

# テラバイト光ヘッドにおける 30nm 超微小開口からの近接場光透過率センシング

## Sensing study of throughput efficiency for the near-field light from 30nm aperture in the optical disk head

鈴木一秀<sup>1</sup>, 松原秀典<sup>1</sup>, 山田浩二<sup>1</sup>, 永井敦<sup>2</sup>, 渋谷諒平<sup>2</sup>, 大熊一彰<sup>2</sup>, 後藤 顕也<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>東海大学 大学院 開発工学研究科 情報通信専攻, <sup>2</sup>東海大学 開発工学部 情報通信工学科

Kazuhide Suzuki<sup>1</sup>, Matsubara Hidenori<sup>1</sup>, Koji Yamada<sup>1</sup>, Atsushi Nagai<sup>2</sup>, Ryohei Shibuya<sup>2</sup>, Kazuaki Ohkuma<sup>2</sup>, Kenya Goto<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>Graduate School of High-Technology for Human Welfare and <sup>2</sup>School of High-Technology for Human Welfare, Tokai University

**Abstract** Optical heads of the VCSEL array and microlens array play a key role in obtaining higher evanescent light from a very small aperture (30nm) for this optical disk system. One solution for improvement of the writing power is to develop a special nano-fabricated corrugated thin metallic film for higher throughput efficiency by surface plasmon polariton enhancement. A fine metal grating fabrication method to get evanescent light wave enhancement has been studied with a FDTD simulation result. It was predicted that the near-field light enhancement will be resonantly with the grating periodicity with 10nm metal grating width occurred, if the nano scale grating structure is engraved using gold or silver thin film. The process of the optical disk head surface are finished and the throughput efficiency sensing experiments are being performed using the scanning near-field microscope (SNOM).

**Keyword:** near-field light enhancement, tera byte optical disk,

### 1. はじめに

IT 社会の到来により、さらなる高速・高密度の光メモリディスクシステムが要求されている。次世代 DVD といわれる Blu-ray Disk (BD) や HD DVD の記録容量は精々100GB 程度であり、データ速度も 40Mbps 程度である。将来必要となる記録密度は Tbit/in<sup>2</sup> 以上で記録・再生速度としては 1 Gbit/in<sup>2</sup> とされているが、従来の光ディスクに用いられている方式では光の回折による記録の高密度化の限界は 20~30 Gbit/in<sup>2</sup> 程度であり、理論的限界が存在する。現在、大容量化の候補として、①ホログラフィック方式、②超多層膜方式、③近接場記録・再生方式<sup>1-3)</sup>などが挙げられる。そこで我々は前述回折限界を打ち破るため、VCSEL (垂直共振器面発光レーザ<sup>4)</sup>) のアレイ化技術を用い近接場光学を応用した高効率な近接場光ヘッド<sup>5-10)</sup>の研究を行っている。

入射レーザー光に対する 30nm 開口からの射出エバネッセント光の変換効率が一般的に 10<sup>-6</sup> 程度と低い。この効率を増大させる手段として、高屈折率半導体材料 GaP で構成するマイクロレンズならびに超微細ナノ周期構造を設けた近接場光プローブを開発している<sup>11-14)</sup>。FDTD 法による解析から 30nm 微小開口へマイクロレンズならびに周期構造(幅 10nm, 深さ 30nm, 周期 120nm)を併設することで 10<sup>-3</sup> 程度に向上することがわかった。そこで東工大ナノ支援プロジェクトの協力も得、GaP 基盤上に金属幅 30nm の周期構造を加工。試料を製作した。困難な実験であるが、現在この試料を用いた SNOM 等によるエバネッセント波変換効率のセンシング実験中である。VCSEL 出力 1 mW 以下のレーザー光を 30nm の超微小開口から 10 μW 以上引出すためである。

### 2. FDTD 法によるシミュレーション

近接場光ヘッド表面に設けた微細金属周期構造によるエバネッセント光の増強効果の FDTD シミュレーション結果を図 Fig. 1-2 に示す。

30nm の微小開口から射出されるエバネッセント光が増強されていることがわかる。光強度を比較すると金属幅 10nm と 30nm ではおよそ 2.5 倍の違いが見られた。

