

### 이방성 자기저항측정을 이용한 NiO/NiFe 박막의 교환결합연구

단 국 대 김중기, 김선욱, 이기암  
상 지 대 이상석, 황도근

#### The exchange bias of NiO/NiFe thin film by the measurement of anisotropic magnetoresistance

DanKook Univ. Jong-kee Kim\*, Sun-wook Kim, Ky-Am Lee  
Sangji Univ. Sang-Suk Lee and Do-Guwn Hwang

NiO와 NiFe 이중구조에서 일어나는 교환결합의 근원 규명과 외부자장 변화에 따른 자성체 자구의 거동 메커니즘의 체계적인 관찰이 오래 전부터 꾸준히 연구가 되고 있다. 최근에는 교환결합이 발생하는 영역을 강한 결합과 약한 결합으로 분석하여 교환결합의 발생근원을 알아보려는 시도가 있다. 특히 교환결합력의 크기를 알아내는 방법의 하나로서 이방성 자기저항 측정을 이용하기도 하는데 이방성자기저항측정법을 이용할 경우, 반강자성/강자성 박막에서 발생하는 교환결합력의 크기는 자기이력곡선측정에 의한 것보다 2 배 가량 큰 것으로 보고되고 있다. 이는 교환결합력의 크기보다 작은 외부인가자장에 의하여 강자성층의 자화방향이 가역적인 변화를 겪기 때문인 것으로 알려지고 있다. 본 연구에서는 NiO/NiFe 박막에서 이방성 자기저항측정을 이용하여 이로부터 강한 교환결합과 약한 교환결합의 자화거동을 알아보고자 한다. 이방성자기저항은 인가자장의 방향에 따라 강자성층의 저항값의 변화가 발생하며 그 표현은 다음과 같다.

$$R = R_0 + \Delta R \cos^2 \theta \quad (1)$$

또한, 이 때의 전체 에너지와  $\cos^2 \theta$ 의 거동은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E = -H \cdot M_s = -H_{ex} M_s \cos(\theta - \theta_{ex}) - H_a M_s \cos(\theta_a - \theta) \quad (2)$$

$$\cos^2 \theta = \frac{[\cos \theta_{ea} + (\frac{H_a}{H_{ea}}) \cos \theta_a]^2}{[1 + (\frac{H_a}{H_{ea}})^2 + 2(\frac{H_a}{H_{ea}}) \cos(\theta_a - \theta_{ea})]} \quad (3)$$

이 식의 경우, 낮은 외부자기장하에서의 이방성 자기저항효과를 설명할 수 있으나, 반강자성/강자성 박막의 교환결합력의 크기와 비슷한 외부자기장하에서의 거동을 표현하는데 한계가 있어 최근에는 교환결합력의 크기도 강한 영역과 약한 영역으로 구분하고 있다. 낮은 외부 자기장

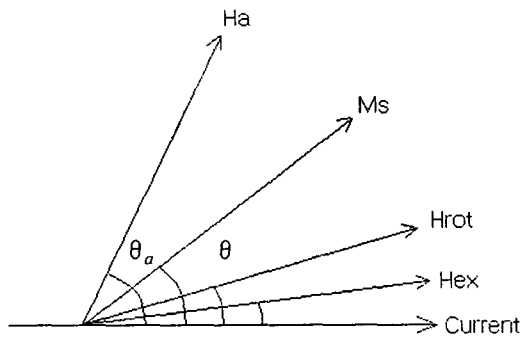


Fig. 1 Schematic image of the vector diagram of the AMR technique

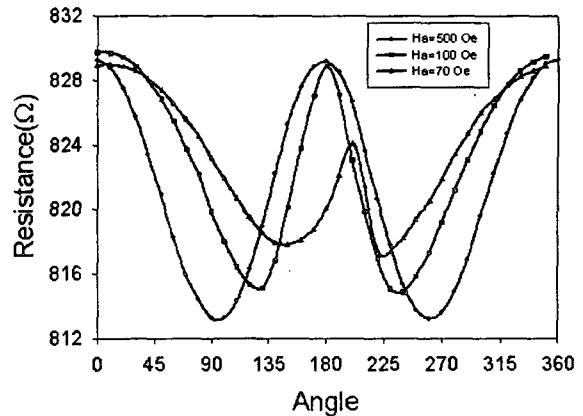


Fig. 2 The AMR curve measurement on the sample NiO(60nm)/NiFe(10nm)

하에서 약한 결합을 하고 강자성층들은 가역적인 자구변화를 가지게 되어 높은 외부자기장하에서의 비가역적인 경우와 다른 교환결합력의 크기를 나타낸다. 따라서 약한 교환결합을 하는 영역은 외부자기장에 대하여 측정전류사이의 각도의존성을 조사할 경우, 외부자기장의 크기에 따라 그림 2와 같은 경향을 나타낸다.

이 시편의 교환결합력의 크기는 약 70 Oe 정도였으나, 회귀분석법으로 조사한 결과 대략 130 Oe 정도의 값을 보이는 것으로 조사되었다. 또한 고정된 강한 교환결합력의 크기와 약한 교환결합력의 크기도 일정한 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 (3)식을 보완하고 각도의존성에 따른 이방성 자기저항측정과 회귀분석법을 이용하여 NiO/NiFe 박막에서의 교환결합에 대하여 조사하여 보고자 한다.

#### Reference

- [1] H.Brown, E. Dan Dahlberg, J.Appl.Phys.,vol 89, No.11, 7543(2001).
- [2] T.Gredig, I.N.Krivorotov, C.Merton, A.M.Goldman, E.D.Dahlberg, J.Appl.Phys.,vol 87, No.9, 6418(2001).
- [3] K.Zhang, T.Kai, T.Zhao, H.Fujiwara, J.Appl.Phys.,vol 89, No.11, 7546(2001)
- [4] B.H.Miller, E.D.Dahlberg, Appl.Phys.Lett. 69(25). 3933(1996).
- [5] D.Y.Kim, C.G.Kim, B.S.Park, D.G.Hwang, S.S.Lee, J.Appl.Phys.,vol 85, No.8, 5783(1999).