

光直接磁気記録の記録安定化に向けた基礎検討

A Fundamental Study of Recording Stability in All-Optical Magnetic Recording

○立澤圭輔¹, 高野祐太², 大貫進一郎³, 芦澤好人⁴, 中川活二⁴

*KeisukeTatsuzawa¹, Yuta Takano², Shinichiro Ohnuki³, Yoshito Ashizawa⁴, Katsuji Nakagawa⁴

Abstract: All-optical magnetic recording with circularly polarized light has proposed for ultra high-speed magnetic recording. We have designed plasmonic antennas and particulate media for realizing high-density recording. In this report, we evaluate circularly polarized light generated by plasmonic antennas to advance recording stability of magnetic recording.

1. はじめに

従来の磁気記録方式に比べ最大十万倍の高速化が実現可能な、円偏光を用いた光直接磁気記録が提案されている^{[1][2]}。著者らは、高速化かつ高密度化を実現するため、円偏光生成素子であるプラズモニックアンテナと粒子媒体による方式を提案した^[3]。本研究では、従来ストークスパラメータにより評価していた円偏光度を右回り円偏光成分と左回り円偏光成分に分解し、記録安定化に向けた基礎検討を行う。

2. 解析手法

本研究では、ADE-FDTD 法^[4]を用いてプラズモニックアンテナと記録媒体の電磁界シミュレーションを行う。本手法は、周波数分散性をもつ媒質を考慮するため、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。

ADE-FDTD法で得られた数値結果をストークスパラメータである円偏光度 C' 及び性能指数 F ^[5]により評価を行い、それぞれ式 (5), (6)で計算する。

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

$$F = C' \times [\langle E_x^2(t) \rangle + \langle E_y^2(t) \rangle + \langle E_z^2(t) \rangle] \quad (6)$$

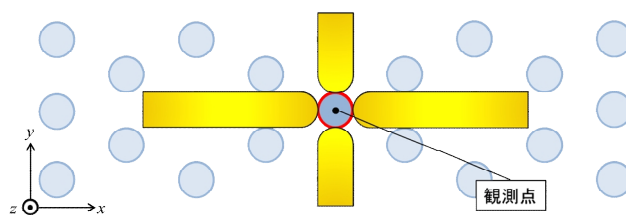


Figure 1. Model of a plasmonic antenna with particle media.

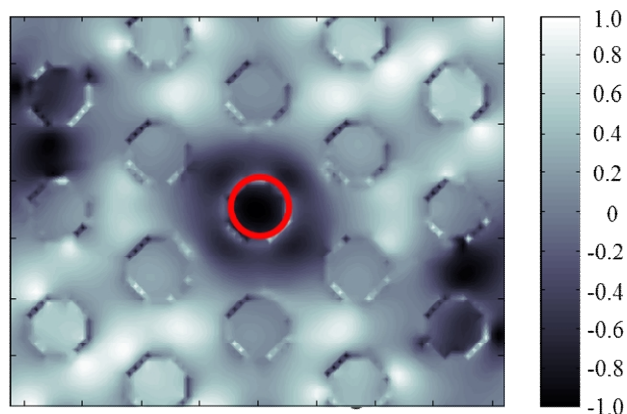


Figure 2. Field distribution of circularity C' .

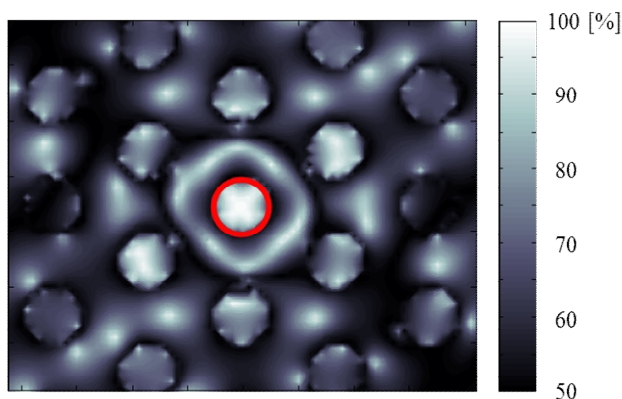


Figure 3. Right-handed circularly polarization.

ここで, 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.

本文では, 円偏光を右回り成分と左回り成分に分け, 右回り成分を R_c , 左回り成分を L_c として, 評価を行い, 記録安定化に向けた基礎検討する.

