

# マイクロ波磁界中における垂直磁化 ECC ナノドットの磁化振動励起と磁化反転：ダイオード効果を用いた解析

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

## Magnetization Excitation and Switching of a Perpendicularly Magnetized ECC Nanodot in a Microwave Magnetic Field: Analysis Using Diode Effect

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

### はじめに

マイクロ波磁界を印加し磁化振動を励起することにより磁化反転をアシストするマイクロ波アシスト磁化反転が、次世代の高密度磁気記録における書き込み技術として注目されている[1-3]. 本研究では, MR 素子にマイクロ波信号を印加することによって直流電圧が現れるダイオード効果[4]を利用して, マイクロ波磁界中の垂直磁化ナノドットの磁化振動の解析を行った. マイクロ波磁界の周波数 ( $f_{rf}$ )と FMR 周波数が一致する条件において, 磁化振動のコーン角にピークが現れた. マイクロ波磁界強度を上げるにつれ, このピークは大きくなるとともに, 非線形性によりピーク位置がシフトした. また, 磁化振動が励起され磁化反転に至るアシスト磁化反転の挙動を観察した.

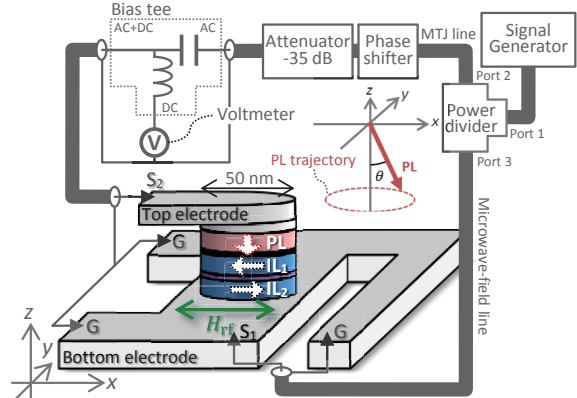


Fig. 1. Sample configuration and experimental setup.

### ダイオード測定の手法と結果

Fig. 1 に, 素子構造と実験セットアップを示す. 解析対象の垂直磁化膜 (図中 PL) の磁化振動は, 面内磁化膜 (図中  $IL_1$ ,  $IL_2$ ) との MgO トンネルバリアを介した MR 効果を通して, 素子抵抗を変化させる. 信号発生器からのマイクロ波信号は 2 つに分岐され, 一方は電流磁界によるマイクロ波磁界を発生させるために用いられ, もう一方は素子に印加される. 磁化振動励起による素子抵抗の変化と印加マイクロ波信号とが同期することにより, ダイオード電圧が発生する. PL は, 垂直磁化膜である Co/Pt 多層膜と, 面内磁化膜である CoFeB とを積層し, 磁氣的に結合させた exchange-coupled composite (ECC) 構造になっており, PL 全体としては垂直磁化膜になっている. Fig. 2(a)に,  $f_{rf} = 12.95$  GHz における, ダイオード効果から見積もった PL 磁化振動のコーン角 (図中  $\theta$ ) の垂直方向磁界 ( $H_z$ ) 依存性を示す.  $H_z = +500$  Oe 付近において FMR ピークが現れた. コーン角は, 励起マイクロ波磁界の強度を上げるにつれ, 大きくなると共に, そのピーク位置が  $+H_z$  方向にシフトした. このシフトは, 垂直磁気異方性を持つシングルスピンモデルから予想される向きとは逆であり, PL の ECC 構造を反映したモデルを用いたシミュレーションによって, 再現された[Fig. 2(b)]. この解析結果は, マイクロ波磁界印加によって PL 内の磁化がねじれ, 面内磁化膜部分の磁化振動が優先的に励起されることを示唆しており, 面内磁化膜部分の磁化振動が優先的に励起される結果, 面内磁化膜に特有の挙動 (FMR ピークの  $+H_z$  方向へのシフト) が現れる.  $f_{rf} = 8.95$  GHz における測定では, コーン角が広がり磁化反転に至る様子が観察された[Fig. 2(c)].

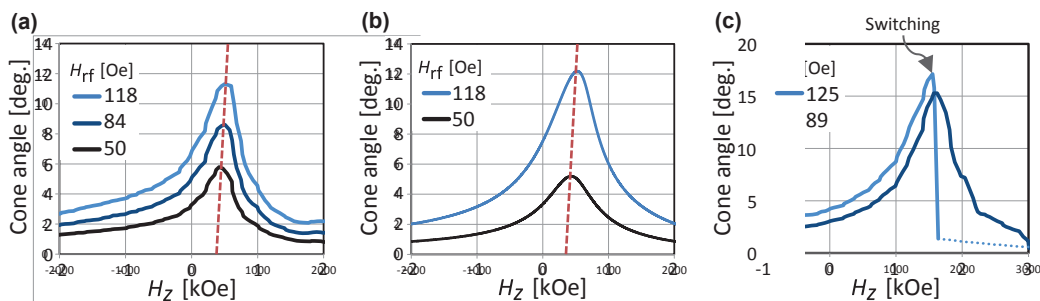


Fig. 2. (a)  $H_z$  dependence of the PL cone angle for  $f_{rf} = 12.95$  GHz. (b) Corresponding simulation results. Broken lines are eye-guides showing the shift of the peak positions. (c)  $H_z$  dependence of the PL cone angle for  $f_{rf} = 8.95$  GHz. The abrupt decrease at  $H_z = 1600$  Oe reflects magnetization switching of PL.

**参考文献** [1] J.-G. Zhu, et al., IEEE Trans. Magn. **44**, 125 (2008). [2] S. Okamoto, et al., Phys. Rev. Lett. **109**, 237209 (2012). [3] H. Suto, et al., Phys. Rev. Applied **5**, 014003 (2016). [4] A. A. Tulpurkar, et al., Nature **438**, 339 (2005).

本研究は科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「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.