

高速記録 DVD-RW ディスクの開発

Development of the High-speed recording DVD-RW disc

松川 真, 大島 清朗, 田切 孝夫, 滝下 俊彦

Makoto Matsukawa, Seiro Oshima, Takao Tagiri, Toshihiko Takishita

要旨 現行DVD-RWのver1.1規格との互換性を保ちながら 2倍速記録にも対応したディスクの開発を行った。相変化記録材料の結晶化速度の最適化, ディスク構造 LPP形状の最適化, 高精度カッティング技術によるスタンパーグループ部の低ノイズ化の実現, などにより本開発を行った。本開発により作製したディスクをベーシックライトストラテジーおよび2倍速最適化ストラテジーにて記録した結果, 1倍速 jitter7.67%, 変調度 67.9%, 反射率20.9%, 2倍速 jitter6.92%, 変調度75%, 反射率20.1%であり, 記録後のディスクはDVDプレーヤーに互換性のあることを確認した。

Summary 2x recording disks which are compatible with the existing DVD-RW (Version 1.1 standard) were developed. The development process included optimization of the crystallization speed of the phase-change materials, optimization of the disk structure, optimization of the LPP shape and reduction of noises from the groove surface by means of our high precision mastering technology. These disks recorded by "basic write strategy" of the DVD Re-recordable Disc Specification Version 1.1 resulted in 7.67% jitter, 67.9% modulation, 20.9% reflectivity, and by the 2x recording optimized strategy resulted 6.92% jitter, 75% modulation and 20.1% reflectivity. From this result, it is concluded that the recorded disks both by 1X and by 2X speed will work on general DVD players.

キーワード : 相変化記録 結晶化速度 放熱 LPP形状

1. まえがき

DVD-RWは相変化材料を用い, 1000回程度の書き換えが可能である。さらに記録後のDVD-RWディスクはROM型DVDと再生互換性が高いのが特徴であり, 他の書き換えメディアにはない優位性を持っている。近年の急激なブロードバンドの普及に伴い, 大容量メディアによる高速記録へのニーズが一段と高まってきている。しかしながらDVD-RW version1.1規格は線速3.49m/s

(等速記録)で策定された規格であり, 高速記録に対応していないため, 早急なる対応が大いに期待されていた。

当初の検討としては高速記録専用メディアの開発を目標とていたが, 現行記録機への互換性も重要と考え, 次期versionとしては現行規格version1.1との互換性を確保しつつ, 2倍速記録にも対応したディスクの開発を行うこととなった。

本稿では筆者らが高速記録を実現するために

相変化記録膜材料 ,ディスク構造 ,LPP 形状 ,スタンパープロセスなどを再検討し 得られた開発結果を報告する。

2. 高速記録DVD-RWディスクの構造

DVD-RWの相変化記録方式は ,レーザー光による記録材料の結晶状態とアモルファス状態の可逆変化を利用したものである。記録層に高パワーのレーザー光パルスを照射して融点以上に昇温し 熔融状態から急冷すると非結晶状態 アモルファス状態 が得られる。これが記録マークとなる。また 結晶化温度より若干高いパワーのレーザー光を照射し 徐冷することにより結晶化状態が得られる。このアモルファスと結晶の光学定数の違いによる反射率差が信号となる(図1)。

高速記録を実現するためには 記録膜の結晶化速度を速くし 結晶化しやすくする必要がある。結晶化速度が遅いと記録マークの消え残りが生じるためである。またアモルファスである記録マークを安定化させるために 記録層に蓄熱した熱をすばやく放熱する必要がある。この放熱速度により記録マーク終端のエッジをシャープにする効果がある。この結晶化速度と放熱速度が高速記録への鍵となる。筆者らは結晶化速度を速くするための相変化記録材料としてGeInSbTe系材料を用いた。GeInSbTeは結晶化速度が速く ,消去率が高い

組成においても結晶とアモルファスそれぞれの状態が比較的安定であることを特徴とし 高速記録に有利な材料と言われている。また 反射膜にはAg合金を用いた。Ag合金は熱伝導率が高いため ,記録時の蓄熱を効率よく逃がすことが可能で 高速記録には欠かせない材料である。図2に今回検討したディスクの基本構造を示す。

