

## 대향타겟식 스퍼터법으로 제작한 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 박막의 결정배향성

### Crystal orientation of Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> thin film prepared by facing targets sputtering method

°김용진\*, 손인환\*\*, 박창욱\*\*\*, 최동진\*, 김경환\*  
( Kim Yong Jin\*, I.H.Son\*\*, C.O.Park\*\*\*, D.J.Choi\*, K.H.Kim\* )

#### Abstract

Crystal orientation of Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> thin films prepared by facing targets sputtering system was investigated. FTS system can deposit a high quality thin film and control deposition conditions in wide range. The crystallographic characteristics of Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> thin films on variation of thickness and substrate temperature was investigated by XRD and AFM. As a result, we obtained Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> thin films prepared at substrate temperature room temperature, thickness 160nm and over revealed good crystal orientation to [111] direction.

**Key Words(중요용어)** : crystal orientation, facing targets sputtering system, crystallographic, Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>

#### 1. 서 론

박막자기헤드는 고속·대용량의 저장시스템에 있어서 기록/재생 장치로서 중요한 부분으로 1~100 [MHz] 또는 그 이상의 고주파영역에서 동작되도록 제작되고 있다<sup>[1]</sup>.

Ni-Fe 박막은 높은 투자율, 내부식성 낮은 이방성 자계와 보자력의 자기적 특성에 기인하여 헤드의 자기코어재료로서 사용되었다. MR헤드는 기존 헤드에 비해 2~4배 높은 재생출력을 가지며, 유도형헤드에 비해 제조 공정이 간단하며, 데이터 전송속도가 높다는 장점을 가지고 있어, 고기록밀도의 하드디스크의 헤드 재료로 연구되어 상품화되었다<sup>[2]</sup>.

한편, 1988년 이후 개발된 다층박막에서의 거대자

기저항효과(GMR)와 미세입상박막에서의 GMR은 보자력이 수 kOe로 너무 커서 자기헤드로 응용하기에는 문제가 있다고 알려져 있다<sup>[3,4]</sup>. 최근 이것을 극복하기 위해서 Ni-Fe 박막의 낮은 보자력을 이용하여 Ni-Fe/Cu/Ni-Fe/FeMn의 스핀밸브(spin-valve)구조, Ni-Fe/Ag 불연속 다층박막 등을 제작하여 GMR소자를 만들고 있다<sup>[5]</sup>.

현재 하드디스크의 기록밀도의 증가와 고출력의 GMR소자를 이용하여 면기록밀도가 20Gbits/inch<sup>2</sup>에 달하고 있다. 그러나, 현재의 기록방식인 수평자기기록 방식에 있어서 기록밀도증가에 따른 한계가 대두되고 있다. 즉 기록밀도의 증가와 함께 비트길이의 감소로 인하여 기록은 단파장이 되면서 기록자화가 말굽모양의 자화모드를 나타내게 되고, 더욱 고밀도가 이루어지면 기록자화는 매체 내에 묻히는 회전 자화모드가 형성되어 헤드에서 검출하는 자속의 감소로 출력이 크게 감소하게 된다. 이것이 현 기록방식의 한계로 나타나고 있다<sup>[6]</sup>. 이러한 현 기록방식에 있어서 근본적인 문제점의 해결책으로서 제시된 것이 수직자기기록방식으로 이 방식은 기록자화의 방

\* : 경원대학교 공대 전기전자공학부  
(성남시 수정구 북정동 산 65, Fax: 0342-750-5491  
E-mail : khkim@mail.kyungwon.ac.kr )

\*\* : 신성대학 전기과

\*\*\* : 카톨릭상지대학 전기전자계열

향이 막 면에 수직한 방향으로 형성되기 때문에 인접 비트간 거리의 감소에 따른 감자계가 감소하여 고밀도 기록에 적합한 기록방식이라고 할 수 있다<sup>[7]</sup>.

수직자기기록방식에 있어서 초고밀도기록을 실현시키기 위해서는, 기록·재생시스템의 자기회로구조의 개선과 함께, 자기회로를 구성하는 자기헤드 및 재생헤드에 이용되는 연자성박막의 자기특성의 향상도 중요하다. 또, 수직자기용 헤드시스템에 있어서 기록·재생효율의 향상을 위해 수직기록층 아래에 헤드와 같은 자기특성을 가지는 연자성하지층을 입히는 것도 중요하다<sup>[8]</sup>.

