

# Facing targets sputtering system에서 TbFeCo 박막의 산화에 미치는 제조조건 영향

논문

7-6-7

## The effect of deposition condition on the oxidation of TbFeCo thin films in facing targets sputtering system

문정탁\*, 김명한\*

(Jeong-Tak Moon, Myung-Han Kim)

### Abstract

The effect of the deposition conditions, such as the base pressure, working pressure, sputtering power, pre-sputtering, and deposition thickness in facing targets sputtering system(FTS), on the oxidation of the TbFeCo thin films was studied by investigating the magneto optical properties as well as oxygen analysis by the AES depth profiles. The results showed that the base pressure did not affect the magnetic properties so much, probably due to the short flight distance of the sputtered particles. At the higher sputtering power and lower working pressure with pre-sputtering the oxidation of TbFeCo thin films was decreased. As the film thickness increased the TbFeCo thin films showed the perpendicular anisotropy from in-plane anisotropy overcoming the oxidation effect at the beginning of the sputtering.

**Key Words(중요용어)** : Facing targets sputtering system(FTS), Oxidation(산화), Magneto-optical property(광자기적 특성), TbFeCo thin film(TbFeCo 박막), Sputtering power(스퍼터링 power), Working pressure(작업진공도), Pre-sputtering, Film thickness(박막두께).

### 1. 서 론

RE(rare-earth metal)-TM(transition metal)박막은 오늘날 가장 우수한 광자기 기록매체 중의 하나로 알려져 있다.<sup>1-3)</sup> 이러한 RE-TM박막은 산소와의 강한 친화력을 갖고있는 희토류금속의 존재로 인해 박막제조 중 산화로 인한 광자기적 특성이 민감하게 변화하여 목표로하는 광자기적 특성을 일관성있게 얻는데 어려움을 주고있다. 광자기박막의 제조시 박막의 산화에 영향을 주는 제조조건으로는 작업진공도, 기판의 bias voltage, base pressure, pre-sputtering, 박막의 두께, 및 deposition rate등을 거론할 수 있고, 이중 conventional magnetron sputtering system(CMS)에서 작업진공도<sup>4)</sup> 및 bias voltage<sup>5)</sup>, 박막의 두께<sup>6)</sup>에 대해서는

많은 연구가 있었다. 그러나 facing targets sputtering system(FTS)<sup>7)</sup>에 의한 박막제조시 base pressure, 작업진공도, 스퍼터링 power, pre-sputtering, 박막의 두께가 박막 내부의 산화에 미치는 영향에 대해서는 충분한 연구가 되어 있지 않은 상태이다. 그리하여 본 연구에서는 FTS에서 이러한 박막제조 조건들이 TbFeCo 박막의 산화에 미치는 영향을 박막의 광자기적 특성 조사 및 산소 분석에 의해 조사하고자 했다.

### 2. 실험방법

#### 2-1. TbFeCo 박막제조

박막제조에 사용된 TbFeCo 타겟은 그림 1과 같이 지름 100mm, 두께 3mm인 순도 99.9%의 Fe target을 폭 10mm, 길이 0.8mm로 십자형으로 가공한후, 1mm×10mm×10mm의 Tb chip과 중심에 0.5mm×10mm×10mm의 Co chop과 가장자리에 0.5mm×5mm×10mm Co chip을 십자형의 홈에

\* : 충북대학교 공과대학 재료공학과

접수일자 : 1994년 7월 6일

심사완료 : 1994년 8월 30일

넣은 모자이크 타겟을 이용하였다.

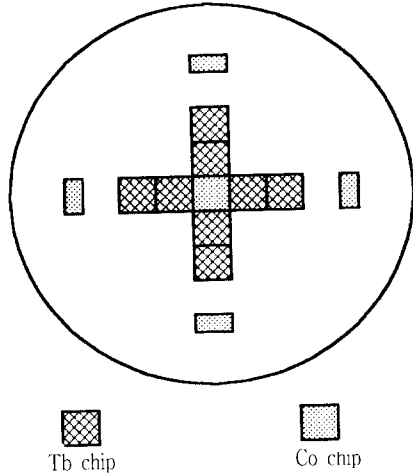


그림 1. FTS에 사용된 모자이크 타겟  
Fig. 1. Schematic diagram of the mosaic target used in FTS.

이때 박막의 조성은 각 chip의 갯수와 타겟위의 chip의 위치를 변화시키면서 조절되었다. 기판은 현미경용 slide glass와 Corning glass 7059 및 PC(polycarbonate)기판을 이용하였으며, glass 기판의 세척은 초음파세척기를 이용하여 순도 99.9%의 시약용 아이소프로필알콜, 에탄올, 아세톤으로 변갈아 세척한 다음 hot plate에서 건조시켜 사용하였다. FTS에서는 서로 마주보고 있는 타겟과 타겟사이의 거리의 변화에 따라 타겟간의 magnetic flux의 세기가 달라지고 스퍼터링속도도 변화한다. 그러므로 본 연구에서는 타겟간의 거리와 아울러 타겟과 기판사이의 거리에 따른 deposition rate의 변화를 없애기 위해 타겟간의 거리를 10.5 cm로 하였으며, 타겟의 중심점에서 기판까지의 거리는 8.5cm로 고정시켰다.