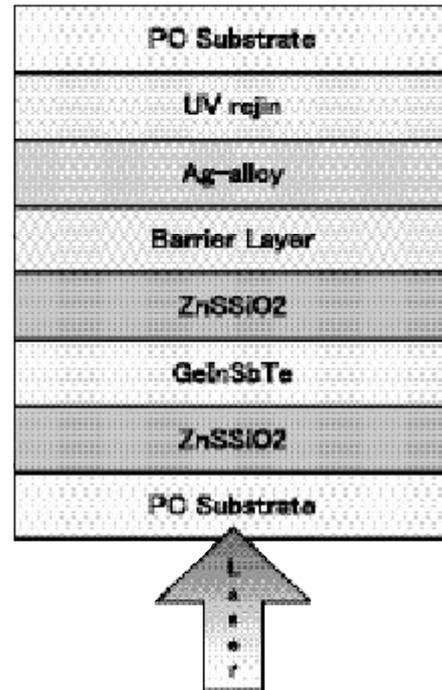


図2 高速記録DVD-RWディスクの構造

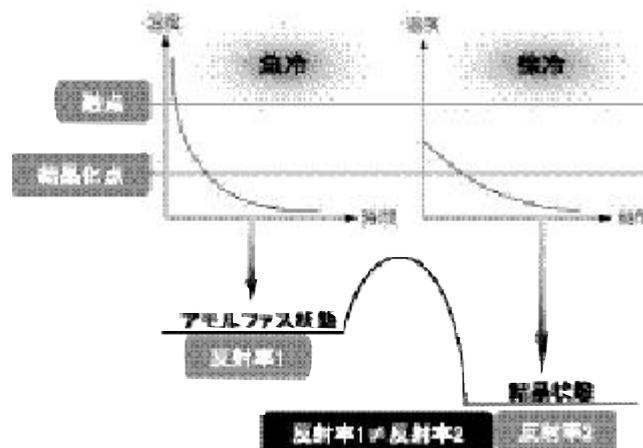


図1 相変化記録の原理

3. 結晶化速度の調整

前述したとおり、高速記録を実現するためには記録材料の結晶化速度を速くする必要がある。結晶化速度を速くするためには、Sb、Inを増やすことで可能となる。

図3はSb-Te比と2倍速記録時の10回オーバーライト(以下DOW)後のジッターを示している。Sbが増えるに従いボトムジッターが良好となることが分かる。これは結晶化速度が速くなっているためで

ある。但し、ボトムジッターを得られる最適記録パワーが高くなり、記録感度は悪化している。各組成のベストポイントにて1000回DOW後のジッターを測定した結果を図4に示す。Sbが増えるに従いDOW特性が良好となる。Sbが少ないと結晶化速度が遅くなり、DOWを重ねる毎に記録マークの消え残りが生じるためジッターが悪化する。同様にGe-In比との結果を図5、図6に示す。Sb-Te比と同様に、Inを増加した場合にも結晶化速度が速くなり、ボトム

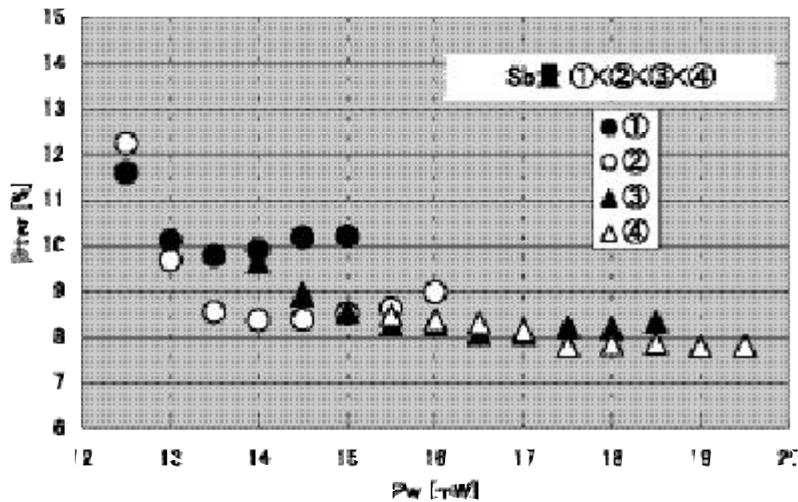


図3 Sb-Te比と2倍速記録ジッター(10回DOW)

