NiFe 박막의 두께에 따른 강자성공명 특성 분석

김동영*, 윤석수
안동대학교 물리학과, 경북 안동시 송천동 388번지, 760-749

1. 서론

강자성 공명(ferromagnetic resonance, FMR)은 강자성 박막 재료의 자기이방성 상수, 다층박막의 층간 결합력, 교환 바이어스 및 g-factor을 결정하기 위하여 널리 사용되고 있다. 강자성 공명 신호는 강자성체의 자구를 형성하는 자구모멘트의 세차운동 주파수와 마이크로파 주파수가 공명조건이 되었을 때 마이크로파 에너지를 흡수하는 특성을 이용하여 측정된다. 마이크로파 주파수를 고정한 경우 강자성 공명 조건은 특정한 자기장의 세기에서 일어나며, 흡수된 파워(P)를 자기장(H)로 미분한 신호 특성 (dP/dH)을 강자성 공명 신호라고 한다. 또한 강자성 공명 선폭 ΔH_{pp}는 FMR 신호가 최대가 되는 자기장과 최소가 되는 자기장의 차이로 정의된다. 이러한 ΔH_{pp}는 강자성 공명 신호의 고유한 Gilbert 감쇠(damping)특성에 기인하는 ΔH_{intrin}와 재료의 비균질 자성 특성에 의하여 유기된 ΔH_{inhom}의 합으로 해석된다. 본 연구에서는 NiFe 박막의 두께에 따른 강자성 공명신호를 측정하여, 이들 결과로부터 NiFe 박막의 두께에 따른 유효 자화량 및 ΔH_{pp}의 특성 변화를 spin-chain 모델을 이용하여 분석하였다.

2. 실험방법

NiFe 박막 시료는 고진공 DC 스퍼터링 챔버에서 Si기판 위에 상온 증착하였다. 이때 하부층으로는 Ta(5 nm)를 사용하였으며, 시편의 산화를 방지하기 위한 상부층으로 Cu(5 nm)를 증착하였다. 시료의 적층구조는 Ta/NiFe(x nm)/MgO(2 nm)/Cu로 제작하였다 (x = 20, 10, 7, 5). 또한 자기장의 세기에 따른 강자성 공명 신호(FMR signal)는 FMR 측정 장치인 Bruker Xerp를 사용하여 9.89 GHz (X-band)의 주파수에서 측정하였다. 또한 자기장의 세기에 따른 강자성 공명 신호(FMR signal)는 FMR 측정 장치인 Bruker Xepr를 사용하여 9.89 GHz (X-band)의 주파수에서 측정하였다. 박막 재료의 수직면(ou-of-plane)에서 자기장의 방향에 따른 FMR신호를 측정하였으며, 이들 결과로부터 자기장의 방향에 따른 H_{res}과 ΔH_{PP}를 도출하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 두께가 20 nm인 NiFe 박막 재료의 자기장 방향에 따른 H_{res}의 ΔH_{PP}변화 특성을 보인다. Fig. 1의 실선은 계산 결과 이며, 이들 계산으로부터 두께가 20 nm인 NiFe 박막의 M_{eff}는 823.5 emu/cc,이고 g-factor은 2.112이며, 감쇄상수 α는 0.0062임을 얻었다. 20 nm NiFe 박막의 ΔH_{PP}는 감쇄상수에 의하여 설명되고 있다. Fig. 2는 NiFe 박막의 두께가 감소함에 따라서 유효 자화량이 감소하고, 강자성공명 선폭이 증가하는 경향을 보인다. 두께에 따른 이러한 특성 변화는 박막의 표면 이방성에너지에 기인한다. 즉 NiFe 표면에서는 표면에 수직인 방향으로 이방성 자기장이 형성되며, 유효 자화량을 감소시키는 역할을 한다. 표면에서 형성된 수직 방향의 이방성 자기장은 국부적으로 자화 방향을 변화 시키고 따라서 자기공명 선폭의 증가 요인이 된다. 이러한 유효 자화량 감소 및 자기공명 선폭의 증가 요인을 분석하기 위하여 자기장의 방향에 따른 국부적인 자화 변화의 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국부적인 자화변화를 분석하기 위하여 spin-chain 모델을 이용하였다. 두께에 따른 NiFe 박막의 유효 자화량 변화를 분석하는데 이들 결과를 이용하였다. 강자성 공명 신호의 선폭변화는 표면 이방성에 의하여 유기된 ΔH_{inhom}의 영향임을 발표할 예정이다.

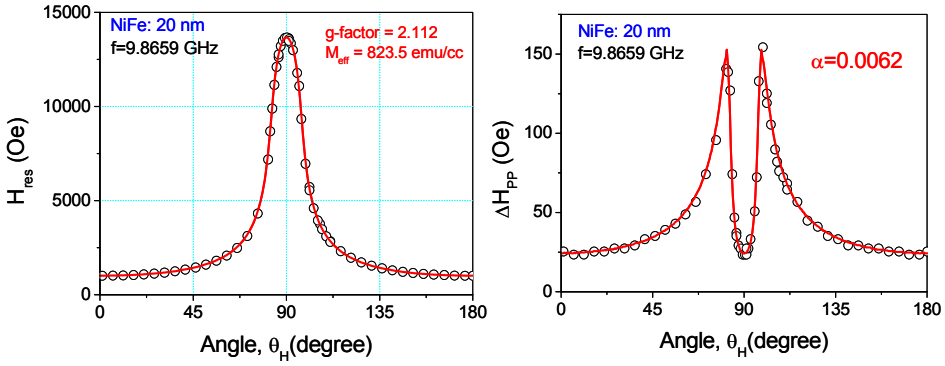

Fig. 1. H_{res} and ΔH_{PP} with magnetic field angle in NiFe thin film (t=20 nm)

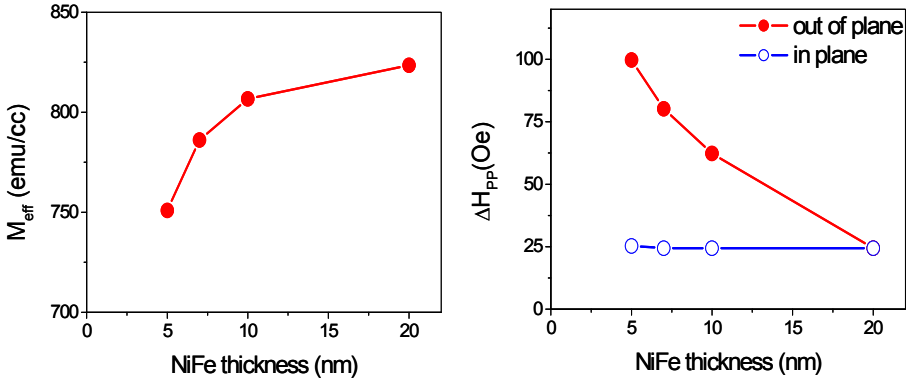

Fig. 2. M_{eff} and ΔH_{PP} with thickness of NiFe thin film

4. 참고문헌

[1] S. Yuan, et. al, J. Appl. Phys. **101**,113915,(2007).

[2] S. Yuan, et. al, J. Appl. Phys. **105**,063902,(2009).

[3] S. Misukami, et.al, Jpn. J. Appl. Phys. **40**,580,(2001).