

M-21

グラニューラ媒体上に直接積層したアンテナを用いた熱アシスト記録実験

Test Method for Thermally Assisted Magnetic Recording by Plasmon Antenna Stacked on Granular Medium

○田尻集¹, 長勇次¹, 芦澤好人², 中川活二², 大貫進一郎³, 佐々木有三⁴, 斉藤伸⁴, 高橋研⁴, 伊藤彰義²
 Atsumu Tajiri¹, Yuji Osa¹, Yoshito Ashizawa², Katsuji Nakagawa², Shinichiro Ohnuki³, Yuzo Sasaki⁴, Shin Saito⁴,
 Migaku Takahashi⁴, Akiyoshi Itoh²

Abstract: To achieve magnetic recording density in excess of Tbit/inch², we focused on thermally assisted magnetic recording. We proposed a new test method to analyze thermal effect of the plasmon antenna. We fabricated the plasmon antenna on the granular medium and silicon nitride dielectric layer was placed between the antenna and the film. It was revealed that the written magnetic domains below the surface of the plasmon antennas were observed by a magnetic force microscope.

1. はじめに

数 Tbit/inch² 以上の高密度磁気記録手法として熱アシスト磁気記録が注目されている。しかし、熱アシスト磁気記録時のアンテナ - 媒体間距離や、アンテナ加熱位置が記録磁区形状に及ぼす影響を実験的に示すことは困難である。そこで本稿では、効率的に近接場光加熱による記録を評価する手法として、誘電体層を介して記録媒体上に直接積層した近接場光アンテナを用いた熱アシスト磁気記録手法を検討した。

2. 実験方法

記録媒体上に直接積層したアンテナの試料構造を Fig. 1 に示す。本試料構造では、Si₃N₄ 誘電体層の膜厚によってアンテナと記録媒体との距離を正確に制御可能である。また、グラニューラ媒体の磁区から発生する漏れ磁束を磁気力顕微鏡 (MFM) により観測する事でアンテナの加熱位置を実験的に評価可能である。磁性媒体として作製プロセスが確立している Co-Pt-Cr-SiO₂ 媒体に着目し、磁気特性から磁性相の組成を Co₅₅Pt₃₀Cr₁₅ に決定した^[1]。グラニューラ媒体上に Si₃N₄ 誘電体層を 3 nm 積層し、その上にアンテナを積層した。アンテナは三角形状及び棒状の二種類のアンテナを作製した。

3. 記録媒体上に直接積層したアンテナ

電子線リソグラフィを用いたリフトオフ法を用いプラズモンアンテナを作製した。照射電流値は 30 mA 一定とし照射時間を変化させ複数のアンテナを作製した。Fig. 2 (a) に媒体上に直接積層した三角形状アンテナの SEM 像を示す。Fig. 2 (a) に示した 100 μm 四方の領域にアンテナを長手方向長さ 200 ~ 1000 nm の間で変化して 400 個作製した。最も先端が鋭利なアンテナの先端曲率半径は 28 nm であった。

更に、電子線リソグラフィにおいて露光に寄与するレジスト内部の二次電子拡散による露光パターン拡大の抑制を期待し、棒状アンテナを試作した。50 μm 四方の領域に、幅 50 nm、長手方向長さ 200 ~ 1000 nm の棒状アンテナを計 90 個作製した。Fig. 2 (b) に作製した棒状アンテナの SEM 像を示す。アンテナ先端曲率半径 120 nm、アンテナ長手方向長さ 630 nm のアンテナを作製した。アンテナ先端曲率半径、及びアンテナ長手方向長さ共に照射した電子線の領域よりも約 50 ~ 130 nm 広がったアンテナが作製おり、今回の試作条件においては、照射電子線量が過多であったと考えられる。今後は電子線照射量を減少し、電子線レジスト面内の描画範囲の拡散を抑え、先鋭なアンテナを作製することが必要である。

