

In-Groove 記録方式による有機色素 BD-R

Organic Write-Once Disk with In-Groove Structure for Blu-ray Disc System

中島 裕之, 西脇 宏, 北野 和俊, 村松 英治

Hiroyuki Nakajima, Hiroshi Nishiwaki, Kazutoshi Kitano, Eiji Muramatsu

谷口 昭史, 横川 文彦, 堀江 通和, 清野 賢二郎

Shoji Taniguchi, Fumihiko Yokogawa, Michikazu Horie, Kenjiro Kiyono

要 旨 従来のスピコート法を用いて作製することができる Blu-ray Disc システム用の追記型光ディスクを開発した。

有限要素法に基づくシミュレーションと青色レーザー用に最適化された有機色素を記録層に用いた試作ディスクの実験から、ディスク構造としては On-groove 記録方式よりも In-groove 記録方式が適していること、また、In-groove 記録方式は 1-2 倍速記録において良好な記録再生特性が得られることを明らかにした。

Summary We developed a new write-once disk for Blu-ray disc system, which could be made by using a conventional spin-coat process.

A finite element method-based simulation and our sample disk with an organic dye layer, which was optimized for blue laser recording, showed that recording onto an in-groove structure was more suitable than recording onto an on-groove structure. It was also shown that this structure gives good results for single and double speed recording.

キーワード : 追記型光ディスク, Blu-ray disc, 有機色素, スピコート, In-groove, Low to High

1. まえがき

地上デジタル放送の全国展開も始まり、映像コンテンツは今後ますます高精細化・大容量化することが予想される。これに伴いコンテンツを記録・保存するメディアに対しても、より大容量のデータを記録できるものが望まれてきている。この要望を満たすものとして Blu-ray Disc(BD) システムの BD-RE(書換え型)や BD-R(追記型)があるが、これらはいずれも記録層に無機材料を用いている⁽¹⁾⁽²⁾ものが多い。

一方、現在普及している記録用メディアとして CD-Rや DVD-Rがある。こちらは有機色素をスピコート法で成膜して記録層を作製するため安価であり、また環境的にも好ましい。

そこで今回は、大容量のデータを記録できて環境にも優しいという、両者の長所を併せ持った有機色素 BD-R について検討を行ったので報告する。

2. 記録方式(In-groove 記録 vs. On-groove 記録)

2.1 ディスク構造

グループが転写された厚さ 1.1mm の基板にスピコート法で色素膜を成膜する場合、2通りのディスク構造が考えられる。対物レンズからみてグループの凹部にマークを記録する「In-groove 記録」タイプと、逆に凸部に記録する「On-groove 記録」タイプである。図 1 に両者のディスク構造を示す。

2つの構造の大きな違いは、記録トラック間(ランド)の色素の溜まり具合である。In-groove 記録の場合、スピコート法での成膜時に基板の回転速度を制御することでランドの色素厚みをほぼ 0 にすることができる。しかし On-groove 記録の場合は、その原理上、凹部の色素厚みを凸部よりも薄くすることができないため、結果的にランドに多くの色素を溜め込むことになる。この不必要な色素は隣接トラックに対して熱干渉

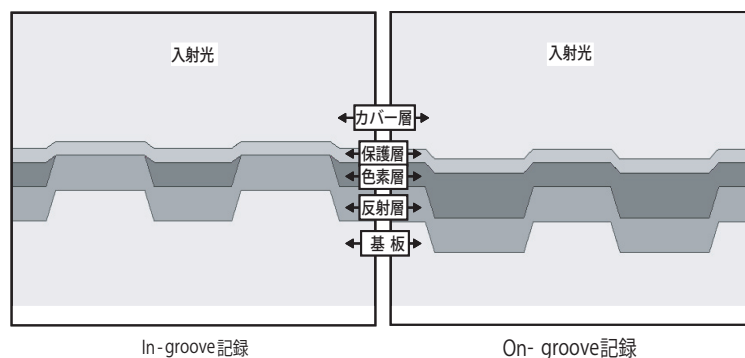


図1 ディスク構造

を引き起こし、クロストークやクロスライトを増大させる可能性がある。

以下では、両構造におけるマーク記録シミュレーションを行い、In-groove 記録と On-groove 記録との差異について検討した。なおシミュレーションには、株式会社日本総合研究所の電磁界解析ソフトウェア「JMAG-Studio」を用いた。

