

# DVD-R for Dual Layer 物理フォーマットの概要

## Outline of Physical Format of DVD-R for Dual Layer

鐘江 徹, 川野 英作, 三浦 雅浩, 大森 久聖, 加藤 正浩  
Tohru Kanegae, Eisaku Kawano, Masahiro Miura Kyusho Omori, Masahiro Kato

**要 旨** 2層 DVD-Rの Layer 1は, Layer 0を透過したレーザ光で記録されるため, Layer 0上の記録 / 未記録による透過率変化に起因する記録パワーの変動が Layer 1の記録特性に大きな影響を与える。この課題を解決するため, 2層 DVD-Rの物理フォーマット策定時においては, Recording Orderと呼ぶ記録順序を規定し, ディスク全面でその Recording Orderを満足できる Relative deviationの技術規定の開発を行った。Relative deviationによって, ディスク上でのアドレスの物理配置が規定され, 記録機では Layer 0上の記録状態を監視することなく Layer 1への最適記録を行うことが可能となった。また, 関連して評価技術の開発も行い, DVD-R for Dual Layer book version 3.0 part1(physical specification) 規格書へ採用された。

**Summary** When the second layer (Layer 1) of a DVD-R for Dual Layer disc is recorded, the LASER beam passes through the first layer (Layer 0). In this case, the transparency difference of Layer 0 which comes from its recording status (recorded or unrecorded) considerably affects to the signal reliability of the recorded signal on Layer 1. To avoid this, we have developed and introduced the new technical regulation that is called "Relative deviation" to the specification. The Relative deviation specifies the possible allocation range of the corresponding physical address on each layer.

The Relative deviation is applied to design a disc so that the recorder can record data easily without complicated operation. We have also developed the verification method of the Relative deviation with simple measurement. It has been also adopted in the "DVD-R for Dual Layer book version 3.0 part 1 (physical specification)" book.

キーワード : 2層 DVD-R, 物理フォーマット, 透過率変化, 記録特性, 記録パワー変動

### 1. まえがき

DVDレコーダーは, 初めて市場に投入されて以来, VTRに代わる映像機器の中核商品として大きな成長を遂げた。メディアにおいてもユーザーの利便性を向上させるべく, DVD-R/RWの高倍速対応メディアが開発されてきた。また, ハードディスクと記録型DVDのハイブリッドレコーダーの登場により, 録り貯めた映像の保存用として記録ディスク市場も大きく成長した。近年, より高画質で, あるいは, より長時間, ディスクに残したいというニーズより, 更なる記録容量の増加が待たれていた。このような背景の中で, ディスクの片面に2層の記録層を持ち, 容量を拡大した2層

DVD-Rが提案され, 筆者らは物理フォーマット開発および物理規格策定活動を行った。その結果, 2005年2月にDVDフォーラムからDVD-R for Dual Layer(以下, DVD-R for DL) book version 3.0 part1(physical specification)が発行され, 各社よりDVD-R for DL対応のライター, レコーダーが商品化されている。本稿では, その特徴となる技術項目について報告する。

### 2. DVD-R for DLの概要

#### 2.1 DVD-R for DLの特徴

DVD-R for DLの特徴は, 2層DVD-ROMと同じデータ容量を持つ点である。12 [cm] ディスクおよび8 [cm]

ディスクについて、記録容量、標準映像記録時間の比較を表1に示す。

直径12 [cm] ディスクの場合では、容量が8.54 [Gbytes] となり、これは、1層DVD-Rの約1.8倍の容量である。その結果、従来以上の高画質あるいは長時間の記録保存が可能となる。

また、2層DVD-ROMとの互換性を有することも大きな特徴である。

記録後のDVD-R for DLの物理特性は、表2に示す通り、2層DVD-ROMとほぼ同等であるため、DVD再生機での再生互換性がきわめて高い。DVD-R for DLの現行規格では、実際の使用形態等を考慮し、Oppositeトラックパスのみが規定されている。再生に関わる点では唯一、反射率の値が若干異なるが、再生機において、DVD-R for DLを再生するためのハードウェアの変更はほとんど必要としない。

表1 DVD ディスクの記録容量と録画時間

		2層	1層
容量 [Gbytes]	12cm	8.54	4.7
	8cm	2.66	1.46
時間 [min]	12cm	218	120
	8cm	68	37

(録画モード: 標準)

表2 DVD-R for DL ディスクの物理スペック

	1層		2層	
	DVD-ROM	DVD-R	DVD-ROM	DVD-R
トラックピッチ [μm]	0.74			
最短ビット長 [μm]	0.4		0.44	
反射率 [%]	45 to 85		18 to 30	16 to 27
変調度	≥ 0.60			
ジッター [%]	< 8.0			
トラックパス	-		Parallel / Opposite	Opposite
記録倍速	-	1x to 16x	-	2x to 8x

## 2.2 物理構造

図1にDVD-R for DLディスクの層構造の一例を示す。DVD-R for DLディスクは、2層の名の通り二つの記録層を持ち、記録/再生レーザー光の入射側より、それぞれLayer 0 (以下L0), Layer 1(以下L1)と呼ばれる。

