

光磁気ディスクメディアの熱解析シミュレーション

The Thermal Analysis Simulation of Magneto-Optical (MO) Disks

白石 武 嗣*

Shiraishi, Takeshi

Storage capacity of 3.5 inch magneto optical disk becomes larger from 128MB to 1.3GB. Disk revolutionary speed also becomes faster. In order to comply with these conditions and various types of MO disks, it is necessary to keep recording laser power suitable.

The method of thermal analysis simulation of MO disks is introduced to fit the most suitable recording conditions. 2.4 times of capacity are confirmed with violet laser diode($\lambda=400\text{nm}$) and the half of recording power is needed to compare with conventional laser diode($\lambda=685\text{nm}$).

1 はじめに

3.5インチ光磁気(以下 MOとする)ディスクは、128MBから現在では1.3GBへと高容量化が進んだ結果、ディスクへの記録マークサイズは大幅に微小化した。また一方で、データ転送速度の高速化のためにディスクの高速回転が必要となっている。これに加え、MOドライブはCAV (Constant Angular Velocity)方式をとっているため、同じディスクでも内周と外周では線速が異なり最適な記録パワーが変わってくる。これらのことからMOではディスクへの記録パワーについてより厳しい設定条件が求められている。

このような背景から、今回最適な記録条件を見付けることを狙いとしたディスクの熱解析シミュレーションを行った。また近年、記録密度を上げるために非常に注目されている紫色レーザによるMO記録条件についても考察を行った。

2 スポットの光強度分布

コニカMOドライブ(OMD-9062)の光学系の概略図をFig. 1 に示す。LDの波長は $\lambda=685\text{nm}$ 、LDのアスペクト比は1.8、対物レンズのNAは0.55である。

まず、ディスクの熱解析シミュレーションを行うため、対物レンズによってディスク面上に作られるスポットの光強度分布のシミュレーションをあらかじめ行った。その結果をFig. 2 に示す。

このシミュレーションにより、本ドライブのスポット径は約 $1.06\mu\text{m} \times 1.19\mu\text{m}$ (タンジェンシャル×ラジアル、 $1/e^2$ 強度値)という結果が得られた。

