

Co/Pt ナノドットの強磁性共鳴測定

菊池伸明, 古田正樹, 岡本 聡, 北上 修, 島津武仁
(東北大)

FMR measurement on Co/Pt multilayer nanodots

N. Kikuchi, M. Furuta, S. Okamoto, O. Kitakami, and T. Shimatsu
(Tohoku Univ.)

はじめに

スピントルクオシレータやマイクロ波アシスト磁化反転など, 磁化の共鳴現象と密接に関係するデバイスが注目を集めている. これらのデバイスでは, 大振幅の非線形領域での挙動の理解が必要であるが, 通常の強磁性共鳴 (FMR) 測定においては安定点付近の微小振動の範囲の測定にとどまっている. また, ナノ構造の FMR 測定には, トンネル接合などを利用して磁気抵抗効果による検出が広く用いられている. しかしながら, これらの手法では参照層の磁化との相対位置が信号として検出されるため, 参照層の磁化も変化するような大きな磁場のもとでは, 解析が非常に複雑となる. そこで, 本研究においては, マイクロ波帯域の交流磁場下における磁化の挙動の異常 Hall 効果による検出を試みた. 異常 Hall 効果では参照層等の複雑な構造は不要である. 今回は, 垂直に磁化した Co/Pt 多層膜ナノドットについて測定した結果を報告する.

実験方法および結果

Co/Pt 多層膜は, DC マグネトロンスパッタリングにより, SiO_2 sub./Ta(2)/Pt(25)/[Co(1.3)/Pt(0.5)]₄/Pt(10) という構成で成膜した. 括弧内の数字は nm 単位での膜厚である. 薄膜の状態での有効異方性磁界 $H_{\text{keff}}^{\text{film}}$ は -1 kOe であった. この多層膜を直径 $d = 400 \sim 3000$ nm のドット状に加工し, 異常 Hall 効果計測用の電極およびマイクロ波交流磁場印加用の Cu 線路をあわせて形成した. Fig. 1 に試料の光学顕微鏡写真の一例を示す. Cu 線路の太さは $5 \mu\text{m}$ であり, その直下に Co/Pt 多層膜ドットが配置してある. FMR の測定は, dc は膜面に垂直に, マイクロ波交流磁場を膜面内に印加した状態で行った. この配置では, 磁化は膜面に垂直な軸を中心に歳差運動を行うため, それに伴い磁化の垂直成分が減少する. その磁化の変化を Hall 効果の変化量として検出した. なお, 本研究では, 得られる信号が微弱であるため, 交流磁場強度を約 10 kHz で振幅変調し, 同期した Hall 効果の変化をロックインアンプで検出した. Fig. 2 に, 周波数 $f_{\text{rf}} = 7$ GHz, 振幅 $H_{\text{rf}} = 80$ Oe のマイクロ波交流磁場下で測定した直径 400 ~ 3000 nm の Co/Pt ドットの異常 Hall 効果の変化量 ΔV_{AHE} を dc 磁場 H_{dc} の関数として示す. いずれの場合にも, 共鳴に伴う磁化の垂直成分の減少によるディップがみられた. 直径の減少に伴い, ディップの位置は反磁界の減少に対応して低磁場側にシフトした. また, 直径 400 nm の場合には, 明瞭に分離した複数のディップが観測された. これは, 波数の異なる定在波間のエネルギー差が増加したことに対応する.

謝辞 本研究の一部は, 文科省「ナノマクロ物質・デバイス・システム創製アライアンス」および科研費, JST「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)」ならびに SRC からの援助の下行われた.

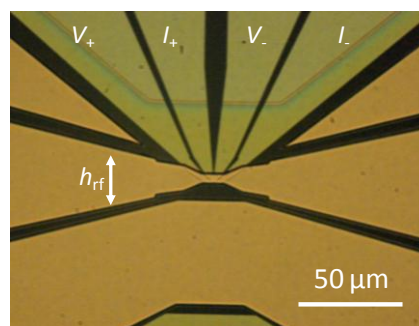


Fig. 1 Optical microscope image of AHE measurement device with a Cu coplanar waveguide for rf field application.

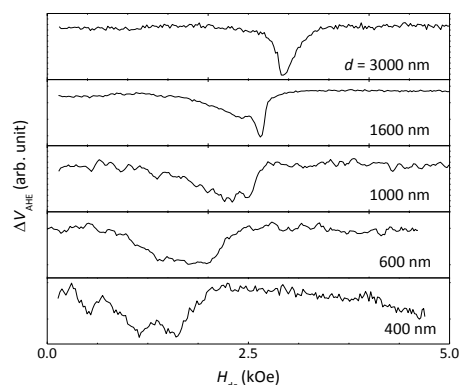


Fig. 2 AHE voltage change ΔV_{AHE} of single Co/Pt multilayer dots with diameters $d = 400 - 3000$ nm as a function of dc field H_{dc} . ($f_{\text{rf}} = 7$ GHz, $h_{\text{rf}} = 80$ Oe)