

Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막에서 α -Al₂O₃ buffer 층의 역할

조태식, 정지욱, 권호준
국립상주대학교 신소재공학과

Role of α -Al₂O₃ buffer layer in Ba-ferrite/SiO₂ magnetic thin films

Tae-Sik Cho, Ji-Wook Jeong, and Ho-Jun Kwon
Sang-ju National University

Abstract

We have studied the interfacial diffusion phenomena and the role of α -Al₂O₃ buffer layer as a diffusion barrier in the Ba-ferrite/SiO₂ magnetic thin films for high-density recording media. In the interface of amorphous Ba-ferrite (1900-Å-thick)/SiO₂ thin film during annealing, the interfacial diffusion started to occur at ~700°C. As the annealing temperature increased up to 800°C, the interfacial diffusion abruptly proceeded resulting in the high interface roughness and the deterioration of the magnetic properties. In order to control the interfacial diffusion at the high temperature, we introduced α -Al₂O₃ buffer layer (110-Å-thick) in the interface of Ba-ferrite/SiO₂ thin film. During the annealing of Ba-ferrite/ α -Al₂O₃/SiO₂ thin film even at ~800°C, the interface was very smooth. The smooth interface of the film was also clearly shown by the cross-sectional FESEM. The magnetic properties, such as saturation magnetization and intrinsic coercivity, were also enhanced, due to the inhibition of interfacial diffusion by the α -Al₂O₃ buffer layer. Our study suggests that the α -Al₂O₃ buffer layer act as a useful interfacial diffusion barrier in the Ba-ferrite/SiO₂ thin films.

Key Words : Ba-ferrite/SiO₂ magnetic thin films, α -Al₂O₃ buffer layer, interfacial diffusion barrier

1. 서론

큰 일축이방성, 우수한 화학적 안정성, 그리고 높은 계계적 내구성 때문에, Ba-페라이트 자성박막은 차세대 고밀도 자기기록용 박막재료로서 관심있게 연구되고 있다. [1-6] 그러나 Ba-페라이트 자성박막의 높은 결정화온도는 SiO₂나 유리 등 상업적인 범용 기판재료의 선택에 한계를 주고 있다.[6,7] 그러므로 Ba-페라이트 자성상의 결정화온도를 낮추는 것은 중요한 연구과제중의 하나이다.[6,8] 특별히, Ba-페라이트 자성박막과 SiO₂ 기판사이의 계면확산은 비자성인 기판성분의 확산으로 인하여 자기특성을 저하시키는 것으로 알려져

있다.[4] 이에 본 연구에서는 고온에서의 계면확산 현상을 억제하기 위하여 α -Al₂O₃ 버퍼층 (buffer layer)을 선택하였으며, 고온 어닐링시 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 계면에서 SiO₂ 기판성분의 확산을 억제하는 것과 자기특성 향상에 유용한지를 연구하였다.

2. 실험

비정질 Ba-페라이트 자성박막과 α -Al₂O₃ 버퍼층은 상온에서 r.f. 마그네트론 스퍼터링에 의하여 SiO₂ 기판 위에 성장되었다. 타겟은 직경이 2인치이고 두께가 5 mm인 Ba-페라이트와 α -Al₂O₃ 소

결 타겟을 사용하였다. 스퍼터링에 사용된 기체는 고순도의 Ar-10% O₂ 혼합 기체이다. R.f. 파워는 1 W/cm²이었고, 박막의 증착속도는 약 4 Å/min으로 낮은 수준이었다. 한편, 박막의 두께는 x-선 반사법 (reflectivity)으로 측정되었으며, 비정질 Ba-페라이트 자성박막의 두께는 1900 Å이고, α-Al₂O₃ 버퍼층의 두께는 110 Å이었다.

방사광 x-선 산란 실험은 포항방사광가속기 (Pohang Light Source)의 5C2 (광주과학기술원) 빔라인에서 수행되어졌다. 입사된 방사광 x-선은 미러 (mirror)에 의해 수직방향으로 1 mm 두께로 포커싱되었고, 모노크로메이터 (monochromator)에 의해 수평방향으로 2 mm 두께로 포커싱되었다. 또한, 방사광 x-선의 파장은 모노크로메이터에 의해 1.24 Å으로 단파장화되었다. 검출기 (detector) 앞의 2쌍의 슬릿들은 적절한 검출기의 해상도를 제공하였다.