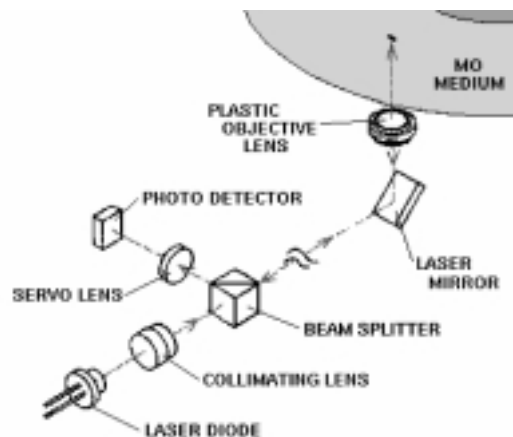


Fig. 1 OMD - 9062 Optical System

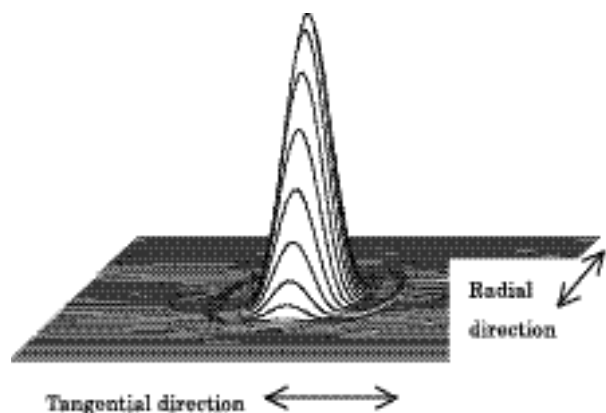


Fig. 2 Spot intensity distribution on the MO disk

*OPTカンパニー オプト開発グループ

3 ディスク熱解析シミュレーション

2で求められたスポット光強度分布に基づき、ディスクの記録層(recording layer)の熱分布解析を行う。シミュレーションは有限要素法を用い、オーバーライトやMSR (magnetically induced super resolution) のディスクではなく、Fig. 3 に示すようにノーマルタイプのMO ディスクを対象とした。尚、このモデルのサイズは $5\mu\text{m} \times 10\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ ($X \times Y \times Z$)の六面体とし、有限要素のメッシュのサイズは $0.1\mu\text{m} \times 0.1\mu\text{m} \times 0.02 \sim 0.5\mu\text{m}$ の六面体とした。さらに、室温は25℃、ディスクの記録層のキュリー温度は200℃であり、レーザはDC照射とした。線速は、9m/s、15m/s、19m/sの3種類についてシミュレーションを行った。また、ディスクの各層の物性パラメータは、Table 1 に示す値を用いた。

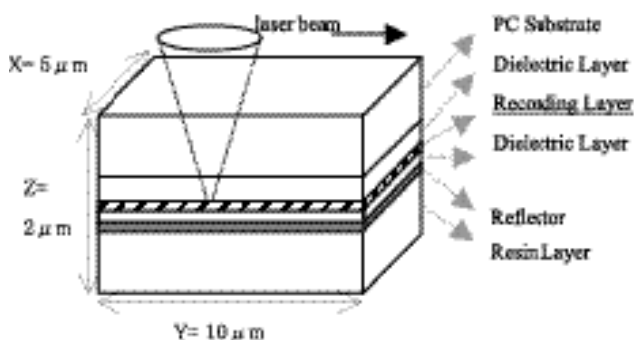


Fig. 3 The model of MO disk used in this simulation

Table 1 Parameters of each layer (specific heat C, Density ρ and heat conductivity K)

Layer	C (J/g/deg)	ρ (J/cm/deg/sec)	K (g/cm ²)
Substrate	1.4	1.2	0.002
Dielectric Layer	0.74	3.2	0.1
Recording Layer	0.37	8.1	0.16
Reflector	1.18	2.2	1.0

ディスクの記録層では、進行方向後方に熱が蓄積されるため、熱分布はFig. 4 に示されるような後方に温度領域が広がる水滴型をしていると推定される。

以上のことを踏まえ実際に熱分布解析シミュレーションを行った。

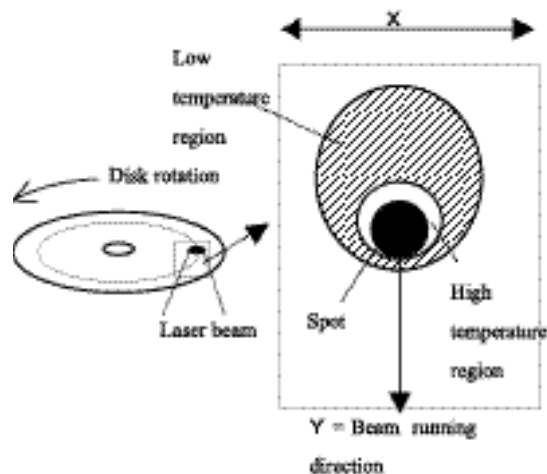


Fig. 4 The model of thermal analysis simulation results

4 結果

線速9,15,19m/sの時のシミュレーション結果をFig. 5 ~ 7 に示す。これらの結果はすべてFig. 3 の記録層におけるXY面内の温度分布を示しており、格子状のマス目の1目盛りが $0.1\mu\text{m}$ である。線速を上げて熱分布の最高点の温度を一定に保つためには、記録パワーを上げなければならない。いずれの線速の場合も最高点の温度をほぼ等しく250℃とするような記録パワーになるようにシミュレーションを行うと、その時の記録パワーはTable 2 のようになった。線速を上げれば、それと共に熱分布も進行方向の後方に広がるという結果が得られた。

