

Mn-Zn-Fe-O 금속타겟을 이용한 수직자기기록디스크의 하지연자성층용 Mn-Zn Ferrite 박막제작

Preparation for Mn-Zn Ferrite Soft Magnetic Underlayer Perpendicular Magnetic Recording Disk using Mn-Zn-Fe-O Metal Target

공석현¹, 김경환^{2a}

(Sok-Hyun Kong¹ and Kyung-Hwan Kim^{2a})

Abstract

In order to attain high rate deposition of Mn-Zn ferrite thin film for soft magnetic underlayer in perpendicular magnetic recording media, a reactive sputtering using powder-metal targets under the mixture gas of Ar and O₂ was performed. It was succeeded that Mn-Zn ferrite films with (111) crystal orientation were deposited on Pt(111) underlayer without any annealing process. The film revealed 3.4 kG of 4 π Ms, 70 Oe of coercivity. The deposition rate of the new method was 16 times as high as that of the conventional method using ferrite target.

Key Words : Mn-Zn ferrite, Perpendicular magnetic recording media, Reactive sputtering

1. 서론

수직자기기록방식을 이용하는 하드디스크 드라이브용 디스크에 있어서, 하지연자성층 (Soft magnetic underlayer)을 갖는 2층막구조에 의해 헤드-매체간의 자기직결합력의 증가로 기록기자력의 확보와 기록분해능의 향상이 보고되어 오고 있다. 특히, 하지연자성층 재료로서 CoZrNb 및 FeCo alloy를 필두로 한 금속계 하지연자성층에 대한 연구가 많이 이루어 지고 있다[1]. 그러나 비교적 두꺼운 막두께가 요구되는 하지연자성층에 있어서 막두께의 증가는 표면 거칠기의 악화를 가져오고 금속막인 경우 와전류 형성에 의해 고주파 특성이 악화되는 문제점들이 대두되어 오고 있다[2]. 또한, 두껍고 경도가 약한 금속재료의 하지연자성층으로 인해 헤드와 디스크와의 충돌 발생 시 디스크 표면에 손상이 생기는 문제점들이 알려지고 있다. 본

논문에서는 금속박막과 더불어 비교적 큰 포화자화와 낮은 보자력값을 갖는 연자성 페라이트막을 이용하여 얇은 금속박막층과 ferrite층이 결합된 hybrid type 하지연자성층(metal layer/ferrite layer)을 제안한다. 이 경우에도 역시 비교적 두꺼운 막두께의 페라이트층이 요구되지만, 산화물층(페라이트층)-금속층계면에 있어서 금속층의 nucleation site밀도의 증가에 의해 금속층의 입자 미세화를 도모할 수 있어 표면거칠기 악화를 감소시킬 수 있는 장점을 가져올 수 있다. 또한, 경도가 강한 Mn-Zn ferrite 박막을 하지연자성층으로 사용함에 의해 디스크표면의 손상발생문제를 크게 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 이 hybrid type 하지연자성층개발의 첫단계로서 연자성 페라이트층의 특성개선연구를 시도하였다. 페라이트타겟을 이용하여 일반적인 스퍼터방식으로 페라이트 박막을 제작할 경우, 매우 낮은 증착속도에 기인하여 생산성에 있어서 큰 문제점으로 작용될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 Mn-Zn-Fe 분말성형합금타겟을 이용하여 산소분위기중에서 반응성스퍼터법을 이용한 Mn-Zn ferrite막 제작방법을 시도

1. 삼성종합기술원
2. 경원대학교 전기정보공학과
(경기도 성남시 수정구 복정동 산65)
a. Corresponding Author : khkim@kyungwon.ac.kr
접수일자 : 2006. 7. 18
심사완료 : 2006. 8. 22

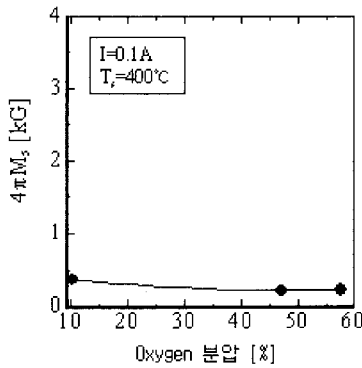


그림 1. Mn-Zn/Pt 박막의 산소분압에 따른 4 πMs 변화.

