

Ba-페라이트/ α -Al₂O₃/SiO₂ 자성박막에서 버퍼층의 역할

조태식*

742-711 경북 상주시 가장동 386 국립상주대학교 신소재공학과

(2006년 11월 12일 받음, 2006년 12월 20일 최종수정본 받음)

고밀도 자기기록용 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막에서 계면확산 장벽으로써 α -Al₂O₃ 버퍼층의 역할을 연구하였다. 열처리동안 1900 Å의 두께를 가진 비정질 Ba-페라이트/SiO₂ 박막에서 계면확산은 약 700 °C에서 일어나기 시작하였다. 열처리온도를 800 °C 까지 증가시켰을 때, 계면확산은 자기특성을 저하시킬 정도로 급격히 진행되었다. 고온에서의 계면확산을 억제하기 위하여, 110 Å 두께의 α -Al₂O₃ 버퍼층을 Ba-페라이트/SiO₂ 박막의 계면에 증착하여 사용하였다. Ba-페라이트/ α -Al₂O₃/SiO₂ 박막에서는 800 °C의 고온까지 열처리하여도 계면확산이 심각하게 일어나지는 않았다. α -Al₂O₃ 버퍼층에 의하여 계면확산이 억제되기 때문에 Ba-페라이트 자성박막의 포화자속밀도와 보자력이 향상되었다. 따라서 Ba-페라이트/SiO₂ 박막의 계면에서 α -Al₂O₃ 버퍼층은 SiO₂ 기판 성분의 계면확산 장벽으로 사용될 수 있다.

주제어 : Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막, α -Al₂O₃ 버퍼층, 계면확산 장벽, 방사광 X-선 산란

I. 서 론

큰 일축이방성, 우수한 화학적 안정성, 그리고 높은 기계적 내구성 때문에, Ba-페라이트 자성박막은 차세대 고밀도 자기 기록용 박막재료로서 관심있게 연구되고 있다[1-6]. 그러나 결정화온도가 높은 Ba-페라이트 자성박막은 SiO₂나 유리와 같은 경제적인 범용 기판재료를 사용하는데 있어 한계를 갖고 있다 [6, 7]. 그러므로 고온에서 비자성인 기판성분의 계면확산 억제와 Ba-페라이트 자성상의 결정화온도를 낮추는 것은 중요한 연구과제들 중의 하나이다[6, 8]. 특별히, Ba-페라이트 자성박막과 SiO₂ 기판사이의 계면확산은 비자성인 기판성분의 확산으로 인하여 자기특성을 저하시키는 것으로 알려져 있다[4].

이에 본 연구에서는 고온 결정화온도에서 비자성인 SiO₂ 기판성분의 계면확산을 억제하기 위하여 온도 안정성이 우수한 α -Al₂O₃ 박막을 기판 위에 버퍼층(buffer layer)으로서 증착하였다. 비정질 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 후열처리시 α -Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 SiO₂ 기판성분의 계면확산을 실시간 방사광 X-선 산란을 이용하여 고찰하였다. 그리하여 α -Al₂O₃ 버퍼층이 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 계면에서 SiO₂ 기판성분의 계면확산을 억제하여 자기특성 향상에 유용한지를 연구하였다.

II. 실험

비정질 Ba-페라이트 자성박막과 α -Al₂O₃ 버퍼층은 상온에서 RF 마그네트론 스퍼터링에 의하여 SiO₂ 기판 위에 성장

되었다. 타겟은 직경이 2 inch이고 두께가 5 mm인 Ba-페라이트와 α -Al₂O₃ 소결 타겟을 사용하였다. 스퍼터링에 사용된 기체는 고순도의 Ar-10% O₂ 혼합 기체이다. RF 파워는 1 W/cm²이었고, 박막의 증착속도는 약 4 Å/min이었다. 한편, 박막의 두께는 X-선 반사법(X-ray reflectivity)으로 정확하게 측정되었으며, 비정질 Ba-페라이트 자성박막의 두께는 1900 Å 이었고, α -Al₂O₃ 버퍼층의 두께는 110 Å이었다.

방사광 X-선 산란 실험은 포항방사광가속기(Pohang Light Source)의 5C2(광주과학기술원) 빔라인에서 행하였다. 입사된 방사광 X-선은 미러(mirror)에 의해 수직방향으로 1 mm 두께로 포커싱(focusing)되고, 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.