Table 2 Simulation results of recording power

Linear velocity (m/s)	9	15	19
Recording power (mW)	8	8.8	9.6

この記録パワーが実際のドライブとディスクでも同程度になるかの確認をとるための実験を行った。実験には市販2種類のMOディスク(A,B)を用いた。シミュレーション結果と実験結果はFig. 8 の通りとなり、シミュレーションは妥当だと判断される。

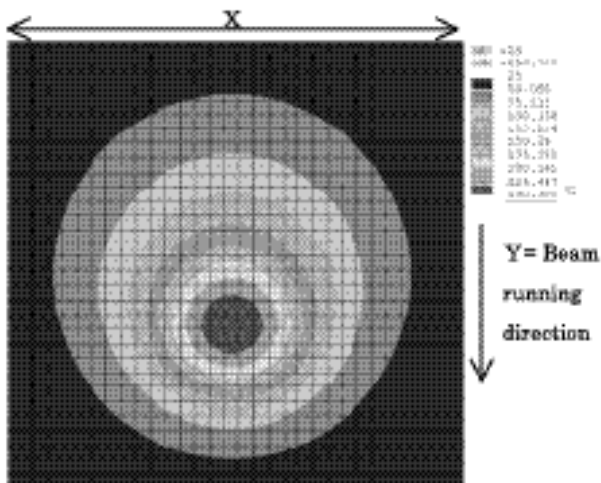


Fig. 5 Temperature distribution on the recording layer (9m/s, recording power 8mW)

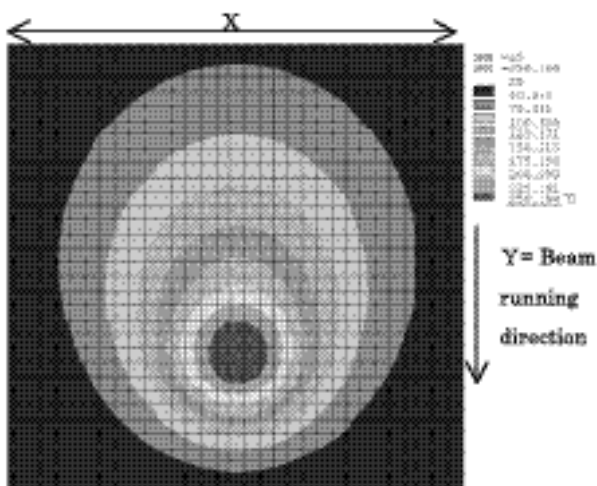


Fig. 6 Temperature distribution on the recording layer (15m/s, recording power 8.8mW)

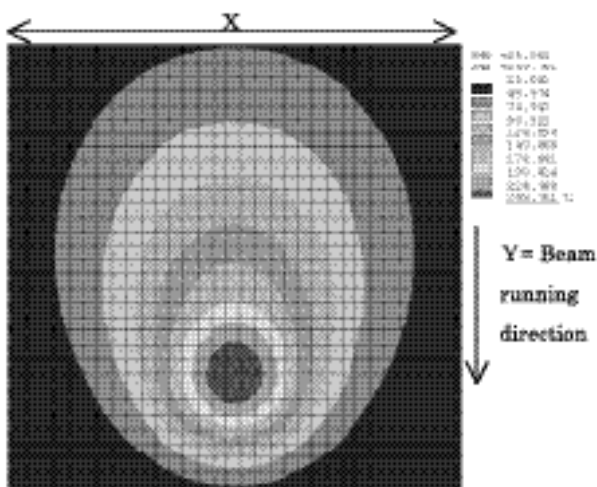


Fig. 7 Temperature distribution on the recording layer (19m/s, recording power 9.6mW)