따라서, 본 연구는 비교적 저가이면서 우수한 연자성 특성을 나타내고, Co-Cr계 수직이층막 매체의 연자성하지층으로서 넓게 이용되고 있는  $Ni_{81}Fe_{19}$ (퍼멀로이) 박막을 고속·고품질의 박막을 제작할 수 있는 대향타겟식 스퍼터링장치를 이용하여 결정학적 특성을 연구하였다.

## 2. 실험 방법

본 연구에서는 기관의 손상이 없고 낮은 압력에서도 안정된 방전이 가능한 대향타겟식 스퍼터링시스템을 이용하여  $Ni_{81}Fe_{19}$  박막을 제작하였다. 대향타겟식 스퍼터링시스템은 아르곤가스압력( $P_{Ar}$ ), 기관온도( $T_s$ ), 기관바이어스 전압( $V_b$ ) 등의 증착조건을 넓은 범위에서 조절할 수 있어 막의 미세구조나 특성을 정확하게 제어할 수 있는 특징이 있다. 그림 1에 본 연구에서 사용한 대향타겟식 스퍼터링시스템의 구조를 나타내었다. 그림과 같이 두 장의 타겟이 서로 마주보게 배치되어 있고 음극으로서 작용한다. 양 타겟의 뒷면에 영구자석을 배치하여 타겟과 수직한 방향으로 자계를 인가시켜  $\gamma$ -전자를 구속함으로써 고밀도 플라즈마를 형성할 수 있는 장치이다. 그리고, 기관이 플라즈마로부터 이격되어 있는 상태(plasma-free)에 있기 때문에  $\gamma$ -전자 등의 고에너지를 가지는 입자로부터 기관으로의 충격을 억제할 수 있어 막 표면의 roughness와 배향성이 좋은 고품질의 박막을 제작할 수 있다<sup>[9]</sup>.

대향타겟식 스퍼터링 시스템을 이용하여 연자성 박막을 제작하기 위해서 두께 10 [mm]의  $Ni_{81}Fe_{19}$  디스크형 타겟, 기관으로 slide glass를 사용하였다. 플라즈마를 형성하기 위한 분위기 가스로는 아르곤(99.999%)을 사용하여 아르곤 가스압력( $P_{Ar}$ ) 1 [mTorr], 기관온도( $T_s$ ) 실온 $\sim$ 300 [°C], 막두께( $\delta$ )

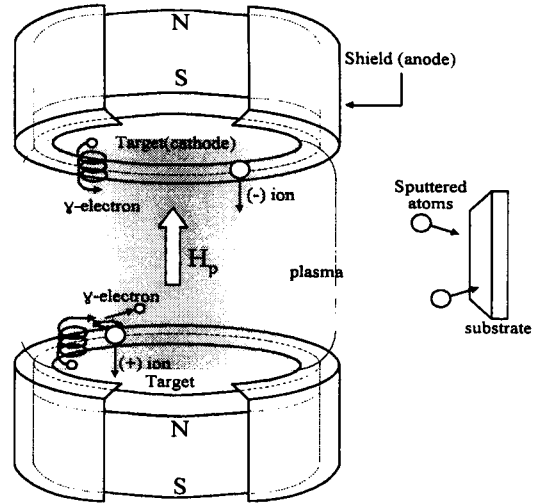


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링시스템의 개략도

Fig. 1. Schematic diagram of the Facing Targets Sputtering system

50~300 [nm]로 변화시켜 박막을 제작하였다. 이러한 제작조건을 아래 표 1에 나타내었다. 제작한 막의 결정성을 평가하기 위해서  $Cu-K\alpha$  ( $\lambda=1.5405\text{\AA}$ ), 관전압 40kV, 관전류 20mA 조건의 x-선 회절분석기(XRD)를 이용하였고, 박막의 표면은 Atomic Force Magnetoscopy(AFM)를 이용하여 관찰하였다. 막두께를 측정하기 위해서 Tencor사의  $\alpha$ -step을 이용하였다.

