

Ni 박막에서 two magnon scattering 특성 분석

김동영*, 윤석수

안동대학교 물리학과, 경북 안동시 송천동 388번지, 760-749

1. 서론

강자성 공명 신호의 선폭(ΔH_{pp})은 자성 재료의 자기 이완 특성을 내포하고 있으며, 자화가 균일한 자성 재료의 경우에는 재료 고유의 이완 특성인 Gilbert 감쇠 상수 α 와 관련된다. 그러나 자화가 비균일한 경우에는 자성 박막의 두께에 따라서 두 가지 특성으로 구분된다. 자성 박막의 두께가 임계두께 이하에서는 자성재료의 국부적인 자화 각도 변화 및 자성 박막의 표면에 존재하는 자화량 변화가 주요한 원인으로 작용한다. 한편, 자성 박막의 두께가 임계 두께 이상으로 증가하면 스핀파가 생성되어 진행하게 되며, 이들 스핀파는 재료 내에 존재하는 결함들에서 산란을 일으켜 선폭을 증가 시키게 된다[1-4]. 이러한 스핀파 산란 특성은 two magnon scattering (TMS)으로 설명되고 있으며, 두꺼운 박막 재료에 대한 자기 이완 특성을 결정하는 요인으로 작용한다. 따라서 약 10 nm의 두께를 갖는 자성 박막의 경우 10 GHz대역의 마이크로파를 사용하여 선폭을 측정할 경우 TMS 현상을 구분하기 어려울 뿐만 아니라 연구결과가 미미하다.

본 연구에서는 전기 도금법으로 240 nm의 두께를 갖는 Ni 박막을 제작하였으며, 9.8 GHz의 마이크로파를 사용하여 자기장 각도에 따른 강자성 공명 신호를 측정하였다. 자기장 각도에 따른 강자성공명 자기장(H_{res})에 대한 이론적인 분석 결과를 토대로 선폭 변화(ΔH_{pp})에 영향을 주는 균일한 특성과 비균일한 특성을 구분하여 분석하였으며, 비균일한 선폭의 특성 분석을 위하여 TMS에 의한 영향을 고려하였다.

2. 실험방법

240 nm의 두께를 갖는 Ni 박막은 실리콘 웨이퍼에 Au를 스퍼터링하여 working electrode (WE)를 형성한 후 전기 도금법으로 제작하였다. 전기도금법으로 제작된 박막의 구조는 FE-SEM을 이용하여 관찰하였으며, EDX를 사용하여 박막의 성분이 Ni임을 확인하였다. Ni 박막의 자화 곡선은 VSM을 이용하여 측정하였으며, 자기장의 세기에 따른 강자성 공명 신호(FMR signal)는 FMR 측정 장치인 Bruker Xepr을 사용하여 9.89 GHz의 주파수에서 측정하였다. Ni 박막의 각도에 따른 공명 자기장 (H_{res}) 및 선폭 (ΔH_{pp}) 특성을 분석하기 위하여 수직면으로부터 측정한 자기장 방향의 각도에 따라 강자성 공명 신호를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 자기장 각도에 따른 비균질한 선폭(ΔH_{inhomo}) 변화 특성을 보인다. 비균질한 선폭은 자기장의 각도가 $\theta_H=90^\circ$ 에의 선폭이 $\theta_H=0^\circ$ 에서의 선폭 보다 크며, 약 $\theta_H=30^\circ$ 에서 최대가 되며, $-15^\circ < \theta_H < 15^\circ$ 에서는 무시될 정도로 작은 값을 보인다. 이러한 비균일한 선폭 특성은 박막 재료의 국부적인 비균일 특성 및 스핀파의 산란에 기인한다.

자성 박막에서 스핀파의 산란은 스핀파가 진행할 수 있는 임계 두께(t_c) 이상에서 나타나며 자화 각도가 $\theta_M < 45^\circ$ 에서 나타난다. Ni의 경우 마이크로파 주파수가 10 GHz에서 t_c 는 약 50 nm이므로 240 nm의 두께를 갖는 박막에서는 스핀파의 산란 특성이 나타날 수 있다. 따라서 240 nm의 두께를 갖는 Ni 박막의 비균일한 선폭 변화를 분석하기 위하여 스핀파의 산란에 의한 TMS 해석법을 (ΔH^{TMS}) 사용 하였다.

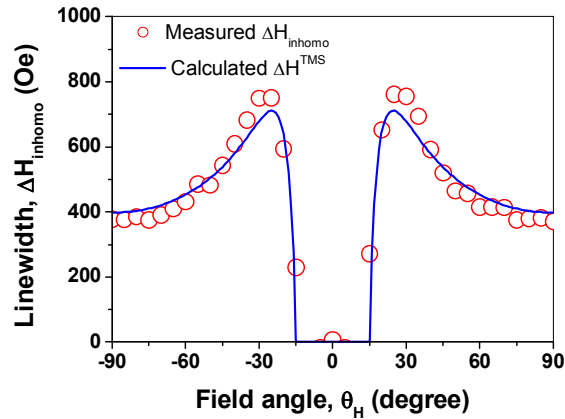


Fig. 1. Angular dependence of ΔH_{inhomo} in Ni thin film.
The solid line is fitted by two magnon scattering (ΔH^{TMS})

본 연구에서는 재료의 내부 결함들에서 산란하는 스핀파들의 영향을 고려한 two magnon scattering (TMS) 해석법을 사용하여 비균일한 선폭 특성을 분석하였으며 실험 결과와 계산결과가 거의 일치함을 확인하였다. 따라서 전기 도금법으로 제작한 Ni 박막(240 nm)의 자기이완 특성을 분석하기 위해서는 Gilbert 감쇠 특성뿐만 아니라 내부 결함에 의한 스핀파의 산란특성을 동시에 고려하여 함을 보인다.

4. 감사의 글

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(NRF2010-0008282).

5. 참고문헌

- [1] J. Linder, et. al, Phys. Rev. B **80**, 224421 (2009).
- [2] P. Landeros, et. al, Phys. Rev. B **77**, 214405 (2008).
- [3] P. K. Krivosik, et. al, J. Appl. Phys. **101**, 083901 (2007).
- [4] K. Lenz, et. al, Phys. Rev. B **73**, 144424 (2006).