

# 多彩なアプリケーションに対応できる DVD-RAM 規格

Summary of DVD-RAM Specifications

佐藤 裕治  
H. Satoh

鈴木 克己  
K. Suzuki

DVD-RAM は、動画像の記録が可能なマルチメディア時代の大容量記録媒体として期待されている。1997年7月に規格が決定され、規格書 version 1.0 が発行された。これは、すでに製品化されている再生専用型 DVD-Video, ROM に続く書換え可能な DVD ディスクである。DVD-RAM では、ROM と同じ直径のディスク両面に 5.2 G バイトの容量を記録するため、ランド (溝間) / グループ (溝) 記録, マークエッジ記録などの新技術を採用した。また、データ構造を ROM と同様にし、DVD ファミリーとして互換を取りやすいフォーマットを実現している。さらに、ディスクの取出しが可能なケースも準備し、ビデオプレーヤでの再生を可能にするなど、多彩なアプリケーションに対応できる規格としている。

DVD-RAM is expected to be used as a large-capacity storage medium for moving pictures in the coming multimedia era. Its specifications were finalized in July 1997 and the specifications book was issued. It has a large capacity of 5.2 GB/both sides, and new technologies such as land/groove recording and mark-edge recording are adopted for realizing high-density recording. The DVD-RAM format has the same data structure as DVD-ROM/R, to maintain compatibility with the DVD family. DVD-RAM has a special case from which the disc can be taken out and played back by a DVD video player. DVD-RAM can therefore adapt to various applications.

## 1 まえがき

マルチメディア時代の大容量記録媒体である DVD の規格化にあたって、当社はその中心的役割を果たしてきた。DVD ファミリーの一番手として、96年11月に DVD-Video を発売し、続いてコンピュータ用の DVD-ROM を発売した。これらは再生専用ディスクであり、データの書換えが可能な DVD-RAM は 97年7月に最終的な規格を決定し、規格書 ver.1.0 を発行した。当社は、規格化推進のため、ドライブの要素開発、RAM ディスクの開発、互換テストなどへ積極的に参加し、新技術の開発と製品開発に成果を上げている。以下、DVD-RAM 規格の概要を述べる。

## 2 規格概要

### 2.1 フォーマット

DVD-RAM フォーマットは、DVD ファミリーとして DVD-ROM, DVD-R との互換性を簡単に保つことができる構成としている。そのため、ディスクの外形、光源のレーザ波長、エラー訂正方式などは ROM と同様であり、論理フォーマットも UDF (Universal Disc File system) を採用している。また、オーバライトが可能な記録材料として相変化媒体を使用している。相変化媒体に記録したマークは、反射光の強弱で検出できるため、光ヘッドの基本的な構成を ROM と同様にできる利点がある。

表 1. DVD-RAM の仕様  
DVD-RAM specifications

項目	仕様
記録容量 12 cm 片面	2.6 G バイト
レーザ波長	650 nm
対物レンズ開口数	0.60
記録媒体	相変化膜
ZCLV ゾーン数	24
最小データビット長	0.41 $\mu$ m
最小マーク長	0.61 $\mu$ m
線速度	6.0-6.4 m/s
ユーザーデータレート	11.08 Mbps
トラックピッチ	0.74 $\mu$ m
ウォープリングの波数	232 サイクル/セクタ
グループピッチ	1.48 $\mu$ m

DVD-RAM ディスクの主な仕様を表 1 に示す。

記憶容量は 2.6 G バイト/片面、記録データレートは ROM の再生レートと同様で、動画像を実時間で記録できる。また、記録媒体には相変化媒体を使用しているため、前に書き込んだ情報を消去することなく、ダイレクトに新しい情報をオーバライトすることができる。

記録方式は、新たにランドグループフォーマットを採用している。従来の光ディスクではグループだけにマークを記録していたが、グループとグループの間のランドにもマークを記録し半径方向の記録密度を高めている。記録トラ

ックには、1回転ごとにランドとグループが交互に現れるシングルトラックフォーマットを採用している。したがって、記録トラックはランドからグループ、グループからランドと連続していくため、データの連続記録が可能である。

