

# 垂直磁化 MTJ ナノドットのマイクロ波アシスト磁化反転 — 強磁性共鳴との対応 —

首藤 浩文、永澤 鶴美、工藤 究、水島 公一、佐藤 利江  
(東芝研究開発センター)

Microwave-Assisted Switching of Perpendicular MTJ Nanodot  
- Correlation with Ferromagnetic Resonance -

H. Suto, T. Nagasawa, K. Kudo, K. Mizushima, and R. Sato  
(Corporate Research & Development Center, Toshiba Corporation)

## はじめに

磁性体にマイクロ波磁界を印加することにより反転磁界を低減させる「マイクロ波アシスト磁化反転」は磁気記録における次世代の書き込み技術として注目されている。[1-3] 本研究では、垂直磁化膜と面内磁化膜の2層の磁性体からなる TMR 膜をドットに加工した素子を用いて、マイクロ波磁界印加下における反転磁界測定、素子の磁化振動に起因する高周波信号測定をおこない、アシスト効果と磁化振動の関連を調べた。マイクロ波磁界の周波数と反転磁界の関係は、熱励起 FMR 信号の外部磁界依存性とほぼ対応し、アシスト効果が FMR 振動の励起によるものであることを明確にした。発表では、ドットのサイズとアシスト効果の関連についても述べる。

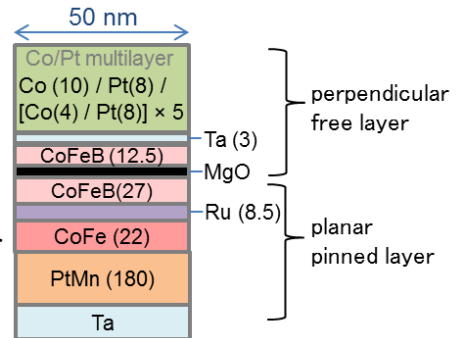


Fig. 1. Schematic configuration of sample. All thicknesses are given in angstroms.

## 実験方法・結果

サファイア基板上に成膜した、Fig. 1 に示す膜構造をピラー状に加工し、素子を作製した。この素子に電流を印加し測定した、高周波信号の面直磁界  $H^z$  依存性を Fig. 2(a) に示す。熱によって励起された磁化振動 (TE-FMR) に対応したいくつかの信号が確認された。垂直磁化膜の FMR 周波数は  $H^z$  に対しおよそ 2.8 GHz/kOe の傾きで線形に変化することを考慮すると、3つの FMR モード ( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ) がフリー層起因と考えられる。また、これと異なり、 $H^z$  が変化しても周波数がほぼ一定となる信号はピン層起因であると考えられる ( $p_1$ )。  $H^z = 2500$  Oe 付近でスペクトルが大きく変化しているが、これは磁化反転が起きたためである。磁界を  $H^z = 1575$  Oe に固定し、マイクロ波磁界 ( $h^{rf} = 116$  Oe) を印加しながらスペクトル測定をおこない、 $f_1$  モードの周波数、およびその2倍の周波数のマイクロ波磁界により、磁化振動が励起されることを確認した。(Fig. 2(b)) 反転磁界のマイクロ波磁界周波数依存性を、TE-FMR 測定結果 (Fig. 2(a) の軸を入れ替えたもの) の上にプロットした。(Fig. 3) アシスト効果は、周波数が高くなるにつれ強くなり、8 GHz で最大となった後、いったんアシスト効果はほぼなくなった。その後、12 GHz をピークとする周波数帯で再びアシスト効果が表れた。8 GHz をピークとするアシスト効果は、 $f_1$  モードとほぼ対応した。12 GHz をピークとするアシスト効果は、 $f_1$  モードの2倍の周波数を持つマイクロ波磁界による磁化励起に起因すると考えられる。

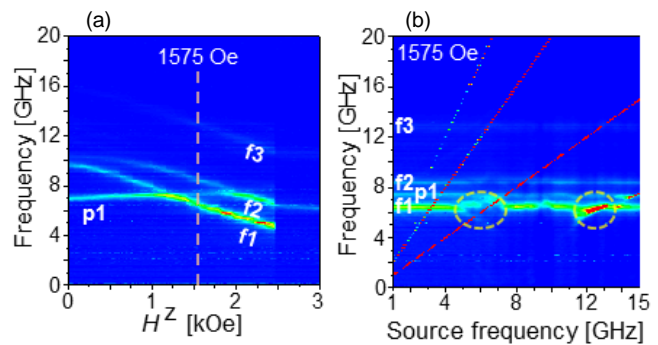


Fig. 2. (a)  $H^z$  dependence of TE-FMR spectra obtained by applying current  $I = 100$   $\mu$ A. (b) FMR spectra under microwave magnetic field.

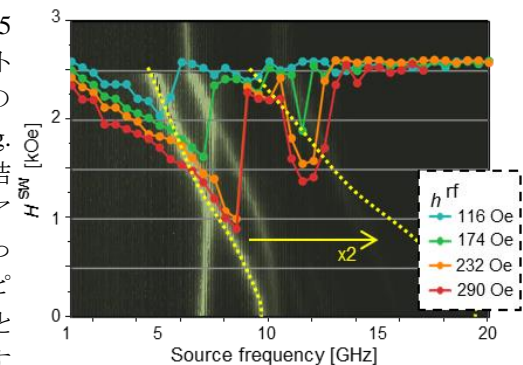


Fig. 3. Frequency dependence of switching field under microwave magnetic field. Corresponding TE-FMR spectra are shown in background. Yellow dotted line shows  $f_1$  mode and its double frequency.

## 参考文献

- [1] C. Thirion, W. Wernsdorfer, and D. Mailly, Nature Mater. **2**, 524 (2003). [2] J.-G. Zhu, X. Zhu, and Y. Tang, IEEE Trans. Magn. **44**, 125 (2008). [3] S. Okamoto, N. Kikuchi, M. Furuta, O. Kitakami, and T. Shimatsu, Phys. Rev. Lett. **109**, 237209 (2012).

本研究は(独)科学技術振興機構(JST)の研究開発事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)」の支援によっておこなわれた。