

M-26

熱アシスト記録基礎検討のための近接場アンテナ積層構造における熱伝導解析

Fundamental Study of Thermally Assisted Recording by Heat Conduction Analysis using Stacked Optical Near-Field Antenna

○野崎瑛¹, 太田武志², 長勇次², 田尻集², 芦澤好人³, 中川活二³, 伊藤彰義³

*Akira Nozaki¹, Takeshi Ota², Yuji Osa², Atsumu Tajiri², Yoshito Ashizawa³, Katsuji Nakagawa³, and Akiyoshi Itoh³

Abstract: Electrical intensity and heat conduction were analyzed using a continuously stacked structure of a plasmon antenna and a magnetic medium with a dielectric substance Si₃N₄. The optimized plasmon antenna length is changed to 300 nm with a Si₃N₄ layer from 200 nm without the Si₃N₄ layer. Difference of medium temperature is within 6% between a conventional antenna-medium structure and this stacked structure. The results propose the stacked structure is promising for fundamental experiment of thermally assisted recording.

1. はじめに

数 Tbit/inch²以上の超高密度磁気記録の手法として熱アシスト磁気記録方式 (Thermally Assisted Magnetic Recording : TAMR) [1] が注目され研究が活発に行われている。我々は TAMR の実現に向けて、ガラススライダ上に作製したプラズモンアンテナを記録媒体表面で操作させて記録実験を行ってきた[2]。その際、記録時のアンテナと記録媒体との接触により記録媒体が損傷し記録マークの確認が困難になることが問題となった。そこで、近接場光による記録マーク及びプラズモンアンテナによる加熱位置の確認を行うことを目的とした実験モデルとして、プラズモンアンテナを記録媒体上に直接作製する記録実験を行う方法を考案した。この方法ではアンテナと媒体間の距離 (Flying Height: FH) の代わりに誘電体層として Si₃N₄ (5 nm) を配置している。そこで、誘電体層による影響を調べるために電磁界解析、熱伝導解析を行った。

2. アンテナ積層構造の解析モデル

Si₃N₄ が近接場光に及ぼす影響を調べるために媒体表面における電磁界解析と媒体内部における熱伝導解析を行った。電磁界解析には Finite-Difference Time-Domain (FDTD) 法及び熱伝導解析には ADI 法[3]を用いた。シミュレーションモデルを Fig. 1 に示す。光源の設定は、光源波長をλ = 780 nm とし、ガウス分布の円光源とした。SiO₂ 基板 (3 μm) 上の Co (20 nm) を磁性媒体とし、誘電体層として Si₃N₄ (5 nm) を磁性媒体上に配置した[4]。また、比較として誘電体層のない場合も併せて検討を行った。アンテナ構造は、アンテナ長手方向長さ L, 先端曲率半径 R = 25 nm, 厚さ 35 nm の三角形状とし、Si₃N₄ 上に配置した。アンテナ長手方向長さ L は 200 – 400 nm の範囲で変化させた。電界強度はプラズモンアンテナから媒体側に 4 nm 離れた位置で評価した。アンテナの材料には Au を用いた[4]。熱源パワー (I) は、FDTD 法の解析から得られた電界強度(E²)を用いて次式より算出した。

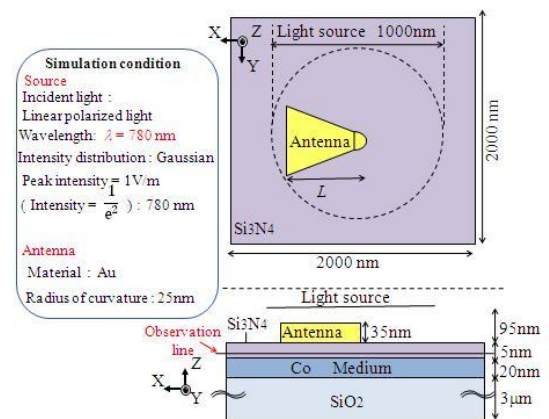


Fig. 1 Simulation model

アンテナの材料には Au を用いた[4]。熱源パワー (I) は、FDTD 法の解析から得られた電界強度(E²)を用いて次式より算出した。

$$I [W] = \frac{\pi}{16} \epsilon_0 c w_x w_y |E|^2, \dots \dots \dots (1)$$

ここで ε₀, c, w_x, w_y はそれぞれ、真空の誘電率, 光速, ガウス分布幅 (X, Y 方向) を表す。本解析では、熱源パワーを 1 mW と設定し解析を行った。温度分布解析は Co 磁性層 10 nm の位置で評価を行った。

3. アンテナ積層構造における電磁界解析

まず、これまで我々が検討してきたプラズモンアンテナを媒体から浮上させた方式における誘電体層の影響を調査した。プラズモンアンテナの長手方向長さを L = 200 nm とした。Si₃N₄ 誘電体層の有無による電界強度分布の変化を Fig. 2

1 : 日大理工・学部・子情, 2 : 日大理工・院・電子, 3 : 日大理工・教員・子情

に示す. 誘電体層配置時のピーク電界強度は 30 (V/m)^2 程度となっており, 配置していない場合に比べピーク電界強度が 45 % 減衰している. またアンテナ後方がアンテナ先端部と同程度まで電界強度が上昇しており記録時にアンテナ後方の情報が消えてしまう可能性がある. さらに, ピーク電界強度の位置がアンテナ先端部より後方に移動しており, Si_3N_4 上にアンテナ配置した影響によりアンテナ構造の最適条件が変化していると考えられる. これは, Au アンテナの隣接材料が真空から Si_3N_4 誘電体層へと変わったことにより, プラズモン共鳴条件が変化したためだと推測される.

