

FeTaN/M(M=Ti,Ni,Cr, and Co) bi-layer 필름에서의 필름응력과 자기특성과의 관계에 대한 연구

홍익대학교 배석*,정종한,김충식,남승의,김형준

A study on the relation between magnetic properties and film stresses of FeTaN/M(M=Ti,Ni,Cr, and Co) bi-layer films

Hongik Univ. Seok Bae*,Jong-Han Jung, Chung-Sik Kim, Seoung-Eui Nam and Hyoung-June Kim

I. 서론

박막 인덕터, 트랜스포머와 같은 자기소자의 고주파 특성을 향상시키기 위해서는 그에 사용되는 자성 박막의 높은 Hk와 낮은 Hc가 필수적으로 요구된다. 이미 수년전부터 연자성 특성을 개선하려는 시도로써 FeTaN bi-layer에서 여러 하지층에 따라 변화하는 자기적 특성이 측정되었으며, Ti, Cr이 우수한 하지층 재료로서[1],[2] 추천되어졌다. FeTaN박막에서 침입형 N원자로 인한 격자뒤틀림이 자기적 특성과 연관이 있다는 것은 잘 알려진[3] 사실이며, 이에 본 실험에서는 하지층에 따른 FeTaN박막의 잔류응력과 자기적 특성과의 관계를 찾아보기 위해 각각의 하지층(Ti,Cr,Ni and Co)에서 FeTaN박막의 자기적 특성을 관찰하고 잔류응력을 측정하여 비교하여 보았다.

II. 실험방법

기판으로는 Corning glass 1737(19×19mm)을 사용하였으며 커팅, 세척시에 발생한 glass의 내부응력을 균일화하기 위해 500℃에서 1시간동안 pre-annealing처리하고 24시간이 지난 뒤 thickness profiler를 이용하여 glass의 곡률(Ri)을 측정하였다. 하지층M(M=Ti,Cr,Ni,Co) 500Å과 Fe78.8Ta8.5N12.7 5000Å을 스퍼터를 이용하여 차례로 증착하였다. FeTaN필름은 작업압력 1.5mTorr, 200W의 조건에서 증착되었으며, 증착 뒤 필름의 곡률(Rd)을 측정하였다. 준비된 시편들은 각각 300, 350,400,450,500℃에서 30분동안 700G 자장열처리하였고 400℃에서 무자장 열처리하였다. 가열 및 냉각속도는 10℃/min였으며, 열처리 후 다시 곡률(Rm)을 측정하였다.측정된 곡률들을 잘 알려진 stoney eq.에 대입하여 필름내 잔류응력을 계산하였다. B-H loop tracer를 이용하여 보자력과 포화자화값을 측정하였고 8자코일법을 이용하여 유효투자율을 측정하였다. 필름의 미세구조와 계면구조는 XRD와 FE-SEM을 이용하여 관찰하였다.

III. 실험결과 및 고찰

Fig.1-a를 보면 Ti의 경우 16KG가까운 포화자화값과 0.50e의 보자력을 보이고 있고 Co는 포화자화값은 높지만 낮은 Hk를 보이고 있다. Fig.1-b에는 열처리전후 발생응력(σ_m ; Rd와 Rm으로부터 계산)과 잔류응력(σ_r ; Ri와 Rm으로부터 계산)을 plot하였으며, 모든 시편의 경우 MFA쪽이 FA보다 열처리응력이 100MPa이상 더 크게 걸렸고, 이것은 σ_r 의 그래프보다 σ_m 의 그래프에서 더 확실히 확인할

수 있으며, 자장을 걸어준 쪽이 활발하게 결정화가 일어나서 crystal/amorphous 분율이 커지지 않았나 한다. XRD분석결과도 이를 반영하고 있다.(여기에는 신지 않았음) 모든 시편의 경우 열처리온도가 증가하면서 σ_m 이 상승하였으며, 흥미있는 점은 Ti의 경우 300°C에서 350°C사이에서 σ_m 이 800 - 1000MPa정도 급격히 증가하면서 연자기 특성을 보이기 시작하였다. σ_m 의 주된 요소는 FeTaN이 BCC \rightarrow BCT로 변형되면서 팽창되는 응력과, 모재와 필름간의 열팽창계수차이에 의한 응력이 있는데, Ti, Ni, Co 하지층과 FeTaN single layer의 경우 amorphous FeTaN의 결정화가 시작되면서 1000MPa전 후의 강한 stress가 발생되었던 것을 확인할 수 있었다. 이와같은 응력들은 결정화 초기에는 hard axis로 더 강하게 걸렸으며, 열처리온도가 상승함에 따라 easy axis로 완화되어 응력이방성이 사라지는 것을 볼 수 있다. MFA온도에 따라 Hk값은 400°C까지 증가하다가 더 높은 온도에서는 감소하였으며, σ_r 이 낮게 걸린 Ti는 130e가까운 Hk를 보였고, 반대로 σ_r 이 크게걸리고 보자력이 큰 Co의 경우 500°C에서 가장 낮은 3.40e를 보였다. Fig.2는 투자율특성을 나타내고 있는데, 앞에서 언급한 높은 포화자화값과 Hk값, 그리고 낮은 보자력을 보인 Ti가 단연 높은 투자율을 보이고 있는 것을 볼 수 있다.

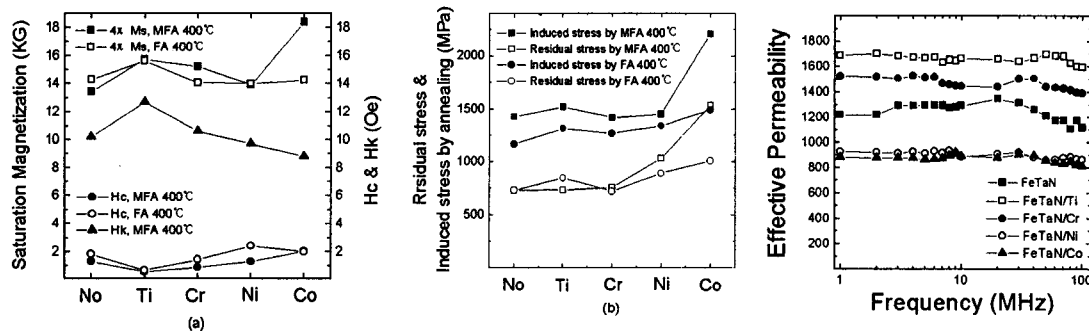


Fig.1 $4\pi M_s$, Hc, Hk and stresses for various underlayer

Fig.2 Effective permeability with frequency

(a) $4\pi M_s$, Hc, Hk at 400°C MFA (b) Residual stresses, induced stresses by MFA at 400°C

IV. 결론

FeTaN박막의 결정화시에는 1000MPa가까운 높은 응력이 발생하며, MFA쪽이 FA처리한 시편보다 100MPa정도 높았다. 또한 높은 잔류응력은 연자기 특성(특히 Hk)에 나쁜 영향을 주었고, 따라서 고주파에서의 유효 투자율도 낮았다.

V. 참고문헌

- [1] T.J.Klemmer, V.R.Inturi, and J.A.Barnard, J. Vac. Sci. Technol. A 15(3) 1190 (1997)
- [2] T.Shima, A.Kamegawa, E.Aoyagi, Y.Hayasaka, H.Fujimori, J. of MMM 177 181 (1998) 911 912
- [3] V.R.Inturi, J.A.Barnard, IEEE Tran. Mag. 31(6) 2660 (1995)