

Co₉₀Fe₁₀ 薄膜における定在スピン波干渉特性とロジックデバイスへの応用

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

Interferometric properties of standing spin waves for Co₉₀Fe₁₀ and the application to a logic device

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

はじめに

スピン波をより効率的に伝搬するためには、ダンピング定数が小さい強磁性材料が必要となる。低ダンピング材料で面内に磁気異方性を有する場合にはゼロバイアスでの効率的なスピン波励起が可能となる。本研究では面内に磁気異方性を付与した強磁性材料である Co₉₀Fe₁₀ 薄膜を細線状に加工してスピン波導波路として用い、誘導検出によるスピン波の干渉特性を評価した。

実験方法

RF マグネトロンスパッタ法により MgO(001) 基板に Ar ガス圧 5 mTorr, 成膜温度 400°C で 40 nm 厚の Co₉₀Fe₁₀ (200) を成膜した。VSM 測定により、成膜した Co₉₀Fe₁₀ は MgO 基板の <110> および <1 $\bar{1}$ 0> 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 $W = 50 \mu\text{m}$, $L = 2 \text{ mm}$ の細線状に加工し、その上部に絶縁層および二つのスピン波励起導体とスピン波検出コイルを作製した。ベクトルネットワークアナライザから二つの励起源に信号を入力し、励起されたスピン波を検出コイルで検出し、スピン波の干渉特性を評価した。

実験結果

Fig.1 にスピン波の伝送特性とスピン波共鳴周波数の外部印加磁界依存性を示す。外部磁界を印加して磁化を飽和させ、印加磁界を減少させたところ、-100 Oe 付近で磁化反転による共鳴周波数のジャンプが確認された。ゼロバイアス状態でスピン波の伝搬を検出することができ、その周波数は 10 GHz 程度と Py より高い周波数であることを確認した。

次に励起信号をフェーズシフターを用いて位相変調し、位相差を与えた二つのスピン波の干渉結果を Fig.2 に示す。(a)では位相差 0 のときに検出コイル下部で定在スピン波の節、位相差 π のときに定在スピン波の腹となる。一方(b)では位相差 0 のときに定在スピン波の腹、位相差 π のときは定在スピン波の節を検出しており、入力信号の位相差と出力強度の関係から、2 入力 of ロジックデバイスが実現可能であることがわかる。(a)は XNOR, (b)は XOR の論理式にそれぞれ対応している。動作周波数により定在スピン波の腹と節が入れ替わる理由として、それぞれの周波数で異なるモードの定在スピン波が励起されているためである。

Fig.3 は各磁界バイアス状況下で、それぞれの入力信号で位相遅れを生じた場合の出力強度をマッピングしたものである。各磁界バイアス状況下において同様に論理演算の動作を確認することができ、スピン波の動作周波数を外部磁界によって制御可能であることが確認できた。

参考文献

- [1] X. Ya, H. Chen, S. Oyabu, B. Peng, H. Otsuki, T. Tanaka, and K. Matsuyama, JAP, **117**, 17A719 (2015)
- [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)

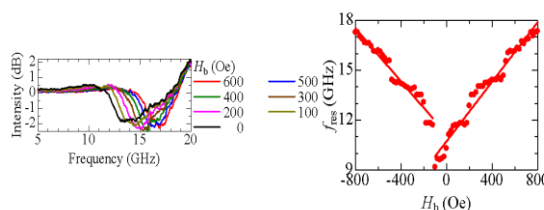


Fig. 1. Transmission characteristics and the bias field dependence of the spin wave resonance frequency.

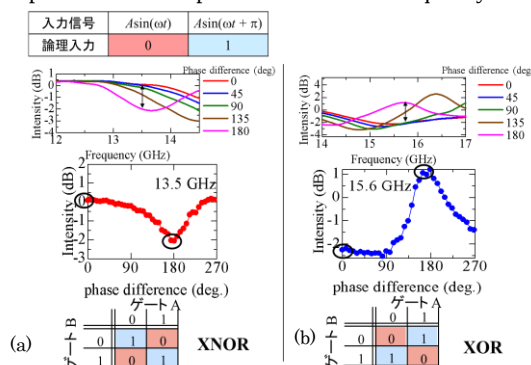


Fig. 2. The dependence of spin wave interference intensity on phase difference and corresponding truth tables..

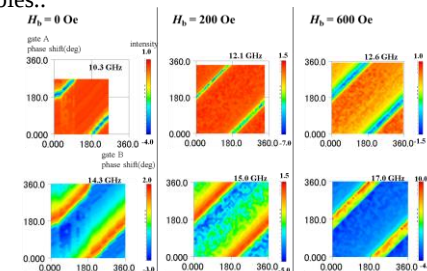


Fig. 3. The intensity color maps for inductive outputs.