

자장중 열처리에 의한 FeZrBAG 비정질 박막의 자기적 특성

한국전기연구소 민 복기, 김 현식, 송 재성
경남대학교 허 정섭*, 오 영우

Magnetic Properties of Amorphous FeZrBAG Thin Films by Field Annealing

KERI B. K. MIN, H. S. KIM, J. S. SONG
Kyungnam Univ. J. S. HEO*, Y. W. OH

1. 서 론

현재 연구된 연자성 비정질 박막은 Fe계와 Co계 비정질 박막으로 크게 나눌 수 있다. 일반적으로 Fe계 비정질 박막은 고평화자화, Co계 비정질 박막은 영자기변형 조성에서 고투자율과 저보자력으로 인해 고주파 특성이 우수하다. 그러나 Fe계 비정질 박막은 자기변형이 크고, 고주파 특성이 나쁘고, Co계는 저포화자화를 나타내는 단점이 있다. 따라서 포화자화값이 높고 고주파 영역에서 투자율이 높은 특성을 동시에 만족하는 연자성 박막의 개발이 계속되고 있다[1].

최근에는 단상의 비정질 박막이 아닌 비정질 기지에 nm 크기의 결정립 석출시킨 nano 결정립 구조의 박막과 미세한 결정립 주위에 고저항 물질을 분산시킨 고저항 granular 구조의 박막에서 고주파 특성이 향상되었다는 보고가 있다. 그러나 이들의 박막은 대부분 500 °C 이상에서 고온에서 열처리를 해야 하며 수십 MHz에서 3000 이하이며, 고평화자화와 고투자율을 동시에 만족하지는 않는다[2].

따라서 본 연구에서는 고평화자화와 고주파에서 고투자율 특성을 만족하는 연자성 박막을 제조하기 위해 FeZrB 조성에 Ag 첨가한 FeZrBAG 비정질 박막을 DC 마그네트론 스퍼터링법으로 제조하고, 열처리 방법과 온도에 따른 자기적 특성 변화를 고찰하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 FeZrBAG 비정질 박막을 제조하기 위해 DC 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하였으며, 증착시 기판을 수냉하여 (100)으로 배향된 Si-wafer 위에 0.5 μm 두께로 증착하였다. 증착된 박막의 조성은 Fe_{86.7}Zr_{3.3}B₄Ag₆(이하 FeZrBAG로 표기)이었다. 증착된 FeZrBAG 박막의 열처리에 의한 특성 변화를 측정하기 위해 진공 자장중 열처리 장치를 이용하여 표 1과 같은 조건에서 실험을 행하였다. 박막의 특성은 진동시료형 자력계를 이용하여 인가자장 50 Oe에서, 보자력(H_C)과 포화 자화(4πM_S)를 각각 측정하였다. 전기 비저항(ρ)은 4단자법으로, 투자율(μ)은 1 turn coil 치구와 연결된 network analyzer를 이용하여 인가자장 0.2 mOe에서 측정하였다. 열처리에 의한 FeZrBAG 박막의 결정구조의 변화를 XRD로 분석하였다.

Table 1 Annealing conditions of rotational field annealing(RFA), uniaxial field annealing(UFA), and non field annealing(NFA).

Annealing Conditions	Temperature (°C)	Heating (°C/min)	Vacuum (torr)	Holding time (min)	Magnetic field (kOe)	rpm
RFA	300~600	10	<10 ⁻⁹	60	1.5	20
UFA	300~600	10	<10 ⁻⁹	60	1.5	0
NFA	300~600	10	<10 ⁻⁹	60	0	0

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 증착된 FeZrBAg 박막과 열처리 온도에 의한 결정구조 변화를 알기 위해 XRD 피크를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 증착된 상태에서 비정질상이며, 열처리 온도가 증가함에 따라 400 °C에서 결정화가 일어나기 시작한다. 이는 그림 2의 (a)에서 같이 400 °C에서 전기 비저항이 감소하기 시작하는 결과와 일치함을 알 수 있다. 또한 600 °C까지 α -Fe 결정상 이외에 다른 결정상은 생성되지 않았지만, 700 °C에서는 α -Fe와 FeSi상이 혼재되어 있음을 알 수 있다.

