A-6

NiO의 결정립 크기와 Ni-Fe/NiO의 계면거칠기에 의한 교환이방성의 해석

성균관대학교 노재철*, 박준혁, 이경섭, 서수정
삼성종합기술원 박경수, 김재영

(The Study on the variation of the Exchange Anisotropy with the Size of the NiO Grains and the Interface Roughness in the Ni-Fe/NiO bilayers)

SungKyunKwan University J. C. Ro*, J. H. Park , K. S. Lee , S. J. Suh
Samsung Advanced Institute of Technology G. S. Park, J. Y. Kim

1. 서론

NiO는 우수한 화학적 안정성, 높은 Blocking 온도, 높은 교환이방성 자장과 간단한 제조공정의 특성을 가지고 있기 때문에 스핀밸브형 거대자기저항 소자에 적용되고 있다. 많은 연구자들에 의해 Ni-Fe/NiO의 미세구조와 교환이방성과의 상관 관계에 대하여 연구되고 있으나 여러 가지 상이한 결과와 다양한 이론 등이 보고되고 있다. 먼저 H_{ex}는 NiO의 (111) 우선방위에 의존한다는 것[1]과 우선방위와는 상관관계가 없다는 연구결과[2-5]가 보고되고 있다. 또한 계면거칠기에 대한 고찰을 살펴보면 NiO의 계면거칠기가 거칠어야 한다는 주장[3]과 무관하다는 보고[6]가 서로 엇갈리고 있다. NiO의 결정립의 크기와 반비례한다는 주장[2, 6]과 결정립의 크기에 따라 H_{ex}와 H_c에 각각 다른 기여를 한다는 이론[7, 8]들이 보고되고 있으며 또한 NiO의 도메인의 크기에 반비례한다는 이론[6, 9, 10]과 국부적인 교환결합 인자의 분포에 의해 결정된다는 이론[7, 8, 11] 등 여러 가지 상이한 결과와 다양한 이론들이 보고되고 있다. 이와 같이 연구자들마다 제각각 다른 연구결과를 나타내는 원인은 NiO를 증착하는 방법(반응성 스퍼터링 방법과 R. F. 스퍼터링 방법, ion beam 스퍼터링 등)과 증착조건(Ar 압력, power 등)에 따라 NiO의 결정립의 크기와 조성 및 박막을 구성하는 상(phase) 등이 동시에 변화하기 때문에 여러 가지 미세구조의 변화를 유기적으로 연관시켜 교환이방성을 해석해야 하지만, 대부분의 연구결과에서는 이와 같은 변수의 한가지 측면 만을 부각시켜 해석하고 또한 AFM으로 측정한 계면거칠기를 결정립 크기로 간주하여 취급하기 때문에 서로 다른 결과와 이론이 도출된 것으로 생각된다.

따라서 본 실험에서는 NiO의 결정립 크기와 계면거칠기 외의 다른 변수는 고정하고, TEM과 AFM으로 관찰된 결정립 크기와 계면거칠기에 대한 결과를 현재 보고되고 있는 교환이방성에 대한 이론과 비교 분석하였다. 이를 위해 NiO의 두께와 NiO의 증착 중 Ar 압력을 변화시켜 이에 따른 NiO의 결정립 크기와 NiO/Ni-Fe의 계면 거칠기에 따른 교환이방성의 변화를 고찰하고 이러한 교환이방성의 변화를 미세구조와 연관시켜 해석하고자 하였다.

2. 실험방법

Si wafer(100)위에 NiO/NiFe 이층박막을 R.F.와 D.C. 스퍼터링 장치로 증착하였다. 초기진공도는 1.0×10^{-6} Torr 이하에서 조절하고, 기판의 온도는 상온을 유지하였다. 그리고 시편의 자기적 이방화를 위해서 증착과정 중에 영구자석을 이용해 300 Oe의 자기장을 인가하였다. 자기적 특성의 분석을 위해서는 VSM(Vibrating Sample Magnetometer)을 이용하였으며, 미세구조에 대한 분석은 Cu K_α XRD(X-Ray Diffractometer)와 TEM(Transmisson Electron Microscopy)을 이용하였다. 조성분석은 산소의 분석을 정확하

