

規則配列 FePt 孤立微粒子の熱アシスト磁気記録シミュレーション

Thermally assisted magnetic recording simulation of periodic FePt grain

○タカキロジャー優<sup>1</sup>, 浅見幸伸<sup>1</sup>, 太田武志<sup>2</sup>, 長妻勝也<sup>3</sup>, 芦澤好人<sup>4</sup>, 中川活二<sup>4</sup>, 塚本新<sup>4</sup>, 伊藤彰義<sup>4</sup>

\*Yuu Roger Takaki<sup>1</sup>, Yukinobu Asami<sup>1</sup>, Takeshi Ota<sup>2</sup>, Nagatsuma Katsuya<sup>3</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>4</sup>, Katsuji Nakagawa<sup>4</sup>, Arata Tsukamoto<sup>4</sup>, and Akiyoshi Itoh<sup>4</sup>

Abstract: Recently, much attention has been focused on hard disk drive technology, such as thermally assisted magnetic recording (TAMR) and bit-patterned media (BPM). Moreover, FePt is expected as a material for BPM. Our research have been focused on TAMR process to BPM. Optical near-field generation slightly above BPM by plasmon antenna was analysed by a finite-difference time domain (FDTD) method. Based on the result of the electric intensity distribution, we gained temperature distribution by using thermal-conduct analysis. We performed three dimensional micromagnetic simulations based on the Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) equation with time evolution of temperature to estimate the magnetization reversal of FePt grain.

1. はじめに

近年磁気ディスク装置では、テラビット級の高密度化を実現する方法のひとつとして、熱アシスト磁気記録方式が期待されている。これは媒体の微小な記録領域を記録時のみ加熱し媒体の異方性磁界  $H_k$  を低下させ、低い印加磁界での記録を可能にする方式である。本記録方式により Bit-patterned Media (BPM) 用媒体として注目される極めて高い  $H_k$  を有する  $L1_0$ -FePt への記録が可能となる。

今回熱アシスト磁気記録の方式として一様磁界中で急峻な熱勾配を利用し記録を行うものとし、注目磁性微粒子のみの磁化反転の可否について検討した。具体的な手順は以下の通りである。

- (1) プラズモンアンテナによる近接場光を用いて規則配列された FePt 孤立微粒子の局所加熱を行う。その際の温度分布を熱伝導解析のシミュレーションにより求める。
- (2) (1) で求めた温度分布の時間依存性を用いて LLG シミュレーションにより磁化のふるまいを検討する。

以上の 2 段階のプロセスによる総合的な熱アシスト磁気記録過程のシミュレーションを行った。

2. FDTD 法による加熱過程シミュレーション

2.1 近接場光シミュレーションモデル

シミュレーションモデルを Fig.1 に示す。プラズモンアンテナは媒体に Au を使用し、三角形のモデルで Table.1 の条件を用いる。入射光は -z 軸方向に入射し、波長  $\lambda = 830 \text{ nm}$  の x 軸方向に平行な偏光面を有するガウスビーム状の直線偏光を用いる。また、その時の  $\text{Fe}_{50}\text{Pt}_{50}$  の光媒体定数は Table.2 を用いる。光媒体定数は各媒体の定数から荷重平均により求めた。

2.2 近接場光による各粒子の電界強度分布

近接場光シミュレーションにより求めた電界強度分布を Fig.2 に示す。アンテナと重なっている粒子の電界強度が高く、先端の粒子が最大となっており、そのときの電界強度は入射光に対して約 2672 倍である。

2.3 熱伝導解析による各粒子温度分布

熱伝導解析条件を入射光の電力を 1 mW とし、光照射時間 1 ns、続く 2 ns 間に対し熱伝導解析を行う。またその時の FePt の熱媒体定数は Table.2 を用いる。

