

고속열처리 온도에 따른 스핀밸브의 자기저항 및 교환결합자장 거동

숭실대학교 박승영*, 최연봉, 조순철

Magnetoresistance and exchange coupling field behavior of spin valves depending on rapid thermal annealing temperature

Soongsil University S. Park*, Y. Choi, and S. Jo

1. 서론

FeMn, IrMn, PtMn 등을 사용한 강자성/반강자성 (FM/AFM) 접합 구조는 큰 교환결합 자장 (H_{ex}) 과 자기저항비 (MR)를 얻을 수 있어 매우 많이 사용되고 있다 [1]. 이러한 재료들 가운데 FeMn의 확산 온도는 IrMn이나 PtMn 보다 낮다. 특히 250 °C 이상의 고온을 수반하는 정전기 방전 (ESD)이 나 공정시 FeMn과 인접한 계면에서 Mn의 확산이 자기저항과 교환결합 자장의 세기를 급격하게 감소하게 하는 원인으로 알려져 있다. 이를 극복하기 위한 스핀밸브 박막 구조와 재료에 관한 연구는 많이 진행되고 있으나 고속 열처리 (RTA)와 같은 공정의 개발에 관한 연구는 많이 진행되지 않고 있다 [2, 3]. 따라서 본 연구에서는 top 고착층 구조의 spin valve 시료의 MR , 및 H_{ex} 의 거동을 CA와 RTA 온도와 시간 그리고 인가자장의 유무에 따라 조사하였다.

2. 실험방법

2,000 Å의 산화막이 존재하는 Si 웨이퍼위에 Ta(35 Å)/NiFe(100 Å)/CoFe(36 Å)/Cu(22 Å)/CoFe(28 Å)/FeMn(120 Å)/Ta(50 Å) 구조의 spin valve 시료를 제조하였다. 박막 증착시 초기 진공도는 1.3×10^{-7} Torr 이하였으며, DC 마그네트론 스퍼터링 방법을 사용하였고, 기판주위에 영구자석을 배치하여 600 Oe의 자장을 인가하여 이방성을 형성시켰다. 패턴은 사진식각공정으로 형성하였으며 선폭은 200 μ m, 길이는 5 mm 였다. RTA 공정을 수행하기 위해 전자석을 장착할 수 있는 고속진공로를 자체 제작하여 사용하였으며, 열처리 온도는 100 °C부터 500 °C 까지 변화시켰다. 이때 약 2 KOe의 자장을 인가하였으며, 인가자장의 방향은 증착시 가했던 자장의 방향과 동일하게 하였다. 열처리시간은 10 초부터 1 시간까지 변화시켰으며, 실온까지 서서히 냉각시킨 후 MR 을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1(a)와 Fig. 1(b)는 열처리 방법 (CA, RTA)과 온도에 따른 MR 과 H_{ex} 의 거동을 보인 그림이다. 각각의 점들은 동일한 증착조건으로 제조된 서로 다른 시편을 이용하여 얻어졌다. RTA 공정(●)은 자장이 인가된 상태에서 누적되지 않은 열처리였고, CA 공정은 자장을 인가하며 누적 열처리를 한 경우(O)와 자장을 인가하지 않으면서 누적되지 않은 열처리를 했던 경우(Δ)를 비교하였다. 자장을 인가하며 수행했던 RTA와 CA 공정 이후의 MR 거동은 250 °C까지 거의 유사했으며, 그 이상의 온도에서는 CA 공정 이후의 시료들 보다 RTA 공정 이후의 시료들이 500 °C에 이르기까지 보다 완만한 곡선을 그리며 MR 이 감소하는 경향을 보였다. 자장을 인가하지 않았던 CA 공정 이후의 시료가 온도 변화에 따른 MR 이 가장 급하게 감소되었다. Mn의 확산에 의한 영향은 고착층이 본연의 역할을 하지 못하여 H_{ex} 가 감소하는 형태로 나타나며, 이는 Fig. 1(b)에서 보인 결과와 같이 CA 공정에서는 자장의 유무와 관계없이 325 °C이상에서 H_{ex} 가 최소가 되었다.

Fig. 2(a)는 사진식각공정에서 수반될 수 있는 고온 환경을 가정하여 열처리 온도와 시간 그리고 방법에 따른 MR 거동을 보인 그림이다. 275 °C 이하의 온도에서 감소하거나 왜곡됐던 MR 의 높이는 10초간의 RTA 공정 이후에 증착 직후의 MR 높이까지 복원이 가능하였다. Fig. 2(b)는 Fig. 2(a)에서 275 °C로 CA한 경우를 선택하여 증착 직후, CA 이후 그리고 RTA 이후 각각의 MR 곡선을 비교가 용이하도록 한곳에 모아서 보인 그림이다. CA 이후 감소된 MR 높이와 민감도 그리고 H_{ex} 가 감소하였으며, RTA 이후에는 증착 직후의 MR 높이와 민감도보다 근소하게 높은 값으로 증가하였다. 그러나 감소된 H_{ex} 는 복원되지 않았다. 이는 MR 소자 제조후 있을 수 있는 사진식각공정을 포함한 다양한 후처리 공정들을 거치면서 열로 인해 손상된 MR 커브를 회복시키는데 효과가 있다고 할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 spin valve 시료의 MR 및 H_{ex} 거동을 CA와 RTA 온도와 시간 그리고 인가자장의 유무에 따라 조사하였다. RTA 공정을 통해 Mn 확산에 의한 영향을 CA 공정을 거쳤을 때 보다 줄일 수 있었고, 275 °C 이하의 CA공정으로 인해 줄어든 MR 의 높이를 복원시킬 수 있었다. 이러한 공정은 FeMn을 사용하는 구조뿐만 아니라 IrMn 또는 PtMn을 사용하는 구조에서도 열안정성을 향상시키고, 공정들 가운데 열로 인해 손상된 MR 커브를 회복시키는데 효과가 있을 것이라고 사료된다.