방사광 x-선 산란 실험은 비정질 Ba-페라이트 박막과 버퍼층의 열처리동안 몇몇 온도에서 회절 (longitudinal) 곡선, 록킹 (rocking) 곡선, x-선 반사곡선을 실시간으로 측정하면서 수행되어 졌다. 비정질 Ba-페라이트 박막은 4축 x-선 회절계 위에 설치된 열처리장치 (heating stage)를 사용하여 공기중에서 900°C까지 결정화되었다. 열처리 온도는 단계별로 증가시켰으며, x-선 회절 실험동안에는 일정하게 유지되었다.

3. 결과 및 고찰

α-Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 비정질 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 계면확산 현상을 연구하기 위하여 열처리 온도를 단계적으로 증가시키면서 실시간 방사광 x-선 산란 실험을 수행하였다. 어닐링동안의 박막계면과 표면에서의 변화는 x-선 반사법을 사용하여 측정하였다. 그림 1에는 α-Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 결정화 전후 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 x-선 반사법 데이터를 나타내었다. 버퍼층이 없는 1900 Å 두께의 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막에서 x-선 반사강도는 약 700°C부터 고려할만하게 감소하기 시작하였으며, 800°C에서는 크게 감소하였다. 계면거칠기와 관련있는 이 결과는 계면확산 현상과 관계가 있다고 사료되며, Ba-페라이트/SiO₂ 박막에서 계면확산은 약 700°C에서 일어나기 시작하여, 800°C에서는 급

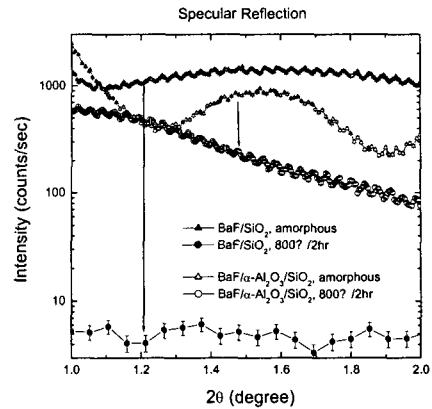


그림 1. α-Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 결정화 전후 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 x-선 반사법 데이터.

격히 일어난다고 추론할 수 있다.

그러나 그림 1에서도 보듯이, 110 Å 두께의 α-Al₂O₃ 버퍼층을 사용한 경우에는, 열처리 전후의 x-선 반사강도의 차이가 매우 적었으며, 열처리 후의 x-선 반사강도도 버퍼층이 없는 경우와 비교하여 매우 큰 값을 나타내었다. 이는 버퍼층을 사용한 경우 Ba-페라이트/SiO₂ 박막계면의 거칠기가 작다는 것을 나타내며, 또한 α-Al₂O₃ 버퍼층이 SiO₂ 기판성분의 계면확산을 억제하고 있는 것으로 보인다. 한편, FESEM을 사용하여 α-Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 결정화된 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 파단면을 관찰하였으며, α-Al₂O₃ 버퍼층을 갖는 박막계면의 거칠기가 상대적으로 작은 것을 확인하였다.

그림 2에는 α-Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 결정화 전후 1900 Å 두께의 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 표면형상을 나타내는 AFM 사진을 나타내었다. 상온에서 증착된 비정질 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 표면형상은 α-Al₂O₃ 버퍼층의 유무와 관계없이 구형의 작은 결정립으로 이루어진 유사한 결과를 나타내었다. 또한 비정질 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 표면거칠기도 버퍼층과 관계없이 25~26 Å로 작은 값을 나타내었다.