Fig. 1. Dependence of 4 πMs for Mn-Zn/Pt thin films on O₂ partial pressure.

하였다. 또한, Mn-Zn 페라이트의 씨앗층으로 Pt박을 이용하였다. Pt박은 fcc구조로서 Mn-Zn페라이트와의 격자misfit가 비교적 작기 때문에 에피택셜 성장이 가능하며, 산소분자를 해리, 흡착시켜 산소의 최밀면을 형성하는 효과를 기대할 수 있는 특징이 있다[3]. 본 연구에서는 Pt층을 이용하여 Mn-Zn 페라이트박이 우수한 연자기특성을 나타내기 위한 (111)면의 배향제어, 결정화 제어를 시도하였다.

2. 실험

Mn-Zn 페라이트박은 Mn_{0.6}Zn_{0.4}Fe₂ 분말성형 합금타겟을 이용하여 Ar과 Oxygen의 혼합분위기 중에서 반응성스퍼터법을 이용하여 제작하였다. 기판은 결정화 glass를 이용하였다. Pt 하지층은 기판 온도 300 °C, 막두께 12 nm로 고정하였다. Mn-Zn ferrite는 산소분압비, 기판온도, 막두께를 변화시켜 특성 분석하였으며, 방전전류를 0.1 A에서 1.0 A까지 변화시켰다. 모든 시편은 대향타겟식 스퍼터법을 이용하여 제작하였다. 또한 Mn-Zn ferrite 제작 시 가스압력은 2 mTorr조건으로 고정하였다.

박막의 결정구조분석은 X선 회절장치(XRD)를 이용하였고, 막의 표면상태는 원자간력 현미경(AFM)으로 관찰하였다. 또한, 자기특성은 진동시편형 자력계(VSM)를 이용하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Mn-Zn ferrite/Pt 이층막의 제작

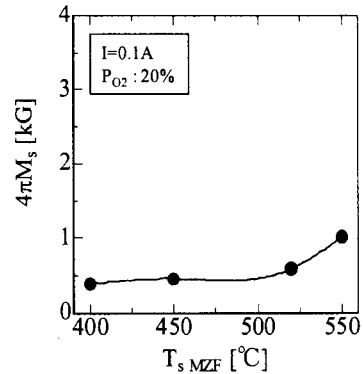


그림 2. Mn-Zn/Pt 박막의 annealing 온도에 따른 4 πMs 변화.

Fig. 2. Dependence of 4 πMs for Mn-Zn/Pt thin films on annealing temperature.

Pt 하지층상에 Mn-Zn ferrite층을 제작하고, 각종 스퍼터조건에 대한 의존성을 조사하였다. Pt층은 기판온도 Ts를 300 °C, 막두께 12 nm로 증착시켰으며, Mn-Zn ferrite는 400 °C에서 900~1000 nm의 막두께로 증착시켰다. 방전전류는 ferrite 타겟 사용 시 최적조건인 0.1 A로 행하였다. 포화자화, 4 Ms의 산소분압의존성 및 기판온도 의존성 결과를 그림 1과 그림 2에 나타내었다. 그림 1에서는 기판온도를 400 °C로 설정하고, 그림2에서는 산소분압비를 20 %로 설정하였다. 결과를 보면 어떤 조건에 있어서도 4 πMs가 MnZn-ferrite bulk값인 5 kG의 10 %내외의 값을 나타내며 이 결과는 상기 조건에서는 페라이트 박막이 형성되지 않는다는 것을 알려주고 있다. 또한, 이들 박막의 XRD spectrum결과에 있어서도 연자기 특성을 갖기 위한 Mn-Zn ferrite의 (111) 배향 회절피크가 관찰되지 않았음이 확인되었다. 이것은 박막제작 시 산소량이 최적화되지 않았기 때문으로 사료된다. 따라서 박막내의 산소량을 최적화하기 위한 작업으로 제작된 박막을 고온처리하여 박막내 산소를 해리시켜 각 산소량에 따른 포화자화변화를 관찰하였다.

