

DVD-R ディスクの開発

Development of DVD-R Disc

村上 重則, 近藤 淳, 草間 樹, 滝下 俊彦

Shigenori Murakami, Atsushi Kondo, Miki Kusama, Toshihiko Takishita

要旨 色素媒体の最適化, 成形基板特性の面内均一化, LPP形状の最適化などを行うことにより, 650nm記録波長に対応した4.7GBDVD-Rディスクの開発を行った。本開発ディスクをDVD-R for General規格準拠のベーシックライトストラテジにて記録した結果は、変調度65.8%, Jitter6.26%, 反射率53.3%, PIER(AVE)5カウントであり, 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。またDVD-Rの高速記録に対し, シアニン系色素での可能性を見出した。

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

65.8% modulation, 6.26% Jitter, 53.3% reflectivity and 5 counts PIER(AVE) were observed with the disc recorded by "basic write strategy" of the "DVD-R for General" specification, and the recorded discs worked on a general DVD players.

A possibility of DVD-R high-speed recording was also found with cyanine type dye.

キーワード: 色素媒体, 成形基板特性, DVD-R

1. まえがき

DVD-Rの規格はその用途に応じて, DVD-R for Authoring(以後オーサリング用)とDVD-R for General(以後民生用)の2つの規格が作成されることになった。今回開発した民生用ディスク規格を表1に示す。

民生用規格は記録するレーザーの波長に変更がある。オーサリング用の記録波長には, 従来検討されていた635nmが使用され, 民生用には650nmが使用されることになった。この15nmの波長差は, 有機色素を用いた記録媒体を持つDVD-Rにとって, 大きく特性を左右される要因である。

本稿では, 筆者らが650nm記録波長での記録再生特性確保のために色素媒体の材料から作製プロ

表1 DVD-Rの主な仕様

	for General
Capacity	4.7GB
Write Wavelength	645-660nm
Numerical aperture of objective lens	0.6
Data bit length	0.267 μ m
Channel bit length	0.133 μ m
Minimum pit length	0.400 μ m
Maximum pit length	1.866 μ m
Track pitch	0.74 μ m
Disc diameter	120mm
Disc thickness	0.6mm \times 2
LPP Addressing	Decrement
Pre-recording	Yes
Pre-serialization	NBCA
Pre-recorded ECC Block adress(LPP) at the start of user data area	FFCFFFh
Wobble frequency	140kHz
Wobble Detection Freq.	140kHz
Reference scanning velocity	3.49m/s
Channel bit rate at reference velocity	26.16Mbps
User data bit rate at reference velocity	11.08Mbps

セスに至るまでを再検討し、得られた開発結果を報告する。またもう一つの違いであるコピープロテクションへの対応と、今後要求される高速記録に対しシアニン系色素での可能性を見出したので併せて報告する。

2. 記録膜材料

2.1 記録膜媒体の開発

今回の開発においては、記録膜材料として有機系色素を用いた。今回採用した色素は、耐光性に強く光劣化防止剤などの混合を不要とするため、記録時の熱分解の挙動が純粋に色素単体の特性を示すため、色素の熱分解特性を最適になるよう分子構造を設計することで良好な記録特性を示す記録媒体が得られる。

2.2 記録媒体膜厚の最適化

DVD-Rのディスク構造を図1に示す。ディスク構造は、基板板厚の違いおよび貼り合わせ構造であることを除いては、CD-Rと同様の構造である。記録媒体の成膜法は、スピンコート法を使用し

た。この成膜法は、溶剤に溶かした色素を基板上に塗布し、基板を回転させながら溶剤を揮発させ基板上に記録媒体膜を成膜する手法である。記録媒体膜厚は、成膜中の回転数および回転数を上げる加速勾配を調整することで調整が可能である。

DVD-Rディスクの主だった記録再生特性は、記録膜の膜厚に応じて変化する。この膜厚を最適化することにより、各種特性のバランスを取り、特性のマージンを確保することができる。

色素膜厚の測定は、スピンコートにより成膜された記録膜の極大吸収波長 (λ_{max}) での吸光度 (Absorbance) にて行った。

図2に示すとおり、媒体膜厚が厚くなると共に変調度は大きくなるが、Jitter特性が悪化する。また、媒体膜厚が厚いとLPPのARが開かなくなり、追記特性に支障を来すことがわかった。逆に媒体膜厚が薄くなると変調度にマージンが無くなる。今回の評価結果より、記録媒体の吸光度を0.77Absとすることで、変調度、Jitter特性のバランスを取った記録媒体を得た。