Base pressure에 따른 광자기적 특성의 변화를 알아보기 위해 base pressure를  $6.0 \times 10^{-7}$  Torr에서  $5.0 \times 10^{-6}$  Torr 영역까지 다양하게 변화 시켰으며, 작업진공도는 2.2mTorr로 고정시키고 1분간의 pre-sputtering을 행한뒤 기판의 shutter를 열어 TbFeCo 박막을 제조하였다. 작업진공도에 따른 박막의 산화 정도를 알아보기 위해 스퍼터링 power를 400W로, base pressure를  $6.0 \times 10^{-7}$  Torr로 고정하고, 작업진공도를 각각 1.5mTorr~10mTorr까지 변화시키면서 TbFeCo 박막을 제조하였다. 또한 작업진공도를 1.5mTorr로 고정시키

고 스퍼터링 power를 200W~400W까지 변화시키면서 박막을 제조하였고, 박막의 두께에 따른 광자기적 특성을 알아보기 위해서는 base pressure  $6.0 \times 10^{-7}$  Torr, 스퍼터링 power 400W에서 1분간의 pre-sputtering을 행한후 deposition time을 변화시키면서 TbFeCo 박막을 제조하였다.

### 2-2. 물성 측정

TbFeCo 박막의 coercivity  $H_c$ 와 saturation magnetization  $M_s$ 는 시료진동형 자력계 (VSM, vibrating sample magnetometer)를 이용하여 인가 자기장을 10kOe까지 변화시키면서 측정하였다. 제조조건에 따라 자화용이축이 변화하는 현상의 관찰은 인가자기장이 10kOe인 Torque magnetometer를 이용하였다. Kerr rotation angle  $\theta_k$ 는 polar Kerr hysteresis loop tracer를 이용하여 측정하였다. 이때 laser의 파장은 780nm, 최대 인가 자기장은 15kOe 였으며, 측정시에는 박막표면의 산화 영향을 피하기 위해서 기판에서 박막쪽으로 laser를 입사시켜 측정하였다. 작업진공도 변화, 스퍼터링 power변화 및 Pre-sputtering의 존재 여부에 따른 막내의 산소분포를 알아보기 위해 AES(Auger electron spectroscopy)를 이용한 depth profile을 행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. Base pressure 및 작업진공도에 따른 자기적 특성 변화

그림 2는 FTS에서 base pressure 변화에 따라 제조된 TbFeCo박막의 광자기적 특성의 변화를 나타낸다.

실험이 행해진  $6.0 \times 10^{-7} \sim 5.0 \times 10^{-6}$  Torr base pressure 범위에서 TbFeCo 박막의  $H_c$  및  $M_s$  등의 자기적 특성은 물론 광학적 특성인  $\theta_k$ 도 거의 변화가 없는 것을 알 수 있다. 일반적으로 CMS에서 제조된 RE-TM 박막은 base pressure에 따라 광자기적 특성 변화가 크며, 특히 낮은 base pressure( $\sim 10^{-6}$  Torr이상)에서는 단층막을 가지고 수직이방체의 RE-TM박막을 얻기가 힘들다.<sup>10)</sup> 그러나 FTS에서는 단층 TbFeCo 박막이 base pressure에 따라 큰 광자기적 특성의 변화가 나타나지 않았다. 이는 CMS와는 다른 그림 3의 FTS 구조로서 설명될 수 있다. CMS의 경우는 타겟과 기판이 바로 마주보고 있어 타겟에서부터 스퍼터링 되어 나오는 입자가 기판에 흡착되는 거리가 길지만

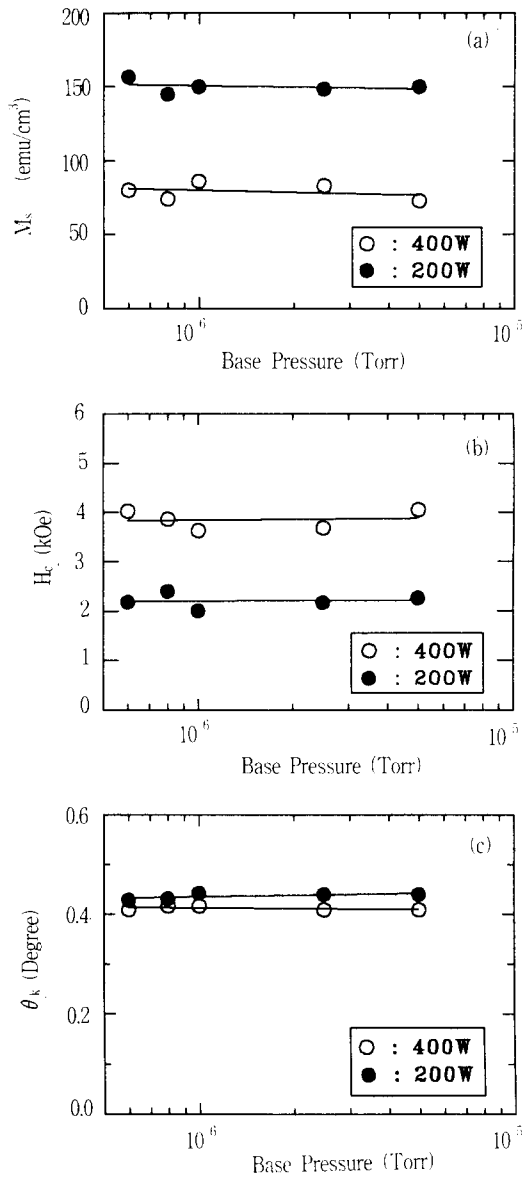


그림 2. FTS에서 base pressure에 따른 (a) $M_s$ , (b) $H_c$ , (c) $\theta_k$ 이 변화

Fig. 2. Variance of (a) $M_s$ , (b) $H_c$ , (c) $\theta_k$  according to the base pressure in FTS.

