

박막자석이 연자성박막에 미치는 바이어스 효과

김영학, 신광호*

부경대학교, 경성대학교*

The effect of Thin Film magnet on soft magnetic thin film

Young-Hak Kim, Kwang-Ho Shin*

Pukyong University*, KyungSung University**

Abstract

The maximum coercive force of SmCo thin film was obtained at the Sm=28.2% and dc bias field was generated to CoZrNb, soft magnetic thin film, deposited on the SmCo thin film. DC field point having the maximum permeability for CoZrNb was shifted to higher dc field. DC field strength increased as the length of easy direction of magnetization decreased and 600e was measured for 3mm×0.5mm sample.

Key Words : SmCo, CoZrNb, Bias field, Domain

1. 서론

큰 결정자기이방성을 이용한 희토류 영구자석은 소결자석이나 본드자석의 형태로 실용화되어 지금까지 물성[1][2]이나 공업적 응용[3]에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 박막자석의 연구 및 응용 예는 다른 재료에 비해 적어, 기록매체[4] 혹은 초소형 모터에 응용하는 예가 보고되었다. 박막자석은 SmCo계가 대부분이고 가열된 기판 상에 결정질박막을 형성시키는 방법과 냉각 기판 상에 형성한 비정질박막을 성막 후에 열처리하는 방법이 이용되고 있다. 이런 박막자석의 특성은 제작방법의 차이는 있으나 보자력이 수십 kOe 정도가 보고되고 있으며 거의 등방적인 성질을 가진다.

연자성재료에서는 MI(자기임피던스 소자)와 같이 미약한 자계를 측정하는 센서의 연구[5][6]가 활발히 진행되고 있다. 이와 같은 자기센서에서는 센서의 동작특성 때문에 외부로부터의 바이어스 자계가 필요하며 바이어스 자계를 얻기 위해 대부분 공심코일을 이용하는 경우가 많다. 그러나 이와 같은 공심코일의 크기 때문에 박막센서 크기의 잇점을 충분히 활용하지 못하는 어려움이 있다.

바이어스용 박막자석이 가져야할 조건으로서는

센서로 구성되는 연자성 박막보다는 보자력이 충분히 커야 하며 무엇보다도 어떤 특정한 방향으로만 자계를 발생시켜야 하므로 무엇보다도 일축이방성의 크기가 중요하다. 박막자석의 이런 용도로는 등방성을 갖는 결정질 박막자석 보다는 이방성 제어가 용이한 아몰퍼스 박막이 적합하다. 박막 영구자석이 연자성 박막에 미치는 바이어스 필드는 연자성체의 투자율에 크게 영향을 미치며[7], 이 효과는 퍼멀로이 박대나 YIG[8][9]에 대해 조사되었다.

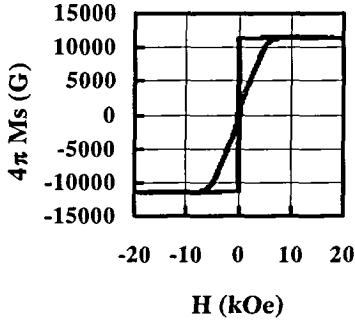
본 연구는 바이어스용 박막자석이 연자성박막에 미치는 바이어스 효과를 검토하였다. 이를 위해 아몰퍼스 SmCo계의 박막[9]에 있어서 Sm조성에 대한 자기특성을 조사하였으며, 다음에 CoZrNb 연자성박막을 SmCo 박막 위에 성막시켜 바이어스 자계의 영향에 대해 검토하였다.