그림 2는 열처리 온도에 따른 FeZrBAg 비정질 박막의 특성 변화를 나타낸 것이다. 그림 (a)에서와 같이 증착된 FeZrBAg 비정질 박막의 전기 비저항은 150 $\mu\Omega\text{cm}$ 이며, 400 °C에서 감소하기 시작하며 XRD 결과와 비교하여 400 °C에서는 비정질상과 미세한 α -Fe의 결정립상 복합되어 있다고 생각된다. 그림 (b)는 보자력의 변화를 나타낸 것으로 증착된 상태에서는 0.6 Oe의 값을 가지며, 열처리 온도가 증가함에 따라 서서히 증가하며, 포화자화의 경우 전체적으로 1.4 T 이상의 높은 값을 가지며, 열처리 온도가 증가함에 따라 증가하여 400 °C에서 UFA한 경우 1.7 T로 가장 높은 값을 나타내었다. 그림 (d)는 50 MHz에서 측정된 투자율의 변화를 나타낸 것으로 열처리 온도가 증가함에 따라 투자율이 증가하며, 400 °C에서 UFA한 경우 8000 정도로 지금까지 보고된 연자성 박막에서 상당히 높은 값이며, 이는 고포화자화와 저보자력에 기인한 것으로 생각된다.

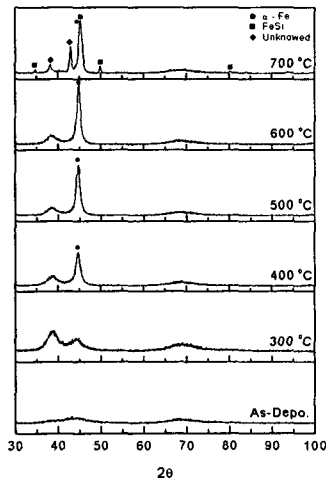


Fig. 1 Changes in the XRD patterns as a function of as function of annealing temperature for the $\text{Fe}_{86.7}\text{Zr}_{13.3}\text{B}_4\text{Ag}_6$ thin films.

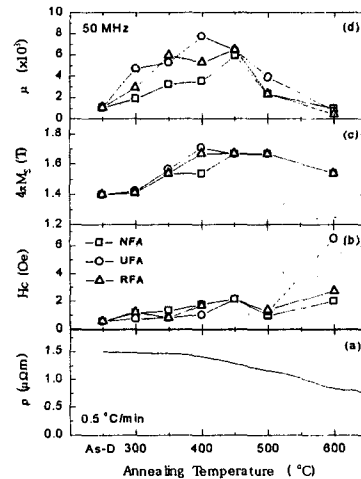


Fig. 2 Changes in the ρ (a), H_c (b), $4\pi M_s$ (c), and μ (d) as function of the annealing temperature for amorphous $\text{Fe}_{86.7}\text{Zr}_{13.3}\text{B}_4\text{Ag}_6$ thin films.

4. 결론

증착된 $\text{Fe}_{86.7}\text{Zr}_{13.3}\text{B}_4\text{Ag}_6$ 박막은 비정질상이며 열처리 온도 400 °C에서 UFA한 경우 $\text{Fe}_{86.7}\text{Zr}_{13.3}\text{B}_4\text{Ag}_6$ 박막은 비정질상과 미세한 α -Fe 결정상이 복합된 구조를 가지며, 높은 포화자화와 낮은 보자력으로 인해 50 MHz에서 투자율이 8000으로 가장 우수한 특성을 나타내었다.

5. 참고문헌

- [1] H. S. Kim, B. G. Kim, J. S. Song, and Y. W. Oh, J. Appl. Phys., Vol. 77, No. 10, 5298 (1995)
- [2] S. Ohnuma, T. Masumoto, 日本電氣學會マグネティックス研究會 MAG-97-2, 3 (1997)