그림 3은 방전전류 0.1 A, 산소분압 20 %의 공정조건으로 제작된 박막의 annealing 온도에 따른 포화자화변화를 나타내고 있다. Annealing 온도 및 가열시간은 각각 550 °C, 60 min으로 고정하였으며, 대기중과 진공상태에서 행하여 각각을 비교분석하였다. 대기중에서 annealing을 한 경우, as-deposited상태와 거의 변화 없는 4 Ms값을 나타내고 있는 반면, 진공중에서 annealing한 경우에는 4 Ms가 큰 폭으로 증가하고 있는 것이 관측되었다.

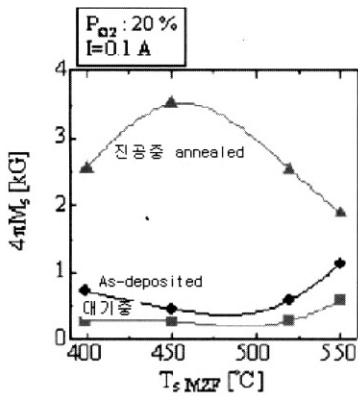


그림 3. 대기, 진공상태에서의 $4\pi M_s$ - T_s curve.
 Fig. 3. The effect of condition of atmosphere, vacuum on $4\pi M_s$ - T_s curve.

이 결과로부터 진공중 annealing함에 의해 박막내의 적당량의 산소가 해리되어 페라이트상이 형성되어 $4\pi M_s$ 값이 증가되었다고 생각된다.

3.2 반응성스퍼터에 의한 방전전류-전압특성

산소를 이용한 반응성스퍼터로 박막제작 시, Mn-Zn-Fe metal 타깃의 표면은 산소에 노출되어 표면이 산화되기 쉽다. 즉 타깃표면을 산화된 상태에서 박막을 제작할 경우 주입되는 산소량보다 많은 양이 박막내로 들어갈 수 있게 되는 문제점이 있다. 또한, 지금까지 제작조건인 방전전류 0.1 A로 박막을 제작할 경우, 증착동안 타깃표면은 계속적으로 산화되어 있는 상태로 유지될 가능성이 있다. 이에 방전전류를 변화시켜 타깃표면상태 및 방전전압변화를 분석하였다. 타깃표면이 산화된 상태에서는 방전전압이 500~600 V 정도였으며, 타깃표면이 금속상태인 경우에는 750 V 이상의 방전전압이 관측되었다. 산화된 타깃표면의 경우 방전전압이 낮은 이유로서 전자방출계수가 산화물표면에서 높기 때문으로 분석된다. 그림 4에 각 산소분압에 있어서 방전전류에 따른 방전전압변화를 나타내었다. 본 그래프를 통해, 산소분압이 50 % 이상인 경우에는 방전전류를 계속적으로 높여도 타깃표면이 금속이 되는 방전전압 750 V 이상인 상태는 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 20 % 이상의 산소분압조건에서 타깃표면이 계속적으로 금속상태를 유지하는 0.5 A의 방전전류를 이용하여 Mn-Zn ferrite 박막제작을 제시도하였다.