各々の記録層は、色素層と反射層からなる。色素層は、基板上へアゾ系やシアニン系等の有機色素をスピンコートにより塗布する。そのため、記録溝(グルー

ブ)部の色素は厚く、溝間(ランド)は薄く形成される。

反射層はスパッタにより金属系材料が成膜される。L0側の反射層は、L1層へレーザー光を透過させる必要があるため、半透過となるような薄めの反射層が成膜される。L1側の反射層は、レーザー光を透過する必要が無いため、1層DVD-Rと同等の厚さの反射膜が成膜される。

L0とL1の間は、透明樹脂材料の中間層により一定の間隔が保持される。DVD-R for DLでは、記録再生時にピックアップがL0, L1いずれかの層へフォーカスを選択的に切り替えるため、この間隔は、記録再生信号に層間クロストークが生じない値となっている。

図2は、あるディスクのL0層およびL1層記録時における、ピックアップからのレーザー出射パワーと、それによって記録された信号品質(ジッター値)の例を示している。

DLディスクでは前述のように、層構造の違いから、L0, L1各々でのレーザーパワーや記録ストラテジなどの最適記録条件が異なることが許されている。このディスクの例では、グラフから分かるように、ジッター値が最良となる記録パワーも記録層により異なっている。

すなわち、それぞれの層において良好な再生信号品質を得るためには、ディスクの層構造に適合した、各層の最適化が必要であり、さらにそれぞれ最適な記録条件によって書き込みを行うことが必須となる。

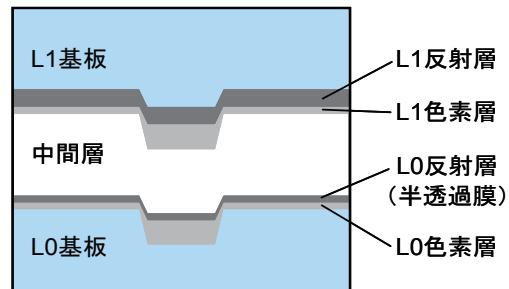


図1 DVD-R for DL ディスクの層構造

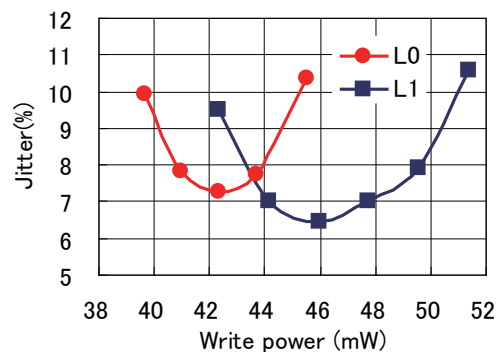


図2 記録パワー対ジッター

### 2.3 ディスクレイアウトおよび記録方式

DVD-R for DL は、前述したように、これまでの1層DVD-R/RWと異なり、層状に2つの記録層を持つ構造となっている。

ディスク上、各層でのエリア配置を、**図3**に示す。Information areaにはユーザデータが記録されるデータエリア(Data area)と、Lead-in area / Lead-out area, Middle areaが存在する。これらの構成および配置は、2層DVD-ROMに準じている。Information areaより内周部には、レーザパワー校正に使用されるInner Disc Testing Area (IDTA) と、記録情報が格納されるRecording Management Area (RMA)が配置される。これらの構成は1層DVD-Rに準じている。また、Information areaより外周部には、外周部でのレーザパワー校正に使用されるOuter Disc Testing Area (ODTA)が配置される。

また、データエリアへの記録方式としては、1層DVD-Rと同様のIncremental recording方式が採用されているが、新たな記録方式として、Layer Jump recording方式が追加されている。これは、L0層とL1層へ交互にデータを記録していく方法である(**図4**)。

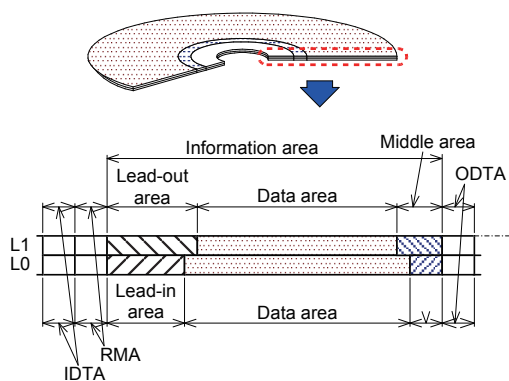


図3 DVD-R for DL エリアアサイン

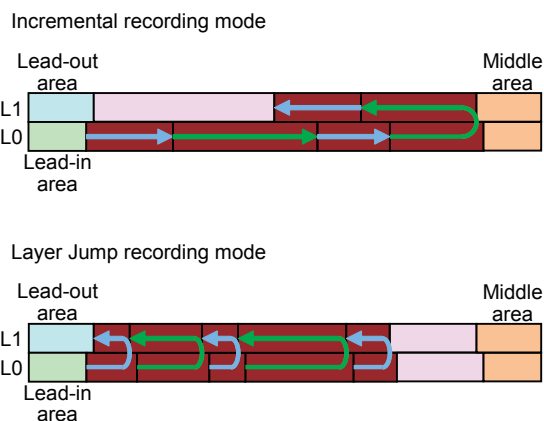


図4 Recording mode

### 2.4 DVD-R for DL 開発の技術的課題

DVD-R for DLでは、L1層の記録/再生がL0層を透して行われる。L0層へ入射したレーザ光は、色素からなる記録層を透過するが、この際、ある割合の光量が吸収される。L0記録層を透過したレーザ光は、半透過であるL0反射層において一部が反射され、残りの部分が透過、中間層を透ってL1記録層へと到達する。つまり、L0記録層へは、ピックアップから射出された光量のほぼ全てが到達するのに対して、L1記録層への到達光量は、L0層における吸収および反射を除いた部分となる(**図5**)。

