

## フェムト秒パルスレーザーによる局所プラズモン効果を用いた熱アシスト磁気記録

## Thermally Assisted Magnetic Recording Applying Localized Plasmon Effect with Femto Second Laser Pulse

○眞野敬史<sup>1</sup>, 吉川大貴<sup>1</sup>, 羽柴秀臣<sup>4</sup>, 芦澤好人<sup>2</sup>, 塚本新<sup>2</sup>, 佐々木有三<sup>5</sup>,  
齊藤伸<sup>5</sup>, 高橋研<sup>5</sup>, 大貫進一郎<sup>3</sup>, 中川活二<sup>2</sup>

\*Hiroshi Mano<sup>1</sup>, Hiroki Yoshikawa<sup>1</sup>, Hideomi Hashiba<sup>4</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>2</sup>, Arata Tsukamoto<sup>2</sup>, Yuzo Sasaki<sup>5</sup>  
Shin Saito<sup>5</sup>, Migaku Takahashi<sup>5</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>3</sup> and Katsuji Nakagawa<sup>2</sup>

Abstract: Thermally Assist Magnetic Recording (TAMR) is one of the methods which enables ultra high density recording for Hard Disk Drive. We fabricated plasmon antennas on magnetic medium to generate near-field light as well as to understand fundamental recording capability by ultra short time heating for TAMR. We prepared square plasmon antennas made of gold over a magnetic recording film ( $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}\text{-SiO}_2$ ) with a dielectric  $\text{SiN}$  layer which is located between the antennas and the recording film. We successfully confirmed that smallest written magnetic domain of  $62 \text{ nm} \times 67 \text{ nm}$  at the edge of the antenna were observed by Magnetic Force Microscope after recording with the antenna.

## 1. はじめに

近年、磁気記録の高密度化の手法として近接場光を利用した熱アシスト磁気記録に注目が集まっている。この手法は近接場光発生素子であるプラズモンアンテナを用いることで、光の回折限界を超えた微小領域で磁気記録が可能となる。これまで我々は、アンテナ自身による加熱効果を評価するために、記録媒体上に棒状のプラズモンアンテナを直接積層した構造、および媒体への熱拡散を防ぐためにパルス幅がフェムト秒の超短パルスレーザーを用いる記録により  $166 \text{ nm} \times 120 \text{ nm}$  の反転磁区の形成を達成している<sup>[1]</sup>。しかし、アンテナ周りにも記録磁区が存在し、近接場記録の確たる実証は出来ておらず、さらに数  $\text{Tbit/inch}^2$  の高密度磁気記録を実現するためには、さらに微小な磁化反転磁区の形成が必要である(Fig. 1)。そこで本稿では従来のアンテナよりも記録媒体への加熱効率が高い四角形型アンテナを用いた近接場光記録によって局所記録磁区が生成できた事を示す。

## 2. 四角形アンテナのシミュレーション解析

記録媒体上に積層する正方形アンテナの媒体内部の熱伝導解析を行った<sup>[2]</sup>。四角形アンテナ形状は、アンテナ先端部の形状をより先鋭に加工しやすく、また記録時にレーザーの電界振動方向に依存した磁区の発生を期待した。計算モデルは  $\text{SiO}_2$  基板、 $\text{Co}$  を磁気記録層、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  を保護層とし、その上に厚さ  $30 \text{ nm}$ 、一辺  $600 \text{ nm}$  の正方形  $\text{Au}$  プラズモンアンテナを積層した。この時、パルス幅  $90 \text{ fs}$ 、真空波長  $780 \text{ nm}$ 、強度が  $1 \text{ V/m}$  で一様な強度分布を有する円形の光を照射した際の媒体温度分布の結果を Fig. 2に示す。アンテナ先端部での媒体の加熱効率は  $5.82$  倍となり、棒状アンテナよりも  $3$  倍程度高くなる<sup>[2]</sup> ことが分かった。

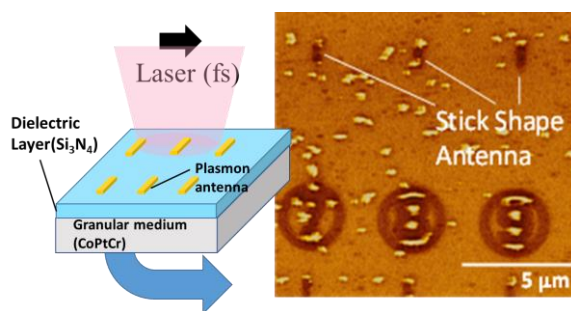


Fig. 1 Schematic diagram of the experiment structure and the magnetic domains after 90 fs laser pulse train was exploded over the recording film<sup>[1]</sup>.

