

## 軟磁性薄膜の磁気シミュレーション

### Micromagnetics Simulation for the Soft Magnetic Thin Film

東京工科大学院工学研究科<sup>1</sup>, 東京工科大学<sup>2</sup>, <sup>○</sup>坂尚樹<sup>1</sup>, 土田洋介<sup>2</sup>, 鶴岡誠<sup>1,2</sup>

The graduate school of engineering, Tokyo Univ. of Technology<sup>1</sup>, Tokyo Univ. of Technology<sup>2</sup>,

<sup>○</sup>Naoki Saka<sup>1</sup>, Yosuke Tsuchida<sup>2</sup>, Makoto Tsuruoka<sup>1,2</sup>

E-mail: tsuruoka@stf.teu.ac.jp

#### 【はじめに】

三層構造・軟磁性積層薄膜においては外部磁界ゼロの状態では上下層が反平行に磁化している状態が得られ、いわゆる磁化困難軸方向に対して高周波磁化応答が期待できると予想される<sup>[1]</sup>。我々はスパッタリング法により積層膜 (Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>/SiO<sub>2</sub>/Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>) を作製しているが、実験作業のための時間や材料上のコストが比較的大きいという問題がある。そこで各層の膜厚等の至適条件等についての磁気シミュレーションを検討している<sup>[2]</sup>。

#### 【実験方法】

まず、古典的に磁気モーメントの回転角度と角加速度との関係についてシミュレーションを行った。ここでは Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> 単層薄膜、および上記三層薄膜の磁化に対する単純なモデルとして、1つの磁気モーメント、および距離を隔てて反平行に向き合う2つの磁気モーメントについて検討した (Fig. 1, 2)。本シミュレーションの基本式として、回転に関する運動方程式(1)を用いた。力のモーメントを  $N$ 、慣性モーメントを  $I$ 、時間を  $t$ 、角度を  $\theta$  とした。

$$N = I \frac{d^2\theta}{dt^2} \dots (1)$$

#### 【結果・考察】

瞬間に一定の磁場が、1つ、または2つの磁気モーメントに加えられたとき、1つの磁気モーメントの方が2つの磁気モーメントより角加速度が大きかった。これは2つの磁気モーメントの場合、反平行に向き合うモーメント間で互いに引き合う磁気力が働くためであると考えられる。ただし実際の単層磁性薄膜では、磁気モーメントの数は一つでなく非常に多数のモーメント (スピン) 間の相互作用が働くため単層薄膜内に磁壁が生じ、磁気モーメントが回転するように並ぶことが実験で分かっている。このような場合、磁壁移動を伴うため高周波交流磁界に対する磁化応答は困難になると考えられる。そこで、LLG マイクロマグネティックシミュレータというソフトを用いて、ニッケル鉄単層膜に対して Landau-Lifshitz-Gilbert 方程式の計算

を行った。その結果、磁気モーメントは、よく知られている亀甲パターン<sup>[3]</sup>に類似の分布状態となった (Fig. 3)。今後、DM 相互作用<sup>[4]</sup>を取り入れた Skyrmion に基づく計算法を応用することで本磁性薄膜における全電子スピンの回転に関するシミュレーション<sup>[5]</sup>に近付くことが出来ると考えている。更に、上記三層構造磁性薄膜に対する磁気シミュレーションを検討し、本研究における磁化応答の測定結果<sup>[5]</sup>との比較を予定している。

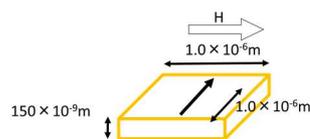


Fig. 1 A model of single magnetic moment for the mono-layer magnetic thin film.

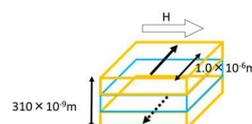


Fig. 2 A model of two anti-parallel magnetic moments for the triple layered magnetic thin film.

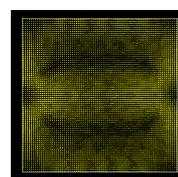


Fig. 3 A result of moment distribution in mono-layer permalloy thin film like the typical hexagonal pattern, using LLG micromagnetics simulator.

#### 【参考文献】

- [1] 鶴岡, 東京工科大学研究報告, No.2, pp.27-32 (2007)
- [2] 藤尾, 荒井, 鶴岡, 応用物理学会春季講演会予稿集 (2004)
- [3] L. LANDAU, E. LIFSHITS Phys. Z. Sowjet. 8, pp. 153-169 (1935)
- [4] TORU MORIYA Phys. Rev Vol.120 pp. 91-98 (1960)
- [5] 高村, 土田, 鶴岡, 応用物理学会春季講演会予稿集 (2019)