

光直接記録に向けた局所的円偏光の検討  
—アンテナ位置と粒子媒体内部における円偏光度の関係—

A Study on the Localized Circularly Polarized Light for All-Optical Magnetic Recording  
—Relationship between Antenna Position and Circularity inside Particle Media—

○高野祐太<sup>1</sup>, 大貫進一郎<sup>2</sup>, 芦澤好人<sup>3</sup>, 中川活二<sup>3</sup>

\*Yuta Takano<sup>1</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>2</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>3</sup>, Katsuji Nakagawa<sup>3</sup>

Abstract: All-optical magnetic recording with localized circularly polarized light has been expected as a high-density and ultra high-speed magnetic recording system. To estimate the robustness of all-optical magnetic recording, we evaluate the transition of localized circularly polarized light inside the recording media for varying antenna position.

1. はじめに

高密度かつ超高速な新しい磁気記録方式として、局所的な円偏光を照射し、磁化反転を行う光直接記録方式が提案されている<sup>[1]</sup>。本研究では光直接記録のロバスト性を検討するため、記録に用いるアンテナの位置を微小変化させ、記録媒体内部における局所的円偏光の遷移を電磁界シミュレーションにより求める。

2. 解析手法

本研究では ADE-FDTD 法<sup>[2]</sup>を用いて電磁界解析を行う。ADE-FDTD 法は複素誘電率で表された分散性媒質を表現するため、式(1), (2)に示す Maxwell 方程式の差分式と、電子の運動方程式から導出した分極及び電流ベクトルを表す式(3), (4)により電磁界の計算を行う手法である。

$$\mathbf{E}^{n+1} = C_1 \mathbf{E}^n + C_2 \left[ \nabla \times \mathbf{H}^{n+1/2} - \frac{1}{2} \sum_{l=0}^K \left\{ (1 + \alpha_l) \mathbf{J}_l^n - \gamma_l \mathbf{P}_l^n \right\} \right] \quad (1)$$

$$\mathbf{H}^{n+1/2} = \mathbf{H}^{n-1/2} - \frac{\Delta t}{\mu_0} \nabla \times \mathbf{E}^n \quad (2)$$

$$\mathbf{P}_l^{n+1} = \mathbf{P}_l^n + \frac{\Delta t}{2} (\mathbf{J}_l^{n+1} + \mathbf{J}_l^n) \quad (3)$$

$$\mathbf{J}_l^{n+1} = \alpha_l \mathbf{J}_l^n + \beta_l (\mathbf{E}^{n+1} + \mathbf{E}^n) - \gamma_l \mathbf{P}_l^n \quad (4)$$

生成された円偏光は次式で計算される電界強度  $I$ , 円偏光度  $C^{[3]}$ を用いて評価する。式中の  $E_x, E_y, E_z$  は電界の各成分,  $(\delta_x - \delta_y)$  は  $E_x$  と  $E_y$  の位相差である。

$$I = \langle E_x^2(t) \rangle + \langle E_y^2(t) \rangle + \langle E_z^2(t) \rangle \quad (5)$$

$$C' = \frac{2 \langle E_x(t) E_y(t) \sin(\delta_x - \delta_y) \rangle}{\langle E_x^2(t) \rangle + \langle E_y^2(t) \rangle + \langle E_z^2(t) \rangle} \quad (6)$$

3. 解析結果

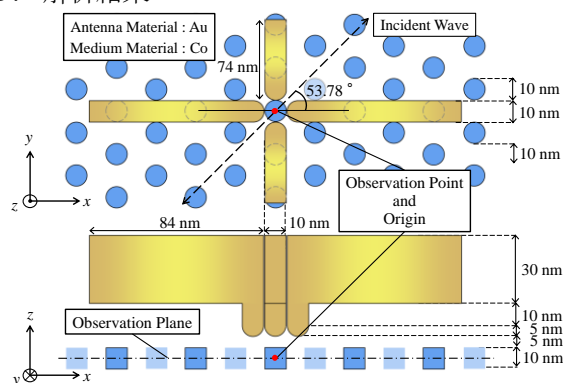


Figure 1. Computational model.

