

합성형 반강자성 결합 재료의 토오크 신호 분석

김동영*, 이상호, 윤석수

안동대학교 물리학과

합성형 반강자성 결합(Synthetic AntiFerromagnetic: SAF)은 두 강자성층 사이에 금속막을 삽입한 3층 구조에서 금속막에 의한 RKKY(Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida) 상호작용으로 두 강자성층이 반강자성 결합 특성을 갖게 되며, 따라서 두 강자성층의 자구는 서로 반대방향으로 정렬한다. 이러한 반강자성 결합은 하드디스크 드라이브에서 사용하는 수직이방성 recording media의 노이즈 감소와 자속의 경로형성을 위하여 soft under layer로 사용되고 있다. 또한 터널링 자기저항 소자에서 자유층의 열적안정성 및 자성특성 향상을 위하여 사용되고 있다. 이러한 SAF 결합 특성을 갖는 자성층에 대한 이방성특성은 자기장의 세기에 따라서 변화되며, 이러한 변화는 두 강자성층의 자화 방향과 관련된다. 자성재료의 결정이방성 특성은 토오크 장치를 이용하여, 자화를 포화시킨 상태에서 측정한다[1,2]. 그러나 자기장의 세기에 따른 토오크 신호에 대한 분석은 미미하다.

따라서 본 연구에서는 SAF특성을 갖는 재료에서 자기장의 세기에 따른 토오크 신호를 분석하였으며, 이들 결과를 바탕으로 자기장의 세기에 따른 이방성 특성을 분석하였다. 자기장의 세기에 따른 이방성특성을 분석하기 위하여 다음과 같이 Stoner-Wolfforth 모델을 사용하였다.

$$E_T = -HM_s t_F (\cos \phi_1 + \cos \phi_2) + K_u t_F (\sin^2 \phi_1 + \sin^2 \phi_2) + J_1 \cos(\phi_1 - \phi_2) + J_2 \cos^2(\phi_1 - \phi_2)$$

여기서 t_F 및 K_u 는 강자성층의 두께 및 강자성층의 일축이방성 상수이며, ϕ_1 및 ϕ_2 는 두 강자성층의 자화 방향을 나타낸다. 그리고 J_1 및 J_2 는 bilinear 및 biquadratic 결합상수이다. 이때 SAF구조를 갖는 CoFeB/Ru/CoFeB 재료의 토오크 신호 계산을 위하여 사용한 다음의 변수 값들을 사용하였다: $t_F=30$ nm, $M_s=1500$ emu/cm³, $K_u=10000$ erg/cm³, $J_1=0.13$ erg/cm² 그리고 $J_2=0.005$ erg/cm². 이들 변수를 사용하여 계산한 자기장의 세기에 따른 토오크 신호 특성은 Fig. 1에서 보인다.

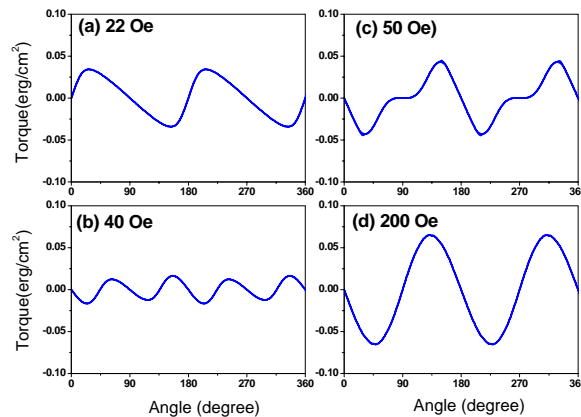


Fig. 1. Torque curves as a function of applied magnetic field in SAF structure. (a) H=22 Oe, (b)=H=40 Oe, (c) H=70 Oe and (d) H=200 Oe

Fig. 1에서 보인것과 같은 토오크 신호로부터 산출한 자기장의 세기에 따른 이방성상수는 Fig. 2에서 보인다. 일축 이방성 특성을 갖는 두 개의 자성층으로 구성된 SAF 구조에서 Biaxial 이방성 특성이 나타남을 알 수 있다. 이러한 Biaxial 이방성 특성은 easy axis의 flopping field ($H=22$ Oe)와 Hard axis의 포화 자기장 사이에서 나타나고 있음을 보인다. 이러한 결과는 일축이방성을 갖는 두 강자성층이 서로 직교하는 자기장에서 Biaxial 이방성 특성이 가장 강하게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 따라서 Hard axis의 포화 자기장 이상에서는 두 강자성층이 일직선으로 정렬되어 일축이방성 특성을 보임을 알 수 있다. 본 연구에서는 CoFeB/Ru/CoFeB 재료를 이용하여 토오크 신호를 측정하였으며, 측정결과와 계산결과를 비교 분석하여 자기장의 세기에 따른 두 강자성층의 자화 변화 및 자기장에 의하여 유기된 Biaxial 이방성 특성을 고찰하였다.

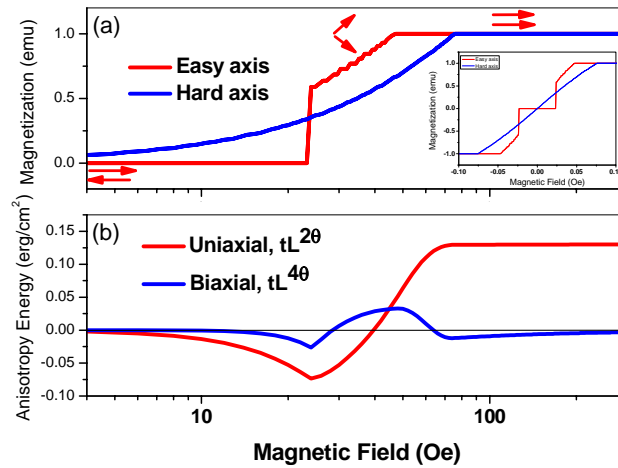


Fig. 2. (a) MH loops at easy and hard axis. The insert figure shows the full MH loop at easy and hard axis. (b) 2θ and 4θ components of torque curves with applied magnetic field.

[1] M. desai, A. Misra and W. D. Doyle, IEEE Trans. Mag. **41**, 3151(2005).
 [2] A. Layadi, J. Magn. Magn. Mater. **192**, 353 (1999).