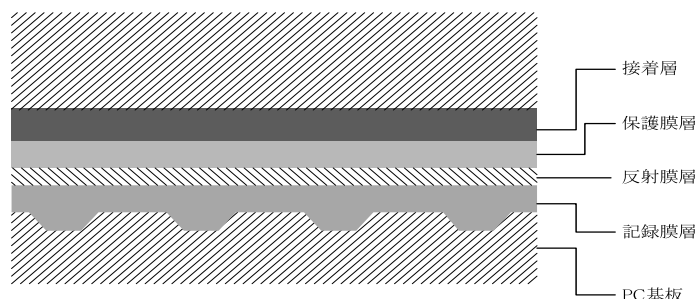


図1 DVD-R ディスクの構造

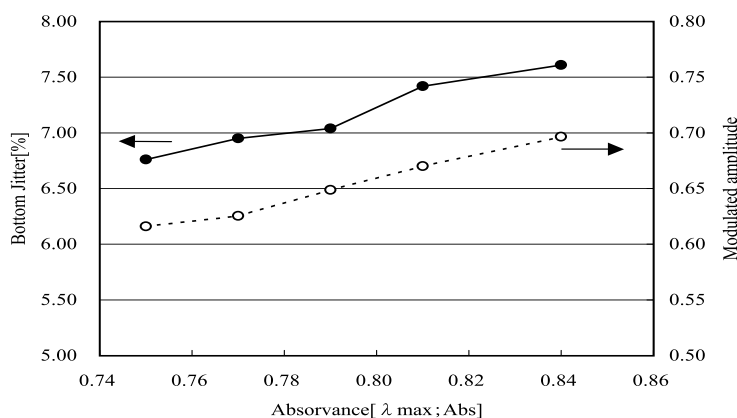


図2 記録媒体膜厚に対する記録再生特性

3. 基板成形

3.1 グループ形状最適化

グループ形状の検討は、記録波長に変更があった場合、最初に検討を必要とする項目である。今回は、民生用DVD-Rに対応すべく650nmの記録波長で適切な信号特性が得られるようにグループ形状を再検討した。図3にグループ幅に対する特性を示す。記録ピットはグループの壁で半径方向の幅を押さえ込んでいるが、グループ幅が広いと記録ピットが拡がり大きくなるためJitter特性を悪化していると予想される。また、グループ幅が狭いとLPP信号がRFに漏れ込みJitter特性を悪化させていると考えられる。成形転写性のマージンを考慮するとグループ幅は0.30～0.32 μm 程度が最適であると判断される。図4にグループ深さに対する特性を示す。グループ深さに対する記録再生特性の検討を行った結果、ベーシックライ

トストラテジにて1650 \AA でJitter特性が最適になることが判明した。変調度は一般的にグループ深さを深くすると大きくなると予想されるが、今回の検討では大きな差が出なかった。今回検討したグループ深さの範囲は、変調度がピークを示す深さ近傍で検討したため大きな差が出なかったと考えられる。

3.2 成形システム検討

DVD-Rの基板の成形性は、CD-Rより記録密度が高くなり、トラックピッチが狭くなり、基板板厚も0.6mmとなることから射出成形による成形性は悪くなる方向である。加えて、記録ピットが小さくなることおよび記録波長が短波長になることにより、ディスク面内で均一な記録特性を得るためには、特に基板特性として複屈折および基板板厚の均一性が求められる。

