パーマロイマグノニック結晶を用いたアンテナ法によるマグノニックバンドギャップの電気的観測

Electrical observation of magnonic bandgap in Permalloy magnonic crystals by using antenna method

福岡大理 ⁰柴田晃治,笠原健司, 眞砂卓史

Fukuoka Univ., ^OK. Shibata, K. Kasahara, and T. Manago

E-mail: sd171003@cis.fukuoka-u.ac.jp

【研究背景】

近年、強磁性導波路中に周期的な構造を導入したマグノニック結晶(MC)を用いて、スピン波の伝搬特性 を制御する研究が盛んに行われている。例えば、パーマロイ(Py)ストライプ中にCoナノドットを周期的に 埋め込んだ構造印や、イットリウム鉄ガーネット(YIG)ストライプ中に深さが数百 nm の溝を周期的に配置 した構造を用いることで、特定の周波数帯域でスピン波が伝搬できないマグノニックバンドギャップの発 現が報告されている^[2]。これまで、強磁性金属を用いた MC の研究では、光によるスピン波の励起・検出 が一般的であったが、電子デバイスへの応用を考慮した場合、電気的手法でスピン波の伝搬特性を評価す る必要がある。本研究では、Py を用いた 1 次元 MC を作製し、アンテナを用いて電気的に励起したスピ ン波の伝搬特性を実験及びシミュレーションの両手法で評価した。

【実験手法】

SiO₂/Si 基板上に、電子線リソグラフィー(EBL)および電子 線蒸着法を用いて 600 µm×100 µm×50 nm の Py 導波路を形 成し、Ar+イオンミリング法を用いて、Py 導波路中に深さ 25 nm の溝を形成した。格子定数は、D=2.0, 3.0 および 4.0 µm とし、 溝の幅は D/2 とした。層間絶縁層としてスパッタ法により 80 nm の SiO₂ 膜を成膜し、励起・検出アンテナとして Au/Cr のコ プレーナウェーブガイドを抵抗加熱蒸着法により形成した。 アンテナ間距離 Wは 10 および 20 µm とした。ベクトルネット ワークアナライザーと磁場可変高周波プローバーを用いて、静 磁表面スピン波における透過信号の周波数依存性を測定した。

スピン波伝搬のマイクロマグネティックシミュレーションは、 102.4 μ m×6 μ m×50 nm の Py-MC を、25 nm の立体セルに 離散化し、MATLAB を用いて計算した励起アンテナ磁場を oommf に取り込んで計算を行った。

【実験結果】

Figure 1 は、*D*=2.0 μm におけるスピン波分散関係のシミュ レーション結果である。6.3~7.0 および 7.9~8.2 GHz(オレン ジ色)でスピン波の強度が低下しており、マグノニックバンドギ ャップが発現することがシミュレーションで確認された。

Figure 2 は、*W*=10 μm, *D*=2.0 μm におけるスピン波強度 と周波数依存性のグラフであり、実験結果(赤線)とシミュレー ション結果(青線)を示している。シミュレーション結果におい て、マグノニックバンドギャップを反映したスピン波強度の減 衰が表れており、実験結果においても同様の周波数帯域で信号 強度の低下が観測された。このような減衰は、*D*=3.0 および 4.0 μm でも観測されている。このように、電気的手法で Py-MC の マグノニックバンドギャップの観測に成功した。

【謝辞】

本研究の一部は、福岡大学研究推進部の研究経費(課題番号: 167003,175005,および167102)の助成を受けたものである。 【参考文献】

[1] S. Tacchi et al., Phys. Rev. Lett. 109,137202 (2012).

[2] A. V. Chumak et al., Appl. Phys. Lett. 93, 022508 (2008).



Fig.1 *D*=2.0 μm における分散関係の シミュレーション結果



Fig.2 スピン波強度と周波数の関係