

## High-Speed (×1～4)対応DVD-Rディスクの開発

Development of High-Speed(X1~4) DVD-R Disc

村上 重則, 近藤 淳, 滝下 俊彦

Shigenori Murakami, Atsushi Kondo, Toshihiko Takishita

**要旨** 色素媒体の最適化、成形基板溝形状の最適化、LPP形状の最適化等を行うことにより、650nm記録波長に対応したHigh-Speed 4.7GB DVD-Rディスクの開発を行った。本開発ディスクをDVD-R for General ver2.0規格準拠のベーシックライトストラテジにて×1 recordingした結果は、変調度61.7%、Jitter6.65%、PIER\_MAX45カウントであった。また、DVD-R for General ver2.01規格準拠のベーシックライトストラテジ候補にて、×2、×4 recordingした結果は、変調度77.1%(×2)、79.1%(×4)、Jitter6.38%(×2)、6.42%(×4)、PIER\_MAX23(×2)、27(×4)カウントであった。記録後のディスクはDVDプレーヤに互換性のあることを確認した。

**Summary** 4.7GB DVD-R disc corresponding to 650nm recording wavelength was developed by optimizing dye layer thickness, improving uniformity of substrate characteristics in the disc and adopting LPP structure.

61.7% modulation, 6.65% Jitter and a PIER\_MAX count of 45 were observed with the disc recorded by the basic write strategy of the "DVD-R for General ver2.0" specification.

Moreover, 77.1%(x2), 79.1%(x4) modulation, 6.38%(x2), 6.42%(x4), Jitter and PIER\_MAX counts of 23 (x2), and 27 (x4) were observed with the disc recorded by candidate basic write strategy of the "DVD-R for General ver2.01" specification. Therefore, the recorded discs will work on a general DVD players.

**キーワード:** DVD-R 高速記録 色素媒体 成形基板形状 LPP形状 DVD-R for General Ver2, グループ傾斜角 溝形状 記録媒体膜厚

### 1. まえがき

多くの記録可能なメディアに対する市場のニーズは、安価、大容量、高速記録ということが望まれる。DVD-Rディスクにおいても、DVD-R for General Ver2.0規格が策定され、DVD-Rディスクを使用した民生用機器などが普及し始めている。こういった流れの中で、CDに対するCD-Rの関係のように、DVDに

対して非常に高い再生互換を持つDVD-Rディスクにおいても、高速記録対応は当然のように要求されてきた。今回、High-Speed記録対応DVD-Rディスクの標準化を行うにあたり、筆者達が開発したDVD-Rディスクについて、その根幹をなすディスク溝形状、有機色素材料について、検討開発内容の報告を行う。なお、今回ターゲットとしたディスク特性を表1に示す。

表1 高速記録対応に求められるディスク特性

DVD BOOK VERSION		Vcr2.0 ×1	Next version
Recording speed		×1	×1 to 4
Axial tracking	Limits of deviation	±0.3 mm	±0.15 mm
	Allowed error below 10KHz	±0.23 μm	
	Acceleration	8 m/s <sup>2</sup>	32 m/s <sup>2</sup>
	Crossover frequency	2.0 KHz	4.0 KHz
Radial tracking	Limits of deviation	70 μm (p-p)	40 μm (p-p)
	Allowed error below 1,1KHz	±0.022 μm	
	Acceleration	1.1 m/s <sup>2</sup>	4.4 m/s <sup>2</sup>
	Crossover frequency	2.4 KHz	4.8 KHz
8cm		0.010 g·m max	0.0025 g·m max
		0.0045 g·m max	0.0010 g·m max
Recording power: Po		6.0 to 12.0 mW	6.0 to 18.0 mW
PPb		0.22 to 0.44	←
PPr		0.5 to 1.0	←
LPPb		0.18 to 0.28	←
AR		15% min	←
BLER of LPPb		3% max	←
BLER of LPPa		5% max	←
CNR of WOb		35dB min	←
CNR of WOa		31dB min	←
NWO		0.06 to 0.12	←
Reflectivity (with PBS)		45 to 85%	←
Jitter		8.0% min	←
PI error		280/8ECC max	←
Modulation (I14/I14H)		0.60 min	←
Modulation (I3/I14)		0.15 min	←
Signal asymmetry		-0.05 to 0.15	-0.10 to 0.10
DPD signal amplitude		0.5 to 1.1	←