실시간 방사광 X-선 산란 실험은 비정질 Ba-페라이트 박막과 버퍼층의 열처리 동안 몇몇 온도에서 회절(diffraction) 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 공기 중에서 900 °C까지 결정화되었다. 열처리 온도는 단계별로 증가시켰으며, X-선 회절실험 동안에는 일정하게 유지되었다.

III. 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

*Tel: (054) 530-5412, E-mail: tscho@sangju.ac.kr

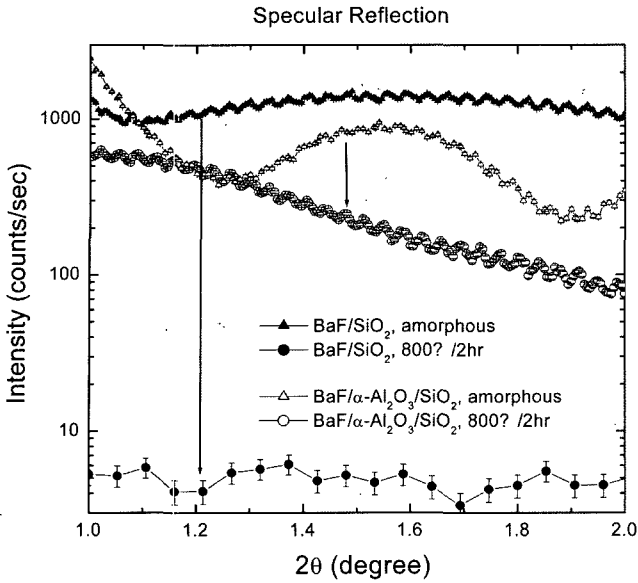


Fig. 1. X-ray reflectivity results of Ba-ferrite/SiO₂ magnetic thin films prepared with/without a α-Al₂O₃ buffer layer before and after annealing.

수행하였다. 열처리 동안의 박막계면과 표면에서의 변화는 X-선 반사법을 사용하여 측정하였다. Fig. 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 감소하기 시작하여 800 °C에서는 급격하게 감소하는데, 이 현상은 계면에서의 확산과 관계가 있다고 사료된다.

그러나 110 Å 두께의 α-Al₂O₃ 버퍼층을 사용한 경우에는, 열처리 전후의 X-선 반사강도의 차이가 매우 적었으며, 열처리 후의 X-선 반사강도도 버퍼층이 없는 Ba-페라이트 박막과 비교하여 매우 큰 값을 나타내었다. 이는 α-Al₂O₃ 버퍼층을 사용한 경우 Ba-페라이트/SiO₂ 박막계면의 거칠기가 감소된다는 것을 나타내며, 또한 α-Al₂O₃ 버퍼층이 SiO₂ 기판성분의 계면확산을 억제하고 있는 것으로 보인다. FE-SEM을 사용하여 α-Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 결정화된 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 파단면을 관찰한 결과, α-Al₂O₃ 버퍼층을 가진 박막계면의 거칠기가 상대적으로 작은 것을 확인하였다.