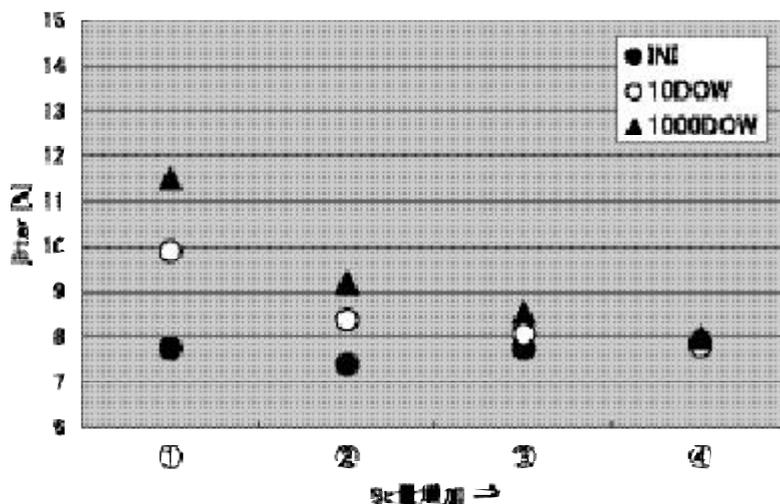


図4 Sb-Te比と2倍速記録DOWジッター

ジッター ,1000回DOW後ジッターが良好となる。

結晶化速度を速くすると、このように記録感度が悪くなる傾向にある。等速記録であるver1.1規格との互換性を確保するためには、記録パワー14mW以下でBasic Write Strategy(以下BWS)による10回DOW後のジッターが8%以下でなければならないため 結晶化速度とはトレードオフの関係にあると言える。図7にBWSの10回DOWパワーマージンを示す。Sbを増やすと結晶化速度が速くなり、

記録感度が悪化することからジッターは悪化することが分かる。同様にGe-In比との結果を図8に示す。Sb-Te比と同様に、Inを増やした場合にも記録感度の悪化によりジッターは悪化することが分かる。結晶化速度を速くして高速記録よりにする程、等速記録には不利な方向となる。

このようにver1.1規格との互換性を確保し 2倍速記録の特性を満足させるには、これら記録組成を調整し 結晶化速度を最適化する必要がある。

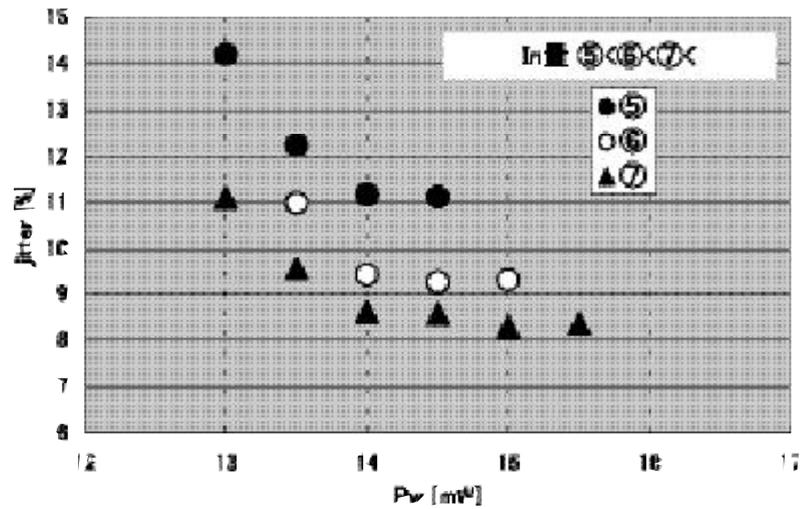


図5 Ge-In比と2倍速記録ジッター - (10回DOW)

