

진공 열처리된 NiFe/Ag 불연속 다층박막의 자기저항거동에 관한 연구

한국과학기술연구원
(주) 케이맥박 창 민, 신 경 호
김 영 역*, 장 효 선, 유 흥 열A STUDY ON MAGNETORESISTIVE BEHAVIOR OF VACUUM-ANNEALED
NiFe/Ag DISCONTINUOUS MULTILAYERKorea Inst. of Sci. & Tech.
K-MAG Inc.C.-M. Park, K.H. Shin
Y.E. Kim*, H.S. Jang, H.Y. Yoo

1. 서 론

불연속 다층박막(discontinuous multilayer)[1]은 거대자기저항 재료의 하나로 작은 포화자계에
서 우수한 자기저항특성을 나타내어 자장감지센서 등의 응용에 유리할 것으로 기대되고 있다. 다층박
막 내에 불연속성을 유도하기 위해서는 열처리가 반드시 필요한데 보통 Ar-H₂ 분위기에서 300℃ 이상
의 온도를 유지하면서 약 10 분 유지한 후 꺼내는 방식이 사용된다. 본 연구에서는 일반적인 스퍼터
링 방법으로 NiFe/Ag 다층박막을 얻되, 열처리 방법으로 기존 방식과 달리 진공열처리 방식을 새로이
채택하였다. 열처리 온도에 따른 여러 가지 자기저항 특성의 변화를 조사하였으며 일부 시편에 대해
서는 패턴을 형성하여 자기저항 헤드소자로서의 응용 가능성에 대한 기본적인 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

DC 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용해 Si(100)/Ta(40 Å)/Ag(20 Å)/Ni₈₀Fe₂₀(t_{NiFe} Å)/[Ag(t_{Ag}
Å)/Ni₈₀Fe₂₀(t_{NiFe} Å)]_n/Ag(20 Å)/Ta(100 Å) 구조의 다층박막을 제조하였다 (t_{NiFe}=15, 20; t_{Ag}=40, 45, 50).
이 때 Si(100) 기판 표면의 자연산화막은 제거하지 않았다. 기초진공도는 2×10⁻⁶ Torr 이하였고 아르곤
스퍼터링 압력은 3 mTorr 로 하였다. 증착속도(및 증착전력)는 NiFe, Ag, Ta 에 대해 각각 2.1 Å/sec
(60 W), 2.9 Å/sec (20 W), 1.9 Å/sec (45 W) 이다. 얻어진 다층박막은 진공중에서 10 분간 열처리를 행하
였다. 기초진공도는 2×10⁻⁶Torr 였고, 열처리 온도는 320℃~420℃의 범위에서 변화시켰다.

최대자기저항비(MR_{max})와 오프셋자장(H_{off}) 등의 자기저항 특성은 4 단자법을 이용해 얻어진
자기저항곡선에서 구하였다. 열처리 온도에 따른 자화-자장 곡선을 시료진동형 자력계(VSM)로 구하였
고, X선 회절분석(XRD; θ-2θ 스캔) 을 통해 열처리 온도에 따른 박막구조의 변화를 조사하였다.

불연속 다층박막에 센서 패턴을 형성하고 형성 전·후의 자기저항 특성을 비교하였다. OHP
마스크를 사용하여 이온빔으로 건식에칭을 행하여 얇게는 약 100 μm 까지의 선폭을 구현하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 열처리 온도에 따른 NiFe/Ag 다층박막(t_{NiFe}=15, t_{Ag}=45 인 경우)의 자기저항곡선 변
화를 나타내었다. 열처리 전의 자기저항곡선을 그림에 함께 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 사실은
열처리 전의 다층박막이 0.2% 이하의 매우 작은 자기저항 효과를 나타내는 반면 320 ℃ 이상의 온도
에서 열처리된 후에는 수% 에 달하는 자기저항 효과가 나타난다는 점이다. 열처리 온도가 증가하면
MR_{max} 가 증가하기 시작하여 370℃ 에서 약 4% 의 가장 큰 MR_{max} 를 나타내었다. 열처리 온도가 계
속 증가하면 MR_{max} 는 감소하기 시작하는데 약 400℃ 에 가까워지면 2% 이하의 값을 보인다. 한편
H_{off} 는 열처리온도 증가에 따라 증가하며 400℃ 가 되면 약 20 Oe 의 값을 나타낸다.

NiFe/Ag 다층박막에서의 자기저항효과는 열처리에 의해 형성되는 자성체 입자간의 불연속성
및 이에 의해 유발되는 정자기적 결합(magnetostatic coupling)에 기인한다고 알려져 있다[1,2]. 이러한
불연속성의 형성을 입증하는 TEM 결과[3] 등이 보고된 바 있으며 본 연구에서의 VSM 및 XRD 결과
역시 이를 뒷받침해준다. 한편 박막의 비저항은 열처리 온도의 증가에 따라 감소하였는데 이는 박막
내 존재하는 결함들의 농도가 열처리가 진행됨에 따라 감소하기 때문으로 여겨진다. .

열처리를 수행한 불연속 다층박막에 대하여 패턴 형성 전·후의 자기저항 곡선을 비교한 결
과(그림 2) MR_{max}나 H_{off} 등의 자기저항 특성들은 크게 바뀌지 않았고 저항값만이 0.4Ω 에서 57Ω 으
로 크게 증가하였다. 이러한 저항의 증가는 재생 신호의 크기를 증가시켜 줄 것으로 여겨진다.

