

Capping Material & External Field Intensity에 따른 자기 저항 특성 연구

하이닉스 반도체 이계남*, 장인우, 박영진
한국과학기술연구원 박상용, 이재형, 전경인, 신경호

Magnetic Properties of MTJ by Capping Material & External Field Intensity

K.N. Lee^{a*}, I. W. Jang^a and Y.J.Park^a, S.Y. Park^b, J.H. Lee^b, K.I. Jun^b and K.H.Shin^b

^a Hynix Semiconductor Inc. San 136-1 Ami-ri Bubal-eub Ichon-Si Kyoungki-do 467-701 Korea

^b KIST. P.O.Box131, Cheongryang, Seoul 130-650, Korea

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]. 이에 본 실험에서는 Substrate / Ta (base electrode) / NiFe / PtMn (AF pinning layer) / CoFe (pinned) / Ru / CoFe (fixed) / Al-O / CoFe (free) / NiFe (free) / Ta & Ru (Capping Layer)과 같은 MTJ 증착 구조를 사용하여, MTJ의 보다 향상된 특성을 확보하기 위한 노력으로서 Al-O 두께, 어닐링 조건(Field Intensity & Sequence)변화등을 시도하였다.

1. 서론

MTJ는 층간의 알루미늄 절연층에 의해 분리된 두 층의 자성막으로 구성되는데, 강한 교환 결합력을 가진 반강자성 물질에 의해 하부 자성막의 자화 방향이 한쪽으로 고정된다. 특히, 인공 초격자에 의한 인공 반강자성체층(synthetic anti-ferromagnet SAF)을 이용하면 높은 교환 바이어스 효과와 함께 자성막의 표면 거칠기의 자기 결합력으로 인한 자기 이력 곡선의 편이 현상 문제를 막아주는 효과를 얻을 수 있다. 또한, IrMn, FeMn, PtMn 등의 반강자성 물질 중 300C 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-O / 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 통해 패터닝한 후 이온밀링하여 MTJ를 형성시켰다. 이후 자장 인가 진공 열처리 시료의 경우, 그 조건은 5×10^{-6} Torr 이하의 진공에서 200Oe, 500 Oe, 1kOe의 자기장을 인가하면서 275C, 3시간 열처리 하였고, 사전 열처리 시료의 경우는 동일 온도에서 8kOe의 자기장 인가를 실시하였다.

3. 실험 결과

PtMn 반강자성 물질 및 Ru 박막에 의해 두개의 층(fixed layer and pinned layer)으로 다시 분리된 인공 반강자성체층(synthetic anti-ferromagnet SAF)으로 하지 Pinned Layer를 구성한

MTJ의 경우 충분한 외부 자장 하에서 열처리를 하여야만 높은 MR을 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 현상은 높은 Field에서 Annealing 실시 할 경우 Magnetization Flop이 감소되어 높은 MR Ratio 및 낮은 저항 특성 확보가 가능하다. 또한, 낮은 Field에서의 재열처리로 자성 특성 향상 효과 확보가 가능하였다. 이는 낮은 Field Intensity에서의 열처리 과정동안 하지 인공 반강자성체 (SAF)의 상호 Coupling 효과로 인해 Magnetic Flop 효과를 감소시킬수 있었고 재열처리에 의한 산화막 층의 Uniformity 향상으로 높은 자기 저항 확보가 가능하였다. 또한, 알루미늄의 두께가 얇아짐에 따라 낮은 MR Ratio 및 특성 균일도가 감소하는 경향은 산화막 두께가 얇을수록 pin hole 의 존재 가능성이 커져 치밀한 산화막 형성이 어려워지기 때문이다. 이때 알루미늄의 두께는 플라즈마 산화이전의 알루미늄의 두께를 나타낸다.

4. 결론

PtMn 반강자성 물질에 의한 인공 초격자 반강자성층(synthetic antiferromagnet)을 이용한 MTJ 제작의 경우 High Field Annealing(8Koe 이상)에 의해 안정되고, 높은 자성특성(MR~40% 이상) 얻을수 있다. 특히, MTJ Patterning 이전에 자장 중 열처리를 실시하여야만 높은 자성 특성 확보에 효과적이다. 또한, 알루미늄의 두께가 얇아질 수록 국부적인 Pin hole 로 인해 MR값이 감소하는 경향을 나타내는데, 이로부터 얇은 알루미늄층을 형성하면서도 pin hole의 존재 가능성이 낮은 치밀한 알루미늄의 형성이 큰 MR값을 얻는 데에 있어서 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)

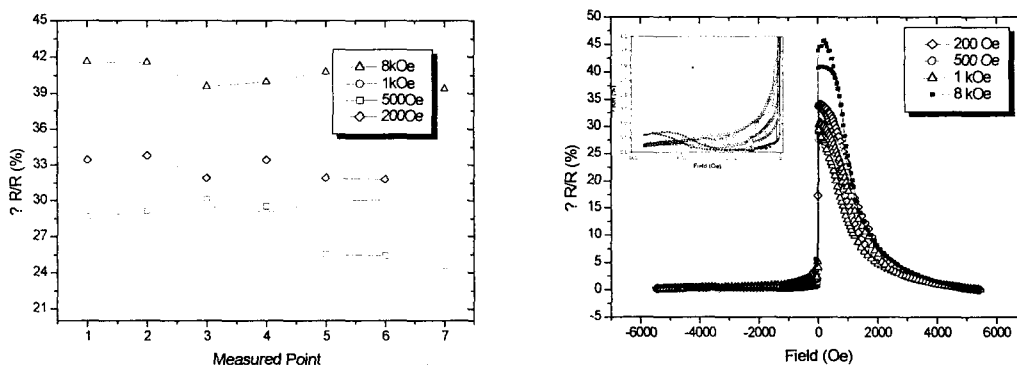


Fig. 1 TMR ratio & Resistance with Field Intensity variation.(Al-O 12A)