FTS의 경우는 그림 3과 같이 타겟과 타겟이 서로 마주보고 있고, 타겟의 측면에 기판이 존재하여 타겟의 가장자리에서 기판까지의 거리는 불과 3.5 cm, 그리고 타겟과 타겟 중간 사이의 플라즈마가 형성되어 있는 부분에서 기판과의 거리는 이보다

더욱 짧기 때문에 타겟에서 나온 입자들이 기판에 도달하는 이동거리가 CMS보다 훨씬 짧다. 이 짧은 이동 거리로 인해 입자의 산화가 억제되고 이 결과 base pressure에 따른 박막의 광자기적 특성이 거의 변하지 않는 것으로 사료된다.

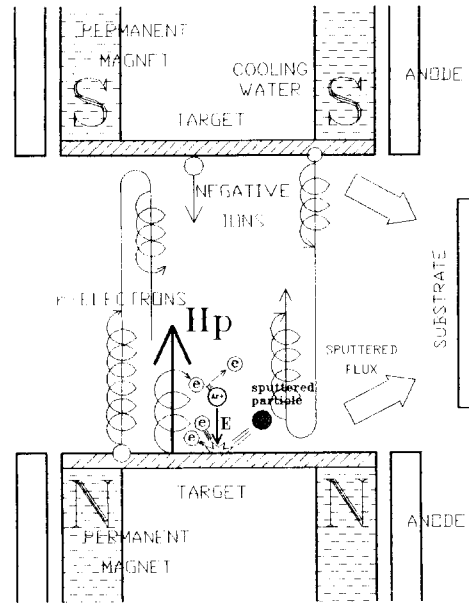


그림 3. Facing targets sputtering system의 계략도

Fig. 3. Schematic diagram of facing targets sputtering system.

그림 4는 스퍼터링 power를 400W로 고정하고, 작업진공도를 각각 1.5mTorr와 3.0mTorr로 변화시켜 제조된 TbFeCo 박막의 AES depth profile 결과이다.

여기서 작업진공도 3.0mTorr에서 제조된 TbFe-Co 박막이 박막과 기판 계면에서의 산소의 양이 1.5mTorr로 제조된 박막보다 산소량이 급격히 증가하고 Tb의 양도 증가하는 것으로 보아 박막생성 초기에는 작업진공도가 3.0mTorr인 경우가 1.5 mTorr에서 형성된 박막보다 Tb의 산화가 많음을 알 수 있다. 이는 작업진공도가 낮을수록 스퍼터링 되는 입자와 가스와의 접촉확률이 높아지고, 또한 이 접촉시 챔버내에 존재하는 산소도 스퍼터링 초기에 Tb와 결합하여 산화물을 형성하여 소모되며 이 산화물이 박막내에 존재하게되기 때문이라 사료된다. 결국 이러한 박막내의 산소량의 변화는 자기적 성질에도 영향을 미치게 된다. 그림 5는 작업

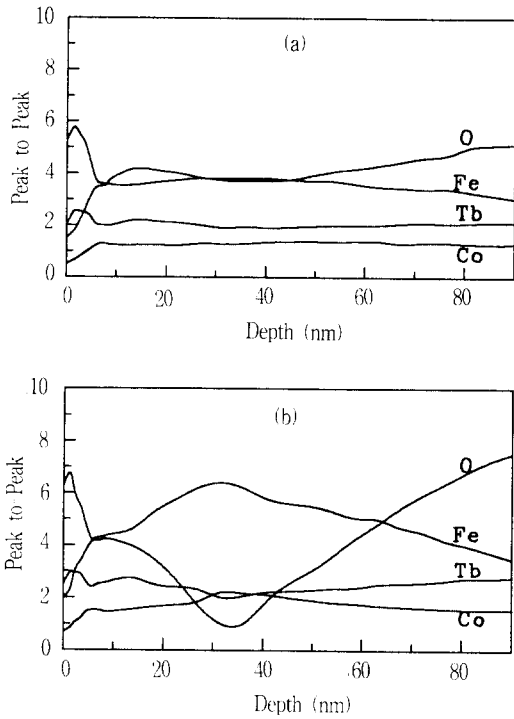


그림 4. 400W의 일정 스퍼터링 power에서 작업진공도에 따른 AES depth profile : (a) 1.5mTorr, (b) 3.0mTorr.

Fig. 4. AES depth profile according to the working pressure at the constant sputtering power of 400W : (a) 1.5mTorr and (b) 3.0mTorr.

진공도를 7mTorr에서 10mTorr까지 변화 시키면서 제조된 TbFeCo박막의 자기이력곡선을 보여주 고 있다.

작업진공도가 낮아지면서 자기이력곡선의 모양은 점차 smooth해지고 있으며  $H_c$  또한 작아지고 있음을 알 수 있다. 이는 앞의 AES분석에서도 알 수 있는 바와 같이 작업진공도가 낮아지면서 초기의 산화로 인해 박막생성초기에 면내 이방성을 갖는 층 또는 완전한 수직 이방성을 갖지 못하는 층을 형성하기 때문이라 사료된다.

### 3. 2. 스퍼터링 power에 따른 광자기적 특성 변화

일정한 타겟조성에서도 박막 제조조건에 따라 조성은 변화하게 된다. 그 중 스퍼터링 power에 따라 변화하는 박막의 조성을 그림 6에 나타내었다.

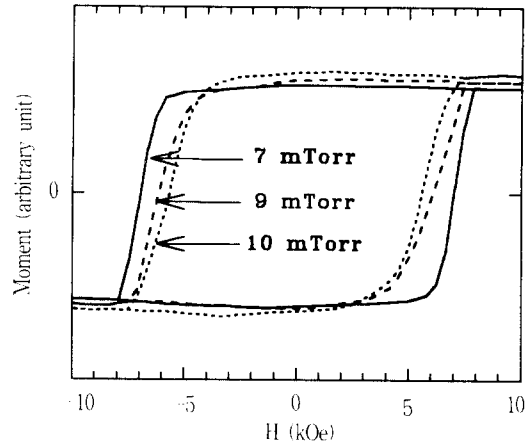


그림 5. 자기이력곡선에 대한 작업진공도의 영향  
Fig. 5. The effect of working pressure on the magnetic hysteresis loop.

