

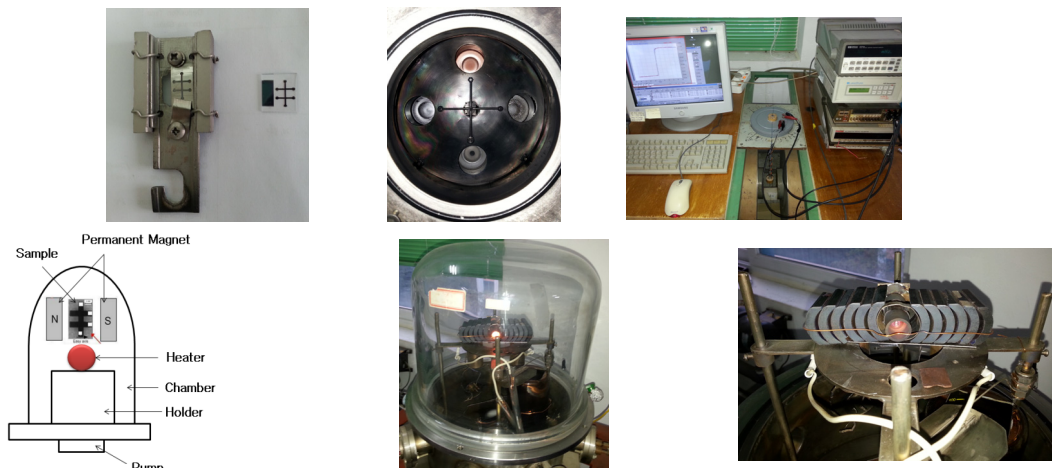
# 거대자기저항-스핀밸브 박막의 자기이방성 영역분포에 관한 연구

카지드마<sup>1</sup>, 이장로<sup>2</sup>, 이상석<sup>1\*</sup>

상지대학교 보건과학대학 한방의료공학과, 강원도 원주시 우산동  
숙명여자대학교 물리학과, 서울시 청파동

NiFe/Cu/NiFe/IrMn/NiFe/Cu/NiFe 이중구조 GMR-SV 박막의 열처리 조건에 의존하는 자기이방성 특성을 조사하였다. 이중구조 GMR-SV 박막을 진공 챔버내에서 후열처리 온도를 250 °C까지 증가시켜 강자성층체의 자화용이축이 면상에서 변화를 유도하였다. 자유층과 고정층의 자화용이축에 의존하는 이중구조 GMR-SV 박막의 자기저항곡선을 외부자기장 각도를 다르게 측정하였다. 자화방향의 스위칭 과정을 조사하여 자기등방성을 갖는 열처리 온도가 107 °C인 최적조건을 얻었다. 후 열처리 과정을 거친 이중구조 GMR-SV 박막은 측정각도에 0°부터 90°까지 자장감응도가 약 2.0 %/Oe로 비슷한 자기저항 특성을 나타냈다. 열처리 온도가 250 °C 일 때 갖는 자기이방성 특성과 아래 그림과 같이 비교하여 이방성 분포 영역을 구분하였다. 이러한 결과를 이용하여 면상 강자성층과 자유층을 서로 직교한 고감도 GMR-SV 박막 소자는 마이크로 자성비드를 임의 방향에서 검출할 수 있는 고감도 바이오센서로 사용할 가능성을 제시하였다.

Ta(bottom)/NiFe(free FM layer)/Cu(spacer)/NiFe(pinned FM layer)/ IrMn(AFM layer)/NiFe(piined FM layer)/Cu(spacer) /NiFe (free FM layer) /Ta(top) 다층구조로 높은 자기저항비를 갖는 GMR-SV 다층박막을 제작하였다. 여기서 반강서층인 IrMn(AFM ; antiferromagnet) 층과 고정층과 자유층의 역할을 하는 NiFe(FM : fferomagnet) 층과 사이층으로 Cu(spacer)층, 그리고 바닥(bottom)층과 보호(top)층인 Ta 층 모두는  $3 \times 10^6$  Torr인 고진공 증착시스템을 이용하여 유리(Corning 7059) 기판 위에 DC 마그네트론 스퍼터링 방법으로 상온에서 증착하였다.



**Fig. 1.** The rotatable sample holder, the shadow metal mask, and two permanent magnets in the both side of GMR-SV film. Heating chamber, lamp, holder, and, permanent magnet. MR measurement stage and electromagnetic system

다층박막 증착시 인가된 영구자석의 자기장 크기는 350 Oe 이었다. Ta, NiFe, Cu, IrMn의 독립적인 3인치 타겟들을 증착할 때 플라즈마의 상호 간섭이나 타겟 성분들 간의 혼재를 막기 위해 분리막을 사용하였다. Ta, NiFe, Cu, IrMn의 박막에 대한 증착률은 각각 0.1 nm/s, 0.15 nm/s, 0.12 nm/s, 0.1 nm/s 이었다. 이중 다층박막 구조에서 Ta층, NiFe층, Cu층, NiFe층, 반강IrMn층의 최적 조건의 두께를 각각 5 nm, 8 nm, 2.3 nm, 4 nm,

5 nm로 증착하였다(Fig. 1. 참조).