DVD-RAMのセクタ構成を図1に示す。DVD-RAMディスクの記録再生領域は、各セクタの先頭にエンボストヘッドをもち、このヘッド部は、ID (Identification Data) 四重書きとなっているトラック中心に対してPID (Physical ID) 1・2とPID 3・4が左右にオフセットして配置されている。これは、CAPA (Complementary Allocated Pit Address) と呼ばれている。ディスク回転方式には、ZCLV (Zone Constant Linear Velocity) 方式を採用している。記録面を同心円状に24ゾーンに分割し、各ゾーンで線速がほぼ一定になるようにディスク回転数を制御する。ZCLV方式では、ディスクはゾーン内を一定回転数で回転するため、ゾーン内のアクセスは高速化できる。したがって、高速書き込みレートが必要な動画像の実時間記録がディスク全面で可能である。

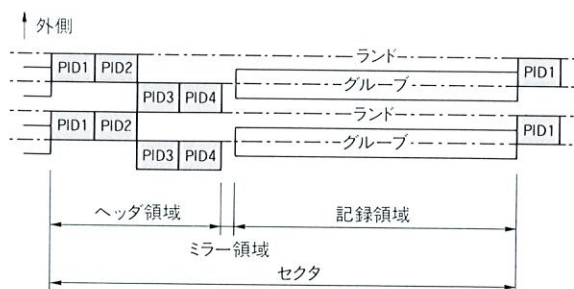


図1. DVD-RAMのセクタ構成 ヘッド部はランドとグループの中間に千鳥状に配置されている。  
Sector layout of DVD-RAM

## 2.2 DVD-RAM ケース

RAMディスクにはROMと同様に両面と片面仕様のディスクがあり、片面ディスクにはケースから取り出せるタイプがある。ケースからディスクを取り出した場合の使用例として、子供の映像をDVD-RAMに記録し、そのディスクをケースから取り出して祖父母に送り、祖父母がビデオプレーヤーで孫のようすをDVDビデオと同様に見る、などの利用法が考えられている。

“ディスク取出し”は片面ディスクに限定し、ディスク記録面と反対の面をユーザーのためのラベル面としている。取り出したディスクは再びケースに収納し、新たにデータを書き込むことができる。

DVD-RAM ケースを図2に示す。また、仕様は次のとおりである。

- (1) ケースサイズは、誤挿入防止の観点からCDキャディと挿入方向同断面の135.5 mm(D)×124.6 mm(W)×8

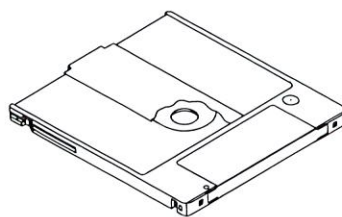


図2. DVD-RAM ケース  
ディスク取出し可能なタイプ2ケースの外観の一例を示す。ディスクはカートリッジの後端部分から取り出す。  
General view of DVD-RAM case

mm(H)とした。相変化光ディスクとの誤挿入防止も形状で対応している。

- (2) ディスク取出し不可で両面/片面ディスク対応ケースであるタイプ1ケース、ディスク取出し可能で片面ディスク専用のタイプ2ケース、タイプ2ケースの空ケースであるタイプ3ケースの3種類ある。
- (3) シャッタは左右双方向に開き、スプリング力で閉じる構造とする。
- (4) ディスク取出しを行ったかどうかの判定は、ケースに設けた不可逆の判別子を検知することにより行う。ディスク取出し構造は自由である。
- (5) 各種ドライブへの対応から、ヘッドウィンドウは左右にオフセットを設けている。
- (6) ケース外観面に、視覚障害者対応のA/B面識別マークを設けている。

## 3 高密度記録技術と特性

### 3.1 相変化記録

相変化光ディスクは次の特長をもっている。

- (1) レーザ光の光変調だけでダイレクトオーバーライトが可能。
- (2) ROMと同様に反射率の変化を信号として検出するため、ROMプレーヤーとの互換性がある。

図3に相変化記録の原理を示す。記録の原理は、高パワ

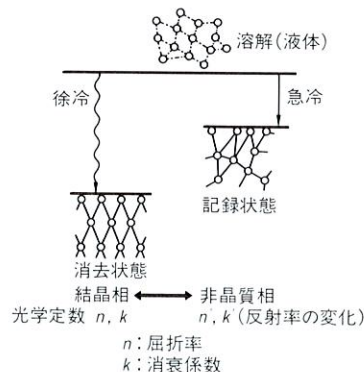


図3. 相変化記録の原理 熱による結晶相と非晶質相の可逆的な変化により記録する。

Mechanism of phase-change recording

ーで短いパルス幅のレーザを照射すると記録膜は溶融し、原子配列が無秩序な液体状態になった後、急冷されるとその状態が凍結してアモルファス相（記録状態）となる。低いパワーで長いパルス幅のレーザを照射すると、その材料の結晶化温度を超え、原子が規則正しく配列した結晶相（消去状態）となる。このときアモルファス相と結晶相の光学定数が異なるため、反射光量の差として信号を検出することができる。