3. 解析結果

Fig. 1 に解析モデルを示す. プラズモニックアンテナと粒子媒体の材質はそれぞれ金とコバルト, アンテナは観測点において, 円偏光が生成可能なパラメータをシミュレーションにより選択した. 粒子媒体は記録密度が現方式の数倍程度となるように設定し, 入射波は, z 軸負方向に伝搬する平面波とする. 観測点はアンテナ中央に位置する粒子媒体中心部, 観測面は粒子媒体 z 方向中央断面に設定し, 書き込み目標とする粒子媒体は赤枠で示す.

Fig. 2 に観測面における円偏光度の分布を示す. 赤枠の粒子媒体のみに高い円偏光度が確認できる.

次に, 式(5)で示した円偏光度を右回り成分と左回り成分にし, 評価を行う. Fig. 3 に観測面における右回り成分を示す. 図より, 目標とした粒子媒体は隣接した粒子媒体に比べ, 高い右回り成分を持つことが確認できる. Fig. 4 に観測面における左回り成分を示す. 図より, 目標とした粒子媒体は隣接した粒子媒体に比べ, 低い左回り成分を持つことが確認できる.

Fig. 5 に式(6)で計算される性能指数分布を示す. 図より, 目標とした粒子媒体内部にのみ十分な性能指数を確認した. 以上の結果より, 設計したプラズモニックアンテナを用いることで, 目標とした粒子媒体に高強度の円偏光を生成できることが確認できる.

4. まとめ

プラズモニックアンテナと粒子媒体の電磁界解析を行い, 生成された円偏光を新規評価法より評価した. 円偏光を右回り円偏光成分と左回り円偏光成分に分解することで, 観測点における円偏光は極めて高い右回り円偏光成分で構成されていることを確認した.

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.

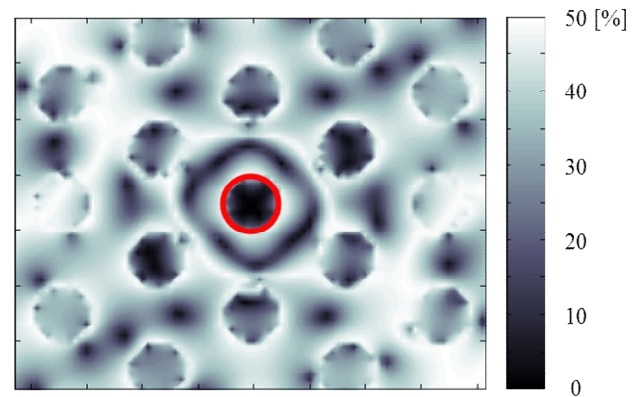


Figure 4. Left-handed circularly polarization.

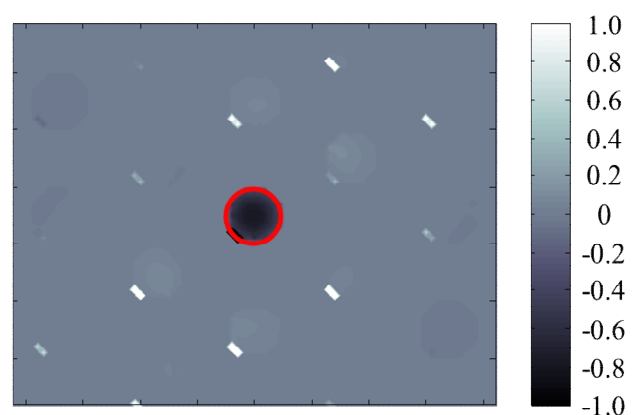


Figure 5. Field distribution of figure of merit F.

6. 参考文献

- [1] K. Nakagawa, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, A. Itoh and A. Tsukamoto : J. Appl. Phys., Vol.109, No.7, 07B735, 2011.
- [2] 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.
- [3] S. Ohnuki, T. Kato, Y. Takano, Y. Ashizawa and K. Nakagawa : 2013 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory, 21PM2B-04, pp.269-271, 2013.
- [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
- [6] 立澤圭輔, 大貫進一郎 : 「光直接磁気記録における記録安定性の検討」, 電気学会 第5回学生研究発表会, 4-4, 9月, 2014.