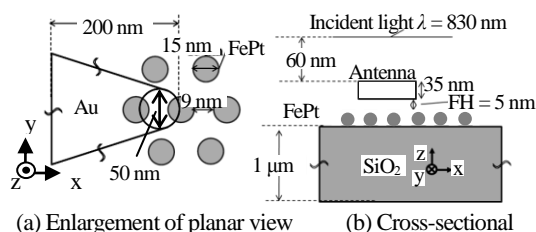


Fig.1 Simulation model of heating process

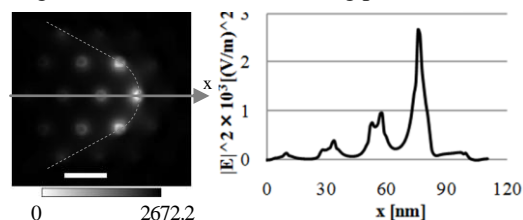


Fig.2 Electrical field intensity ( $E^2$ ) distribution

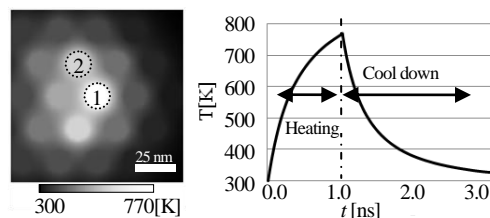


Fig.3 Temperature distribution and Time dependence of No.1 grain temperature

Table.1 Design of plasmon antenna

長手方向長	200 [nm]
厚さ	35 [nm]
先端曲率半径	25 [nm]

Table.2 Optical and thermal material parameter

屈折率	2.835
消光係数	4.41
熱伝導率	106.65 [W/m · K]
電子密度	14665 [kg/m <sup>3</sup> ]

1 : 日本理工・院・情報 2 : 日本理工・院・電子 3 : 日本理工・学部・子情 4 : 日本理工・教員・子情

熱伝導解析より求めた温度分布の時間依存性を今回の記録条件(注目粒子の最高温度が FePt のキュリー温度である 770 K)に従い調整を行う。Fig.3 に調整後の光照射後  $t = 1$  ns における媒体面内の温度分布と、注目粒子 (図中粒子 1) の温度の時間依存性を示す。注目粒子の温度は  $t = 1$  ns において FePt のキュリー温度である 770 K に達し、2 番目に高温となる粒子 (図中粒子 2) は 687 K である。この温度差は約 7.9 kOe の異方性磁界の差に相当する。

### 3. LLG シミュレーションによる記録過程の検討

#### 3.1 LLG シミュレーションモデル

LLG シミュレーションのモデルを Fig.4 に示す。計算領域は  $x, y, z$  軸方向に  $120 \times 105 \times 24$  nm, 初期磁化はすべての粒子が  $z$  軸方向とし、計算メッシュ間隔は全方向とも 1.5 nm,  $x, y$  軸方向に周期的境界条件を用いる。また、上記温度分布の時間依存性に従い FePt の媒体定数を変化し、 $+z$  軸方向に 1 kOe の外部磁界を  $t = 1$  ns ~ 1.515 ns の間印加する。室温時の FePt の媒体定数は Table.3 に、Fig.5 に温度依存性を示す。 $t = 1$  ns における各粒子内の温度分布を Fig.6 に示す。粒子内の温度差は最大でも 1.5% であり、粒子内において温度分布はほぼ一様である。そのため粒子内は一様な温度で時間  $t$  に対して変化するものとした。

#### 3.2 LLG シミュレーション結果

Fig.7 に加熱冷却過程における注目粒子磁化の時間依存性を示す。横軸は加熱開始後の経過時間  $t$ , 縦軸は磁化ベクトルの各成分  $M_x, M_y, M_z$  である。 $t = 1$  ns において一旦消磁状態となり、その後冷却とともに反転磁化が時定数  $\tau = 260$  ps 程度で形成されることが分かる。Fig.8 に特徴的な経過時刻における  $M_z$  値の面内分布を示す。隣接粒子は外部磁界 1 kOe では磁化反転せず、注目粒子のみ磁化反転した。その際の隣接粒子の  $M_s$  は最大で室温時の約 26% にまで減少 ( $t = 1$  ns) した。

### 4. まとめ

熱伝導解析と磁化反転過程に対する総合的なシミュレーションを行った。その結果、1 Tbit/in<sup>2</sup> サイズに相当する単一磁性粒子のみの反転可能な条件を見出した。本成果に基づきさらなる高密度記録化に対し、以下の方針のもと検討を進めている。

- (1) 同等の熱磁気特性を有する磁性微粒子径の微小化, 高密度配列媒体の利用
- (2) 注目粒子と他の粒子の十分な反転磁界差を生じるよう光照射条件により熱分布を調整する。
- (3) (2)において,(1)の条件に伴う周辺粒子からの静磁界増大に留意する。

以上の検討内容についても、口頭発表にて述べる。

### 5. 参考文献

- [1] Y. Moriyama, et.al., *J. Magn. Soc. Jpn.*, **33**, 517-520 (2009).
- [2] S. Okamoto, et.al., *Phys. Rev. B*, **66**, 024413 (2002).
- [3] T. Suzuki, *Doctoral thesis*, Tohoku University Japan (1998).

