

질소 반응성 RF 마그네트론 스퍼터링에 의해 제조된 As-Deposited Fe-Hf-C-N 박막의 연자기 특성

서울대학교 금속공학과 송재용*, 이정중
한국과학기술연구원 김종렬, 김희중

SOFT MAGNETIC PROPERTIES OF AS-DEPOSITED Fe-Hf-C-N FILM BY N₂-REACTIVE RF MAGNETRON SPUTTERING

Seoul National University J. Y. SONG*, J. J. LEE
Korea Institute of Science and Technology J. KIM, H. J. KIM

1. 서 론

Fe계 박막합금은 비정질 상태에서 결정립 미세화를 통하여 결정자기이방성을 소거시키는 효과를 이루었을 때 우수한 연자기 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다.[1] Fe-Hf-C-N합금의 경우에도 질소반응성 스퍼터링으로 증착하였을 때 대부분 비정질상으로 존재하므로 적절한 열처리를 통해 나노크기의 결정립 미세화를 이루어 매우 우수한 연자기특성($4\pi M_s \sim 17$ kG, $H_c \sim 1$ Oe, 4000~7000(1MHz))을 나타내는 것으로 보고되었다.[2] 자성재료의 응용이 점차로 고주파영역으로 확대되고 있는데 본 연구에서는 증착 조건의 조절을 통해 열처리과정없이 증착상태에서 우수한 연자기 특성을 보이며 MHz 대역에 적용될 수 있는 재료의 개발에 역점을 두었다.

2. 실험방법

질소반응성 플라즈마 마그네트론 스퍼터링장치(N₂ Reactive Planar Magnetron Up-sputtering)를 사용하였으며, 스퍼터링 조건으로 증착압력(Ar + N₂), 입력전압, 타겟과 기판과의 거리, 기판온도를 고려하였다. 기판으로는 (100) Si 단결정을 사용하였고, 박막구조분석은 X-ray Diffraction, AES, EPMA, TEM을 사용하였고, 자기적 특성은 VSM, 투자율측정장치(MMS 5000), 4-point probe method를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

스퍼터링조건으로는 입력전압밀도 5.59 W/cm², 전체압력 1mTorr(Ar+4~5%N₂), 타겟과 기판과의 거리 6 cm일때 증착상태에서 우수한 연자기 특성을 나타내는 Fe-Hf-C-N 박막을 얻을 수 있었다. 이때 포화자속밀도는 ~ 14 kG, 보자력은 ~ 0.5 Oe이며, 특히 100 MHz까지 3000정도의 실효투자율을 유지하는 매우 우수한 고주파대응 고투자율을 나타내었으며[Fig.1], 또한 550°C 에서 30분 진공열처리를 하여도 자기적 특성이 열화되지 않았다. X-ray 회절 패턴은 α -Fe와 Hf(C,N)의 폭이 넓은 피크를 보이고, TEM 이미지에 의하면 증착된 상태의 박막이 나노결정의 α -Fe, Hf(C,N), 비정질로 이루어져 있으며, 약 ~ 4 nm 크기의 α -Fe가 ~ 1 nm 크기의 Hf(C,N)과 비정질로 둘러싸여 박막내에 균일하게 분포되어있음을 알 수 있다. 이러한 미세구조는 기존의 열처리한 Fe-Hf-C-N박막의 구조와 거의 동일한데, 이는 적절한 증착조건하에 Hf과 (C, N)의 알맞은 조성비로 박막내에 미세하게 분포한 Hf(C,N)때문인 것으로 추정된

다. 즉, 증착시 첨가되는 질소에 의해 Hf(C,N)이 형성되어 비정질 형성원소인 Hf이 고갈되는 영역에 α -Fe 결정립이 형성되는데, 이때 Hf(C,N) 석출물들이 미세하게 분포하여 비정질로부터 형성되는 α -Fe 결정립의 성장을 방해하는 역할을 하는 것이다. 따라서 우수한 연자기 특성을 나타내는 미세한 α -Fe 결정화를 얻기 위해서는 충분한 질소양이 필요하며, 고포화자속밀도에 요구되는 Fe 함량과 적절한 비율의 Hf/(C,N)이 존재함을 알 수 있다. 또한 고온에서 열처리후에도 미세구조의 변화가 거의 없는데 이것은 열처리 전후의 자기적 특성의 변화가 거의 없는 사실과 일치한다. 이는 증착시 이미 미세하게 분포한 Hf(C,N)석출물들이 열처리중에 효과적으로 α -Fe 결정립의 성장을 막기때문인 것으로 추정된다.

4. 결 론

스퍼터링 조건을 변화시켜 증착상태에서 이미 상당한 결정화가 진행되어 매우 우수한 연자기 특성($4\pi M_s \sim 14$ kG, $H_c \sim 0.5$ Oe, $\mu_{eff} \sim 3000(100\text{MHz})$)을 나타내는 Fe-Hf-C-N 박막을 개발하였다. 특히 100MHz의 고주파 영역에서도 3000정도의 실효투자율을 유지하는 매우 우수한 고주파대응특성을 보여 주고 있어 점차 고주파화되는 자기 디바이스에의 응용을 기대할 수 있다.

5. 참고문헌

- ① G. Herzer, IEEE Trans. Magn., vol.26, 1397(1990)
- ② J. O. Choi, J. J. Lee, S. H. Han, H. J. Kim, and I. K. Kang, J. Appl. Phys., 75 (10), 5785(1994)

