

광자기 디스크의 기록 및 자기적 특성에 산소가 미치는 영향

최 건

전남대학교 금속공학과

광주시 북구 용봉동 300, 500-757

(1993년 6월 2일 받음, 1993년 9월 6일 최종수정본 받음)

광자기 디스크의 제조시 기록막내부의 산소함량에 따른 기록 및 자기적 특성의 변화를 연구하였다. 기록막내의 산소함량 변화는 반응성 스퍼터링에 의해 조절하였으며 스퍼터링 전과정 동안 산소의 거동을 in-situ 관류가스분석기로 조사하였다. 산소함량의 증가에 따라 보자력은 감소하였으나 수직이방성 및 수직 각형비등은 변화하지 않았다. 대부분의 첨가된 산소는 스퍼터링 과정중 소모되어 Tb원자와 안정한 산화물을 형성하여 자기적 조성의 변화를 초래하였지만 임계기록크기와 임계의부자계크기에만 약간의 변화를 가져왔을 뿐 디스크의 기록신호잡음비에는 별로 영향을 미치지 않았다. 또한 디스크의 신뢰도면에서도 크게 감소하지 않았다.

I. 서 론

최근 새로운 기록매체로 부상한 광자기 디스크(Magneto-Optical Disk)는 고도 정보화 산업사회에서 요구되는 고집적 정보저장기술의 핵심기술로서 그 실용성이 날로 증가하고 있다. 광자기 디스크는 기존의 수평기록매체에 비하여 높은 기록밀도(약 10배이상), 디스크 이동성, 레이저의 기록 및 재생에 의한 헤드와 매체간의 비 접촉, 기록정보의 안정성, 저렴한 정보기록 단가등의 제 장점을 지니고 있다. 현재 이미 상용화되고 있는 제1세대 광자기 디스크는 PC(Polycarbonate)기판위에 4층구조막을 형성하여 자기기록막으로는 비정질 TbFeCo막막을 사용하고 있다. Tb계의 자성박막은 자기적으로 우수한 수직이방성과 높은 보자력을 가지고 있어 자구(Magnetic Domain)의 크기를 마이크로이하까지 안정케 할수 있으며 (1), 현재 사용되고 있는 레이저의 파장 (780 nm)영역에서는 비교적 높은 Kerr회전 각도 (약 0.3°)를 나타내 우수한 기록신호잡음비를 보여 준다.

하지만 이러한 우수한 자기적 특성에도 불구하고, 희토류 금속인 Tb은 쉽게 산화되는 성질을 가지고 있어 그에 따른 수직이방성과 보자력의 변화는 광자기 디스크의 신뢰도를 감소시키는 결과를 초래할 수 있다(2, 3). 이러한 단점을 보완하기 위해 자기 기록막의 내부에 내식성 증가 원소를 첨가하거나(4, 6), 또는 효과적인 자기 기록막의

보호막을 개발하여 사용하고 있지만(7, 8), 대부분의 광자기 디스크 제조업체는 자기 기록막의 증착용 스퍼터링 타겟의 산소 허용량을 엄격히 제한하고 있으며 그에 대한 반대급부로 많은 재정적 지출을 감수해야 하는 현실이다. 동시에 지금까지의 광자기 디스크의 열적 안정성 및 산화성에 대한 연구는 디스크의 제조후 분리된 열처리나 산화 처리에 의해 이루어져 디스크의 제조시 산소가 광자기 디스크의 특성에 미치는 효과에 대한 연구가 극히 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 자기 기록막의 성막시, 극히 미량의 산소를 불어 넣어 박막내의 산소함량을 변화시켜 광자기 디스크의 기록층내의 산소함량에 따른 자기적 특성과 기록특성을 조사하고 그의 상관관계를 보고하고자 한다.

