P-5

스핀 밸브의 열처리 조건에 따른 특성 변화

숭실대학교 박승영*, 최연봉, 조순철

Magnetic and magnetoresistive properties of spin valves depending on annealing conditions

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

1. 서론

Mn 합금형태의 반강자성체인 FeMn, IrMn, PtMn 등을 사용한 강자성/반강자성 접합 구조는 열처리 전후에 교환결합 자장의 세기를 수백 Oe 정도를 얻을 수 있다[1]. 이들 중 FeMn은 블록킹 온도가 192 ℃며, 확산 온도가 251 ℃로 다른 Mn 합금형태의 반강자성 물질인 IrMn이나 PtMn의 그것들 보다 낮아서 블록킹 온도 이상의 고온에서는 인접한 박막층 경계에서의 확산 현상 때문에 자기저항과 교환결합 자장의 세기가 급격하게 감소하게 된다[2, 3]. 이를 극복하기 위해 300 ℃ 이상의 블록킹 온도와 확산 온도를 갖는 스핀밸브 박막 구조 및 재료의 개발이 진행되고 있다[1, 3]. 또한 구조와 재료의 변화를 최소화하면서 원하는 특성을 가질 수 있는 RTA(rapid thermal annealing)와 같은 공정의 개발 또한 필요하다.

본 연구에서는 Sub(Si)/Ta(50Å)/NiFe(60Å)/CoFe(30Å)/Cu(12Å)/CoFe(90Å)/FeMn(150Å)/Ta(50Å) 구조의 spin valve 시료를 CA(conventional annealing)와 RTA 하여 온도와 열처리 시간 그리고 인가자장의 세기에 따른 특성변화를 연구하였다.

2. 실험방법

Spin valve 시료를 초기 진공도 1.3×10^{-7} Torr 이하에서 DC 마그네트론 방법으로 박막을 증착하여 제조하였다. 기판은 2,000Å 두께의 산화막이 존재하는 Si 웨이퍼를 1 inch × 1 inch 크기로 잘라 사용하였다. 박막의 이방성을 형성시키기 위해 기판주위에 영구자석을 배치하여 600 Oe의 자장을 인가하였다. 접합은 금속마스크를 사용하여 형성하였으며 선폭은 200㎛, 1,000㎛ 이며, 길이는 10 mm 였다. 열처리는 PR(photoresist)을 1 ㎛ 두께로 도포하고, 100 mTorr 정도의 진공환경에 실시하였으며, 열처리 온도는 100 ℃부터 500 ℃ 까지 변화시켰다. 이때 시편 주위에 전자석을 배치하여 약 2 KOe 의 자장을 인가하였으며, 박막 증착시 가해준 방향에 평행하게 하였다. 그리하여 자장이 가해졌을 경우와 그렇지 않은 경우의 열처리 결과를 비교하였다. 또한 열처리시간은 10 초부터 1 시간까지 변화시켰으며, 실온까지 서서히 냉각시킨 후 자기저항비를 측정하였다.

3. 실험 결과

Fig. 1은 열처리 온도와 시간 그리고 인가자장의 유무에 따른 자기저항비의 변화를 나타낸 그림이다. 자장이 인가되지 않은 상태에서 열처리한 경우 100 ℃ 부근까지는 자기저항비가 감소하다가 그 이후에는 대체로 감소하는 경향을 보여 350 ℃ 부근에서는 0.3% 까지 감소한다. 이에 비해 자장을 인가하여 열처리한 경우 1 시간, 5 분, 10 초에서 각각 220 ℃, 300 ℃, 360 ℃ 부근까지 자기저항비가 증가하다가 급격히 감소하여 450 ℃ 이상에서는 자기저항비가 0.1% 정도가 된다. Fig. 2는 열처리 온도와 시간 그리고 인가자장의 유무에 따른 교환결합자장 세기의 변화를 나타낸 그림이다. 자장이 인가되지 않은 상태에서 열처리한 경우 250 ℃ 부근에서 최대 교환결합자장의 세기를 보이다가 그 이후에는 급격히 감소하였다. 자장을 인가하여 열처리한 경우 1 시간, 5 분, 10 초에서 각각 370 ℃, 400 ℃, 460 ℃ 부근에서 최대 교환결합자장의 세기를 보였고 그 이후에는 급격히 감소하였다. 여기에서는 열처리 시간에 따라 400 ℃ 부근에서 최대의 교환결합 자장의 세기를 보이다가 급격히 감소하여 Fig. 1과 비슷한 블록킹 온도를 나타내고 있음을 보여준다. Fig. 3은 열처리 온도와 시간에 따른 전기저항 크기의 변화를 나타낸 그림으로 자기저항비가 최대가 되는 온도에 이르기까지 저항은 감소하며 자기저항비가 감소하기 시작하는 시점부터는 저항이 급격히 증가하여 Fig. 1에 대해서 반비례하는 경향을 보이고 있다. Fig. 4에서는 자장이 인가되지 않는 환경에서 200 ℃로 30 분간 열처리 후 고착 특성의

변화로 감소한 자기저항비 특성이 자장이 인가된 환경에서 260 ℃로 10 초간 열처리 후 원상태로 복구된 모양을 보이고 있다.

