

DVD-RW ディスクの開発 (リーダブル・エンボスへの対応)

Development of the DVD-RW disc (Cope with Readable Emboss)

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の規格ver.1.0では既存のDVDプレーヤーとの互換性やコピーマネジメントに未対応である。これらに対応する手法として筆者らはリーダブル・エンボスを検討した。リーダブル・エンボスを実現するためには、エンボス部とグループ部の深さを変える必要があり、今回筆者らはレジストの中間現像によるV溝基板でグループ部、エンボス部の最適化検討を行った。また、V溝に合わせた媒体構造の変更も併せて検討した。

Summary The Current version of the DVD Re-recordable Disc (DVD-RW) specification ver.1.0 does not work with DVD players already been distributed to the market and has a only-one copy management capability. Therefore Readable Emboss was studied to solve those problems from physical point of view. It was necessary to have different depth at emboss area and at groove area to realize the Readable Emboss, and the condition of groove area and of the emboss area and of the emboss area was optimized with the V-shaped groove structure, that is made by intermediately exposed photoresist layer. Media layer structure suited for V-shaped groove was also studied.

キーワード : リーダブル・エンボス, V溝, 変調度, PPb, ADC

1. まえがき

昨年末、DVD-RWの規格ver.1.0⁽¹⁾が承認され、正式に発行された。これを受けてDVDレコーダーDVR-1000が発売され、市場で好評を博しているのは周知の通りである。また、これに伴って、PVCをはじめとする数社からDVD-RWディスクが発売された。

しかし、このディスクは既存のDVDプレーヤーとの互換性が無く、コピーマネジメントにも未対応である。これは、現行規格では不正コピー防止のため、リードインのコントロールデータが書き換えられない様に、読み書きできないエンボスで書きつぶされ読めなくなっているため

で、この規格が発行された時点では、エンボスデータと記録データのスペックを両立させる手法が未完成であった。

筆者らは次期バージョンに互換性とコピーマネジメントを盛り込むため、リーダブル・エンボス・ディスクの開発を行った。

2. リーダブル・エンボス成立のための課題

エンボスがDVDプレーヤーで読めるためには、変調度が規格値の60%以上を満足する必要がある。また、レコーダーはプッシュプルでトラッキングをかけるため、エンボス部のプッシュプルレベルもグループのPPb(記録前プッシュプル)規

格値 0.22 ~ 0.44 に近いことが望ましい。

図1はエンボスの深さと変調度およびプッシュアップルの関係をエンボスを矩形に近似して、計算したシミュレーション結果である。点線で示した範囲が変調度とプッシュアップルが規格に入る範囲でエンボス深さは約 60 ~ 85nm の間である。したがってリーダブル・エンボスはこの深さを狙って作る必要がある。

図2はグループの深さに対して記録信号のジッター

がどのように変化するか実測した結果である。ジッターはグループが深くなるほど悪化し、グループ深さが約 35nm 以上では規格値の 8% 以下を満足しなくなる。現行の DVD-RW ディスクでは 25 ~ 30nm のグループ深さで作られている。