## 2. 成形基板形状

### 2.1 グループ傾斜角の最適化

成形基板ランド部分に図1のようなLand Pre-Pit (以下LPP) と呼ぶ制御信号の入ったDVD-Rディスクにおいて、従来より成形時のシミや二重転写は往々にしてPIER劣化の原因として問題となってきた。本章ではこの問題を起こしにくくするため、グループ傾斜角について検討を行った際得られた特徴的な信号特性について報告する。尚、グループ傾斜角をコントロールする方法としては、フォトレジストに対するポストベーキング温度を変化させることで対応した。

成形基板でのグループ形状の差を示すため原子間力顕微鏡 (以下、AFM) 写真を図2に示す。また、AFMでのグループ断面図を図3に示す。写真より

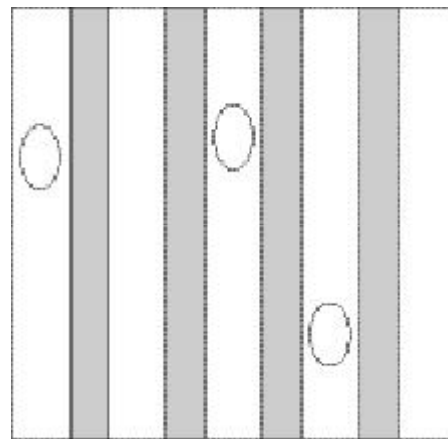


図1 Land Pre-Pit

明らかなようにポストバーク温度を変えた基板はランドエッジ部が丸くなり基板表面が滑らかであることがわかる。

図4に×4記録における3T単一信号のC/NとJitter特性を示す。この結果からもわかるように、今回検討したグループ形状はC/Nが約2dB改善しており、Jitterが約1.5%改善している。C/Nに関してはポストベーク温度による基板表面平滑性が向上した影響が大きいと考える。このことを示すようにC/Nの改善はノイズレベルが低減

したことによる改善である。Jitter特性に関しては後述する図9に示すようにランドエッジ部が丸くなっていることより記録媒体と反射層の設置面積が広くなり、信号記録時に発生する色素媒体の分解熱の放熱効果が高まっていることに起因すると考える。図5に反射率のデータを示す。傾向としてポストベーク温度を10℃上げると約

