

高密度無機追記型光ディスクとその記録メカニズム

Recording Mechanism and Performance of an Inorganic High-Density Write-Once Disk

細田 康雄，三森 歩美，佐藤 恵

Yasuo Hosoda, Ayumi Mitsumori, Megumi Sato

泉 知明，神野 智施，山口 政孝

Tomoaki Izumi, Satoshi Jinno, Masataka Yamaguchi

要旨 我々はBlu-ray Disc フォーマットに準拠した、総容量が25GBの無機追記型光ディスクを開発した。総容量25GBにおいてリミット・イコライザを使用してジッタ5.7%が得られている。そしてこのディスクは1X-2X コンパチ記録ディスクとしても対応可能であることを確認した。また同時に我々は記録メカニズムの解析を行い、分解温度の異なる2種の金属窒化物を混合した記録膜が微細なマークの形成に有効であるという知見を得た。

Summary We realized an inorganic write-once disk of 25GB capacity based on Blu-ray Disc format. The data-to-clock jitter of 5.7% was obtained at 25 GB capacity, using the limit equalizer. And we confirmed that this disk had potential for application as a 1X-2X recordable disk. In addition, we analyzed the recording mechanism, which was using a composition of two types of metal nitride for recording material, and found it is useful for making well-formed microscopic marks.

キーワード : 青紫色LD, 高NA, 追記型ディスク, グループ記録, リミットイコライザ, ジッタ, Blu-ray Disc

1. まえがき

現在青紫色レーザーを用いた次世代大容量光ディスクとHD-TV用ビデオレコーダの開発が進められている⁽¹⁾。

Blu-ray Discシステムは、波長405nmの青紫色レーザーと高NA0.85の対物レンズを用いるシステムである。ディスクは厚さ0.1mmの薄いカバー層を持ち、グループ記録方式を採用している。

現在書換型ディスクについては、規格が公開

されるに至る状況にあるが、続いて再生専用ディスクと追記型ディスク⁽²⁾についても規格が作成されて行くことになるだろう。

追記型ディスクには、既に規格化された書換型ディスクとの互換性が要求される。またそれだけではなく、書換型ディスクと比較して追記型ディスクは、一度記録した所には再書込みは出来ないもので、記録したデータが不要になったときには廃棄されてしまうことが考えられる。従って、環境保護の観点から追記型ディスクは

廃棄時の環境への影響についても考慮することが望まれる。

今回我々は、環境への影響の少ない材料として、Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) 制度を規定した法律(特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律)で毒物に指定されている材料を避けて、Ge と Bi の合金の窒化物を選択した。

書換え型ディスクとのコンパチビリティを確保するために、我々の開発した追記型ディスクでは、書換え型ディスクと同様にレーザー光を照射する側の記録トラック(グループ)のみに記録を行うオン・グループ記録方式を採用している。また、未記録部の反射率を書換え型ディスクの規格値に収まるように約 15% として、記録後は High to Low の信号が得られるように光学的な調整を行っている。

2. ディスク構造

図 1 にディスクの断面構造を示す。トラックピッチ 320nm、溝深さ約 27nm のグループ記録用基板の上に、Ag 合金反射膜、ZnS-SiO₂ 誘電体保護層、窒化 Bi-Ge 合金記録層、ZnS-SiO₂ 誘電体層、の順に各層をスパッタ法によって積層した。窒化物層は窒化していない Bi-Ge 合金ターゲットを使ってアルゴンと窒素の混合雰囲気中

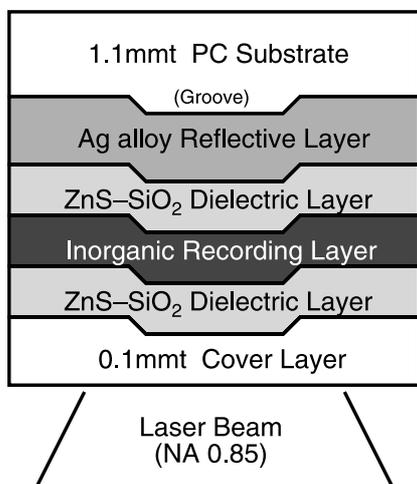


図 1 ディスク構造

で反応スパッタによって成膜している。その後、ポリカーボネートシートを紫外線硬化樹脂を接着剤に用いて貼り合わせ後、硬化させて厚さ 0.1mm の光透過層を作成した。