ここで、色素記録膜はその原理上、未記録と記録後の状態で光学特性が変化するため、前述した透過光量も変化する。これにより、L1層への記録を行う場合、L0層が未記録か記録済みであるかによって、ディスクへの入射光量に対するL1層への透過光量の効率が変化することとなる。

L0層が未記録あるいは記録済みにおけるL1層の記録パワー対ジッター値およびアシンメトリ値の実験結果を**図6**に示す。このグラフより、L0層が未記録である場合に比べ、記録済みである方が低パワー側に

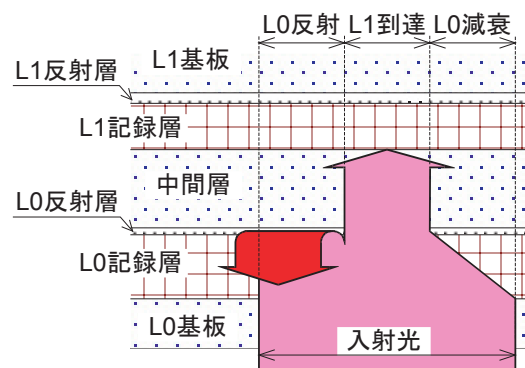


図5 L1層への到達光量模式図

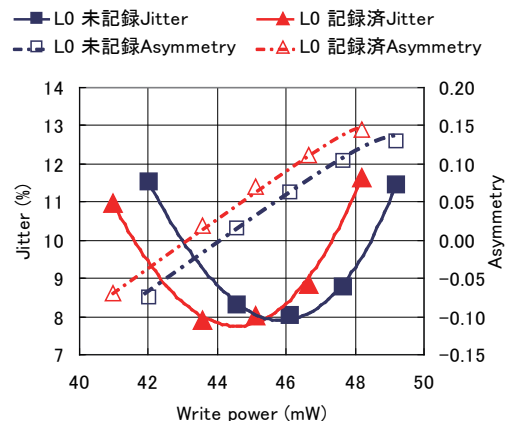


図6 L0層状態の違いによるL1層記録特性

特性グラフがシフトしている、つまりL0層の透過率が上がることによりL1層への透過光量の割合が上昇していることがわかる。このため、ジッター値の結果に見られるように、L1層への記録時、L0層が未記録か記録済みであるかによってピックアップからの最適出射パワーが異なることになる。

つまり、L1層への記録を行う際に、L0層の記録/未記録状態が定められていないと、L1層に良好な記録を行うためには、記録時にL0層上の記録状態を検出してパワーを切り替えるというような複雑な制御が必要となる。これを回避するためDVD-R for DLにおいては、記録済みのL0層を透して、L1層の記録を行うことが規格で定められた。この記録順序の規定をRecording Orderと呼んでいる。

さらに、L1層記録時のL0層記録状態を考える際には、L0層上における記録部/未記録部の境界についても考慮が必要となる。

例えばL0層からL1層への切替アドレス付近では、L1層記録時に、L0層が記録済みと未記録の領域境界での記録となる。つまり、記録レーザー光の一部分が、L0層を透過する際、一部分が未記録であり、他の部分が記録済みであるということが生じる。

さらに、ディスクの物理的な誤差を考慮すると、記録トラックの周内でも、L0層透過部分の記録/未記録の状態が変化することが考えられる(図7)。

この状態で通常の記録を行った場合、切替アドレス付近ではL1層に記録された信号の品質が低下し、読み込みに不具合を生じる可能性が高くなる。または、記録時に、L0層の記録状態を常に監視して記録レーザー出力を制御するなど、非常に煩雑な動作を必要とする。

DVD-R for DLの規格中ではRecording Orderに対

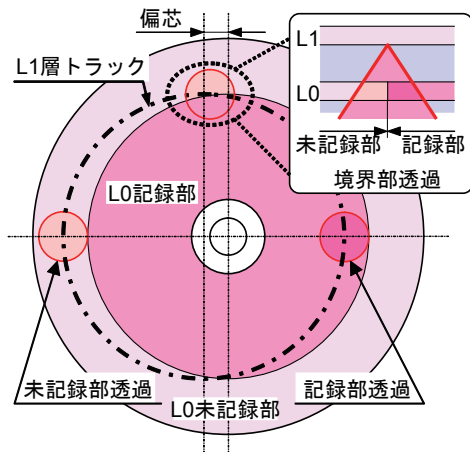


図7 偏芯による透過領域の状態変化

応し、ディスク上において、アドレスの物理的な位置をあらかじめ設定することで、煩雑な制御を必要とすることなく、記録品質の低下を避ける規定を行った。

この技術について、次章において詳細に述べる。

### 3. Relative deviation 技術開発

Incremental recording mode と Layer jump recording mode いずれの記録方式においてもRecording Orderが満足されるようなL0/L1両層のトラック間の物理的間隔に関し技術的検討を行った。Relative deviationと呼ぶそのトラック間の物理的間隔について順に述べる。