今回使用した成形装置は、コア圧縮機構という

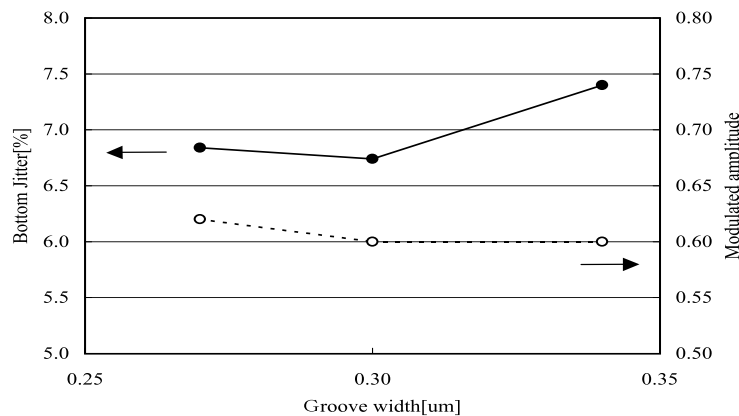


図3 グループ幅に対する記録再生特性

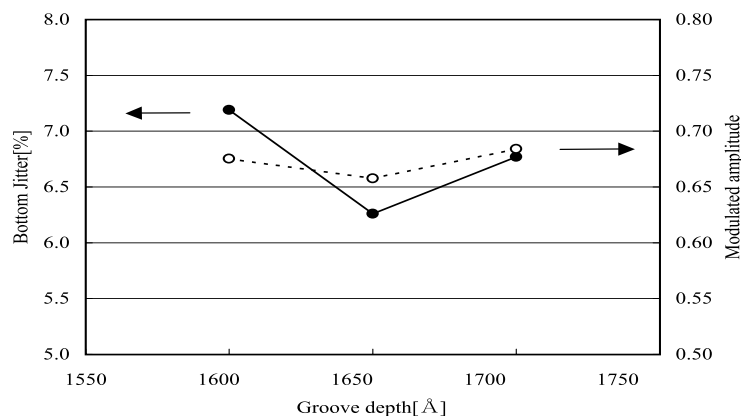


図4 グループ深さに対する記録再生特性

特殊な機構を搭載した成形装置である。図5に従来システムとコア圧縮機構の略図を示す。一般的に射出成形では、金型を締め込むことにより、射出された樹脂材に適度な圧力を加え、信号の形成(スタンピング)、光学特性・機械特性の調整(樹脂内残留応力の調整)を行う。このコア圧縮機構は、金型内のディスク面に相当する部分のみを、金型全体とは別に、独立して動作させることで、ディスクに必要な圧力を、必要な部分(ディスク面)に高い応答性で加えることが可能である。

図6に従来成形システムと今回検討した成形システムの複屈折特性を示す。従来成形システムでは外周部の複屈折が持ち上がってしまうのに対し

てコア圧縮機構の付いた今回検討した成形システムでは外周部の複屈折を押さえ込むことが可能になった。

また、成形基板の板厚分布について図7に示す。今回検討した成形システムでは、成形装置・金型それぞれの装置としての寸法精度、および射出された樹脂材の内圧に負けない高い剛性の他に、プラテン(金型取り付け盤)に通水することにより、成形中の金型の温度によりそれを取り付ける部分の寸法精度・位置精度を維持する機能を持っており、この結果従来システムで15 μ mあった面内板厚差を9 μ mまで改善することが実現できた。