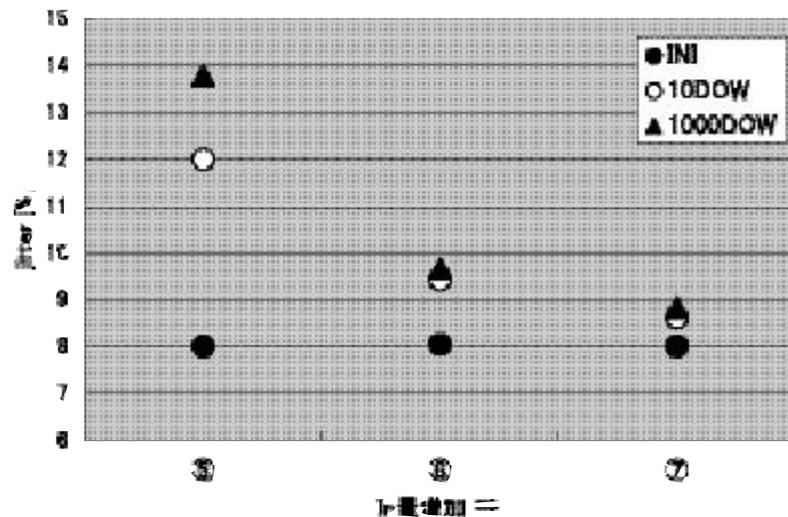


図6 Ge-In比と2倍速記録DOWジッター

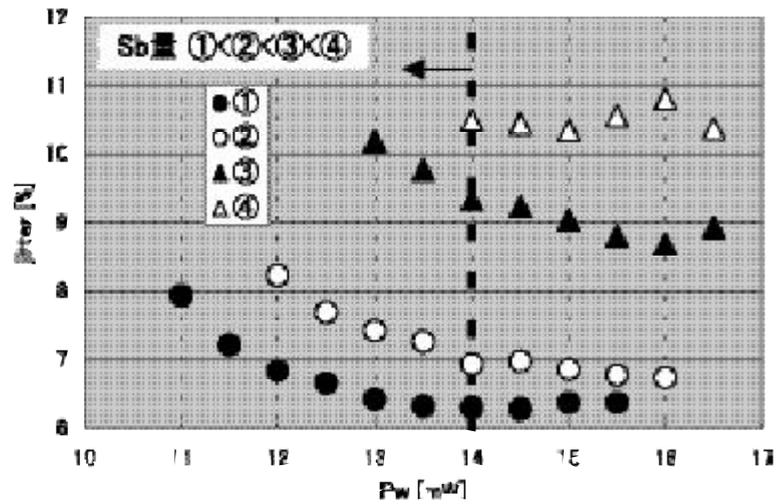


図7 Sb-Te 比とBWS ジッター (10 回DOW)

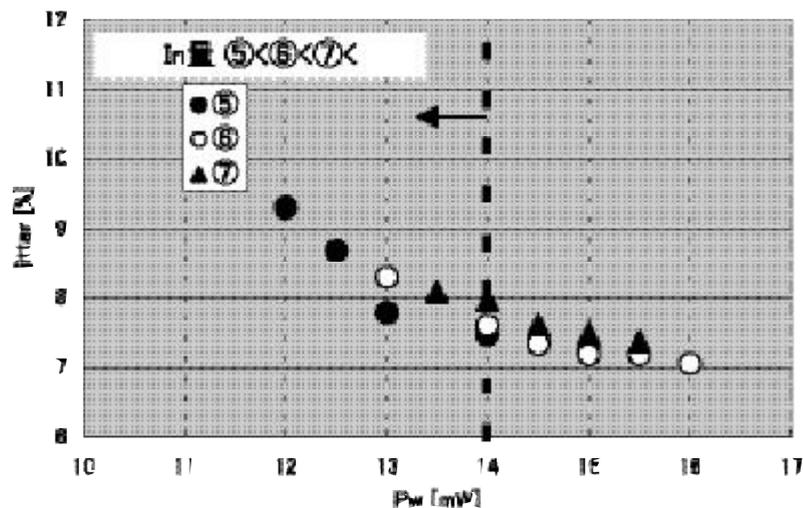


図8 Ge-In 比とBWS ジッター - (10 回DOW)

4. パワーマージン

等速 2倍速記録特性の互換性を確保するためには結晶化速度の最適化が必須となるが、層構造を検討し、ジッターマージンが広げられれば結晶化速度の調整が有利な方向になる。筆者らは、記録膜の手前側に窒化物などのインターフェース層を挟むことによりジッターマージンが向上するか調べた。図9に2倍速記録時の1000回DOW後のパワーマージンを示す。インターフェース層によ

り、ボトムジッター、パワーマージンが向上した。インターフェース層により、高記録パワー側は記録膜への蓄熱により膜のダメージを軽減しているためである。図10に2倍速記録時のDOW特性の耐久性を示す。1000回DOW記録時でもジッター増加が1%以下であり、安定したDOW特性が得られている。このようにインターフェース層の効果でジッターマージンが向上した。

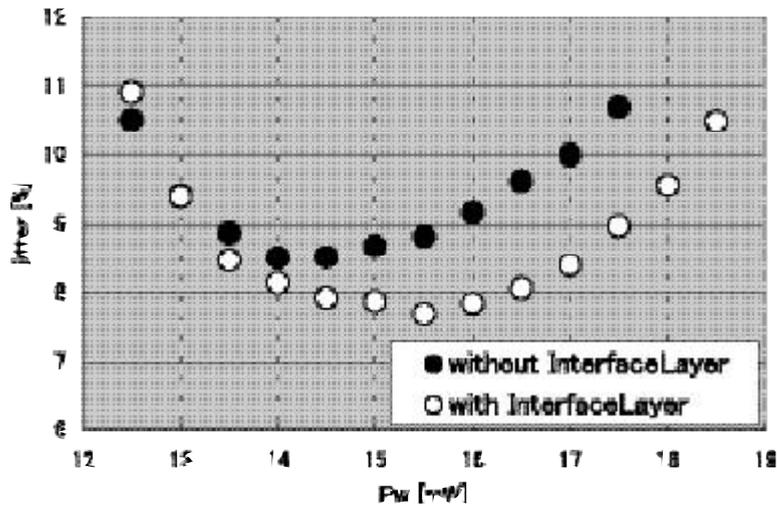


図9 インタ-フェース層とパワーマージン(2倍速記録1000回DOW)