2. 실험

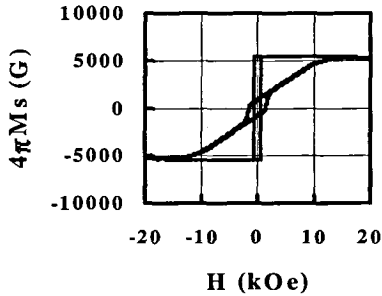
Cr/a-SmCo/Cr/a-Co₈₅Zr₁₅Nb₁₂ 박막은 코닝유리 기판에 실온에서 rf-magnetron 스퍼트로 성막되었다. 성막은 Cr, SmCo, Cr, CoNbZr의 순서로 이루어졌다. Cr층은 하지층과 SmCo와 CoZrNb 사이의 중간층으로 이용되었으며 두께는 하지층이 600Å, 중간층이 300Å이다. 막면에 평행한 방향으로 자화 용이축을 얻기 위해 약 2000e 자장을 성막 중에 인

표 1. 실험에 이용된 샘플.

No.	Thickness(μm)		size (mm)
	SmCo	CoZrNb	
#1	3.8	2	8φ
#2	3	1	3×3
#3	3	1	3×2
#4	3	1	3×0.5



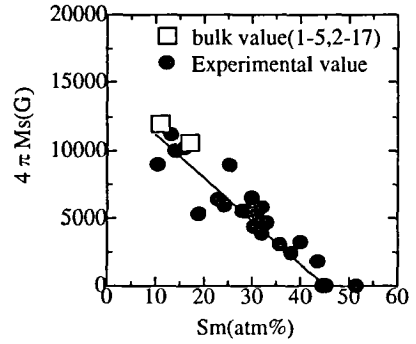
(a) Sm=13.2%



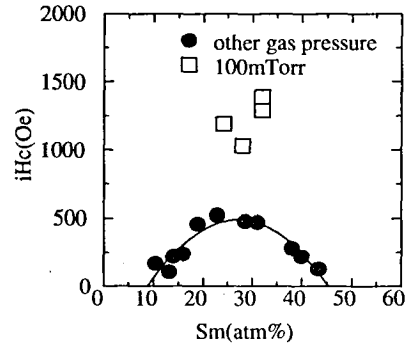
(b) Sm=28.2%

그림 1 M-H loop.

가하였다. 성막조건은 기판은 수냉으로, Ar압력과 입력파워는 Cr인 경우에는 2mTorr와 100W, SmCo는 10mTorr와 100W, CoZrNb에 대해서는 20mTorr와 200W였다. SmCo 박막의 조성은 Co 타겟 위에 놓여지는 10mm×10mm 크기의 Sm 칩 수로 조절하였다. SmCo 박막 조성은 EPMA, M-H루프는 VSM로 측정하였다. Table 1은 본 실험에서 이용된 샘플의 크기를 나타낸 것이다. 샘플 #1은 직경 8mmφ, #2-#4는 사각형으로 자화용이축 방향의 길이는 3mm, 2mm, 0.5mm이다.



(a)포화자화



(b)보자력

그림 2 Sm조성에 따른 포화자화와보자력.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 Sm 조성이 13.2%, 28.2%인 SmCo박막의 M-H loop를 나타낸 것이다. Sm조성이 13.2%에서는보자력이약 2500Oe, 이방성자계 자계는 약 7kOe이며 28.6%에서는 약 480Oe의보자력과 13kOe의 이방성자계를 나타내었다. 그림 2는 포화자화와보자력의 Sm 조성의존성을 나타낸 것이다. 그림 2(a)에서는 Sm_1Co_5 와 Sm_2Co_{17} 의 벌크재료에 대한 값을 함께 나타내었다. 포화자화는 Sm조성이 증가함에 따라 감소하였으며 박막의 포화자화를 Sm_1Co_5 와 Sm_2Co_{17} 의 벌크재료의 포화자화를 비교하면 SmCo 박막에서도 거의 같은 포화자화를 가지는 것을 알 수 있다. 또한 Sm조성이 45% 이상에서는 히스테리시스 곡선이 나타나지 않았다. 이것은 Sm 조성이 증가함에 따라 Co의 자화량이 희석되어 거의 45% 이상에서 SmCo 박막은 강자성에서 상자성으로 천이되는 것으로 생각된다. 결정질 박막의 Sm 조성에 대한 포화자화에 대한 종전의 연구에서는 Sm이 25% 이상에서 상자성으로 되

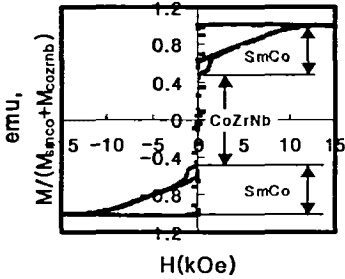


그림 3. SMCo박막과 CoZrNb박막의 복합 M-H loop.

