L-51

# 光直接磁気記録用ナノアンテナの厚み変化に対する性能評価

# Performance Evaluation of Varying the Thickness of Nano-Antennas for All-optical Magnetic Recording

○呉迪<sup>1</sup>, 立澤圭輔<sup>2</sup>, 大貫進一郎<sup>3</sup> \*Di Wu<sup>1</sup>, Keisuke Tatsuzawa<sup>2</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>3</sup>

Abstract: The all-optical magnetic recording method was proposed for realizing faster magnetic recording. We designed nano-antennas to generate localized circularly polarized light for higher density systems. In this study, we will evaluate the intensity and circularity of the localized light for varying the the thickness of antennas.

1. まえがき

近年,磁気記録分野では,磁性材料の磁気共鳴によ る律速のため,記録速度が限界に達しつつある.更な る高速化を実現するために,円偏光照射のみで磁化反 転を制御する光直接磁気記録方式が提案されている <sup>[1]2]</sup>.著者らは本方式における高密度化を実現するため に、局所円偏光が生成可能なナノアンテナ及び粒子媒 体を設計してきた.本研究では,ADE-FDTD法を用い て電磁界解析を行い,光直接磁気記録用ナノアンテナ の厚み変化に対する性能評価を行う.

### 2. 解析手法

本研究は,超高速磁気記録を評価するため,時間応 答解析が重要である.時間領域のシミュレーションに 広く用いられる FDTD 法を利用して,光直接磁気記録 用円偏光をシミュレーションする.FDTD 法とは,式(1), (2)が示す Maxwell 方程式を空間,時間領域での差分式 で表現し,電界,磁界の計算を行う電磁界シミュレー ションである.

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

$$\nabla \times \mathbf{H} = \varepsilon_0 \, \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{J} \tag{2}$$

なお、本研究では金属の持つ周波数分散性を考慮す る必要がある.そのため、電流ベクトル及 J び分極ベ クトル P を示す式(3)、(4)を Maxwell 方程式に組み込ん だ ADE-FDTD 法<sup>[3]</sup>を用いて、計算を行う.

$$\mathbf{J} = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} \tag{3}$$

$$\mathbf{P} = Nq\mathbf{u} \tag{4}$$

ADE-FDTD法で求められた計算結果はストークスパ ラメータである電界強度 *I*, 円偏光度 *C*<sup>44</sup>を示す式(5), (6)より評価する.



Fig.1 Computatinal model of nano-antenna and particle media

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

$$I = \left\langle E_x^2(t) \right\rangle + \left\langle E_y^2(t) \right\rangle + \left\langle E_z^2(t) \right\rangle \tag{6}$$

3. 解析結果

Fig.1 に解析モデルを示す. ナノアンテナと粒子媒体の材質はそれぞれ金及びコバルトを用いた. ナノアン テナのx, y, z方向の長さをxlength, ylength, zlength とする. 各アンテナパラメータは, 厚みzlength を 40 nm 及び 80 nm の 2 通りに設定し, 円偏光が生成可能な パラメータをシミュレーション設計により求めた. 粒 子媒体は 2 Tbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を実現するため, 半径 5 nm, 厚み 10 nm の円柱を間隔が 10 nm の正六方形配 置した. 入射光の偏光方向と x 軸の成す角を θ とし, 波長 780 nm, 振幅 1.0 V/m, z 軸の負方向に伝搬する直 線偏光を用いる. 観測点はアンテナ中央粒子媒体中心,

<sup>1:</sup>日大理工・学部・電気 2:日大理工・院(前)・電気 3:日大理工・教員・電気

観測面は粒子媒体中央断面とする.

指向性に対する性能評価を行うため、電界強度を調 査する. Fig. 2(a)に z length = 40 nm の場合、観測面に おける電界強度分布を示す. 目標とするアンテナ中央 粒子媒体の平均電界強度は 1.112 (V/m)<sup>2</sup>を示し、他の粒 子媒体が示す 0.580 (V/m)<sup>2</sup>に比べて高い値を確認した. Fig. 2(b)に z length = 80 nm の場合、観測面における電 界強度分布を示す. アンテナ中央粒子媒体の平均電界 強度は 0.700 (V/m)<sup>2</sup>を示し、他の粒子媒体が示す 0.639 (V/m)<sup>2</sup>に比べて高い値を確認した. Table 1 に各アンテ ナ厚みにおける電界強度及び隣接した粒子媒体に対し て目標とする粒子媒体の電界強度比を示す. z length = 40 nm の方が電界強度比が高く、指向性が優れている ことを確認した.

次に、アンテナの長さ変化に対する性能評価を行う ため、電界のリサージュ図及び円偏光度を調査する. *x length* を最適なパラメータに対して 5 nm 変化させる. Fig.3(a)に*z length* = 40 nm の場合、観測点における電 界のリサージュ図を示す.黒が示す最適なパラメータ では円を描いているが、赤が示す 5 nm 変化させたパラ メータでは楕円を描いている. Fig.3(b)に*z length* = 80 nm の場合、観測点における電界のリサージュ図を示す. 赤が示す 5 nm 変化させたパラメータでは楕円を描い ているが、*z length* = 40 nm と比べて、変化は小さい. Table 2 に各アンテナ厚みにおける円偏光度を示す.ア ンテナ厚みが 80 nm の場合、アンテナ長さの変化に対 して円偏光度の変化がより小さい.以上より、*z length* = 80 nm の方がアンテナ長さの変化に対する生成光への 影響が小さいことを確認した.

# 4. まとめ

ナノアンテナによる生成された光の電磁界シミュレ ーションを行い,アンテナ厚みの変化に対してアンテ ナの性能評価を行った.アンテナ厚みが=40 nm のとき, 生成光の指向性が優れていることを確認した.アンテ ナ厚み=80 nm のとき,アンテナ長さの変化に対する生 成光への影響が小さいことを確認した.

### 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.



(a) z tengin - 40 mm (b) z tengin - 80 mm**Fig.2** Intensity *I* of electric field on the observation plane.

Table 1 Intensity I for varying z length

<i>z length</i> position	40 nm	80 nm
Target medium	$1.112 (V/m)^2$	$0.700 (V/m)^2$
Adjoin medium	$0.580 (V/m)^2$	$0.639 (V/m)^2$



Fig.3 Lissajous curve of the electric field at the observation point

Table 2 Circularity C' for varying z length

z length x length	40 nm	80 nm
Optimized	1.00	1.00
Optimized + 5 nm	0.97	0.83

## 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] S. Ohnuki, T. Kato, Y. Takano, Y. Ashizawa, and K.Nakagawa, Radio Science, Vol.50, pp.29-40, 2015.

[3] 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.

[4] T. Yamaguchi and T. Hinata, Opt. Express, Vol. 15, pp. 11481-11491, 2007.

[5]呉迪,大貫進一郎:「局所円偏光を用いた超高速磁気 記録方式の安定性検討」,電気学会2015 第6回学生研 究発表会,8-3,8月,2015.