

積層磁性ドットにおけるマイクロ波アシスト磁化反転

古田 正樹, 岡本 聡, 菊池 伸明, 北上 修, 島津 武仁 (東北大学)

Microwave assisted magnetization switching of layered magnetic nanodot

Masaki Furuta, Satoshi Okamoto, Nobuaki Kikuchi, Osamu Kitakami, and Takehito Shimatsu

(Tohoku University)

はじめに

マイクロ波アシスト磁化反転 (MAS: Microwave Assisted magnetization Switching) は次世代超高密度磁気記録技術の有力候補として注目を集めている。我々の研究グループは、垂直磁化ナノドットを用いた MAS 実験をこれまでに報告しており⁽¹⁾⁻⁽³⁾, MAS 効果はナノドットのサイズに強く依存することを明らかにしている⁽³⁾。ドット径が 50 nm の場合, MAS 効果はマクロスピンの予測と定量的に一致したものの⁽²⁾, ドット径が 100 nm 以上ではマクロスピンモデルの予測を著しく上回る MAS 効果が発現した。LLG シミュレーションの結果, ドット径が 100 nm 以上では, ドット内で高次の同心円状スピン波が励起されており, この非一様な歳差運動モードが大きな MAS 効果に寄与していることが分かった⁽³⁾。一方, 上述の結果は, 磁性体サイズが小さくなると, 交換エネルギーの増大によって高次モードのスピン波励起が困難となり, 大きな MAS 効果が期待できないことを意味している。実用上の観点から, 磁性体中において歳差運動モードの制御し, 大きな MAS 効果の発現手法の開発が重要な課題といえる。本研究では, 微小サイズの磁性体における非一様な歳差運動の誘起手法として, 磁気特性の異なる複数の磁性層を交換結合させた積層磁性ドットに着目し, 積層ドット内に誘起される歳差運動モードと MAS 挙動を LLG シミュレーションにより検討する。

解析モデルと結果

LLG シミュレータには Mumax3 を用い, Fig.1 に示す積層ドットモデルを用いて計算を行なった。モデルの直径は 50 nm であり, 5 nm 厚の磁性層を 2 層積層した構造となっている。セルサイズは $1 \times 1 \text{ nm}^3$ とした。各層の異方性磁界は $H_{k1} = 9 \text{ kOe}$, $H_{k2} = 10 \text{ kOe}$ であり, 飽和磁化 M_s , ダンピング定数 α , 交換定数 A は各層共に 1000 emu/cc , 0.05 , $1 \times 10^{-6} \text{ erg/cm}$ とした。外部磁場は z 軸方向に直流磁場 H_{dc} , x 軸方向に 500 Oe の交流磁場 h_{rf} を印加した。Fig.2 に層間の交換定数 J_{ex} を 1 erg/cm^2 , 交流磁場周波数 $f_{rf} = 14 \text{ GHz}$, $H_{dc} = 6 \text{ kOe}$ とした場合の, 磁化反転直前の磁化分布を示す。図中のコントラストは磁化の z 成分に対応している。Fig. 2(a) より, 積層ドットにおいてもドット面内方向に同心円状の歳差運動モードが励起されていることが確認できる。また, Fig. 2(b) より, ドット断面方向において各層ごとに磁化分布に差が生じており, 膜厚方向にも非一様な歳差運動を励起できていることが確認でき, 従来の単層ドットとは異なる歳差運動モードが励起されていることが分かった。今後は, 積層ドットの MAS 効果を詳細に評価すると共に, サイズ依存性や界面の交換定数依存性なども検討する予定である。

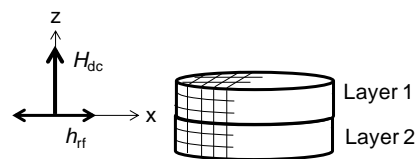


Fig.1 Schematic illustration of simulation mode.1

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」, 科学技術振興機構(JST)「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)」, 科研費ならびに情報ストレージ推進機構 (SRC)の援助の下行われた。

参考文献

- 1) M. Furuta *et al.*, *J. Appl. Phys.* **115**, 133914 (2014).
- 2) M. Furuta *et al.*, *Appl. Phys. Express* **5**, 053006 (2013).
- 3) S. Okamoto *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 237209 (2012).

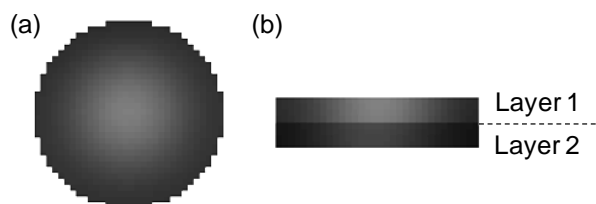


Fig.2 Snapshots of 2D magnetization images of the dot just before the switching.