박막제조시 본연구의 핵심인 증착 중 직교면 상에서 자유강자성층과 고정 강자성층간의 서로 교차시키기 위해 영구자석의 자기장을 고정하고 진공 후열처리 시 시료를 회전시켰다. 여기서 열처리시 챔버의 진공도를  $5 \times 10^{-6}$  Torr로 유지시켰다. 진공 열처리시 일축 이방성을 유도하기 위한 자기장 세기는 증착시 자기장 인가조건과 같은 350 Oe 이었다. 원통형 영구자석 안에 할로겐램프의 복사열을 직접 받아 일정한 온도로 유지하는 평평한 Cu 판으로 감싼 알루미늄 세라믹 원통 안에 박막시료를 넣었다. Cu의 평평한 판에 올려진 박막시료는 일정한 상승 속도로 목표한 온도에 도달하여 열처리를 시행하였다. 5 °C/m의 속도로 열처리 온도까지 상승을 시킨 후 목표 온도에서 1시간 동안 머무르고 다시 2 °C/m의 속도로 상온까지 낮추었다. 시료의 자기저항특성을 관찰하기 위해 보자력(coercivity; Hc), 교환결합세기(exchange coupling field; Hex), 자기저항비(magnetoresistance ratio ; MR(%))는 상온에서 4-단자 자기저항 측정시스템으로 측정된 자기저항곡선으로부터 각각 결정하였다(Fig. 1. 참조).

Fig. 2은 Ta(5 nm)/NiFe(8 nm)/Cu(2.3 nm)/NiFe(4 nm)/IrMn(5 nm)/NiFe(4 nm)/Cu(2.3 nm)/NiFe(8 nm)/Ta(5 nm) 이중구조에 대해 형상 자기이방성을 갖는 폭 방향의 용이축을 45°로 바꾸어 설정한 후열처리 효과에 관한 자기저항 곡선이다. Fig. 46에서 그림자 마스크를 이용하여 0.5 mm 폭으로 형성된 이중구조 GMR-SV 박막을 용이축으로 설정한 폭 방향과 45°로 각도로 외부 자기장을 인가하였다. 상온에서 목표온도인 250 °C에 도달하기 위한 온도 증가율은 5 °C/m 이었다. 열처리 온도에서 1시간 머무른 후에 온도 하강율을 상승율과 같은 5 °C/m로 상온까지 낮추었다. 진공 열처리시 효과로 계면 간의 치밀성이 높아져 4-단자 자기저항값은 47.4 Ω에서 46.7 Ω으로 줄어들었다. 균일한 외부 자기장에서 열처리 과정을 거치므로 보자력과 교환결합력의 변화는 없었을 뿐만 아니라 자성박막의 열적 안정성을 높이는 특성을 가질 수 있다. 후열처리 온도가 250 °C 이상일 경우에는 원소간의 섞임 계면 확산으로 인해 급격히 자기저항 특성이 감소할 것으로 예상된다. 길이방향 축을 45°로 기울어서 측정한 major loop와 minor loop의 곡선은 용이축과 곤란축은 각각 Fig. 2(b)와 Fig. 2(d)가 된다. 한편 Fig. 2(a)와 Fig. 2(c)는 major loop와 minor loop의 곡선 특성의 경향성 거의 비슷하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 특성은 후열처리 온도조작을 통해 어느 방향이라도 자기저항특성이 같은 등방성을 유지하는 이중구조의 GMR-SV 박막을 특성이 가능함을 제시한다.

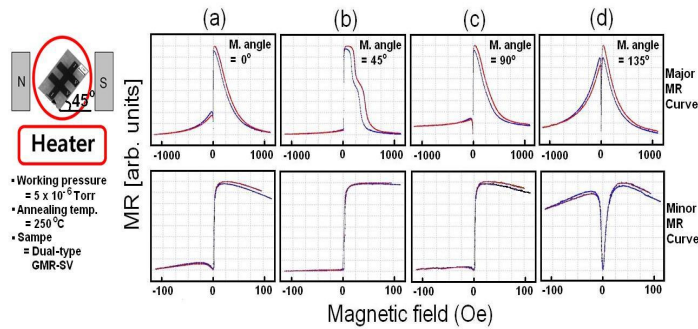


Fig. 2

열처리온도에 따른 이중 거대자기저항-스핀밸브 박막의 자기이방성 영역분포에 관한 실험결과는 Fig.3과 같다.

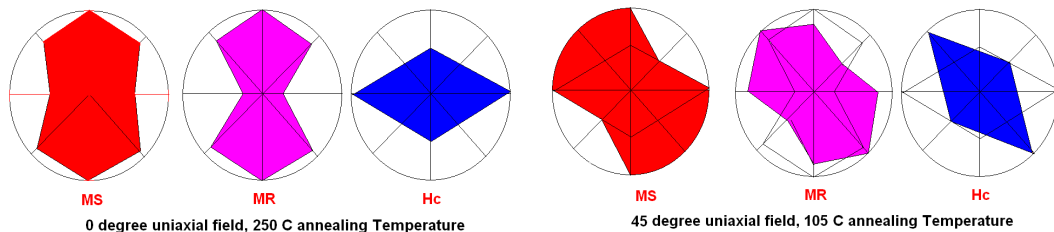


Fig. 3. The distribution of MS, MR, and Hc for the annealing temperature of 250 °C and 105 °C on the dual spin-valve multilayer.

중심어 : 이중 거대자기저항-스핀밸브 박막, 자화용이축, 자기저항곡선, 후열처리, 자기등방성, 자장감응도