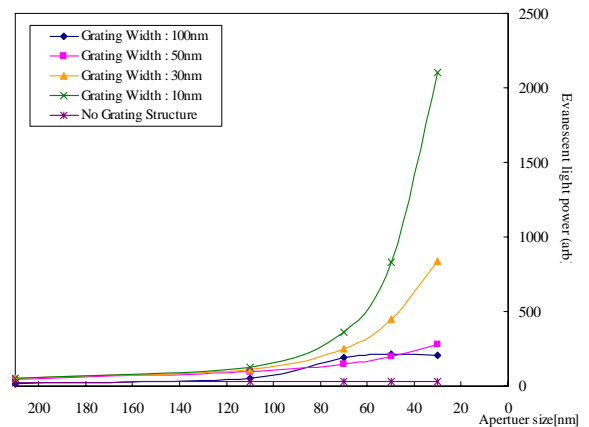


Fig.1 Evanescent light power vs. aperture and metal width variation

表面プラズモンポラリトン (SPP) の分散と入射光の分散を GaP 結晶内でグレーティング逆ベクトルによる波数整合のために、金属周期構造へのレーザー光の入射角を調整させる必要がある。3次元 FDTD シミュレーション結果ではマイクロレンズを用いなくても入射レーザー光のエバネッセント光への変換効率は入射角度 15° でおおよそ 2.8% と高い値が得られた。マイクロレンズを使用し開口に対して入射光を集めればさらに効率は

増加するであろうと考えられる。

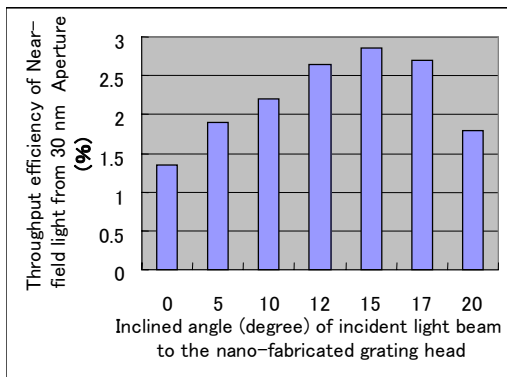


Fig.2 One of the throughput calculation results using the 3-D FDTD simulation against the fine incident angle variation to the aperture plane.

### 3. ナノ周期構造ヘッド表面試作実験

近接場光ヘッドのスループット高効率化のため、SPPによる光の増強効果を利用したナノ周期構造をGaP基板上に加工した。GaP基盤を電子線リソグラフィ露光、レジスト除去後、イオンミリング装置を用いてドライエッチングを行った (Fig. 3)。ドライエッチングプロセスの後、金薄膜を成膜。収束イオンビーム (FIB) を用いておよそ 30nm の微小開口を穿孔した (Fig. 4)。

目的である溝幅 10nm までには届かなかったが、30nm の溝幅を試料へ加工することができた。

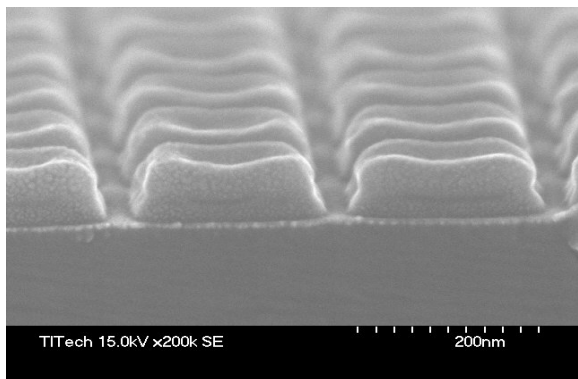


Fig.3 The EB exposure photo-resist and GaP grooves after dry-etching using the ion milling on the head surface. After getting rid of the photo resist the metallic film of gold is evaporated which is shown in Fig.4.

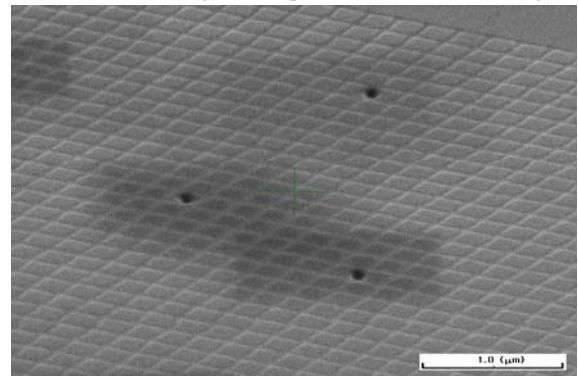


Fig.4 The 30 nano-apertures are observed between the corrugated metallic fine grating (groove) film structure in GaP substrate surface.

