
Ag-In-Sb-Te 相変化記録材料を用いた4.7GB書換え型ディスク

4.7GB Rewritable Disc Using Ag-In-Sb-Te Phase Change Material

篠塚 道明*

Michiaki SHINOTSUKA

出口 浩司*

Hiroshi DEGUCHI

譲原 肇*

Hazime YUZURIHARA

小名木 伸晃*

Nobuaki ONAGI

田代 浩子*

Hiroko TASHIRO

要 旨

Ag-In-Sb-Te記録材料を用いたディスクの記録特性に着目し、DVD-ROM規格をほぼ満足する書換え型ディスクを世界に先駆けて開発した。これは書換え型DVDディスクの開発の一環として、高密度、高信頼性でかつ位相差トラッキングができるようにディスクの構成を最適化した。相変化記録材料であるAg-In-Sb-Teを用いたCD-RW（書換え型CD）ディスクを既に商品化しているが、これまでDVD-ROMと同等の高密度（トラックピッチ0.74 μm 、線密度0.267 $\mu\text{m}/\text{bit}$ ）で記録再生が可能で、高信頼性を兼ね備えた相変化記録ディスクはこれが初めてである。

ABSTRACT

A Digital Versatile Disc rewritable disc which is compatible with 4.7GB DVD-ROM is firstly developed. High density recording same as DVD-ROM (Track-pitch is 0.74 μm and a linear density is 0.267 $\mu\text{m}/\text{bit}$) can be achieved using Ag-In-Sb-Te phase change disc. This material has already been applied to CD-RW (Compact Disc Rewritable) and has both high stability and the same direct overwrite characteristics. After recording, the disc has almost the same performance of DVD-ROM, specially in a phase detection tracking characteristics.

* 研究開発本部 OD開発センター

OD Development Center, Research and Development Group

1. 背景と目的

現在世の中はまさに、マルチメディアの世界であり、音声、画像やデータ等のデジタル情報があふれている。さらに21世紀には、デジタル放送に代表される双方向通信が実現され、高度情報社会になっていくと予想される。個人がこれらの情報を選択的に必要に応じて蓄積しようとする要求が増える事は必須である。我々はその要求に応えるデバイスとして光メモリ、特に既存ROMディスクとの互換性が取り易い相変化ディスクを開発してきた。

マルチメディアの世界における情報蓄積に要求されるメモリーのキーワードをFig.1に示した。キーワードとしては、つぎの4つがあげられる。

1. 大容量化, 2. 高速化, 3. 互換性, 4. 信頼性

DVD-ROMはこれらの要求に応えるべく登場した光ディスクである。したがって、その書換え型ディスクも同様であり、特にROMとの互換性は重要になってくる。Table 1 に示すように、DVD-ROMで従来のCD系ディスクと大きく異なるところはトラッキング方式と記憶容量である。DVD-ROMではDPD(Differential Phase Detection)トラッキング方式をもちいている。書換え型DVDにおいてもDPDトラッキング方式で再生可能でなければならない。

筆者らは、前記1 から4.を満足する4.7GB書換え型ディスクを、Ag-In-Sb-Te相変化記録材料を用いて開発した。この材料はCD-RWディスクに用いられており、高感度、高消去特性を有しエッジ記録に適している⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾。ここでは4.7GB 書換え型ディスクの互換性、高密度記録と信頼性について報告する。

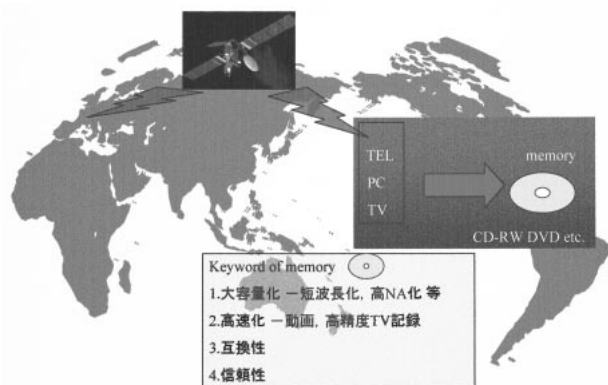


Fig.1 A Memory Solution for the Multimedia Era.