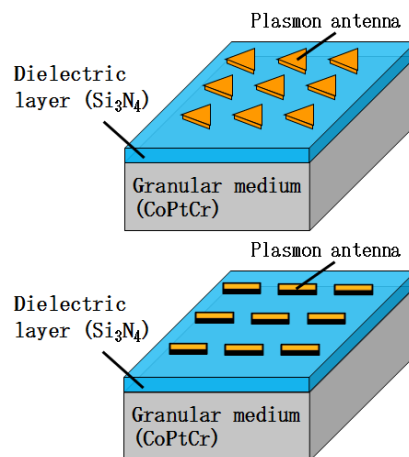


Fig. 1 Plasmon Antennas stacked on a granular medium.

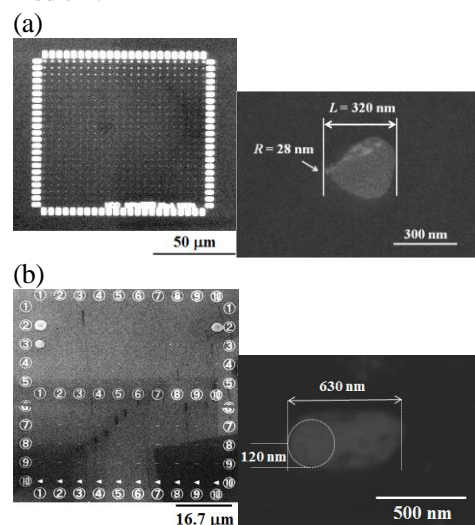


Fig. 2 SEM images of fabricated antennas on the medium. (a) shows triangula shape and (b) shows stick type.

4. 熱磁気記録による記録条件の決定

まず, アンテナを用いる前に熱磁気記録により本グラニューラ媒体のレーザパワーに対する記録の閾値を検討した. 飽和磁界 H_S 以上である 10 kOe の磁界を試料に印加して一方向に飽和させた. 次に, 飽和させた方向と逆方向に, 反転核生成磁界 H_N 以下である 700 Oe の磁界を印加した. 波長 780 nm のレーザをスポットサイズ 1 μm , パルス幅 10 μs , 及び 1 μs として照射した. アンテナを用いない熱磁気記録後の MFM 像を Fig. 3 に示す. Fig. 3 (a) に示すパルス幅 10 μs 及び Fig. 3(b) に示すパルス幅 1 μs のいずれの条件においても, 記録パワー 10 mW 以下では記録磁区が観測されないことを確認した^[2].

5. 記録媒体上に直接積層したアンテナを用いた熱アシスト磁気記録

次にグラニューラ媒体上に直接積層した複数のアンテナを用い, 熱アシスト磁気記録を行った. まず, 膜面垂直方向に 10 kOe の磁界を印加し, 媒体の磁区を一軸方向に磁化し, 初期化した. 次に初期化方向と逆方向に磁界 700 Oe を印加した状態で, レーザを作製したアンテナ 100 μm 四方の領域に隙間無くスキャンした. パルス幅は 10 μs , 記録パワーを 7.5 mW 及び 9.4 mW とし, アンテナ無しで記録が行われぬ条件に設定した. 積層した三角アンテナを用いた記録実験後の MFM 像を Fig. 4 に示す. 像中央の輝度が低い三角形状の領域はアンテナが存在する領域である. (a) に示す記録パワー 7.5 mW の時にはアンテナ周辺に磁化反転領域は観測されない. これは照射レーザのパワーが低く, プラズモン共鳴による光強度増大を考慮しても記録パワーが不足したためと考えられる. 一方, (b) に示す記録パワー 9.4 mW の時にはアンテナ周辺に磁化反転に相当する高い輝度の領域を観測した. 反転磁区はアンテナ周囲から広がっており, 近接場光及びレーザの熱が記録媒体面内で拡散した影響が現れたと考えられる.