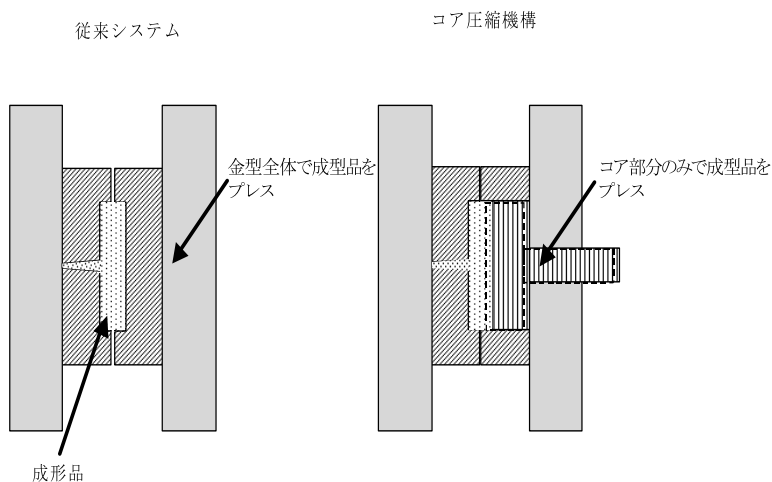


図5 従来システムとコア圧縮機構

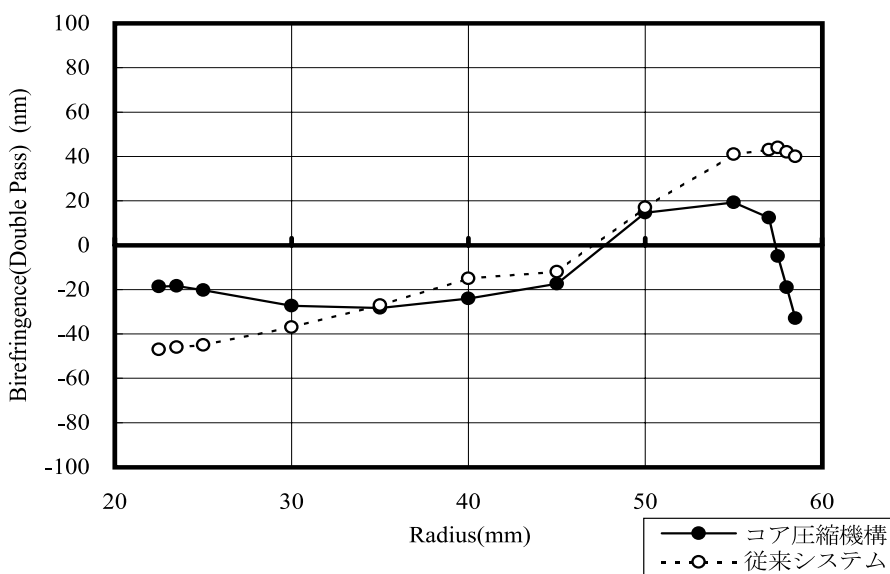


図6 基板の複屈折特性

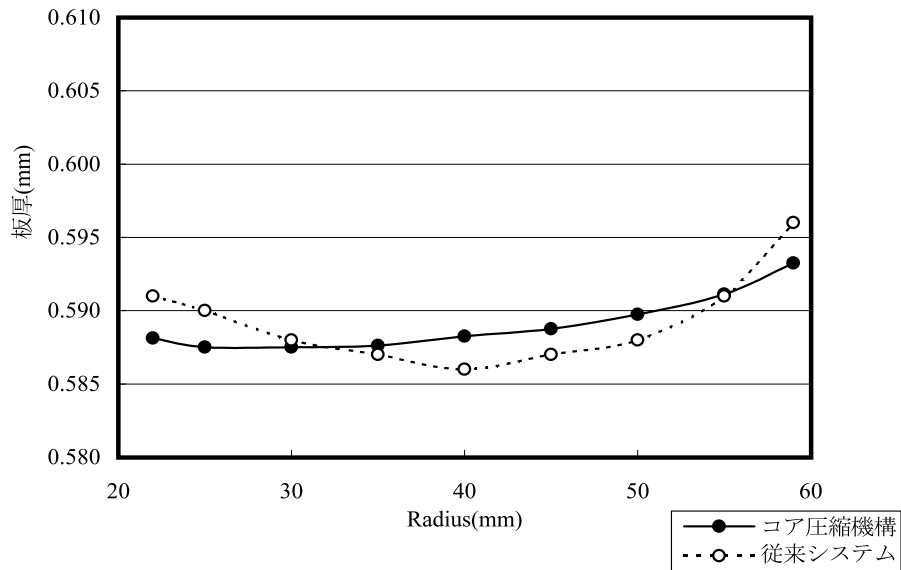


図7 基板の板厚分布

4. NBCA

DVD-R for Generalの規格では、ディスク一枚一枚を識別するためのNBCAの記録が要求されている。このNBCAはコピープロテクションに使用することを目的とされており、ディスクの内周部にバーコードのように記録される。このNBCAの検討には相変化型光ディスクの初期化工程で使用する

イニシャライザーを利用して行った。使用したイニシャライザーのレーザ波長は675nmであり、ディスク1枚の処理に要する時間は10秒程度であった。図8に記録されたNBCAの波形写真を示す。このように短時間の処理時間で良好な特性を得ることが可能であることを確認した。

