

Meander 型アンテナで励起したマグノニック結晶中における MSSW の非相反性 Non-reciprocity of Magnetostatic surface waves excited by meander antenna in permalloy magnonic crystals

福岡大理 ○原大賀, 笠原健司, 眞砂卓史

Fukuoka Univ., ○T. Hara, K. Kasahara, and T. Manago

E-mail : sd211009@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。これまでに我々は、強磁性体金属のパーマロイ(Py)導波路中に周期的な溝を導入した MC を作製し、電気的手法により静磁表面波(MSSW)モードにおいて周期に応じた周波数帯でスピン波が伝搬しないマグノニックバンドギャップの観測に成功した[1]。MSSW の特長の一つとして、磁化の方向と伝搬方向に応じて伝搬強度が変化するという非相反性があるが、ブラッグ反射の影響がある MC 中での非相反性についてはよくわかっていない。そこで本研究では、単一波数のスピン波が励起可能な Meander 型アンテナを用いて、MC 中の MSSW の非相反性について、マイクロマグネティックシミュレーションにより評価した。

【計算方法】

スピン波伝搬の計算は、Object Oriented Micromagnetic Framework(OOMMF)により行った。導波路を縦×横×膜厚 $102.4\ \mu\text{m} \times 6\ \mu\text{m} \times 50\ \text{nm}$ の Py ストリップに、深さ $25\ \text{nm}$ で凹幅 = 凸幅 = $1\ \mu\text{m}$ の溝(周期 $D = 2\ \mu\text{m}$)を導入したマグノニック結晶を仮定した。このとき $k = \pm\pi/D$ のところにバンドギャップが現れる。スピン波を励起するための Meander 型アンテナの形状は、アンテナ本数 $N = 9$ 本、アンテナ幅と間隔 $W_a = 1.32\ \mu\text{m}$ 及び厚みを $200\ \text{nm}$ としていて、隣り合うアンテナに流れる電流は互いに逆向きとした(Fig.1)。アンテナにより生成される磁場は MATLAB で計算し、これを OOMMF に取り込んだ後、パルス幅が $50\ \text{ns}$ の Gaussian Pulse を印加することによりスピン波を励起した。静磁場の印加方向は Py の短辺方向(+15 mT)とし、スピン波の伝搬方向は Py の長辺方向とした(MSSW モード)。

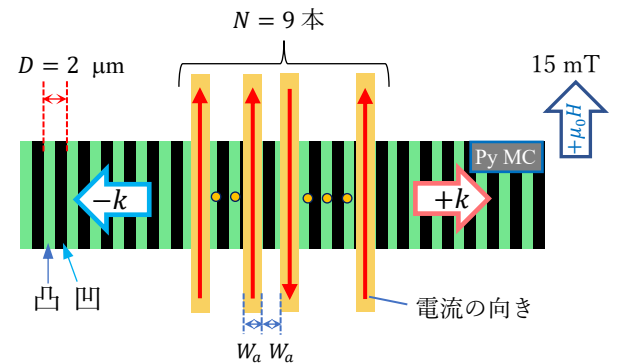


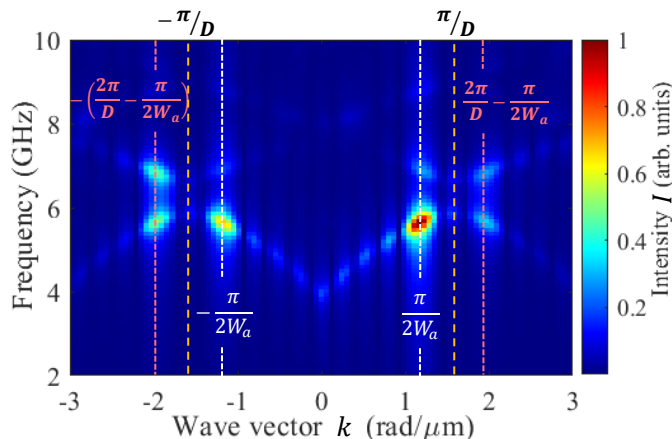
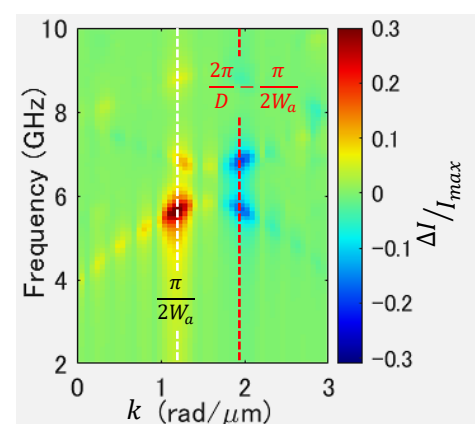
Fig.1 MC とアンテナの構造図

【結果】

Figure2 はスピン波分散関係のシミュレーション結果である。アンテナで励起された波数 $k = \pm\pi/2W_a$ [rad/ μm] (白線)に加えて、MC の並進対称性によりブリルアンゾーンの折り返しで生じる波数 $k = \pm(2\pi/D - \pi/2W_a)$ [rad/ μm] (赤線)でもスピン波強度が大きくなっている。 $k = \pm\pi/2W_a$ での強度を比較すると $k > 0$ が強くなっているのに対し、 $k = \pm(2\pi/D - \pi/2W_a)$ で比較すると $k < 0$ で強くなっていることがわかる。

そこで、非相反性を詳細に評価するために、スピン波強度の差 ($\Delta I = I_{(+k)} - I_{(-k)}$) を最大値 $I_{\max}$ で規格化したものを Fig.3 に示す。その結果、 $k = \pi/2W_a$ では、 $\Delta I/I_{\max} > 0$ より通常の前相反性が起こっていることがわかる。一方、 $k = 2\pi/D - \pi/2W_a$ では $\Delta I/I_{\max} < 0$ となっており、通常とは逆の前相反性を示すことが判明した。

【参考文献】 [1] Koji Shibata *et al.* Applied Physics Express **12**, 053002 (2019).

Fig.2 Meander 型アンテナで MC 中に伝搬する
スピン波分散関係Fig.3 $\Delta I/I_{\max}$ カラーマップ