以上の様に、DVD-RW ディスク上にリーダブル・エンボスを成立させるためには、深さの違うエンボス部とグループ部を同一基板上に作らなければならない。

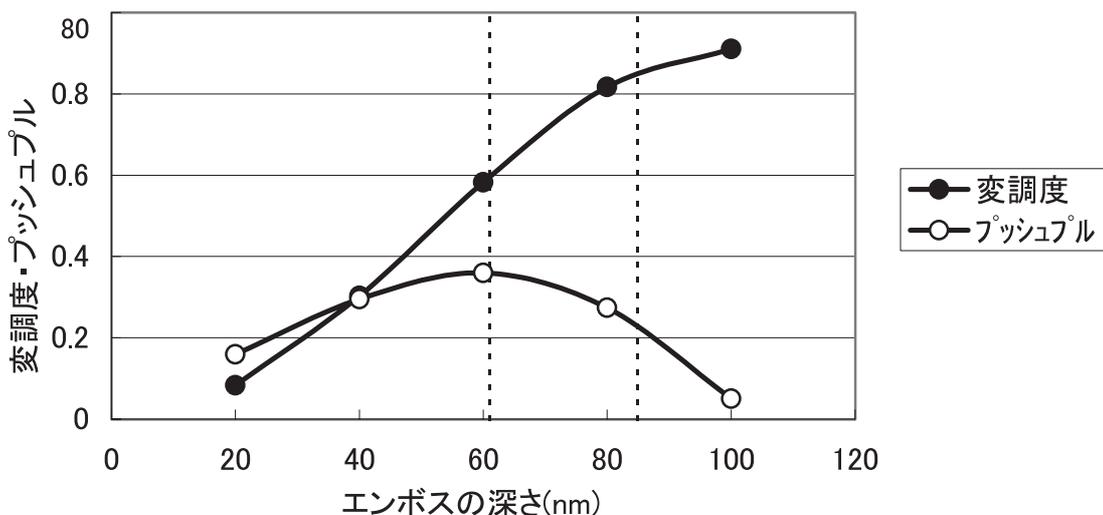


図1 エンボス部の深さと変調度およびプッシュアップル

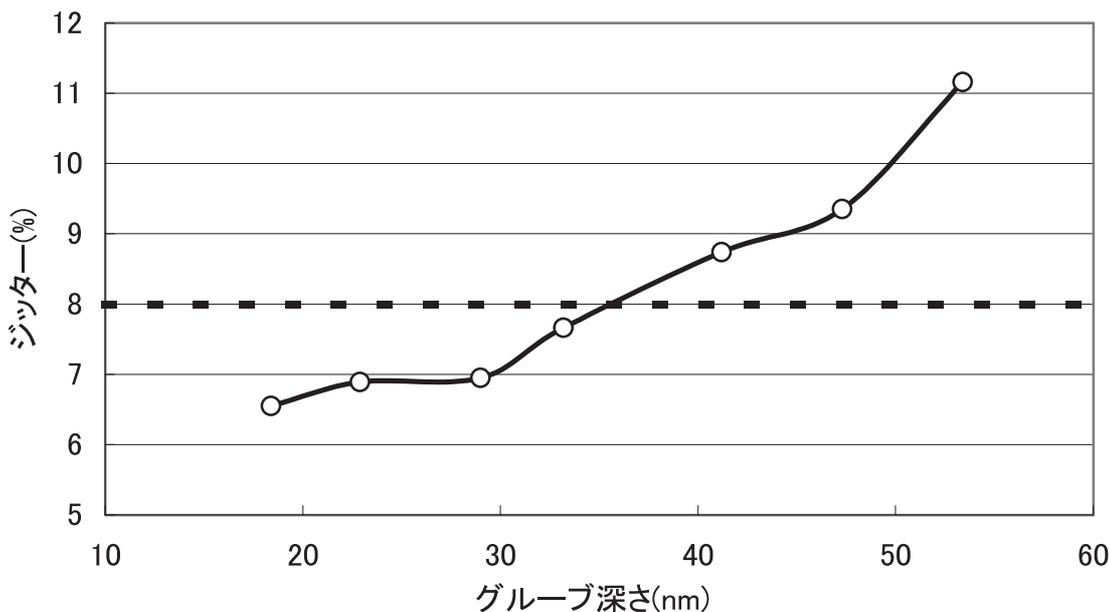


図2 グループの深さと記録信号のジッター

基板は射出成形によってスタンプからグループあるいはエンボスを転写して作られる。スタンプは図3のようにガラス板にフォトレジストを塗布し、レーザービームで露光（カットティング）し、現像したものに、ニッケルをスパッタおよび電鍍して作る。従来はフォトレジストの厚さをグループの深さに合わせて塗布し、レーザービームがガラス面まで露光する強さでグループもエンボスもカットティングを行っていた（溝の形状からU溝と呼ぶ）。このため、エンボス部は変調度が小さく、信号が読めなかった。今回筆者らが検討したディ

スクのスタンプは図4のように、フォトレジストの厚さをエンボスに合わせ、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ティングを行い（溝形状がV型になるのでV溝と呼ぶ）グループ部、エンボス部をそれぞれ最適な深さにする方法で作製した。

表1はU溝とV溝の特長を比較したものである。V溝はグループ、エンボスそれぞれ独立に深さを最適化できる反面、溝部分の深さがカットティングパワーの変動に対し敏感に反応するため、制御が難しいという問題がある。