### 4. 周期構造ヘッドにおける近接場光透過効率測定

作製したヘッドの透過光効率測定を行い、シミュレ

ーションと比較かつ周期構造による光の増強効果を確認する。近接場光は微小開口付近のわずかな領域にしか存在しないため、測定が難しい。そこで、SNOM (走査型近接場光学顕微鏡) のコレクションモード (試料の開口部へレーザを集光し、開口部に近接場光を発生させる。微小ファイバプローブ先端で表面を走査し、近接場光をプローブで検出する) を用いて測定を行う。30nm の開口径に対してファイバプローブの先端径は 50nm 程度であるので、微小開口から漏れてくる光をすべて検出できるはずである。Fig. 6 に SNOM とその 50nm 開口プローブとを用いたセンシング実験装置とを示す。

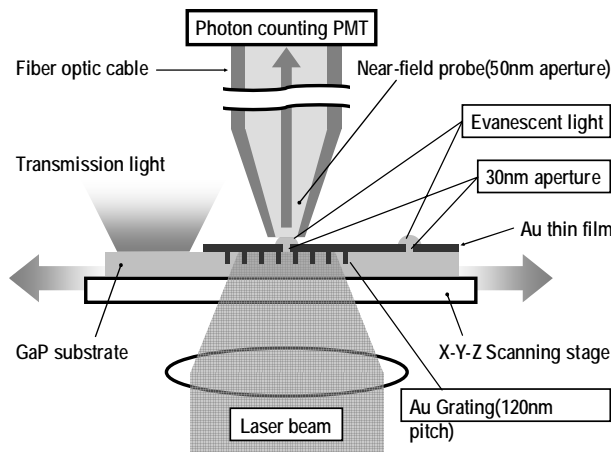


Fig.6 Near-field light power (throughput) sensing using the SNOM

### 5. おわりに

現在、非常に困難といわれている 30nm の微小開口からの近接場光のセンシングを行っている。%オーダーの高い Throughput が得られるものと確信している。

### 参考文献

- 1) E. Betzig, J. K. Trautman, R. Wolfe, E. M. Gyorgy, P. L. Finn, et al., Appl. Phys. Lett., **61** (1992) 142-144
- 2) K. Goto, Jpn. J. Appl. Phys. **37** (1998) pp.2274-2278.
- 3) K. Goto, U.S.P.#6,084,848 (Date of Patent July 4, 2000).
- 4) Kenichi Iga, IEEE JSTQE, **6** (2000) 1201-1215.
- 5) Y.-J. Kim, K. Kurihara, K. Suzuki, M. Nomura, S. Mitsugi, M. Chiba, K. Goto, Jpn. J. Appl. Phys. **39** (2000) pp.1538
- 6) Y.-J. Kim, Y. Hasegawa and K. Goto, Jpn. J. Appl. Phys., **39**, (2000) pp.929-932.
- 7) Y.-J. Kim, K. Suzuki and K. Goto, Jpn. J. Appl. Phys. **40** (2001) pp.1783-1789.
- 8) Satoshi Mitsugi, Young-Joo Kim and Kenya Goto, Optical Review, **8** (2001) pp.120-125.
- 9) S.-Y. Ye, S. Mitsugi, Y.-J. Kim and K. Goto, Jpn. J. Appl. Phys., **41** (2002) pp.1636-1637.
- 10) Kazuma Kurihara, Y.-J. Kim and K. Goto, Jpn. J. Appl. Phys., **41** (2002) pp.2034-2039.
- 11) K. Goto, H. Maruyama, K. Suzuki and Y.-J. Kim, Proc. of ISOM/ODS'02, WC-5, Hawaii, (July, 2002) 293-295.
- 12) K. Goto, Y.-J. Kim, S. Mitsugi, K. Suzuki, K. Kurihara, T. Horibe, Jpn. J. Appl. Phys., **41** (2002) pp.4835-4840.
- 13) K. Goto, T. Kirigaya and Y. Masuda, Tech. Digst. ODS'03, TuD3, (May 2003) pp.129-131.
- 14) K. Goto, Y.-J. Kim, T. Kirigaya and Y. Masuda, Jpn. J. Appl. Phys., **43**, No.8B (2004) 5814-5818.