

反強磁性交換結合膜における共鳴特性の数値解析

福園舞桜, 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)

Numerical analysis on magnetic resonance property in a multilayer nanodot
with antiferromagnetic interlayer coupling

M. Fukuzono, X. Ya, R. Akimitsu, T. Tanaka, K. Matsuyama

(Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University)

はじめに

近年, 反強磁性的な結合を有する多層膜について様々な研究が報告されている^[1-3]. 反強磁性結合膜について, 磁化のダイナミクスや共鳴特性を解明していくことは応用上重要である. そこで本研究では, 反強磁性的な層間交換結合を有する2層構造の垂直磁化ナノドットにおける, 磁化のダイナミクスや共鳴特性をマイクロマグネティックシミュレーションによって解析した.

計算方法

計算モデルとして, 反強磁性的に結合している10 nm角の垂直磁化2層構造ナノドットを想定した. 各層の膜厚 t が2, 3, 4 nmについて, 各層の異方性磁界 H_k と層間の交換定数 A_{int} を変化させて磁気ヒステリシス曲線と強磁性共鳴(FMR)の共鳴周波数 f_r を求めた. 計算はLLG方程式による数値計算によって行い, 直線偏波磁界を用いてFMRを励起した. 各層の材料パラメータは, 飽和磁化を 1000 emu/cm^3 , ダンピング定数を0.01とし, A_{int} を負値とすることで反強磁性的な結合をモデル化した.

計算結果

膜面に対して垂直方向にバイアス磁界 H_b を掃引した際の磁気ヒステリシス曲線の一例をFig. 1に示す. 材料パラメータは $t=3 \text{ nm}$, $H_k=32 \text{ kOe}$, $A_{int}=-0.15 \text{ } \mu\text{erg/cm}$ である. A_{int} と H_k , t の組み合わせによって, 零バイアス時に各層の磁化の向きが平行な状態と反平行な状態の2種類の状態が実現できる. H_b の印加履歴によって磁化の状態は異なり, 各磁性層の磁化が平行か反平行かによって f_r の差 Δf_r が生じるという結果をFig. 2に示している. 両層の磁化の向きによって交換等価磁界や反磁界が変化するため Δf_r が生じている.

Fig. 3は $t=2 \text{ nm}$, $H_k=30 \text{ kOe}$ の場合について, A_{int} を $-0.105 \sim -0.120 \text{ } \mu\text{erg/cm}$ の範囲で, また, 励起磁界の周波数を $70 \sim 87 \text{ GHz}$ まで変化させ, 磁化の歳差運動振幅を計算した結果である. 上下層で磁化が平行の場合には A_{int} の値に依存せず $f_r=72.6 \text{ GHz}$ となったが, 反平行の場合には A_{int} の大きさに依存した顕著な共鳴周波数の増大が確認された.

参考文献

- [1] K. Yakushiji et al., Appl. Phys. Express 6, 113006 (2013).
- [2] T. Vemulkar et al., Appl. Phys. Letters 107, 012403 (2105).
- [3] W. Alayo et al., J. Appl. Phys. 106, 113903 (2009).

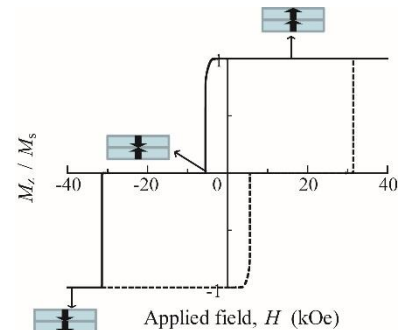


Fig.1. Magnetization configurations and normalized hysteresis curves for anti-ferromagnetic coupling layers.

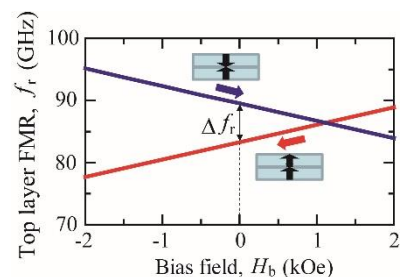


Fig.2. Bias field dependence of the resonance frequency for the top layer.

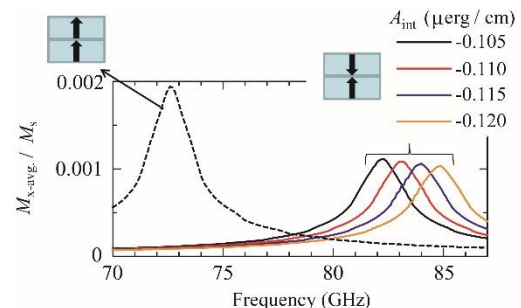


Fig.3. Magnetization precession amplitudes as a function of microwave frequency for bilayer with different magnetization configurations.