2.2 マーク記録シミュレーション

まず JMAG-Studio の電磁界解析機能により、記録光 (円偏光ガウシアンビーム, 1mW) が入射した際にそれぞれのディスクが吸収する光の分布をもとめた。この光吸収分布は、熱解析をする際の熱源分布と関係がある。またこの計算は、記録場所とランドの色素厚

みを除いて条件は同じである。

図2に色素膜の光吸収分布を示す。On-groove 記録は In-groove 記録に比べて記録トラックでの光吸収が弱く、またランドに溜まった色素が弱いながらも光を吸収していることがわかる。

次に今度は熱解析機能を用いて、微少時間 Δt 経過ごとのディスクの温度分布を計算した。また計算結果から新たにピーク温度分布を算出した。なおここでいうピーク温度分布とは、ディスクの各点ごとにその温度時間履歴から最高到達温度を抜き出し、それをプロットしたものである。ディスクの各点がマーク記録時にそれぞれ何度まで温度上昇したかを表している。

図3は2Tマーク中央のピーク温度分布である。In-

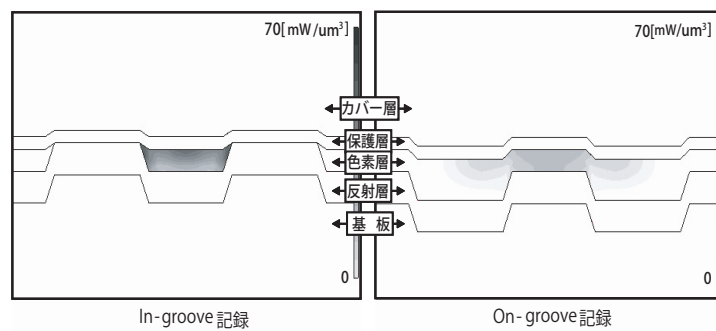


図2 色素膜の光吸収分布

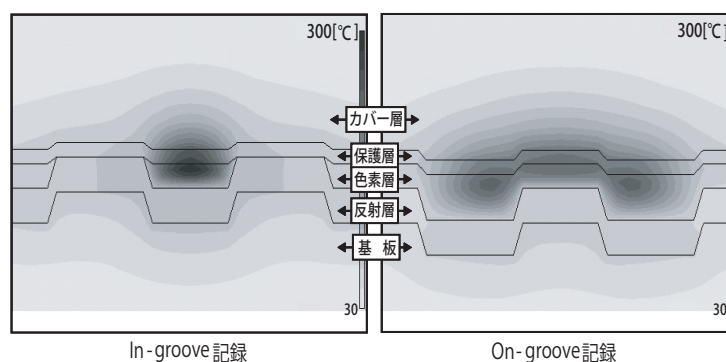


図3 2Tマーク中央のピーク温度分布

groove 記録の場合、温度の高い領域は記録トラック内に留まっておりランドの温度はさほど上がっていないことがわかる。一方 On-groove 記録は、記録トラックにおいては In-groove 記録の 7 割程度しか温度が上がらず、またランドの広範囲にわたって記録トラックと同程度まで温度が高くなるという結果になった。

最後に、ピーク温度分布からマーク形状を推定した。その結果を図 4 に示す。In-groove 記録は DVD-R などと同様に記録トラック内にマークが形成されるが、On-groove 記録の場合は記録トラックだけでなくランドにもマークが形成されることがわかる。このマークの拡がりや形状は光ディスクを設計する際には想定していないことであり、これにより On-groove 記録の信号は設計値とは異なるものになる可能性がある。

