

초고주파대역용 소자를 위한 FeTaN 박막의 이방자계의 영향

The effect of anisotropy field of FeTaN thin films for ultraigh-hfrequency applications

류성룡, 배석, 정종한 김충식, 남승의, 김형준

(Sung-Ryong Ryu, Seok Bae, Jong-Han Jeong, Choong-Sik Kim, Seoung-Eui Nam, Hyoung-June Kim)

Abstract

The effect of anisotropy field on the high frequency magnetic characteristics of FeTaN films was investigated. Those films show good magnetic properties : $4\pi Ms$ of 13KG, Hc of 0.6 Oe, effective permeability(μ') of 800 with a stable frequency response up to 800MHz. The films also show a large anisotropy field(Hk) over 21Oe. It result from the increased anisotropy of patterned FeTaN films. The combination of high saturation magnetization and relatively high Hk in these films is believed to the partly responsible for FeTaN for the excellent high-frequency behavior.

Key Wards(중요용어) : shape anisotropy, high frequency, inductor, FeTaN

1. 서론

최근 초고주파 전자기 소자를 위한 FeTaN 박막이 이들 박막의 높은 포화자화값 ($4\pi Ms$), 높은 이방자계, 그리고 낮은 보자력에 기인하여 광범위하게 연구되어지고 있다.⁽¹⁾ 자기소자의 기초 분야인 자기 박막 인덕터의 개발에 있어서는 초고주파 대역에서 자기 특성이 우수하며, 소자에 적용시 막의 특성 열화가 적은 자성막의 제조가 우선되어야 하며, 소자내 자성막, 코일의 형성에 있어서 마이크로 단위의 미세공 기술이 뒷받침되어야 한다. 이와 같은 초고주파대역에서 사용 가능한 인덕터의 제조에 있어서 이방자계의 영향은 매우 중요한 함수가 된다.

본 실험에서 FeTaN 박막은 reactive sputtering에 의하여 제조 되었으며, 초고주파 대역에서 FeTaN 박막의 자기특성 향상을 위해서 이방자계의 영향을 알아 보았다. 패턴된 자성박막은 lift-off 공정에 의해서 제조되었으며, stripe line사이는 절연체 SiO₂로 채워졌다. 제조된 FeTaN 박막은 13KG의 Bs, 20 Oe의 Hk, 0.5Oe Hc을 나타내 매우 우수한 연자기 특성을 보였다.⁽²⁻⁴⁾ 높은 Hk에 의하여 유효투자율 값이 800MHz까지 유지 되었으며, 이에 따라 고주파에서 인덕턴스를 유지시킬 수 있을 것이다. 위와 같은 결과는 패턴된 자성막의 형상이방성에 기인한 것이라 생각된다.

2. 실험방법

FeTaN 박막은 reactive sputtering으로 Corning glass(#1737)위에 5000Å 두께로 증착되었다. 이때 전체 압력은 1.5mTorr였다. 패턴된 FeTaN 박막은 lift-off 공정에 의해서 제조되었으며, stripe line 사

* 홍익대학교 금속·재료공학과
(서울 특별시 상수동 홍익대학교,
Fax: 02-334-0750
E-mail : rsr1223@hanmail.net)

이는 SiO₂ 절연체로 채워졌다. Ta 조성은 Fe target 위에 올려진 Ta chip의 수를 조정하여 조절하였다. 준비되어진 시편은 400°C에서 분당 10°C의 cooling, heating rate로 30분동안 자장열처리를 실시하였다. 이때 걸어준 자장의 세기는 700G이다. 제조된 시편의 H_c, 포화자화 값은 VSM을 이용하여 측정하였으며, 유효투자율은 800MHz까지 one turn coil method에 의해서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

FeTaN 박막의 세부적인 자기적 특성은 이전에 보고 되었다.⁽⁵⁾ 이 박막은 매우 우수한 연자기 특성을 나타낸다. (18KG의 4πMs, 0.5 Oe의 보자력, 100MHz 까지 유효 투자율의 유지.) 이번에 사용한 박막은 패턴을 사용하여 포화자화 값을 약간 낮추고 형상이방성을 추가하여 이방자계를 극대화 시킴으로써 고주파대역에서 유효투자율을 유지할 수 있도록 하였다.