Fig. 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 Å 정도의 작은 값을 나

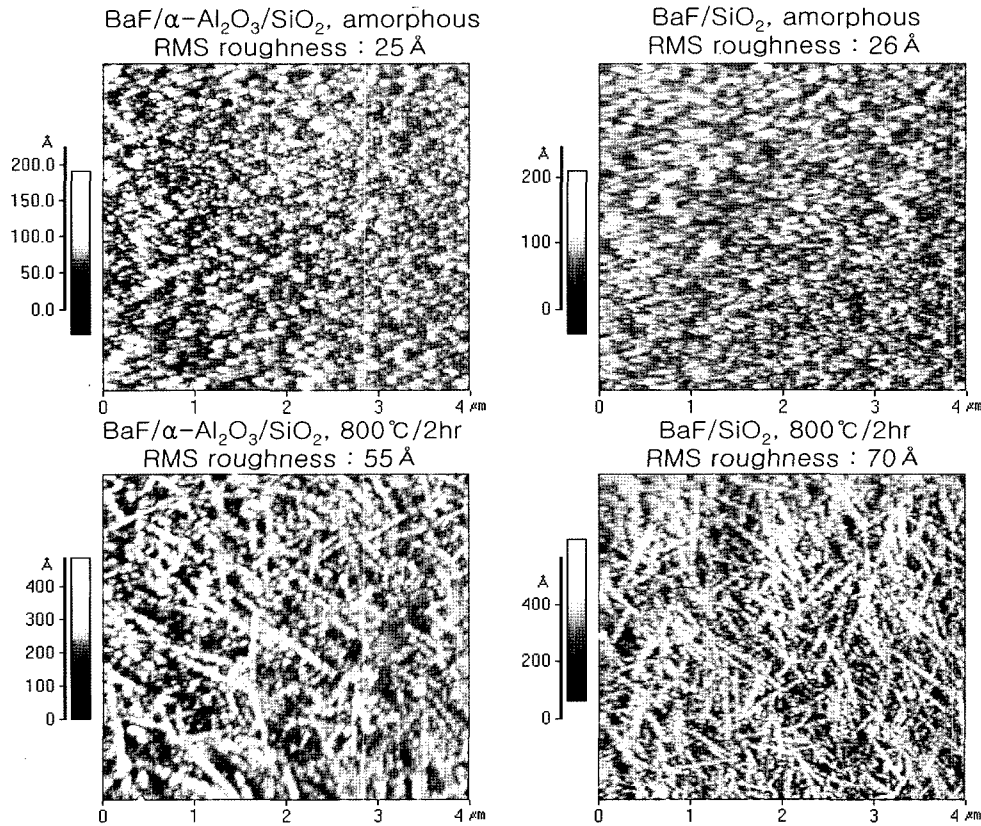


Fig. 2. AFM topographs of Ba-ferrite/SiO₂ magnetic thin films prepared with/without a α-Al₂O₃ buffer layer before and after annealing.

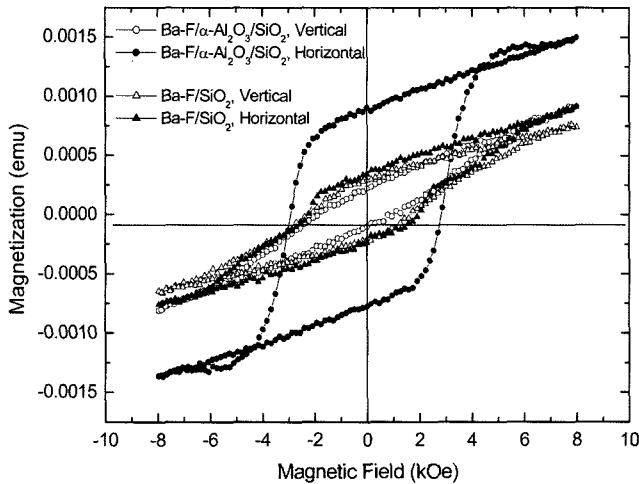


Fig. 3. Magnetic hysteresis loops of Ba-ferrite/SiO₂ thin films prepared with/without a α -Al₂O₃ buffer layer after annealing.

타내었다.

800 °C 공기 중에서 2시간 동안 고온 열처리를 실시한 경우에는, Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 표면형상은 작은 구형의 결정립이 침상형(acicular)의 결정립으로 변화하였다[3]. 침상형의 Ba-페라이트 결정립의 크기는 α -Al₂O₃ 버퍼층을 사용한 경우 상대적으로 더 크게 성장하였다. 또한 결정화된 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 표면거칠기는 버퍼층을 사용하지 않은 경우 70 Å이었으나 α -Al₂O₃ 버퍼층을 사용한 경우 55 Å으로 감소하였다. 이는 α -Al₂O₃ 버퍼층이 고온 열처리시 SiO₂ 기판성분의 계면확산을 억제하기 때문으로 사료된다.

Fig. 3에는 α -Al₂O₃ 버퍼층의 유무에 따른 800 °C에서 2시간 동안 결정화된 1900 Å 두께의 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 측정방향에 따른 자기력곡선을 나타내었다. 외부에서 가해진 최대 자기장의 세기는 8 kOe이었다. 자기특성은 기판에 수직한 방향과 기판에 평행한 방향에서 각각 측정되었다. 버퍼층을 사용하지 않은 결정화된 Ba-페라이트/SiO₂ 박막의 자기 특성값은 비교적 작았으며, 기판에 수직한 방향과 평행한 방향에서 유사한 결과를 나타내었다. 이는 고온 열처리시 SiO₂ 기판성분의 계면확산으로 자성 Ba-페라이트상의 감소에 기인하리라 판단된다.