2.3 実験との比較

前述のシミュレーション結果を検証するために、マーク形状の記録パワー特性をシミュレーションと実験で比較した。シミュレーション結果を図 5 に、実験条件と測定結果をそれぞれ表 1、図 6 に示す。ただ

し、この比較はシミュレーションと実験でマーク長が異なっていることに注意が必要である。(計算:2T マーク, 実験:8T マーク)

図 5 を見ると、In-groove 記録は 5mW では記録パワーが足りずに小さなマークしかできないが、6, 7mW では十分な大きさのマークができています。一方 On-groove 記録は、7mW 程度までパワーを上げない

表 1 記録パワー特性の実験条件

Recording wavelength	405 nm
NA of the objective lens	0.85
Thickness of cover layer	0.1 mm
Track pitch	0.32μm
Wobbling format	Same as BD-RE format
Recording linear velocity	4.92 m/s
Recording channel clock	66.132 MHz
Minimum pit length	0.149μm
Modulation code	17PP
Read channel	Limit EQ.
User data capacity/side	25 GB

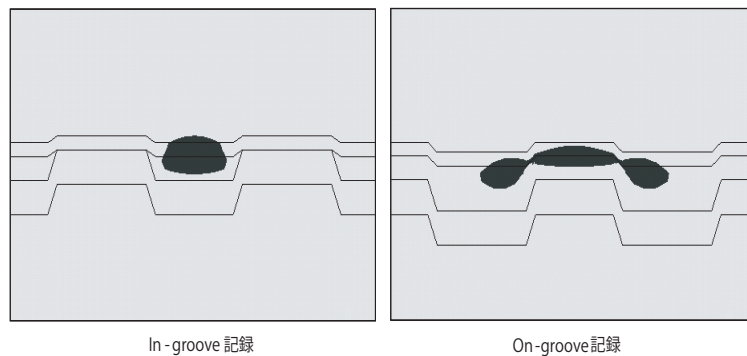


図 4 ピーク温度分布から推定した 2T マークの断面形状 (黒い部分がマーク)

