V-5

급속열처리에 의한 자기터널접합의 자기저항 증가

한국과학기술연구원 이경일*, 이우영, 신경호
광운대학교 성유빈, 하재근

ENHANCED MAGNETORESISTANCE IN MAGNETIC TUNNEL JUNCTIONS BY RAPID THERMAL ANNEALING

Korea Institute of Science and Technology K. I. LEE*, W. Y. LEE, K. H. SHIN
Kwangwoon University Y. B. SUNG, J. G. HA

1. 서론

최근 실온에서 약 40% 이상의 높은 자기저항(magnetoresistance, MR)을 나타내는 자기터널접합(magnetic tunnel junction, MTJ)이 보고되면서, 비휘발성 자기메모리 및 자기기록용 헤드재료로의 응용 가능성으로 인해 MTJ에 많은 관심이 집중되고 있다. 열처리공정을 이용하여 자연산화 또는 플라즈마 산화법으로 제작된 MTJ의 자기저항비를 향상시킨 연구결과가 많이 보고되었으며[1-3], 보다 우수한 특성을 얻기 위해서 열처리공정은 필수적인 것으로 받아들여지고 있다. 본 연구에서는 MTJ의 특성을 향상시킬 수 있는 방안의 하나로서, 비교적 긴 공정시간을 요하는 기존의 열처리(conventional thermal annealing, CTA) 방법이 아닌 급속열처리(rapid thermal annealing, RTA) 방법을 사용하였다. 약 27%의 MR을 나타내는 MTJ에 대한 RTA를 수행하여 자기적 특성 변화를 조사하였으며 CTA 수행 결과와 비교하였다.

2. 실험방법

기판은 열산화된 실리콘(100) 웨이퍼(SiO2~2000Å±5%)를 사용하였으며, MTJ 박막의 증착은 2인치 타겟을 6개 장착한 메인챔버와 4인치 타겟을 1개 장착한 로드락챔버로 구성된 직류 마그네트론 스퍼터(DC magnetron sputter)를 이용하였다. MTJ는 Substrate/Ta(50Å)/$Ni_{81}Fe_{19}$(60Å)/$Fe_{50}Mn_{50}$(80Å)/$Co_{84}Fe_{16}$(40Å)/Al_2O_3(16Å)/$Co_{84}Fe_{16}$(20Å)/$Ni_{81}Fe_{19}$(100Å)/Ta(20Å)의 구조를 갖도록 제작되었으며, 이때 FeMn 층은 하부 CoFe 전극층의 자화방향을 고정시키기 위한 반강자성 교환결합층으로 사용되었다. Al_2O_3 절연층은 DC 플라즈마 산화법을 이용하여 형성하였으며, 포토리소그래피(photolithography)와 이온밀링(ion milling) 공정을 통해 50㎛×50㎛ 크기의 접합면적을 갖도록 제작되었다. 제작된 시료의 열처리는 CTA 및 RTA 공정을 이용하여 진공(<5×10^{-6} Torr)중에서 5초~1시간, 200℃~400℃의 시간·온도범위에 걸쳐 수행되었다.

3. 실험결과 및 고찰

제작된 시료는 열처리전 약 27%의 MR을 나타내었으며, 표1 과 같은 조건으로 CTA및 RTA를 수행하였다. RTA 의 경우 CTA 에 비해 매우 짧은 열처리시간으로 수행되었지만, 보다 우수한 MR 특성 향상을 얻을 수 있었다. 그림1 에 그 결과가 나타나있으며, MR 특성을 기준으로 가장 적절한 온도 범위가 약 ~300℃ 내외 인 것에 반해, CTA의 경우에는 250℃ 이상의 열처리 온도에서는 특성 열화가 심각하게 일어나는 것을 알 수 있다. 이는 RTA의 경우 공정시간이 수십초 정도로 매우 짧아, 고온의 장시간 공정에서 발생하는 바람직하지 않은 열적효과가 발생하지 않는 것으로 생각된다.

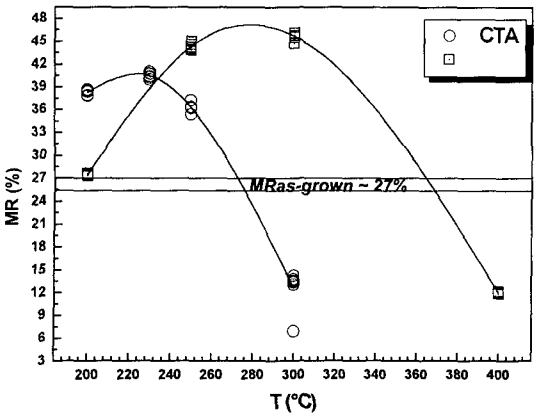

Fig. 1. Dependence on annealing temperature of magnetoresistances measured at RT. Annealing processes were conducted by RTA and CTA respectively.

Table I. Annealing conditions and results.

	CTA	RTA
Ramp-up	15min	10sec
Anneal	60min	10sec
Cool-down	120min	6min
Total Process	195min	< 7min

4. 결론

RTA 공정을 이용하여 MTJ 의 자기저항비를 향상시킬 수 있었으며, 열처리전 약 27%의 MR비를 나타내는 시료를 300℃에서 10초 동안 RTA를 수행하여 약 45% 이상의 MR비를 얻을 수 있었다. 열처리 공정시간과 MTJ의 특성향상을 기준하여 볼 때에 기존의 CTA를 대체 할 수 있슴을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

[1] M. Sato and K. Kobayashi, IEEE Trans. Magn. **3**, 3553 (1997)

[2] M. Sato, H. Kikuchi and K. Kobayashi, J. Appl. Phys. **83**, 6691 (1998)

[3] R. Sousa, J. Sun, V. Soares, P. Freitas, A. Kling, M. Silva and J. Soares, J. Appl. Phys. **85**, 5258 (1999)