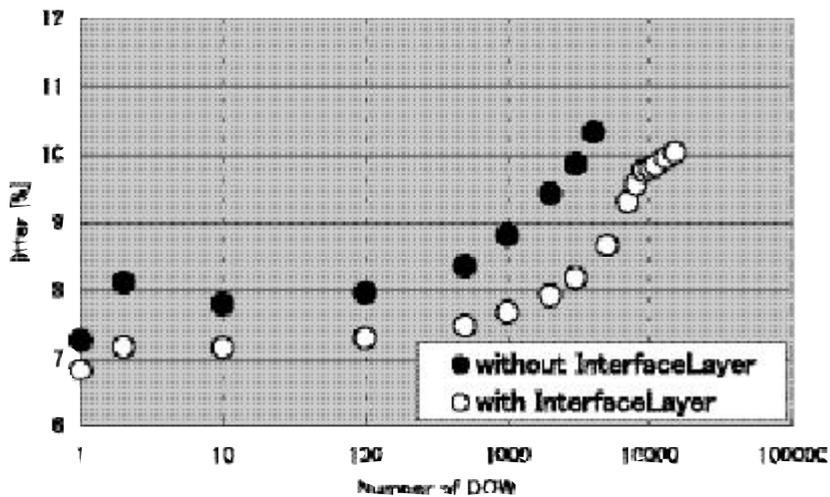


図10 インターフェース層と2倍速記録DOWジッター

5. スタンパーの最適化

5.1. ノイズレベルの低減

ver1.1ではリーダブルエンボスを実現するために、同一基板上に深さの異なるエンボスとグループを作製する必要がある。筆者らはこの深さの異なるエンボスとグループを作製するにあたり、現行のマスタリングプロセスを用い、図11のようにフォトレジストの厚さをエンボスに合わせ、エンボス部はレーザービームがガラス面まで

露光する強さでカットングし、グループ部はレーザービームがガラス面まで露光しない強さにパワーを制御してカットングを行っている。そのため、エンボス部はU溝形状、グループ部はV溝形状となっている。このV溝形状はカットングパワーの変動、レーザーノイズなどの影響でスタンパー表面のノイズが大きくなり、C/Nの低下、ジッター悪化を引き起こし、U溝と比べると不利な点が多いと考えられている。

筆者らはスタンパー光学系 プロセスを見直すことにより スタンパーグループ部表面の大幅な低ノイズ化に成功した。図12にノイズレベル改善前後の写真を示す。スタンパー表面粗さが改善していることが分かる。また図13にディスク化後のグループ部ノイズを示す。実際のデータからもノイズレベルからも大幅に改善したことが分かる。

ここでV溝改善前後およびU溝に関してパワーマージンを調べた。図14に2倍速記録時の10回DOW, 図15に2倍速記録時の1000回DOWのジッターを示す。改善後の2倍速記録時の10回DOW, 1000回DOWのジッターはU溝でのジッターとほぼ同等にまで改善することができた。