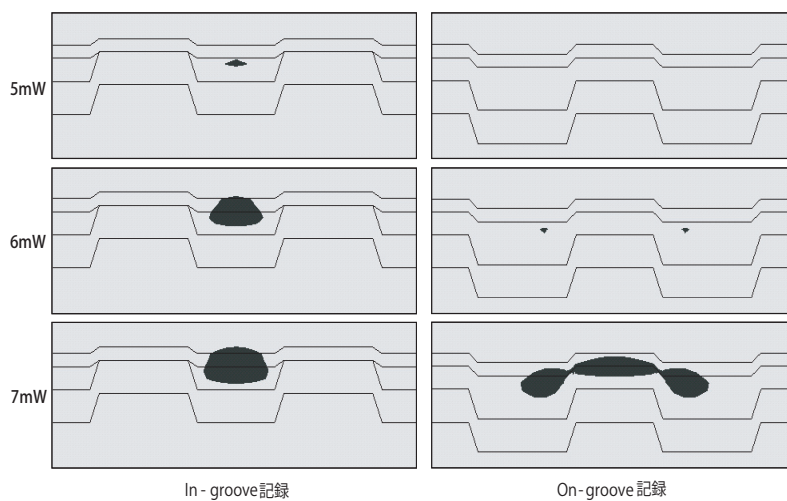


図 5 記録パワーを変えた時の 2T マーク形状

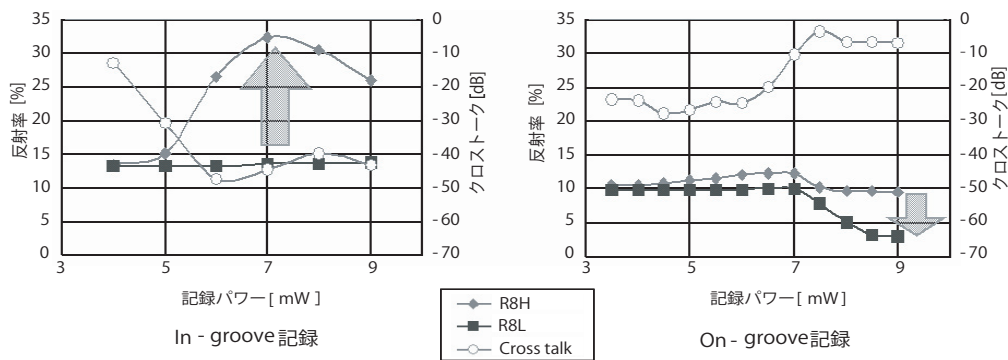


図6 記録パワー特性

とマークができないばかりか、できたとしてもそれはランドにまでおよぶ幅広いものになる。

次に図6を見ると、In-groove 記録は5mWあたりからマーク部の反射率が高くなって信号変調が生じはじめ、7mW付近で最大となっている(この場合、マーク部において反射率が高くなることから、信号極性としてはBD-RE などとは逆の Low to High 記録になっている)。

一方 On-groove 記録は、記録パワーを上げててもマーク部の反射率変化がほとんどないために信号変調が得られず、またクロストークも In-groove 記録に比べて大きくなっている。これらの結果は、シミュレーションによる仮説とよく一致している。

以上の結果から、記録方式としては信号の極性が反転するものの In-groove 記録のほうが適していると判断した。

3. In-groove ディスクの2倍速記録

3.1 シミュレーション

追記型光ディスクは大容量化という目的が達成されると、今度は記録スピードの高速化がもとめられるようになる。そこでここでは In-groove ディスクの2倍速記録をシミュレーションし、1倍速記録との比較を行った。

まず、1倍速記録と等価なストラテジ(=時間方向に2倍圧縮)で2倍速記録を行った。その時のピーク温度分布を図7に示す。3つのグラフは、2Tマークの中心を原点とした3つの軸(接線方向/半径方向/深さ方向)上のピーク温度をそれぞれ示している。

グラフから、この記録ストラテジで2倍速記録するとディスク上の各点に供給される単位時間あたりのレーザーパワーが減少するために、1倍速記録に比べて

表2 再生信号の測定結果

Unrecorded reflectivity	13 %	
Push-pull level before recording	0.8	
	(1x)	(2x)
Recording power	5.9 mW	7.2 mW
Reflectivity	35 %	34 %
Modulation	0.61	0.60
Jitter	5.1 %	6.4 %

ピーク温度が下がってしまうことがわかる。

そこで今度は、ピーク温度の最大値が1倍速記録と同じになるように記録パワーを補正して計算をやり直した。その結果を図8に示す。

記録パワーを補正したことにより、色素膜の半径方向と深さ方向の温度分布が一致するようになった。しかし、接線方向についてはピーク温度の下がり方に差異が見られた。これは記録パワーを補正しただけではマークの後ろエッジの位置が変わってしまうことを示している。

3.2 記録再生実験

前述のシミュレーション知見をもとに、2倍速記録のストラテジを最適化して記録再生実験を行った。

最小ジッタ値における再生信号の測定結果とリミットイコライザ通過後のアイパターンをそれぞれ表2、図9に示す。1倍速、2倍速のどちらの記録速度においてもアイが十分開いており、再生特性もBD-ROMと互換性のある良好なものになっている。