한편, 110 Å 두께의 α -Al₂O₃ 버퍼층을 사용한 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막의 자기특성은, 버퍼층을 사용하지 않은 박막과 비교하여, 기판에 수직한 방향에서는 유사하였으나, 평행한 방향에서는 매우 우수한 자기 특성값을 나타내었다. 이는 고온 열처리시 α -Al₂O₃ 버퍼층이 SiO₂ 기판성분의 계면확산을 억제하여 Ba-페라이트 박막의 비정질상이 자성상으로 용이하게 결정화하는 것이 가능함에 기인한다. 이러한 결과는 Fig. 2에서도 보듯이, Ba-페라이트 결정립의 침상형태와 관계가 있다[3]. Ba-페라이트 결정상은 육방정의 공간격자를 가지

며, c-축이 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 3배 그리고 보자력은 2 kOe에서 3 kOe로 크게 증가하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 고밀도 자기기록용 Ba-페라이트/SiO₂ 자성박막에서 계면확산 현상과 계면확산 장벽으로써 α -Al₂O₃ 버퍼층의 역할이 연구되었다. 열처리 동안 비정질 Ba-페라이트(1900-Å 두께)/SiO₂ 박막에서 계면확산은 약 700 °C에서 일어나기 시작하였다. 열처리 온도를 800 °C까지 증가시켰을 때, 계면확산은 자기특성을 저하시킬 정도로 급격히 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 열처리하여도 계면확산이 심각하게 일어나지는 않았다. α -Al₂O₃ 버퍼층에 의하여 계면확산이 억제되기 때문에 Ba-페라이트 자성박막의 포화자속밀도와 보자력이 향상하였다. 따라서 Ba-페라이트/SiO₂ 박막의 계면에서 α -Al₂O₃ 버퍼층은 고온 열처리시 SiO₂ 기판성분의 계면확산 장벽으로써 유용한 역할을 할 수 있다.

감사의 글

본 연구에서 포항방사광가속기에서의 실험은 과학기술부와 포항공대의 지원을 받았습니다.

참고문헌

- [1] T. S. Cho, J. H. Je, and D. Y. Noh, Appl. Phys. Lett., **76**(3), 303 (2000).
- [2] T. S. Cho, S. J. Doh, J. H. Je, and D. Y. Noh, Appl. Phys. Lett., **74**(14), 2050 (1999).
- [3] T. S. Cho, S. J. Doh, J. H. Je, and D. Y. Noh, J. Appl. Phys., **86**(4), 1958 (1999).
- [4] T. L. Hylton, M. A. Maker, M. Ullah, K. R. Coffey, R. Umphress, and J. K. Howard, J. of Appl. Phys., **75**(10), 5960 (1994).
- [5] X. Sui and M. H. Kryder, Appl. Phys. Lett., **63**(11), 1582 (1993).
- [6] A. Morisako, X. Liu, M. Matsumoto, and M. Naoe, J. Appl. Phys., **81**(8), 4374 (1997).

[7] P. C. Dorsey, S. B. Qadri, K. S. Grabowski, D. L. Knies, P. Lubitz, D. B. Chrisey, and J. S. Horwitz, *Appl. Phys. Lett.*, **70**(9), 1173 (1997).

[8] A. Morisako, H. Nakanishi, M. Matsumoto, and M. Naoe, *J. of Appl. Phys.*, **75**(10), 5969 (1994).

Role of Buffer Layer in Ba-Ferrite/ α -Al₂O₃/SiO₂ Magnetic Thin Films

Tae Sik Cho*

Dept. of Materials Science and Engineering, Sangju National University, 386 Gajangdong, Sangju, Kyungbuk 742-711, Korea

(Received 12 November 2006, in final form 20 December 2006)

We have studied 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 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 magnetic thin films.

Keywords : Ba-ferrite/SiO₂ magnetic thin films, α -Al₂O₃ buffer layer, interfacial diffusion barrier, synchrotron X-ray scattering