

粒子状記録媒体を用いたマイクロ波アシスト磁気記録の検討 -強磁性共鳴と印加磁界の関係-

Study of the Microwave Assist Magnetic Recording using Bit Patterned Media -Relationship between ferromagnetic resonance and applied Magnetic fields-

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

Abstract: Microwave assisted magnetic recording systems have received much attention for realizing high density magnetic recording. In this report, we will discuss the reduction of the applied DC magnetic field due to the ferromagnetic resonance of the recording medium using assisted microwaves.

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記録媒体の強磁性共鳴を利用したマイクロ波アシスト磁気記録方式が注目されている。本報告では、マイクロマグネティクスシミュレーションにより、磁化反転の解析を行い、粒子状媒体における共鳴周波数が磁化反転に及ぼす影響について検討する。

2. 解析手法

マイクロ波アシスト方式は磁気ヘッドから印加する直流磁界と記録媒体に照射するマイクロ波によって磁化反転を制御する。その媒体の磁化の運動は次式のような LLG 方程式によって示される^[1]。

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

$$\mathbf{H}_{\text{eff}} = \mathbf{H}_{\text{AC}} + \mathbf{H}_{\text{DC}} + \mathbf{H}_k + \mathbf{H}_d + \mathbf{H}_{\text{ex}} \quad (2)$$

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。実効磁界 $\mathbf{H}_{\text{eff}}$ は交流磁界 $\mathbf{H}_{\text{AC}}$ 、直流磁界 $\mathbf{H}_{\text{DC}}$ 、磁気異方性磁界 $\mathbf{H}_k$ 、双極子磁界 $\mathbf{H}_d$ 、交換相互作用磁界 $\mathbf{H}_{\text{ex}}$ で構成されている。式(1)を変形、差分化することにより時間変化する磁化ベクトル $\mathbf{M}$ は以下の式より逐次計算を行う。

$$\mathbf{M}_{t+\Delta t} = \mathbf{M}_t + \Delta t \left\{ -\frac{\gamma}{1+\alpha^2} \mathbf{M} \times \mathbf{H}_{\text{eff}} - \frac{\gamma\alpha}{(1+\alpha^2)M_s} \mathbf{M} \times (\mathbf{M} \times \mathbf{H}_{\text{eff}}) \right\} \quad (3)$$

3. 解析結果

解析モデルとして Fig.1 のように粒子状媒体を配置する。初期条件として粒子状媒体にはコバルトを使用し、飽和磁化を $M_s = 1.44 \times 10^6$ A/m、磁気異方性磁界を $H_k = 4.6 \times 10^5$ A/mとする。また、直径 d 及び高

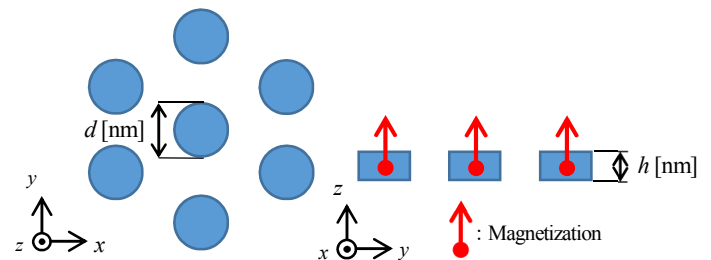


Fig.1 Computational model of the microwave-assisted magnetic recording system

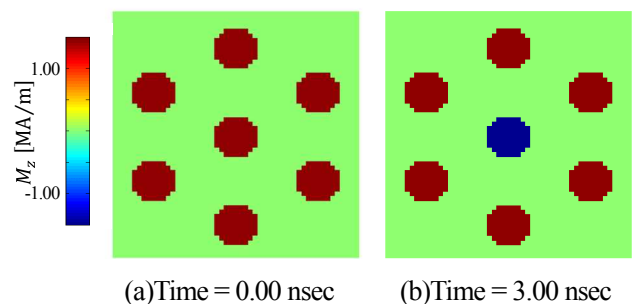


Fig.2 Time response of the magnetization with the microwave assist

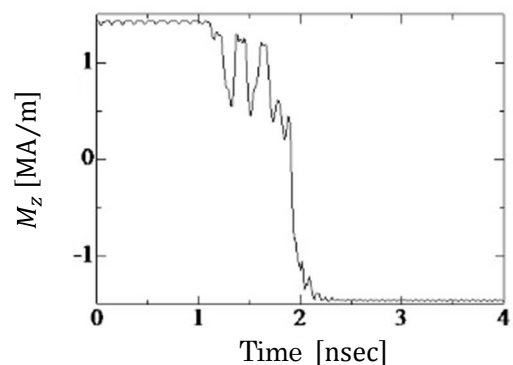


Fig.3 Time response of the central media

さ h を10 nm, 初期磁化はすべて z 軸方向にする。外部から照射するマイクロ波は $-z$ 方向へ伝搬する正弦電磁

波とし、照射範囲を中心媒体のみとする。直流磁界はマイクロ波を照射してから 1 nsec 後にすべての粒子媒体に対して印加する。上記の条件より粒子媒体内の磁化ベクトルの時間変化について計算する。