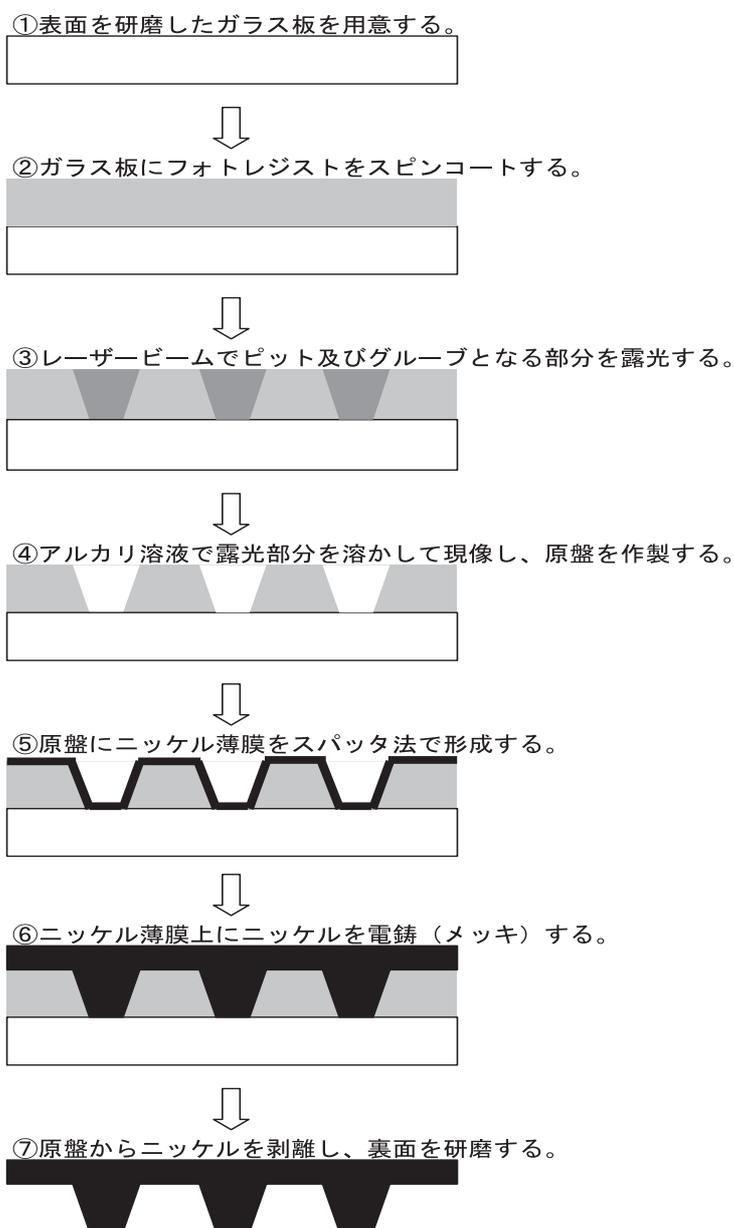


図3 スタンプ作製法

表1 V溝, U溝の特徴比較

| | U溝 | V溝 |
|----|-----------------------------|--|
| 長所 | カッティングパワーの変動に対し、特性の変動が少ない。 | 深さの異なる溝、ピット等を同一基板上に作ることができ、それぞれの最適化も比較的容易。 |
| 短所 | 深さの異なる溝、ピット等を同一基板上に作ることが困難。 | カッティングパワーの変動に対し、特性の変動が大きい。 |

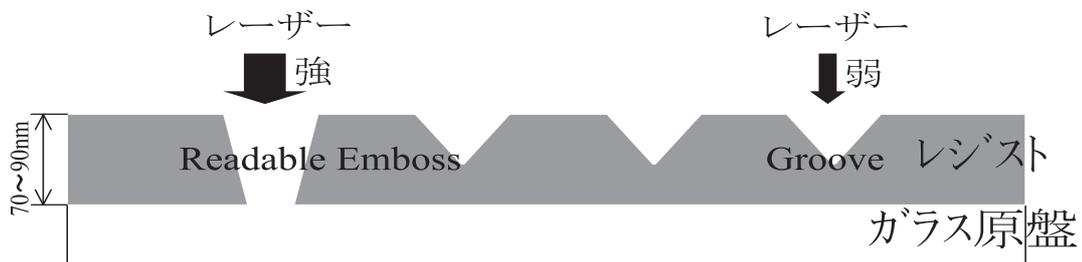


図4 V溝のカッティング方法

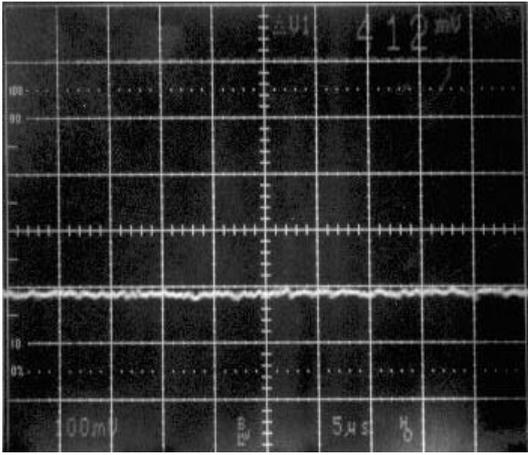
3. グループ部の最適化

DVD-RWは記録マークをグループに記録するが、ランド部にはアドレスやディスクのコードなどをLPP(ランドプリピット)として記録してあり、このLPPのタイミングをとるためにグループは線速3.49m/secの時約140kHzの周波数でウォブル(蛇行)している。これらの信号はトラッキングエラー信号から検出する。筆者らはV溝においてこれらの信号がどのように振る舞うか調べた。

