

## NiO/NiFe 이층박막에서 단자구 모델을 이용한 이방성 자기저항 분석

선문대학교 박 병 승\*, 김 철 기, 김 호 철  
 상지대학교 황 도 근, 이 상 석  
 현대전자 김 동 영

Analysis of Anisotropic Magneto-Resistance in NiO/NiFe Bilayer  
 using Single-Domain model

Sunmoon University B. S. Park\*, C. G. Kim, H. C. Kim  
 Sangji University D. G. Hwang, S. S. Lee  
 Hyundai Electronics Industries. D. Y. Kim

## 1. 서 론

최근 반강자성층과 강자성층의 교환결합을 이용한 박막구조에서는 낮은 포화자장과 높은 자장감응도로 인해 포화자장이 높은 강자성층/비자성층으로 이루어진 다층박막의 문제점을 해결하며 많은 관심을 끌고 있다. 특히 반강자성체인 NiO는 안정된 구조와 높은 Neel 온도로 인해 이를 이용한 새로운 실험들이 연구되고 있다. 본 실험에서는 NiO/NiFe로 이루어진 이층박막에서 자기저항을 자화각도의 함수로 측정하고 이를 단자구 모델을 이용한 계산결과와 비교, 분석하였다.

## 2. 실 험

NiO(300 Å)/NiFe(t) (t=50, 100, 300 Å) 로 이루어진 이층박막의 자기저항을 4 단자 방법으로 상온에서 측정하였다. 실험은 두 가지로 나누어서 수행하였는데, 첫 번째는 최대 교류자기장을  $\pm 600$  G로 하여  $0^\circ$  에서  $90^\circ$  까지  $10^\circ$  간격의 각도에서 자기장의 함수로 측정하였다. 두 번째는 직류자기장 하에서 자기저항을 각도의 함수로 측정하였다. 자기장(H)의 방향은 bias field와 평행한 방향일 때 +H, 반평행한 방향일 때를 -H로 하였고, 각도( $\theta$ )는 측정전류와 외부자기장이 수직인 경우를  $0^\circ$  로 해서 측정전류방향이 시계방향으로 돌아가면  $+\theta$ , 반시계방향으로 돌아가면  $-\theta$  로 나타내었다.

## 3. 이론 모델

본 연구에서는 이론적인 해석을 좀 더 간단히 하기 위하여 그림 1과 같은 단자구 모델로써 접근을 시도하였다. 이러한 단자구 모델에서의 총 에너지는  $E_t = E_{ex} + E_b + E_k$  로 표현되며, 여기서  $E_{ex} = -MH_{ex} \cos(\theta - \phi)$ 로써 외부자장과 자화 사이의 결합에너지이며,  $E_b = -MH_b \cos \phi$ 로써 NiO층의 bias field에 의한 에너지이고,  $E_k = MH_k \sin^2(\phi - \gamma)$ 로써 일축 이방성 에너지이다. 단자구의 자화방향  $\phi$ 는 주어진 H 및  $\theta$ 에서  $E_t$ 가 최소가 되는 조건, 즉  $\partial E / \partial \phi = 0$ 에서 구하였고, 주어진  $\phi$ 에서 자기저항은  $\Delta R = \delta R \cos^2 \phi$  를 이용하여 계산하였다.

위 식에서 bias field는 각 시료에 대해 실험에 의하여 관측된 값(t 가 50, 100, 300 Å에 대해 각각 200, 100, 30 G)을 대입하였고,  $\gamma$  와  $H_k$  값을 fitting 변수로 하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