4. 결론

NiFe/Ag 다층박막에 대해 진공열처리 방식을 새로이 채택하여 열처리를 수행하였다. 약 4
%의 최대자기저항비를 얻을 수 있었으며 오프셋 자장의 크기는 25 Oe 이하였다. 얻어진 시편에 패턴
을 형성한 결과 불연속 다층박막 구조를 자기저항식 헤드소자로 응용할 수 있을 것으로 판단되었다.

· 참고문헌

- [1] T. L. Hylton, K. R. Coffey, M. A. Parker, and J. K. Howard, *Science* **261**,1021 (1993).
 [2] J. C. Slonczewski, *J. Magn. Magn. Mater.* **129**, L123 (1994).
 [3] T. L. Hylton, M. A. Parker, K. R. Coffey, J. K. Howard, R. Fontana, and C. Tsang, *Appl. Phys. Lett.* **67**(8),1154 (1995).

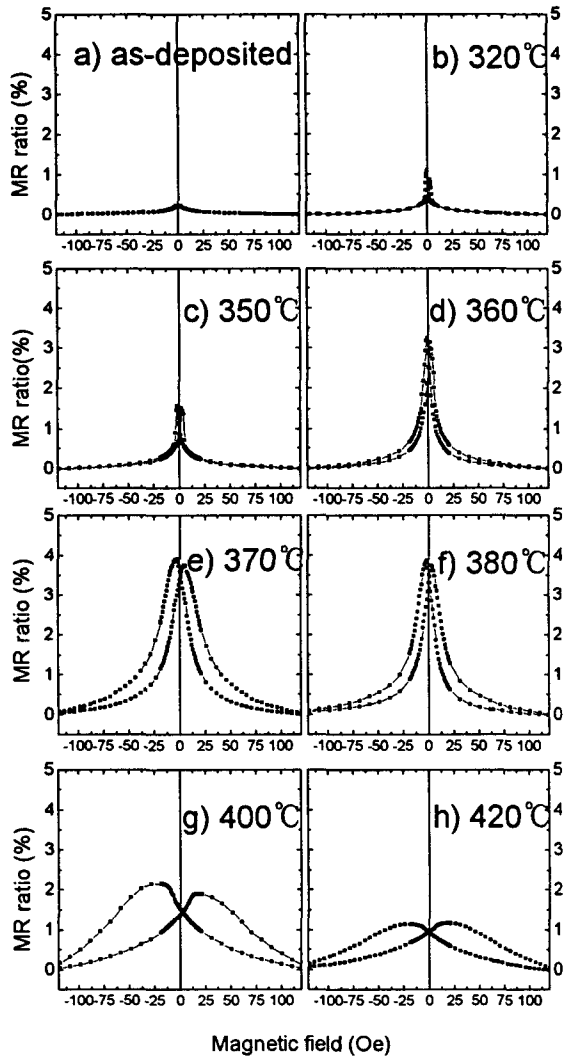


Fig. 1. Magnetoresistance curves for Si/Ta(40 Å)/Ag(20 Å)/NiFe(20 Å)/[Ag(45 Å)/NiFe(20 Å)]₇/Ag(20 Å)/Ta(100 Å) annealed at different temperatures; a)AS-deposited, b)320°C, c)350°C, d)360°C, e)370°C, f)380°C, g) 400°C, h) 420°C.

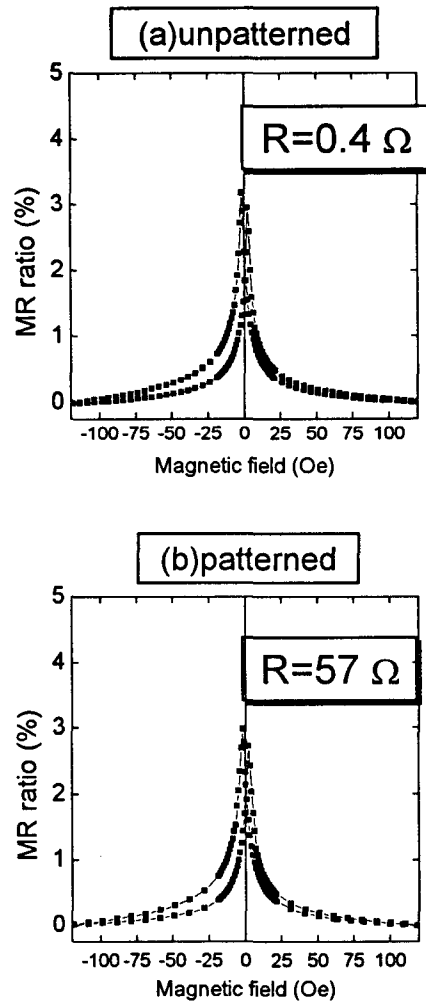


Fig. 2. Magnetoresistance curves for an annealed Si/Ta(40 Å)/Ag(20 Å)/NiFe(15 Å)/[Ag(45 Å)/NiFe(15 Å)]₇/Ag(20 Å)/Ta(100 Å) of a sample a)before patterning and b) after patterning. Annealing temperature is 345°C.