

Al-0 터널 베리어 두께에 따른 Synthetic Anti-ferromagnet PtMn/CoFe/Ru/CoFe를 이용한 자기 터널 접합의 특성

하이닉스 반도체 장인우, 김창석, 이계남

The Characteristics of Magnetic Tunnel Junctions on the Al-0 Tunnel Barrier Thickness with PtMn/CoFe/Ru/CoFe Synthetic Anti-ferromagnet

Hynix Semiconductor Inc. I. W. Jang, C.-S. Kim, K. N. Lee

1. 서론

최근 실온에서 약 40% 이상의 높은 자기저항(magnetoresistance, MR)을 나타내는 자기 터널 접합(magnetic tunnel junction, MTJ)이 보고되면서 비휘발성 자기메모리로의 응용을 눈앞에 두고 있다[1]. 인공 초격자에 의한 인공 반강자성체층(synthetic anti-ferromagnet SAF)을 삽입한 MTJ를 이용하면 높은 교환 바이어스 효과와 함께 자성막의 표면 거칠기에 의한 자기 결합력으로 인한 자기 이력 곡선의 편이 현상을 막아주는 결과를 얻을 수 있다. IrMn, FeMn, PtMn 등의 반강자성 물질 중 300℃이상의 온도에서도 교환 결합력을 잃지 않는 PtMn을 사용하였다.

2. 실험 방법

MTJ는 Substrate / Ta (base electrode) / NiFe / PtMn (AF pinning layer) / CoFe (pinned) / Ru / CoFe (fixed) / Al-0 / CoFe (free) / NiFe (free) / Ta (top electrode) 으로 SAF를 이용하여 증착하였다. 알루미늄 절연층은 1nm~1.5nm의 알루미늄을 증착한 후, 플라즈마 산화시킴으로써 형성하였다. Photo-lithography 공정을 통하여 0.8μm×0.8μm ~ 7μm×7μm 크기로 패터닝한 후 이온밀링하여 MTJ를 형성시켰다. 이 후 진공중 자장 열처리를 하였는데, 그 조건은 5×10<sup>-6</sup> Torr 이하의 진공에서 약 1kOe의 자기장을 인가하면서 275℃, 3 시간 열처리 하였다.

3. 실험 결과

PtMn을 반강자성 물질로 사용한 MTJ의 경우 열처리를 하여야만 충분한 MR을 얻을 수 있음을 알 수 있었다. MTJ의 크기를 0.8μm×0.8μm ~ 7μm×7μm 영역에서 변화시켰을 때에 나타나는 MR의 변화를 주로 알루미늄의 두께에 의존함을 그림 1에서 볼 수 있는데, 이는 알루미늄이 얇아짐에 따라 pin hole 들의 존재 가능성이 커져 치밀한 산화막 형성이 어려워지기 때문이다. 이 그림에서 알루미늄의 두께는 플라즈마 산화이전의 알루미늄의 두께를

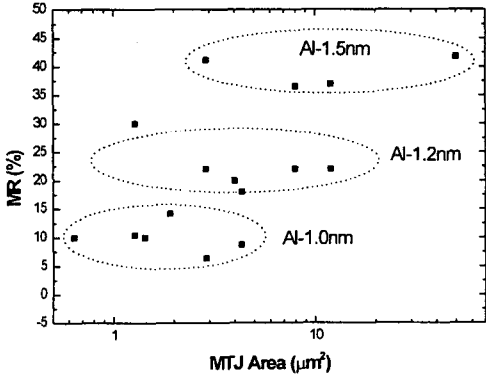


Fig. 1 TMR ratio with Al thickness variation.