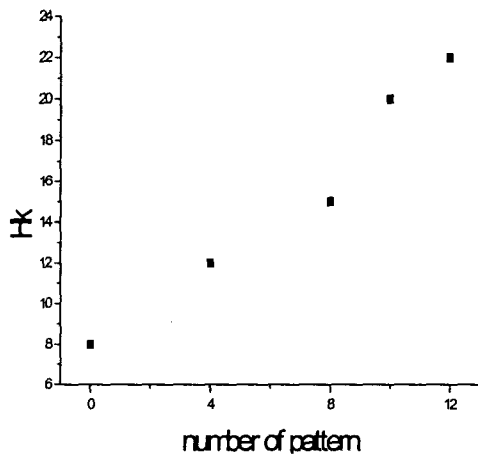


그림 1 패턴수에 따른 이방자계의 변화

그림1은 패턴수의 증가에 따른 H_k의 변화를 나타낸 것이다. 위의 그림에서 보듯이 패턴수의 증가에 따라 H_k값이 증가하는 것을 알 수 있으며, a/c의 비가 증가하는 것에 따라 H_k가 직선적으로 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과로 패턴된 자성박막의 경우 형상이방성이 이방자계 전체에 영향을 미치는 것으로 보인다.

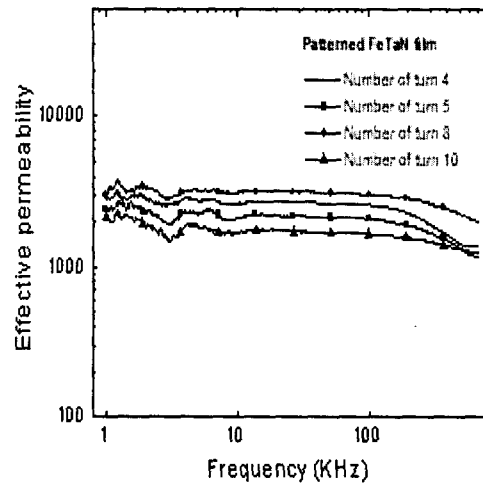


그림 2 패턴수에 따른 유효투자율의 변화

그림2는 패턴수에 따른 유효투자율의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 패턴이 증가할수록, 즉 이방자계가 증가함에 따라 유효투자율이 높은 주파수까지 유지되는 것을 볼 수 있으며, 패턴의 수가 10인 경우 800MHz까지도 유효투자율이 유지되었다.

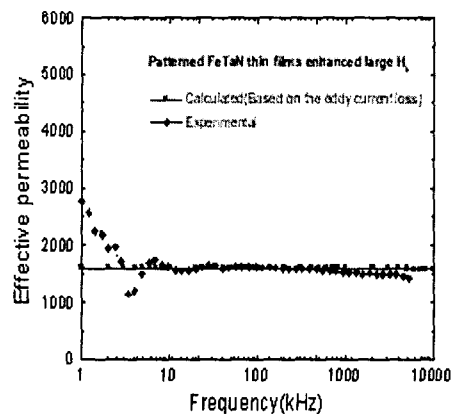


그림3 주파수에 따른 실험치와 이론치 비교

그림3은 와전류 손실로 계산된 주파수 변화에 따른 투자율의 변화 거동과 측정된 박막의 투자율 비교한 것이며 두 가지 값이 일치하는 것을 확인할 수