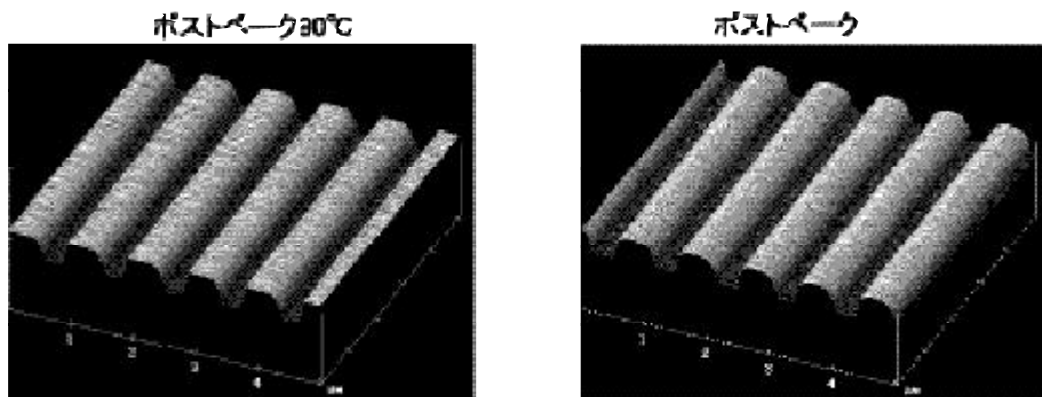


図2 成形基板AFM写真

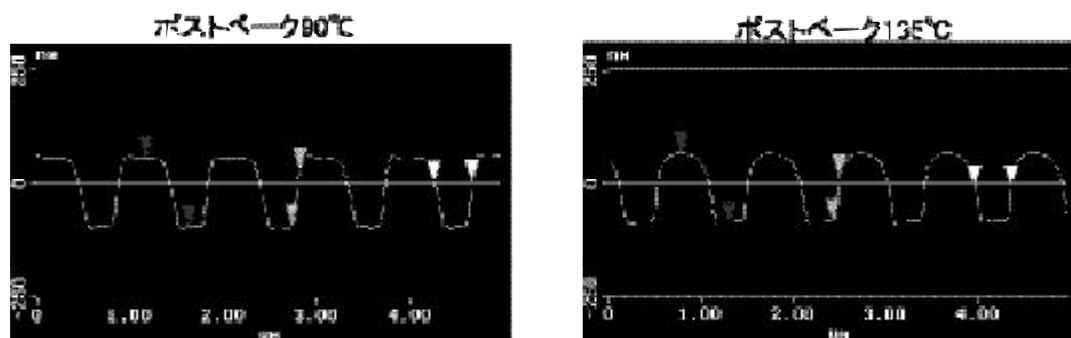


図3 成形基板AFM断面図

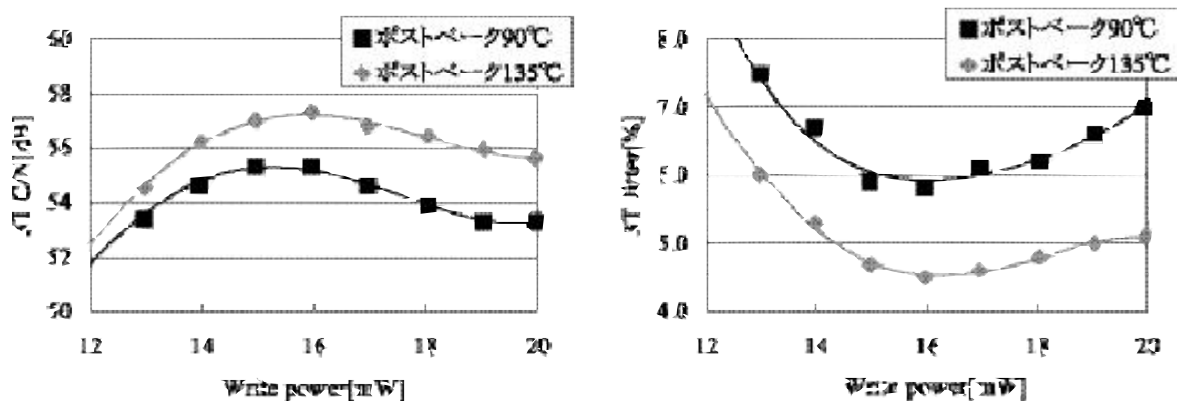


図4 3T単一信号特性

5%程度反射率が高くなり、さらに10%高くすると約1%程度高くなることが確認された。この効果は High-speed 記録ディスクを開発するにあたり記録感度改善が必須となる中で大きなメリットとなった。図6に示すように今回開発のディスクは、記録感度改善のため、従来のDVD-R for general ver2.0の×1 recordingのディスクに比べ、記録波長帯域での色素の吸収(吸光度)を多くとっているため、必然的に反射率の下がる傾向にあった。もともと反射率に対するマージンの少ないDVD-Rにとって、この問題は致命的であったが、今回得られた反射率増加効果によって問題

のないレベルまで改善することが可能となった。

## 2.2 溝形状最適化

本項においては、グループ傾斜角と並びディスク特性を左右するグループ幅について最適化を検討した。図7にグループ幅に対する×4記録での各記録特性との相関を示す。グループ幅が広がる方向で反射率が低下し、ジッター特性は改善され、アシンメトリーが深く記録される傾向にある。変調度については、グループ幅が0.325μm程度でピークとなる傾向である。以上の傾向を考慮すると、グループ幅は0.3~0.325μmがグループ幅として適切であると判断される。

