

青色半導体レーザと DWDD 媒体を利用した高密度光磁気ディスク

Large Areal Density MO Disk Using DWDD and a Blue Laser Diode

坂本哲洋・藤田五郎・中沖有克 ソニー(株) HNC ギガバイトラボ

T. Sakamoto, G. Fujita, and A. Nakaoki, Giga Byte Laboratory, Home Network Company, Sony Corporation

We developed a domain wall displacement detection (DWDD) medium that could be used in an optical disk system with a blue laser diode and a low NA objective lens. The layer structure of the medium was modified in accordance with the thermal characteristics of the medium during readout with a blue laser. The results of jitter measurement suggested that it is feasible to develop a DWDD medium with an areal density of over 20 Gbit/inch² for use with a blue laser diode.

Key words: magneto-optical disk, DWDD, blue laser diode, land-groove recording, thermal characteristics, temperature profile, Kerr rotation angle, heat capacity, thermal conductivity

1. はじめに

近年、青色半導体レーザを用いる高密度光ディスクシステムが次々と提案され、光源の短波長化に伴う種々の要素技術が開発されている。光磁気記録媒体においては、磁性材料の光学定数の変化や光スポット内のピーク温度の上昇によってカー回転角がよりいっそう減少するため、それに対応した磁気光学および熱力学的観点での媒体設計が必要となる。特に磁氣的超解像媒体においては、信号検出に媒体上の温度分布を利用するため、光源の短波長化による影響が比較的大きいと考えられる。

我々は線記録密度を飛躍的に向上できる磁壁移動検出 (Domain Wall Displacement Detection, DWDD) 媒体¹⁾ に青色半導体レーザを用いた記録再生を行うことでトラック密度をも向上させ、面記録密度の向上を試みた。DWDD では媒体上の温度勾配により生じる磁壁の移動現象を信号検出に用いているため、媒体の熱応答特性と各磁性層の調整は良好な DWDD 信号を得るうえで極めて重要であった。

本稿では、改善された DWDD 媒体構造に関する説明と、その媒体に青色半導体レーザ (日亜化学工業(株)製、 $\lambda = 405 \text{ nm}$) と $NA = 0.60$ の対物レンズの光学系を用いて、トラックピッチ $0.34 \mu\text{m}$ でランド・グループ記録を行った際の線記録密度データに関して説明する。

2. 青色レーザ光対応 DWDD 媒体

Fig. 1 に本実験で用いた青色レーザ光対応 DWDD 媒体

の構造を示す。光磁気記録層は基板に近い方から順に、移動層、制御層、切断層、記録層と称し、所定の材料組成で構成されている。光磁気記録層を窒化ケイ素膜で挟んでヒートシンク層として Al 合金膜を付加し、紫外線効果樹脂で保護コートした。基板は板厚 0.6 mm 、トラックピッチ $0.34 \mu\text{m}$ のランド・グループ記録用ガラス 2P 基板を用いた。グループの深さを 115 nm (約 $3.5\lambda/8n$, n は基板の屈折率) とすることによって、特別な処理をすることなしに²⁾ ランドおよびグループにおいて良好な DWDD 信号を得ることができた。

我々は先行して検討していた赤色レーザ光用の媒体構造をさらに発展させ、次の三つ〜移動層、制御層、及びヒートシンク層〜に改善を施した。上記三つの層が赤色レーザ光対応のままでは、青色半導体レーザによる再生において十分な DWDD 信号特性が得られなかったためである。以下に各層において生じている現象を考察しながらその改善手法を述べる。

2.1 移動層

Fig. 2 は DWDD の再生原理図である。説明の簡略化のために制御層を含まない構造を示した。記録された磁区は交換結合力によって記録層 (Memory layer) から切断層 (Switching layer)、移動層 (Displacement layer) へと転写されているが ($T < T_s$, T_s : 切断層のキュリー温度)、レーザ光照射による媒体温度の上昇によって切断層における結合が消失 ($T = T_s$) し、移動層は記録層からの交換結合から解放される ($T > T_s$)。移動層中の磁壁はポテンシャルエネルギーが最低となるように最高温度領域へ移動する。このよ

| | | |
|--------------------|-------------------------|--------|
| | Glass 2P substrate | 0.6 mm |
| | Si_3N_4 | 35 nm |
| Displacement layer | a) GdFeCoAl | 37 nm |
| Control layer | b) TbFeCo | 4 nm |
| Switching layer | TbFeAl | 12 nm |
| Memory layer | TbFeCo | 64 nm |
| | Si_3N_4 | 20 nm |
| | c) Al alloy | 60 nm |
| | UV resin overcoat | |

Fig. 1 Layer structure of the DWDD medium modified for readout by a blue LD.