Fig. 1 に解析モデルを示す。図中のアンテナは、アンテナ中央に位置する粒子媒体内部において、電界の  $x$  成分及び  $y$  成分間に  $90^\circ$  の位相差を発生させ、円偏光を生成するように設計した。粒子媒体は平方インチ当たり 2 Tbit の記録密度を実現するように配置とパラメータを設定した。入射波として波長 780 nm, 振幅 1.0V/m,  $z$  軸負方向に進行する平面波を仮定する。更に、電界の  $x$  成分及び  $y$  成分の振幅を揃えるため、入射波の電界成分と  $x$  軸の成す角を  $53.78^\circ$  に設定した。観測点及び各座標軸の原点はアンテナ中央に位置する粒子媒体の中心部に設定した。

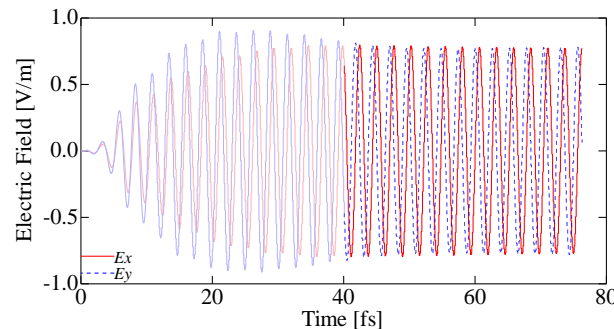


Figure 2. Time response of the electric field at the observation point.

Fig. 2 に観測点における電界の時間応答波形を示す. 図より, 40 fs 以降の定常状態では電界の  $x$  成分,  $y$  成分の振幅が揃っており, かつ  $90^\circ$  近い位相差が生成されている事が確認できる.

Fig. 3 に観測点におけるリサージュ図を示す. 図より, 偏光状態が直線偏光, 楕円偏光から徐々に円偏光に近づいていき, 定常状態では円偏光が生成されている様子が確認できる.

Fig. 4(a)に観測面における電界強度  $I$  の分布を示す. 観測面は粒子媒体の厚み方向中央断面に設定した. 図より, アンテナ中央に位置する粒子媒体は隣接する他の粒子媒体に比べ, 高い電界強度が得られる.

Fig. 4(b)に観測面における円偏光度  $C'$  の分布を示す. 図より, アンテナ中央に位置する粒子媒体内部では, 円偏光度が+1 となっているため, 右回り円偏光が生成されている.

次に円偏光のロバスト性を確認する. Fig. 5 にアンテナの中心の  $y$  座標を 0 nm から 4 nm, 6 nm と変化させた時の,  $y$  軸上における円偏光度の遷移を示す. 図中の青の領域は粒子媒体を配置した座標である. 図より, Fig. 5(a), (b)のようにアンテナの中心が粒子媒体上に存在するとき, 目標の粒子の平均円偏光度は 0.7 以上となる. 一方, Fig. 5(c)のようにアンテナの中心が粒子媒体上に存在しない時, 平均円偏光度は 0.5 以下となる. また, 目標以外の粒子媒体の平均円偏光度は, アンテナ位置によらず常に 0.2 以下となる.

#### 4. まとめ

半球付きプラズモニックアンテナと粒子状記録媒体の電磁界解析を行った. アンテナ位置が変化しても, アンテナの中心が目標とする粒子媒体上に存在するとき, 平均円偏光度は 0.7 以上になることを確認した.

