

## 熱アシスト磁気記録における記録媒体への高強度近接場光伝搬

## Propagation of high intensity optical near field to media for heat assisted magnetic recording

○林慶彦<sup>1</sup>, 芦澤好人<sup>2</sup>, 大貫進一郎<sup>3</sup>, 中川活二<sup>2</sup>\*Yoshihiko Hayashi<sup>1</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>2</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>3</sup>, and Katsuji Nakagawa<sup>2</sup>

We have studied a plasmonic waveguide for heat assisted magnetic recording, which can increase magnetic recording density. This method needs to concentrate light into a small area around 10 nm in diameter of a recording magnetic film, and to heat this area. It is a serious problem to heat the recording film without heating the tip of a plasmonic waveguide. To avoid heating the tip, we studied about achieving higher energy transfer conditions by 1) plasmon resonance between the tip of plasmonic waveguide and magnetic media, and by 2) an effect of lower flying height, which is the distance from the tip to magnetic media. Higher efficiency of energy transfer from the tip to magnetic films can be achieved by lower flying height, even though it was difficult to increase the efficiency of energy transfer by controlling plasmon resonance between the tip and the magnetic films.

## 1. 背景

世界中で扱われる情報が增加する中、情報記録メディアの高記録密度化が必須となりつつある。我々は磁気記録密度の増大のために次世代の磁気記録方式である熱アシスト磁気記録を検討している。磁気記録密度 4 Tbit/inch<sup>2</sup> を実現するために熱アシスト磁気記録では約 10 nm × 10 nm の領域に光を集光し、媒体を加熱することが求められている。我々はこの光の回折限界以下の領域への集光のためにプラズモニック導波路先端部に励起する近接場光を用いることを検討している。ここで、この構造により記録媒体表面を加熱すると、プラズモニック導波路先端部に集中した光のエネルギーにより、記録媒体よりもアンテナが加熱されてしまうことが問題となっている。プラズモニック導波路先端部ではなく記録媒体表面にエネルギーが収束するためには、効率よく先端部のエネルギーを記録媒体側へ伝送する構造を検討する必要がある。今回、記録媒体表面にプラズモン共鳴を誘起するための金属を積層し、プラズモニック導波路先端部と記録媒体表面の近接場光が共鳴する条件について検討したこと、およびプラズモニック導波路先端と記録媒体間距離を近づけることにより、高い強度の近接場光が記録媒体へ伝搬することについて報告する。

## 2. プラズモニック導波路

磁気ヘッドにプラズモニック導波路を組み込んだ構造を Figure 1 に示す。プラズモニック導波路は光が光源から伝搬するための構造として、クラッド (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;  $n = 1.76, k = 0$ ) の内部にコア (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;  $n = 2.17, k = 0$ ) があり、コアに沿うように厚さ 100 nm の三角形状金属膜 (Au;  $n = 0.174, k = 4.86$ ) を配置した構造となっている。コア中を伝搬する光がクラッドの境界で全反射すると、クラッド中に生じたエバネッセント波により金属表面で電荷の粗密波である表面プラズモンが生じる。プラズモニック導波路金属部に励起した表面プラズモンは先端部まで集束しながら伝搬し、先端部に励起した近接場光により磁性媒体を加熱する。

## 3. プラズモニック導波路金属部先端部と磁性媒体とのプラズモン共鳴

プラズモニック導波路先端部の温度上昇の要因が、先端部の近接場のエネルギーが磁性媒体に効率よく伝わっていないためであると考えた。そこで、プラズモニック導波路金属部先端と磁性媒体との間でプラズモン共鳴を起こすことにより、先端部のエネルギーを媒体側へ伝搬することができる考えた。プラズモン共鳴を起こす条件として外部からの電界の波数が材料ごとに異なるプラズモン共鳴を起こす波数とが一致する必要があるため、磁性媒体表面に Au を積層し、プラズモニック導波路金属部と磁性媒体表面の材料を統一することを検討した。プラズモニ

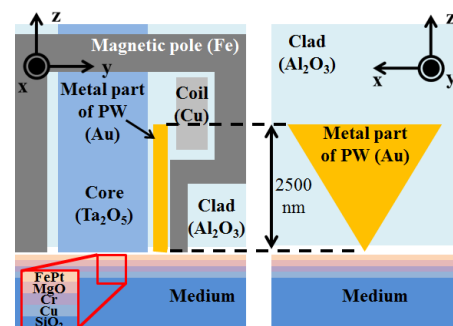


Figure 1 A magnetic head with a plasmonic waveguide (PW).

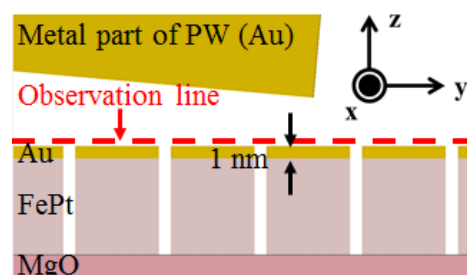


Figure 2 Simulation model around the tip of metal part of a plasmonic waveguide (PW).

