

高密度光直接記録用半球付きクロスアンテナの解析

Analysis of Cross Antennas with a Hemisphere for High-Density All-Optical Magnetic Recording

○高野祐太¹, 加藤司², 大貫進一郎³, 芦澤好人⁴, 中川活二⁴

*Yuta Takano¹, Tsukasa Kato², Shinichiro Ohnuki³, Yoshito Ashizawa⁴, Katsuji Nakagawa⁴

Abstract: Recently, all-optical magnetic recording with localized circularly polarized light has been proposed as a high-density and high-speed recording method. In this report, we analyze characteristics of the localized circularly polarized light generated by the cross antenna with a hemisphere for all-optical magnetic recording.

1. はじめに

高密度化と高速化を同時に実現できる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^{[1][2]}。本研究では電磁界シミュレーションにより光直接記録に用いるアンテナを設計し、局所的な円偏光の発生条件を検討する。

2. 解析方法

本研究では ADE-FDTD 法^[3]を用いて Figure 1 に示す半球付きクロスアンテナと粒子状記録媒体の電磁界解析を行う。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 方程式に電子の運動方程式である式(3)と、分極と電流を表す式(4), (5)を組み込み電磁界解析を行う手法である。

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

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

$$m \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} + m\nu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + m\omega^2 \mathbf{u} = q\mathbf{E} \quad (3)$$

$$\mathbf{P} = ANq\mathbf{u} \quad (4)$$

$$\mathbf{J} = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} \quad (5)$$

ここで m は電子の質量, \mathbf{u} は変位ベクトル, ν は衝突周波数, ω は共振周波数, \mathbf{E} は全電界, N は電子数, q は電子の電荷, \mathbf{P} は分極ベクトル, \mathbf{J} は電流ベクトルとする。

3. 解析結果

3. 1. 解析条件

Figure 1 に解析モデルを示す。図中の x -length はアンテナの x 方向の長さ, y -length は y 方向の長さ, θ は入射波の電界成分と x 軸の成す角である。入射波は波長 780 [nm], 振幅 1.0 [V/m], z 軸負方向に進行する平面波とする。アンテナの設計は粒子媒体を考慮しない場合と考慮する場

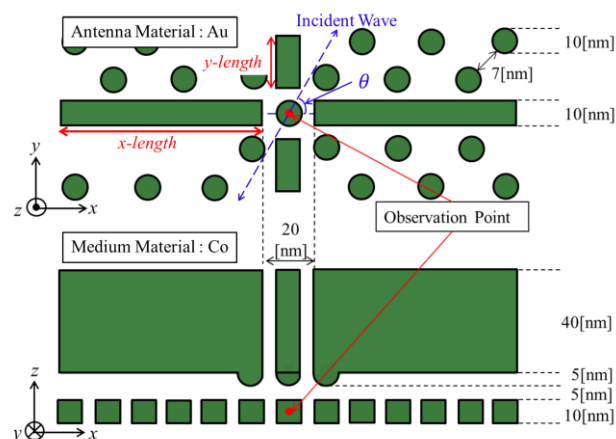


Figure 1. Computational model.

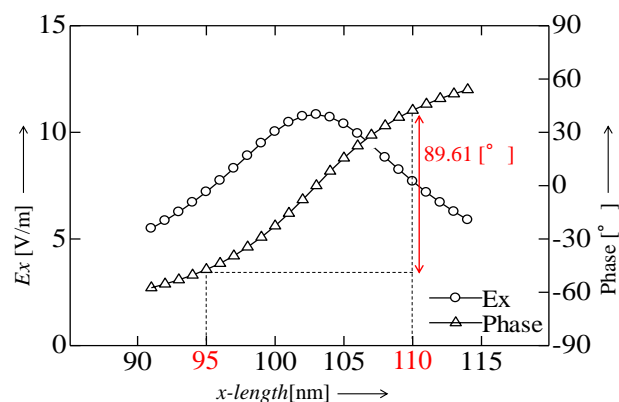


Figure 2. Characteristics between electric amplitude and phase. Recording medium is not considered.

合について行う。

3. 2. 粒子媒体を考慮しない場合

Figure 2 にアンテナの長さに対する電界の振幅とその時の位相の特性を示す。一方向の電界成分の特性を見るために y -length を 20 [nm], θ を 0 [°] に固定し, x -length を変化させる。得られた特性より 95 [nm] と 110 [nm] の組み合わせに対して位相差がほぼ 90 [°] となることが確認できる。円偏光生成の条件である E_x と E_y の位相差を 90 [°] とするため, x -length を 110 [nm], y -length を 95 [nm] と設定する。円偏光を生成するための θ は E_x 及び E_y の

振幅を揃えるため 46.9°]とする。

Figure 3(a)に得られた特性により設計した半球付きクロスアンテナの解析結果を示す。観測点において円偏光の生成が確認できる。

このアンテナ下部に粒子媒体を配置した場合の解析結果を Figure 3(b)に示す。アンテナと粒子媒体間の相互作用のため、観測点において楕円偏光の生成が確認できる。