図10に再生信号の記録パワー特性を示す。2倍速記録においても1倍速と同等の記録パワーマージンが得られることがわかる。

以上の結果から、In-groove 記録方式による有機色素BD-Rは大容量記録メディアのひとつとして有用であることがわかった。

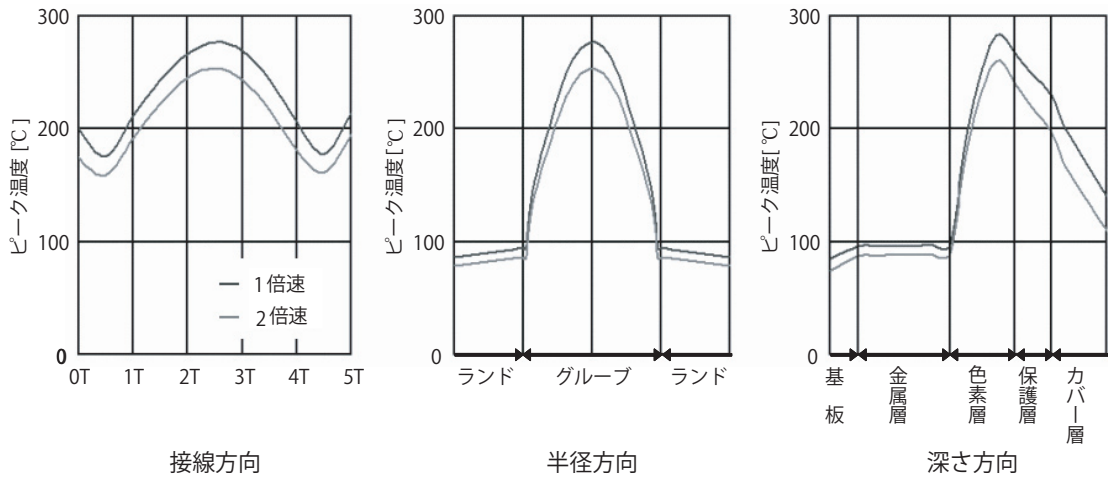


図7 記録速度を変えた時のピーク温度分布 (共に1倍速のストラテジで記録)

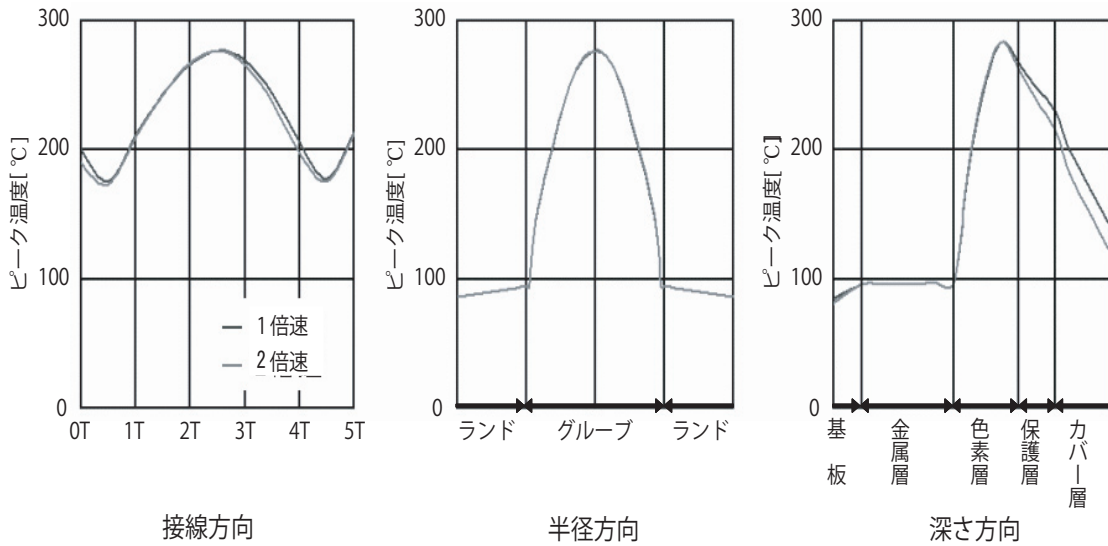


図8 記録速度を変えた時のピーク温度分布 (2倍速の記録パワーを補正した場合)