2. 技術

2-1 目標スペック

書換え型ディスクのCD-RWディスクはCD-ROMドライブで再生する事ができる。書換え型DVDにおいても

Table1に示す様にDVD-ROMの再生条件と同一にする事が重要な課題となる。つまりディスク仕様に関して、記録後はDVD-ROM規格に準拠することである。その他相変化ディスク特有の特性、例えばオーバーライト(O/W)特性等はCD-RWディスク同等を目指した。

Table 1 Target specification for 4.7GB Rewritable Disc.

	DVD-ROM	4.7GB Rewritable disc	CD-RW
Media type	Read Only	Rewritable	Rewritable
Capacity Gbyte/side	4.7GB	←	0.65GB
Wave length(Recording)	—	635nm	780nm
(Reading)	650(635)nm	←	780(830)nm
NA (Recording)	0.6	←	0.5
(Reading)	0.6	←	0.45
Disc thickness	0.6mm x2	←	1.2mm
Track-Pitch	0.74μm	←	1.6 μm
Minimum pit length	0.40μm	←	0.834 μm
Scanning velocity	3.49m/s	←	1.2m/s
Reflectivity (Itop(%))	>45/18-30	← (18-30)	15-25
Modulated Amplitude	>0.6	←	>0.55
Direct Overwrite times	—	→	>1000
Write Strategy	—	→	multi-on-off pulse
Data modulation Code	8/16	←	EFM
Tracking (Recording)	—	→	Push-Pull
(Reading)	DPD	←	Push-Pull

2-2 実験方法

2-2-1 ディスク構造

従来のCD-RWと構造的に違うのは、基板の厚みがCD系の半分の0.6mmであり、これを貼り合せていることである。Fig.2に示すように0.6mm厚のポリカーボネイト基板に記録層等を形成した後、UV硬化樹脂等で片面ディスクであれば片面を記録層の無い基板を、両面ディスクであれば両面記録層を形成した基板を接着するものである。今回片面ディスク(貼り合せ)を作成し、記録再生特性評価を行なった。

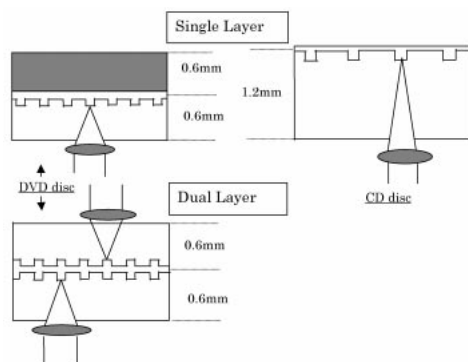


Fig.2 Basic Structure of DVD Disc and CD Disc.

2-2-2 メディア層構成

記録再生評価した層構成はFig.3に示す。基板はポリカーボネイト、下部保護層と上部保護層はZnSSiO₂、記録層はAg-In-Sb-Te、反射層はAl合金、オーバーコート

としてはUV硬化樹脂をもちいた．光学位相差をもとめる実験に用いたディスクはそりの無いガラス基板を用いた．

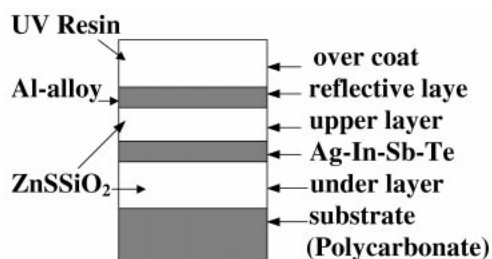


Fig.3 Layer Structure.

2-2-3 記録再生評価条件

記録再生実験についてはTable 2に示す評価条件で行った．記録波長()に関しては635nmと650nmの2つのレーザーを用い波長依存性を調べた．ジッターはdata to clockを用いて評価した．また、すべてのデータは隣接トラックに記録した状態で評価した．再生時はDVD-ROMと同じ波長(650nm)でかつイコライザーゲイン(3.2dB at 5MHz)で再生した．

Table 2 Experimental Conditions.