3. 3. 粒子媒体を考慮した場合

Figure 4 にアンテナの長さに対する電界の振幅とその時の位相の特性を示す。円偏光を生成するための位相差 90°]に近い値の組み合わせとして 92 [nm] と 109 [nm] の組が存在する。 $x\text{-length}$ を 109 [nm] , $y\text{-length}$ を 92 [nm] , θ は E_x と E_y の振幅を揃えるため 56.8°]と設定する。

Figure 5 に得られた特性により設計した半球付きクロスアンテナの解析結果を示す。 Figure 5 (a)のように粒子媒体中の観測点において円偏光の生成が確認できる。

Figure 5(b)に次式で計算される円偏光度 C' [4]の粒子媒体中央断面における分布図を示す。

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

ここで 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。図より中心の粒子媒体のみに円偏光 ($C' \cong 1$)の生成が確認できる。

4. まとめ

半球付きのクロスアンテナの電磁界解析を行った。粒子媒体を考慮したアンテナ設計法により、媒体内部に局所的な円偏光の生成を確認した。

5. 謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究(C)No.22560349, カシオ科学振興財団研究助成, 及び、日本大学学術研究戦略プロジェクトの援助を受けて行われた。

6. 謝辞

[1] K. Nakagawa, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, A. Itoh and A. Tsukamoto : “Confined circularly polarized light generated by nano-size aperture for high density all-optical magnetic recording”, 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 : “All-Optical Magnetic Recording with Circularly Polarized Light”, Phys. Rev. Lett., Vol.99, No.4, 047601, 2007.

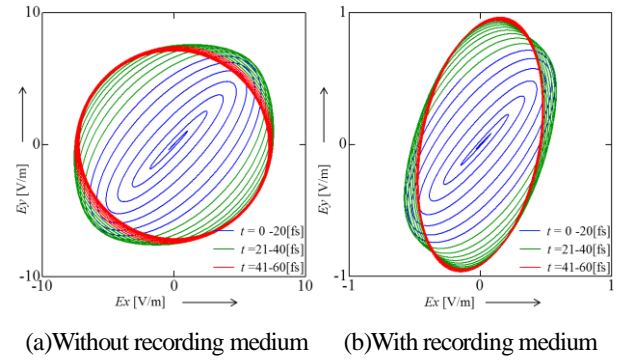


Figure 3. Lissajous curve.

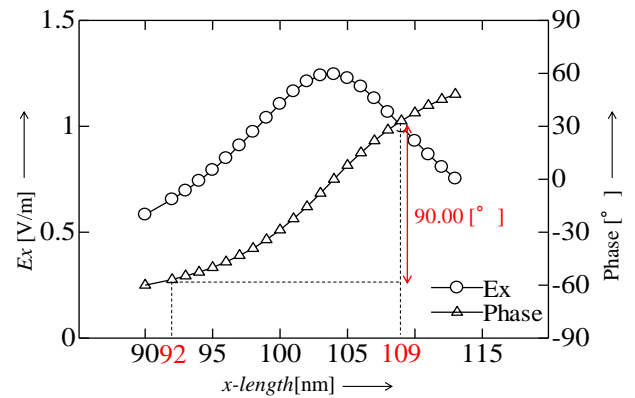


Figure 4. Characteristics between electric amplitude and phase. Recording medium is considered.

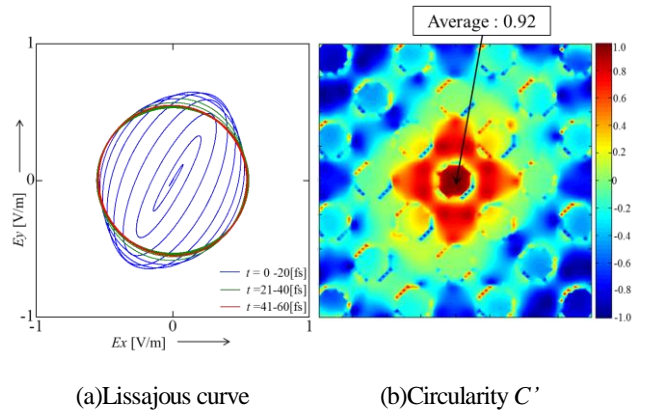


Figure 5. Circularity inside the recording medium.

[3] T. Yamaguchi, T. Hinata, “Optical near-field analysis of spherical metals : Application of the FDTD method combined with the ADE method”, Opt. Express, Vol.15, No.18, pp.11481-11491, 2007.

[4] P. Biagioni, J. S. Huang, L. Duo, M. Finazzi, and B. Hecht : “Cross Resonant Optical Antenna”, Phys. Rev. Lett., Vol.102, No.25, 256801, 2009.

[5] 高野祐太, 大貫進一郎 : 「磁気記録の高密度化及び高速化に向けたナノスケールアンテナの設計」, 電気学会 2012 第 3 回学生研究発表会, 3-7, 8 月, 2012.