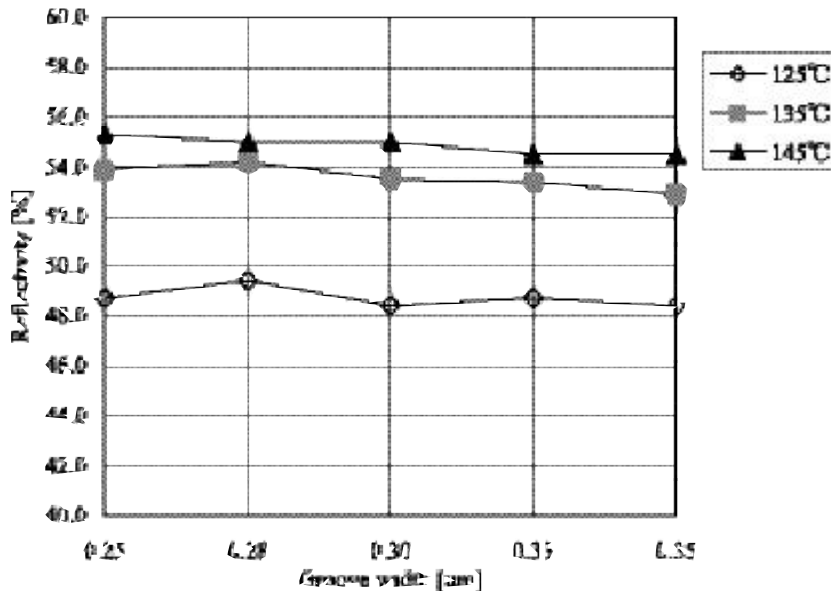


図5 ポストバーク温度と反射率の関係

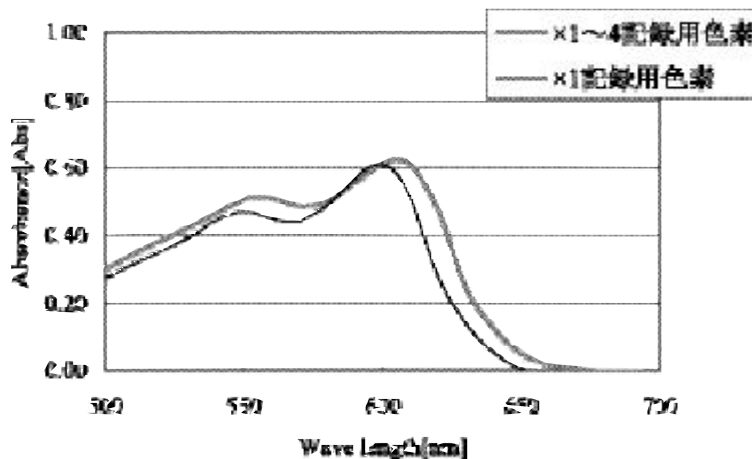


図6 記録媒体の分光特性

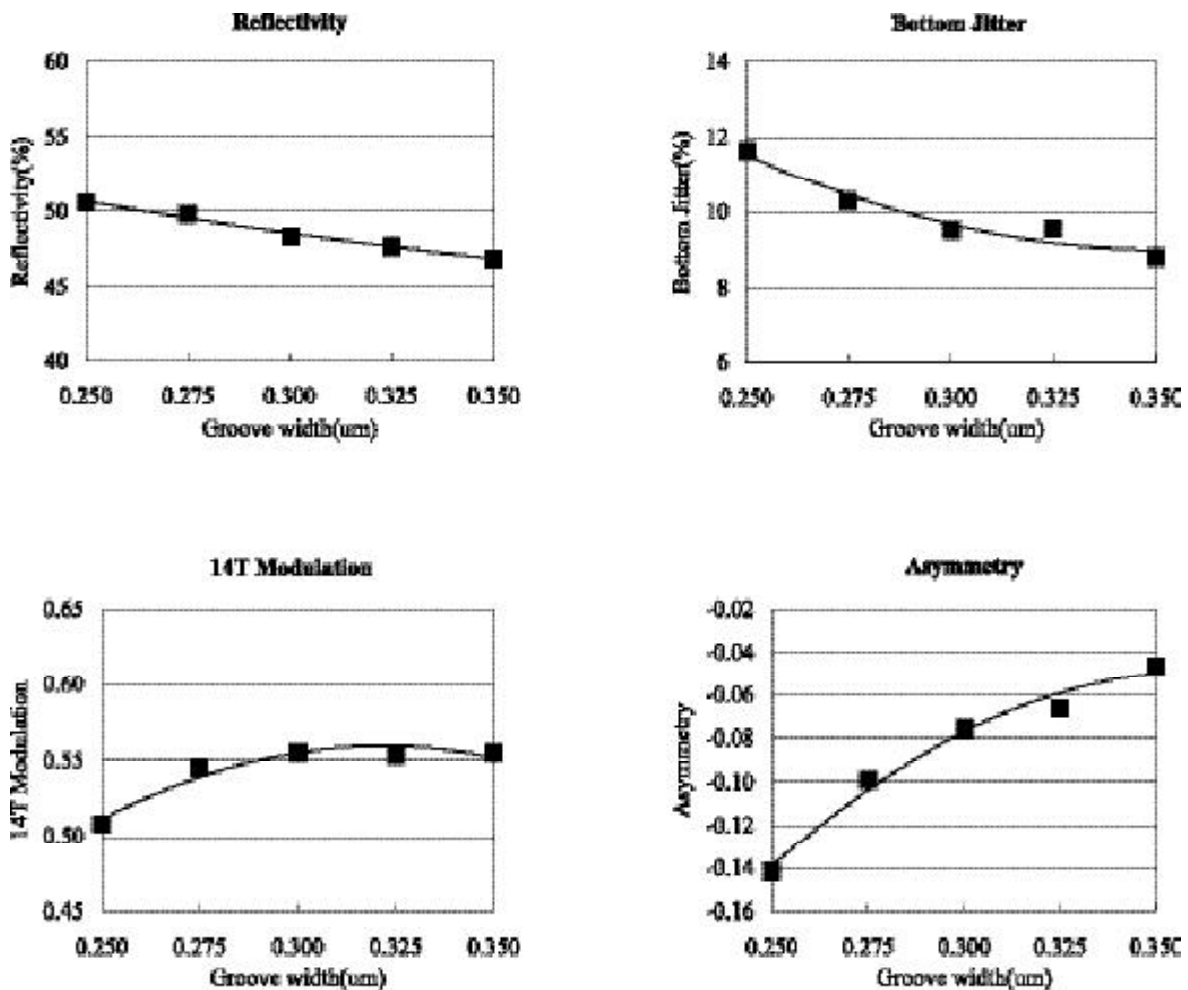


図7 グループ幅に対する記録特性

### 3. 記録膜材料

#### 3.1 記録膜媒体の開発

今回の開発においては、既に策定されている DVD-R for General ver2.0 に準拠するために ×1 記録膜材料をベースに使用し、これに高速記録に対応した高感度色素を開発し、2成分の混合媒体とした。記録膜媒体を2成分の色素にすることにより、その配合比率を調整することで ×1 記録での特性を満足しつつ高速記録に対応した記録膜媒体を開発することが可能となった。図8に示した今回開発した色素媒体の分光スペクトルを見ると ×1 記録膜材料のみでは、レコーダ記録波長である 660nm に十分な吸収が無く、記録感度が不十分であるため高速記録に対応できなかったが若干長波長側に吸収スペクトルをシフトさせた高感

度記録膜材料を混合することにより 660nm で適度に吸収を持つ記録媒体を得ることができた。今回のように2成分の色素を混合する場合、求められる媒体の物性が酷似していることが望まれる。特に示差熱特性は、両者が同一温度で分解し、狭い温度の中で分解が開始し、終了することが記録時の熱干渉を低減し、記録ピットを滲ませないで良好な Jitter 特性を得るポイントとなる。今回開発した色素の示差熱特性を図9に、分解温度を表2に示す。2つの色素媒体とも熱分解時の質量変化は急峻であり、狭い温度で分解が発生終了していることが伺える。分解温度の差はもう少し詰めることが望まれるが今回の開発ターゲットである ×4 記録において影響は小さかった。今後更なる高速記録に対応する上での開発ポイントとなる。

