

나노결정구조 Fe-Hf-O 박막의 미세구조 및 연자기 특성

성균관대 박진영* 한양대 김종열
한국과학기술연구원 김광윤, 한석희, 김희중

Microstructure and Soft magnetic Properties of Nanocrystalline Fe-Hf-O Thin Films

Sungkyunkwan Univ. J.Y. Park* Hanyang Univ. J. Kim

KIST K.Y. Kim, S.H. Han and H.J. Kim

1. 서론

최근에 Makino 등[1-2]은 나노결정구조 Fe-M-O(M=Hf, Zr, rare-earth)계 고주파용 연자기 박막을 개발하였는데, 이 박막은 약 10 nm정도의 매우 미세한 α -Fe 결정립과 비정질상(M-O rich phase)으로 구성되어 있다. 이러한 산화물계 나노결정구조박막은 포화자속밀도가 13 kG, 100 MHz에서의 실효투자율이 약 1,400정도의 특성을 나타내고 있으며, 이때의 전기비저항 410 $\mu\Omega\text{cm}$ 이다. 본 연구에서는 Fe-Hf-O계 연자기 박막에 있어서 우수한 고주파 특성에도 불구하고 산화물계 박막의 단점으로 지적되고 있는 비교적 낮은 포화자속밀도($4\pi M_s$) 및 고주파 실효투자율을 향상시키기 위하여, 자기모멘트값이 높은 Fe의 함량을 높이고, 또한 박막조성 및 제조조건을 변화시켜서 증착상태(as-deposited)에서 열처리를 하지않고도 우수한 연자기 특성을 나타내는 나노결정구조박막을 제조하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 Ar과 O₂가스를 사용하여 반응성 스퍼터링방법으로 박막을 제작하였으며, 기타의 증착 조건은 Table I 에 나타내었다.

Table I. Experimental conditions of RF magnetron sputtering.

Background pressure	2.5×10^{-6} Torr
RF input power	300 W
Ar+O ₂ gas pressure	2 mTorr
Substrate	Si-wafer
Target-substrate distance	6 cm
Film thickness	$1.0 \pm 0.1 \mu\text{m}$

박막의 두께는 Surface profiler(Tencor P1)로 측정하였으며, 제조한 Fe-Hf-O계 박막의 합금 조성은 RBS로 분석하였다. 자기적 특성은 VSM을 사용하여 측정하였으며, XRD 및 TEM을 이용하여 박막의 미세구조를 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fe-Hf-O 박막의 미세구조 및 자기적 특성을 조사하고자 하였다. 먼저 Hf-oxide의 함량이 변화함에 따른 미세구조의 변화를 XRD로 조사한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Fe의 함량이 줄어들수록, 즉 Hf-oxide의 함량이 증가할수록 α -Fe의 주피크인 (110) 피크의 강도가 낮아지며, 결정립의 크기가 줄어드는 것을 관찰할 수 있었다. 이로 미루어 Hf-oxide의 형성은 결정립 미세화에 기여하는 것으로 판단된다. 또한 Hf-oxide함량이 35 % 미만일 경우에는 Hf-oxide의 피크가 결정질에 가까운 피크의 형태를 가지므로 석출물의 형태로 존재하지만, Hf-oxide가 약 35 % 이상의 함량을 가질 경우에는 비정질상의 전형적인 완만한 피크를 보여주고 있으므로 이 조성의 영역에서는 비정질상의 형태로 Hf-oxide가 존재하는 것으로 판단된다. Fig. 2에는 가장 우수한 자기적 특성을 나타내는 $\text{Fe}_{82}\text{Hf}_{3.4}\text{O}_{14.6}$ 박막의 실효투자율의 주파수 의존성을 나타내었다. 그림에서와 같이 측정범위(0.5~100 MHz)의 주파수 영역에서 2,500정도의 실효투자율을 보여, 주파수 의존성이 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 한편 손실의 개념인 μ'' 의 경우, 20 MHz까지 거의 0으로 매우 우수한 재료로 판단된다.

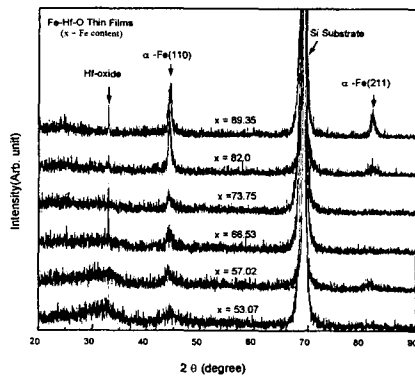


Fig. 1

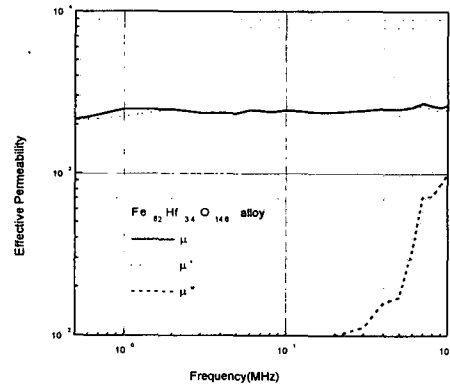


Fig. 2

4. 결론

본 연구에서 개발된 $\text{Fe}_{82}\text{Hf}_{3.4}\text{O}_{14.6}$ 나노결정구조박막은 증착상태에서 열처리없이 우수한 특성을 나타내었는데, 이때의 자기적 특성은 각각 $4\pi M_S=17.7$ kG, $H_C=0.7$ Oe 와 $\mu_{\text{eff}}(1\sim 100 \text{ MHz})=2,500$ 을 나타내었다. $\text{Fe}_{82}\text{Hf}_{3.4}\text{O}_{14.6}$ 나노결정구조박막이 고주파에서 우수한 연자기 특성을 나타내는 원인은 전기비저항 외에 포화자속밀도의 증가, 약 5~10 nm의 미세한 결정립 크기와 적절한 자기이방성 등에 의하여 일어나는 결과로 판단된다.

5. 참고문헌

- (1) A. Makino and Y. Hayakawa., 日本應用磁氣學會誌., 18 (1994) 411
- (2) Y. Hayakawa, A. Makino, H. Fujimori and A. Inoue., J. Appl. Phys. 81(1997) 3747