있다. 우리는 또한 roll-off frequency f_r 을 계산하였으며, 이 값은 유효투자율의 값이 low frequency value의 반이 되는 값으로 정의된다. 이 값을 계산하기 위해서 보고된 방정식⁽⁶⁾, $f_r = (\gamma H_k) / (2\pi \alpha)$ 을 이용하였으며, 여기서 γ 는 gyromagnetic constant이고, α 는 damping constant이다. Fe 기반의 합금에서 $\gamma = 2.1 \times 10^5$ m/As로 주어지고⁽⁷⁾, $\alpha = 0.05$, 그리고 실험적으로 측정된 H_k 는 210e이다. 여기서 계산된 f_r 값은 약 1.1GHz 정도이다. 일반적으로 자성박막 인덕터의 경우 공심형 인덕터 보다 낮은 주파수에서 LC 공진이 발생하는 원인은 Cu코일과 eddy current loss에 의한 자성막의 유효투자율의 저하로 인해 연자성을 상실한 자성막 사이에 존재하는 capacitance가 증가하기 때문으로 알려져 있다. 따라서 고주파수 대역에서 자기 박막 인덕터의 사용은 그 주파수 대역까지 유효투자율의 특성이 유지되는 박막이 필요한데, 위의 그림 2,3을 통하여 패턴된 자성막을 사용하여 H_k 를 증가시킨 경우 800MHz 이상의 주파수에서도 유효투자율이 손실 없이 유지됨을 알 수 있으며, 고주파 대역에서도 사용 가능한 가능성을 확인할 수 있다.

그림4는 일정한 자장의 인가로 자구가 일방향으로 배열된 것을 보이고 있다. 이러한 180° 도메인의 형성은 이방자계 형성에 도움이 되나 stripe 도메인의 경우 연자성 특성을 저하시키는 요인이 된다. 적절한 자장을 인가하여 stripe 도메인 형성을 줄이는 연구가 앞으로 함께 더 수행되어야 할 것이다.

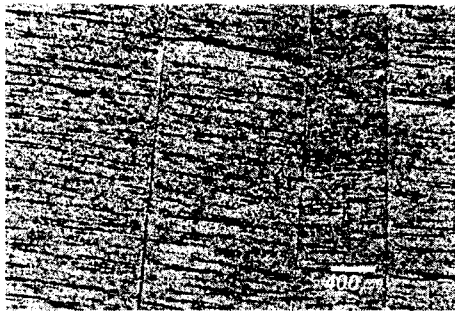


그림 4 Bitter 방법에 의해 관찰된 자구

4. 결론

고주파 특성을 조사하기 위해서, 적용 가능한 800MHz 범위까지 hard axis의 투자율이 측정되었다. 패턴되지 않은 FeTaN 박막은 100MHz 이상에서 유효투자율의 빠른 감소를 보였다. 반면에 210e의 이방자계를 갖는 패턴된 자성막의 경우 800MHz까지 유효투자율이 변화 없이 유지되는 것을 확인할 수

있었다. 또한 roll-off frequency를 계산하여 실험치와 이론치를 비교하여 본 결과 이론치와 실험치가 거의 일치하였으며, 200e이상의 이방자계를 갖는 자성박막의 경우 초고주파 대역에서 자성막 특성의 손실 없이 사용할 수 있는 가능성을 보였다. 이와 같은 실험결과는 패턴된 자성막에 의한 형상이방성의 증가가 전체적인 이방성 향상에 영향을 준 것이라 생각되며, 이와 같은 결과는 앞으로 좀더 미세한 패턴을 통한 수 GHz 대역까지의 소자 적용에 응용될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단 지정 충남대학교 고기능성자성재료연구센터의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1]. L.H. Chen, J. Klemmer, K.A. Elis, R.B van Dover, and S. Jin, J. Appl. Phys. 87, 5858 (2000)
- [2]. D.H. Shin, D.H Ahn Proceeding Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, Korea 1975. Vol2, P1357
- [3] B.Viala, and J.A. Barnard, J. Appl. Phys. 80, 3441 (1996)
- [4] B.Viala, and J.A. Barnard, J. Appl. Phys. 81, 4498 (1997)
- [5] D.H. Shin, C.S. Kim, D.H. Ahn, S.E. Nam, and H.J. Kim, J. Appl. Phys. 85, 4568 (1999)
- [6] E.V. Riet and F.Roozeboom, J. Appl. Phys. 81, 350. (1997)
- [7] S.Chikazumi. Physics of Ferromagnetism. 2nd. ed. (Clarendon, Oxford, 1997)