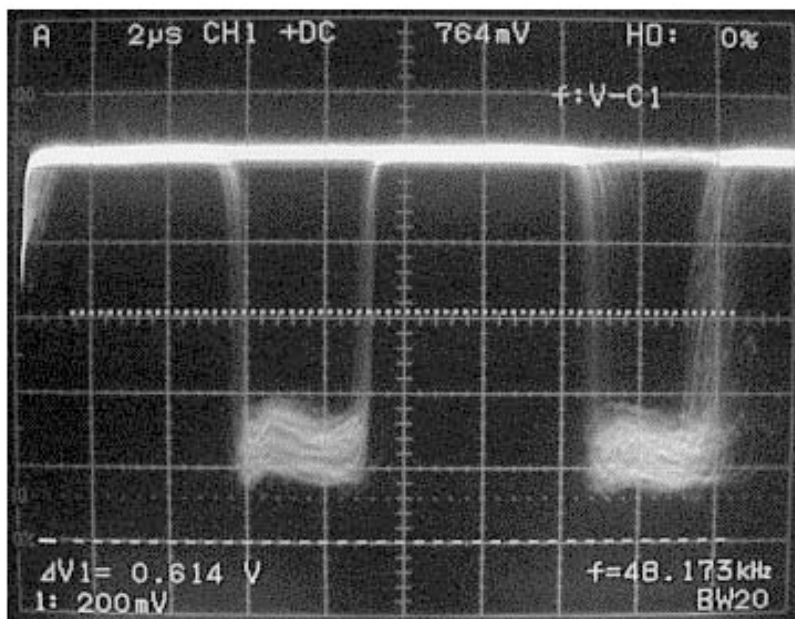


図8 NBCA 再生波形

5. 記録再生特性

今回の開発を盛り込んだディスクの記録再生特性を表2にRF再生波形を図9示す。記録再生信号特性は、DVD-R規格を十分に満足する値が得られている。また、RF再生波形についてもアイパターンが十分に開口しており、変調信号が問題なく記録されていることを確認した。

表2 記録再生特性

Optimum recording power [mW]	10.21
Reflectivity [with PBS ; %]	53.3
Bottom jitter [%]	6.26
Modulated amplitude (I_{14}/I_{14H})	0.658
(I_3 / I_{14})	0.219
Signal asymmetry	0.017
PI Error (min)	1
PI Error (Ave)	5
PI Error (max)	13

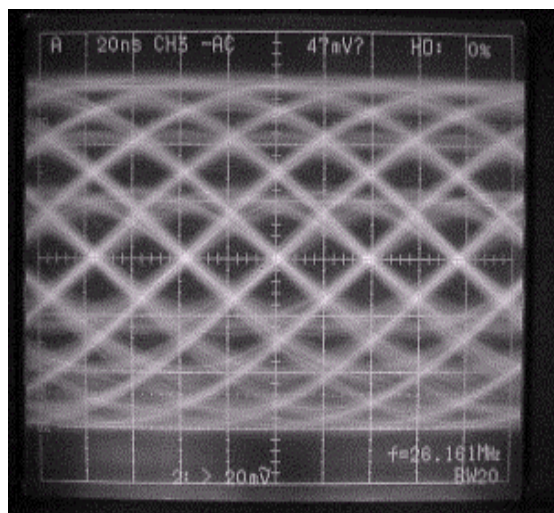
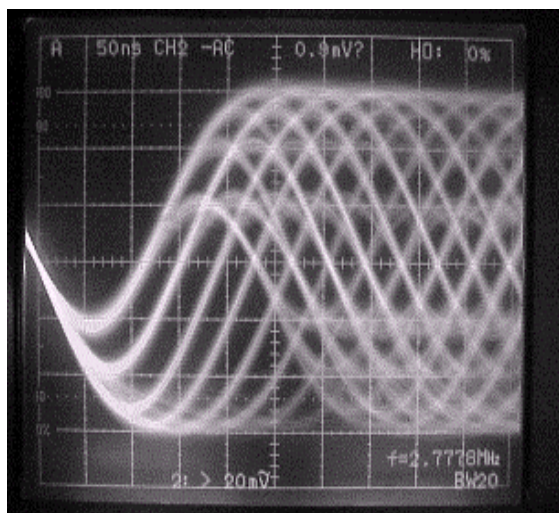


図9 RF再生信号波形(EQ等化後)