II. 실험방법

광자기 디스크는 PC기판위에 4층구조막으로 다음과 같이 DC마그네트론 스퍼터링에 의해 성막하였다. PC / Si-N(1100 Å) / Tb_{18.6}Fe_{65.4}Co_{8.0}Cr_{8.0}(250 Å) / Si-N(400 Å) / Al(600 Å). Si-N막막의 광학 굴절율은 약 2.06, 내부응력은 약 7×10^{10} dyne/cm² 으로 Silicon타겟을 이용한 반응성스퍼터링 방법에 의해 성막하였다. TbFeCoCr 기록박막의 성막시 산소의 흐름량은 질량흐름조절장치를 이용하여 0.5 sccm에서 2.0 sccm까지 변

화시켰으며 기록막의 스퍼터링 전과정을 잔류가스분석기 (Residual gas analyzer)를 이용하여 산소의 거동을 관찰하였으며 산소흐름량은 산소분압으로 환원되었다. Tb FeCoCr박막 내부의 산소함량을 SIMS (Secondary ion mass spectrometry)와 AES(Auger electron spectroscopy)를 이용하여 측정하였으며 산소함량에 따른 자기적 성질의 변화는 진동시료자속계 (Vibrating sample magnetometer), 토크자속계 (Torque magnetometer), Kerr이력계를 이용하여 조사하였다. 산소함량에 따른 디스크의 신뢰도 검사는 상대습도 85 %, 80 °C에서 실시하였다. 광자기 디스크의 기록특성은 4.93 MHz의 주파수, 7.5 m/s의 선속도 조건에서 관찰하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 산소의 증가에 따른 스퍼터링거동의 변화

기록막의 성막시 산소의 첨가는 0.5-2.0 sccm 까지 이루어 졌으며 산소의 첨가에 따른 스퍼터링실 내부의 가스거동을 RGA로 분석하였다. 그림1에 나타난 바와 같이

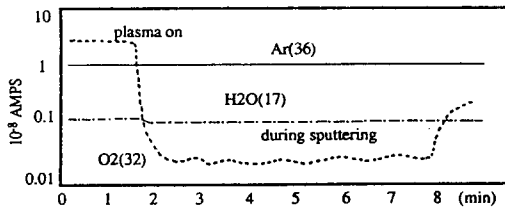


Fig. 1. In situ-profile of residual gases during sputtering : oxygen partial pressure before sputtering is 1.0×10^{-4} torr.

첨가된 산소는 스퍼터링 개시와 함께 모두 소모되었으며 이는 성장하는 박막내부에 포함되었으리라 사료되며 다음의 SIMS분석에서 구체적으로 입증된다. 특히 산소의 첨가없이 고진공(약 10^{-8} torr)에서 스퍼터링을 시작할 때 산소의 량이 증가하지 않는 것은 타겟내의 산소가 대부분 Tb과 화합물 형태로 결합되어 있어 가스로 분석되지 않음을 시사한다. 산소의 흐름량이 증가함에 따라 소모되는 산소의 양은 비례적으로 증가하였으며 그림 2에 주어진 바와 같이 스퍼터링전의 산소분압이 약 9×10^{-5} torr(1.0 sccm)에서는 스퍼터링속도가 현저하게 감소하는데 이는 타겟의 산화가 시작되어 스퍼터링 효율이 감소하기 시작하기 때문으로 전형적인 반응성 스퍼터링의 경향을 나타낸다.

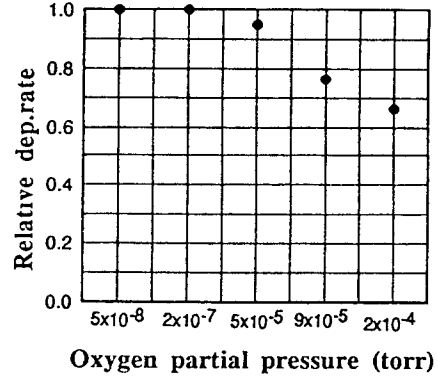


Fig. 2. Change in deposition rate of TbFeCoCr thin film with oxygen partial pressure.