表2 記録媒体の物性

	$\lambda_{max}$ [nm]	分解温度[°C]
×1系記録媒体	558	553.5
×4用高感度記録媒体	570	505.2

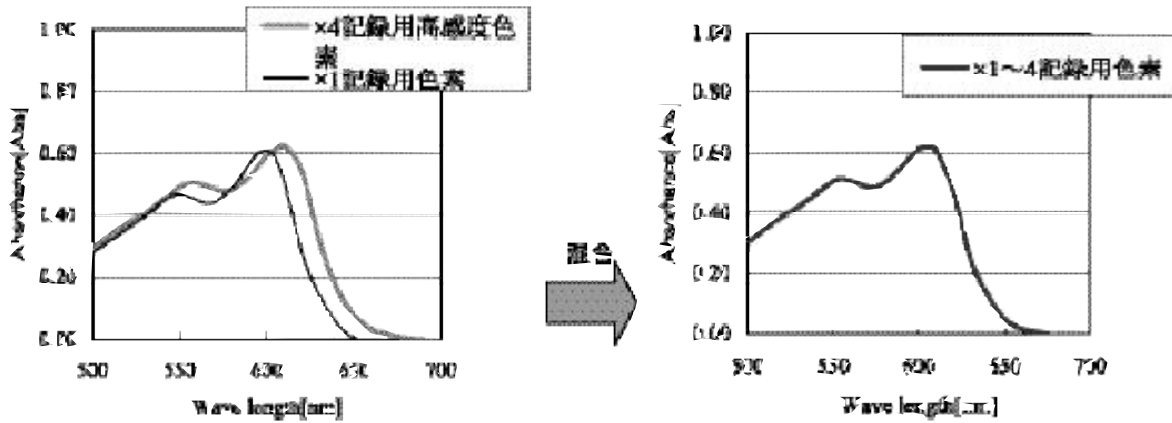


図8 2成分混合による分光特性調整

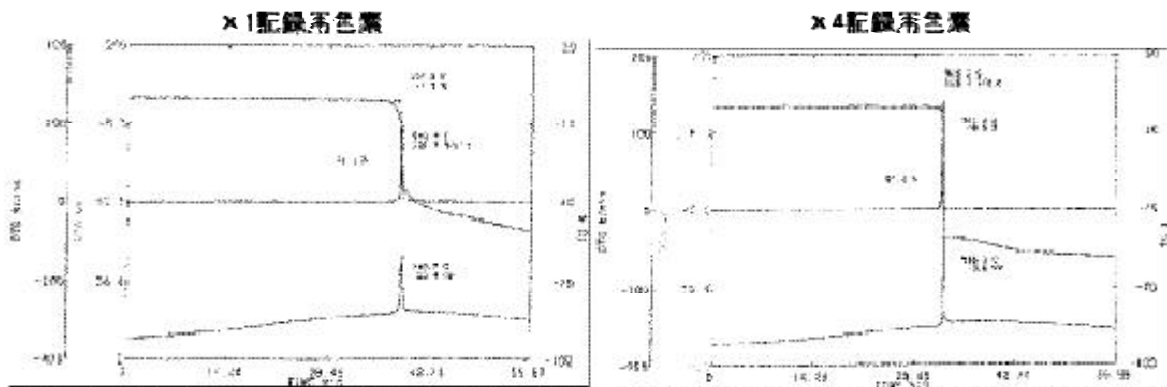


図9 記録媒体の示差熱特性

### 3.2 記録媒体膜厚の最適化

DVD-Rディスクの主だった記録再生特性は、グループ形状と記録媒体膜厚に応じて変化する。本項では、記録媒体膜厚を最適化することにより、×1および×4記録での特性バランスを取り、1～4倍速マルチスピード記録への対応の可能性を検討した。

色素膜厚の測定は、スピコートにより成膜された記録媒体の極大吸収波長( $\lambda_{max}$ )での吸光度(Absorbance)にて行った。

図10に記録媒体の吸光度と記録特性の関係を

示す。Jitter特性に関しては×1記録においては0.70Absでボトムとなるのに対して×4記録においては0.60AbsでJitterがボトムとなる。これは×4記録の方が高パワーで記録されることにより熱干渉の発生が起こりやすく、記録媒体膜厚が薄い方が分解する色素量が減少し、熱干渉の発生が低減していることを示す。Jitter特性から見ると×1と×4記録で特性を両立できるポイントは媒体の吸光度が0.70Abs付近であると判断される。変調度に関しては×4記録では十分大きな変調度が得られているが、×1記録も両立するため