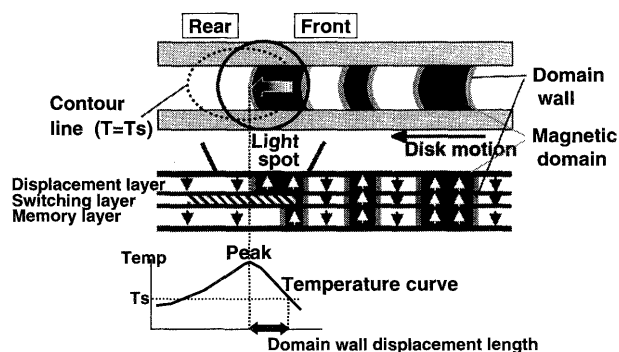


Fig. 2 Schematic image of domain wall displacement. (T_s : just above the Curie temperature of the switching layer.)

うに $T > T_s$ の温度領域に進入した移動層中の磁壁が順次高温領域へと移動することで、レーザスポット内の磁区面積が変化し、それが DWDD における再生信号として検出されるのである。

再生温度 ($T > T_s$) におけるカー回転角が大きく磁壁の移動距離が長いと信号出力が大きく得られる為、移動層の設計の際にはカー回転角の波長依存性、温度依存性を考慮し、磁壁駆動が良好に行われるように材料組成を選定しなければならない。

Fig. 3 は、線速 2.0 m/s で回転する光磁気記録媒体上に赤と青それぞれのレーザ光を $NA = 0.60$ の対物レンズで集光した際の、媒体上に生じるトラック幅方向の温度分布の計算例である。波長 λ は赤、青でそれぞれ 660 nm, 400 nm とした。青色レーザにおける温度分布はレーザスポット径が λ/NA に比例して縮小した分、スポット中心に多くの光エネルギーが集中するため、赤色レーザのそれと比べて最高温度が大きく先鋭化した分布となっている。したがってそれぞれの光において波長に比したトラック幅で $T > T_s$ の領域を得ようとする、青色レーザではスポット中心部における温度が非常に大きくなり、移動層のカー回転角が減少するおそれがある。

Fig. 4 に移動層の材料組成が GdFeAl (従来組成: 赤色レーザ時の媒体組成) である場合と GdFeCoAl (本実験) の場合との、カー回転角の温度依存性を示す。キュリー温度はそれぞれ 210°C, 260°C であった。用いた試料は移動層の組成以外は Fig. 1 の媒体構成と同一として、ガラス基板上に形成した。また試料は強磁界中で一様に磁化された後、磁界ゼロでゆっくりと昇温し、波長 400 nm の光でカー回転角を測定した。GdFeCoAl は GdFeAl よりも室温で若干カー回転角が大きく、温度が上昇していくにつれてその差は大きくなった。

このように青色レーザ再生での移動層の材料は、GdFeAl よりもキュリー温度が大きく、短波長でのカー回転角が大きい GdFeCoAl の方が適していると。ただし GdFeCoAl 中の Co および Al の添加量は、青色レーザ照

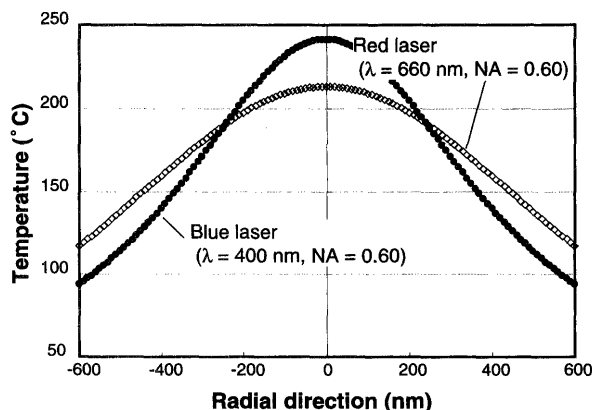


Fig. 3 Temperature profile in the radial direction for both red and blue laser irradiation.