2. 산소의 증가에 따른 조성 및 자기적 특성의 변화

산소 흐름량의 증가에 따른 박막내의 산소함량의 변화를 SIMS로 분석한 결과가 그림3에 주어져 있다. 산소는

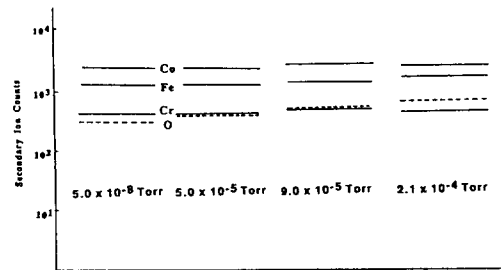


Fig. 3. SIMS profile in TbFeCoCr thin films sputtered with different oxygen partial pressures.

전기적음성이온 효율이 커서 이온소스로 Cs⁺ 이온을 7 keV의 에너지로 사용하였다. 산소의 흐름량 증가에 따라 TbFeCoCr박막내부의 산소함량이 증가하였으며 이는 앞에서 언급한 바와 같이 스퍼터링시 대부분의 산소가 소모되어 박막내부에 침투하였기 때문이다. AES를 이용하여 TbFeCoCr박막을 분석한 결과 산소분압이 약 9×10^{-5} torr(1.0 sccm)에 도달하면 Tb에 비해 Fe조성이 증가하는 경향을 나타 내는 데(그림 4) 이는 타겟의 산화가 시작되는 산소분압의 크기에서는 Tb의 선택적인 산화에 의해 Tb원자와 Fe, Co, Cr원자의 스퍼터링 효율에 변화가 생겨나기 때문으로 여겨 진다. 조성의 변화가 생겨나는

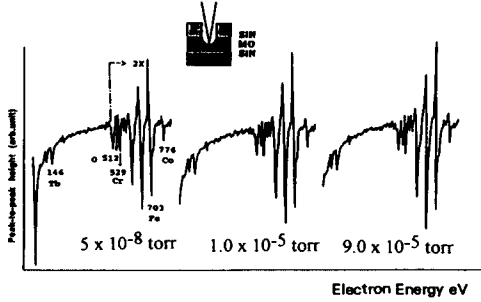


Fig. 4. Change in AES profiles of TbFeCoCr films with oxygen partial pressures.

산소함량과 증착속도의 감소가 관찰되는 영역이 일치함은 위의 결과를 구체적으로 입증한다.

산소의 증가에 따른 TbFeCoCr박막의 수직보자력의 변화는 그림 5에 나타나 있다.

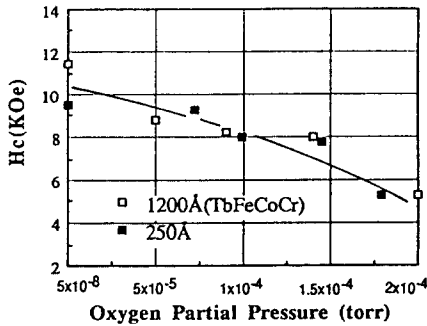


Fig. 5. Change in magnetic coercivity of TbFeCoCr thin films with oxygen partial pressures.

박막의 두께에 상관없이 산소의 분압이 증가함에 따라 보자력은 약 10 KOe에서 약 5 KOe까지 감소하였다. 본 실험에서 사용한 TbFeCoCr박막의 조성은 자기적으로 천이금속이 지배적인 조성이기 때문에 Tb함량의 감소는 보자력의 감소를 초래한다. 따라서 산소함량의 증가에 따른 박막내부의 산소증가는 Tb원자의 산화를 가져와 Tb원자와 Fe원자간의 자기적 결합을 깨뜨리게 되며 결과적으로 Tb함량의 감소효과를 나타낸다. 산소가 Tb계 박막의 수직이방성에 치명적인 것으로 알려져 있는 보고와는(2, 3) 다르게 약 2×10^{-4} torr의 산소분압하에서도 약 5 KOe의 보자력을 나타냈다. 그림 6은 산소분압에 따른 수직이방성의 변화를 나타내는 토크곡선을 나타낸 것이다. 전반적으로 매우 높은 수직이방성을 나타내고 있으며