3. 記録再生特性

表 1 に記録評価条件を示す。我々はディスクの記録再生実験において、レーザー波長が 405 nm 対物レンズの光学開口率(NA)が 0.85 の評価システムを使用した。

記録には図 2 に示すような 2 値のマルチパルスパターンを用いた。ユーザーレート 36 Mbps、チャンネルクロック 66MHz で、(1,7)変調のランダム信号を記録して再生を行った。再生信号はリミット・イコライザ⁽³⁾で等化して、Data to Clock でジッタを測定することでディスクの評価を行った。全ての測定はクロストークを含む値である。

同時に我々は 2 倍速の記録実験も行った。追記型ディスクにおいては、記録の高速化はデータのバックアップや移動を考慮すると今後必然的に要求されてくるものである。このときのユーザーレートは 72Mbps になる。

図 3 に線密度とジッタの関係を示した。総容量が 23.3GB となる線密度(0.120 $\mu\text{m}/\text{bit}$)において、従来型のイコライザ(Conventional Equalizer)でのジッタ 7.5%、リミット・イコライザでのジッタ 4.2% と、十分に低いボトムジッタを達成した。25GB 相当の線密度(0.1118 $\mu\text{m}/\text{bit}$)においても、ボトムジッタで 5.7% が確保されている。

図 4 に総容量 25GB のときの再生信号のリミット・イコライザで等化後のアイパターンを示す。良く開いた S/N 比の良いアイパターンを確認することが出来る。

図 5 に総容量 25GB のときの再生チルトマージンを示す。書換え型ディスクとほぼ同等なチルトマージンが得られている。

図 6 に総容量 25GB のときの 1 倍速および 2 倍速記録時のパワーマージン特性を示す。2 倍速

記録においても 25GB 相当の線密度で、ジッタ スクが 1X-2X コンパチ記録ディスクとしても対 6.0% を達成している。これによって、このディ 応可能であることを確認した。

表 1 記録評価条件

Wave length of LD	405 nm
NA of objective lens	0.85
Disk size (ϕ)	120 mm
Cover layer thickness	0.1 mmt
Track pitch	320 nm
Groove depth	27 nm
Channel clock	66 MHz
Equalizer	Limit Equalizer
Signal modulation code	(1, 7) RLL