1 : 日大理工・院(前)・電子 2 : 日大理工・教員・電子 3 : 日大理工・教員・電気 4 : 日大・教員・量科研

5 : 東北大学

### 3. 実験試料の作製

本実験では 600 nm を含む 100 nm~1  $\mu\text{m}$  の 1 辺を有する正方形アンテナの作製を行った。正方形アンテナは電子線描画を用いたリソグラフィによるリフトオフ法で作製した。アンテナの下地基板は Si 基板上に磁性媒体として  $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}$  グラニューラ膜を積層し、媒体上に  $\text{Si}_3\text{N}_4$  誘電体層を 3 nm 積層したものをを用いた。アンテナとして成膜する金属は接着層として AuGe を 5 nm, その上から Au を 25 nm 積層した。

### 4. フェムト秒パルスレーザによる熱アシスト磁気記録

作製した四角形アンテナを用いてフェムト秒パルスレーザによる熱アシスト磁気記録を行った。記録動作前に記録媒体の磁化特性を計測した(Fig. 3)。その結果から飽和磁界  $H_s$  以上である 10 kOe の磁界を試料に印加し磁化を一方向に飽和させ、次に飽和した方向と逆方向に室温での反転核生成磁界  $H_N$  以下である 300 Oe の磁界を印加した状態でレーザを照射した。レーザの条件をパワー 0.77 mW, パルス幅 90 fs, 繰り返し周波数は 1 kHz としアンテナ群に対してレーザを走査した。その後、アンテナ周囲の表面磁区像を磁気力顕微鏡により観察した。磁区像を Fig. 4 に示す。ここでレーザの電界振動方向は両矢印で示している。Fig. 4 の中央に示す四角形が作製したアンテナであり、周囲にランダムな磁区ドメインは存在しない。アンテナの先端部で磁区サイズ  $67 \times 62 \text{ nm}^2$  の微小記録磁区を確認した。

### 5. まとめ

フェムト秒パルスレーザを用いた近接場光による微小記録磁区を形成するために、媒体の加熱効率がよく、電界振動方向に依存した反転磁区が得られる事を期待し四角形アンテナの製作を行った。フェムト秒パルスレーザによる熱アシスト磁気記録の結果、レーザの電界振動方向に依存した方向のアンテナ先端部に磁区サイズ  $67 \times 62 \text{ nm}^2$  の微小記録磁区を確認した。

### 6. 参考文献

- [1] K. Nakagawa, Y. Osa, A. Tajiri, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, Y. Sasaki, S. Saito, M. Takahashi, and A. Itoh: "Thermally Assisted Magnetic Recording Applying Optical Near Field with Ultra Short-Time Heating", J. Magn. Soc. Jpn., **36**, 58-61 (2012).
- [2] 林慶彦, 田村京介, 眞野敬史, 芦澤好人, 大貫進一郎, 中川活二, 日本磁気学会学術講演概要集, Vol.37, P18. (2013)

謝辞 本研究の一部は平成 25~28 年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 (S1311020), 情報ストレージ研究推進機構の助成を受けて行った。

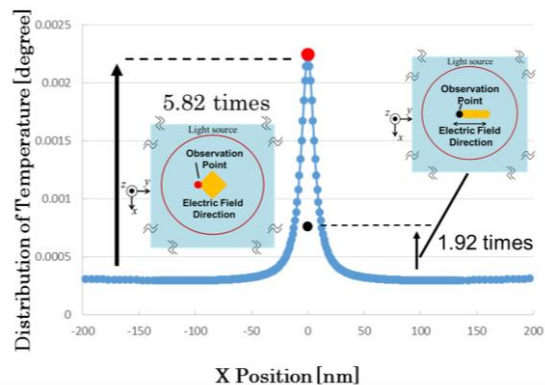


Fig. 2 Calculated result for Temperature of thermal diffusion [2].

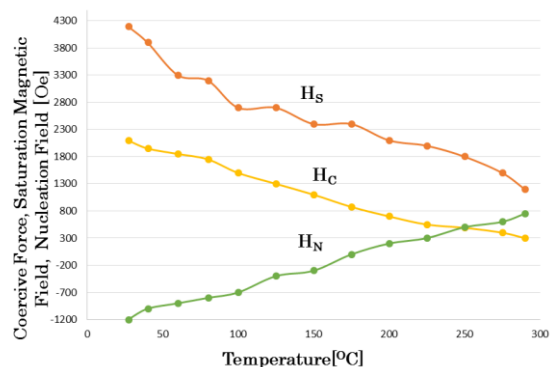


Fig. 3 Magnetic properties of coercive force  $H_c$ , saturation field  $H_s$ , and nucleation field  $H_N$  of a  $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}\text{-SiO}_2$  recording film.

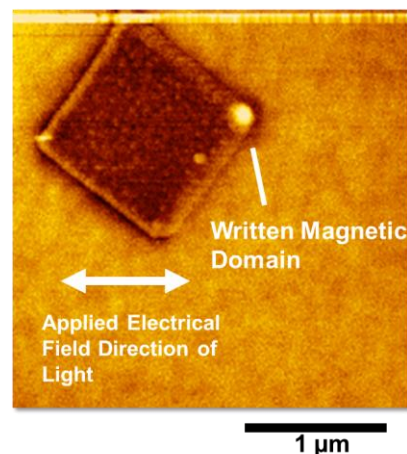


Fig. 4 Observation of the magnetic domain after thermal recording.