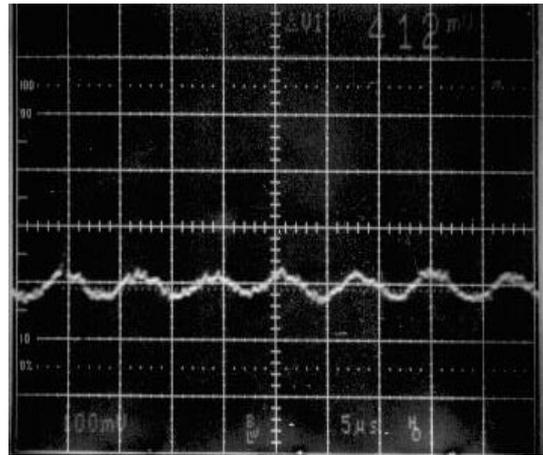
図5は同程度のウォブルとLPP信号強度のU溝とV溝ディスクの未記録でのRF電位を見たものである。U溝では平坦であるが、V溝ではウォブルの信号が乗っている。ウォブルがRFに乗る原因はV溝がカッティングパワーの変動に応じて深さが変動するためである。この対策として、カッティングビームのパワー変動を少なくすることにより、図6のようにRFからはウォブルの信号をなくすことができた。

次に、グループの深さと幅の最適化について述べる。図7は溝深さとPPbの関係を、図8は溝幅

とPPbの関係をトラックピッチ0.74 μmの場合についてU溝の場合とV溝の場合でシミュレーションを行ったものである。溝深さが深いほど、PPbも大きくなり、溝幅が大きくなるほどPPbも大きくなるという傾向が見られる。但し溝幅が0.5 μmを超えるとPPb増大の効果はない。先にも述べたように、溝深さは35nm以下にしなければならぬため、PPbを規格値に入れるには溝幅を0.35 ~ 0.5 μmに設定する必要がある。U溝の場合はカッティングする時のパワーをコントロールすることにより溝幅を変えることが可能であるが、V溝の場合は深さが変化してしまうため、この方法が使えない。別の方法として筆者らは、カッティング光学系のビームの絞りを工夫し、広い溝をカッティングできるようにした。図9はPPbとジッターの関係を溝幅の広いものと狭いもので比較したものである。広い溝をカッティングすることにより、同じジッターでもPPbが大きくなることが確認された。