6. 今後の開発

今後のDVD-Rに求められる開発として第一に挙げられるのは高速記録である。高速記録で重要になるのが記録感度であり、現在3倍速記録時の記録感度を13mW以下にすることを目標に、等倍速記録換算において8mW以下で記録可能になるよう色素媒体の構造設計を検討している。

今回の構造設計に関しては、シアニン系色素にて行った。シアニン系色素は、図10に示すアルキル基Rと置換基YおよびカウンターイオンXの組み合わせで、吸収波長、熱分解特性を設計することが可能であることがわかった。

今回の検討においてアルキル基Rと置換基YおよびカウンターイオンXの組み合わせを変えた同系列の数種の色素を試作しその特性を評価した。その結果同系列の色素には、分解温度とJitter特性および記録波長での吸光度と記録感度に相関を

見出した。図11に分解温度とJitter特性の相関を示す。分解温度が高温になるに連れJitter特性が良好になる傾向がある。これは、ビームスポット中心の高温部で記録されることにより超解像現象に似た効果が得られていると考えられる。また図12に記録波長での吸光度と記録感度の相関を示す。吸光度が大きくなると記録感度が向上することは容易に想像できるが、この相関より今回検討した系列の色素では、目標感度の8mW以下を得るためには0.04Abs以上の吸光度が必要であることがわかる

また図13、図14に今回開発したシアニン色素の示差熱特性の一例を示す。色素構造を設計することにより、図13に示すように質量変化が分解温度で急激に起きており、図14に示すように熱量変化が狭い温度幅で急峻に起きていることがわかる。この時発生する発熱量は、小さいと十分な信