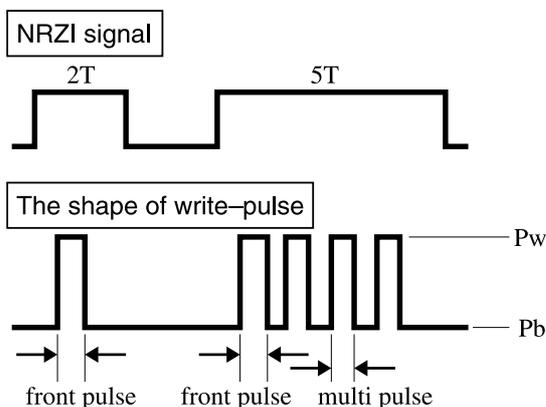


図 2 記録マルチパルスパターン

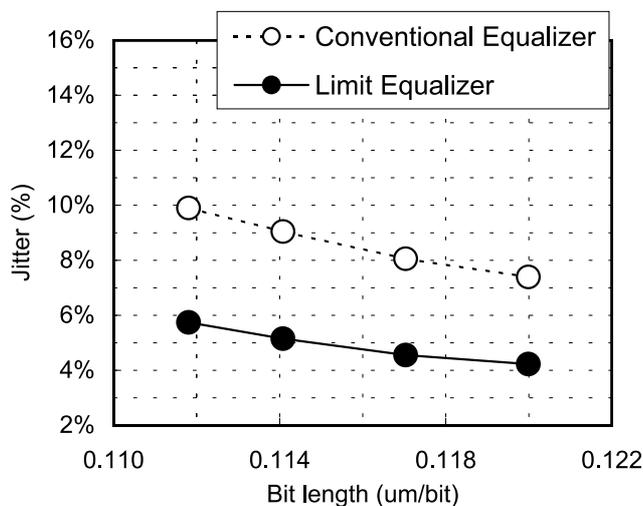
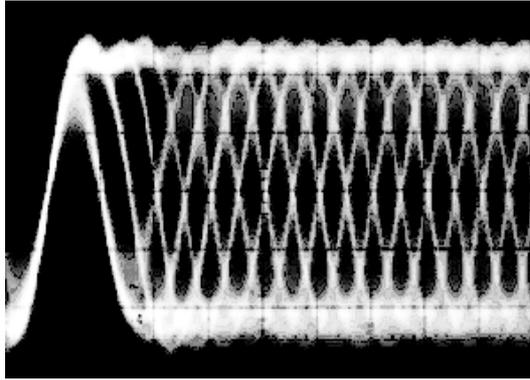


図 3 記録密度依存特性



(25GB記録)

図4 リミットイコライズ後アイパターン

4. 記録原理

4.1 記録原理の解析

続いて我々は、このディスクの記録原理の解析を行った。記録原理を解明することで、他の無機記録膜への応用性を検証することが可能になる。

図7に記録膜のXPSスペクトルを示す。金属Biのピークが記録後に大きくなっていることが分かる。このデータは記録膜が記録中に金属Biと他のものに分解したことを示している。記録膜の各成分について熱分析を行った結果、

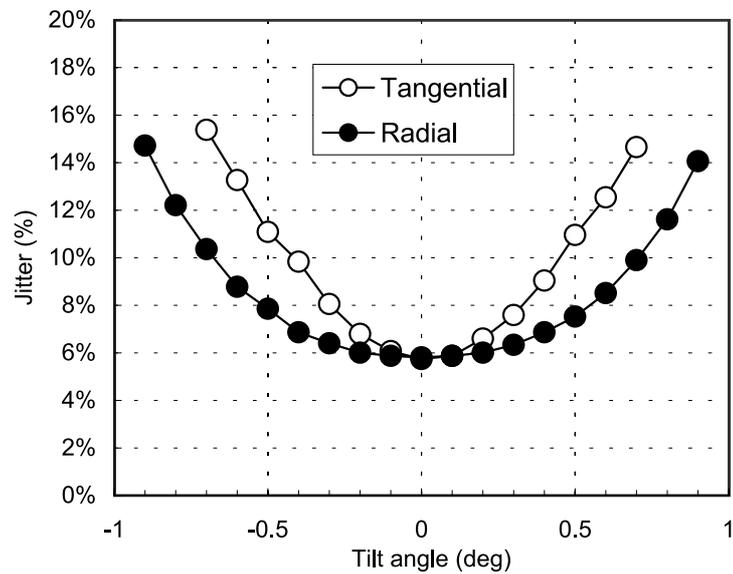


図5 再生チルトマージン(25GB相当線密度)