1. Pick-up characteristics

Laser diode λ	: 635nm, 650nm
Lens NA	: 0.6
Spot size ($1/e^2$)	: 0.9 μ m at 635nm 0.94 μ m at 650nm

2. Measurement conditions

Linear velocity	: 3.49m/s
Modulation code	: 8/16
Recording method	: PWM
Recording position	: in groove

記録ストラテジーはFig.4に示す様にCD-RWとほぼ同等の基本的なストラテジーである．図は5Tマークを書く場合の例である．CD-RWと違う点は、小さいマークを形成しやすくするためにマルチパルス数を少なくした点である．

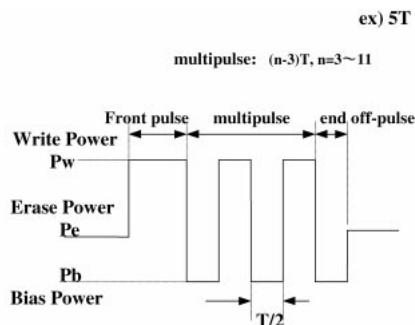


Fig.4 Write Strategy.

2-2-4 DPDトラッキング方式

このトラッキング方式はDVD-ROMで採用されているトラッキング方式でヘテロダイン方式とも呼ばれている．ピットの深さに対する影響が少ない方式であり、またサーボ機構動作により4分割フォトダイオード(PD)上でビームスポットが動いてもその影響が少ないという特徴をもっている．

原理をFig.5に示した．4分割PDの対角線の和信号どうしの位相差信号((A+C) (B+D))を演算する．Fig.5(b)に示すように、ビームスポットがピットの中心に位置しているとき、DPD信号はゼロとなる．ビームスポットがピット中心からずれた位置(a)や(c)のとき(DPD)信号はビームスポットがずれた方向に信号が発生する．この性質を利用してトラッキングをする方法である．

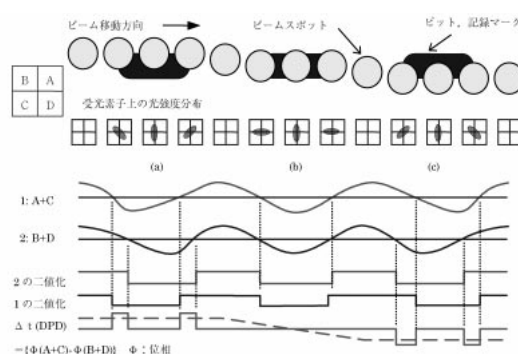


Fig.5 Principle of DPD Tracking Method.

相変化メディアではピットに相当するのが記録マークである．記録マーク(アモルファス)と未記録部(結晶)との光学位相差があり、DPD信号の大きさがROMディスク規格範囲内(0.6以上)となればDVD-ROMドライブで再生可能となる．

2-2-5 位相差評価

光学位相差はマイケルソン干渉計で測定した．波長はHe-Neレーザーの633nmを用いて測定した．

2-2-6 信頼性評価方法

信頼性については、保存試験(70 , 85%RH)ヒートサイクル試験(25 95%RHと 40 95%, 6サイクル)を行い評価した．

2-3 結果と考察

2-3-1 DPD信号 と位相差

従来位相差を利用しようとすると、反射率が極端に小さくなる等、ROMとの互換性という面で問題があった．しかし層構成や組成の最適化により、反射率とDPD信

号がともにDVD-ROM規格内に入るディスクが開発できた。層構成に関しては、以下の点に留意して設計を行った。

トラッキング可能な位相から $1/2$ ずれた層構成、つまり逆位相で設計してしまうとトラッキング不可能になってしまうので、層構成特にFig.3に示したZnS-SiO₂の膜厚を調整してDPDトラッキング可能となるようにした。

Fig.6はマイケルソン干渉計で観察した干渉縞である。開発中DVD書換えディスクのDPD信号をFig.7に示し、Fig.8にDVD-ROMディスクのDPD信号を示した。Fig.6はアモルファス部と結晶部の位相がずれている事を証明しており、位相はFig.7とFig.8に示すように、相変化ディスクもDVD-ROMと同様な傾きの信号が得られDVD-ROM規格を満足した(0.65: DVD-ROM規格は0.5以上)。