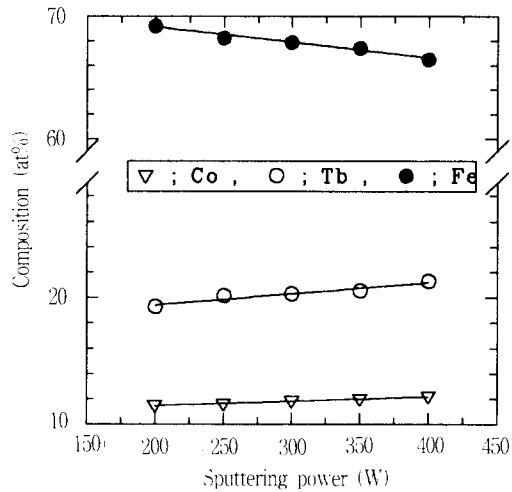


그림 6. 스퍼터링 power에 대한 조성 의존성  
Fig. 6. The dependence of composition on the sputtering power.

희토류인 Tb량은 스퍼터링 power 증가함에 따라 직선적으로 증가한다. 그러나 천이금속인 Fe와 Co의 양을 비교하였을 때 박막내에서 Co의 양은 거의 스퍼터링 power에 무관하고 반면 Fe량은 power가 증가할수록 직선적으로 감소함을 알 수 있다.

위의 스퍼터링 power에 따른 조성변화는 그림 7의 (a), (b)에서 보여주는 자기적 특성의 변화를 가져온다.

박막은 타겟의 변적조성비를  $Tb_{11.0}Fe_{84.3}Co_{1.7}$ 와

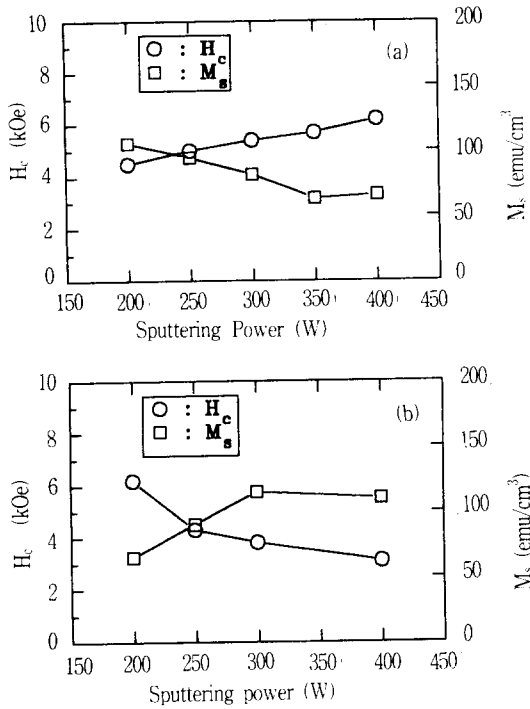


그림 7. 스퍼터링 power에 대한 TbFeCo 박막의 자기적 특성의 의존성. 면적 조성은 각각 (a) Tb<sub>11.0</sub>Fe<sub>84.3</sub>Co<sub>4.7</sub>, (b) Tb<sub>18.0</sub>Fe<sub>76.4</sub>Co<sub>4.7</sub>이다.

Fig. 7. Dependence of magnetic property of the TbFeCo thin films on the sputtering power, where the area composition is (a) Tb<sub>11.0</sub>Fe<sub>84.3</sub>Co<sub>4.7</sub> and (b) Tb<sub>18.0</sub>Fe<sub>76.4</sub>Co<sub>4.7</sub>.

Tb<sub>18.9</sub>Fe<sub>76.4</sub>Co<sub>4.7</sub>로 하여 제조하였으며, 스퍼터링 power가 400W일때 각 면적 조성의 타겟을 제조된 박막의 실제 조성은 각각 Tb<sub>23</sub>Fe<sub>67</sub>Co<sub>10</sub>와 Tb<sub>33</sub>Fe<sub>57</sub>Co<sub>10</sub> 이었다. 여기서 타겟내 각원소의 면적 조성비와 실제 박막의 조성비가 많은 차이를 보이는 것은 FTS의 경우 타겟 중심부에서 sputtering yield가 가장 크고, 본 연구에서는 이 타겟의 중심부에 집중적으로 Tb 및 Co chip을 부착하였기 때문이다. 400W에서 제조된 각각의 TbFeCo 박막의 Polar Kerr hysteresis loop의 방향이 역전되는 것을 근거로 그림 7(a)는 천이금속의 자화가 희토류금속의 자화보다 큰 지역 (TM-rich 지역)에서 스퍼터링 power의 변화에 따른 H<sub>c</sub> 및 M<sub>s</sub>의 변화임을 확인하였고, 그림 7(b)는 그와 반대인 희토류금속의 자화가 우세한 (RE-rich)지역에서의 power에 따른 H<sub>c</sub> 및 M<sub>s</sub>의 변화임을 확인하였다.

그림 6에서 알 수 있듯이 Tb량이 power에 따라 증가하므로 박막의 전체 조성은 그림 7(a)과 같은 TM-rich 지역에서는 보상조성에 접근하게 되어, H<sub>c</sub>는 증가하고 M<sub>s</sub>는 감소하는 경향을 보이게 되고, 그림 7(b)의 RE-rich 조성의 경우에는 오히려 보상조성에서 멀어지게 되므로, H<sub>c</sub>는 감소하고 M<sub>s</sub>는 증가하는 경향을 보이게 된다.