#### 3.1 Relative deviation におけるディスク物理要素

##### 3.1.1 クリアランス

L0層とL1層各々の記録層の間には、中間層と呼ばれる透過層が存在する。この厚みは、DVD-R for DLの場合、約55 [μm](規格中心値)である。

記録層に対してレーザー光が焦点を結ぶ場合、レーザー光はピックアップ上の対物レンズにより円錐状に集光される。このため、L1層に対する記録の際には、L0層上において、ある半径を持った円形の領域を通過することとなる。この半径は、中間層の厚みと屈折率、対物レンズのNAに依存する(図8)。

前述のRecording Orderを守るには、レーザー光のL0層透過領域内が記録済みでなければならず、このためL0層上の記録済領域外周から透過領域の半径分領域の内側方向までのL1層が記録可能となる。この値を、クリアランスと呼んでいる。

DVD-R for DL規格上で許容される公差を含んだ、中間層厚、中間層屈折率および対物レンズのNAをパラメータとする、L0層上の透過光領域の最大半径は

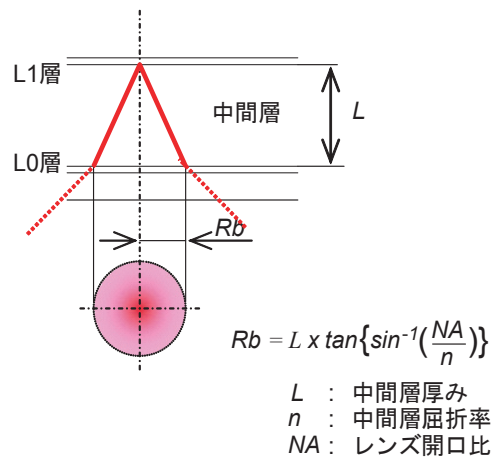


図8 L0層上でのレーザースポット径



約 34 [  $\mu\text{m}$  ] となる。

したがって、所要のクリアランスは 34 [  $\mu\text{m}$  ] が与えられる。しかしここで、レーザ光のビームプロファイル形状から、外周部のオーバーラップは影響が少ない。これを考慮し、書き込み容量の減少を避けるため、規格上では、実際の記録実験結果からデータエリアでは 19 [  $\mu\text{m}$  ] のオーバーラップを許し、15 [  $\mu\text{m}$  ] をクリアランスの値として採用している ( 図 9 )。ただし、実際の記録機上でディスクの最適パワーを決定するために設けられた DTA(Disc Testing Area) では、正確な値を得るため、領域内でオーバーラップが含まれないようなアドレス規定がなされている。

### 3.1.2 ディスク公差

Recording Order を考える上では、さらに各々の記録層トラック間の相対的な偏芯を考慮する必要がある。これは、L1 層の記録を行う際、相対偏芯により L0 層上のトラックとの間隔が、ディスクの回転に伴って変化するためである ( 図 10 )。

さらに、ディスクはポリカーボネイト樹脂の成形によって製造されるため、成型時の収縮や、スタンパ

作成時の誤差等によりアドレスの物理半径位置には誤差が生じる。この誤差をトレランスと呼んでいる。2 層ディスクにおいて層間の関係を考える際は、各々の層での誤差を加算する ( 図 11 )。相対偏芯およびトレランスにより、L0 層上のアドレスと L1 層上のトラックの物理位置は、回転の周内で変化する。実際には、ディスクの回転中心との関係により位置関係の推移は正弦波とは若干異なるが、模式的には 図 12 に示すような波形となる。

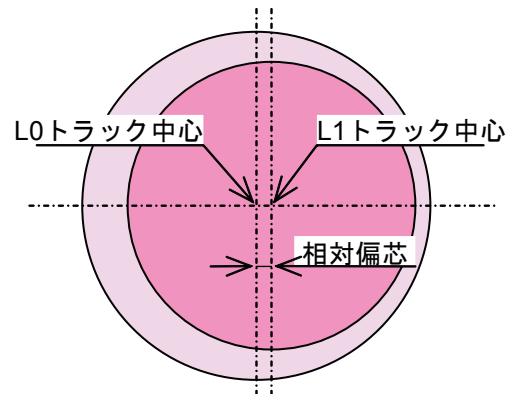


図 10 相対偏芯の概念

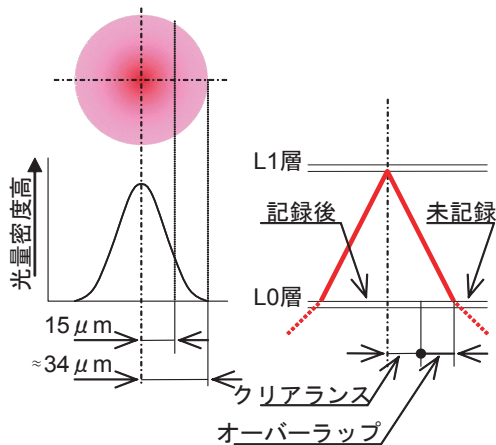
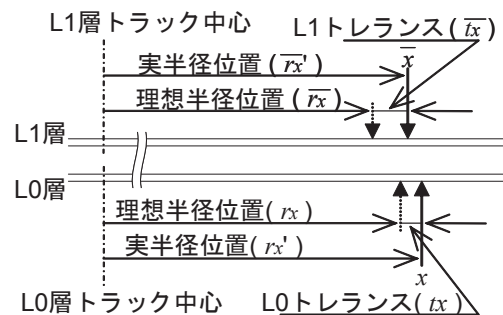