공기중 800°C에서 2시간동안 고온 어닐링을 실시한 경우에는, Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 표

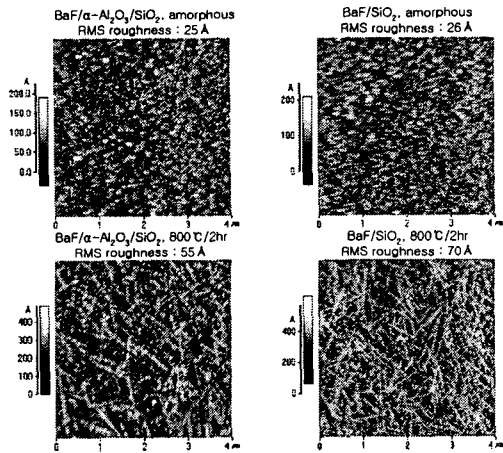


그림 2. α - Al_2O_3 버퍼층의 유무에 따른 결정화 전후 Ba-페라이트/ SiO_2 자성박막의 표면 형상의 AFM 사진.

면형상은 구형의 작은 결정립이 침상형 (acicular)의 결정립으로 변화하였다.[3] 침상형의 Ba-페라이트 결정립의 크기는 α - Al_2O_3 버퍼층을 사용한 경우 상대적으로 크게 성장하였다. 또한 결정화된 Ba-페라이트/ SiO_2 자성박막의 표면거칠기는 버퍼층을 사용하지 않은 경우 70 Å 이었으나 α - Al_2O_3 버퍼층을 사용한 경우 55 Å로 감소하는 유용한 결과를 나타내었다. 이는 α - Al_2O_3 버퍼층이 고온 어닐링시 SiO_2 기판성분의 계면확산을 억제하기 때문이다.

그림 3에는 α - Al_2O_3 버퍼층의 유무에 따른 80 $^\circ\text{C}$ 에서 2시간동안 결정화된 1900 Å 두께의 Ba-페라이트/ SiO_2 자성박막의 측정방향에 따른 자기이력곡선을 나타내었다. 외부에서 가해진 최대 자기자의 세기는 8 kOe이었다. 자기특성은 기판에 수직인 방향과 기판에 평행한 방향에서 측정되었다. 버퍼층을 사용하지 않은 결정화된 Ba-페라이트/ SiO_2 자성박막의 자기특성은 전체적으로 작은 값을 나타내었으며, 기판에 수직인 방향과 평행한 방향에서 유사한 결과를 나타내었다. 이는 고온 어닐링시 SiO_2 기판성분의 계면확산으로 Ba-페라이트 자성상의 감소에 기인하리라 판단된다.

한편, 110 Å 두께의 α - Al_2O_3 버퍼층을 사용한 결정화된 Ba-페라이트/ SiO_2 자성박막의 자기특성은, 버퍼층을 사용하지 않은 경우와 비교하여, 전체적으로 큰 값을 나타내었으며, 특히, 기판에 평

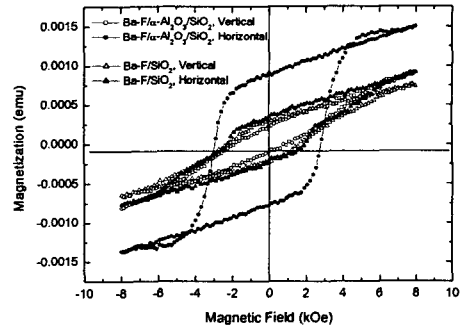


그림 3. α - Al_2O_3 버퍼층의 유무에 따른 결정화된 Ba-페라이트/ SiO_2 자성박막의 측정방향에 따른 자기이력곡선.

행한 방향에서의 자기특성이 수직인 방향과 비교하여 매우 우수한 자기특성을 나타내었다. 이는 고온 어닐링시 α - Al_2O_3 버퍼층이 SiO_2 기판성분의 계면확산을 억제하여 비정질 Ba-페라이트 자성박막이 Ba-페라이트 자성상으로 결정화하는 것이 가능함에 기인한다. 또한, 기판에 평행한 방향에서의 우수한 자기특성은, 그림 2에서도 보듯이, Ba-페라이트 결정립의 침상형태와 관계가 있다.[3] Ba-페라이트 결정상은 육방정의 공간격자를 갖으며, c-축방향이 자화용이축 방향이다. Ba-페라이트 자성박막의 두께가 1000 Å 이상이 되면 기판종류와 관계없이 Ba-페라이트 결정립은 침상형으로 성장하며, 자화용이축인 c-축은 침상의 긴 방향과 일치하는 것으로 알려져 있다.[3] 기판에 평행방향에서의 자기특성은, 기판 수직방향과 비교하여, 포화자속밀도는 약 3배정도, 보자력은 2 kOe에서 3 kOe로 크게 증가하였다.