광학적 특성인  $\theta_k$ 는 TM성분에 따라 변하므로 TM-rich 지역에서 스퍼터링 power가 400W인 경우보다 200W의 경우가 박막의 TM조성이 많아  $\theta_k$ 값이 그림 8에서와 같이 높게 나왔다.

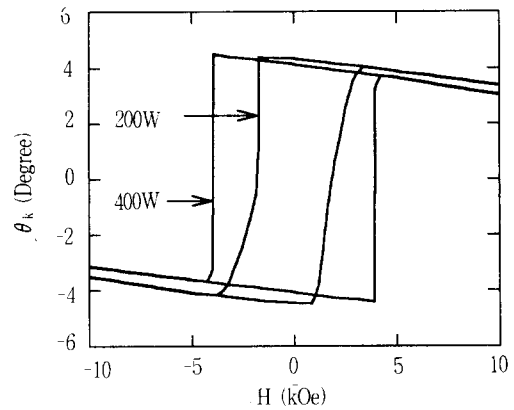


그림 8. Kerr 이력곡선에 대한 스퍼터링 power의 영향

Fig. 8. The effect of sputtering power on the Kerr hysteresis loop.

그러나 400W의 경우가 좁은 범위의 인가자기장 변화에도 급격히 모멘트의 방향이 역전되는 현상을 보여 더욱 우수한 수직자화가 형성됨을 확인할 수 있었다. 이를 토대로 스퍼터링 power를 변화시킴으로써 박막내 Tb 및 Fe의 조성을 변화시킬 수 있으며, 이에 따라 어느정도까지는 광자기적 특성의 변화를 기대할 수 있다.

그림 9는 작업진공도를 1.5mTorr로 고정시키고, 스퍼터링 power를 각각 200 및 400W로 제조된 TbFeCo 박막을 AES depth profile을 행한 결과이다.

200W로 스퍼터링을 행한 경우에는 400W로 스퍼터링을 행한 경우보다 박막내에 존재하는 산소의 양이 약 2배정도 많은 것을 알 수 있다. 스퍼터링 200W의 경우는 deposition rate는 22nm/min.으로 400W의 50nm/min. 경우보다 동일두께의 박막을 제조하는데 걸리는 시간이 약 2배정도 더 소요되어 결과적으로 챔버 내의 산소와 접촉할 수 있

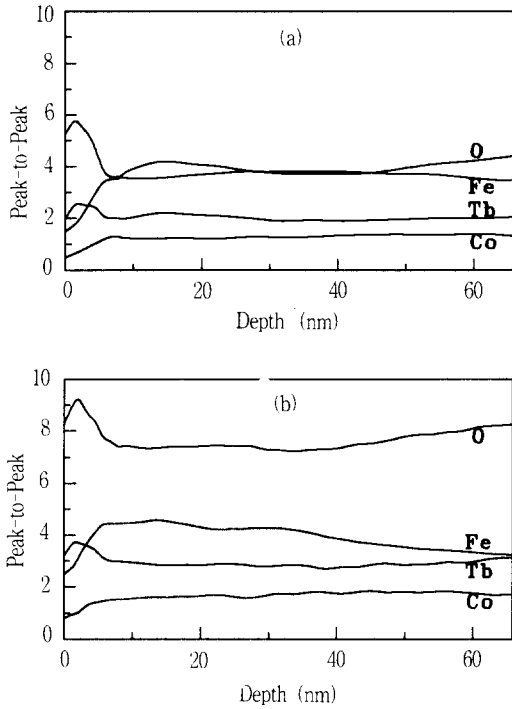


그림 9. 1.5mTorr의 일정 작업진공도에서 스퍼터링 power에 따른 AES depth profile : (a) 400W, (b) 200W.

Fig. 9. AES depth profiles for different sputtering power with constant working pressure of 1.5mTorr : (a) 400W and (b) 200W.

는 시간도 상대적으로 길어져 제조된 박막내 산소량이 2배 정도 증가된 것으로 사료된다. 그리고 기판쪽으로도 점차 산소의 양이 많아지고 Tb량도 소량씩 증가하는 것으로 보아 스퍼터링 초기에 산화가 다소 크게 일어나고 스퍼터링이 진행됨에 따라 챔버내의 산소는 차츰감소하여 산화가 감소하는 것으로 판단된다.

### 3-3. Pre-sputtering에 따른 광자기적 특성 변화

스퍼터링 초기에 챔버내 존재하는 산소 및 타겟의 불순물 영향을 알아보기 위해 FTS에서  $5.0 \times 10^{-6}$ 의 base pressure에서 pre-sputtering 과정을 1분간 행한후 스퍼터링 power를 200W로하여 제조된 TbFeCo 박막의 자기이력곡선을 그림 10(a)에 나타내었고, pre-sputtering 과정없이 바로 기판에 TbFeCo 박막을 흡착시켰을때 나타나는 자기이력곡선을 그림 10(b)에 나타내었다. 그림에서 실선과

점선은 각각 자기장을 박막면에 수직과 수평으로 가한 경우의 loop이다.