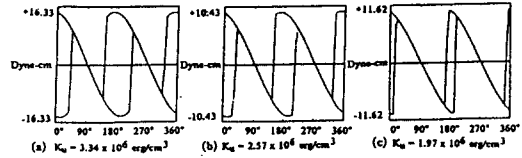


Fig. 6. Change in torque curves of TbFeCoCr thin films with oxygen partial pressure : (a) 5.0×10^{-8} torr, (b) 1.5×10^{-4} torr, and (c) 2.1×10^{-4} torr.

Miyajima계산법에 의해 계산한 결과(9), 그 크기는 산소분압이 5×10^{-8} torr에서 약 3×10^{-6} erg/cm³에 이르고 있다. 토크곡선을 얻을 때 가한 외부자계의 크기가 13 KG로 수평방향에서 충분히 포화자력을 얻기에 부족하기 때문에 강한 회전형 이력현상 (Rotational hysteresis)을 나타내고 있으며 산소분압이 증가함에 따라 보자력이 감소하기 때문에 그 크기가 감소할 뿐 산소분압이 약 2×10^{-4} torr하에서도 높은 수직 이방성을 나타내고 있다. 또한 독립적으로 얻은 Kerr이력곡선의 결과에서도 곡선의 각형비 (Squariness, 포화 Kerr각도에 대한 잔류값의 비)는 1의 값을 나타내 자화용이축이 박막표면에 수직으로 강하게 나타나 토크곡선의 결과와 일치하였다.

그림 7은 온도에 따른 포화자화값 (M_s)과 보자력

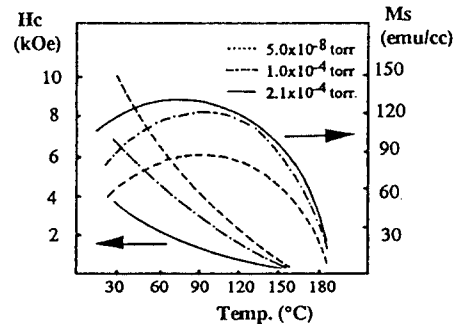


Fig. 7. Temperature dependence of coercivity and magnetization for TbFeCoCr films sputtered with different oxygen partial pressures.

(H_c)의 변화를 나타낸 것이다. 산소함량의 증가에 따라 상온에서 보자력이 감소하고 포화자화값은 증가하는 경향을 나타내며 온도증가에 따라 각경우에 보자력은 감소하고 포화자화값은 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나

타내며 온도증가에 따라 각경우에 보자력은 감소하고 포화자화값은 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타낸다. 산소분압의 크기에 상관없이 큐리온도는 약 180 °C로 일정하였으며 반자계온도는 약 20 °C 낮은 160 °C로 측정되었다. 이는 Tb계의 수직이방성 박막에서 큐리온도는 Tb함량에 민감하게 변화하지 않는 결과와 일치하고 있다 (10).

3. 산소함량에 따른 광자기 디스크의 기록특성 변화

산소함량이 다른 TbFeCoCr 박막과 하지층 및 보호막으로 Si-N 박막, 열전도 및 반사막으로 Al박막의 4층 구조막을 PC 기판위에 성막한 광자기 디스크의 기록특성을 Nakamichi 광자기 디스크 테스트로 조사하였다. 그림 8은 외부자계의 크기를 300 Oe로 일정하게 유지한 조건에서 기록 레이저의 파워워크기(mW)에 따른 기록신호 잡음비 (Carrier-to-Noise Ratio)를 나타낸 것이다.