レーザビームはアモルファス化のための高いレベル（ライトパワー）、結晶化のための低いレベル（バイアスパワー）と再生レベル（リードパワー）の3段階にパワー変調しながら信号を記録・消去・再生を行う。記録膜のアモルファス化または結晶化は、すでに書かれている記録状態の有無とは無関係に温度の高低によって決定されるため、前に書かれていた記録マークを消去しながら同時に新しい記録マークを書いていくオーバーライトが可能となる。

DVD-RAM ディスクは、記録膜を保護膜で挟んで反射膜を積層した保護層、記録膜、保護層、反射層の四層構成になっている。記録層は、アモルファスと結晶間を可逆的に相変化することで記録を行う。保護膜は、記録膜の溶融のための穴あきを防止する効果と、光学的な干渉効果を利用して信号を増大する信号エンハンス効果をもつ。反射膜は、レーザ光を反射するとともに熱伝導率の高い金属膜を用いヒートフローの役割もっている。

### 3.2 高密度記録

DVD-RAM 規格では、次の二つの高密度記録技術を用いて、面記録密度を大きく向上させている。

- (1) ランド／グループ記録
- (2) マークエッジ記録

ランド／グループ記録は、図4に示すようにこれまで案内溝に用いていたプリグループ（またはランド）にもデータを記録する技術である。従来のランド部（またはグループ部）の記録に比べて理想的には2倍の容量を達成できるが、実際には熱的な問題もあり1.2～1.5倍の高密度化になる。通常はランド部とグループ部にデータを記録することでグループ部（またはランド部）からのクロストークが大きくなり、

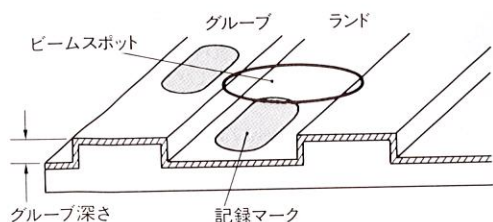


図4. ランド／グループ記録 ランド部とグループ部の両方にマーク長記録を行う。

Mark-edge recording on both land and groove tracks

信号劣化の原因になる。しかし、DVD-RAM ディスクはグループの深さを調節することでクロストークを抑圧している。隣接トラックにマークがある場合とマークがない場合での反射光量が同じになるように、グループ深さを決定することで隣接トラックからのクロストークを抑圧する。DVD-RAMのグループは60～70 nm程度の深さになっている。

また、DVD-RAM 規格で用いているマークエッジ記録はマークのエッジを検出し、マークの長さから情報をもたせる方式である。従来のピットポジション記録はピットの位置を検出し、ピット間隔に情報をもたせる方式であった。しかし、線記録密度を上げるためピット間隔を詰めていくとピット間の干渉により再生波形の振幅が低下し、ピットの分離が困難になる。これと比較して、マークエッジ記録は記録マークの端を検出することからマーク間隔が十分に長くなり、マーク間隔を詰めることが可能となる。しかし、マークエッジ記録の課題としてマークエッジを正確に制御しなければならない。DVD-RAM ディスクは3.1節で述べたように熱を利用してマークが形成されるため、記録膜上の温度分布を照射パルスで制御しなければならず、このため記録補償技術として記録マーク前端部で発生した熱を制御するマルチパルスを用いる。

### 3.3 記録再生特性

次にRAMの再生信号について述べる。再生ピックアップのレーザ波長は650 nm、NA（レンズ開口数）は0.6である。DVD-RAMの特長の一つである千鳥状ヘッダ（CAPA）信号とウォブル信号は、半径方向の高速差信号（プッシュプル信号）から取り出すことができる。また、リライタブルデータ再生信号は高速和信号として取り出される。

CAPA 再生信号の一例を図5に示す。CAPA 信号は、再生トラックに対してID1・2とID3・4がそれぞれ内周側あるいは外周側にウォブルされているため、その再生信号はかぎ型となる。

