2.에서 Al_2O_3 의 두께는 Al의 초기 두께인 20nm에서 산화되지 않고 남은 Al의 두께 차이이다. 따라서 산화에 의한 Al의 부피 팽창은 포함시키지 않았다.

이 기본 결과를 가지고 산화시간을 15s, 20s, 25s, 30s로 나누어 자성 터널 접합을 제작하여 면내 저항과 MR을 비교하였다. 여기서 산화 시간은 플라즈마를 시작한 후 shutter를 연 후의 시간이다. 15초 일 때 1.48nm의 Al이 산화되고 30초일 때 1.72nm이 Al이 산화된다. 터널 저항은 각 산화 시간별로 $10k\Omega\mu m^2$, $84k\Omega\mu m^2$, $388k\Omega\mu m^2$, $3.7M\Omega\mu m^2$ 로 측정되었다.

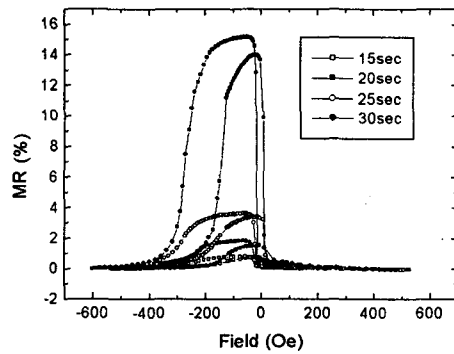
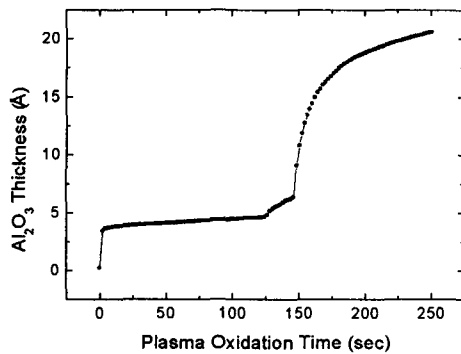


Fig. 2. The change in the Al_2O_3 thickness during plasma oxidation. Fig. 3. The magnetoresistance curves for a series of oxidation time

Fig. 3.은 각 시간 별로 자성 터널 접합의 MR비 변화를 나타낸 그래프이다.

4. 결론

in-situ로 Al을 증착 하여 플라즈마 산화시키면서 저항을 측정하여 Al_2O_3 의 두께를 환산한 뒤, 그 결과를 자성 터널 접합의 Al 산화막의 두께 계산에 적용하여, 그 조건에 따라 MR의 변화를 관측하였다. 산화 시간에 따른 터널 저항의 변화가 일관성 있게 나타났으며, 산화 시간의 증가에 따라 터널저항과 MR이 증가하였다.