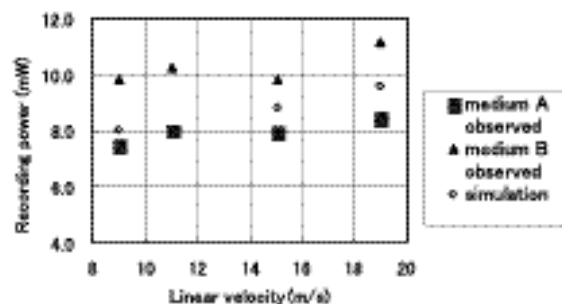


Fig. 8 The recording power depending on linear velocity

5 紫色レーザ記録に対する考察

記録密度を上げるために、現在最も注目されている手法の1つに紫色レーザによる記録がある。紫色LDは99年後半に $\lambda=405\text{nm}$ 、10mW出力という形で商品化されるまでに至っており、この波長での光磁気記録の実現が強く待望されている。今回、この紫色レーザ記録に対する考察を行ったので、以下にその結果を述べる。

まず、紫色レーザでのスポット光強度分布を求めた。光学系は $\lambda=400\text{nm}$ とし、LDのアスペクト比と対物レンズのNAは $\lambda=685\text{nm}$ の時と同じ1.8と0.55とした。2と同様にMOディスク上でどのようなスポット光強度分布になるか計算した結果をFig. 9に示す。

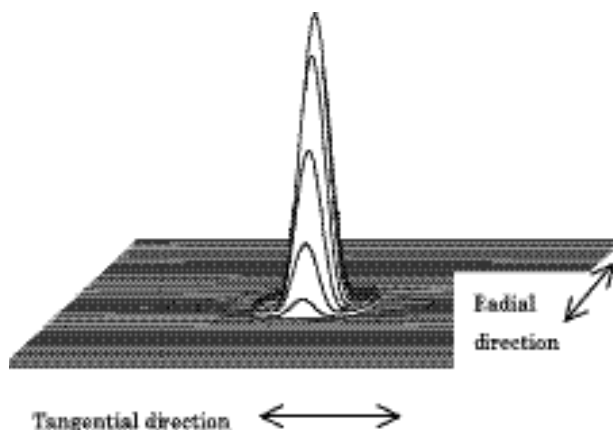


Fig. 9 Spot intensity distribution on the MO disk with violet laser diode

スポットサイズは2の $\lambda=685\text{nm}$ の場合と比較して、タンジェンシャル・ラジアル方向共に40%小さくなり、 $0.63\mu\text{m} \times 0.71\mu\text{m}$ となった。

次に、Fig. 9のスポット光強度分布とFig. 3のMOディスクのモデルを使用し、熱分布解析シミュレーションを行った。線速は9 m/s、15m/sとし、3の時と同様に最高点の温度が250 になるような記録パワーを選んだ。この結果をFig.10とFig.11に示す。

スポットサイズの理論によれば記録密度は $(\lambda / NA)^2$ に比例することが知られており、 $\lambda = 400\text{nm}$ の場合 $\lambda = 685\text{nm}$ に比べると記録密度は2.9倍となる。一方、このシミュレーション結果によれば、キュリー温度以上になる領域の面積から判断される記録密度は、線速が9m/s、15m/sのいずれの場合にも $\lambda = 685\text{nm}$ の時に比べて2.4倍となることがわかった。この値の差は、スポットサイズの理論では熱分布が考慮されていないことによるためであると考えられる。

また、記録時の最適対物出射パワーについても検討を加えてみた。これによるとFig.12に示すように、9m/s、15m/sのいずれの場合も $\lambda = 685\text{nm}$ の約半分の4mW、4.4mWしか必要ないという結果が得られた。これはMOディスク面上のスポットが $\lambda = 685\text{nm}$ の場合より小さく絞れ、熱量がスポットの中央に集中するためだと考えられる。