同様に, 棒状のアンテナを用い熱アシスト磁気記録実験を行った. 記録条件は, 短パルス化によるレーザの熱拡散による記録磁区増大の抑制を期待し, パルス幅を 1 μs に固定しレーザパワー 14 mW とした. Fig. 5 に記録動作後のアンテナ周囲の磁気像(a) 及び凹凸像(b) を示す. パルス幅 1 μs の条件においても, 反転磁区領域はアンテナ周囲から広がっており, 記録媒体面内の熱拡散の影響が現れたと考えられる. 今後は ps オーダーの短時間加熱による記録を行い, 面内の熱拡散が生じる前に急峻な熱勾配を発生する事で近接場効果による微小記録磁区の形成を行う.

6. まとめ

近接場光による光強度増強効果を評価する手法として, 記録媒体上に積層したアンテナを用い熱アシスト実験を行った. 三角形状, 棒状共にアンテナ周囲にのみ反転磁区を確認した. この反転磁区領域は, 記録媒体面内の熱拡散の影響により広がる傾向であると考えられる. 今後は ps オーダーの短時間加熱による記録を行い, 面内の熱拡散が生じる前に急峻な熱勾配を発生する事で近接場効果による微小記録磁区の形成を行う.

7. 謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究 (C) No. 23560413, 情報ストレージ研究推進機構, 及び日本大学 N. 研究プロジェクトの助成を受けて行った.

8. 参考文献

- [1] Shintaro Hinata, Shin Saito, and Migaku Takahashi : J. Magn. Soc. Jpn., Vol.34, No.3, pp214-219, 2010.
 [2] Katsuji Nakagawa, Yuji Osa, Atsumu Tajiri, Yoshito Ashizawa, Shinichiro Ohnuki, Yuzo Sasaki, Shin Saito, Migaku Takahashi, and Akiyoshi Itoh: "Test Method for Thermally Assisted Magnetic Recording Applying Surface Plasmon Antennas Stacked on Magnetic Layer" J. Magn. Soc. Jpn., (Accepted).

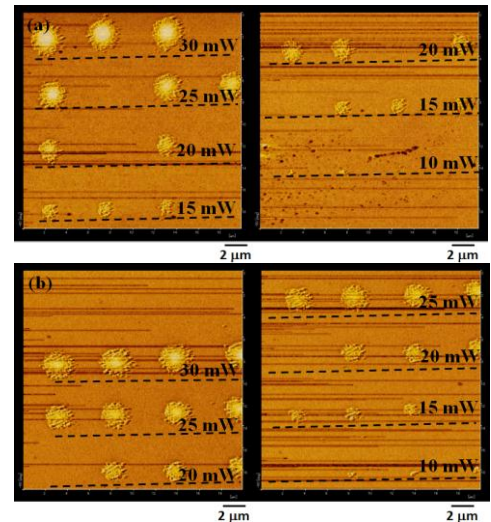


Fig. 3 MFM images of written magnetic marks on a $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}$ medium by thermo-magnetic recording. Laser pulse is (a) 10 μs and (b) 1 μs .

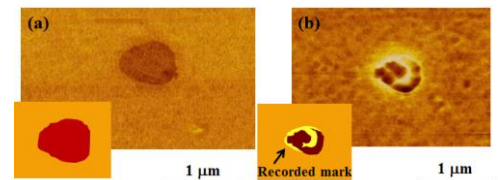


Fig. 4 MFM images of written magnetic marks by thermally assisted magnetic recording. Laser power is (a) 7.5 mW and (b) 9.4 mW.

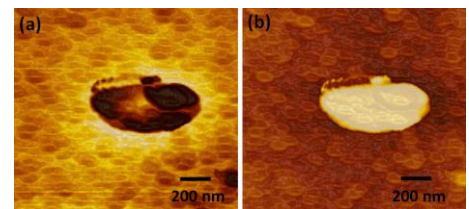


Fig. 5 (a) MFM image and (b) AFM image of plasmon antenna fabricated on the medium after recording.