図 9 オーバーラップ



$$\text{相対トレランス} = tx + tx'$$

図 11 相対トレランス

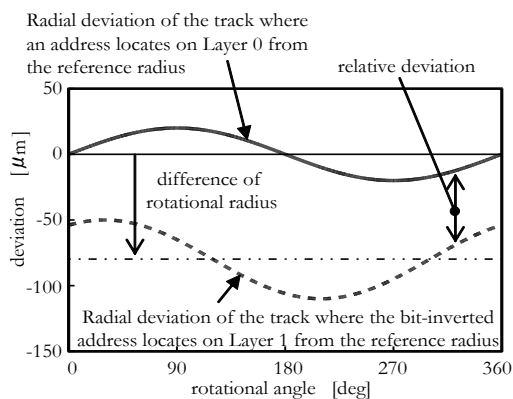
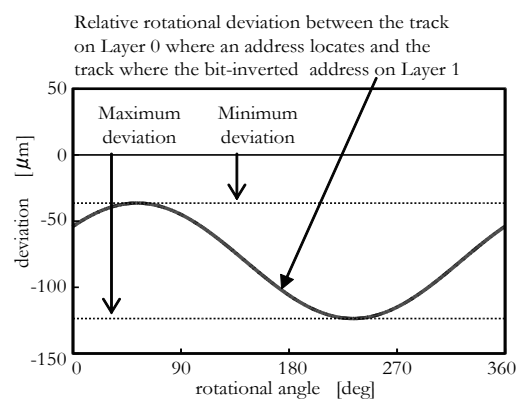


図 12 Relative deviation のトラック内変動



### 3.2 Relative deviation

Recording Order を守るために、クリアランス、トレランスおよび相対偏芯を考慮すると、それらを加算した値が Relative deviation となる。

L0 層上でのアドレス  $x$  における Relative deviation の最大値および最小値は、(1) 式で表される。

$$\begin{aligned} Dev_{upper}(x) &= (rx - \bar{rx}) + (tolerance|_{max} + run\_out|_{max}) \\ Dev_{lower}(x) &= (rx - \bar{rx}) - (tolerance|_{max} + run\_out|_{max}) \end{aligned} \quad (1)$$

12cm ディスク上でデータエリア最外周での Relative deviation 中心値として 105[ $\mu$ m] が規定される。これは、最外周半径位置において 23Eh (574)ECC ブロックに相当する。

DVD-R for DL ディスクは CLV 記録を採用しているため、半径位置によって 1 トラックあたりのデータ長が異なり、内周へ向かうに従って、1 トラックに記録されるデータ量は減少する。L0 層と L1 層での線密度が同じであることから、Relative deviation によりオフセットするデータ量は一定 (23Eh ECC ブロック) であるため、Relative deviation の値は内周側で増加することになり、データエリア最内周部分では 258[ $\mu$ m] となる。

これらを基に、L0 層、L1 層各々でのアドレスに対する半径位置は、(2) 式で与えられる。

これと、前述した Relative deviation の式により、**図 13** に示すようなエンベロップが定義される。

すなわち、L0 層と L1 層のアドレス関係が、このエンベロップ内に存在していれば、ディスク全面に対して Recording Order が守られる。つまり、記録機は、L0 層の未記録 / 記録を監視するなどの方法を採用することなく、記録が可能となる。

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\left\{ \left( \frac{D_0}{2} \right)^2 \times \pi - (x - X_0) \times C \right\} \div \pi} \\ \bar{r}_x &= \sqrt{\left\{ \left( \frac{D_0}{2} - a \right)^2 \times \pi - (\bar{X}_0 - \bar{x}) \times C \right\} \div \pi} \end{aligned} \quad (2)$$

$X_0$  : FF CFFFh (L0層内周基準アドレス)  
 $D_0$  :  $\phi$ 48 mm (L0層内周基準直径)  
 $a$  : 2.58 mm (L0層内周基準Relative deviation)  
 $C$  : データ密度定数  
 $C = \frac{32 \times 1024 \times 8 \times 3.84 \times 0.74}{\frac{2048}{2418} \times \frac{8}{16} \times 26.16 \times 10^6}$  (mm<sup>2</sup>/ECC block)