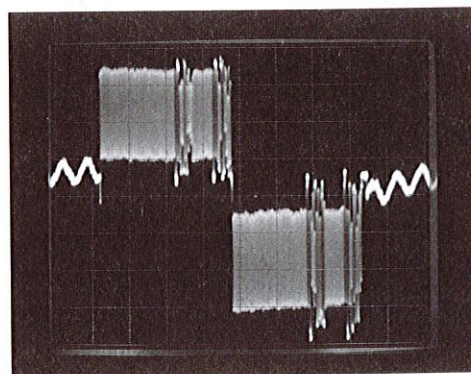


図5. 千鳥状ヘッダ部とウォブル部の再生信号 再生信号は半径方向の高速差信号から検出する。

CAPA and wobble signals

一方、ウォブル信号は、トラッキングオフ時のプッシュプル信号に対する振幅比と CNR (Color Noise Reduction) で定量化することができる。図5の場合、ウォブル振幅は9%、ウォブル周波数は157 kHz、リライタブルデータを記録していないトラックでの初期 CNR は、約40 dBである。このウォブル信号から PLL (Phase Locked Loop) 回路を用いて同期クロックを生成し、読取り不能なヘッド位置予測などに利用できる。

次にリライタブル信号再生について述べる。

バイアスパワーを5 mWに固定し、ピークパワーを変化させたときの2値化後のパルスエッジのジッタ(標準偏差をチャンネルビット周期  $T$  で除したもの)の変化を図6に示す。また、ピークパワーを11 mWに固定し、バイアスパワーを変化させたときのジッタ変化を図7に示す。ランドとグループで特性差はほとんどなく、ピークパワーが10 mW~12

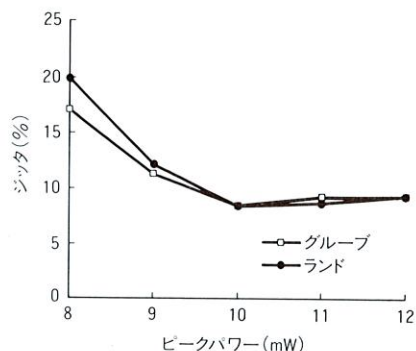


図6. ジッタのピークパワー マージン ピークパワー 10 mW~12 mW の範囲でジッタ値は約8%を維持している。

Jitter dependence on peak power

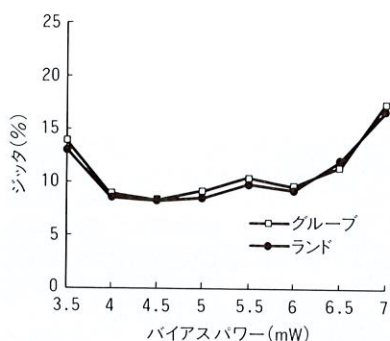


図7. ジッタのバイアスパワー マージン バイアスパワー 4~6 mW の範囲でジッタ値が約8%を維持している。

Jitter dependence on bias power

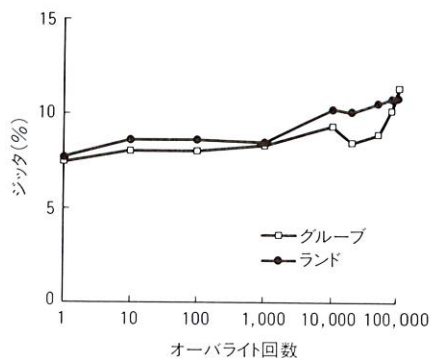


図8. 繰返しオーバーライト時のジッタ変化 初期ジッタ値は約8%、10万回オーバーライト後でも12%である。

Jitter dependence on overwrite cycles

mWでジッタ値は約8%を維持しており、バイアスパワーが4~6 mWでジッタ値がボトムとなっている。DVD-RAM規格では繰返しオーバーライト後の経時変化に対する規定はないが、目安として10万回繰返しオーバーライト後のジッタが、システム許容値の15%以内であることが望ましい。オーバーライトしたときのジッタ変化を図8に示す。初期ジッタ値は約8%、10万回オーバーライト後でも12%で、システム許容値の15%以下を満たしている。

#### 4 あとがき

DVDフォーマットは、ビデオディスク応用からコンピュータでの動画の記録再生まで、幅広い分野の応用に適応可能なフォーマットとして検討されてきた。マルチメディア時代の光ディスクメモリとして、幅広い分野への応用が期待される。さらに、将来の次世代フォーマットとして、高精細映像への展開、RAMの大記録容量化などへの展開が期待されている。



佐藤 裕治 Hiroharu Satoh

マルチメディア技術研究所 開発第七部グループ長。DVDの研究開発に従事。映像情報メディア学会、計測制御学会会員。Multimedia Engineering Lab.



鈴木 克己 Katsumi Suzuki

マルチメディア技術研究所 開発第七部グループ長。DVD-RAMのディスクおよび要素技術開発に従事。応用物理学会会員。Multimedia Engineering Lab.