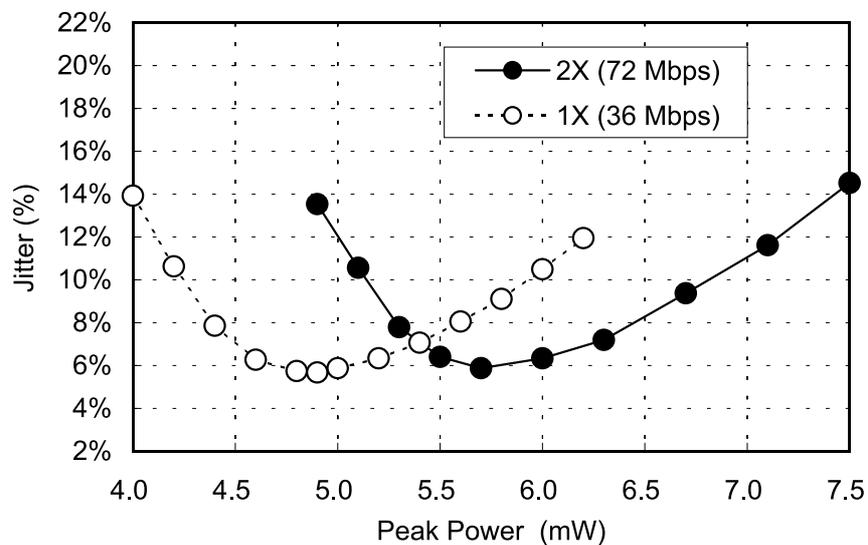


図6 記録パワー依存性(25GB相当線密度)

Bi の融点は270 で、Bi-Nの分解温度は約220 であることが分かった。また、Ge および Ge-N は600 まで反応せず、溶融あるいは分解をしないことが確認出来た。

図8 に記録済ディスクの記録膜の原子間力顕微鏡(AFM:Atomic Force Microscope)観察画像を示す。マーク部が未記録部に対して6nm 隆起していることが確認された。図9 に記録済ディスクの記録膜の透過電子顕微鏡(TEM : Transmission Electron Microscope)観察画像を示す。良好な形状の微小マークが形成されていることが確認出来る。この試料の電子線回折パターンではハローパターンのみ観測された。従って記録マーク部分と未記録部分は両方共アモルファス状態であることが確認された。

4.2 記録原理の仮説と検証

TEM 分析の結果から、記録原理が相変化プロセスによるものではないことが確認された。また、Blu-ray discのフォーマットではわずか6nm の記録マーク部の変形だけでは十分な記録信号が得られないことがシミュレーションによって明らかになっている。よってこのディスクの記録信号は主として記録膜の窒化物の分解による反射率変化によって得られている。

我々は記録膜を2つの金属窒化物の混合物と考えた。1つの金属窒化物は、記録時にレーザーパワーの加熱で達する温度で熱分解する、

熱分解し易い金属窒化物であり、もう1つはその温度では熱分解しない安定した金属窒化物である。

ここで分解しない金属窒化物は記録膜の熱伝導率を下げて蓄熱を促すと同時に、膜の構造を保つ役割を持つ。これによって微細マークを形良く形成することが出来るのである。つまり、この記録原理は2つの窒化物の両方が意味を