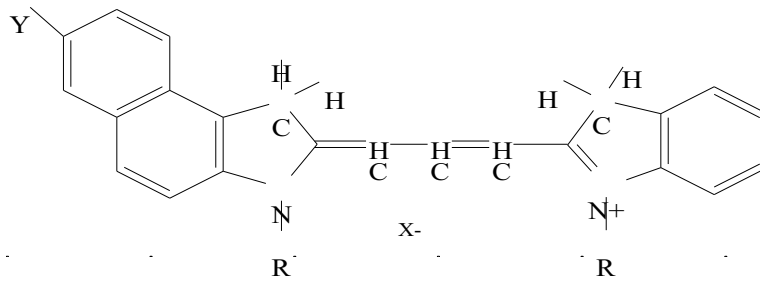


図 10 シアニン系色素構造式

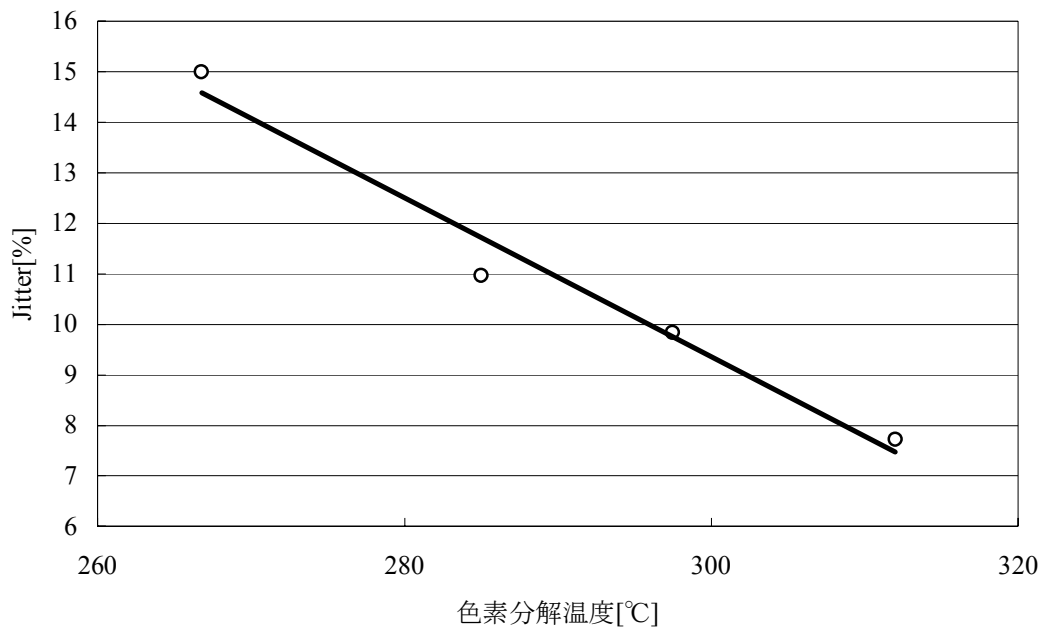


図 11 色素分解と Jitter 特性の相関

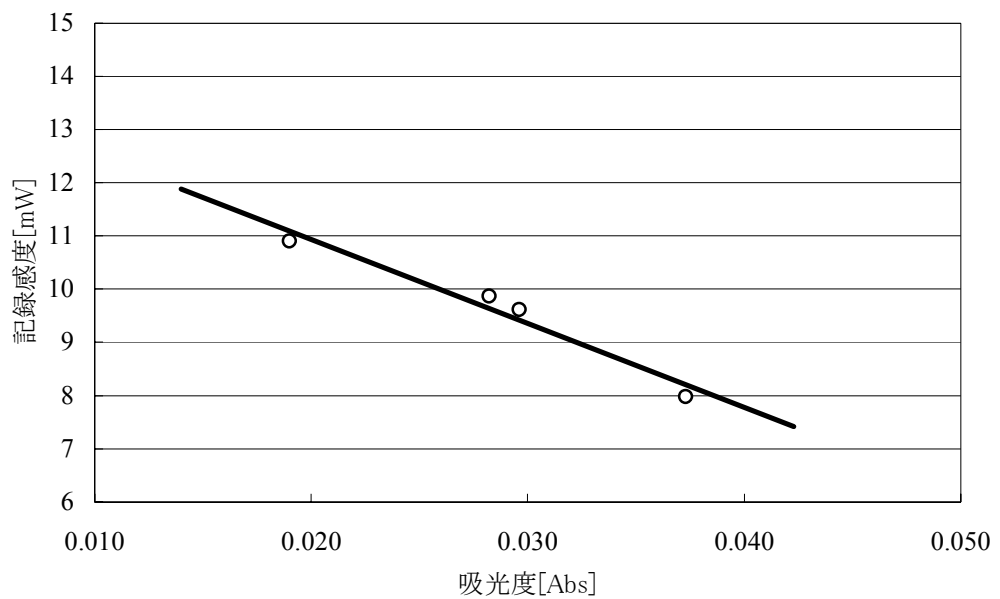


図 12 記録波長での吸光度と記録感度の相関

号レベルを得ることが出来ず、また大きすぎると記録時の熱干渉の要因となることがわかっており、本色素の発熱量は適度に小さいことにより、形成されたピットが滲むことなく、入力信号に対して適切な記録ピットが得られる。また今回開発したシアニン色素を用いたディスク特性では、表3に示すように、記録感度には不満があるものの等倍速でDVD-R規格に準拠する特性が得られており、このことから熱分解特性を最適化することが記録特性に大きく影響することがわかる。

今後、今回の検討結果をもとに、感度を更に改善した色素構造設計を行っていく予定である。

表3 シアニン系色素のディスク特性

Optimum recording power [mW]	10.9
Reflectivity [with PBS ; %]	56.6
Bottom jitter [%]	7.72
Modulated amplitude (I_{14}/I_{14H})	0.635
(I_3 / I_{14})	0.198
Signal asymmetry	0.058

