

結晶 構造에 따른 Spin valve型 GMR head의 交換 結合 異方性 磁界

三星 綜合 技術院: 김 재영*, 박 경수
成均館 大學校, 金屬工學科: 노 재철, 서 수정

The effect of microstructure on exchange anisotropy field in spin valve type GMR Head

Samsung Advanced Institute of Technology, Jai-Young Kim* and Gyeong-Su Park
Department of Metallurgical Engineering, Sung-Kyun-Kan University, Jae-Chul Ro and Su-Jeong Suh

1. 序論

multimedia 時代를 위한 情報 貯藏 技術의 高密度化는 記錄되어진 情報 磁區의 微細化 및 hard disk drive (HDD)의 spindle moter 回轉數 增加에 대한 技術의 制約등으로 情報 再生 出力의 低下를 招來하였다. 그러나, spindle moter 回轉數에 影響을 받지 않고, 微細 記錄 磁區의 情報 再生 出力을 增加시킬수 있는 giant magneto resistive (GMR) head의 開發은 磁氣 記錄 技術을 利用하여 2000년까지 10 Gbits/inch² 記錄 密度를 達成할 수 있게 했다. 이를 위한 spin valve형 GMR 헤드는 높은 磁氣 底抗比를 갖는 free layer의 開發도 重要하지만, 이를 固定시키기어 주는 pinned layer (ferromagnetic layer) 및 pinning layer (antiferromagnetic layer) 사이의 交換 結合 異方性 磁界 (exchange anisotropy field; Hex)의 向上도 重要한 因子이다. 본 研究에서는 NiO/NiFe 薄膜을 各各 pinning layer 및 pinned layer로 採擇하여, 이들의 結晶 構造가 Hex에 미치는 影響을 調査하였다.

2. 實驗 方法

一連의 Si(100)/NiO/NiFe/Ta 試片은 NiFe 薄膜 (100 Å)의 Ar sputtering pressure를 1 mTorr로 維持한 채, NiO 薄膜 (600 Å)의 Ar pressure를 1 ~ 6 mTorr로 變化 시키면서 RF sputtering method에 의하여 製造되었다. 試片 蒸着중 Hex를 誘導하기 위하여, NdFeB 永久磁石을 利用한 300 Oe의 bias 磁場을 認可하였다. 試片의 結晶學의 分析은 X-ray diffractometer (XRD)로, 試片의 斷面은 high voltage, high resolution transmission electron microscope (HVHRTEM, 加速電壓=1,250 kV)로 觀察하였다. 磁氣 特性은 vibrating sample magnetometer (VSM)를 利用하여 測定하였다.

3. 結果 및 考察

NiO sublayer의 Ar pressure에 따른 交換 結合 異方性 磁界 (Hex), 保磁力 (Hc) 및 結晶粒 크기 (D)의 變化를 그림 1에 나타냈다. Hex가 有效值를 維持하는 2.5 mTorr以下에서의 D와의 相關 關係는 Malozemoff의 random field model(式 1)에 의하여 說明이 可能하다[1].

$$H_{ex} = \Delta\sigma / 2M_{Fe}t_F \propto f_i J / (2M_{Fe}t_F a L) \tag{1}$$

$\Delta\sigma$: Energy difference per unit area of ferromagnetic-antiferromagnetic between two principal time-reversal ferromagnetic directions

M_F 및 t_F : Magnetization and Thickness of the ferromagnet, respectively

f_i : Parameter related to the randomness of spin orientations with the value of order unity

J : Atomic interfacial exchange

a 및 L : Atomic spacing and Characteristic magnetic domain size, respectively

즉, sputtering pressure의 增加에 따른 D (=L)의 增加는 Hex의 減少를 招來한다. 또한, 2.5 mTorr에서의 D의 急激한 增加에 따른 Hc의 增加는 界面 roughness의 增加에 따른 局部的 demagnetizing field의 增加로 說明되어진다[2]. 그러나, 2.5 mTorr 以上の Hex의 消滅은 多結晶 構造의 D의 變化나 既存의 magnetic training 效果로는 說明이 不可能하다. 이의 解釋을 위하여 試片의 斷面 構造를 1,250 kV 加速 電壓의