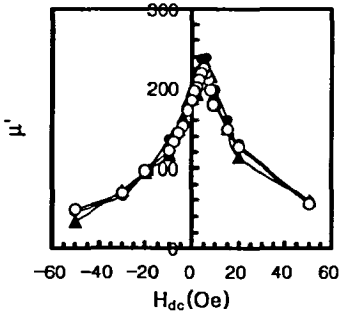


그림 4 투자율의 dc 자계의존성.

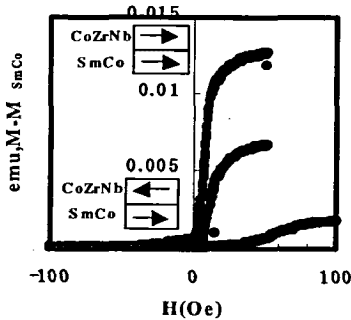


그림 5 SMCo 박막과 CoZrNb 박막의 다층막에서의 CoZrNb의 M-H loop.

는 경우[12]와, 이 보다 더 많은 45% 이상에서 상자성이 되는 경우가 보고되었는데[12] 본 연구는 후자의 실험결과에 일치하는 것으로 나타났다. 그림 2(b)에는 보자력의 Sm 조성의존성을 나타내었다. 이 그림에서 Ar압력이 100mTorr에서 제작한 것과 이외의 Ar압력에서 제작된 것을 분리하여 나타내었다. 100mTorr 이외의 Ar압력에서 제작된 시료는 Sm 조성의 증가에 따라 보자력이 증가하여

28% 부근에서 최대값을 가진 후 Sm조성의 증가에 따라 다시 감소함을 나타내었다. 보자력이 최대가 되는 Sm 조성 약 28%에서는 그림 1(b)와 같이 이방성자계가 13kOe의 큰 값을 나타내고 있어 박막에서도 보자력의 크기는 이방성자계의 크기에 크게 관련 있음을 나타내고 있다. 그리고 이 실험결과는 20%-30% 사이에서 보자력이 최대값을 가지는 종래의 연구와 일치하였다. 그러나 100mTorr에서 제작된 박막의 경우는 100mTorr보다 작은 Ar압력에서 제작된 박막에 비해 보자력이 매우 크게 나타났다. 이 시료들의 X선 분석결과 성막 중에 이미 결정화되어 이와 같은 큰 보자력은 결정화에 의한 것으로 생각된다.

비정질 SMCo박막의 보자력이 결정화 박막보다는 작지만 큰 자기이방성 자계와 M-H 루프 상에서 큰 각형비를 가지므로 dc 바이어스 필드를 발생시키는데 적합하다는 것을 보여준다.

그림 3은 #1의 시료에 대해 자화용이축과 곤란축의 M-H loop를 나누낸 것이다. 이 그림에서 CoNbZr과 SMCo의 자화비는 $M_s \times \text{thickness}$ 의 비로 나타내며 그 비는 거의 1 이었다. SMCo의 보자력과 이방성자계는 2000e, 12kOe이다.