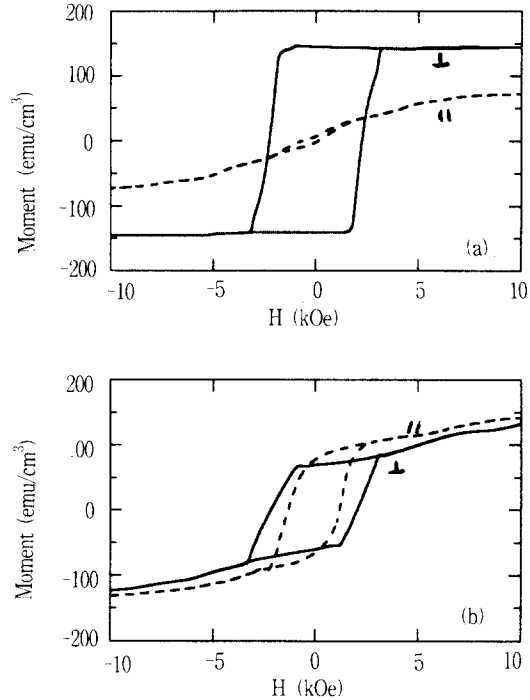


그림 10. Pre-sputtering의 유(a), 무(b)에 따라 제조된 TbFeCo 박막의 자기이력곡선

Fig. 10. Magnetic hysteresis loops of the TbFeCo thin films deposited (a) with and (b) without pre-sputtering.

Pre-sputtering 과정을 거쳐서 제조된 박막은 완전히 수직 이방성을 가지고 있음을 알 수 있으나 pre-sputtering이 존재하지 않는 (b)의 경우는 수직 이방성과 면내 이방성이 혼재된 양상을 보여주고 있다. 이 TbFeCo 박막을 torque magnetometer로 torque curve를 살펴본 결과 (a)의 경우는  $0^\circ$ 와  $180^\circ$  두곳에서 curve의 급격한 변화가 나타나는 수직이방체의 전형적인 curve를 보여주고 있으나, (b)의 경우에는  $0^\circ$ 와  $180^\circ$  이외에  $90^\circ$ 와  $270^\circ$  근방에서 또하나의 peak가 나타나고 전체의 curve 또한 smooth하게 나타났다. 이는 박막의 일부분이 심한 산화가 일어나 면내 이방성이 수직 이방성과 함께 존재하고 있음을 보여준다. 이 결과를 토대로 생각해보면 결국 성막의 과정에서 막내에 존재하는 산소는 스퍼터링 초기에 산화되어 면내 이방성층을 형성함을 알 수 있다.

기판과 TbFeCo 박막 계면에서의 산화층에 의한

Kerr hysteresis loop가 변화되는 양상을 보기 위해 laser를 기관을 통과시켜 Kerr hysteresis loop를 측정하였으며, 그 결과는 그림 11에 나타내었다.

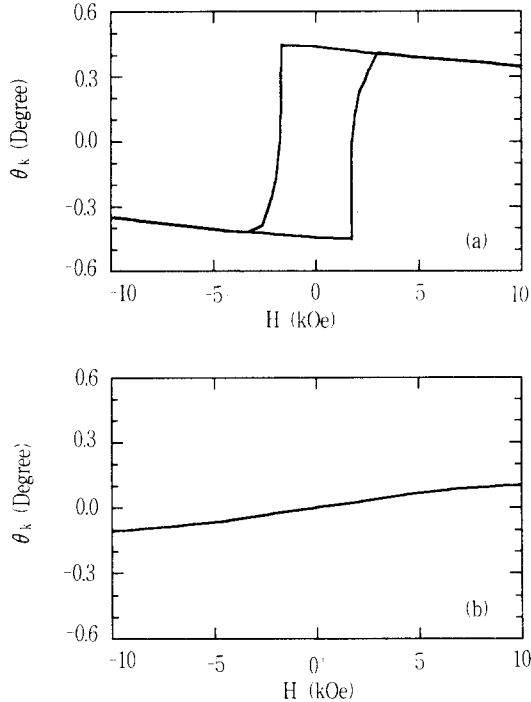


그림 11. Pre-sputtering의 유(a), 무(b)에 따라 제조된 TbFeCo 박막의 Kerr 이력곡선  
 Fig. 11. Kerr hysteresis loops of the TbFeCo thin films deposited (a)with and (b) without pre-sputtering.

Pre-sputtering을 하고 제조된 박막의 Kerr hysteresis loop(a)는 0.44°의  $\theta_k$ 를 나타냈지만 pre-sputtering이 없이 바로 성장된 (b)의 경우는 VSM의 결과와는 달리  $H_c$ 가 나타나지도 않고 있으며, 또한  $\theta_k$ 도 거의 나타나지 않는 Kerr hysteresis loop가 나타났다. 이는 pre-sputtering을 실행하지 않을 때에는 기관과 TbFeCo 박막의 계면에 두꺼운 먼내 이방성을 갖는 산화층이 형성되고 있음을 시사하는 것이며 이는 다음의 AES분석에 의해 확인 할 수 있다. 그림 12은 pre-sputtering 유무에 따른 TbFeCo 박막내 산소의 분포를 AES depth profile 한 결과이다.

Pre-sputtering을 행하지 않고 제조된 박막은 pre-sputtering을 행한 경우보다 표면과 기관에서의 산소층이 두껍다. 특히 표면에서의 산소층 두께는 많은 차이가 없지만, 기관과 TbFeCo 박막의

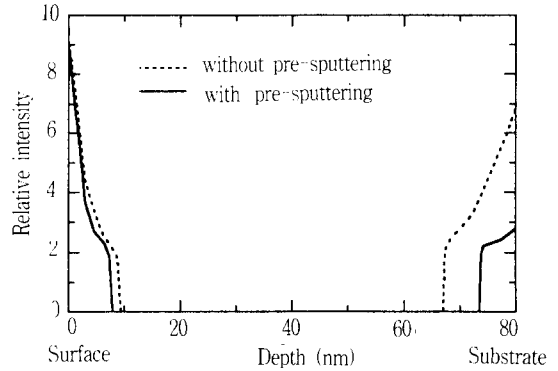


그림 12. Pre-sputtering의 유무에 따라 제조된 TbFeCo 박막의 산소량에 대한 AES depth profile  
 Fig. 12. AES depth profile of the oxygen content in the TbFeCo thin films deposited with or without pre-sputtering.