그림 2는 두께 300 Å에서 자화각도  $\theta=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  에서 측정된 자기저항과  $H_b=30$  G,  $\gamma=10^\circ$ ,  $H_k=10$  G인 경우의 이론 값이다. 그림 3은 두께 50 Å에서  $H=150, 200, 400, 600$  G에서  $\theta$ 에 대한 함수로 나타낸 자기저항과  $H_b=200$  G,  $\gamma=-40^\circ$ ,  $H_k=130$  G인 경우의 이론 값이다. 그림 2와 그림 3에서 보는 바와 같이 항자력  $H_c$ 를 고려하지 않은 상태에서 비교적 잘 맞고 있다. 그림 3에서의 특이한 점은 bias field보다 낮은 field에서의 profile은 대칭적이지 않고 그 최대점의 각이 달라진다는 것인데 이는 bias field와  $\gamma$ ,  $H_k$ 의 기여로 여겨지며 계산한 결과에 의하면 두께가 50 Å에서 300 Å으로 가면서  $\gamma$ 값은  $H_b$ 축을 중심으로 위치를 바꾸고,  $H_k$ 값은 작아졌다. 그리고, 낮은 자기장 쪽에서 자기저항곡선의 크기가 잘 맞지 않는 것은 이론상에서  $H_b$ 나  $H_k$ 에 의한 potential을 고려하지 않았기 때문인 것으로 추정된다.

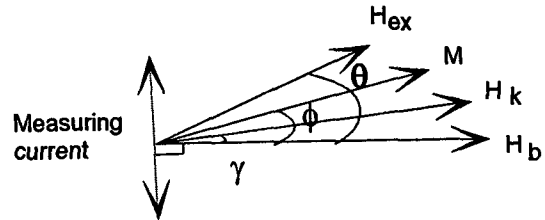


그림 1. Magnetization and field configurations.

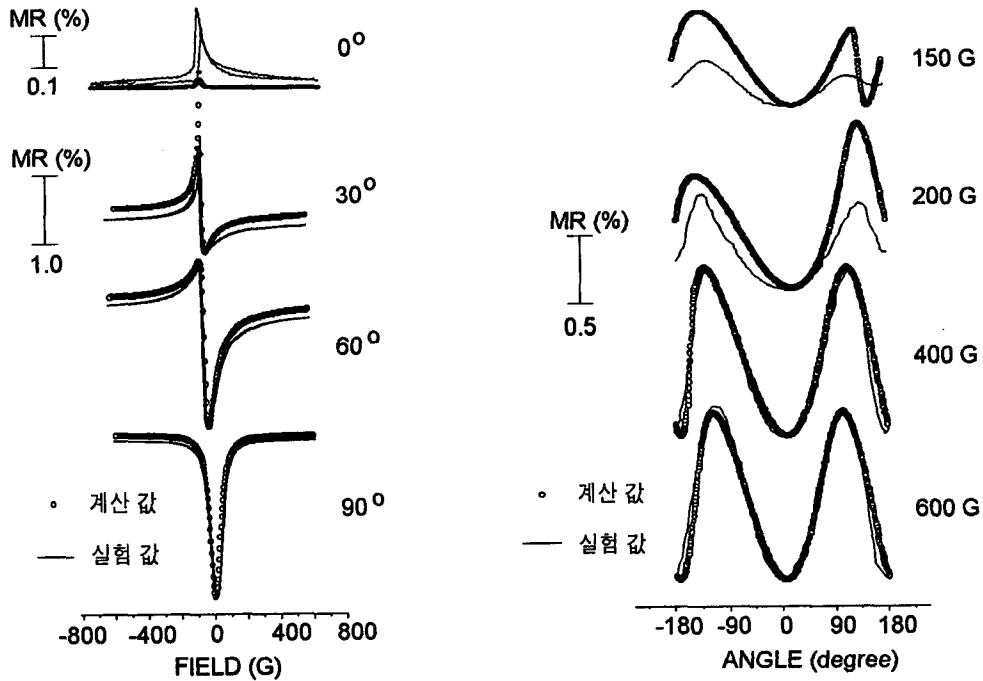


그림 2. MR profile during a cycle of magnetization. 그림 3. MR profile during a rotation of field.