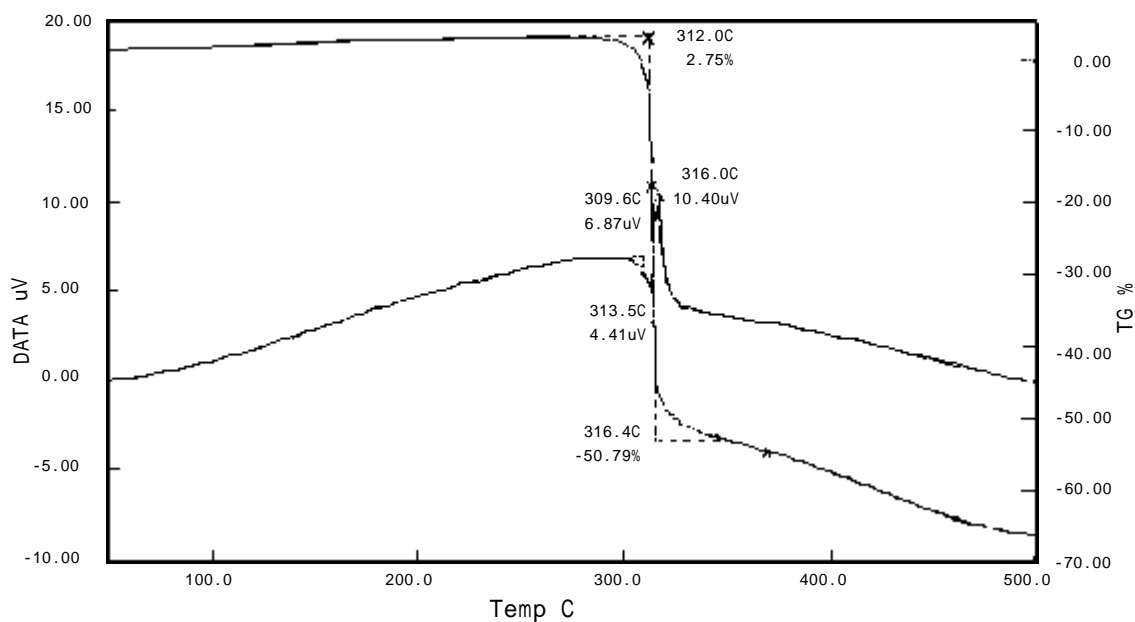


図13 示差熱特性(TG-DTA)

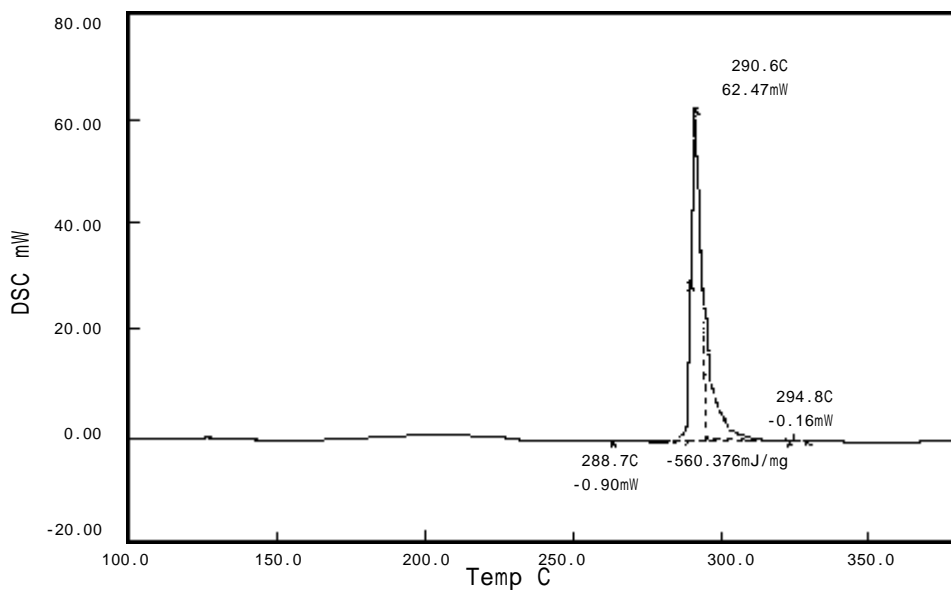


図14 示差熱特性(DSC)

7. まとめ

DVD-R for General への対応を検討した結果、グループ形状の検討および検討されたグループ形状を成形できる成形システムの検討、色素媒体の開発、プリピットの形状検討を行うことにより、Jitter 6.4% ,14T Mod. 0.62 ,Reflectivity 52% とDVD-R for General規格に準拠するディスク特性が得られること確認した。また、高速記録に対してシアニン色素での可能性を見出すことができた。

今後は、各種特性マージンの改善を行うとともに、高速記録に対応したディスクの開発を進めていく。

8. 謝辞

本ディスクの開発にあたり、ディスク特性評価に協力いただいたAV開発センター光ディスクシステム開発部第二開発室の関係各位に感謝します。

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, CDR, LDR, 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, CDR, DVD-Rの開発

草間 樹 (くさま みき)

- a. 研究開発本部 光技術センター
- b. 1990年4月
- c. LD, LDR, DLD, CD-R, DVD-Rの成形技術

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