계면 부근에서 산소층의 두께는 약 2배정도로 차이가 나며, intensity 또한 큼을 알 수 있다. 기관 쪽에서 급격한 산소 양의 증가는 스퍼터링 초기에 챔버내부에 존재하는 산소의 급격한 소모가 일어나고 있음을 나타내준다. 위의 결과를 토대로 pre-sputtering 과정없이 제조된 박막은 초기에 심하게 산화되어 먼내 이방성을 갖는 층을 형성하고 점차로 수직 이방성을 갖는 층을 형성하고 있음을 알 수 있다.

### 3-4. 박막 두께에 따른 광자기적 특성 변화

그림 13에 base pressure  $6.0 \times 10^{-7}$  Torr, 스퍼터링 power 400W에서 deposition time를 변화시켜서 박막 두께를 변화시킨 TbFeCo박막의 광자기적 특성 변화를 나타내었다.

여기서 박막 두께에 따라 광자기적 특성이 크게 변함을 알 수 있다. 박막 두께가 증가함에 따라  $H_c$ 는 150nm까지는 증가하다가 다시 감소하고 있으며,  $M_s$ 는 반대로 감소하다가 증가하고 있다. 반사율은 박막 두께가 25nm로 얇을 때에는 작은 값을 나타내다가 50nm에서 부터는 거의 일정하게 되고,  $\theta_k$ 의 경우는 100nm까지는 증가하다가 그 이후부터는 거의 일정하게 되고 있음을 알 수 있다. 그러나 그림 14에서 보여주듯이 박막두께가 25nm일 때에는  $\theta_k$ 는 낮고 Kerr loop 또한 미스들 하면서도 곡선을 띄고 있다. 이는 박막면에 수직화용이층의 퍼짐이 큼을 나타내며, 박막의 두께

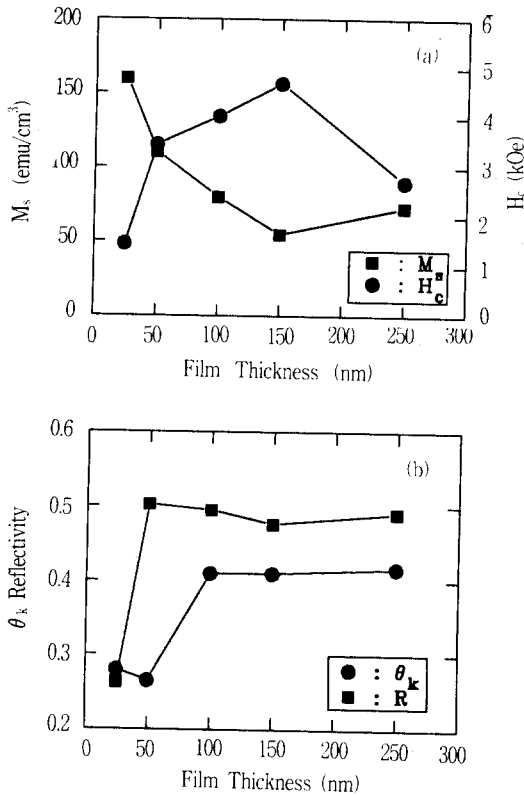


그림 13. 박막두께에 대한 (a)자기적 (b)광학적 특성의 의존성

Fig. 13. Dependence of (a)magnetic and (b) optical properties on the film thickness.

가 150nm일때에는 높은  $\theta_k$ 와 직사각형의 loop를 보여줌으로써 박막면에 수직인 자화용이축의 퍼짐이 작음을 보여주고 있다.<sup>11)</sup> 그러나 박막 두께가 250nm로 더 두꺼워질 때에는 다시 loop가 찌그러지고 있음을 보여준다. 결국 박막 두께는 TbFeCo 박막내의 자화용이축 분포에도 상당한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

Torque curve에서도 25nm 박막 두께에서는 0° 및 180° 근방의 peak이외에 90° 와 270° 에서 작은 peak가 나타나 박막내에 면내 이방성과 수직 이방성이 동시에 존재함을 보여주었으며, 박막 두께가 두꺼워지면서 90° 와 270° 근방의 peak는 소멸됨을 확인하였다. 이는 결국 TeFe 이원합금 박막에서 두께가 매우 얇을때에는 제조조건에 관계없이 단지 면내 이방성만이 존재한다는 타 연구자의 연구결과<sup>6)</sup>와 일치하며 본 연구에서도 박막의 두께가 더욱 얇아진다면 면내 이방성만이 존재하

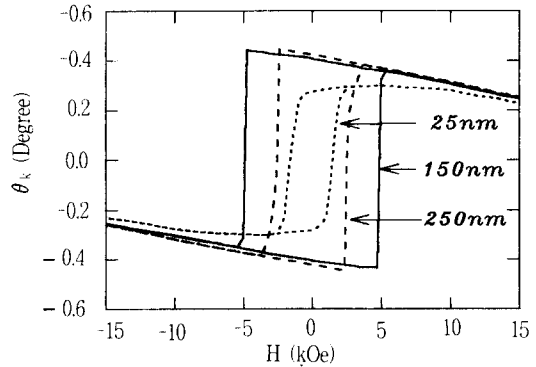


그림 14. 400W의 스퍼터링 power에서 박막두께에 따른 Kerr 이력곡선

Fig. 14. Kerr hysteresis loops of the films with different thickness sputtered at the power of 400W.

