

光直接磁気記録に向けたナノアンテナの性能比較 - 寸法変化に対する局所円偏光のロバスト性 -

Performance Comparison of Nano-Antennas for All-Optical Magnetic Recording - Robustness of Localized Polarized Light for Varying the Antenna Sizes -

○立澤圭輔¹, 大貫進一郎², 芦澤好人³, 中川活二³*Keisuke Tatsuzawa¹, Shinichiro Ohnuki², Yoshito Ashizawa³, Katsuji Nakagawa³

Abstract: All-optical magnetic recording with circularly polarized light has proposed for ultra high-speed magnetic recording. To realize high-density magnetic recording, we have designed a recording system using nano-antennas and particulate media. In this report, we investigate nano-antennas shape to generate localized polarized light.

1. はじめに

現在、磁気記録における記録速度は限界に達しつつある。そこで、局所円偏光を用いた光直接磁気記録が注目されている^[1]。著者らは高記録密度化に向けた、ナノアンテナと粒子状記録媒体を用いた高密度光直接磁気記録を提案してきた^{[2][3]}。現在、微細加工技術の進展により、アンテナ形状が再現可能となったものの、数 nm 程度の加工精度を考慮して設計する必要がある。本研究では、寸法変化に対する局所偏光のロバスト性を有したアンテナ形状の提案を行う。

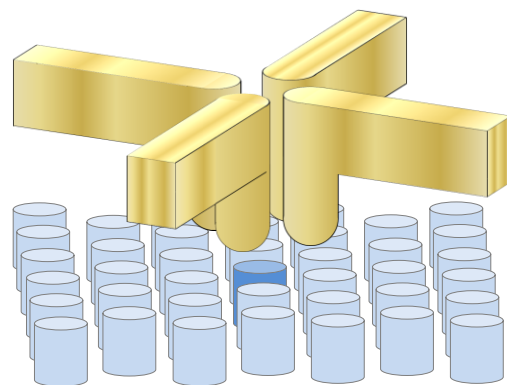


Figure 1 Model of a nano-antenna with particulate media

2. 解析手法

2-1. ADE-FDTD 法

本研究では、ADE-FDTD 法^[4]を用いてナノアンテナと粒子状記録媒体の電磁界シミュレーションを行う。金属の周波数分散性を考慮するため、本手法では、式(1), (2)で示す Maxwell 方程式に、式(3), (4)で示す分極及び電極ベクトルを組み合わせた電磁界解析を行う。

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{J} \quad (2)$$

$$\mathbf{P} = Nq\mathbf{u} \quad (3)$$

$$\mathbf{J} = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} \quad (4)$$

ここで、 $\mathbf{u}$ は変位ベクトル、 $\mathbf{E}$ は全電界、 $\mathbf{P}$ は分極ベクトル、 N は電子の数、 $\mathbf{J}$ は電流ベクトルとする。

2-2. アンテナの性能評価

得られた数値結果は円偏光度 C' と電界強度 I ^[5]により評価を行い、式(5), (6)で計算する。

$$C' = \frac{2\langle E_x(t)E_y(t)\sin(\delta_x - \delta_y) \rangle}{\langle E_x^2(t) \rangle + \langle E_y^2(t) \rangle + \langle E_z^2(t) \rangle} \quad (5)$$

$$I = \langle E_x^2(t) \rangle + \langle E_y^2(t) \rangle + \langle E_z^2(t) \rangle \quad (6)$$

ここで、 $\langle \cdot \rangle$ は時間平均、 E_x , E_y , E_z は電界の各成分、 δ_x , δ_y は電界の x 成分、 y 成分間の位相差である。

2-3. 解析モデル

Fig. 1 にナノアンテナモデル及び粒子状記録媒体を示す。アンテナと粒子媒体の材質はそれぞれ金とコバルトとする。アンテナ厚みは 30 nm に設定し、生成光を局所化するため、アンテナ下部に円柱及び半球を設けた。各パラメータはアンテナ中央に位置する粒子媒体中心部において、局所円偏光が生成可能な値を選択する。粒子媒体は記録密度 2 Tbin/inch² となるように配置した。