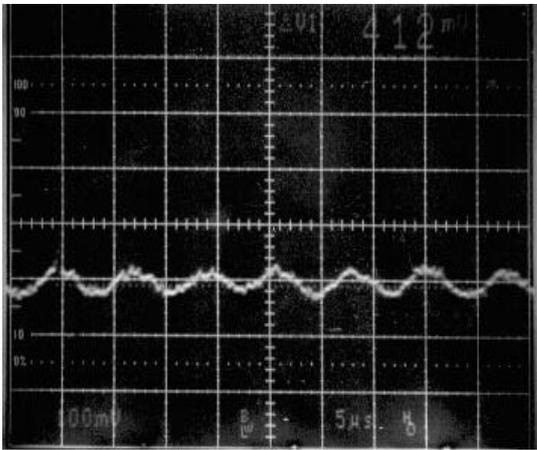


U溝のRF

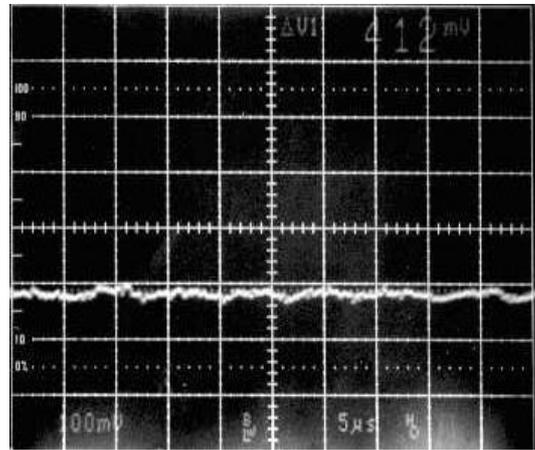


V溝のRF

図5 U溝のRF(未記録)とV溝のRF(未記録)の比較



改善前



改善後

図6 パワー変動を少なくすることによる効果

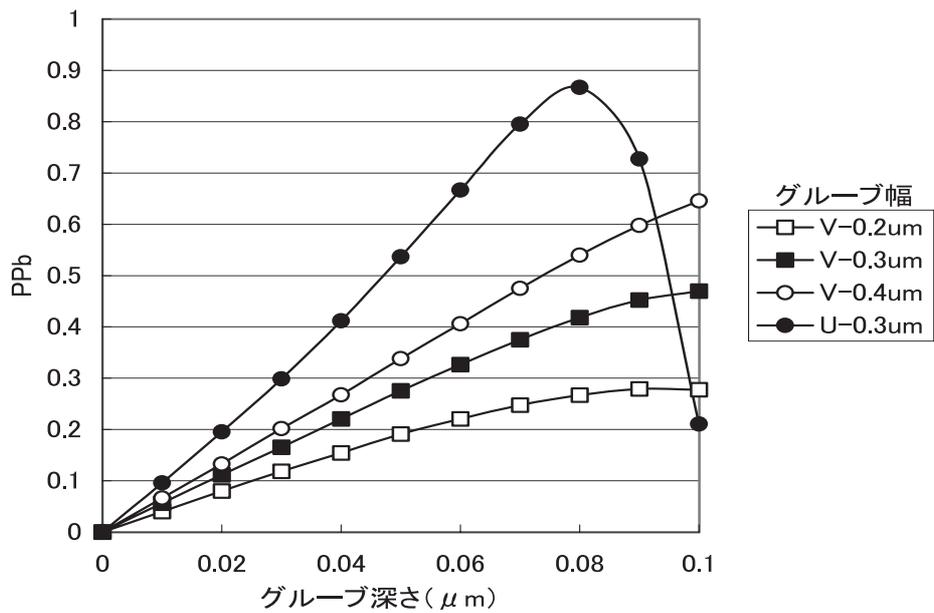


図7 グループ深さとPPbの関係

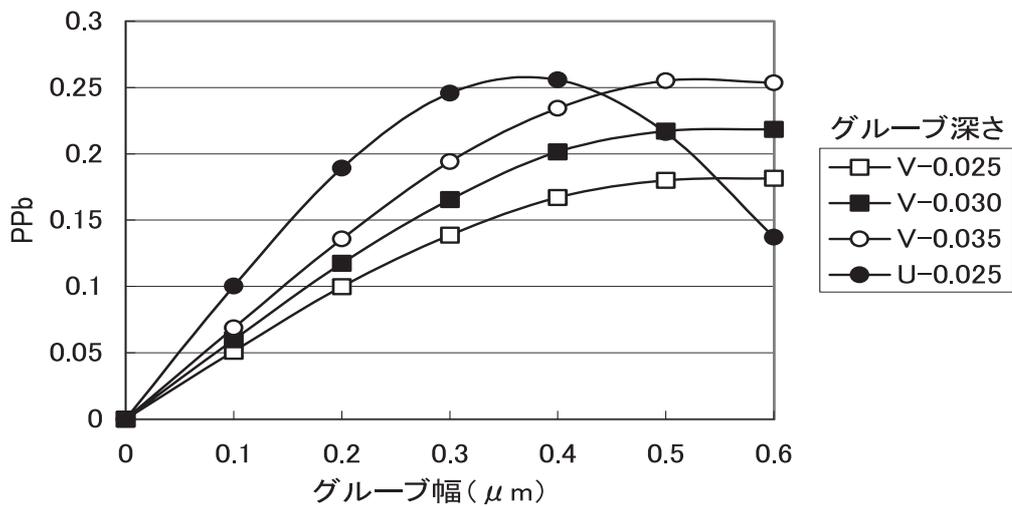


図8 グループ幅とPPbの関係

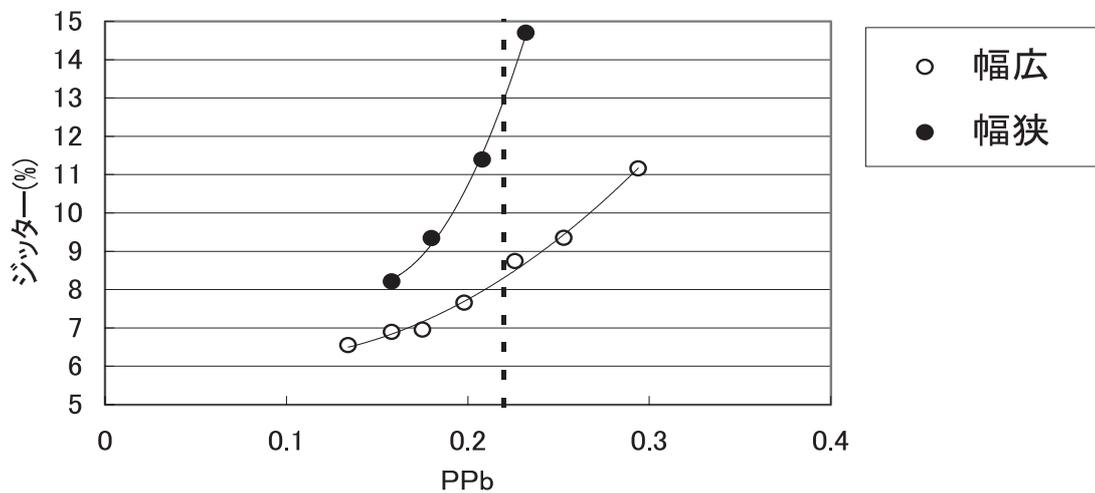


図9 V溝のPPbとジッターの溝幅違いの比較

4. エンボス部の最適化

エンボス部はガラス面まで露光させるが、通常より幅広のビームを用いたり、レジストの厚さも異なるのでDVD-ROMと同等の信号をカットングするために最適化が必要である。表2はDVD-RWの信号規格に対して単純に8 - 16変調でエンボスをカットングした時の再生信号特性である。表中の斜体で示した数値が規格を外れている。このときのエンボスのアイパターンを図10に示す。また、この状態を解析したのが図11に示す4つのグラフである。グラフは左が信号エッジのシフト量、右が3Tから14Tの信号パターンの出現頻度を

表している。また、上はエンボス部分、下はエンボス間である。エンボス間よりエンボスそのもののシフト量が大きく、3Tと6T以上のシフト量が大きい、出現頻度は信号パターンが長くなるほど少なくなるが、シフトが大きいため、エンボスには本来ないはずの12Tと15Tが現れている。