게 될 것이라는 것을 쉽게 예측할 수 있다. 그러나 박막의 두께가 두꺼워지면서 90° 와 270° 근방의 peak의 소멸은 산화에서 비롯된 면내 이방성을 갖는 부분이 전체 박막의 두께에 비해 상대적으로 얇아져서 전체 광자기적 특성에는 크게 영향을 미치지 않고 있음을 알 수 있다. 상기와 같은 결과는 스퍼터링이 진행됨에 따라 초기 챔버내의 산소는 점차 감소하고 이에 수반하여 박막의 산화는 점차 감소하는데 기인된다 할 수 있다. 그러나 박막의 두께가 어느 정도 두꺼워지면서 발생하는  $H_c$ 의 감소와 Kerr loop의 찌그러짐은 장시간 성장시 발생하는 열로 인해 형성된 TbFeCo 박막이 손상을 받아 나타나는 현상으로 사료된다.

#### 4. 결 론

1. FTS에서는 base pressure를 변화시키면서 제조한 TbFeCo 박막의 광자기적 특성은 거의 변화가 없었고, FTS에서의 이러한 특성은 성막시 금속입자의 짧은 이동거리에 기인된다.
2. 일정한 모자이크 타겟조성에서 스퍼터링 power가 증가할수록 Tb의 조성은 증가하고, Fe는 감소하며 Co는 거의 변화가 없다. TM-rich 지역에서는  $H_c$ 는 증가하고,  $M_s$ 는 감소하며, RE-rich 지역에서는  $H_c$ 는 감소하며 Co는 거의 변화가 없다. TM-rich 지역에서는  $H_c$ 는 증가하고,  $M_s$ 는 감소하며, RE-rich 지역에서는  $H_c$ 는 감소하고,  $M_s$ 는 증가하며, 높은 스퍼터링 power에서 제조된 박막이 박막내 산화물 양이 적고 또한 더욱 우수한



- 수직이방 특성을 갖고 있다.
3. 작업진공도가 낮아지면 박막형성 초기에 박막내 산소 혼입량이 많아지며, 자기이력곡선을 점점 smooth하게 만든다.
  4. Pre-sputtering을 전혀 행하지 않고 박막을 제조하였을 때에는 박막내에 면내 이방성을 갖는 층이 형성되고, 이는 성막 초기에 챔버내 존재하는 산소에 의한 산화에 기인되고, 이런 산화막은  $\theta_k$ 에도 치명적인 악 영향을 미친다.
  5. 박막 두께가 두꺼워지면서 초기 생성된 산화막이 전체 광자기 특성에 미치는 영향은 현저히 감소되도, 박막은 전형적인 수직 이방성 특성을 보여주게 된다.

### 참 고 문 헌

- 1). M. H. Kryder, "Magneto-optic recording technology", J. Appl. Phys., 57, pp. 3913-3918, 1985.
- 2.). S. Takayama, T. Niihara, K. Kaneko, Y. Sugita, and M. Ojima, "Magnetic and magneto-optical properties of Tb-Fe-Co amorphous films", J. Appl. Phys., 61, pp. 2610-2616, 1987.
- 3). M. Takahashi, T. Niihara and N. Ohta, "Study on recorded domain characteristics of magneto-optical TbFeCo disks", J. Appl. Phys., 64, pp. 262-269, 1988.
- 4). T. K. Hatwar, A. C. Palumbo and P. G. Stinson, "Effect of argon sputtering pressure on the magnetic properties and morphology of TbFeCo films", IEEE Trans. Mag., 24, pp. 2775-2777, 1988.
- 5). H. Heitmann, M. Hartmann, S. Klahn, M. Rosenkranz, H. J. Tolle, and P. Willich, "Influence of preparation conditions on magnetic properties and aging behavior of rf diod sputtered GdFeCo films", J. Appl. Phys., 61, pp. 3331-3333, 1987.
- 6). R. Malmhøll and Tu Chen, "Thickness dependence of magnetic hysteretic properties of rf-sputtering amorphous Tb-Fe alloy thin films", J. Appl. Phys., 53, pp. 7843-7845, 1982.
- 7). M. Naoe, S. Yamanaka and Y. Hoshi, "Facing targets type of sputtering method for deposition of magnetic metal films", IEEE Trans. Magn., MAG-16, pp. 646-648, 1980.
- 8). M. Naoe, N. Kitamura and H. Ito, "Improvement of the C/N ratio and corrosivity of TbFeCo amorphous films by controlling their microstructure", J. Appl. Phys., 63, pp. 3850-3852, 1988.
- 9). H. Ito and M. Naoe, "Preparation of highly stable TbFeCo thin films of plasma-free sputtering at high rate", IEEE Trans. Magn., 26, pp. 181-183, 1990.
- 10). S. O. Kim, M. H. Kim, K. S. Kim and S. C. Yu, "A study on the magnetic anisotropy of the RE-TM thin film alloys", J. Magn. Soc. Jpn., Vol. 15, No. S1, pp. 197-199, 1991.
- 11). Y. Togami, N. Saito and K. Okamoto, "Anisotropy dispersion and its influence on magneto-optical effect in rare-earth transition metal amorphous films", J. Appl. Phys., 60, pp. 3691-3695, 1986.

### 저자소개



#### 문정탁

1967년 1월 14일생. 1989년 2월 충북대학교 금속공학과 졸업. 1992년 2월 충북대학교 대학원 금속공학과 졸업(석사). 1994년 현재 충북대학교 재료공학과 박사과정 재학중.



#### 김명한

1950년 7월 2일생. 1973년 2월 고려대학교 금속공학과 졸업. 1981년 5월 미시간대학교 재료공학과 졸업(석사). 1984년 5월 위스콘신대학교 금속공학과 졸업(공학박사). 1976년 1월 1일-1984년 10월 한 국가계연구소 선임연구원. 1984년 12월-현재 충북대학교 재료공학과 부교수.