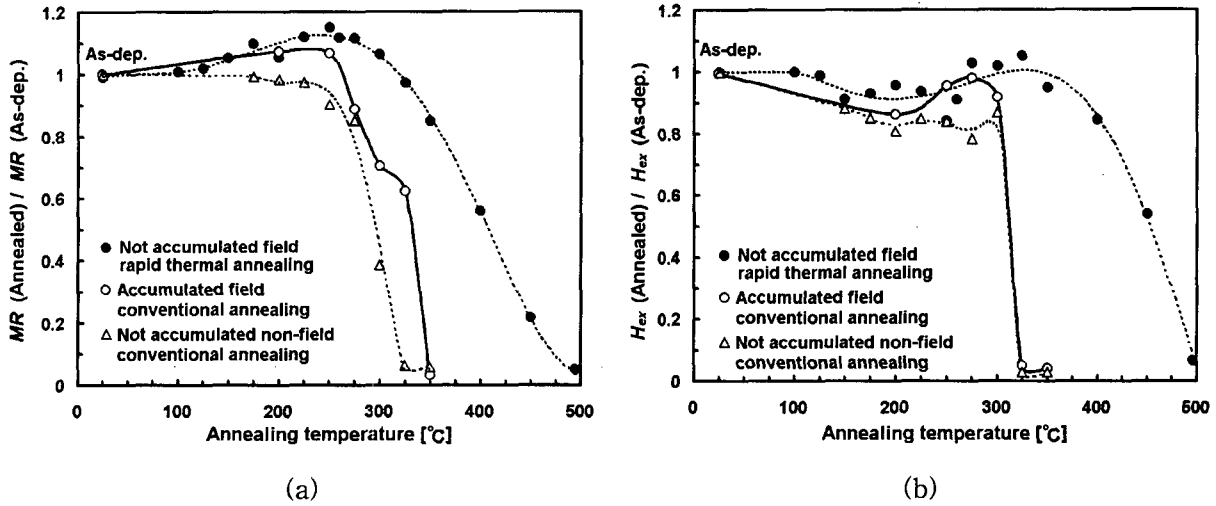


Fig. 1. Normalized magnetoresistance ratio (MR) (a) and exchange coupling field (H_{ex}) (b) behaviors depending on annealing method (CA and RTA) and temperature.

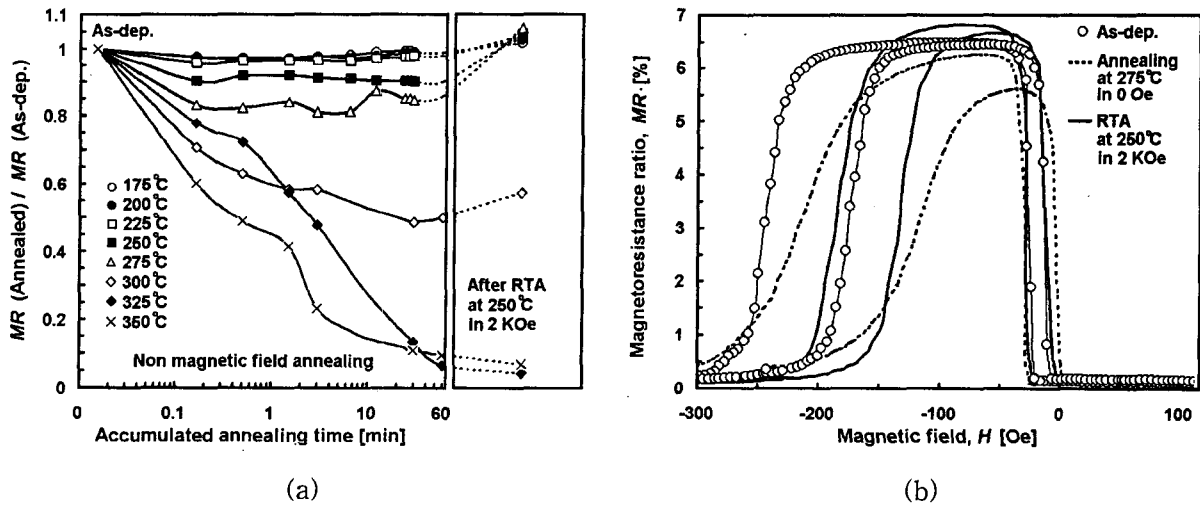


Fig. 2. Normalized magnetoresistance ratio (MR) behavior (a) of spin valve sensors depending on annealing method, temperature.

5. 참고문헌

- [1] 김보경, 이진용, 함상희, 이상석, 황도근, 한국자기학회지, 13(2), 53(2003).
- [2] K. Shin, W. Lee, Y. Park, K. Lee, and J. Ha, *Korea patent*, 10-0407907(2003).
- [3] 박승영, 최연봉, 조순철, 한국자기학회 하계학술대회, 14(1), 52(2004).