この解析結果を基にカットング時にADC (アダプティブ・デューティ・コントロール)でエンボスの3Tから10Tまでのシフト量を調整し、エンボス部の再生信号特性を改善した。改善後のエンボス部のアイパターンを図12に、再生信号特性を表3に示す。

表2 エンボス部の再生信号特性（最適化前）

| | 規格値 | エンボス部 |
|-----------------|------------|--------------|
| jitter(%) | 8%以下 | 12.05 |
| modulation | 0.6以上 | 0.697 |
| asymmetry | -0.05~0.15 | 0.207 |
| DPD | 0.5~1.1 | 0.884 |
| reflectivity(%) | 18~30% | 24.1 |

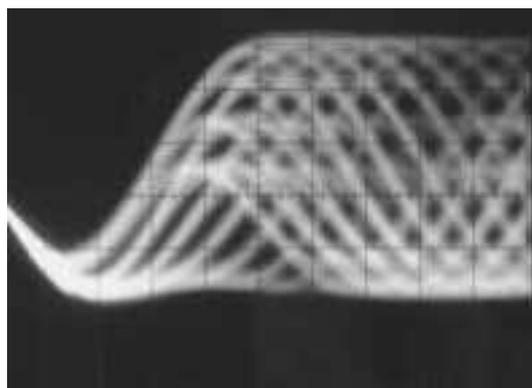


図10 エンボス部のアイパターン(最適化前)

表3 エンボス部の再生信号特性（最適化後）

| | 規格値 | エンボス部 |
|-----------------|------------|-------|
| jitter(%) | 8%以下 | 7.86 |
| modulation | 0.6以上 | 0.805 |
| asymmetry | -0.05~0.15 | 0.013 |
| DPD | 0.5~1.1 | 0.853 |
| reflectivity(%) | 18~30% | 23.4 |

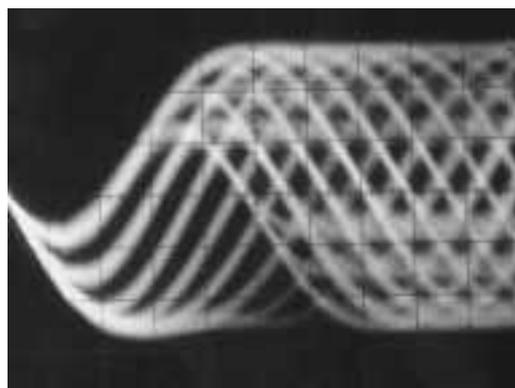
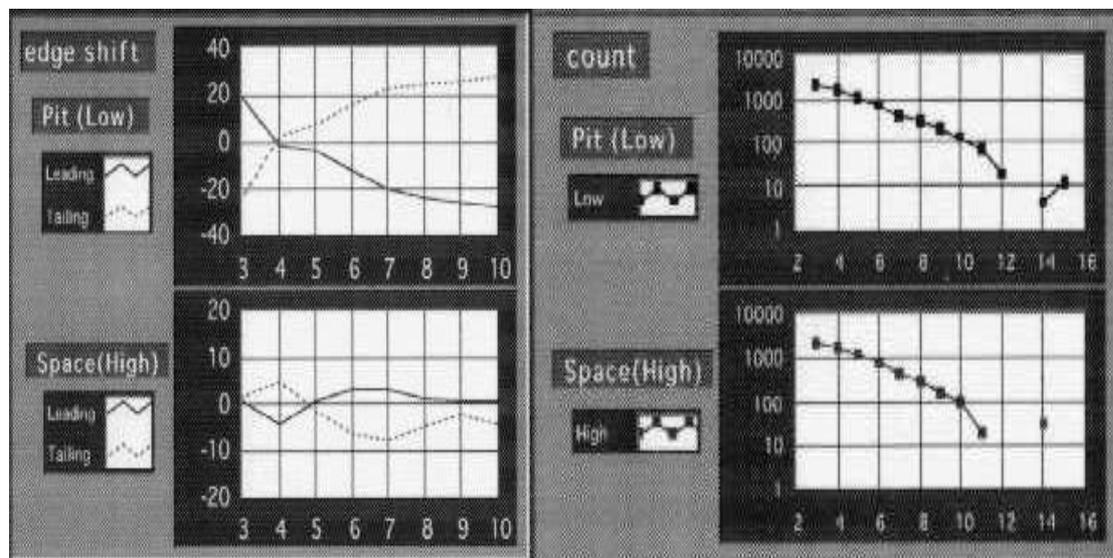


