

マイクロマグネティックスシミュレーションによる スピントルク発振素子の発振パワー解析

田中智大、古屋篤史、上原裕二、清水香壺、藤崎淳、安宅正、吉田親子、大島弘敬*、
(富士通株式会社、*株式会社富士通研究所)

Emission Power Analysis of Spin-Torque Oscillator: Micromagnetic Simulation Study

T. Tanaka, A. Furuya, Y. Uehara, K. Shimizu, J. Fujisaki, T. Ataka, C. Yoshida, H. Oshima*

(Fujitsu Limited, *Fujitsu Laboratories Limited)

はじめに

スピントルク発振素子 (STO) はスピントランスファートルクを利用したデバイスであり、ナノスケールにおけるマイクロ波発振器等への応用が期待されている。発振パワーは STO の性能指標の一つであり、フリー層の発振モードや歳差のコーンアングル等に影響されて増減する⁽¹⁾。マイクロマグネティックスは nm オーダーで磁化の運動を記述することができるため、STO の発振パワーや発振モードの解析に有効な手法である。今回、有限要素法とマイクロマグネティックスを用いて様々な素子サイズの STO について磁界と電流を変化させた場合の計算を行い、発振パワーの変化とその原因を解析する。

計算方法

計算に用いた STO はフリー層、リファレンス層、ピン層からなる素子であり、その構造を図 1 に示す。STO のフリー層とリファレンス層はスピントルクを考慮した以下の Landau-Lifshitz-Gilbert 方程式に従って計算する⁽²⁾

$$\frac{\partial \mathbf{M}}{\partial t} = -\frac{\gamma}{1+\alpha^2} \mathbf{M} \times (\mathbf{H}_{eff} + H_s \alpha \mathbf{p}) - \frac{\gamma}{1+\alpha^2} \frac{1}{M_s} \mathbf{M} \times \{ \mathbf{M} \times (\alpha \mathbf{H}_{eff} - H_s \mathbf{p}) \},$$

$$H_s = \frac{p_0 \hbar J}{2e\delta(M_s - p_0^2 \mathbf{M} \cdot \mathbf{p})}.$$

ここで $\mathbf{M}$ は磁化ベクトル、 $\mathbf{p}$ は MgO 層を挟んで向かい合う層の規格化された磁化ベクトル、 $\mathbf{H}_{eff}$ は有効磁界ベクトル、 γ はジャイロ磁気定数、 α はダンピング定数、 p_0 はスピン偏極因子、 J は電流密度、 δ は膜厚、 M_s は飽和磁化である。

結果

STO に対して様々な磁界と電流を印加し、発振パワーを計算した。図 2 に STO の直径が 200nm の場合における発振パワーのマップを示す。外部磁界が 2kOe から 3kOe にかけて、発振パワーは磁界の増大につれて減少するが、磁界が 4kOe に近づいたあたりから再度増大することが確認できる。当日は素子サイズによる影響も含めて、発振挙動の詳細な解析について報告する。

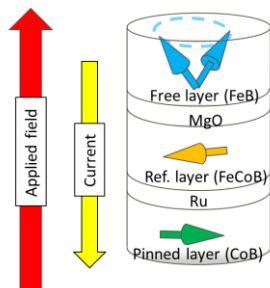


Fig.1 Simulation model of the STO. The direction of the applied field and current are indicated by the red and yellow arrows.

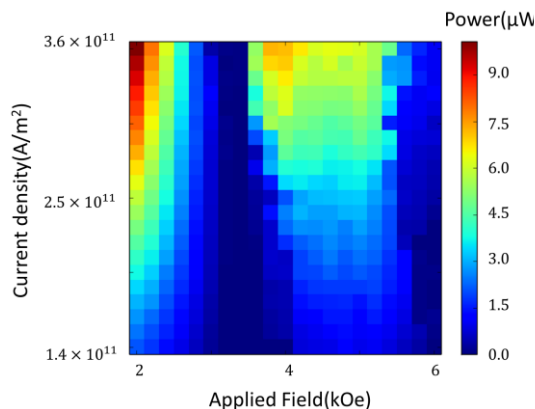


Fig.2 The map of the emission power of the STO, the diameter of which is 200nm.

参考文献

1) B. Wang, et al., Appl. Phys. Lett. (2016)

2) T. Taniguchi, et al., Appl. Phys. Express (2013)