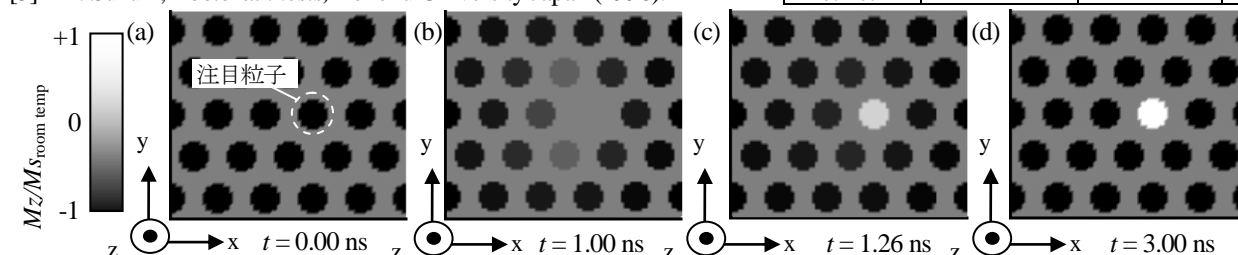


Fig.8 Planar Distribution of magnetization normalized by  $M_s$  at room temperature

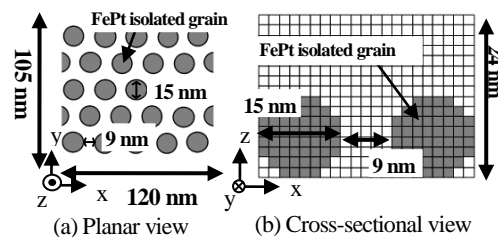


Fig.4 LLG simulation model

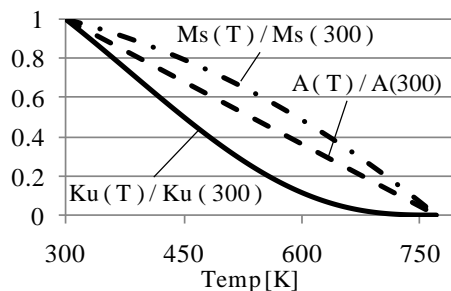


Fig.5 Temperature dependence of FePt's material parameter

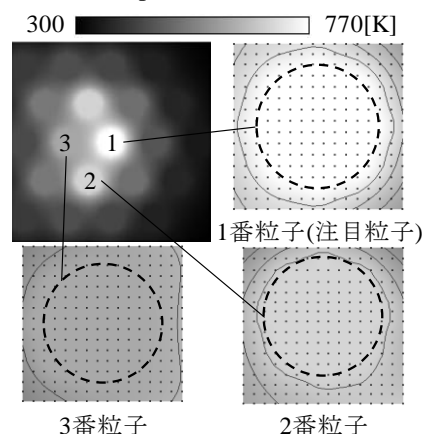


Fig.6 Temperature distribution in grains at  $t = 1$  ns

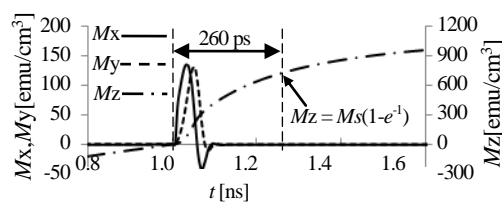


Fig.7 Time evolution of magnetization

Table.3 FePt Material parameters

	$M_s$ [emu/cm <sup>3</sup> ]	$K_u \times 10^7$ [erg/cm <sup>3</sup> ]	$A \times 10^6$ [erg/cm]
Fe <sub>50</sub> Pt <sub>50</sub>	1150 <sup>(2)</sup>	7.0 <sup>(2)</sup>	1.13 <sup>(3)</sup>