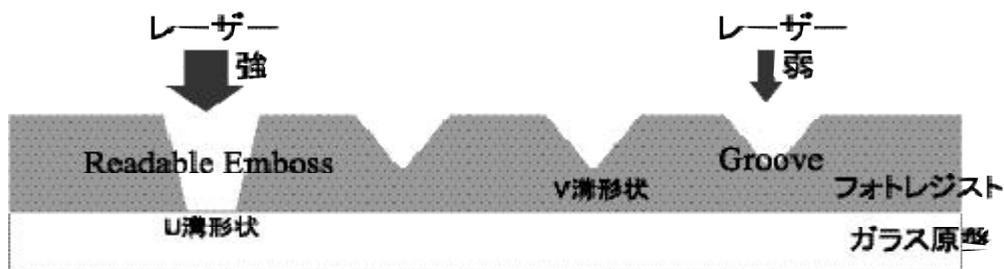


図11 V溝のカッティング方法

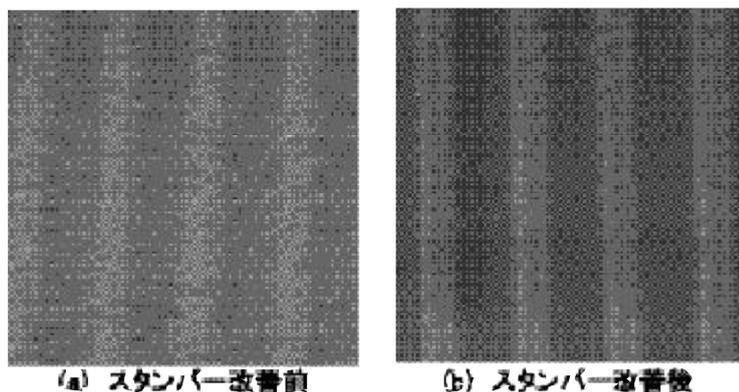


図12 ノイズレベル改善前後写真

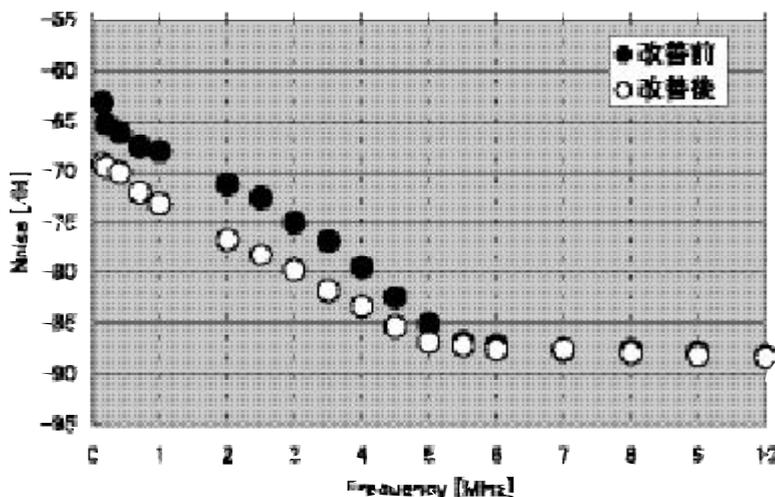


図13 ディスク化後のグループ部ノイズ比較

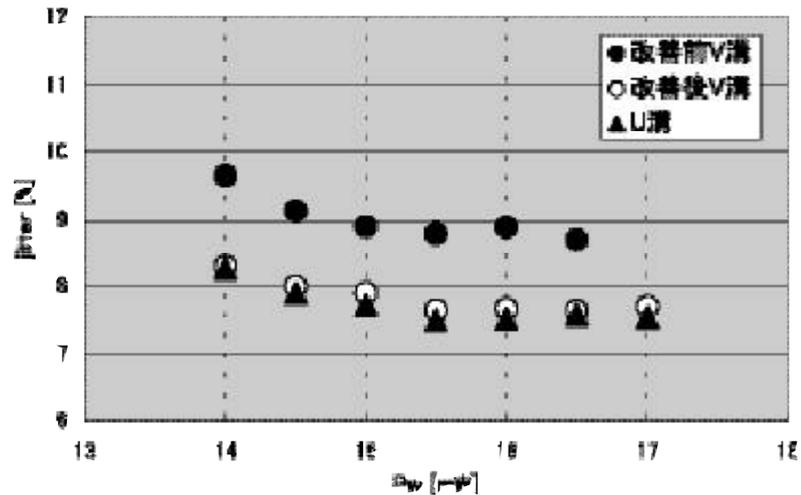


図14 スタンパー改善前後-パワーマージン(2倍速記録10回DOW)

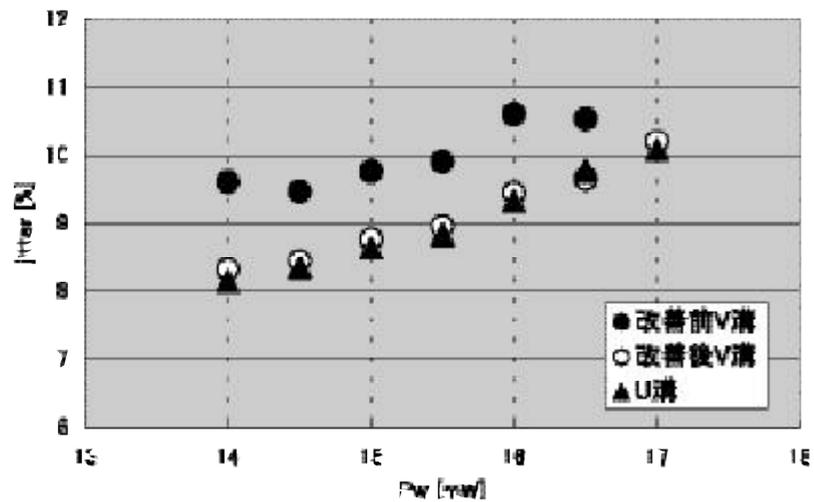


図15 スタンパー改善前後-パワーマージン(2倍速記録1000回DOW)

5.2. グループ形状の最適化

V溝という形状で十分なプッシュプル信号を得るためにはグループ深さを深くするかグループ幅を広げる必要がある。しかし深くなると顕著にジッターが悪くなる現象があり従来プロセスではカットング光学系のビームの絞りを工夫することでグループ幅を広くし誘電体の膜厚のコントロールによりプッシュプル信号、ジッターのマージンを広げる対応を行っていた。しかしながら高速記録の上ではさらにマージンを広げる必要があった。