게 하기 위해서 RBS(Rutherford Back-scattered Spectrometry)를 이용하여 oxygen resonance mode에서 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

NiO 박막의 미세구조를 TEM으로 분석한 결과 NiO는 주상성장을 하기 때문에 NiO의 두께가 증가할수록 주상의 결정립의 높이가 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 NiO 증착 중 Ar 압력을 증가할수록 NiO 주상입자의 직경이 감소하는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 이러한 관점에서 NiO의 두께와 Ar 압력을 조절하여 NiO의 결정립의 크기와 형상을 제어하고 이에 따른 교환이방성의 관계를 고찰하였다.

Fig. 1은 Ta(5 nm)Ni-Fe(10 nm)/NiO(t nm)/Si 교환결합 다층막에서 NiO의 증착 중 Ar 압력과 NiO의 두께에 따른 H_{ex}의 변화를 나타낸 그림이다. H_{ex} 값은 임계의 NiO의 두께 이상에서부터 급격하게 증가하기 시작하여 그 이상의 두께에서는 거의 일정한 값을 나타내고 있다. 또한 교환이방성을 나타내기 시작하는 임계 두께는 Ar 압력이 증가함에 따라 점점 증가하게 된다. 이와 같은 현상은 NiO의 결정립 크기에 의해 해석할 수 있으며. 즉 NiO의 결정립 부피가 임계 크기 이상($\geq J_K A/K$)으로 성장할 때 교환이방성을 나타내는 것을 알 수 있다. 그 외의 결과에 대해서는 학회 발표에서 논의하고자 한다.

4. 결론

Ni-Fe/NiO의 교환이방성은 NiO의 결정립 크기에 직접적으로 의존한다는 것을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

[1] A. Devashyam and M. H. Kryder: *IEEE. Tran. Mag.*, **31**(6), 3820, (1995)

[2] R. P. Michel et al.: *IEEE Trans. Magn.*, **32**,(5), 4651, (1996).

[3] Sang-Suk Lee, Do-Guwn Hwang: *J.Appl.Phys.*, **81**(8), 5298, (1997).

[4] T. Yeh, L. Breg, R. Busch, R. Heaton and J. Yue: in Digest of IEEE INTERMAG Conference, CE-10, (1996).

[5] De-Hua Han, J. G. Zuh and J. H. Judy: *J. Appl. Phys.*, **81**(1), 340, (1997).

[6] Chih-Huang Lai et al.: *IEEE Trans. Magn.*, **32**(8), 3419, (1996).

[7] T. Lin, C. Tsang, R. E. Fontana and J. K. Howard: *IEEE Trans. Magn.*, **31** (6), 2585, (1995).

[8] Susumu Soeya et al.: *J. Appl. Phys.*, **79**(3), 1604, (1996).

[9] A. P. Malozemoff: *J. Appl. Phys.*, **63**(8), 3874, (1988).

[10] T. J. Moran, J. M. Gallego and Lvan K. Schuller: *J. Appl. Phys.*, **78**(3), 1887, (1995).

[11] C. Tsang and Kenneth Lee: *J. Appl. Phys.*, **53**(3), 2605, (1982).

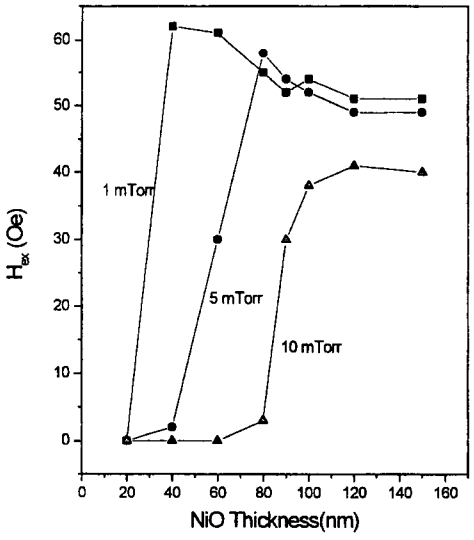

Fig. 1. The variations of the H_{ex} as a functions of the NiO thickness of Ar pressure for the deposition of the NiO film for NiO/Ni-Fe.