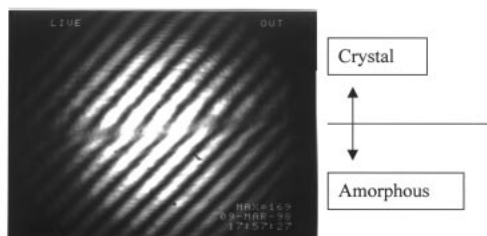


Fig.6 Interference Fringers by Michelson Interferometer.

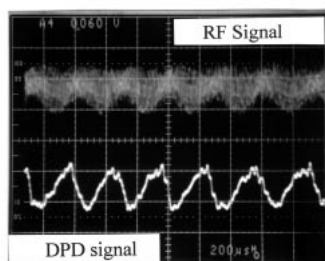


Fig.7 DPD Tracking Error Signal of 4.7GB DVD Rewritable Disc.

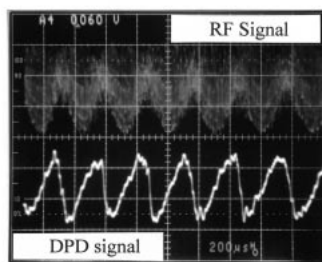


Fig.8 DPD Tracking Error Signal of DVD-ROM Disc.

2-3-2 記録再生特性

2-3-2-1 記録波長

4.7GB DVD書換えディスクではCD-RWと比較すると、まずデータの記録波長()が780nm(赤外光)から

635nm(可視光、赤色)へと短波長化し、更に対物レンズの開口数(NA)を大きくする事により、レーザービームのスポット径を小さくして記録密度を上げている。光記録では記録限界が光の回折に依存し、次式で表されるためである。

$$\text{最小マーク長} \propto (\text{NA})$$

そのために最小記録マークがCD系ディスクの約半分(最小記録マーク: 0.4 μm)となり、このサイズの記録マークが良好に記録可能な材料が求められる。

Fig.9に635nmと650nm(NA=0.6)での記録波長によるボトムジッタ最適記録再生条件下でのジッタを示した。ただし再生はDVD-ROM規格をの標準ピックアップ(=650nm, NA=0.6)を用いた。

650nmと635nmの記録の差は線密度 0.3 μm以下で出てきている。記録波長635nmでは、線密度がDVD-ROMと同等の0.267 μm/bit条件で記録再生したボトムジッタがDVD-ROM規格である8%以下となった。一方650nmで記録した場合では8%を越えてしまう。参考にDVD-RAM(The digital versatile disc random access memory: 2.6GB容量、線密度 0.4 μm/bit)を図中に示した。4.7GB容量はこの密度の約1.5倍である。

記録層の光学特性の波長依存性はこの波長範囲では少ないので、波長依存性と言うよりはビームスポット径の差と考えられる(Table 2参照)。DVD-ROMディスクとの互換性を考え、以下の実験は635nm記録で行なった。

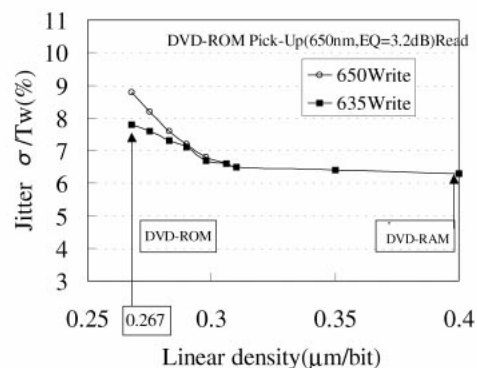


Fig.9 Jitter Dependence on Linear by Writing of 635nm and 650nm Pick-Up.