筆者らは任意にグループ幅と深さのコント

ロールが可能なスタンパー作製プロセスを開発し、マージンの拡大を検討した。図16に今回検討したグループ形状を示す(高さ方向は比較しやすいようにレンジを広げている)。形状1のグループ幅が一番広く、形状3が一番細い条件である。各条件にて深さを変化させたスタンパーを作製し、プッシュプル信号とジッターの関係を調べた。結果を図17に示す。形状を問わず、初期ジッターはプッシュプル信号が大きくなるに従い悪化する傾向にある。グループ幅は幅が広い程初期ジッター、1000回DOWジッターが良好となる。1000回DOWジッターは形状によりボトムジッターを向か

えるプッシュプル信号に差があり、形状2では1000回DOWボトムジッター時のプッシュプル信号が一番大きく、システムマージンが広がる。

このように幅と深さのコントロールが可能となったため、記録特性、未記録特性のバランスを確認しながら、グループ形状の最適化が可能となった。

5.3.LPP形状の最適化

DVD-RWは記録マークをグループに記録するが、ランド部にはランドプリピット(以下LPP)と呼ば

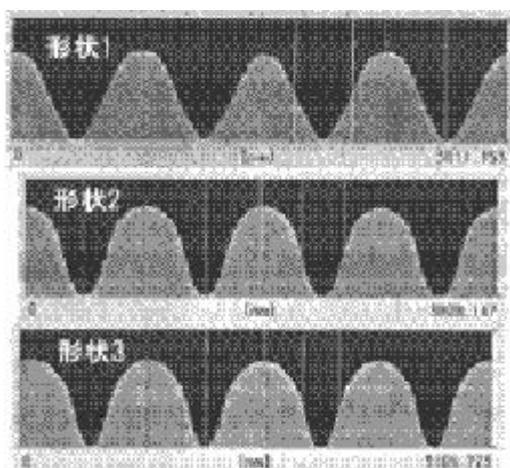


図16 グループ形状

れるプリアドレス情報やディスクコードが記録された孤立ピットが形成されている。記録制御する上でLPPは大変重要であるが、このLPPの形状によってはLPP信号が記録再生信号に漏れ込み、再生信号エラーを引き起こす。特に等速記録では問題にならなかったLPP形状でも2倍速記録では再生信号エラーが悪化する現象が確認され、LPP形状のカットングにより高い精度が求められた。

筆者らはLPP形状および深さとグループ深さの関係に着目し、記録再生信号に影響を与えないLPP形状を見出した。図18は、グループ深さとLPP深さの差分を横軸、2倍速記録時の初期記録と10回DOW後PI errorを縦軸にし、プロットしたものである。グループ深さに対してLPP深さは浅すぎても深すぎても、初期のPI errorが悪化するとともに10回DOW後のPI errorがさらに悪化することが分かる。LPP深さによる1000回DOW後のRF再生信号波形を図19に示す。LPPにトリガをかけた波形であるが、LPP深さが深いとマイナス側、浅いとプラス側へ波形ひずみを引き起こし、PI errorの悪化を招いている。この結果よりPI error悪化を引き起こさないためには、グループ深さとLPP深さを同じにカットングし、波形ひずみを生じさせないことが重要である。