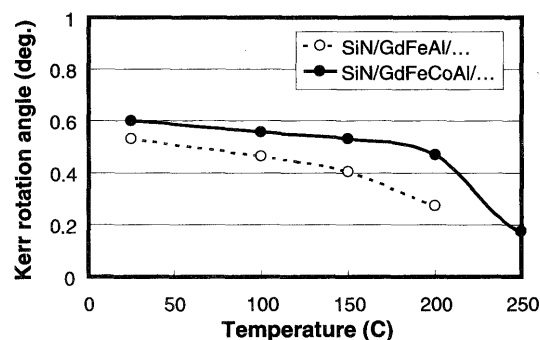


Fig. 4 Temperature dependence of the Kerr rotation angle for a displacement layer of GdFeAl and GdFeCoAl at a light wavelength of 400 nm.

射による温度分布から生じる磁壁駆動力と、保磁力などの磁壁抗磁力とを考慮して³⁾調整する必要がある。本稿の移動層は良好な磁壁駆動が維持される範囲で Co 量を調整し、保磁力や垂直磁気異方性などを Al で調整した。

2.2 制御層

制御層はゴースト信号を抑制するために移動層と切断層の間に挿入される層である⁴⁾。Fig. 5 に制御層を付加した場合の DWDD 再生原理図を示す。この制御層の役割を説明するために、まずゴーストと呼ばれる現象について説明する。

2.1 では Fig. 2 を用いてレーザスポットの前方から磁壁が進入する場合の磁壁移動について説明したが、実際にはレーザスポットの後方においても磁壁移動が生じる。レーザスポット後方で $T < T_s$ の領域において記録層の磁区が転写してできた移動層中の磁壁が、レーザスポット内の高温領域に向かって移動する場合である。このときにも磁区面積は変化し、スポット前方で一度検出した信号が、遅れてもう一度後方で検出されることからゴースト信号と呼ばれる。ゴーストは磁壁と磁壁の間隔がある一定の長さ (すなわち、ある一定長以上の記録マーク長) 以上になると発生することがわかっている¹⁾。Fig. 5 中では X_N から X_0 までの距離 (Nucleation length, L_N) がその長さを示し

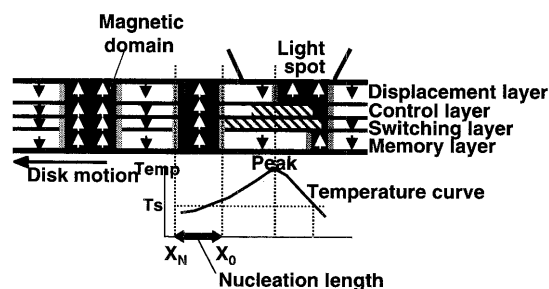


Fig. 5 Schematic image of ghost appearance.

ている⁴⁾。

Fig. 5 において、 X_0 は移動層の磁壁が高温領域に向かって移動しようとする位置を示し、この位置では制御層の保磁力は十分小さくなっていると考えられる。 X_N から X_0 の間においては記録層が移動層へ磁区を転写するよりも（すなわち移動層に磁壁を一組発生させるよりも）、移動層、制御層中に磁区を形成せずに切断層内に磁壁を蓄えた方が安定な状態とみなせる。 X_N での温度より降温すると、切断層内で磁壁を蓄え続けるよりも、制御層および移動層に磁区（一組の磁壁）を形成させた方がエネルギー的に有利となる。したがって X_N は記録層から切断層、制御層を介して移動層へ磁区が転写することができる位置を示す。

ゴースト信号が発生すると再生信号波形が歪み、原信号を正しく検出する上で弊害となるが、制御層を加えることで Fig. 5 中の X_N がより後方にずれ、ゴーストが出現する記録マーク長を長くし、明瞭な再生信号を得ることができる。定性的には再生温度において制御層の垂直磁気異方性や保磁力が切断層のそれよりも大きいとゴーストを抑制する効果は大きい。しかし制御層の垂直磁気異方性や保磁力が大きすぎると、再生時に降温する過程で記録層から移動層への磁区の転写が妨げられる原因となる。このように制御層の設計の際には、磁区の転写を妨げることなくゴースト長を適度に長くしようとするような材料組成の選定が必要である。