図12 エンボス部のアイパターン(最適化後)



エッジ(上)とスペース(下)のシフト量

エッジ(上)とスペース(下)のパターン出現頻度

図11 解析結果

5. 記録媒体の最適化

グループの最適化で溝幅を広くすることにより、PPbを大きくできることが確認されたが、ジッターが8%以下ではPPbが規格に対し十分とはいえず、溝幅によるPPbの増大効果にも限界がある。そこで筆者らは次の様な考察を行い、媒体構造の見直しを行った。

媒体はスパッタ法によって成膜されるが、スパッタによる薄膜は回り込みという現象によって、垂直方向だけでなく、斜め方向にも積層されるという特長がある。このため、V溝で反射膜と基板の間に透明な誘電体がある場合図13に示す様に基板の溝の底角を 2θ 、深さをGd、幅をWとし、誘電体の膜厚をD、屈折率をNとすると、ランド部とグループ部の光路長差Ldと実効的な溝幅Wgは次式で表される。

$$Ld = Gd - D \times \frac{N}{\sin \theta} (1 - \sin \theta) \quad (1)$$

$$Wg = W - 2D \times \tan \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \quad (2)$$

(1)および(2)式より誘電体の膜厚Dが厚くなると光路長差と実効的な溝幅が減少することがわかる。媒体の構造は図14に示す通りであるが、筆者らは記録特性を劣化させない範囲で1層目の誘電体膜厚を薄くする検討を行った。図15は1層目の誘電体膜厚とPPbの関係を見たものである。筆者らの予想通り、誘電体膜厚が薄くなるほどPPbが大きくなっている。また、図16は1層目の誘電体膜厚とジッターの関係を見たものであるが、45nmまでは薄くしてもジッターが劣化しないことがわかった。