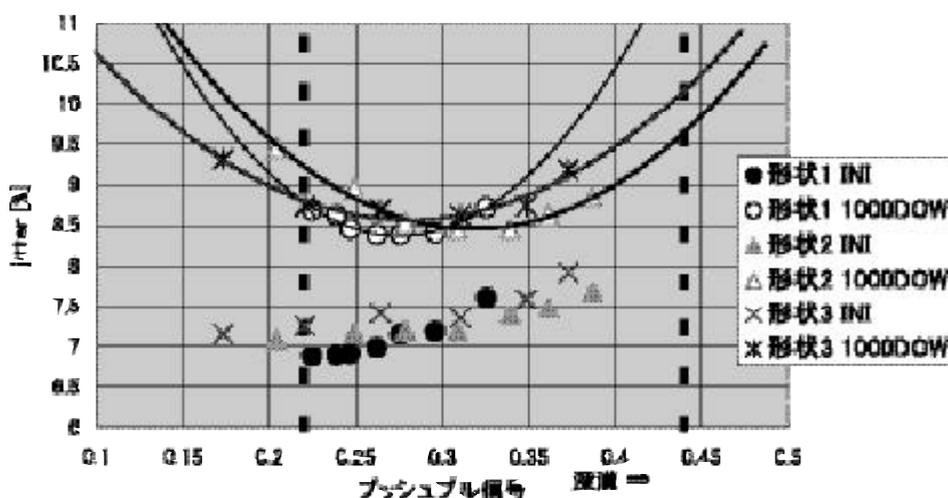


図17 グル - プ形状違いにおけるプッシュプル信号と2倍速記録ジッター

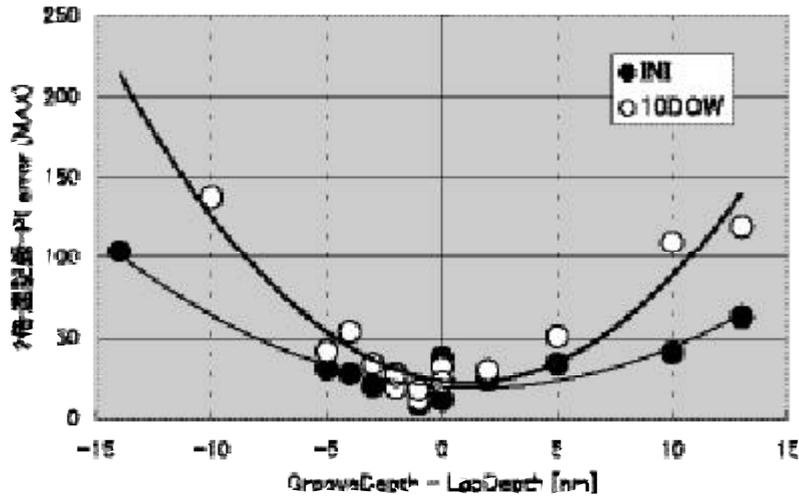


図18 グループ/LPP深さとPI error

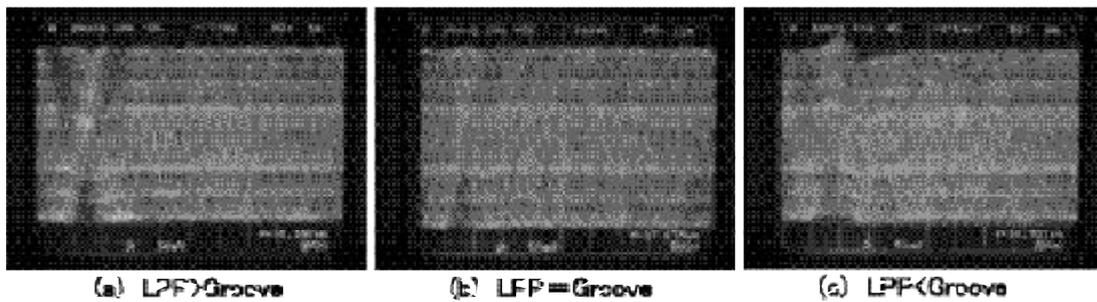


図19 LPP 深さによる1000回DOW後RF再生信号波形(LPPトリガ)

6. ディスク信号特性

今回の開発の内容を盛り込み作製した高速記録対応DVD-RWディスクの信号特性を表1に示す。今回開発したディスクが規格を十分に満足していることを確認した。

7. まとめおよび今後の展開

現行DVD-RW ver.1.1規格との互換性と2倍速記録にも対応したディスクの検討を行った結果、GeInSbTe系相変化記録材料の結晶化速度の最適化、スタンパーノイズレベルの低減、グループ形状の最適化、LPP形状の最適化、などにより本開発の目標を達成した。本開発により作製したディスクはver.1.1規格を十分満足するとともに、2倍速記録

表1 ディスクの信号特性

| システム信号特性 | | | |
|-----------------|------------|------------------|-------|
| Item | spec | | |
| NWO | 0.08~0.14 | 0.111 | |
| CNR of WOb | ≥35dB | 37.2 | |
| LPPb | 0.18~0.27 | 0.239 | |
| PPb | 0.22~0.44 | 0.255 | |
| AR(%) | ≥10 | 1x: 19, 2x: 14.1 | |
| 記録信号特性 | | | |
| Item | spec | 1x | 2x |
| jitter(%) | ≤8 | 7.67 | 6.92 |
| modulation | ≥0.6 | 0.679 | 0.75 |
| asymmetry | -0.05~0.15 | -0.035 | 0.018 |
| reflectivity(%) | 18~30 | 20.9 | 20.1 |
| PI error/8ECO | ≤280 | 5 | 9 |

においても十分な性能であることを確認した。

今後は更なる高速記録に対応したディスクの開発を進めていく。

9. 謝辞

本ディスクの開発にあたり ご協力いただいた
AV開発センター光ディスクシステム開発部、PVC
ディスク技術部の関係各位に感謝致します。

筆者

松川 真(まつかわ まこと)

- a. 研究開発本部 光技術センター
- b. 1992年4月
- c. 記録メディアの成形技術相変化ディスクの開発

大島 清朗(おおしま せいらう)

- a. 研究開発本部 光技術センター
- b. 1984年4月
- c. 光磁気ディスクの開発 相変化ディスクの開発

田切 孝夫(たぎり たかお)

- a. 研究開発本部 光技術センター
- b. 1982年4月
- c. LD, OMD, DVDなどの光ディスクの開発

滝下 俊彦(たきした としひこ)

- a. 研究開発本部 光技術センター
- b. 1982年4月
- c. OMD, CDR, LDR, DVD-R/RWの開発