

스핀파 공명흡수선 분석

고려대학교 물리학과 김약연*, 백종성, 홍진기, 임우영
 청주대학교 물리학과 이수형, 장평우

Analysis of the spin wave resonance spectra

Korea University Y. Y. Kim*, J. S. Baek, J. K. Hong, W. Y. Lim
 Chongju University S. H. Lee, P. W. Jang

1. 서 론

강자성 공명실험에서 여기되는 정상 스핀파에 대한 분석은 주로 표면스핀의 완전한 고착을 가정하여 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Maxwell 방정식, 자화의 운동방정식, 그리고 표면스핀의 부분적 고착을 가정한 경계조건을 사용하여 정상스핀파의 변화를 조사하였다.

2. 이 론

강자성체에 전자기파가 입사되었을 때, 시료내부에서 형성되는 자기장과 자화의 관계는 다음과 같은 Maxwell 방정식에 의해 결정된다[1].

$$\vec{\nabla} \times \vec{h}_{mf} = \frac{\epsilon}{c} \frac{\partial \vec{e}_{mf}}{\partial t} + \frac{4\pi\sigma}{c} \vec{e}_{mf} \quad (1)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{e}_{mf} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{h}_{mf}}{\partial t} - 4\pi \frac{\partial \vec{m}}{\partial t} \quad (2)$$

여기서 \vec{h}_{mf} 와 \vec{e}_{mf} 은 전자기파의 자기장과 전기장이며, ϵ 와 σ 은 각각 시료의 유전율과 전기 전도도이다. 한편, 강자성체에 외부 자기장을 가했을 때, 실제 시료가 받는 자기장은 자기이방성의 영향을 받으므로 유효자기장 \vec{H}_{eff} 와 교환 자기장 \vec{H}_{ex} 을 고려하여 자화의 운동방정식을 표현하면 다음과 같다.

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \gamma\vec{M} \times \left(\vec{H}_{eff} + \frac{2A}{M_0^2} \nabla^2 \vec{M} + \frac{a}{\gamma M_0} \frac{d\vec{M}}{dt} \right) \quad (3)$$

$$E_S = K_S \sin^2\theta \quad (4)$$

여기서 우변의 마지막항은 Gilbert 감쇠항, M_0 은 정자기장에 의한 자화의 크기, 그리고 K_S 은 단위 면적 당의 이방성 에너지 밀도이다. 이때, 시료 표면에서 식(4)와 같은 일축자기이방성과 전자기장의 경계조건을 고려하면 흡수되는 에너지는 다음과 같이 표현된다.

$$P \propto Re(Z_0 + Z_d) \quad (5)$$

3. 결 과

시료의 두께, 표면이방성, 교환강성상수, 전기비저항등의 변화에 따른 마이크로파 흡수에너지를 식(5)에서 계산한 결과는 Fig.1~4 와 같다.

5. 참고문헌

[1] A. S. Borovik-Romanov and S. K. Sinha, Spin wave and magnetic excitations.

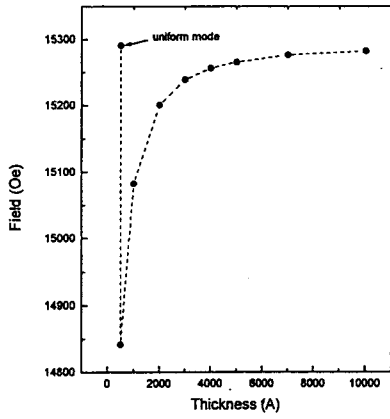


Fig.1 The dependence of main mode according on the film thickness.

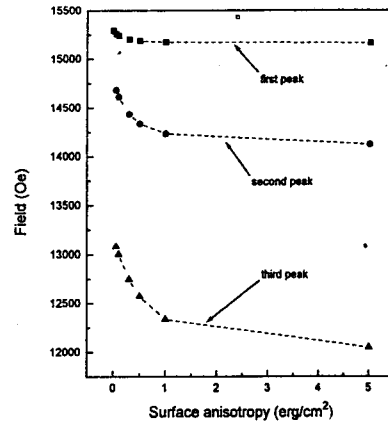


Fig.2 The dependence of resonance field on the surface anisotropy.

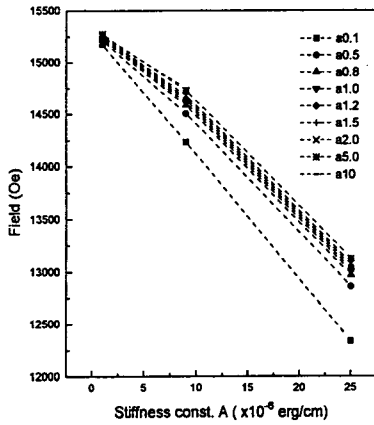


Fig.3 The dependence of resonance field on the stiffness constant.

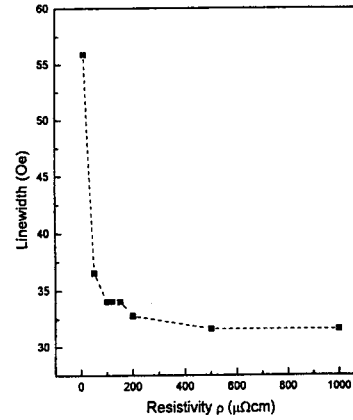


Fig.4 The dependence of linewidth on the resistivity.