표 1.  $Ni_{81}Fe_{19}$  박막의 제작조건

Table 1. Preparing conditions of  $Ni_{81}Fe_{19}$  thin film

	Monolayer
Target	$Ni_{81}Fe_{19}$
Sputtering Gas	Ar(99.999%)
Gas Pressure	1 [mTorr]
Substrate Temperature	R.T. $\sim$ 300 [°C]
Thickness	50~300 [nm]
Substrate	Slide Glass
Input current	0.25 [A]

### 3. 결과 및 검토

그림 2는 막두께 160 [nm], 300 [nm]일 때의 온도 변화에 대한 XRD패턴을 나타낸 것이다. 두께 160, 300 [nm]로 제작한 박막 모두 온도가 높아짐에 따라 회절강도가 낮아지는 것을 알 수 있고, 동일 온도에서는 두께 300 [nm]가 160 [nm]일 때에 비해 피크가 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

그림 3은 막두께 160 [nm]로 하여 제작한 Ni-Fe 박막의 기판온도변화에 대한 AFM 사진으로 가로×세로는 각각 1 [ $\mu\text{m}$ ]이다. 그림에서도 알 수 있듯이 기판온도가 실온에서 300 [°C]로 상승함에 따라서 결정의 크기가 줄어들고 있다. 이것은 충분한 에너지를 가지고 기판으로 입사된 스퍼터 원자들이 안정된 구조를 취하기 이전에 온도상승에 따른 기판의 급격한 팽창으로 인한 막 면에서의 재증발 등에 따른 결정 구조의 불안정성에 기인한 것이라 사료된다.

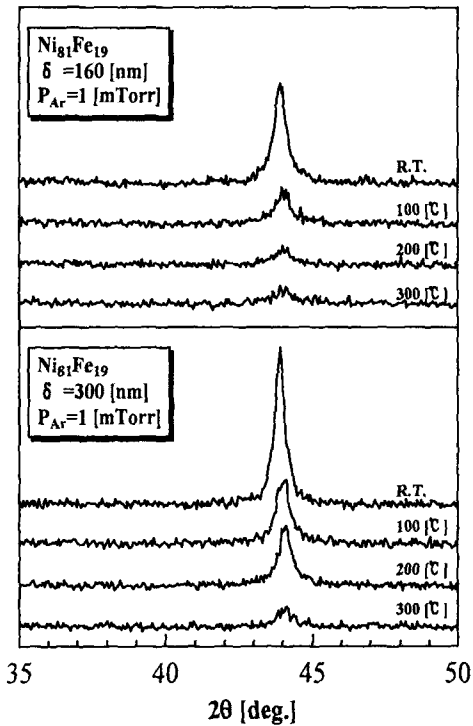


그림 2. 막두께 160 [nm]와 300 [nm]일 때의 XRD패턴  
Fig. 2. XRD patterns at 160 [nm] and 300 [nm] of film thickness

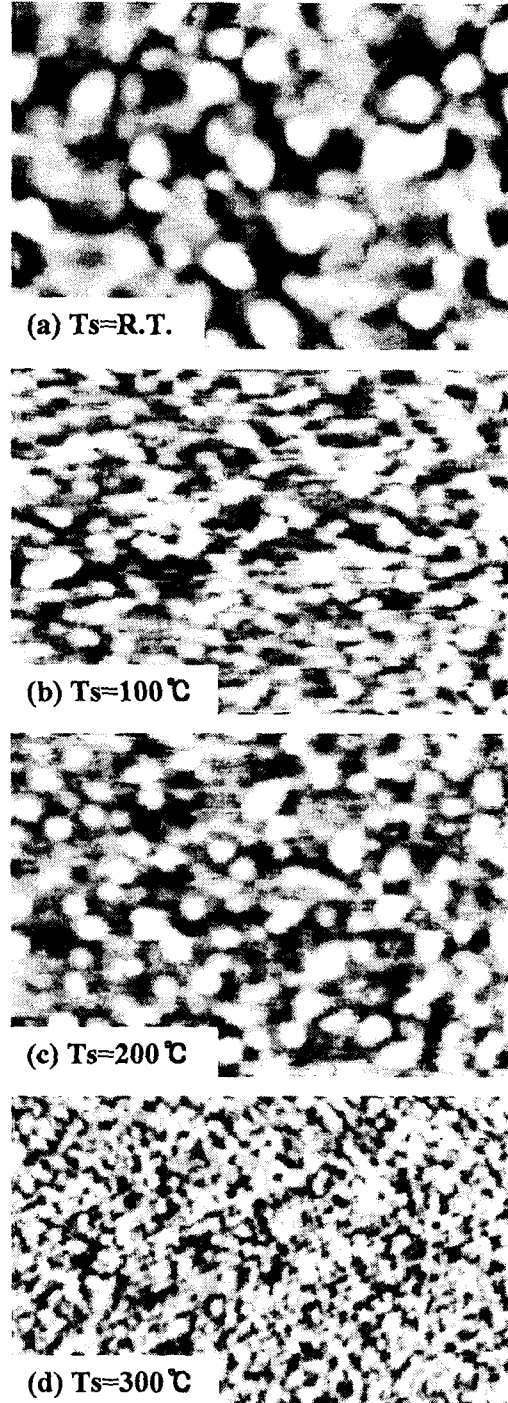


그림 3. 막두께 160 [nm]에서 제작된 박막의 AFM사진  
Fig. 3. AFM images prepared at thickness 160 [nm]