には記録媒体の吸光度は0.75Abs以上でないとい規格を満足する信号振幅が得られないことがわかる。反射率に関しては各記録線速で特性を確保するためには0.55～0.70Absの範囲となることがわかる。以上の特性の傾向を考慮すると、×1記録での特性を規格に準拠させる必要があるため媒体吸光度は0.75Abs以上とし、ここで問題となるJitter特性と反射率をグループ形状で改善する必要があることがわかる。本項の検討は、従来のマスタリング技術であるArレーザーを用いたカッティングによるスタンプを使用しており、2章で説明したUVレーザーおよびポストベーク温度を検討した結果にリンクさせることにより、

この課題を解決した。

#### 4. グループ形状最適化の結果

2章・3章で検討を行ったグループ形状の最適化および現行色素をベースとした色素媒体開発にて開発されたHigh-Speed (×1～4)対応DVD-Rディスクの記録再生特性を表3に示す。また、記録再生波形を図11に示す。

表に示すとおり×1～4記録での特性はいずれも良好な特性が得られており、表1に示した高速記録に求められる特性を満たしていることがわかる。再生信号波形からも×1、×4記録ともに良好な再生信号波形が得られていることがわかる。

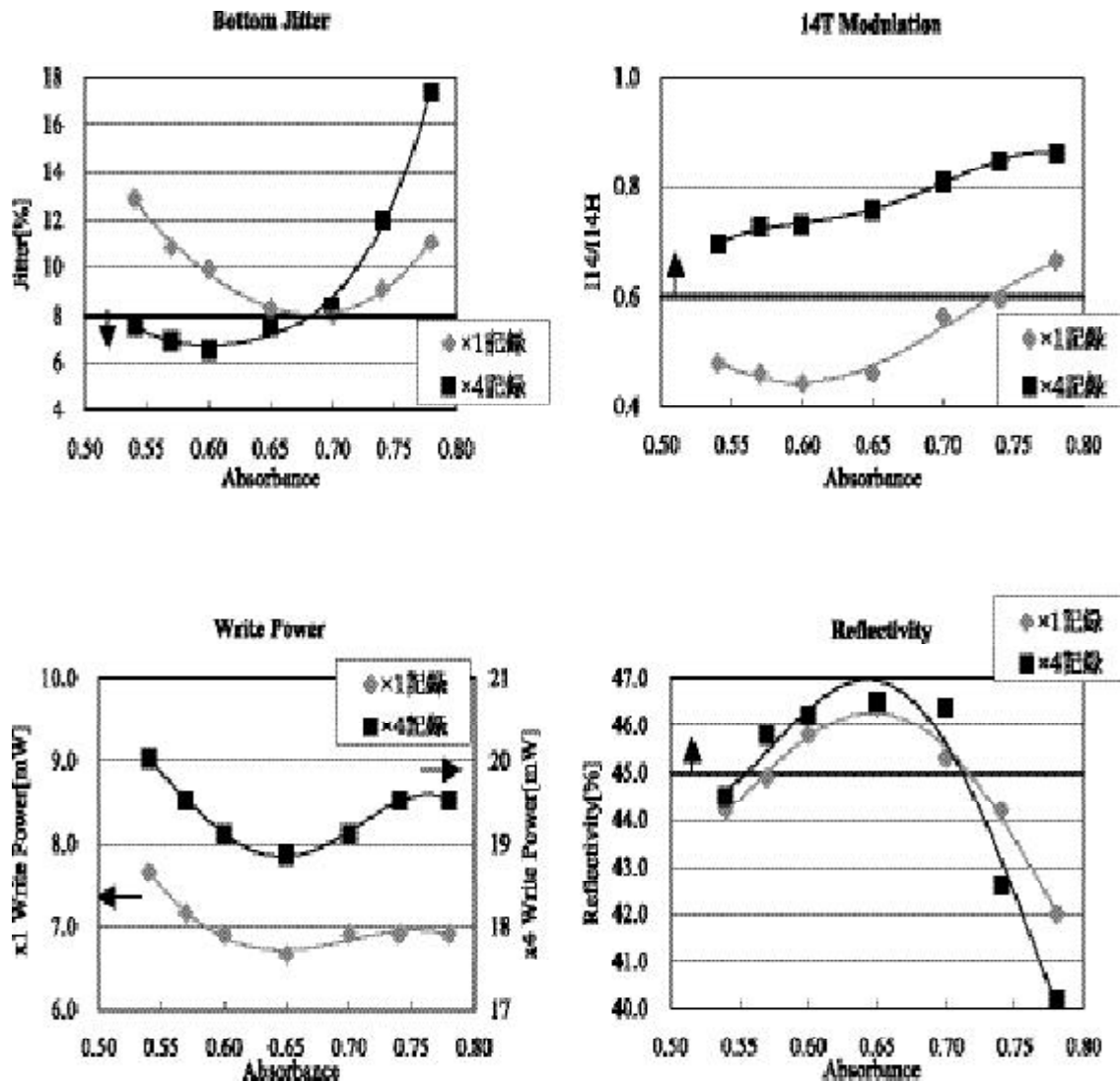


図10 媒体吸光度に対する記録特性

表3 各記録線速におけるディスク特性

<Recording condition>		x1	x2	x4
Write speed				
Strategy type		Type 1		4x Basic 1
Write Power [mW]	Po (Pr) [mW]	7.5	7.7	17.4
	Pm [mW]	-	-	11.7
Bias power [mW]		0.7	0.7	0.7
<Measuring results>				
Recorded parameters				
Reflectivity using PUH with PBS [%]		48.2	48.5	48.3
Bottom jitter [%]		0.05	0.38	0.42
