L-9

粒子状記録媒体を用いたマイクロ波アシスト磁気記録方式の検証 -層状配置に対する磁化反転制御-

Numerical Verification of Microwave Assisted Magnetic Recording Using Bit-Patterned Media -Magnetic Reversal of Multi Layer Model-

○種田亮太¹, 大貫進一郎² ^{*}Ryota Oida¹, Shinichiro Ohnuki²

Abstract: Microwave assisted magnetic recording (MAMR) has received much attention for realizing high density recording. In this report, we will discuss about control of the magnetization reversal in the multi layer model.

1. まえがき

近年、磁気記録の分野において、記録の高密度化に向けた研究が盛んに進められている.次世代の高密度磁気記録方式の一つとしてマイクロ波アシスト磁気記録方式が注目されている^[1].本報告では、異なる磁気異方性を有した2層の粒子状記録媒体による記録高密度化を目的として、マイクロ波アシスト方式の磁化反転の解析を行う.そしてスピントルク発振素子(Spin-Torque Oscillator: STO)から発生されるマイクロ波による磁化反転の制御に関して検討を行う.

2. 解析手法

本報告では記録媒体中における磁化の運動の時間応答 を次式の Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) 方程式により計算 を行う.

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = -\gamma \mathbf{M} \times \mathbf{H}_{\text{eff}} + \frac{\alpha}{M_s} \mathbf{M} \times \frac{d\mathbf{M}}{dt}$$
(1)

ここで、 M_s は飽和磁化、 γ は磁気回転比、 α は減衰定数である.

また,有効磁界Heffは式(2)で構成される.

 $H_{eff} = H_{ext} + H_k + H_d + H_{ex}$ (2) ここで、 H_{ext} は磁化反転に影響する外部磁界、 H_k は磁気 異方性磁界、 H_d は双極子相互作用磁界、 H_{ex} は交換相互作 用磁界を表す.

LLG 方程式の数値計算には2次のルンゲクッタ法を用いて、以下の様に離散化する.

$$M_{n+1} = M_n + \frac{1}{2}(k_1 + k_2)$$

但し,

 $k_1 = dtF(t_n, M_n)$ $k_2 = dtF(t_n + dt, M_n + k_1)$

Fig.1 に本解析でマイクロ波発振に用いる STO のモデ ルを示す.STOの形状は一辺10nmの立方体を仮定する. 分割したセルーつに対して1.50×10⁶ A/mの磁化を配





Figure1 Computational model of STO



Figure2 Computational model of recording media



Figure 3 Time response of magnetization (f = 15GHz)

置し、設定した周波数でy軸上を歳差運動する.

3. 解析結果

解析モデルとして、Fig.2 に示す粒子状の Medial と Media2 を層状配置したものを想定する. 形状は円柱とし、 直径を 10 nm,高さを 4 nm とする. Media1 の飽和磁化を $M_s = 7.96 \times 10^5$ A/m,磁気異方性磁界を $H_k = 10.0 \times 10^5$ A/m, Media2 の飽和磁化を $M_s = 7.96 \times 10^5$ A/m, 磁気異方性磁界を $H_k = 8.0 \times 10^5$ A/mとし、初期磁化は すべてz軸方向とする. また Media1 と Media2 の間を 4 nm 離すことにより非磁性層を仮定する. 以上のモデルを STO と Media1 の間を 4 nm 離して配置し記録媒体磁化反 転の挙動を解析する.

まず Medial のみに対して解析を行い、マイクロ波によ る影響を検討する. STO の発振周波数は15 GHz とし、直 流磁界のみでは反転しない外部磁界に設定し、磁化のz 成 βM_z の時間応答の解析結果を Figure3 に示す. 外部磁界 として反転に必要な直流磁界を解析開始時から 1 nsec 後 に印加する. この結果より磁化の値がプラスからマイナ スへ値が変化し、磁化反転が起きていることがわかる. こ れによりマイクロ波による磁化反転のアシストができる ことを確認した.

次に Figure2 のモデルに対して解析を行い, STO から発振されるマイクロ波の周波数が 15GHz のときの解析結果を Table1 に示す. この結果より Media 1 で 2 nsec を過ぎたあたりで磁化反転が起きていることが分かる. それに対して Media 2 は磁化反転が確認できない.

STO の周波数を 8GHz に変更した解析結果を Table2 に 示す.この結果は Table1 と異なり, Media2 でのみ磁化反 転していることが確認できる.以上の結果より二層の媒 体における磁化反転の制御が STO の発振周波数を変える ことで可能であることを示した.

4. まとめ

二層の粒子状媒体についてマイクロ波アシスト磁気記 録を用いた磁化反転現象の解析を行った. Medial では15 GHz, Media2 では8GHz のとき磁化反転が示した. これ により二層媒体の磁化反転制御ができることを確認し, 現行の方式に比べて高密度な記録が可能であることを示 した.

5. 謝辞

本研究の一部は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事 業の援助を受けて行われた.

Time [nsec]	Media1 [kA/m]	Media2 [kA/m]
0.0	796	796
0.5	793	796
1.0	796	796
1.5	293	747
2.0	105	651
2.5	-746	638
3.0	-791	772
3.5	-795	664
4.0	-787	693

Table1 Time response of magnetization (f = 15GHz)

Table2 Time response of magnetization (f = 8GHz)

Time [nsec]	Media1 [kA/m]	Media2 [kA/m]
0.0	796	796
0.5	796	796
1.0	796	796
1.5	766	795
2.0	756	24
2.5	749	-745
3.0	755	-795
3.5	756	-792
4.0	757	-791

6. 参考文献

- J. Zhu, X. Zhu, and Y. Tang , IEEE Trans. Magn, Vol.44,pp125-131, 2008
- [2] K. Nakagawa, Y. Ashizawa, S.Ohnuki, A.Itoh and A.Tsukamoto, J. Appl. Phys., Vol.109, No7, 07B735, 2011
- [3] H. Suto, T. Nagasawa, K. Kudo, T. Kanao, K. Mizushima, and R. Sato, Physical Review Applied 5,014003, 2016.
- [4] R. Oida, S. Ohnuki, "A Basic Study of Ultra-High Density Magnetic Recording Using the Microwave Assisted System", IEICE General Conference 2016, C-15-11
- [5] R. Oida, S. Ohnuki, "Numerical Verification of Microwave Assisted Magnetic Recording Using Bit-Patterned Media -Magnetization Reversal Due to Spin-Torque Oscillator-", IEICE Society Confrence 2016, C-15-1
- [6] R. Oida, S. Ohnuki, "Numerical Verification of Microwave Assisted Magnetic Recording Using Bit-Patterned Media -Magnetic Reversal of Recording Media with Different Resonance Frequencies-", IEICE Technical Report EST2016-3, 2016