表4に今回作製したV溝リーダブルエンボスディスクの諸特性をまとめたものを示す。DVD-RWの規格値をほぼ満足したディスクが得られている。

6. まとめおよび今後の展開

筆者らはリーダブル・エンボスの検討をV溝基板を使い、幅広ビームを使ったカッティング、グループ部にカッティングパワー変動の制御、エ

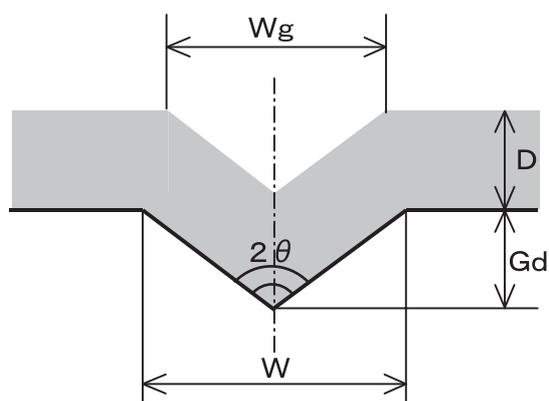


図13 V溝基板の上にスパッタされた膜

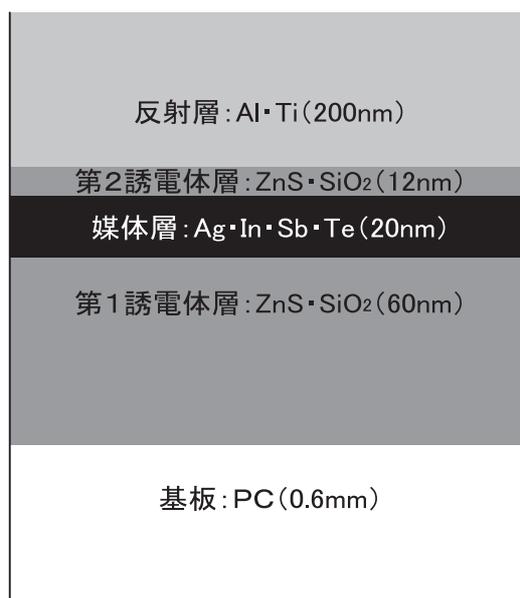


図14 DVD-RW媒体構造

表4 試作したディスクの信号特性

| システム信号特性(記録前) | | |
|-----------------|------------|-------|
| | 規格値 | |
| NWO | 0.08~0.14 | 0.11 |
| CNR of WOb | 35dB以上 | 35.9 |
| LPPb | 0.18~0.27 | 0.25 |
| PPb | 0.22~0.44 | 0.23 |
| システム信号特性(記録後) | | |
| | 規格値 | |
| CNR of WOa | 31dB以上 | 33.7 |
| AR | 10%以上 | 18.2 |
| PPr | 0.6~1.2 | 1.02 |
| 記録信号特性 | | |
| | 規格値 | |
| jitter(%) | 8%以下 | 7.3 |
| modulation | 0.6以上 | 0.68 |
| asymmetry | -0.05~0.15 | 0.01 |
| DPD | 0.5~1.1 | 0.581 |
| reflectivity(%) | 18~30% | 21.5 |

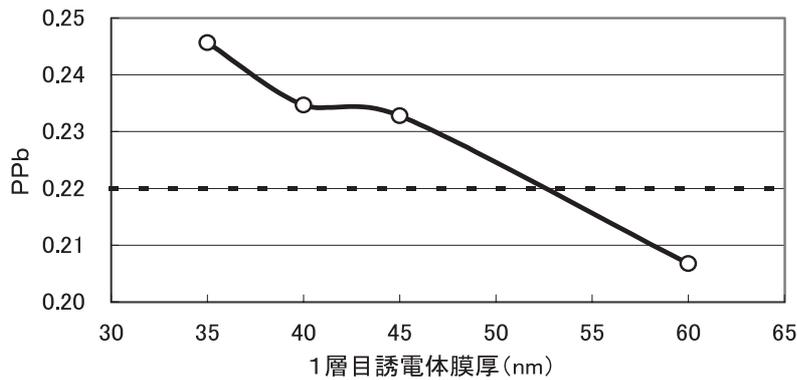


図 15 1層目誘電体膜厚とPPb

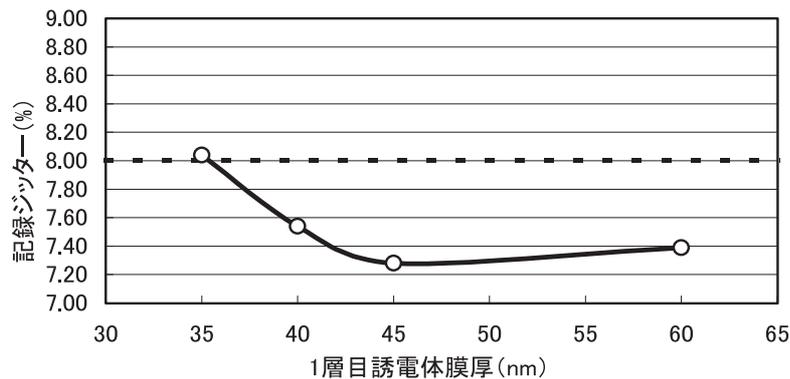


図 16 1層目誘電体膜厚と記録ジッター

ンボス部にADC, また成膜時に1層目の膜厚を最適化するなどの技術を使うことによって、DVD-RWの規格を満足するディスクを得ることができた。しかし、繰り返し特性や信頼性の検討など実用化に向けて(2000年6月現在)まだ解決すべき課題が多い。また、V溝によるリーダブル・エンボス・ディスクだけでなく、U溝によるリーダブル・エンボス・ディスク実現の手法である2層レジスト(レジストの感度, 感光波長の違い, 中間層などを利用してレジストを2層に塗り分け, 露光をコントロールして深さの異なるエンボスとグループを作製する方法。)や, ガラスエッチングによるスタンプの作製についても今後検討を進めて行く予定である。

7. 謝辞

本稿をまとめるにあたり, AV開発センター光ディスクシステム開発部に, シミュレーションおよびディスク特性評価などの協力を感謝いたします。

参考文献

- (1)DVD specifications for Re-recordable Disc (DVD-RW) Version 1.0

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
- c. 記録メディアの成形技術, 成膜技術

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
- 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
- c. LD, OMD, DVDなどの光ディスク開発

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
- c. OMD, CDR, LDR, DVD-R/RWの開発