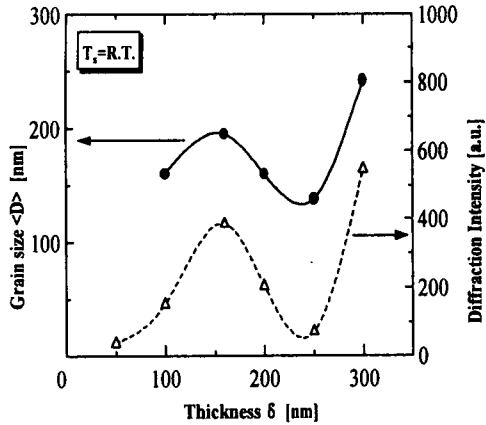


그림 4. x-선 회절강도  $I_p$ 와 결정립 크기  $\langle D \rangle$ 의 막두께 의존성 ( $T_s=R.T.$ )

Fig 4. Dependence of grain size  $\langle D \rangle$  and diffraction peak  $I_p$  on film thickness ( $T_s=R.T.$ )

그림 4에 기판온도를 실온으로 하여 제작한 Ni-Fe 박막의 두께에 대한 회절강도  $I_p$  및 결정입경  $\langle D \rangle$  의존성을 나타내었다. 막두께 200, 250 [nm]일 때를 제외하고는 막두께가 증가함에 따라서 회절강도  $I_p$ , 결정입경  $\langle D \rangle$  모두 증가하는 것을 볼 수 있다. 기판온도를 100, 200, 300 [°C]로 변화시켜 제작한 Ni-Fe 박막에서도 두께가 증가함에 따라서 결정입경과 회절강도 모두 증가하는 경향을 나타내었다. 두께가 증가하면 회절강도와 결정입경의 크기가 증가하여 Ni-Fe 박막은 [111]방향으로 좋은 배향성을 가지면서 성장하는 것을 확인 할 수 있었다.

#### 4. 결론

효율적인  $\gamma$ -전자의 구속으로 기판으로의 충격을 최대한 억제할 수 있어 고품위 박막을 제작할 수 있는 대향타겟식 스퍼터링 시스템을 이용하여  $Ni_{81}Fe_{19}$  박막을 제작하여 그 결정학적 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 기판온도를 증가시켜 Ni-Fe 박막을 제작한 경우, 실온에서 가장 좋은 회절강도를 나타내는 것을 확인 할 수 있었다. 이에 따라 기판온도를 변화시켜 제작한 막의 표면 형상을 살펴본 결과 온도가 증가함에 따라서 결정립 크기가 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 Ni-Fe 박

막을 대향타겟식 스퍼터링시스템으로 제작 할 경우 기판온도 실온, 막두께 160 [nm] 이상에서 양호한 결정배향성을 가지는 연자성 Ni-Fe 박막을 제작 할 수 있음을 확인하였다.

#### 참고 문헌

- [1]. J.E.L. Bishop and E.W. Lee. Proc. R. Soc. 276A, pp96, 1963
- [2]. 김인용, 한국자기학회지 5, 233, 1995
- [3]. M.N. Babich, J.M. Broto, A. Fert, F. Nquyen Van Dau, F. Petroff, P. Etienne, G. Creuzert, A. Fridrich, and J. Chazelas, Phys. Rev. Lett. 61, 2472, 1988
- [4]. J.Q. Xiao, J.S. Jiang, and C.L. Chien, Phys. Rev. Lett. 68, 3749
- [5]. 민병철, Journal of The Korean Magnetic Society, Vol 6, No 2, 1996
- [6]. S. Iwasaki and K. Honda, J. National Technical Report, 28, 996, 1982
- [7]. S. Iwasaki, K. Takemura, IEEE Trans. Magn., 15, 1456, 1978
- [8]. 近角聰信, "強磁性体の物理(下)", 裳華房, 1984
- [9]. M.J. Keum, S.H. Kong, I.H. Son, C.H. Ka and K.H. Kim, K Magn. Society spring conference, 1999