そこで, アンテナ構造の最適化を行う為, アンテナ長手方向長さ L を 200 から 400 nm と変化させ解析を行った. アンテナ長手方向長さ L を変化させたときの電界強度分布を Fig. 3 に示す. アンテナ長手方向長さを $L=200 \text{ nm}$ から 300 nm へと増大させることにより, 電界強度を 32 % 上昇させ, さらにアンテナ先端部とアンテナ後方の電界強度の差を約 30 % まで増加させることに成功した.

4. 媒体内部における熱伝導解析

最適化したアンテナ長さ $L = 300 \text{ nm}$ を用いた電界強度の解析結果から熱伝導解析を行い, 誘電体層のない場合との比較を行った. レーザー照射後 1 ns 経過後の媒体内部の温度分布を Fig. 4 に示す. 誘電体層のない場合には, その時の最適アンテナ長の $L = 200 \text{ nm}$ を用いている. 誘電体を配置した場合においても, 温度分布に大きな変化は観測されなかった. 誘電体を配置しない場合と比較し, アンテナ先端部の温度の低減はわずかに 6% 程度による熱伝導への影響が少ないことがわかる.

5. まとめ

熱アシスト磁気記録の実証実験の手法として, アンテナ-媒体間に誘電体 Si_3N_4 層を挿入するアンテナ積層構造モデルによる記録実験について検討を行った. 電磁界解析の結果から Si_3N_4 層により共鳴条件が変化し, アンテナ長手方向長さ $L = 300 \text{ nm}$ がこのアンテナ構造に適することがわかった. 最適なアンテナ長手方向長さの熱伝導解析の比較から Si_3N_4 による熱伝導の影響は少ないと考えられる. これらの結果から $L = 300 \text{ nm}$ にすることでアンテナ積層構造で熱アシストによる記録実験が有効的に行えると考えられる.

6. 謝辞 本研究の一部は, 科学研究費基盤研究(C) No.20560337 及び日本大学学術研究助成金 (総合) 総 10-008 による助成を受け行ったものである.

7. 参考文献

[1] J. J. M. Ruigrok, R. Coerhoorn, S. R. Cumpson and H. W. van Kesteren: *J. Appl. Phys.*, **87**, 5398 (2000).
 [2] N. Mori, J. Kim, K. Nakagawa and A. Itoh: *MORIS2006WS WeX-03* (2006).
 [3] W. Odajima, F. Tawa and S. Hasegawa: "Optical and Thermal Simulator for Laser-assisted Magnetic Recording", *Opt. Rev.*, Vol.14, No.4, pp.180-185(2007-8)
 [4] Edward D. Paik ed.: *Handbook of Optical Constants of Solids I*, p. 365, and *II*, p. 444 (Academic Press, San Diego, 1998).

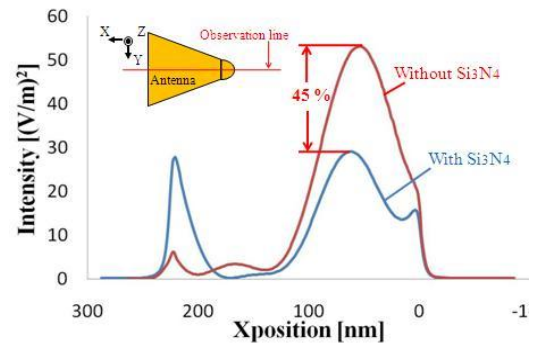


Fig. 2 Influence of Si_3N_4 layer on the electrical intensity distribution using antenna with $L = 200 \text{ nm}$

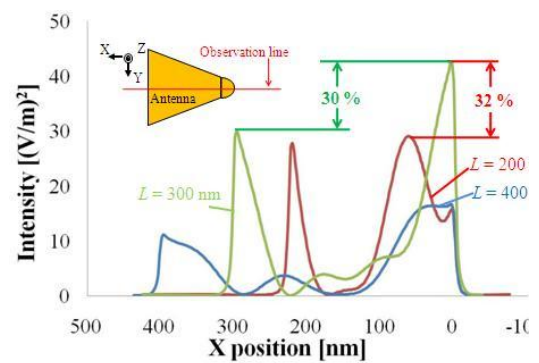


Fig. 3 Intensity changes against antenna length, L , using Si_3N_4 layer. L is varied from 200 to 400 nm.

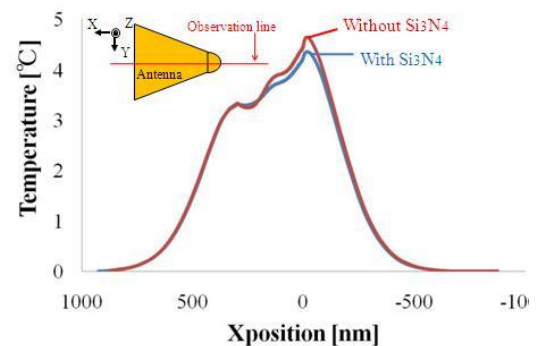


Fig. 4 Temperature distribution of Co medium. Antenna lengths are 300 nm using medium with Si_3N_4 layer and 200 nm using medium without Si_3N_4 layer.