切断層をキュリー温度 150°C の TbFeAl とし、制御層をキュリー温度 160°C の TbFe とした場合、赤色レーザーではゴーストが出現するマーク長が $0.75\ \mu\text{m}$ だったのに対して、青色レーザーでは $0.4\ \mu\text{m}$ と短縮した。そこで制御層をキュリー温度 190°C の TbFeCo としたところ、ゴーストが出現するマーク長を $0.80\ \mu\text{m}$ 以上とすることが可能となった。Fig. 6 でその理由を考察する。

Fig. 6 は、線速 $2.0\ \text{m/s}$ で回転する光磁気記録媒体上に赤と青それぞれのレーザー光が $NA=0.60$ の対物レンズで集光された際の、媒体上に生じるレーザー進行方向の温度分布の計算例である。波長 λ は赤、青でそれぞれ $660\ \text{nm}$, $400\ \text{nm}$ とした。青色レーザーにおける温度分布はトラック幅方向におけるのと同様に、赤色レーザーのそれよりも先鋭な形状をしている。磁壁駆動の起源は温度勾配であるた

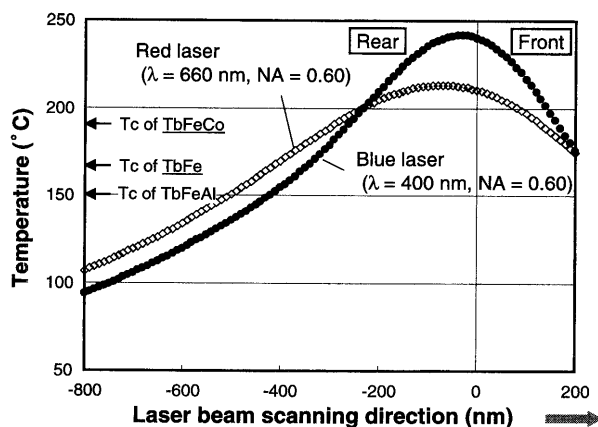


Fig. 6 Temperature profile in the laser beam scanning direction for both red and blue laser irradiation.

め、青色レーザーにおける磁壁駆動力は赤色に比べて大きいことがわかる。

制御層を TbFe から変えない場合、光が赤から青に変わることによってレーザースポットの後方においても温度勾配が大きくなるため、移動層の磁壁はより低温で移動可能となる。つまり前述の X_0 はより後方に移る。一方、温度勾配が大きいため磁区転写が可能となる温度はよりレーザースポットに近い位置となるため、前述の X_N は前方に移る。したがって X_0 と X_N との距離 L_N は短くなり、ゴーストが出現するマーク長が短くなったと考えられる。

制御層を TbFe から TbFeCo へ変えた場合、制御層の磁壁エネルギーが増加しキュリー温度も上昇することから、移動層の磁壁が制御層の影響を受けずに移動するには、制御層の保磁力が十分小さくなるような高温である必要がある。つまり X_0 はより前方に移る。また記録層から移動層への磁区転写が可能となるには、切断層内に蓄えられる磁壁エネルギーがより大きく、つまりより低温となる必要があり、 X_N は後方に移る。したがって X_0 と X_N との距離 L_N は長くなり、ゴーストが出現するマーク長が長くなったと考えられる。

本稿では、制御層にキュリー温度 190°C の TbFeCo を用いることで青色半導体レーザーにおける DWDD 再生時のゴースト抑制を効果的に行うことができた。前述したとおり、制御層はゴースト抑制効果を与えると同時に磁区の転写を妨げないようにキュリー温度や保磁力などを調整しなければならない。当然のことながら、切断層の磁気特性を考慮した設計が必要となる。

2.3 ヒートシンク層

光ディスクにおいて、再生信号中のノイズに影響しているものはシステム（アンプ）ノイズ、レーザーノイズ、ショットノイズ、そしてディスクノイズ（記録時ノイズを含む）である。一般に検出する周波数帯域が高域になるほどシステムノイズやショットノイズの割合が大きくなるため、そ

の帯域においては再生時のレーザーパワーを増加した方が SNR は改善できる。特に DWDD は線記録密度が大きく高周波数帯域を用いることが多いので、再生パワーの増加は SNR 改善に有効である。しかし 2.1 でも述べたとおりスポット径が小さくなると中心部での温度上昇が大きくなるため、レーザーパワーの増加に伴って熱によるカー回転角の減少の影響も強くなる。したがって SNR を向上させるには、カー回転角の減少を抑えつつ実効的な再生レーザーパワーを増加させるために媒体の熱的な感度を低下させればよい。