## 4. Relative deviation 評価方法開発

### 4.1 評価方法

今回、Relative deviation の規格化において、トレランスや相対偏芯等の物理誤差を含め、総合的に評価を行う方法を開発した。

この方法は、実際のディスク上へ所定の記録を行い、記録後の信号再生特性を測定することによる。

評価方法を以下に示す。

- 1) まず L0 層で一定長の記録を行い、次にこの領域を含む長さで、L1 上へ記録を行う。この際、L1

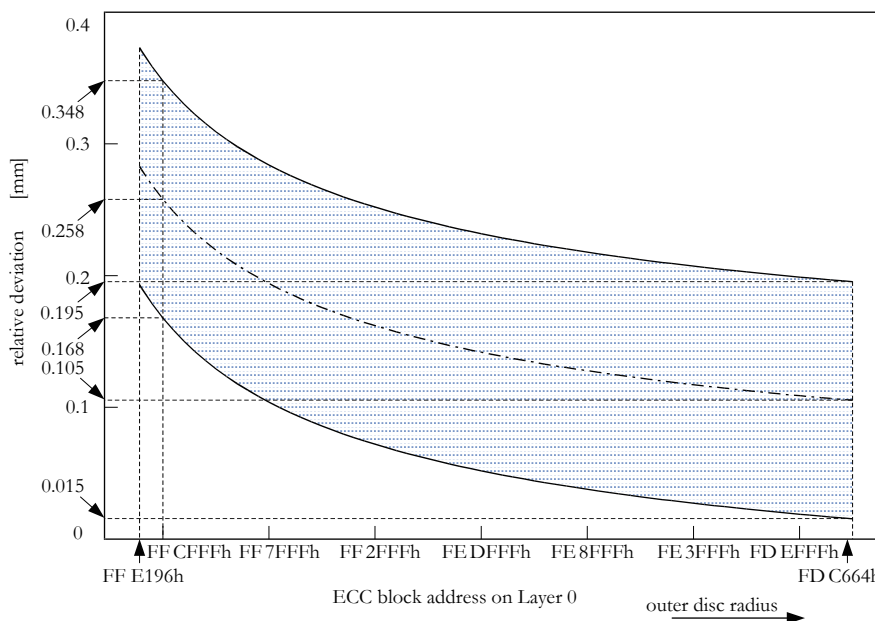


図 13 Relative deviation

層への記録は一定の出射パワーを維持して行う。この結果、L1層上での記録は、L0層が未記録、境界部および記録状態を順次透過して行われることになる。つまり、前述の通りL0層の記録状態による透過率変化により、L1層では信号品質が変化していると考えられる。

- 2) L1層の信号品質評価においては、アシンメトリ特性を観察する。アシンメトリ測定の手順は、(3)式および図14による。

$$Asy = \frac{(I_{14H} + I_{14L}) - (I_{3H} + I_{3L})}{2 \times (I_{14H} - I_{14L})} \quad (3)$$

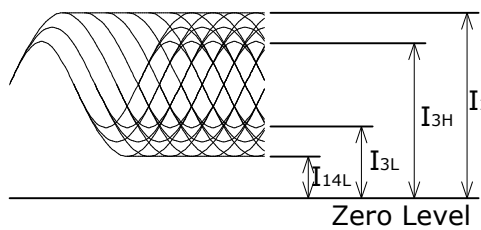


図14 HF Signal

L1層への記録時、アシンメトリ値は、記録出射パワーに対して図7に見られるように、依存性を持っている。従って、透過領域のL0層が未記録であるか記録済みであるかによってもアシンメトリ値が変化する。

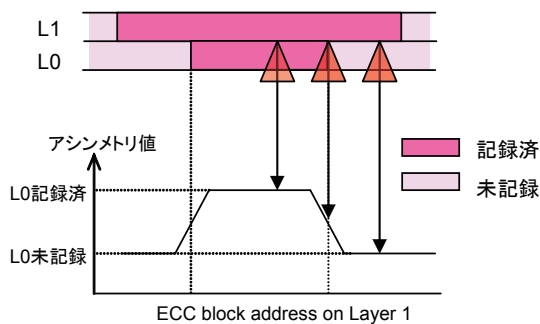


図15 アシンメトリの遷移

- 3) 記録したL1層上の領域においてアシンメトリ値の測定を行い、読み出しを行ったアドレスに対してグラフ化する。

この手順により測定された結果は、図15、16のように、記録済み部を透過して記録した部分のアシンメトリ値は高く、未記録部を透過して記録した部分の値は低くなる。したがって、アシンメトリ値の遷移を利用した評価が可能となる。

実際のディスクでは、このアシンメトリ値の遷移はトレランスおよび相対偏芯の影響を受ける。

これらは、偏芯およびアシンメトリを全くもたない理想ディスクにおいて現れるはずの理論値と、実際のディスクを用いた場合の測定値の差となり、図17～19で示すような現象として現れる。

まず、トレランスは、遷移図における理想的なアドレスと、測定値のズレとして現れる。これは、トレランスがL0層とL1層のアドレス位置のズレを意味するためである。

次に、ディスク上で相対偏芯がある場合、L0層の未記録/記録境界にかかる部分で、HF波形にディスク回転に同期した周期的な変動が見られる。この時に、変動の最大値(top)と最小値(bottom)によりアシンメトリ値をプロットしていくと、それぞれの遷移波形に位相のズレが生じる。このズレ量が相対偏芯の値を意味している(図18/19)。

