

## Effect of O<sub>2</sub> Partial Pressure on Soft Magnetic Properties of Fe-Al-O Thin Films

Chungnam National University

B.C.Park\*, N.D.Ha, C.G.Kim, C.O.Kim

### 1. 서론

최근 정보 산업 기기의 고성능화·소형화 추세에 따라 이에 소요되는 각종 전자 부품들도 고기능화·고집적화의 방향으로 기술전개가 이루어지고 있으며 현재 큰 장애 요인으로 등장하고 있는 분야중의 하나가 전자 변환 기능을 담당하는 연자성 재료 분야이다. 전자기기의 소형, 콤팩트화를 위해서는 자기 부품의 소형화가 이루어져야 하고, 따라서 여기에 내장되는 연자성 재료의 소형화도 필수적인 조건이 된다. 연자성 박막 재료의 응용분야는 고기록 밀도에 대응하는 자기 헤드와 고주파 대역에서 작동하는 스위치 전원용 박막 변압기 및 자기 증폭기, 전자 소자와 자기 소자를 결합한 형태의 마이크로 자기 소자용 박막 인덕터 및 고성능 자기 센서 등으로 나눌 수가 있다[1]. 따라서 이러한 전자기기의 소형화, 고성능화에 대응하기 위해서 고평화자화와 수십 MHz이상의 고주파대역에서 높은 투자율을 가지는 연자성 재료가 요구되고 있다[2]. 고평화자화 및 고전기저항을 가지는 재료로서 (Fe, Co)-X-(O, N, F), (X = B, Si, Al, Hf, Rare earth)등의 금속-비금속 박막이 연구되고 있으며 산화물계 박막에서는 10~17 kG의 포화자속밀도와 금속 연자성 박막보다 10배 정도 큰 고전기저항이 얻어지고 있다[3].

본 연구에서는 고주파대역 박막자기소자 제조시 제조공정상의 잇점을 위하여 후열처리 없이 고평화자속 밀도와 고주파에서 고투자율을 나타내는 초미세결정 Fe-Al-O계 연자성 박막을 증착상태(as-deposited)에서 제조하고자 하였으며, 이러한 연자성 박막을 제조하는데 있어서 산소분압이 초미세결정 Fe-Al-O계 박막의 연자기적 특성 및 미세구조에 미치는 영향을 고찰하였다.

### 2. 실험방법

Ar+O<sub>2</sub> 분위기에서 Fe-Al-O계 박막을 RF magnetron reactive sputtering법으로 Si wafer위에 1 $\mu$ m로 성막하였으며, 사용한 타겟트는 직경 4 inch, 순도 99.9%의 Fe타겟트 위에 Al 소편을 원주상으로 배치한 복합타겟트(Composite target) 방식으로 구성하였다. 실험조건은 초기진공도  $2 \times 10^{-6}$  Torr이하, 투입전력 350W, 타겟트와 기판사이의 거리 4cm, 반응가스 압력은 2 mTorr 로 하였으며 이에 따른 산소 분압을 0%~10% 로 변화시켰다.

박막의 두께는 SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 측정하였다. Fe-Al-O계 박막의 조성은 EPMA(Electron Probe Micro Spectroscopy)로 분석하였다. 박막의 연자기적 성질은 VSM(Vibrating Sample Magnetometer)를 사용하여 측정하였으며, 전기비저항은 4단자법(Four-point probe method)을 이용하여 측정하였다. 고주파 실험 투자율은 300kHz~200MHz 주파수 대역에서 1-turn coil을 사용한 고주파 투자율 측정장치로 측정하였다. 박막의 결정구조와 결정립의 크기 및 미세조직은 Cu-K $\alpha$  선을 이용한 XRD(X-ray diffractometry)와 TEM(Transmission Electron Microscopy)을 이용하여 분석하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

산소 분압에 따른 Fe-Al-O계 박막의 자기적 특성을 Fig. 1 에 나타내었다.  $4\pi M_s$  값은 산소분압이 증가함에 따라 점차적으로 감소하는 경향을 나타내고 있다. 특히 산소분압이 10% 일 때에는  $4\pi M_s$  가 급격히 감소를 하는데 이는 Fe 함유량의 감소와 과잉 산소에 의하여 증착시  $\alpha$ -Fe 보다 상대적으로 포화자속 밀도가 낮은 FeO 산화물의 형성에 의하여 나타난 결과로 사료된다.  $H_c$  는 산소분압이 증가함에 따라 감

소하다가 산소분압이 6%부터 증가하는 경향을 나타낸다. Fig. 2 는 산소분압에 따른 고주파 실효투자율을 나타낸 것이다.  $\mu_{\text{eff}}$  는 산소분압이 6% 일 때 가장 큰 값을 가지며, 보자력과 거의 반비례하는 경향을 나타낸다.

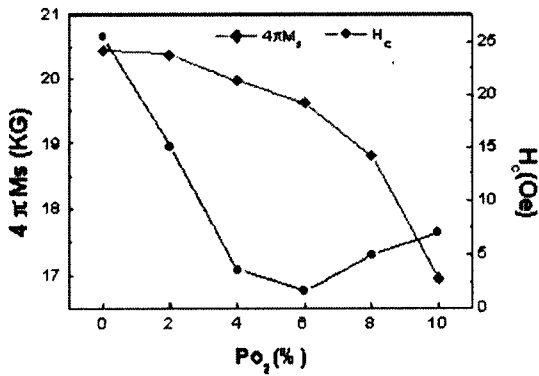


Fig. 1. Saturation magnetization( $4\pi M_s$ ) and Coercivity( $H_c$ ) for Fe-Al-O films as a function of  $O_2$  partial pressure.

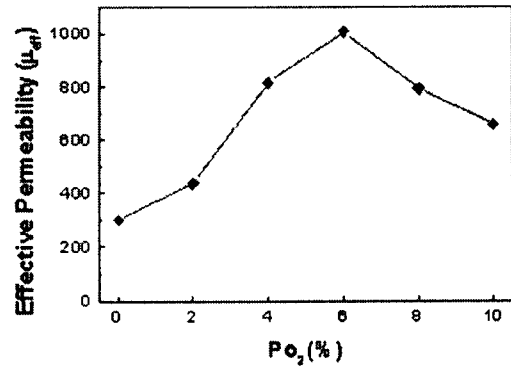


Fig. 2. Effective permeability(100MHz) for Fe-Al-O films as a function of  $O_2$  partial pressure.

#### 4. 결론

Reactive RF magnetron sputtering으로 제조한 Fe-Al-O계 박막은 산소분압 6% 에서 포화자속밀도( $4\pi M_s$ ) 19.3kG, 보자력( $H_c$ ) 1.6Oe, 실효투자율( $\mu_{\text{eff}}$ ) 1,010(100MHz), 전기비저항 51.8  $\mu\Omega\text{cm}$ 의 가장 우수한 연자성 특성을 나타내었다.

#### 5. 참고문헌

- [1] K.I. Arai and M. Yamaguchi, J. Magn. Soc. Jpn., 17, 642 (1993)
- [2] H.J. Lee, S. Mitani, T. Shima, S. Nagata and H. Fujimori, J. Magn. Soc. Jpn., 23, 246 (1999)
- [3] S. Furukawa, S. Ohnuma, F. Matsumoto, H. Fujimori and T. Masumoto, J. Magn. Soc. Jpn., 18, 271 (1994)