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

ック導波路先端部付近の解析モデルを Figure 2 に示す。記録媒体は上層から順に FePt (8 nm,  $n = 3, k = 4$ ) / MgO (5 nm,  $n = 1.73, k = 0$ ) / Cr (10 nm,  $n = 4.11, k = 4.35$ ) / Cu (30 nm,  $n = 0.242, k = 4.85$ ) / SiO<sub>2</sub> (2,000 nm,  $n = 1.47, k = 0$ ) の層構造とした。FePt 磁性層はグラニューラー構造を想定し、7 nm × 7 nm × 8 nm の直方体を間隔 1 nm あけて四方に等間隔に並べ、間を SiO<sub>2</sub> で満たす構造とした。今回、磁性媒体表面においてプラズモン共鳴を起こすために、FePt 層の上に Au を 1 nm 積層した。

この構造で FDTD 法 (Finite-Difference Time-Domain method)により電磁界解析を行った際のプラズモニック導波路金属部先端直下の磁性媒体表面から 0.5 nm 外側 (Figure 2 中に示した観察位置) における電界強度分布を Figure 3 に示す。磁性媒体表面に Au を積層しなかった場合と比較し、わずかにピーク値が上昇した。この結果より、プラズモニック導波路金属部と同じ材料である Au を磁性媒体上に 1 nm 積層した場合に、先端部と磁性媒体間のプラズモン共鳴は起こらず、磁性媒体上に収束する近接場光強度が高くなることはなかった。

#### 4. 磁性媒体表面の近接場光強度のフライングハイト依存性

近接場光強度は距離に対しその強度が指数関数的に減少する性質がある。したがって、プラズモニック導波路金属部先端の近接場光のエネルギーを磁性媒体側へ伝えるためには、プラズモニック導波路金属部先端と磁性媒体間の距離であるフライングハイト (FH) を小さくする必要がある。FH を小さくした際の磁性媒体表面の近接場光強度を評価するために、電磁界解析を行い、Figure 4 に示すモデルの観察位置における電界強度分布を Figure 5 に示す。これまでの解析モデルでは FH を 4 nm としていたが、3 nm とすることで、電界強度分布ピーク値が約 1.6 倍となり、より多くの近接場エネルギーが伝搬したと考えられる。

さらに磁性媒体を記録温度 277°C に加熱する熱伝導解析を行った。プラズモニック導波路金属部先端の温度上昇は、FH を 4 nm から 3 nm に減少することで、380°C から 324°C に低減可能であることがわかった。

#### 6. まとめ

プラズモニック導波路金属部先端のエネルギーを効率的に媒体に伝えることを考え、磁性媒体表面と先端部とのプラズモン共鳴を期待したこと、およびフライングハイトを下げより多くの近接場エネルギーを媒体に伝えることを検討した。磁性媒体表面に Au を 1 nm 積層し電磁界解析を行ったがプラズモン共鳴による高強度な電界分布が得られなかった。また、フライングハイト減少により多くの近接場エネルギーが媒体に伝搬し、媒体表面の電界強度分布ピーク値が約 1.6 倍となることがわかった。その結果、プラズモニック導波路金属部先端の温度上昇を 56°C 低減可能であることがわかった。

**謝辞** 本研究の一部は、平成 25~29 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)、および情報ストレージ研究推進機構の助成を受けて行われた。

#### 参考文献

[1] Kyosuke Tamura, Yoshito Ashizawa, Shinichiro Ohnuki and Katsuji Nakagawa: "Electromagnetic analysis of surface plasmon propagation along an edge of a metallic thin film and application to a plasmonic waveguide for thermally assisted magnetic recording", J. Magn. Soc.Jpn., Vol 38, pp. 131-134, 2014.

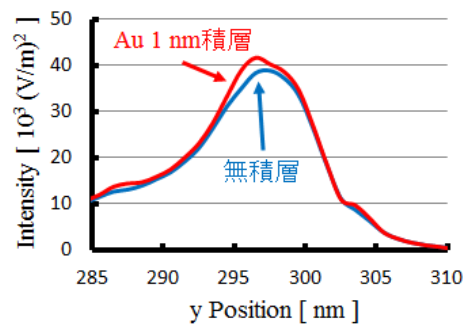


Figure 3 Electric intensity distributions over the media under the tip of a plasmonic waveguide.

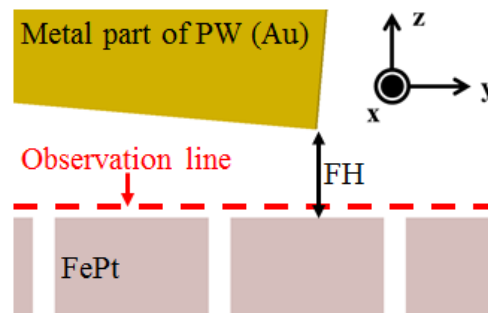


Figure 4 The tip part of plasmonic waveguide for electromagnetic simulation model. FH (flying height) is between a tip of metal part of PW and magnetic media.

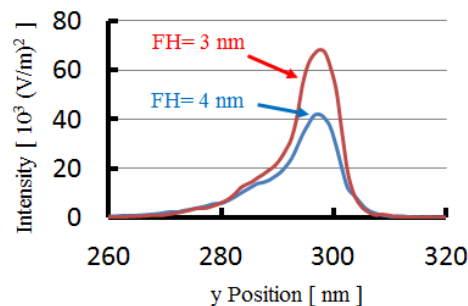


Figure 5 Electric intensity distributions over the media under the tip of a plasmonic waveguide. The peek intensity increases with decreasing of flying height (FH).