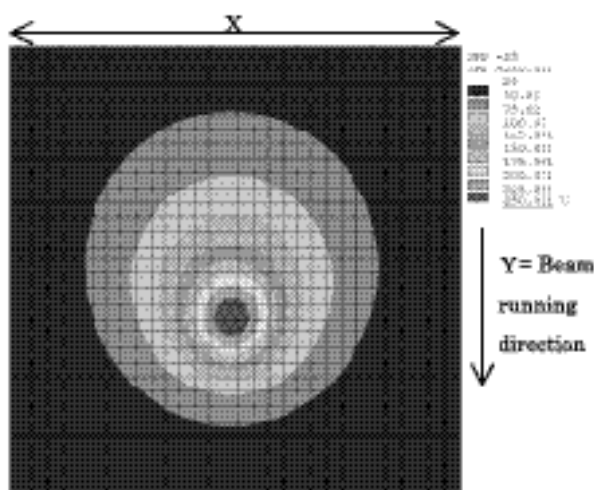


Fig.10 Temperature distribution on the recording layer with violet laser diode (9m/s, recording power 4mW)

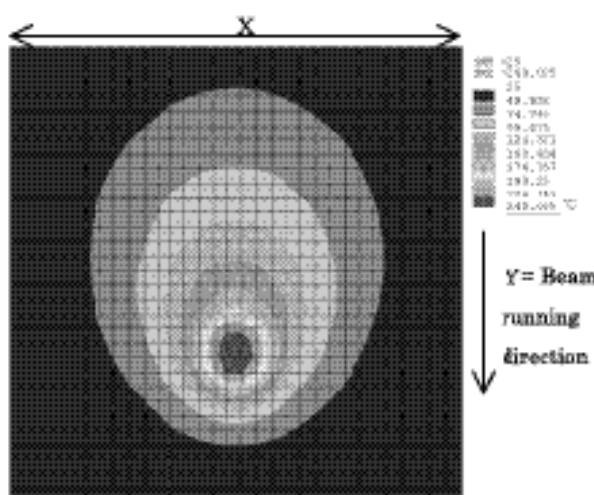


Fig.11 Temperature distribution on the recording layer with violet laser diode (15m/s, recording power 4.4mW)

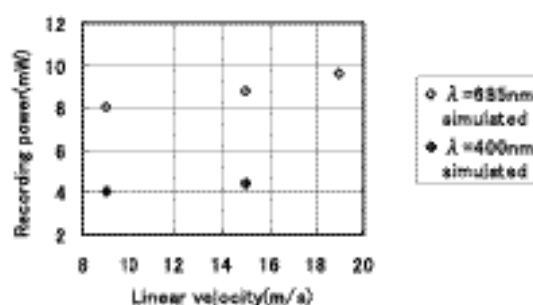


Fig.12 Simulation results of recording power

6 まとめ

MOディスク面上の熱分布のシミュレーション方法を確立した。これにより、 $\lambda = 685\text{nm}$ の場合と $\lambda = 400\text{nm}$ の場合の記録時におけるMOディスク面上の熱分布をシミュレートした。

また、ノーマルタイプディスクでの実験結果によって、このシミュレーションがほぼ正しいことを実証した。

$\lambda = 400\text{nm}$ の場合の記録密度は $\lambda = 685\text{nm}$ の場合の2.4倍となり、スポットサイズの理論に基づく予測よりやや小さくなるということがわかった。さらに、この時の記録パワーは $\lambda = 685\text{nm}$ の時の約1/2でよいことがわかった。

このシミュレーションをさらにオーバーライトやMSRのディスクにも適合させ、今後MOドライブ光学系の開発の効率化に役立てたい。

●参考文献

- 1) 村上 清貴、宮城 信雄、黒釜 龍司：
“3.5インチ640MB 光磁気ディスクドライブの開発”
KONICA TECHNICAL REPORT VOL.10 (1997)
- 2) 高橋 正彦、日本応用磁気学会誌、VOL.13、NO.5、603 (1989)
- 3) Masud Mansuripur, G. A. Neville Connell, and Joseph W. Goodman, APPLIED OPTICS, VOL.21, NO.6, 1106 (1982)