媒体の感度を低下させるには Al 膜などをヒートシンク層として付加させる方法が一般的である。しかし本稿で扱う DWDD 媒体のように温度分布が重要な役割を果たすものにおいてはヒートシンク層の熱伝導率 κ の値を考慮しなければならない。Fig. 7 は線速 2.0 m/s で回転する光磁気記録媒体上に青色レーザー光を $NA = 0.60$ の対物レンズで集光した際の、3 種類の媒体におけるレーザー進行方向の温度分布の計算例である。最高温度が同程度となるように計算上のレーザーパワーの値はそれぞれの媒体に合わせている。計算で用いた媒体の構造は Fig. 1 に示したものに準じているが、ヒートシンク層 (Fig. 1 では Al-alloy) の部分がそれぞれヒートシンク層なし (none), 厚さ 60 nm の低熱伝導率 Al 合金膜 (low κ Al-alloy), 厚さ 15 nm の純 Al 膜 (pure Al) となっている。計算で用いた材料の熱伝導率および体積比熱は Table 1 に示した。

Fig. 7 からわかるように、ヒートシンク層なしの媒体とヒートシンク層に純 Al を用いたものは明らかに異なる温度分布となっている。純 Al 付きの媒体は最高温度位置がレーザースポットの中心 (横軸 0 の位置) に近づき、またスポット後方における温度勾配が急峻になった。2.1 で述べたように最高温度位置がレーザースポット中心に近づくとそれだけ磁壁の移動距離が短くなり磁区面積の変化分が小さくなるため信号出力が低下する。またスポット後方での温度勾配が急峻になることでゴーストが発生しやすくなることは 2.2 で説明した。つまりヒートシンク層に純 Al を用いる場合は、DWDD 再生特性を劣化させる可能性がある。

一方で純 Al ではなく、低熱伝導率 Al 合金をヒートシンク層に用いたものはヒートシンクなしのものと同様の温度分布を示しており、再生特性が劣化する心配はない。Table 1 からわかるように、用いた Al 合金は MO 材料に極めて近い熱定数を有するものであり、あたかも MO 膜の熱容量のみを増加させたような効果を示した。計算で設定したレーザーパワーは、ヒートシンクなしのものに対して低熱伝導率 Al 合金膜を用いた媒体が 1.4 倍、純 Al 膜を用いた媒体が 2.2 倍の値であった。

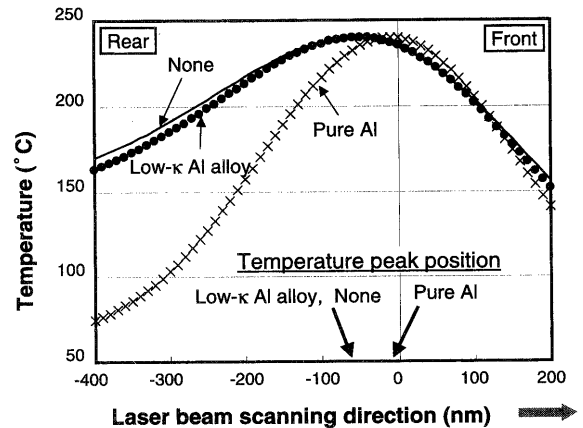


Fig. 7 Temperature profile in the laser beam scanning direction for three types of structures: with a low- κ Al alloy, with pure Al, and without a heat sink layer (with none).

Table 1 Thermal parameters used in this calculation

| | Thermal conductivity (J / cm sec K) | Heat capacity (J / cm ³ K) |
|------------------------|--|--|
| MO material | 0.07 | 3.0 |
| Si nitride | 0.03 | 1.924 |
| Low- κ Al alloy | 0.05 | 3.3 |
| Pure Al | 2.40 | 2.592 |

3. 青色半導体レーザーによる高密度記録再生実験

2章で述べてきた媒体の設計指針に基づいて、青色レーザー光対応の DWDD 媒体を作製し、高密度記録再生を行った。最初に再生特性の改善効果を評価し、次にランド・グループ記録においてジッターの線記録密度依存性を測定して面記録密度向上の可能性について調べた。

