

光直接記録用クロスアンテナの加工ずれによる局所生成光への影響 Influence of Fabrication Margin on Localized Light by Cross-Antennas for All-Optical Magnetic Recording

○立澤圭輔¹, 大貫進一郎², 芦澤好人³, 中川活二³*KeisukeTatsuzawa¹, 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 systems using cross-antennas and particulate media. In this report, we investigate the polarization of the localized light generated by cross-antennas with fabrication margin.

1. はじめに

近年、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を実現するため、クロス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た^{[2][3]}. 現在、微細加工技術の進歩により、クロスアンテナは製作可能となったものの、数 nm 程度の加工ずれを考慮して設計する必要がある. 本研究では、クロスアンテナの加工ずれが局所生成光へ与える影響を検討する.

2. 解析手法

本研究では、ADE-FDTD 法^[4]を用いてクロスアンテナと粒子媒体の電磁界シミュレーションを行う. 周波数分散性をもつ媒質を考慮するため、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.

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

$$\nabla \times \mathbf{H} = \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{J} \quad (2)$$

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

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

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.

得られた数値結果はストークスパラメータである円偏光度 C ^[5]により評価を行い、式(5)で計算する.

$$C = \frac{\left| 2\langle E_x(t)E_y(t)\sin(\delta_x - \delta_y) \rangle \right|}{\left| \langle E_x^2(t) \rangle + \langle E_y^2(t) \rangle + \langle E_z^2(t) \rangle \right|} \quad (5)$$

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.

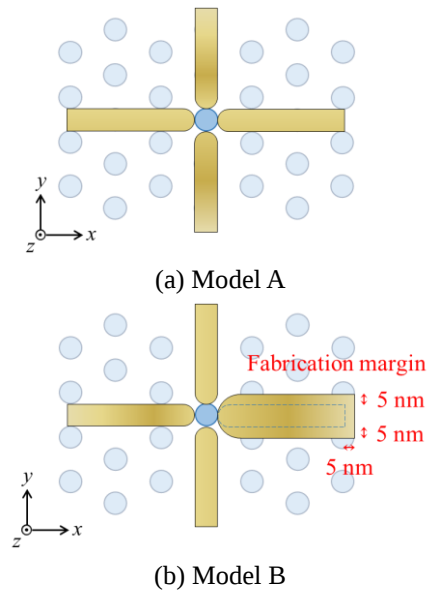


Figure 1. Model of a cross-antenna with particle media

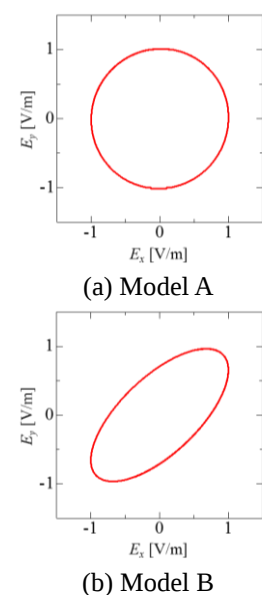


Figure 2. Lissajous curve for the linearly polarized incident light

3. 解析結果

Fig. 1(a)にシミュレーション設計した理想形状のモデル A 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し, 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, 円偏光が生成可能な値を選択した. Fig. 1(b)に加工ずれを考慮したモデル B を示す. 形状の非対称性を検討するため, x 軸正方向アンテナのみに 5 nm の加工ずれを考慮する. 粒子媒体は記録密度 2 Tbin/inch² となるように配置した.

Fig. 2(a)にモデル A に対する電界のリサーチ図を示す. 入射光は直線偏光を用いた. 電界の位相差は $\delta_x - \delta_y = 90^\circ$ となり, 軌跡が円を描いていることから, 円偏光生成を確認できる. Fig. 2(b)にモデル B における電界のリサーチ図を示す. 位相差が $\delta_x - \delta_y \neq 90^\circ$ となるため, 軌跡が楕円を描いている. また, 円偏光度はモデル A の $C' = 1.0$ に対して, モデル B では $C' = 0.5$ に低下した.

次に, 入射光の制御による円偏光生成を目的とし, 適切な位相差を組み込んだ楕円偏光を入射する. Fig. 3に楕円偏光を用いた場合における電界のリサーチ図を示す. 電界の位相差が $\delta_x - \delta_y = 90^\circ$ となり, 円に軌跡を描いた. しかし, 円偏光度は $C' = 0.8$ となり, 円偏光生成時の $C' = 1.0$ を示さなかった.

この原因を検討するため, Table 1 に各モデルにおける円偏光度及び電界の z 成分を示す. モデル A に対してモデル B は, 電界の z 成分が強く, 円偏光度は低減することを確認した.

円偏光度 $C' = 1.0$ を実現するために, 楕円偏光の斜入射を検討する. 入射光源を電界の z 成分を打ち消す角度 φ [deg]に傾けた場合における電界のリサーチ図を Fig. 4 に示す. 電界の軌跡は円を描いた. また, Table. 2 に電界の x 成分, z 成分及び円偏光度を示す. 斜入射を行うことで, 電界の z 成分が減少し, 円偏光度は $C' = 1.0$ を示した. 以上の結果より, 斜入射を行うことで, 加工ずれの影響を補正できる.

4. まとめ

クロスアンテナと粒子媒体の電磁界シミュレーションを行い, 加工ずれが生成光に与える影響を調査した. 楕円偏光の斜入射を行うことで, 加工ずれによる影響は制御できることを確認した.

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.

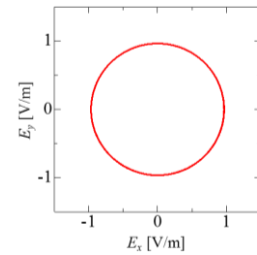


Figure 3. Lissajous curve for the elliptically polarized incident

Table 1. Characteristics of C' and E_z

	モデル A	モデル B
E_x [V/m]	1.0	1.0
E_z [V/m]	0.0	0.7
C'	1.0	0.8

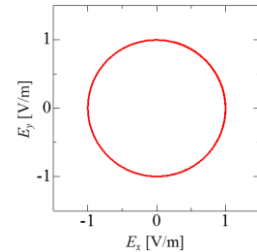


Figure 4. Lissajous curve using the inclined incident

Table 2. Characteristics of C' and E_z for changing the incident direction

	φ [deg]	0 [deg]
E_x [V/m]	1.0	1.0
E_z [V/m]	0.3	0.7
C'	1.0	0.8

5. 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.