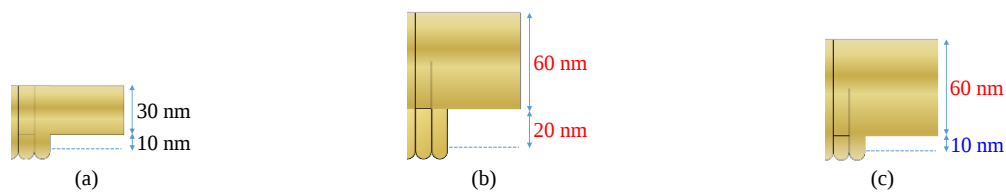
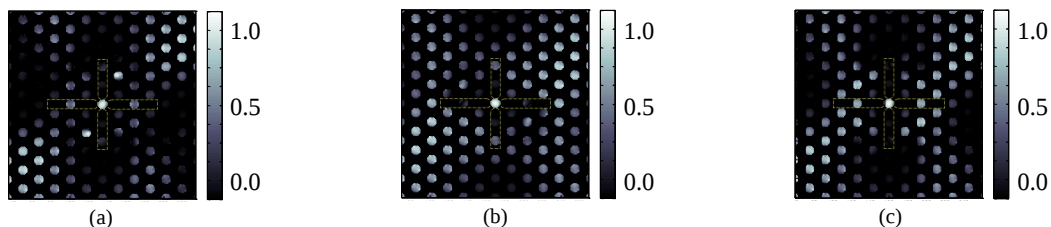
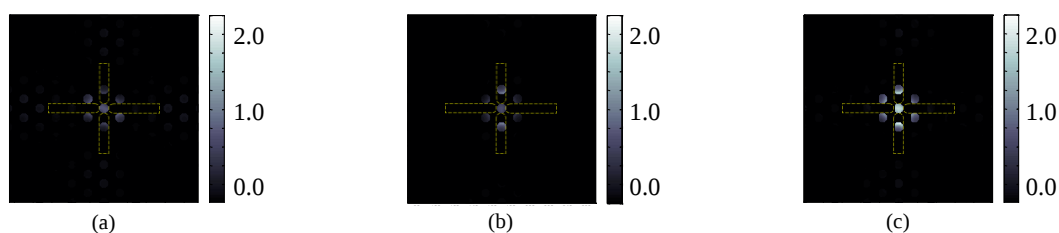


Figure 2 Model of a nano-antenna varying antenna thickness

Figure 3 Distribution of Circularity C' Figure 4 Distribution of Intensity I

3. 解析結果

アンテナの長さ変化に対するロバスト性を有する形状を調査する. Fig.2(a)に示す現行のアンテナモデル A に対し, アンテナ厚み及び円柱長さを 2 倍に設定したモデル B を Fig.2(b), アンテナ厚みのみを 2 倍に設定したモデル C を Fig.2(c)に示す.

Fig.3 に各モデルにおける円偏光生成条件を満たす x 方向のアンテナ長さから, 5 nm 変化させた場合の円偏光度分布図を示す. 目標とする粒子媒体における円偏光度はモデル A の $C' = 0.93$ に対して, モデル B は $C' = 0.98$, モデル C では $C' = 0.97$, の高い数値を示している. 得られた数値結果から, アンテナ厚みが 60 nm の場合, 長さ変化に対する高いロバスト性が得られることを確認した. Fig.4 に, 各モデルにおける電荷強度分布図を示す. アンテナ中央の粒子媒体における電界強度はモデル A の $I = 0.75 \text{ (V/m)}^2$ に対して, モデル B では $I = 0.68 \text{ (V/m)}^2$ に減衰し, モデル C では $I = 1.66 \text{ (V/m)}^2$ に上昇していることを確認した. 得られた数値結果から, 円柱長さが 10 nm の場合, 高い電界強度を得ることを確認した. 得られた数値結果から, アンテナ厚み 60 nm, 円柱長さ 10 nm の場合, 現行モデルに比べ, 長さ変化に対する高いロバスト性を有する.

4. まとめ

ナノアンテナの長さ変化に対する高強度円偏光のロバスト性を有するアンテナ形状を調査した. アンテナ厚み 60 nm, アンテナ円柱長さ 10 nm のとき, 寸法変化に対する局所円偏光のロバスト性を有することを確認した.

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.

6. 参考文献

- [1] C. D. Stanciu, F. Hansteen, A. V. Kimel, A. Kirilyuk, A. Tsukamoto, A. Itoh, and Th. Rasing : Phys. Rev. Lett., Vol.99, No.4, 047601, 2007.
- [2] K. Nakagawa, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, A. Itoh and A. Tsukamoto, J. Appl. Phys., Vol.109, No.7, 07B735, 2011.
- [3] S. Ohnuki, T. Kato, Y. Takano, Y. Ashizawa, and K. Nakagawa, Radio Science, Vol.50, pp.29-40, 2015.
- [4] T. Yamaguchi and T. Hinata : Opt. Express, Vol.15, pp.11481-11491, 2007.
- [5] P. Biagioni, J. S. Huang, L. Duo, M. Finazzi and B. Hecht : Phys. Rev. Lett., Vol.102, 256801, 2009.