Modulated amplitude (114/114H)		0.617	0.771	0.791
Modulated amplitude (13/114)		0.243	0.223	0.240
Signal asymmetry		0.000	0.001	-0.018
PI Error max		45	23	27
Unrecorded parameters				
PPb			0.226	
PPr		0.754	0.689	0.742
LPPb		0.571	0.595	0.812
AR		39.9	23.3	21.1
BLER of LPPb			0.6	
BLER of LPPa		0.1	0.6	0.9
CNR of WOb			39.5	
CNR of WOa		38.3	37.7	38.1
NOW			0.088	

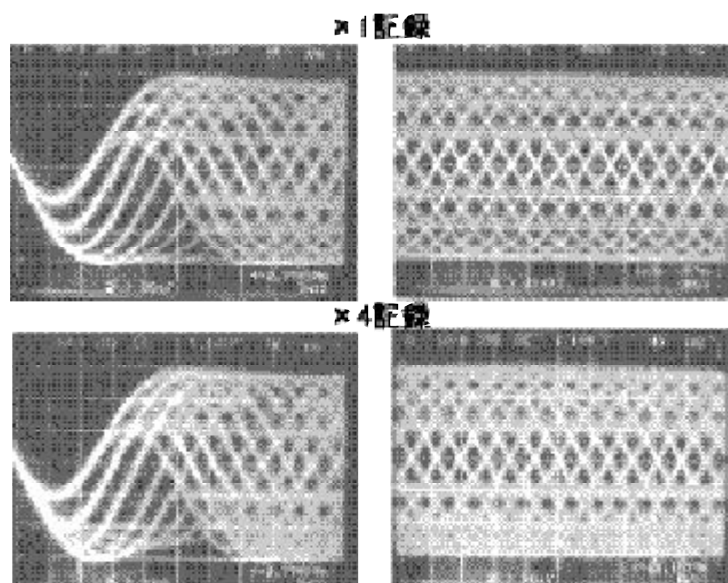


図11 RF再生波形(after EQ)



## 5. まとめ

今回の検討は、現在市場に定着しているDVD-R for Generalのバージョンアップと捉え、現行のプロセス・材料を大幅に変更することなく対応できるよう検討を行った。

成形基板形状においてはグループ傾斜角の最適化、溝形状の最適化、記録膜材料においては記録膜媒体に高感度色素を開発するとともに、記録媒体の膜厚を最適化することで4倍速DVD-Rを実現した。

今後はさらに要求されるであろう高速記録に対応すべく開発を進めていく。

## 6. 謝辞

今回の開発のディスク特性評価にあたり、AV開発センター光ディスクシステム開発部 評価用ディスク作製にあたり、PVCディスク技術部プロセスグループの協力に感謝します。

筆者

村上 重 則(むらかみ しげのり)

- a. 研究開発本部 光技術センター
- b. 1989年 4月
- c. OMD CD-R LD-R DVD-Rの開発

近 藤 淳(こんどう あつし)

- a. 研究開発本部 光技術センター
- b. 1990年 4月
- c. OMD CD-R DVD-R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 CD-R LD-R DVD-R/RWの開発