나타낸다. 1.5nm와 1nm의 알루미늄을 플라즈마 산화시킨 알루미늄 터널 베리어층을 가진 MTJ를 TEM 분석하였다. 분석 결과 그림 2(a)와 같이 1.5nm인 경우 알루미늄 층이 확실하게 형성되어 터널 베리어의 역할을 수행할 수 있는 층으로 보이나, 그림 2(b)와 같이 1nm인 경우 pin hole이 많이 형성되고 베리어층이 뚜렷하게 형성되지 않음을 볼 수 있었다. 이로 인하여 MR값이 감소하는 것으로 판단된다.

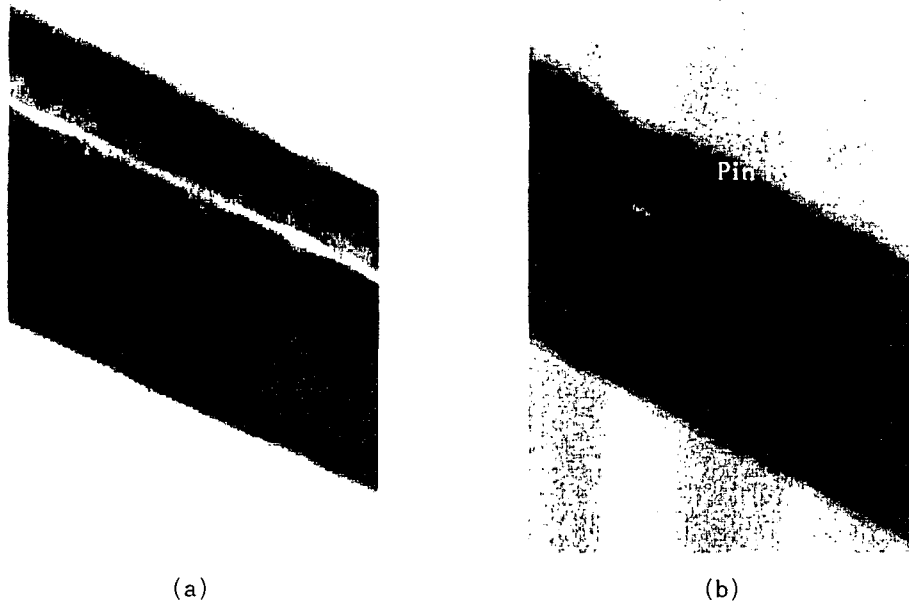


Fig. 2 TEM images of MTJs with Al-O of Al thicknesses 1.5nm(a) and 1nm(b).

또한, MTJ를 이용한 비휘발성 자기메모리로의 응용을 위해서는 MTJ가 이의 형성 공정 이후의 메모리 후속공정에서의 thermal budget을 견뎌야 한다. MTJ에 1분, 2분, 5분의 시간동안 400°C의 thermal budget을 준 결과 초기MR값 대비 0.58%, 0.66%, 2.03%의 MR 감소를 보였다.

#### 4. 결론

PtMn 반강자성 물질에 의한 인공 초격자 반강자성층(synthetic antiferromagnet)을 이용한 MTJ를 제작하여 40% 이상의 MR을 얻었다. PtMn을 사용하는 경우 자장 중 열처리를 실시하여야만 충분한 MR을 얻을 수 있으며, 400°C, 5분의 thermal budget에 의하여 MR 감소가 미미함을 알 수 있었다. 또한, 알루미늄의 두께가 얇아질 수록 MR값이 감소하는 경향을 나타내는데, 이로부터 얇은 알루미늄층을 형성하면서도 pin hole의 존재 가능성이 낮은 치밀한 알루미늄의 형성이 큰 MR값을 얻는 데에 있어서 가장 주요한 인자임을 알 수 있다.

#### 5. 참고문헌

[1] S.S.P. Parkin, K.P. Roche, M.G. Samant, P.M. Rice, R.B. Beyers, R.E. Scheuerlein, E.J. O'Sullivan, S.L. Brown, J. Bucchigano, D.W. Abraham, Yu Lu, M. Rooks, P.L. Trouilloud, R.A. Wanner, and W.J. Gallagher, J. Appl. Phys. 85, 5828 (1999)