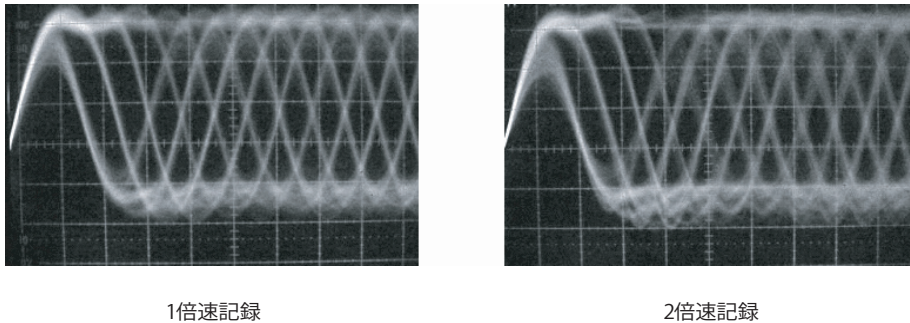


図9 リミットイコライザ通過後のアイパターン信号

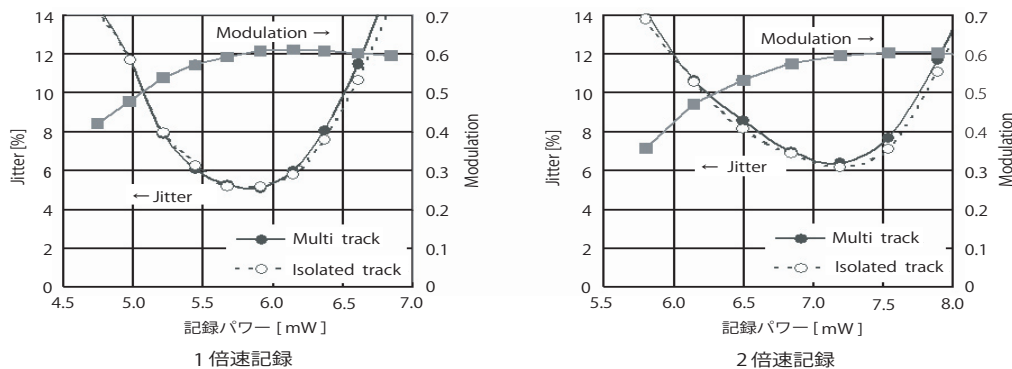


図 10 再生特性

4. まとめ

DVD-R などと同様に、従来のスピコート法を用いて作製することができる Blu-ray Disc システム用の追記型光ディスクを開発した。

有限要素法に基づくシミュレーションと青色レーザ用に最適化された有機色素を記録層に用いた試作ディスクの実験により、ディスク構造としては On-groove 記録方式よりも In-groove 記録方式のほうが適していることを示した。さらに In-groove 記録方式は 1-2 倍速記録において良好な記録再生特性が得られることも明らかにした。

開発した追記型光ディスクは、ユーザ容量・環境面において将来のニーズを満たすものと考えられる。

5. 謝辞

本稿の作成にあたり、ディスクスタンプをご提供していただきました日立マクセル株式会社、実験用ディスクの試作および各種測定データをご提供していただきました三菱化学メディア株式会社に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) System Description Blu-ray Disc Rewritable Format
- (2) Y.Hosoda, T.Izumi, A.Mitsumori, F.Yokogawa, S.Jinno and H.Kudo, "Inorganic Recordable Disk with More Eco-Friendly Material for Blue," Jpn.J.Appl.phys., vol.42, part1, no.2B, pp.1040-1041, February 2003.

筆者紹介

- 中島 裕之 (なかじま ひろゆき)
技術開発本部 総合研究所 次世代メモリ技術研究部
- 西脇 宏 (にしわき ひろし)
技術開発本部 光ディスクシステム開発センター
光ディスクシステム開発部
- 北野 和俊 (きたの かずとし)
技術開発本部 光ディスクシステム開発センター
光ディスクシステム開発部
- 村松 英治 (むらまつ えいじ)
技術開発本部 光ディスクシステム開発センター
光ディスクシステム開発部
- 谷口 昭史 (たにぐち しょうじ)
技術開発本部 光ディスクシステム開発センター
光ディスクシステム開発部
- 横川 文彦 (よこがわ ふみひこ)
技術開発本部 総合研究所
- 堀江 道和 (ほりえ みちかず)
三菱化学メディア株式会社 次世代商品戦略センター
- 清野 賢二郎 (きよの けんじろう)
三菱化学メディア株式会社 次世代商品戦略センター