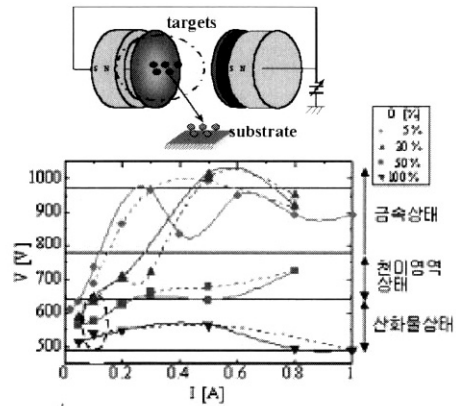


그림 4. 산소압에 따른 방전 전압-전류변화.
 Fig. 4. Variation discharge voltage-current curve on Oxygen pressure.

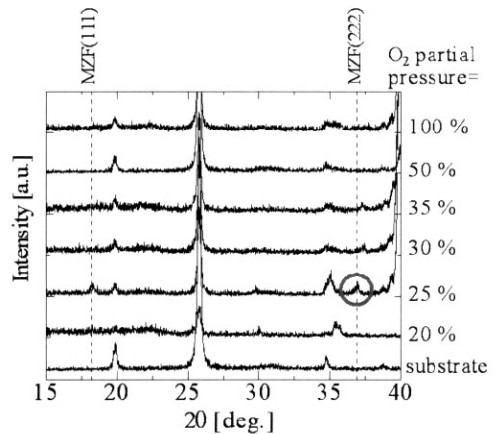


그림 5. 산소분압에 따른 XRD spectrum 변화.
 Fig. 5. Variation of XRD spectrum on Oxygen pressure.

3.3 방전전류 0.5A로 제작된 Mn-Zn ferrite 박막

그림 5에 방전전류를 0.5 A, 기판온도를 400 °C로 제작조건을 고정한 경우, 산소분압에 따른 박막의 XRD spectrum을 나타내었다. 본 그래프를 통해 산소분압이 25 %일 경우, Mn-Zn ferrite (222)번의 회절피크가 형성됨을 알 수 있다. 그림 6에 방전전류를 0.5 A로 고정한 경우, Pt하지층상에 증착된 Mn-Zn ferrite 박막의 $4M_s$ 와 보자력 H_c 의 산소분압의존성을 나타내었다. 산소분압이 20 %이하인 경우에는 $4\pi M_s$ 가 매우 크게 관측되었으며 이 상태의 제작조건에서는 산소부족으로 인해 박막이

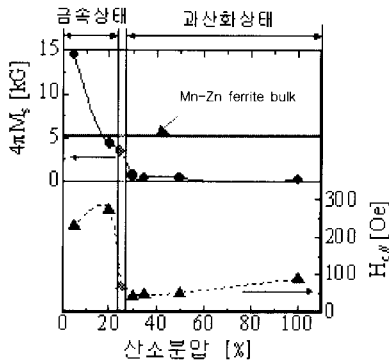


그림 6. $4\pi M_s$ 및 H_c 의 산소분압 의존성.
 Fig. 6. Dependence of $4\pi M_s$, H_c on Oxygen pressure.

금속막상으로 형성되어 있음을 알 수 있다. 또한, 산소분압이 30 %이상의 공정조건에서는 포화자화 가 거의 생성되지 않아 박막내부가 과산화상태인 것을 알 수 있다. 반면에, 산소분압이 25 %로 제작한 경우에는 $4\pi M_s$ 가 3.4 kG로 bulk값과 가까운 값을 나타내고 있으며, H_c 값이 70 Oe로 박막 내에 페라이트상이 형성되고 있는 것을 알 수 있다. 박막의 연자기특성을 개선시키기 위해 산소분압을 25 %, 방전전류를 0.5 A로 고정시킨 상태에서 기판온도를 변화시켰다. 그림 7에 Mn-Zn ferrite/Pt 이층막의 기판온도에 따른 XRD spectrum 변화를 나타내었다. 기판온도 300 °C인 비교적 저온에서 페라이트 결정화가능성이 본 그래프를 통해 알 수 있다. 기판온도를 더욱 증가시킴에 의해 Mn-Zn (222) 피크 강도가 증가하였으며, 이는 기판온도 증가와 더불어 결정화가 촉진됨을 나타내고 있다. 그림 8에 Mn-Zn ferrite/Pt 이층막의 $4\pi M_s$ 와 H_c 의 기판온도의존성을 나타내었다. 기판온도의 증가 즉, 결정화가 촉진됨과 동시에 $4\pi M_s$ 가 증가하고 있으며 550 °C에서 최고값을 나타내었다. 이 때의 보자력값도 최소값을 나타내며 연자기특성이 개선됨을 알 수 있다.

