

GHz 대역의 적용을 위한 차세대 연자성 재료 개발 (Development of new soft magnetic materials for GHz applications)

한양대학교 금속재료공학과 김종렬*, 김인영, 심종식
한국과학기술연구원 나노소자연구센터 한석희, 김희중
동북대학교 전기연구소 김기현, 마사히로 야마구찌

1. 서론

최근 하드디스크, 휴대전화 및 블루투스 등의 모바일 기기 및 시스템 동작 주파수는 수GHz 대역에 이르고 있다. 여기에 들어가는 기록용 헤드, 박막인덕터, 박막 트랜스포머 등의 전자기 소자 또한 GHz 대역의 특성이 절실히 요구하고 있다. 이에 적용할 목적으로 최근 수년간 GHz 의 강자성 공진 주파수를 가진 연자성 박막이 개발 되었다[1]. 이러한 고주파 특성을 갖기 위해서는 높은 포화자화와 자기이방성, 비저항 등의 특성이 요구되며, 이러한 특성 중 연자성 재료의 자기이방성이 무엇보다 필요하다. 현재까지 자기 이방성을 증가시키는 증착 방법으로 경사각 스퍼터링, 시편지지대의 회전에 의한 방법 등이 제시되었다[2, 3]. 이중 경사각 스퍼터링을 통하여, 높은 포화자화와 좋은 연자성 특성 및 고주파 특성을 가진 나노결정립 FeCo계 박막을 토대로 자기이방성과 연자성 특성을 높이는 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

시편은 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 Ar 플라즈마를 사용해 직경 1cm 의 원형으로 증착하였다. Fe₇Co₃ 합금타겟과 Ni 칩과 B 칩을 사용하였으며, Ar 분압은 11~15 mTorr 사이에서 변화시켰고, 450 W 의 RF power를 인가하였다. 이방성 제어를 위하여 NdFeB 자석을 이용한 경사각 홀더를 제작하여 사용하여 200 Oe 의 균일한 자장을 가하였다. 증착된 시편의 자기적 특성은 Vibration sample magnetometer (VSM), 투자율 측정장치 (PMM-9G1 permeameter), 비저항은 four-point probe 방법을 사용하였으며, 조성과 구조분석은 AES, XRD 그리고 TEM을 사용하여 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

소량의 Ni 이 첨가된 나노결정립 (Fe₇Co₃)₇₈Ni₈B₁₄ 박막은 21kG 의 높은 4πM_s, 0.9 Oe의 낮은 H_c 및 1 GHz 까지 선형적으로 600의 투자율을 나타냄을 발견하였다[4]. 이 FeCoNiB계 박막의 조성을 토대로 경사각 스퍼터링에 대한 실험을 그림 1에서 나타난 방법으로 증착하였다. 증착하는 경사 각도는 0°, 30°, 45°, 60°, 75°로 조절하였으며, 시편지지대의 방향은 자화용이축으로 하였다. 이러한 방법으로 증착된 박막은 시편지지대의 각도에 따라 두께가 감소하며, 보자력이 증가하고, 자기이방성은 크게 증가하는 경향을 보인다. 이러한 경과는 기존의 경사각 스퍼터링과 같은 경향을 보인다[2].

이 박막중 45°의 시편지지대 경사각으로 증착한 FeCoNiB 박막(21.4 kG의 4πM_s, 8 Oe의 H_c, 230 Oe의 H_k 및 89 μΩ·cm의 ρ)의 주파수변화에 따른 측정된 투자율 값을 그림 2에서 보여주고 있다. 이 박막은 4 GHz 까지 100의 투자율 값을 선형적으로 나타내며, 투자율의 허수부(손실) 또한 4 GHz 이상에서 떠오른다. 또한 강자성 공진 주파수는 6.1 GHz 의 값을 나타낸다.

이러한 경사각 스퍼터링 통해 만들어진 거대 자기이방성은 기울어진 columnar에 기인함이 그림 4 의 TEM 패턴을 통해 확인 할 수 있다.