4. 결론

본 논문에서는 고밀도 자기기록용 Ba-페라이트/ SiO_2 자성박막에서 계면확산 현상과 계면확산 장벽으로써 α - Al_2O_3 버퍼층의 역할이 연구되어졌다. 어닐링동안 비정질 Ba-페라이트 (1900-Å-두께)/ SiO_2 박막에서 계면확산은 약 700 $^\circ\text{C}$ 에서 일어나기 시작하였다. 어닐링온도를 800 $^\circ\text{C}$ 까지 증가시켰을 때, 계면확산은 자기특성을 저하시킬 정도로 급격

히 진행되었다. 고온에서의 계면확산을 억제하기 위하여, 110 Å 두께의 α -Al₂O₃ 버퍼층을 Ba-페라이트/SiO₂ 박막의 계면에 사용하였다. Ba-페라이트/ α -Al₂O₃/SiO₂ 박막에서는 800°C의 고온까지 어닐링하여도 계면확산이 심각하게 일어나지는 않았다. Ba-페라이트/ α -Al₂O₃/SiO₂ 박막의 부드러운 계면은 박막단면의 HRTEM 사진에 의해서 명확히 보여진다. α -Al₂O₃ 버퍼층에 의하여 계면확산이 억제되기 때문에 포화자속밀도와 보자력 등 자기 특성들도 향상되었다. Ba-페라이트/SiO₂ 박막의 계면에서 α -Al₂O₃ 버퍼층은 SiO₂ 기판성분의 계면확산 장벽으로써 유용한 역할을 하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2002-000-01186-0) 지원으로 수행되었습니다. 포항방사광가속기에서의 실험은 과학기술부와 포항공대의 지원을 받았습니다.

참고 문헌

- [1] Tae Sik Cho, J. H. Je, and D. Y. Noh, "Formation of crystalline Ba-ferrite phase from α -Fe₂O₃ phase in amorphous precursor", Appl. Phys. Lett, Vol. 76, No. 3, p. 303, 2000.
- [2] Tae Sik Cho, S. J. Doh, J. H. Je, and D. Y. Noh, "Microstructure of epitaxial α -Fe₂O₃ grains in Ba-ferrite thin films grown on sapphire(001)", Appl. Phys. Lett, Vol. 74, No. 14, p. 2050, 1999.
- [3] Tae Sik Cho, S. J. Doh, J. H. Je, and D. Y. Noh, "Thickness dependence of the crystallization of Ba-ferrite films", J. Appl. Phys., Vol. 86, No. 4, p. 1958, 1999.
- [4] T. L. Hylton, M. A. Maker, M. Ullah, K. R. Coffey, R. Umphress, and J. K. Howard, "Ba-ferrite thin film media for high-density longitudinal recording", J. of Appl. Phys., Vol. 75, No. 10, p. 5960, 1994.
- [5] X. Sui and M. H. Kryder, "Magnetic easy axis randomly in-plane oriented barium hexaferrite thin film media", Appl. Phys. Lett., Vol. 63, No. 11, p. 1582, 1993.
- [6] A. Morisako, X. Liu, M. Matsumoto, and M. Naoe, "The effect of underlayer for Ba-ferrite sputtered films on c-axis orientation", J. Appl. Phys., Vol. 81, No. 8, p. 4374, 1997.
- [7] P. C. Dorsey, S. B. Qadri, K. S. Grabowski, D. L. Knies, P. Lubitz, D. B. Chrisey, and J. S. Horwitz, "Epitaxial Pb-Fe-O film with large planar magnetic anisotropy on (0001) sapphire", Appl. Phys. Lett., Vol. 70, No. 9, p. 1173, 1997.
- [8] A. Morisako, H. Nakanishi, M. Matsumoto, and M. Naoe, "Low-temperature deposition of hexagonal ferrite films by sputtering", J. of Appl. Phys., Vol. 75, No. 10, p. 5969, 1994.