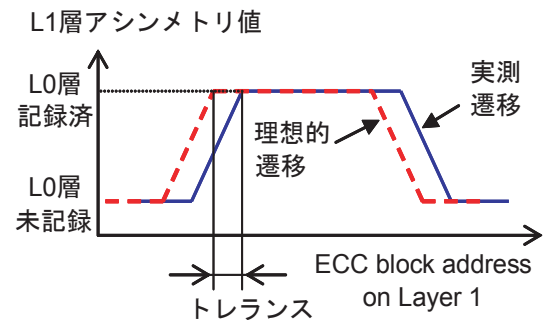


図17 トレランスによるアドレスのズレ

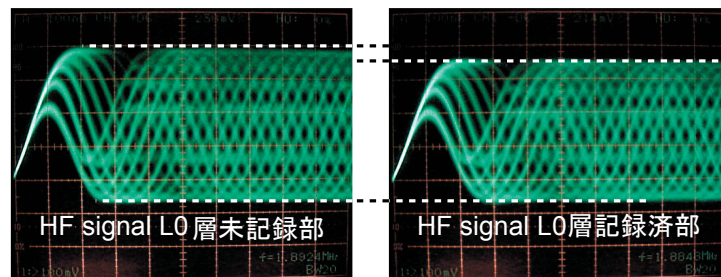


図16 L0層未記録部/L1層記録済部を透過して記録したL1上でのHF Signal

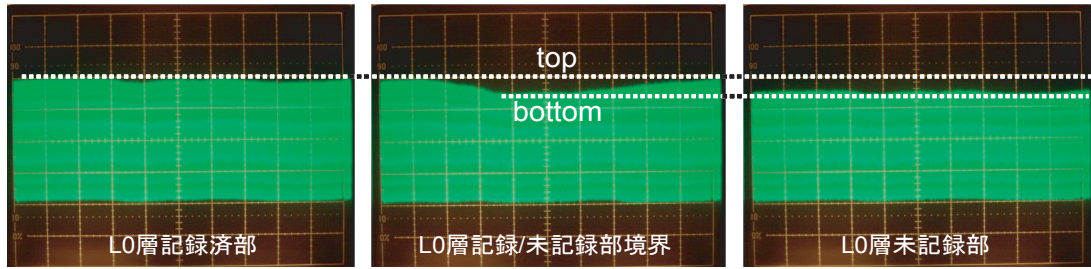


図 18 L0 層記録 / 未記録境界部 HF Signal

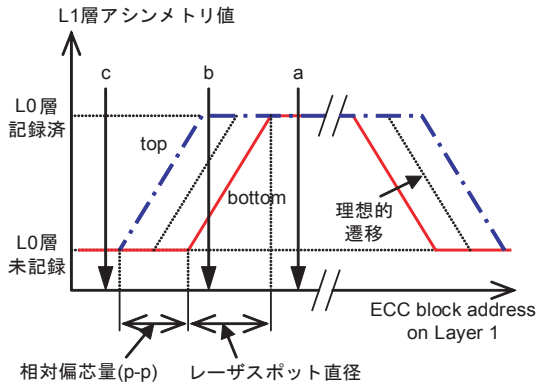


図 19 相対偏芯によるアドレスのズレ

この波形上で、遷移部分のアドレス長は記録レーザの概略直径を意味する。つまり、この測定によりディスク上での理論値と実際の差、すなわち Relative deviation の値を知ることができる。

具体的には、相対偏芯量を考慮するために、HF 波形上から bottom 値によってアシンメトリ値を測定し、図 20 および (4), (5) 式に示すように、Relative deviation のエンベロップ上で各々上限側と下限側の理論値アドレスを求め、比較を行うことにより、対象となったディスクが規格値を満足するかを判定することができる。

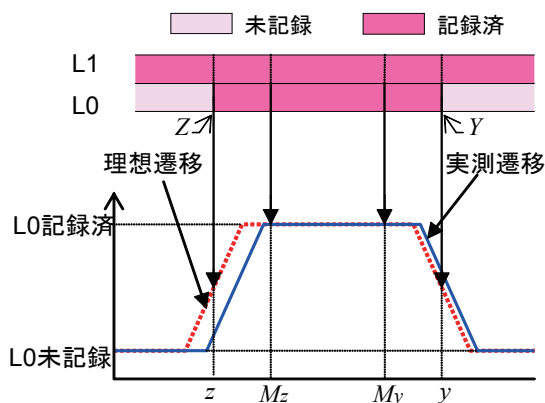


図 20 アドレス判定模式

$$M_Y = y - \frac{b \times (2 \times R_Y - b) \times \pi}{C} \quad (4)$$

$$M_Z = z + \frac{b \times (2 \times R_Z + b) \times \pi}{C}$$

$$y = \bar{Y} + Ax$$

$$z = \bar{Z} + Ax \quad Ax = 23Eh(574) \text{ ECC blocks}$$

$$R_Y = \sqrt{\left\{ \left( \frac{D_0}{2} \right)^2 \times \pi - (Y - X_0) \times C \right\} \div \pi}$$

$$R_Z = \sqrt{\left\{ \left( \frac{D_0}{2} \right)^2 \times \pi - (Z - X_0) \times C \right\} \div \pi} \quad (5)$$

$$X_0 := \text{FF CFFFh.}$$

The start address of the Data area.

