

FeBN박막의 연자기 거동에 관한 연구

홍익대학교 금속재료공학과 *이재원, 신동훈, 김형준, 남승의
LG전자멀티미디어 연구소 안동훈

A Study on the Soft Magnetic Behavior of FeBN Thin Films

Hong-ik Univ. Dep't of Metal Eng. & Mat. Sci.
J. W. Lee, D. H. Shin, H. J. Kim, S. E. Nam
LG Electric Multimedia Lab.
D. H. Ahn

1. 서론

최근 빠른 속도로 진행되고 있는 전자 부품의 소형화, 고주파화에 따라 인덕터와 트랜스포머와 같은 자기 소자를 박막화, 미세화하려는 연구가 진행되어지고 있다. 이러한 박막 자기소자가 10 MHz 이상의 고주파수영역에서 동작하기 위해서 해결되어야 하는 중요한 과제는 사용되는 자성체의 고주파특성을 향상시키는 것이다. 작동 주파수의 증가에 따라, 와전류의 증가에 따른 투자율의 감소 및 자기손실이 증가되며, 이를 감소시키기 위해 자성재료의 비저항을 높이는 것이 필요하다. 본 연구에서는 최근에 높은 포화자화와 우수한 연자기 특성을 갖는 Fe계 미세결정 자성박막에 BN를 첨가하여 과립상 조직을 갖는 FeBN박막을 형성함으로써 비저항을 높이고자 하였다. 이를 위해 Fe와 BN를 co-sputtering하여 FeBN박막을 제조하여 공정 변수에 따른 자성 특성의 변화를 조사하고 미세구조와의 상관 관계를 조사하였다. 본 연구에서는 박막 인덕터와 트랜스포머 등의 미소 가공 공정과 호환성을 위해 증착 후 열처리 없이 as-depo.상태에서 우수한 연자기 특성을 갖는 박막 제조를 목적으로 하였으며, 따라서 as-depo.상태의 연자기 특성을 중점적으로 조사하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 RF 마그네트론 스퍼터링과 Fe와 BN의 복합타겟을 이용하여 7059 Coring glass 위에 FeBN박막을 증착하였다. Fe와 BN의 조성은 타겟의 면적비에 의해 제어되었으며 BN의 정량적 조성을 맞추기 위하여 N_2 반응가스를 소량 첨가하였다. 제조된 FeBN박막의 자기특성은 B-H loop tracer와 VSM으로 보자력과 포화자속밀도를 측정하였고, Figure-8 coil method를 이용하여 주파수에 따른 투자율을 측정하였다. 박막의 비저항은 four-point probe를 이용하여 측정하였고, 미세구조와 상변화 관찰을 위하여 TEM과 XRD 분석을 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

FeBN박막의 연자기 특성과 비저항은 BN의 첨가량, N₂의 첨가에 가장 큰 영향을 받는 것으로 조사되었다. 소량의 N₂ 첨가는 FeBN박막의 연자기특성과 비저항을 현저하게 증가시키는 것으로 관찰되었다. N₂의 양은 $P_{N_2}/P_{Ar}+P_{N_2} \sim 5\%$ 정도의 분압비에서 가장 우수한 연자기 특성을 나타내었으며, 그이상의 분압비에서는 Fe₄N, Fe₂₋₃N과 같은 질화물의 형성에 따라 연자기 특성이 저하하는 것으로 관찰되었다. 스퍼터링시 Fe에 대한 BN 타겟의 면적 비율이 증가함에 따라 20~30%의 면적 비율에서 우수한 연자기 특성(Bs~17kG, Hc~10e, $\mu \sim 1000$)을 나타내었으며, 그 이상에서는 급격한 연자기 특성의 저하가 관찰되었다. FeBN박막의 비저항은 BN의 첨가량이 증가함에 따라 면적분율 30%까지는 선형적으로 증가하였으나 그 이상에서는 급격히 증가하는 경향을 보였으며, 우수한 연자기특성을 가지는 조성에서 100~120 $\mu \Omega \text{cm}$ 정도의 값을 나타내었다.

이러한 결과를 토대로, XRD와 TEM을 이용하여 FeBN박막의 미세구조와 자기 특성의 상관 관계를 조사하였다. N₂를 첨가하지 않고 Ar만으로 증착할 경우, 증착되는 BN의 정량적 조성이 맞지않아 박막내에 B이 유입되어 Fe와 반응, FeB상이 생성되는 것으로 조사되었으며, 이는 낮은 연자기특성의 원인으로 생각된다. N₂를 $P_{N_2}/P_{Ar}+P_{N_2} \sim 5\%$ 정도 첨가한 경우 정량적 조성의 BN상과 미세결정의 α -Fe상을 형성하여 우수한 연자기특성과 높은 비저항의 FeBN박막을 나타내는 것으로 조사되었다. 그러나 과도한 N₂의 첨가는 박막내에 Fe₄N, Fe₂₋₃N 등의 질화물을 형성하여 연자기 특성을 저해하는 것으로 관찰되었다.

4. 결론

고주파 대역에서 작동되는 미세 자기소자에 적용될 수 있는 고비저항 자성체 박막을 제조하기 위해 Fe와 BN의 과립형 미세구조를 갖는 FeBN박막을 연구하였으며, 다음과 같은 결과가 관찰되었다.

- 1) FeBN박막의 연자기 특성과 비저항은 BN의 첨가량, N₂의 첨가에 가장 큰 영향을 받는 것으로 조사되었다.
- 2) 적절한 BN의 첨가에 의해 우수한 연자기 특성(Bs~17kG, Hc~10e, $\mu \sim 1000$)을 얻을 수 있었으며, 비저항은 BN의 첨가에 비례하여 증가하였다.
- 3) 소량의 N₂첨가($P_{N_2}/P_{Ar}+P_{N_2} \sim 5\%$)는 연자기특성과 비저항을 증가시키는 것으로 관찰되었다.

5. 참고문헌

- 1) H. Karamon, T. Masumoto and Y. Makino, J. Appl. Phys, 57(1), 15 1985
- 2) A. S. Edelstein, B. N. Das and R. L. Holtz, J. Appl. Phys, 61(8), 15 1987