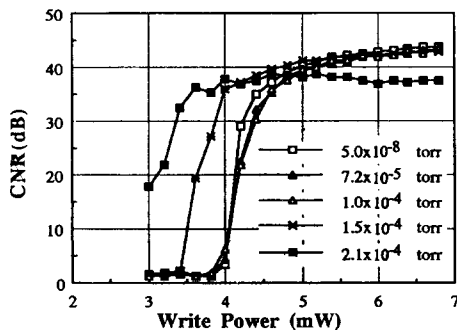


Fig. 8. Recording power sensitivity for disks sputtered under different oxygen partial pressures.

자구의 극성이 바뀌는 임계 기록크기는 약 4 mW 정도이며 산소의 분압이 약 7.2×10^{-5} torr에 이를 때까지 일정하게 유지되다가 1.5×10^{-4} torr에서 약 0.5 mW 감소하는 경향을 나타낸다. 이러한 결과는 기록이 이루어 지는 온도범위에서 자구의 형성을 도와주는 반자계의 크기가 산소분압의 증가에 따라 증가하는 결과에 기인한 것으로 여겨진다. 그림 9는 기록파워워의 크기를 6 mW로 일정하게 유지한 조건에서 외부자계의 크기의 변화에 따른 기록신호잡음비의 변화를 관찰한 결과이다. 역자구 (Reverse domain)의 형성이 약 -300 Oe의 외자계에서 이루어지기 시작하며 약 200 Oe에서는 완전히 그 형성이 마무리됨을 알 수 있다. 산소의 분압이 증가함에 따라 역자구의 형성이 시작되는 외부자계의 크기는 오히려 감소

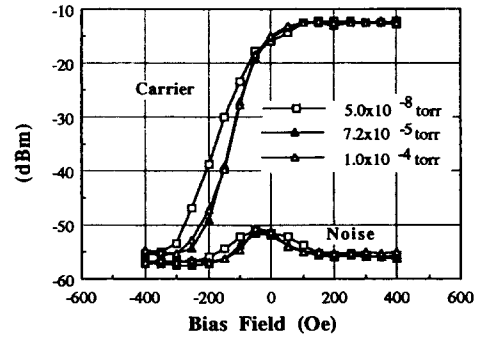


Fig. 9. Recording bias field sensitivity for disks sputtered under different oxygen partial pressures.

함을 나타내는 데 이러한 현상 역시 Tb원자의 산화에 따른 자기적 조성의 변화에 따른 반자계의 크기가 변화하기 때문으로 사료된다.

산소분압이 증가함에 따른 광자기 디스크의 기록특성은 크게 열화하지 않음을 알 수 있었다. 이는 기록막의 성막후 실시된 산화나 열처리에 의한 기록막의 수직이방성의 소멸과는 큰 대조를 보인다(11). 따라서 본 연구에서는 산소의 함량이 다른 디스크를 습도와 온도가 높은 열악한 조건에서 신뢰도를 조사하였다. 그림 10은 유지시간

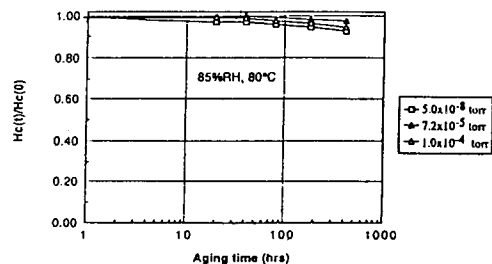


Fig. 10. Change in coercivity of TbFeCoCr thin films sputtered under different oxygen partial pressure with aging time.

에 따른 보자력의 변화를 보여준다. 80 °C에서 유지시간에 따라 보자력은 약간 감소하였으나 산소의 함량에 상관없이 거의 유사한 경향을 나타내고 있다. 이는 스터터링시 대부분의 산소가 Tb과 안정한 산화물을 형성하여 박막을 형성하였고 에이징에 따른 Tb원자의 산화는 극히 적은 양으로 형성되었음을 시사한다. 결국 산소의 함량이 많은 타겟을 사용하여 광자기 디스크를 제조할 때는 Tb

함량을 적절히 조절하여 자기적으로 활동성있는 Tb원자량을 증가시킴으로서 Tb원자의 산화량을 보상할수 있다는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