3.1 再生特性の改善

トラックピッチ $0.40 \mu\text{m}$ のランド・グループ基板を用意し、その上に A, B, C, および D の 4 種類の媒体をそれぞれ成膜した。4 種類とも Fig. 1 の媒体構造に準じた構造であり、(A) 移動層に 2.1 の GdFeCoAl を用い、ヒートシンク層に 2.3 の低熱伝導率 Al 合金を用いた構造、(B) 移動層に GdFeAl を用い、ヒートシンク層に 2.3 の低熱伝導率 Al 合金を用いた構造、(C) 移動層に 2.1 の GdFeCoAl を用い、ヒートシンク層に純 Al を用いた構造、(D) 移動層に 2.1 の GdFeCoAl を用い、ヒートシンク層を付けない構造、をそれぞれ特徴としている。A は本実験の青色レーザー光に最適化された DWDD 媒体であり、B, C, D はその改善効果を調べるための参照サンプルである。制御層はすべて 2.2 の TbFeCo を用いた。

Fig. 8 および Fig. 9 に A~D それぞれの媒体にマーク長 $0.20 \mu\text{m}$ の単一搬送波周波数信号を記録した際の CNR

の再生パワー依存性を示す。レーザ光の波長は 406 nm, $NA=0.60$, 線速度は 2.0 m/s であり, Fig. 8 には構造 A, B 媒体に相当する CNR, Fig. 9 には構造 A, C, および D 媒体に相当する CNR を示した。両図中の A は同一のものである。A, B を比較すれば 2.1 で述べた移動層改善の効果が, A, C, および D とを比較すれば 2.3 で述べたヒートシンク層改善の効果が確認できる。

Fig. 8 から, B は A より CNR 最大のレーザパワー範囲が狭く, 高パワー側での CNR が劣化する。これは 2.1 で述べたカー回転角の減少による影響だと考えられる。また Fig. 9 中の 3 種類の CNR は, それぞれのヒートシンク層に対応して感度が $D \rightarrow A \rightarrow C$ の順に悪くなっているが, CNR は A が最もよく, C と D は小さかった。マーク長が $0.20 \mu\text{m}$ であるにもかかわらず, C はゴーストの影響でまともに再生信号が得られず, 信号が安定しても, 磁壁の移動距離が短いことを反映して CNR は小さいままであった。また D は再生パワーの変化に大変敏感で再生パワーを大きくすることができず, システムノイズなどの影響でやはり CNR は小さかった。本実験の青色レーザ対応 DWDD 媒体である A を用いれば, $0.20 \mu\text{m}$ の CNR は 43

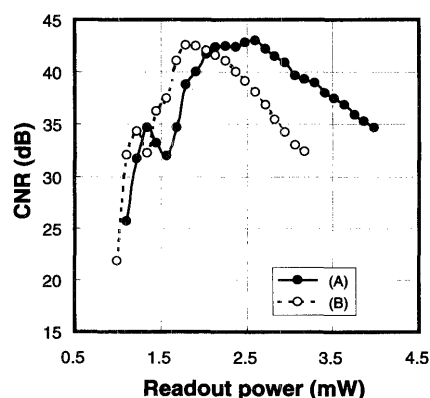


Fig. 8 Readout power vs. CNR (at the $0.2 \mu\text{m}$ mark). The compositions of the displacement layers are (A) GdFeCoAl and (B) GdFeAl.

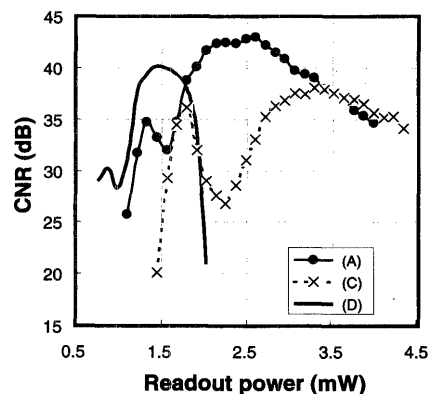


Fig. 9 Readout power vs. CNR (at the $0.2 \mu\text{m}$ mark). The materials of the heat sink layers are (A) Al-based alloy, (C) pure Al, and (D) none.