$$D_0 := \phi 48.0 \text{ mm.}$$

The reference diameter of the start address of the Data area

$$b : b = |\text{tolerance}|_{\max} + |\text{run-out}|_{\max} + Rb$$

$$|\text{tolerance}|_{\max} : = 40 \mu\text{m}$$

$$|\text{run-out}|_{\max} : = 50 \mu\text{m}$$

$$Rb : = \text{radius of the Laser beam}$$

$$C = \frac{32 \times 1024 \times 8 \times 3.84 \times 0.74}{2048 \times \frac{8}{2418} \times \frac{8}{16} \times 26.16 \times 10^6}$$

#### 4.2 評価方法実証実験

前述の方法に基づいて、テストディスクを用いた実際の測定結果を図 21 に示す。

測定結果より、アシンメトリ値を算出してグラフ化し、その上へ前述の  $M_y$ ,  $M_z$  をプロットすると、両点ともが記録領域に含まれている。これにより、ディスク自体はトレランスおよび相対偏芯を持っている



が、Relative deviation の規定に適合していることが確認できる。

これにより、Relative deviation の規定および測定方法が、実際のディスクにおいても有効に適用可能であることが確認できたと言える。

この評価方法により、容易に Relative deviation の測定が行えるため、ディスクメーカーによる検査や、ベリフィケーションラボラトリーにおけるロゴ検証等の効率化が可能となった。

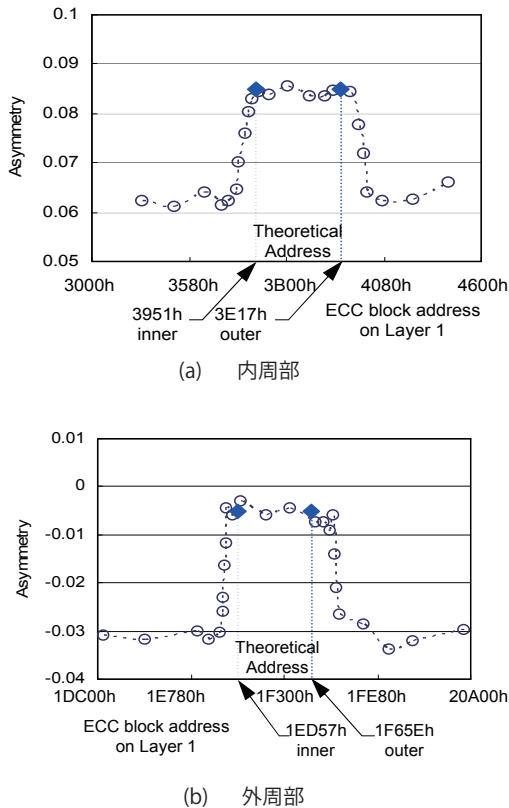


図 21 アシンメトリ実測結果

## 5. まとめ

以上に述べたように、Relative deviation についての技術開発を行い、DVD-R for DL 上で安定した記録を行うための必須規定として、DVD-R for Dual Layer Ver.3.0 において採用された。また、この検証方法には、ディスクベリフィケーションの一方法として採用されている。

現在、DVD フォーラムでは、DVD-R for DL の 8 倍速を超える規格化が進められている。それによって、大容量の記録を短時間で行うことが実現される。

また、DVD-R for DL の技術内容を踏襲した 2 層 DVD-RW の規格化も進行中で、近日中にその規格が策

定される予定である。

2 層 DVD-R/RW により、従来の 1 層と比較して高画質な、もしくはより長時間の映像が保存可能となる。またさらに、近年のデジタル放送によって、ハイビジョンの普及が進行しつつあり、青色レーザーを使用した次世代 DVD がコンシューマー用途として提案されている。しかし、これらが安価に購入が可能となるまでの間、最新の映像圧縮技術との併用で、2 層 DVD-R/RW をハイビジョン映像の保存用とするなどの応用も大いに期待される。

## 6. 謝辞

本開発を進めるにあたり、ご協力頂いたメディアメーカー各社の関係各位に深く感謝致します。またコンポーネンツ技術部の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- 1) DVD Specifications for Recordable Disc for Dual Layer Part 1 Version 3.0

## 筆者紹介

鐘江 徹 (かねがえ とおる)

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。DVD-R/RW 関連メカ開発、BD アプリケーション開発を経て、現在 DVD-R/RW の物理フォーマット開発に従事。

川野 英作 (かわの えいさく)

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。LD プレーヤー設計、LD-R システム開発、レコーダー/ライターシステム開発を経て、現在 DVD-R/RW の物理フォーマット開発に従事。

三浦 雅浩 (みうら まさひろ)

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。光ディスクピックアップの要素技術開発を経て、現在 DVD-R/RW の物理規格開発に従事。

大森 久聖 (おおもり きゅうしょう)

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。光ディスク技術開発、DVD-R/RW 関連ピックアップ開発を経て、現在 DVD-R/RW の物理フォーマット開発に従事。

加藤 正浩 (かとう まさひろ)

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。光ディスクや光磁気テープの要素技術およびシステム開発、DVD-R/RW の記録技術開発を経て、現在 DVD-R/RW の規格策定業務に従事。