자기기록막의 성막시 스퍼터링실 내부의 산소분압이 증가함에 따라 박막내의 산소함량은 반응성 스퍼터링에 의해 비례적으로 증가하였으며 Tb원자의 선택적인 산화에 의해 자기적으로 활동성있는 Tb조성의 변화를 초래하였다. 자기 기록막의 수직보자력은 감소하였지만 수직이방성과 수직 각형비는 산소의 분압이 증가함에도 불구하고 우수하게 측정되었다. 박막내부의 산소는 대부분 안정한 산화물로 존재하였으며 따라서 디스크의 신뢰도에는 큰 변화를 초래하지 않았다. 광자기 디스크의 기록특성 측정결과, 보자력의 감소와 포화자력의 증가는 임계기록크기 및 임계외부자계의 크기에 약간의 변화를 가져 왔을 뿐 기록잡음비에는 크게 영향을 미치지 않았다.

감사의 글

본 연구는 92년도 산학협동재단의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

[1] Y. Mimura, N. Imamura, T. Kobayashi, A.

Okada, and Y. Kushiro, J. Appl. Phys., 49, pp.1208(1978).

[2] R. B. vanDover, E. M. Gyorgy, R. P. Frankenthal, M. Hong, and D. J. Siconolfi, J. Appl. Phys., 59, pp.1291(1986).

[3] P. Bernstein and C. Guenon, J. Appl. Phys., 55, pp.1760(1984).

[4] K. Aratani, T. Kobayashi, S. Tsunashima, and S. Uchiyama, J. Appl. Phys., 57, pp.3903(1985).

[5] T. Iijima, Appl. Phys. Lett., 50, pp.1835(1987).

[6] T. K. Hatwar and D. Majumdar, IEEE Trans. Magn., MAG-24, pp.2449(1988).

[7] T. C. Anthony, J. Brug, S. Naberhuis, and H. Birecki, J. Appl. Phys., 59, pp.213(1986).

[8] M. Asano, M. Kobayashi, Y. Maeno, K. Oishi, and K. Kawamura, IEEE Trans. Magn., MAG-23, pp.2620(1987).

[9] H. Miyajima, K. Sato, and T. Mizoguchi, J. Appl. Phys., 47, pp.4669(1976).

[10] Y. Mimura, N. Imamura, and T. Kobayashi, IEEE Trans. Magn., MAG-12, pp.779(1976).

[11] G. Choe and R.M. Walser, J. Appl. Phys., 67, pp.5316(1990).

Effect of Oxygen on the Magnetic and Recording Characteristics of Magneto-Optical Disk

G. Choe

Dept. of Metallurgical Eng. Chonnam National University Kwangju 500-757, Korea

(Received 2 June 1993, in final form 6 September 1993)

The effects of differential partial pressures of oxygen during sputtering on the magnetic and recording characteristics of magneto-optical disks were investigated. Different flows of oxygen were deliberately introduced into the sputtering chamber to have a variety of partial pressures of oxygen during sputtering. A residual gas analyzer was employed to monitor the oxygen peak before, during, and after sputtering and to estimate the reacted oxygen amount. Most of the oxygen introduced into the chamber was reacted during sputtering. As the partial pressure of oxygen increased, the oxygen content of the TbFeCoCr film increased also. The oxygen appeared to be bound as Tb₂O₃, effectively decreasing the magnetically active Tb content of the film. The coercivity decreased but the squareness of the Kerr hysteresis loops was still excellent. The perpendicular anisotropy was not significantly affected by oxygen amount. The carrier-to-noise ratio, including the write power sensitivity and bias field sensitivity did not change too much with oxygen content in the film. The disks sputtered with oxygen showed better bias field sensitivity with lower write power threshold than the disk sputtered without oxygen, due to high demagnetization during domain formation. No significant degradation of coercivity for the disk sputtered oxygen was observed during an accelerated aging test.