상기 조건으로 Mn-Zn ferrite 박막을 제작할 경우, 박증착속도는 1600 nm/h이었으며, 이 값은 종래 Mn-Zn ferrite 타깃으로 제작할 경우와 비교하여 약 16배의 성막속도를 달성하였다. 본 결과는 페라이트박막의 실용화에 가장 문제점으로 대두되고 있는 생산성향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

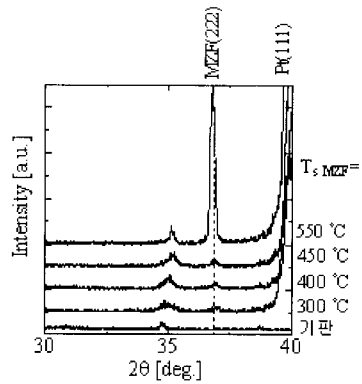


그림 7. 기판온도에 따른 XRD spectrum 변화.
 Fig. 7. Variation of XRD spectrum on substrate temperature.

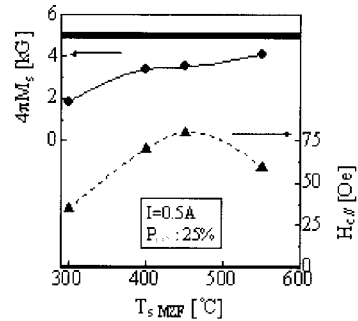


그림 8. 산소압 2.5 %에서 제작된 Mn-Zn ferrite 박막의 기판온도에 따른 $4\pi M_s$ 및 H_c 의 변화.
 Fig. 8. Dependence of $4\pi M_s$, H_c for Mn-Zn ferrite (2.5 % Oxygen pressure) on substrate temperature.

4. 결 론

$Mn_{0.6}Zn_{0.4}Fe_2$ 분말성형합금타깃을 이용하여 수직자기기록디스크에 사용되는 하지연자성층용 페라이트박막을 제작하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 방전전류가 낮은 경우, 타깃 표면이 산화되어 박막내부가 과산화상태로 되어 페라이트상이 형성되지 않는다.
2. 방전전류를 0.5 A, 산소분압 25 % 방전조건으로 제작한 경우 $4\pi M_s$ 및 H_c 가 각각 3.4 kG, 70 Oe정도의 페라이트박막을 as-deposited상태에서 제작할 수 있었다.

3. 종래 페라이트타겟으로 제작할 경우와 비교하여 16배 정도의 박층착속도를 얻는데 성공하였다.

감사의 글

본 연구는 경원대학교 나노입자 지역혁신센터(RIC)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] S. H. Kong, T. Okamoto, and S. Nakagawa, "Fe-Co-B/Ni-Fe soft magnetic underlayer with high-saturation magnetization for perpendicular magnetic recording media", IEEE Trans. On Mag., Vol. 39, p. 2285, 2003.
- [2] T. Tanaka, S. Yamamoto, H. Kurisu, and M. Matsuura, "Eddy current effect in soft magnetic backlayer for PMR media", J. MMM., Vol. 287, p. 481, 2005.
- [3] N. Matsushita, J. Feng, N. Funabashi, S. Nakagawa, and M. Naoe, "BaM/Pt multilayered films with fine grains and large perpendicular magnetic anisotropy for high density recording media", Journal of Applied Physics, Vol. 89, No. 11, p. 6837, 2001.