4. 고찰

본 연구에서는 FeMn을 고착층으로 사용하는 top 구조의 spin valve 시료를 열처리하였으며, 이때 열처리 방법, 온도와 시간 그리고 자기장에 변화를 주어 이에 따른 전기적, 자기적 특성의 변화에 대해 조사하였다. 자장을 가하지 않고 실시했던 CA보다 2 KOe 크기의 자장을 인가한 상태에서의 열처리시 블록킹 온도를 120 ℃ 이상 올릴 수 있었다. 또한 열처리시 자장을 인가하지 않았을 경우에는 FeMn의 고착특성에 문제를 보여 자기저항비가 감소하고 그래프의 형상이 변형되었으나, 자장을 가하여 10 초간 열처리하였을 때, 본래의 자기저항비 특성을 되찾을 수 있었다.

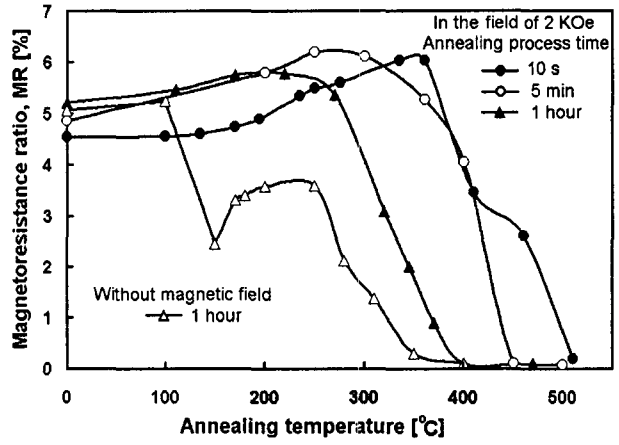

Fig. 1. Annealing temperature and process time dependance of magnetoresistance ratio

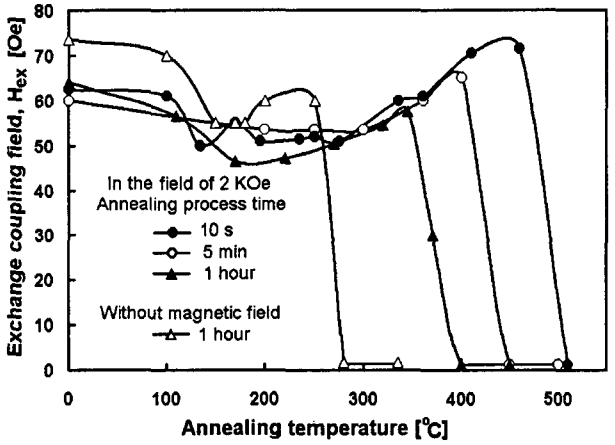

Fig. 2. Annealing temperature and process time dependance of exchange coupling field

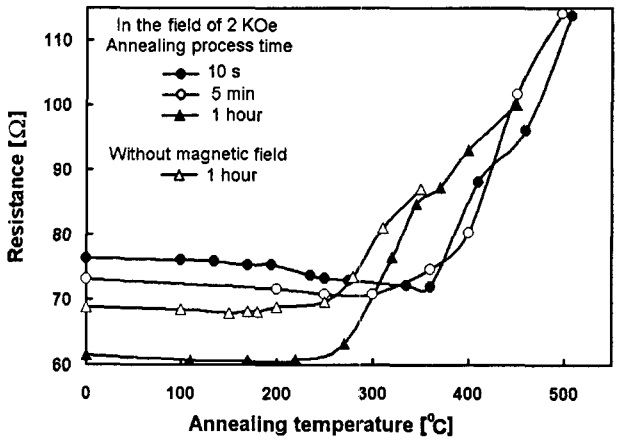

Fig. 3. Annealing temperature and process time dependance of electrical resistance

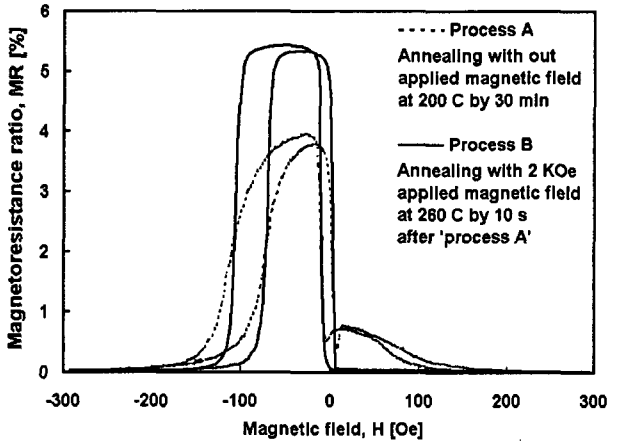

Fig. 4. Recovering MR-H characteristics after 10 s annealing with applied magnetic field

5. 참고문헌

[1] 김보경, 이진용, 함상희, 이상석, 황도근, 한국자기학회지, **13**(2), 53(2003).

[2] Tsann Lin, Daniele Mauri, IEEE Trans. Magn. **35**(5), 2607(1999).

[3] 최연봉, 박승영, 강재구, 조순철, 한국자기학회지, **9**(6), 297(1999).