dB が得られており, 青色レーザ再生でも十分評価に耐える SNR を得られることが実証された。

3.2 線密度依存性

これまでの結果から, Fig. 1 のような構造の DWDD 媒体ならば青色レーザによる再生に対応できることが確認できた。次にその改善媒体に青色半導体レーザでランド・グループ記録を行ったときのジッターの線密度依存性を評価した。Table 2 に評価時の実験条件を示す。基板は深さ 115 nm, トラックピッチ $0.34 \mu\text{m}$ の深溝ランド・グループ基板でマスタリング工程の改良により記録領域の平滑性を改善した。記録再生に用いた変調方式は [17] RLL, システムクロックは 33 MHz で, ビット長は線速度を変えることで変更した。ランド, グループそれぞれで記録パワーや再生パワーはジッター値が最小となるような値に設定しており, また位相補償板を用いて隣接領域からのクロストーク信号を除去した⁵⁾。ジッターの測定の際は, 光磁気再生信号を 2 回微分した信号を検出に用いた⁶⁾。

Fig. 10 にランド・グループそれぞれにおけるジッターのビット長依存性を示す。およそ $0.095 \mu\text{m}/\text{bit}$ 以上において, すなわち面記録密度 $20 \text{ Gbit}/\text{inch}^2$ において 15% 以下のジッターが得られた。 $15 \text{ Gbit}/\text{inch}^2$ においてはランド, グループともに 12% 台のジッターが得られており, 以前報告した⁷⁾値から改善されて各種システムマージンを議論しうる SNR は確保できたと考えている。 Fig. 11 に

Table 2 Experimental conditions

| | |
|---------------------|---|
| Wavelength | 405 nm |
| N.A. | 0.60 |
| Substrate | Glass2P |
| Substrate thickness | 0.6 mm |
| Track pitch | $0.34 \mu\text{m}$ (Land / Groove) |
| Groove depth | 115 nm |
| Channel clock | 33 MHz |
| Recording method | Laser pulse strobe Magnetic field modulation |
| Modulation code | [1 7] RLL |

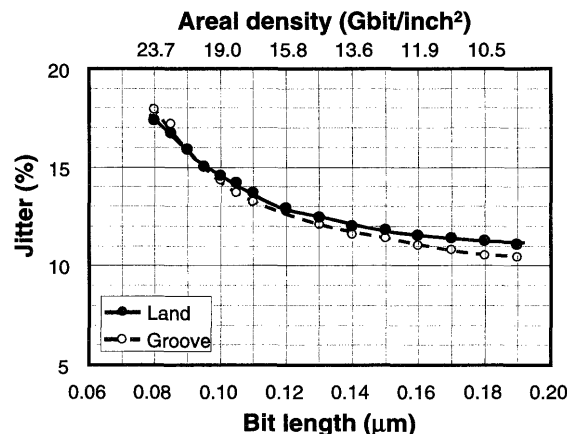
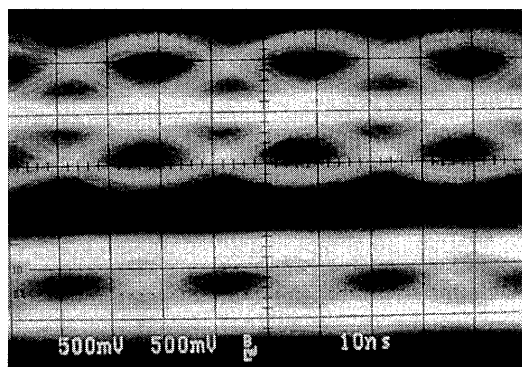
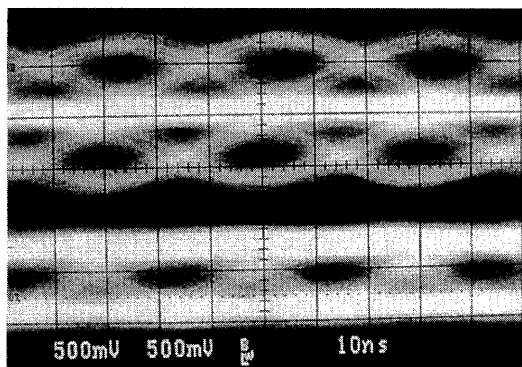


Fig. 10 Bit length dependences of the jitter on land and in groove at a track pitch of $0.34 \mu\text{m}$.