図8 記録済みディスク記録膜の AFM 測定断面表示像

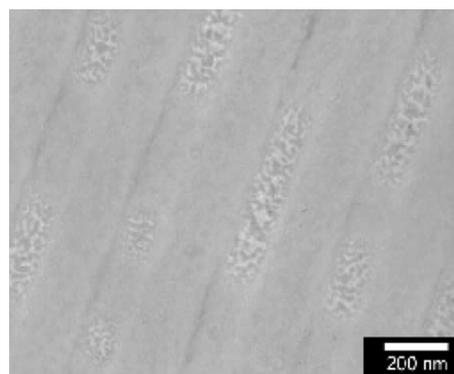


図9 記録マークのTEM 観察画像

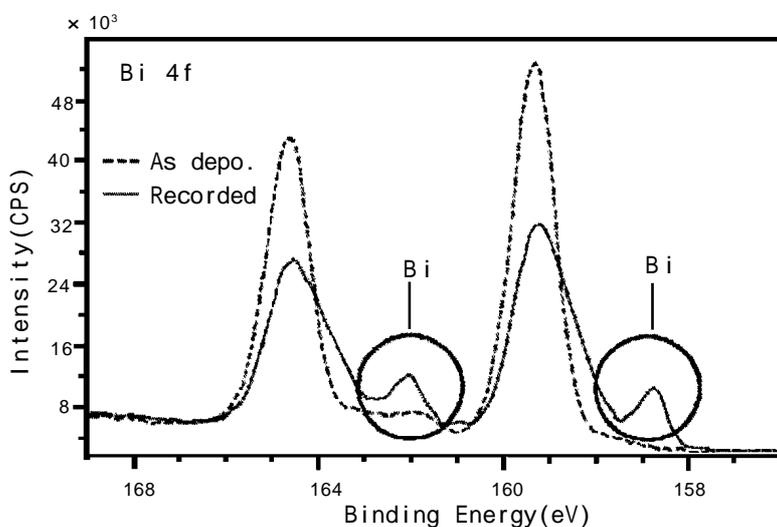


図7 記録前後の記録膜のXPS スペクトル

持って成り立っている。

光ディスクにおいて、記録レーザーパワー照射によって上昇する記録膜の温度はおおよそ400～600とされている。分析結果から、Bi-Nは記録中に熱分解する窒化物で、Ge-Nは分解しない窒化物に該当する。

次に我々は、分解温度約380のSn-Nと、3000以上と安定なTi-Nの組み合わせでも記録膜として成り立つかどうかを検証した。その結果、窒化Sn-Ti記録膜においても、総容量25GB相当線密度においてジッタ6.5%以下の記録特性が得られた。こうして我々は記録原理の仮説を検証することが出来た。

5. まとめ

我々は、Blu-ray Discフォーマットに準拠した無機追記型記録ディスクを開発することに成功した。窒化Bi-Ge記録膜を用いたディスクにおいて、総容量25GB相当の記録線密度において、1倍速、2倍速どちらの記録レートでもジッタ6.0%以下を達成し、1X-2Xコンパチ記録ディスクとしても対応可能であることを確認した。また、書換型ディスクと同等のシステムマージンが確保出来た。

同時に我々は記録原理の解析を行い、分解温度の異なる2種の金属窒化物を混合した記録膜が相互に働いて、微細なマーク形成に有効なメカニズムで記録が行なわれていることを確認した。我々は本報告が今後の大容量光記録ディスクの無機追記型記録膜の開発に有効な指針となることを期待している。

参 考 文 献

- (1) Y. Hosoda, T. Izumi, A. Mitsumori, S. Jinno and H. Kudo : 25GB Phase-Change Optical Disk using Limit Equalizer, Proc. 13th Symp. PCOS2001(2001)94-99
- (2) Y. Hosoda, T. Izumi, A. Mitsumori, F. Yokogawa, S. Jinno and H. Kudo: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 42(2003)1040-1041.
- (3) S. Miyanabe, H. Kuribayashi and K.

Yamamoto: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38 (1999)
1715-1719

筆 者

細田 康雄 (ほそだ やすお)

所属: 研究開発本部 総合研究所
ナノプロセス研究部
入社年月: 1993年4月

主な経歴: フルカラープリンタ開発を経て、大容量書換型・追記型光ディスクの研究開発に従事。

三 森 歩 美 (みつもり あゆみ)

所属: 研究開発本部 総合研究所
ナノプロセス研究部
入社年月: 1992年4月

主な経歴: 光ディスクの開発・製品化に携わった後、相変化記録媒体のストレージメディアの開発に従事。

佐藤 恵 (さとう めぐみ)

所属: 研究開発本部 総合研究所
ナノプロセス研究部
入社年月: 2002年4月

主な経歴: 大容量追記型光ディスクの研究開発を経て、現在電子ビーム記録装置を用いたプロセス技術の開発に従事

泉 知 明 (いずみ ともあき)

所属: HEC ディスプレイ事業統括部
技術統括部
入社年月: 2001年4月

主な経歴: 大容量書換型・追記型光ディスクの研究開発を経て、現在PDPパネル開発に従事。

神野 智 施 (じんの さとし)

所属: 研究開発本部 PDP開発センター
入社年月: 1990年4月

主な経歴: 書換型・追記型光ディスクの開発を経て、現在PDPパネル開発に従事。

山口 政 孝 (やまぐち まさたか)

所属: 研究開発本部 総合研究所
ナノプロセス研究部
入社年月: 1991年8月

主な経歴: 書換型・追記型光ディスクの開発に従事。