#### 5. 謝辞

本研究の一部は, 日本大学学術研究戦略プロジェクト及び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] K. Nakagawa, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, A. Itoh and A. Tsukamoto, J. Appl. Phys., Vol.109, No.7, 07B735, 2011.
- [2] T. Yamaguchi and T. Hinata, Opt. Express, Vol.15, pp.11481-11491, 2007.
- [3] P. Biagioni, J. S. Huang, L. Duo, M. Finazzi and B. Hecht, Phys. Rev. Lett., Vol.102, 256801, 2009.

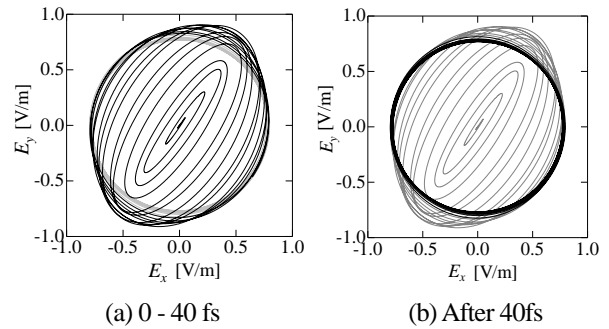


Figure 3. Lissajous curve at the observation point.

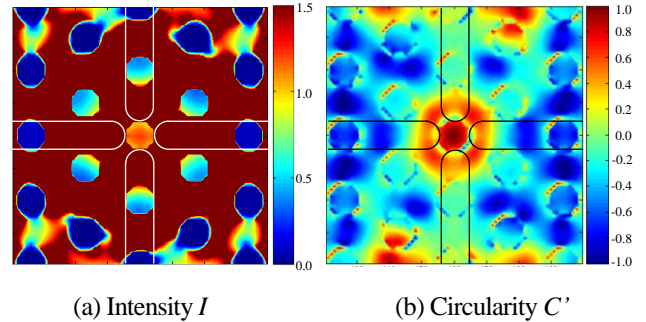


Figure 4. Field distribution of Stokes parameters at the middle of the particle media on the  $x$ - $y$  plane.

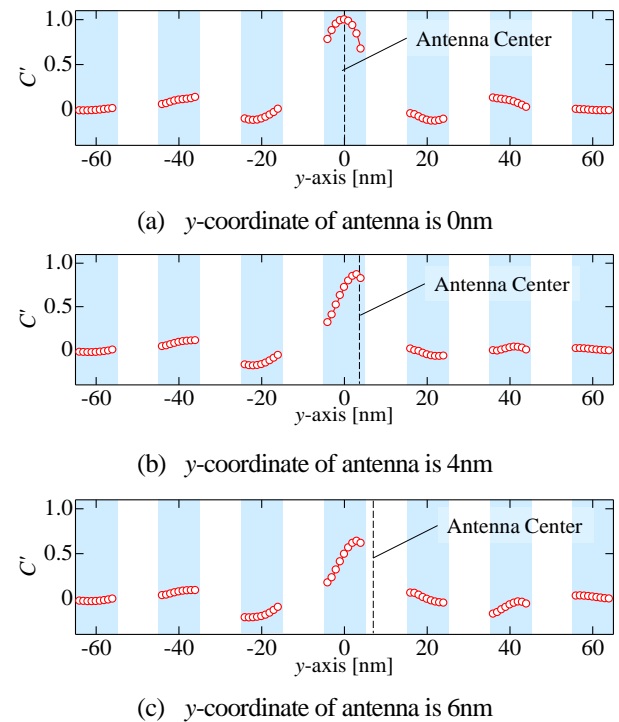


Figure 5. Transition of circularity  $C'$  for varying antenna position.

- [4] S.Ohnuki, T. Kato, Y. Takano, Y. Ashizawa and K. Nakagawa, 2013 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory, 21PM2B-04, pp.269-271, 2013.
- [5] Y. Takano, S. Ohnuki, Y. Ashizawa and K. Nakagawa, Proceedings of the 2013 IEICE Society Conference, C-15-8, pp.271, 2013.