그림 4는 #1의 시료에 대해 투자율의 H_{dc} 의존성을 나타낸 것이다. 이 투자율은 자화곤란축으로 측정주파수의 교류자계를 인가하고 자화용이축 방향으로 직류자계, H_{dc} 를 인가하여 측정하였다. 일반적으로 단층의 CoZrNb 박막은 위와 같은 여자조건에서 H_{dc} 가 0Oe일 때 투자율이 최대로 얻어진다. 그러나 이 그림에서 SMCo 층에 성막된 CoZrNb는 SMCo 층의 바이어스 효과에 의해 $H_{dc}=30e$ 부근에서 최대치를 가진다. 그림 5는 #2-#4의 M-H loop를 나타낸 것이다. 용이축방향의 길이가 3mm에서 0.5mm로 감소함에 따라 SMCo에 의한 바이어스 자계가 커져 M-H loop의 중심이 더 높은 자계쪽으로 이동되고 있음을 알 수 있다. 이 루프에서 #4는 약 70e, #6은 약 150e, #7은 약 600e의 바이어스 자계가 인가되어 있음을 알 수 있다.

4. 결론

이 논문은 SMCo 박막의 조성에 따른 특성과 이 박막이 연자성박막에 미치는 바이어스 효과, 그리

고 dc 바이어스 자계의 자화용이축 방향의 길이에 따른 바이어스 자계 의존성을 Cr/a-SmCo/Cr/a-CoZrNb 박막에 대해 조사되었다.

dc 바이어스 자계는 M-H loop 곡선과 투자율 측정으로부터 확인되었고 3mm×0.5mm 크기의 시료에서 600e의 바이어스 필드가 얻어졌다. 이 결과는 SmCo와 같은 박막이 연자성박막의 이방성을 크게 변화시킬 수 있으며 연자성박막에 대한 dc 바이어스 자계 발생용으로 매우 유효함을 알았다.

감사의 글

본 연구에 조언을 주신 일본동북대학 전기통신 연구소 荒井賢一교수님께 감사를 드립니다.

참고 문헌

[1] J. J. Becker, "Reversal mechanism in copper modified cobalt-rare-earths", IEEE Trans. on Mag., Vol. 12, No. 6, p. 965, 1976.

[2] N. C. Koon and B. N. Das, "Crystallization of FeB alloys with rare earths to produce hard magnetic materials (invited)" J. Appl. Phys., Vol. 55, p. 2063, 1984.

[3] S. Ymashita, J. Yamasaki, M. Ikeda, and N. Iwabuchi, "Anisotropic Nd-Fe-B sputtered thin film magnet", Journal of the Magnetic Society of Japan, vol. 15, No. 2, p. 241, 1991.

[4] U. Kullman, E. Koester and C. Dorch, "Amorphous CoSm thin films: A new material for high density longitudinal recording", IEEE Trans. on Magn. Vol.,20, p.420, 1984.

[5] K. Mohri, T. Kohzawa, K. Kwashima, H. Yoshida and L. V. Pania, "Magneto-inductive effect (MI effect) in amorphous wires", IEEE Trans. on Magn., Vol. 28, p. 3150, 1992.

[6] M. Takezawa, H. Kikuchi, M. Yamaguchi,

and K. I. Arai: "Miniaturization of high-frequency carrier-type thin-film magnetic field sensor using laminated film", IEEE Trans. on Magn., Vol. 36, p. 3664, 2000.

[7] S. Ushiyama, M. Masuda, and Y. Sasaki, "Measurement of anisotropy dispersion by means of ferromagnetic resonance," Jpn. J. appl. Phys., Vol. 2, p. 621, 1963.

[8] H. Hedge, S. U. Jen, K. Chen and F. J. Cadieu, "Film Sm-Co permanent magnets for the biasing of thin permalloy strips," J. Appl., Vol. 73. p. 5926, 1993.

[9] F. J. Cadieu and H. Hedge, "In-plane magnetized YIG substrates self-biased by SmCo based sputtered film coatings," J. Appl., Phys., Vol. 76, p. 6059, 1994.

[10] T. Tanaka, M. Yoshida, S. Takashi and A. Tasaki, "Magnetic properties of Sm-Co thin films prepared by oblique incidence." J. J. Appl. Phys., Vol. 24, No. 10, p. L619, 1982.

[11] K. Chen, H. Hedge, and F. J. Cadieu, "Induced anisotropy in amorphous Sm-Co sputtered films" Appl. Phys. Lett., Vol. 61, p. 1861, 1992.