4. 결론

시편지지대의 경사각을 주어 증착된 FeCoNiB 박막은 거대한 자기이방성과 동시에 연자성 특성을 나타내어 6 GHz 이상의 강자성 공진 주파수와, 4 GHz 까지 선형적인 100 의 투자율 값을 가진다. 이러한 높은 강자성 공진 주파수와 낮은 투자율 손실(허수부)은 기존 RF 대역에 적용할 목적으로 개발된 재료보다 탁월한 고주파 특성을 나타내어, GHz 대역의 사용을 필요로 하는 전자기소자에 적합한 연자성 박막재료로 판단된다. 이러한 거대 자기이방성과 미세구조의 상관관계에 대한 해석은 현재 진행 중이다.

5. 참고문헌

- [1]. S. Han, I. Kim, J. Kim, Ki Hyeon Kim, and Masahiro Yamaguchi, J. Magn. Magn. Mater., 272(2), 1490(2004).
- [2]. R. E. Jones, Jr., C. J. Spector, J. L. Williams and C.-J. Lin, IEEE Trans. Magn., 32(5), 4588(1996).

- [3]. M. Munakata, M. Namikawa, M. Motoyama, M. Yagi, and Y. Shimada, *Trans. Magn. Soc. Jpn.*, 2(5), 388(2002).
- [4]. J. Shim, J. Kim, S. H. Han, H. J. Kim, K. H. Kim, and M. Yamaguchi, *J. Magn. Magn. Mater.* accepted.

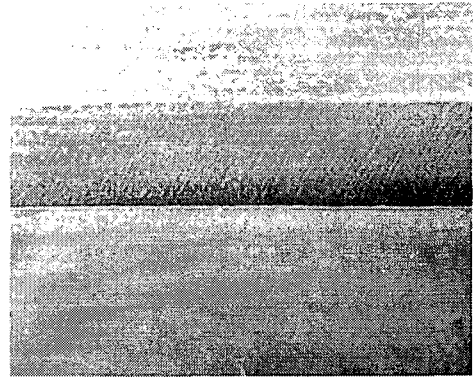
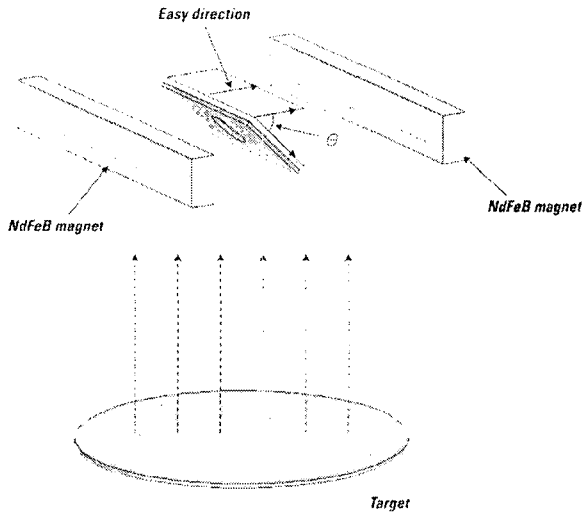


그림 1. 경사각 스퍼터링 방법의 개략도.

그림 3. FeCoNiB 박막의 단면 사진

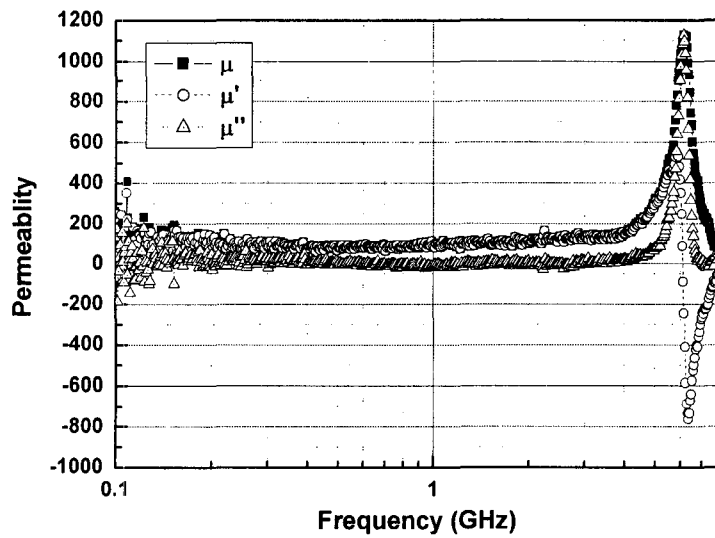


그림 2. FeCoNiB 박막의 주파수에 따른 투자율 특성