

## 超高速磁気記録用プラズモニックアンテナの加工精度に対する特性評価 Characterization to Nano-Fabrication Accuracy of Plasmonic Antennas for Ultra High-Speed Magnetic Recording

○高野祐太<sup>1</sup>, 立澤圭輔<sup>2</sup>, 大貫進一郎<sup>3</sup>, 芦澤好人<sup>4</sup>, 中川活二<sup>4</sup>\*Yuta Takano<sup>1</sup>, Keisuke Tatsuzawa<sup>2</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>3</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>4</sup>, Katsuji Nakagawa<sup>4</sup>

Abstract: All-optical magnetic recording with circularly polarized light has attracted attention for next-generation ultra high-speed magnetic recording. We have designed plasmonic antennas to generate localized circularly polarized light for high-density all-optical magnetic recording. In this report, we propose plasmonic antennas with high-stability of magnetic recording and evaluate the antenna performance.

### 1. はじめに

次世代の超高速高密度な磁気記録方式として、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>[1-3]</sup>。著者らは局所的円偏光生成素子であるプラズモニックアンテナを設計し、光直接記録の高密度化を提案してきた<sup>[4]</sup>。本研究では優れた記録安定性を実現するための基礎検討として、加工時の形状誤差に対する記録安定性を向上できるアンテナを提案し、その性能を評価する。

### 2. 解析手法

本研究では ADE-FDTD 法<sup>[5]</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。

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

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

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

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

### 3. 解析結果

Fig. 1 に解析モデルを示す。図中のアンテナは、 $x$  方向及び  $y$  方向の長さを適切に選択し、アンテナ中央に位置する粒子媒体内部に円偏光を生成するように設計

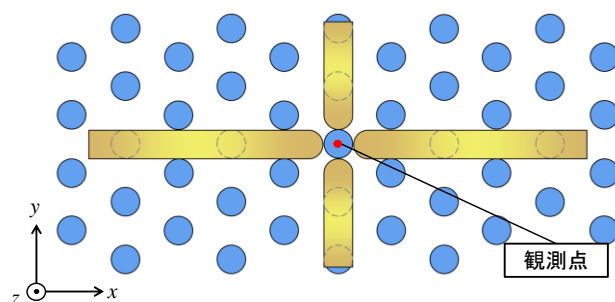
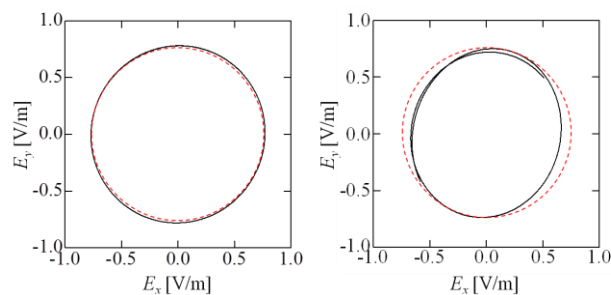


Figure 1. Computational model.



(a) Optimal length. (b) Not optimal length.

Figure 2. Lissajous curve at the observation point.

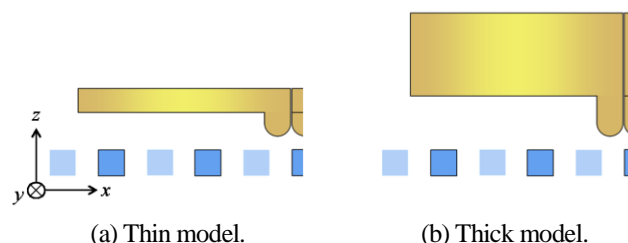


Figure 3. Two antenna models for investigating stability of all-optical magnetic recording.

した。粒子媒体は現行の磁気記録方式に対し、数倍程度の高密度化を実現するように配置とパラメータを選択した。入射波として  $z$  軸負方向に進行する平面波を仮定し、観測点はアンテナ中央に位置する粒子媒体の中心部とする。

Fig. 2(a) に定常状態における電界のリサージュ図を実践で示す。図中の破線で示す真円の軌跡と比較することで、観測点において円偏光が生成されている様子が確認できる。

Fig. 2(b) に  $y$  方向の長さを固定し、 $x$  方向の長さを微小変化したときの観測点における電界のリサージュ図を示す。アンテナの長さが微小変化すると、円偏光から楕円偏光へと変化することが確認できる。

次に寸法に対する記録安定性を検討するため、Fig. 3 に示すアンテナの厚みが(a)薄いモデルと(b)厚いモデルに対して解析を行う。

Fig. 4(a)はアンテナの薄いモデルに対して、 $x$ 、 $y$  両方向の長さを最適値から微小変化したときの観測点における電界のリサージュ図である。図より、円偏光の生成条件がアンテナの寸法に強く依存する為、記録安定性は低下することが確認できる。

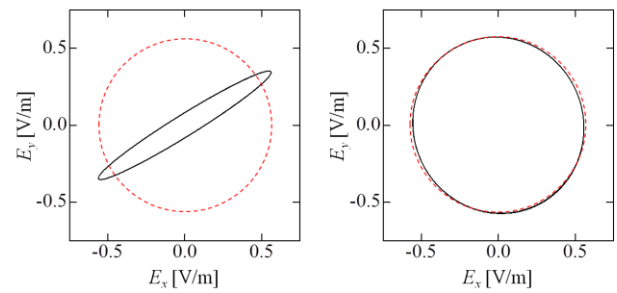
Fig. 4(b)はアンテナの厚いモデルに対して、 $x$ 、 $y$  両方向の長さを最適値から微小変化したときの観測点における電界のリサージュ図を示す。アンテナを厚くした場合は、長さが微小変化しても円偏光を保つことができる。以上の結果より、アンテナの厚みを増すことで、寸法に対する記録安定性を向上させることが確認できる。

#### 4. まとめ

プラズモニックアンテナの記録安定性の評価を行った。プラズモニックアンテナは円偏光生成条件がアンテナの寸法に強く依存することを明らかにした。また、アンテナの厚みを増すことで、寸法に対する記録安定性が向上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。



(a) Thin antenna.

(b) Thick antenna.

**Figure 4.** Lissajous curve when the antenna thickness is changed.

#### 6. 参考文献

- [1] 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, pp. 047601-1–047601-4, 2007.
- [2] K. Nakagawa, J. Kim, and A. Itoh : “Near-field optically assisted hybrid head for self-aligned plasmon spot with magnetic field”, *J. Appl. Phys.*, Vol. 99, pp. 08F902-1–08F902-3, 2006.
- [3] 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.
- [4] S. Ohnuki, T. Kato, Y. Takano, Y. Ashizawa and K. Nakagawa : “Characteristics of Localized Circularly Polarized Light for All-Optical Magnetic Recording —Field Distribution inside Particulate Media by Changing Antenna Position—”, 2013 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory, 21PM2B-04, pp.269-271, 2013.
- [5] T. Yamaguchi and T. Hinata : “Optical near-field analysis of spherical metals : Application of the FDTD method combined with the ADE method”, *Opt. Express*, Vol.15, pp.11481-11491, 2007.
- [6] Y. Takano, K. Tatsuzawa, S. Ohnuki, Y. Ashizawa and K. Nakagawa : “Design of Plasmonic Antennas for Ultra High-Speed Magnetic Recording —A Fundamental Study of the Magnetic Recording Stability for the Antenna Dimension—”, *Proceedings of the 2014 IEICE Society Conference*, C-1-4, pp.4, 2014.