(a) At 17.3 Gbit/inch² (0.11 μm/bit) on land



(b) At 17.3 Gbit/inch² (0.11 μm/bit) in groove

Fig. 11 Waveforms of the random signal (bottom) and the differentiated signal (top) at 0.11 μm/bit: (a) on land at 0.34 μm/tp (b) in groove at 0.34 μm/tp.

17.3 Gbit/inch² (0.11 μm/bit) でのランド、グループそれぞれのアイパターンを示した。それぞれ下側が光磁気再生信号波形、上側が1回微分信号波形である。

4. まとめと将来の展望

青色半導体レーザによる記録再生において、DWDD媒体に要求される設計指針を明らかにし、新構造での改善効果を確認した。主な改善部分は、移動層、制御層、ヒートシンク層であり、レーザスポットの縮小化に伴う温度分布の変化の影響を考慮して設計した。

この改善されたDWDD媒体に、波長405 nmの青色半導体レーザとNA=0.60の対物レンズを用いてランド・グループ記録を行い、面記録密度特性を確認した結果、20 Gbit/inch²においてもジッターはランド、グループともに15%以下であり、15 Gbit/inch²においては12%台であった。

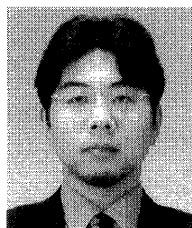
DWDD発表当時¹⁾に実用化の上で懸念されていた非磁性化処理(アニール処理)の必要性やゴースト信号の存在に関しては、それぞれ深溝基板の利用²⁾や制御層⁴⁾という

平易な解決手法が提案されており、本実験でもその手法を用いた。このように現在DWDDは実用的な媒体設計の目処がつき、本稿に示したように低NA対物レンズを用いた光ディスクシステムにおいて20 Gbit/inch²の可能性を検討できるまでに至っている。今後は具体的にシステムマージンを評価し、優れた特徴を活かした光ディスクシステムの実現を提案することが必要だと思われる。

参考文献

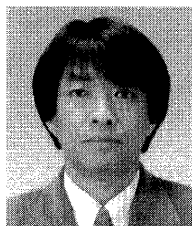
- 1) T. Shiratori, E. Fujii, Y. Miyaoka, and Y. Hozumi: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **22** (Suppl. No. S2), 47-50 (1998).
- 2) S. Kai, A. Fukumoto, K. Aratani, S. Yoshimura, K. Tsutsui, M. Arai, and Y. Takeshita: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **38**, 1768-1773 (1999).
- 3) T. Kobayashi, M. Masuda, and T. Shiratori: *Tech. Report of IEICE*, MR98-109, CPM98-192 (1999-03) (in Japanese).
- 4) T. Shiratori, E. Fujii, Y. Miyaoka, Y. Hozumi, T. Kobayashi, and M. Masuda: *Tech. Dgst. MORIS 1999*, pp. 60-61 (Monterey, 1999).
- 5) S. Kai, A. Fukumoto, S. Masuhara, and K. Aratani: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **38**, 1768-1773 (1999).
- 6) S. Yoshimura and A. Fukumoto: Postdeadline Poster Papers of ISOM/ODS 1999 (Koloa, Hawaii, July 1999, WD27).
- 7) T. Sakamoto, G. Fujita, Y. Takemoto, Y. Akiyama, S. Imanishi, K. Aratani, M. Kanno, and A. Nakaoki: *Proc. SPIE*, **4090**, 153-159 (2000), Optical Data Storage (Whistler, 2000).

(2001年2月5日受理)



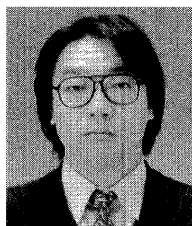
坂本哲洋 さかもと てつひろ

平4 東京大学工学部物理工学科卒業、同年 ソニー(株)入社、光ディスク、光磁気ディスクの媒体開発に従事、現在に至る。
専門 光ディスク、光磁気記録



藤田五郎 ふじた ごろう

昭58 筑波大学大学院理工学研究課修士課程修了、同年 ソニー(株)入社、光磁気ディスクの記録再生技術の開発に従事、現在に至る。
専門 光磁気ディスクシステム



中沖有克 なかおき ありよし

昭60 早稲田大学大学院理工学研究課修士課程修了、同年 ソニー(株)入社、光磁気ディスクの開発に従事、現在に至る。
専門 光ディスク、光磁気記録