最初に交流磁界を $H_{AC}/H_k = 0.15$ 、周波数を 9 GHz のときの解析を行った。Fig.2 は直流磁界が $H_{DC}/H_k = 0.40$ のときの磁化の状態を示している。この図より中心媒体のみに磁化反転現象が見られた。また、Fig.3 にそのときの中心の媒体の磁化の運動の時間応答を示す。これより直流磁界印加後に磁化反転が起こることがわかった。また、周波数の変化による直流磁界の変化を Fig.4 に示す。図より媒体がコバルトにおいては周波数が 9 GHz で印加する直流磁界が最小になることが確認できる。

次に粒子媒体の種類をコバルトクロム白金の合金に変更し、飽和磁化を $M_s = 3 \times 10^5$ A/m、磁気異方性磁界を $H_k = 7.61 \times 10^5$ A/m、交流磁界 $H_{AC}/H_k = 0.10$ で解析を行った。直流磁界が $H_{DC}/H_k = 0.45$ 、周波数を 16 GHz のときの結果を Fig.5 に、周波数を 9GHz のときの結果を Fig.6 に示す。またコバルトのときと同様に周波数を変化させたときの解析結果を Fig.7 に示す。コバルトの結果と同様に Fig.5 では中心のみに磁化反転が見られたが Fig.6 では磁化反転が確認できなかった。また、Fig.7 を見ると、媒体がコバルトクロム白金の場合、16 GHz のときに印加する直流磁界が最小にできる。

4. まとめ

粒子状媒体についてマイクロ波のエネルギーアシストを用いた磁化反転現象の解析を行った。記録媒体の種類を変えることにより、コバルトでは 9 GHz、コバルトクロム白金では 16 GHz で磁化反転に必要な直流磁界が最小にできることが確認できた。

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。

6. 参考文献

- [1] 内山晋, 増田守男, :「磁性体材料」, pp.123~127, 1991 年.
- [2] 種田亮太, 大貫進一郎, :”マイクロマグネティクスシミュレーションによる高密度磁気記録方式の基礎検討”, 電気学会第 6 回学生研究発表会, 6-5, 2015

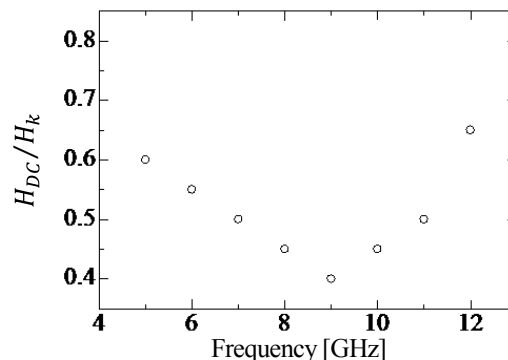


Fig.4 Required DC field intensity for varying the frequency of assisted microwave

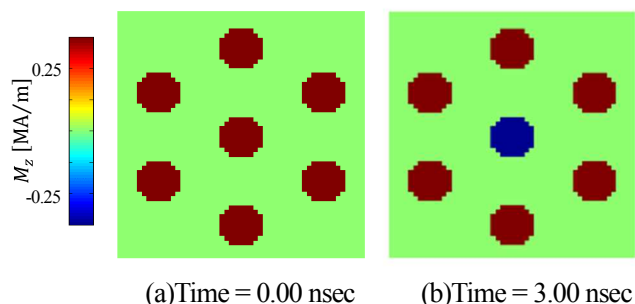


Fig.5 Time response of magnetic fields and magnetization with the microwave assist

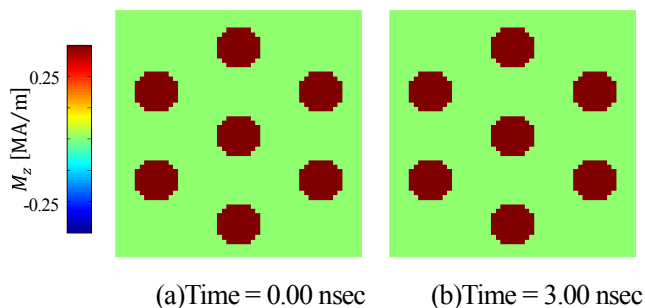


Fig.6 Time response of magnetic fields and magnetization with the microwave assist

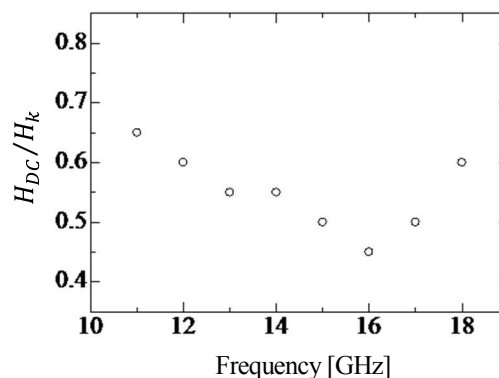


Fig.7 Required DC field intensity for varying the frequency of assisted microwave