2-3-2-2 DVD-ROM同等密度での記録再生特性

Fig.10にDVD-ROMと同等の線密度(0.267 μm/bit)におけるボトムジッタとモジュレーション(記録再生信号の変調度)の記録パワー依存性を示した。ボトムジッタが8%以下で、モジュレーションが60%以上である記録パワーは9mWから12mWである。パワーマージンとしては10.5mW \pm 14%であり、広いパワーマージンが得られた。

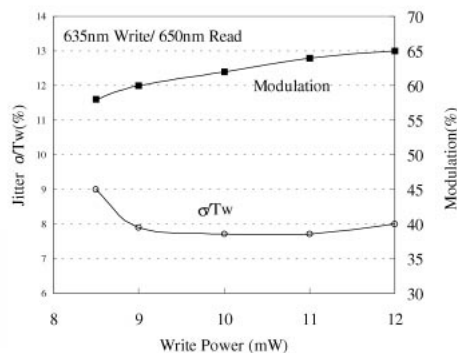


Fig.10 Jitter and Modulation Dependence on Write Power.

反射率については18%とDVD-ROM 2層ディスクの規格下限となったが、層構成で変更可能な特性である。

Fig.11とFig.12に再生時のラジアル及びタンジェンシヤル方向のチルトマーヅンを示した。再生ジッタ15%がバイトエラーレツト 5×10^{-3} に相当し、エラー訂正可能な範囲とされている値である。

Fig.11からジッタが15%以下となるラジアルチルトマーヅンは $\pm 0.75^\circ$ である。またFig.12からタンジェンシヤルチルトの場合には $\pm 0.55^\circ$ であり、チルトマーヅンとしては、DVD-ROM規格を満足している。

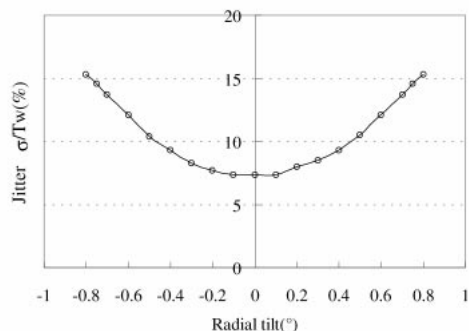


Fig.11 Radial Tilt Margin.

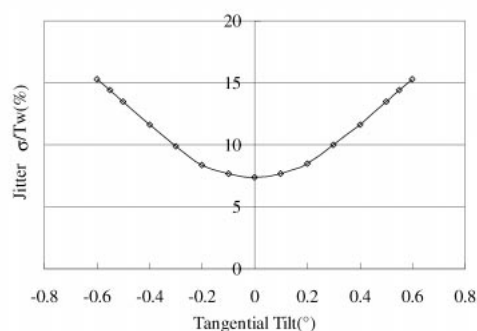


Fig.12 Tangential Tilt Margin.

Fig.13にDOW(Direct OverWrite)特性を示した。1000回程度であれば、ボトムジッタが1%増加する程度で収まっている。またボトムジッタが9%程度でもチル

トマーヅンがほぼ規格内となるので、DOWとしてはCD-RWと同等の1000回以上となる。

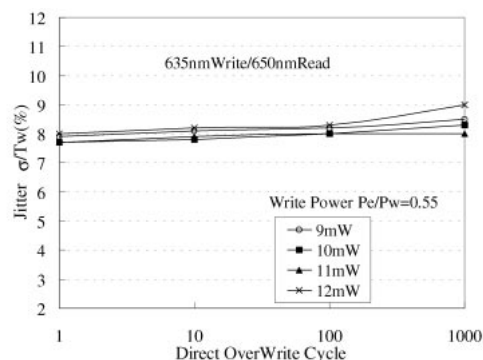


Fig.13 DOW Characteristics.

Fig.14に実際に635nm記録 / 650nm再生(NA=0.6)時のアイパターンを示した。またFig.15にはTEM像を示した。アイパターンとTEM像から記録マーヅが良く書けている事がわかる。

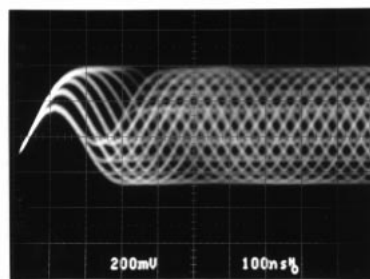


Fig.14 Eye Pattern for a Linear Density 0.267 $\mu\text{m/bit}$.