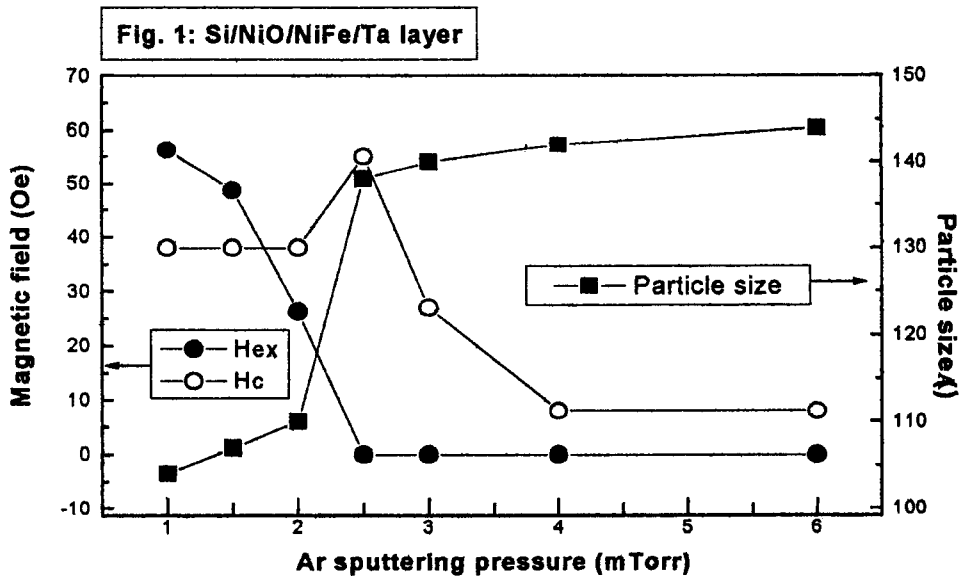
HVHRTEM을 이용하여觀察하였다. 有效한 Hex를 나타내는 1 mTorr 試片의 NiO 斷面 構造는 randomly oriented columnar (ROC) 構造인데, Hex가 消滅되는 2.5 mTorr 이상의 NiO 斷面 構造는 Oriented Columnar (OC) 構造를 나타내고 있다. 이와 같은 結晶 構造에 따른 Hex의 存在性을 說明하기 위하여 random field model중 one-dimensional chain model (式 2)을 採用하였다[3].

$$Hex \propto K_s/M_{TF} \propto f_1(A_A K_A)^{1/2}/M_{TF} \quad (2)$$

K_s : Interfacial unidirectional pinning anisotropy

A_A 및 K_A : Exchange stiffness and Uniaxial in-plane anisotropy per unit volume in antiferromagnetic layer, respectively

본 研究에서 NiFe sublayer의 M_{TF} 값은 製造 條件이 同一함으로 一定值를 維持하므로, Hex가 消滅되기 위해서는 K_s 즉, $f_1(A_A K_A)$ 가 消滅되어야 한다. Hex가 消滅되는 OC 構造는 magnetic domain이 形態 磁氣 異方性 에너지에 의하여 優先 磁化 方向을 界面에 대하여 垂直으로 配列한다. 이로 인하여, 面內 異方性 에너지에 대한 NiO/NiFe 界面에서의 randomness가 消滅됨으로 NiO/NiFe 試片의 Hex가 消滅한다.



4. 結論

Spin valve型 GMR head의 情報 再生 能力에 主要한 影響을 미치는 交換 結合 異方性 磁界 (Hex)의 消滅에 대한 根本的 原因을 試片의 斷面 結晶 構造에 의하여 解釋하였다. 그 原因은 NiO/NiFe 界面에서의 面內 異方性 에너지의 randomness의 消滅에 起因한다.

參考 文獻

1. A. P. Malozemoff, Phys. Rev. B 35, 3679 (1987)
2. J. Zhang and R. M. White, IEEE Trans. Magn. 32, 4630 (1996)
3. A. P. Malozemoff, J. Appl. Physics. 63, 3874 (1988)