

アスペクト比の異なる磁性細線パターンにおけるスピン波の共鳴特性

牙暁瑞, 秋光果奈, 田中輝光, 松山公秀
(九州大学 大学院システム情報科学府)

Spin wave resonance properties of magnetic dots with different aspect ratios

X. Ya, M. R. Akimitsu, T. Tanaka, and K. Matsuyama
(ISEE, Kyushu University)

はじめに

磁性体パターンの長軸方向に MSSW モードのスピン波を伝播するには磁化を短軸方向に安定化させる必要がある[1]. 一方で面内磁化細線は形状異方性によりゼロバイアス時には長軸方向に安定化する. 磁性パターンに 4 回対称異方性を付与できれば磁化は長軸および短軸の双方で安定するため, ゼロバイアスでも MSSW モードのスピン波伝搬が可能であり, さらに外部磁界により磁化を長軸方向に向けることで MSBVW モードに切り替えるという多機能化が期待できる. 本研究では, 4 回対称磁気異方性を付与した低ダンピング磁性材料である $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 薄膜をパターン化し[2], その共鳴特定を測定した結果, ゼロバイアス時にパターンの長軸方向に伝播する MSSW モードと類推されるスピン波共鳴が観測され, その周波数が十数 GHz という比較的高い値であることが確認された. さらに, 共鳴周波数の磁性パターンアスペクト比依存性について調査した.

実験方法

$\text{MgO}(001)$ 基板に温度 400°C で 40 nm 厚の $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}(200)$ を成膜した. VSM 測定により, 成膜した $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ は MgO 基板の $\langle 110 \rangle$ 方向および $\langle \bar{1}10 \rangle$ に磁化容易軸を持つ四回対称異方性を有することを確認した. この薄膜を Fig. 1(a) のようにパターン化し ($L = 18\ \mu\text{m}$, $W = 10, 6, 3.6\ \mu\text{m}$), その上部に絶縁層および導波路を作製し, ベクトルネットワークアナライザを用いて伝送特性を測定した.

測定結果

Fig. 1(b) に $W = 10\ \mu\text{m}$ の試料の容易軸方向 (W 方向) に外部磁界を印加した際の伝送特性 (S_{21}) を示す. 伝送特性に複数のディップが確認できることから次数の異なる複数のスピン波共鳴が生じていることがわかる. また, 同図から磁界強度の低下とともにこれらの共鳴周波数が低下すること, 低バイアスになると低次の共鳴吸収強度が増大することが確認できる.

Fig. 2 は外部磁界を容易軸方向 (W 方向) に印加した際の各磁性体パターンにおける共鳴周波数と外部磁界の分散関係を示す. 各パターンにおける共鳴周波数の不連続な変化は次数の異なるスピン波共鳴が検出されたことによる. $H_0 = 0\ \text{Oe}$ の場合, 3つの磁性体パターンの共鳴周波数は $12 \sim 13\ \text{GHz}$ であり, ゼロバイアス時でもスピン波共鳴が検出されている. この時, 磁性体パターンの W が短いほど, 共鳴周波数は低くなる. これは磁性パターンの短軸方向 (W 方向) の反磁界係数が大きいこと, 短軸方向の実効磁界が小さくなるためである.

Fig. 3 は外部磁界を困難軸方向に印加した際の各磁性体パターンにおける共鳴周波数と外部磁界の分散関係を示す. 困難軸方向に強い外部磁界を印加すると磁化は困難軸方向に向き, 外部磁界強度の低下とともに実効磁界が減少するため共鳴周波数は低下する. 外部磁界強度がさらに小さくなると, 磁化は困難軸から容易軸に徐々に遷移するため, 外部磁界の減少とともに異方性による等価磁界が増加し, 共鳴周波数が上昇する.

参考文献

[1] Kazuto Yamanoi, Satoshi Yakata, Takashi Kimura, and Takashi Manago, *JJAP*, **52**, 083001 (2013)
 [2] Martin A. W. Schoen, Danny Thonig, Michael L. Schneider, T. J. Silva, Hans T. Nembach, Olle Eriksson, Olof Karis, and Justin M. Shaw, *Nat. Phys.* **12**, 9, (2015)

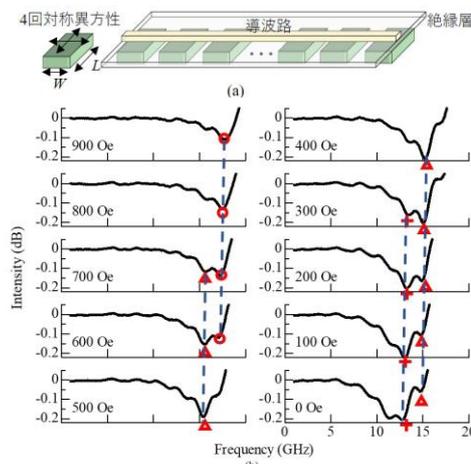


Fig. 1. (a) Schematic figure of magnetic dots and waveguide. (b) VNA S_{21} characteristics

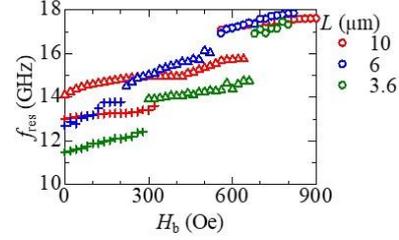


Fig. 2. The dependence of resonance frequency on the magnetic field applied in the easy axis.

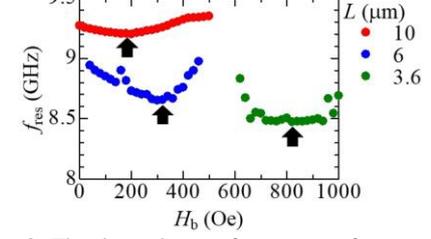


Fig. 3. The dependence of resonance frequency on the magnetic field applied in the hard axis.