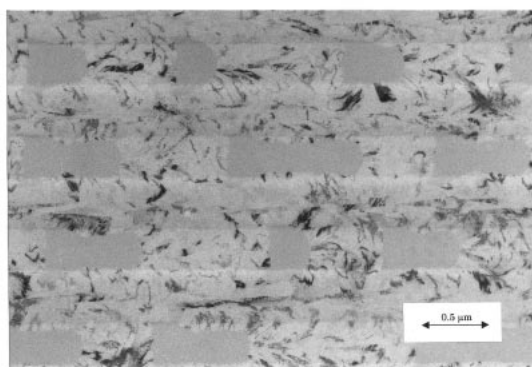


Fig.15 TEM Image of Recorded Marks(Minimum MarkLength:0.4 μm)

2-3-3 信頼性

Fig.16に70℃, 85%RHにおける記録マークの保存安定性を示した。1000時間程度ではジッタの変化がなかった。またヒートサイクルテストの結果ジッタ, 反射率, モジュレーションの変化は見られなかった。これらの結果より信頼性の高いディスクであることがわかる。

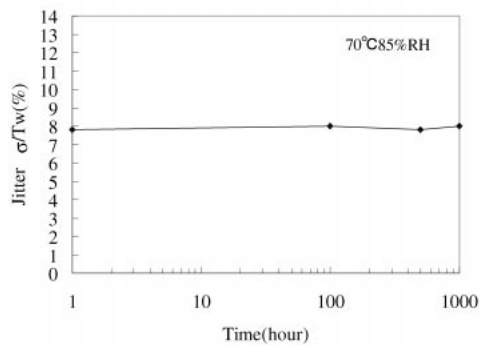


Fig.16 Stability of Recorded Signal of 4.7GB Rewritable Disc in the Environment of 70℃, 85%RH.

3. まとめ

Ag-In-Sb-Te記録層を用いて、容量4.7GBでDVD-ROM規格をほぼ満足する書換え型ディスクを開発した。このディスクはDPDトラッキングに対応しており、DVD-ROMドライブでの再生が可能である。またDOW特性、保存安定性等基本的な信頼性を確保できた。

4. 今後の展開

今後更なる高速化、高密度化に対応した相変化光ディスクの研究開発を進めていく予定である。

謝辞

本開発を遂行するにあたりOD開発センターの多くの方々にご指導、ご協力をいただきましたことに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) M.Shinotsuka et al.: Potentiality of the Ag-In-Sb-Te Phase-Change Recording Material for High Density Erasable Optical Discs, Jpn.J. Appl. Phys., 36(1997) pp536-538.
- 2) H.Deguchi et al.: High Density optical disc with Ag-In-Sb-Te Phase-Change Material, MORIS/ISOM'97 Tech.Dig. (1997) 290.
- 3) 篠塚 他: 第8回相変化記録研究会シンポジウム予稿集, (1996) pp62-67
- 4) 篠塚 他: 第9回相変化記録研究会シンポジウム予稿集, (1997) pp71-75
- 5) Y.Kageyama et al.: Compact Disc Erasable(CD-E) with Ag-In-Sb-Te Phase-Change Recording Material, Jpn.J.ApplPhys., 35(1996) pp500-501
- 6) 井手 他: Ag-In-Sb-Te系相変化材料を利用した書換え可能なコンパクトディスク, Ricoh Technical Report 24(1996) pp4-11
- 7) H.Iwasaki et al. Completely Erasable Phase-Change Optical Disc II, Jpn.J.ApplPhys., 32(1993) pp5241-5247.
- 8) K.Nagata et al.: 4.7GB Phase-Change Optical Disk for a Authoring System of Digital Versatile Disc, Jpn.J.ApplPhys., 37(1998) pp2236-2240
- 9) Eiji.Muramatsu et al.:The New Re-writable Disc system for Digital Versatile Disc, Jpn.J.ApplPhys., 37(1998) pp2257-2258