

AS-MO フォーマット

Format of Advanced Storage - Magneto Optical

前田 茂己*¹
Shigemi Maeda

藤 寛*²
Hiroshi Fuji

奥村 哲也*¹
Tetsuya Okumura

佐藤 秀朗*¹
Hideaki Sato

村上 善照*¹
Yoshiteru Murakami

高橋 明*¹
Akira Takahashi

要 旨

当社を含む 16 社で AS-MO (Advanced Storage - Magneto Optical) を開発した。AS-MO は光磁気方式を用いた書き換え可能な大容量光ディスクであり、光磁気方式で初めて MSR (Magnetic Super Resolution) 媒体を実用化し、光パルス磁界変調記録、ランドグループ記録を用いて 4.6Gbit/in² の高密度記録を達成すると共に、片側ウォブルアドレスと、クロックマークを用いた外部クロック方式によりデータ利用効率の高いフォーマットを開発することで、直径 120mm の片面ディスクで 6 GB の大容量記録を実現した。さらに、AV 用途と PC 用途のどちらでも使用可能で双方間でのデータ互換性も保証される仕組みを新たに組み込んだ。

We have developed AS-MO (Advanced Storage-Magneto Optical) technologies with other 15 companies. An AS-MO disk is a large-capacity rewritable magneto-optical disk, in which MSR (Magnetic Super Resolution) media is put into practice for the first time. We have also used a laser-pulsed magnetic field modulation recording technology and a land/groove recording technology, so that a high density over 4.6Gbit/inch² is achieved. Furthermore we have developed a highly efficient format using single side wobble addressing and external clocking by fine clock marks, so that the user capacity of over 6GB on a 120mm-diameter disk is achieved. In the AS-MO system, both AV application and PC application are available and data compatibility between them is ensured.

*¹ 生産技術開発推進本部 光ディスク開発センター

*² 技術本部 基盤技術研究所

まえがき

本格的なマルチメディア時代を迎え、大容量光ディスクへの期待は高まる一方である。記録可能な大容量 DVD (Digital Video Disc) を光磁気ディスクで実現することを発端に、当社を含む日・米・欧 9 社で 1996 年 7 月に発足した AS-TC (Advanced Storage - Technical Conference) 活動は、その後 7 社の参加企業を加えて標準化作業を進め、本年 5 月に AS-MO 規格書 Version 1.0 の発行に至った。AS-MO は CD (Compact Disc) や DVD と同じ直径 120mm のディスクに片面で 6 GB のユーザデータを記録可能な光磁気ディスクであり、6 Mbps に圧縮した映像データを 135 分記録できる。また、コンピュータ用の外部記録装置に使用すれば現在 3 ~ 4 GB クラスが主流であるハードディスク装置を丸々バックアップできる。さらに大容量であるだけでなく、AV (Audio Visual) 用と PC (Personal Computer) 用の垣根をなくし、双方の装置間でもデータ互換性を取れる新しいコンセプトを有している。

本稿では、6 GB の大容量記録を支える高密度記録再生技術とディスクフォーマットについて解説する。

1. AS-MO の基本仕様

図 1 は AS-MO ディスクの構造を示す。ディスク基板厚みはデータ領域が DVD と同じ 0.6mm、ディスクのクランピング領域が CD や DVD と同じ 1.2mm となっており、上凸形態となっている。これは、光ヘッドから見た信号面の位置関係、およびディスクチャッキングの面で DVD-ROM との互換性が考慮された結果である。また、AS-MO では磁界変調によるオーバーライトが前提であり、磁気ヘッドがディスクを挟んで光ヘッドと対向する位置に配置されるため、DVD のような張り合わせ構造は取らない片面仕様である。このためディスク構造はシンプルで低コストであると共に、使用上も裏表差し替えの必要が無い。

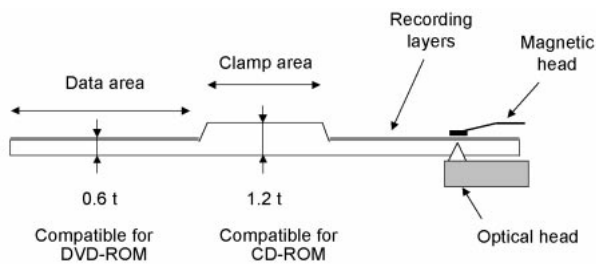


図1 ディスク構造
Fig. 1 Disk structure.

表1にAS-MOの基本仕様を示す。対物レンズのNAやレーザー波長はDVDと同一であるにも拘わらずトラックピッチは $0.6\mu\text{m}$ 、最短ビット長は $0.235\mu\text{m}$ で記録密度として $4.6\text{Gbit}/\text{in}^2$ となっており、DVD-RAMの約2倍、再生専用DVDの約1.3倍となる6GBのユーザデータ容量を達成している。また、ディスクの線速度は幅広く対応できるため、高速アクセスが求められるPC用途にはZCAV (Zone Constant Angler Velocity) 方式、高速で一定のデータ速度と装置の簡易性が求められるAV用途にはZCLV (Zone Constant Linear Velocity) 方式として使用可能である。なお、ディスクはシャッター付きの専用カートリッジに収納されて用いられる。

表1 AS-MO基本パラメータ
Table 1 AS-MO general parameters.

| | |
|-------------------------|--|
| User capacity | 6GB |
| Optics | 650nm with 0.6 NA lens |
| Track pitch | $0.6\mu\text{m}$ |
| Minimum mark length | $0.235\mu\text{m}$ |
| Disk diameter | 120mm |
| Disk thickness | 0.6mm (Data Area) 1.2mm (Clamping Area) |
| Physical Address method | Staggered Wobbled Groove Address |
| Logical sector size | 2kB |
| ECC block size | 32kB/2kB |
| ECC | Reed Solomon - Product Code |
| Linear velocity | 4.5 to $10.9\text{m}/\text{s}$ @1800rpm |
| Data transfer rate | 15.3 to 35.9Mbps |
| Write strategy | Laser-Pulsed MFM |
| Read strategy | MSR (CAD) & PR (1, 1)ML |
| Data Encoding | NRZI plus |

2. 物理フォーマット

2.1 記録再生方式

記録方式は図2に示すような光パルス磁界変調方式¹⁾を採用した。本方式は、記録データに対応して記録磁界を変調する一方、印加磁界と同期してレーザー光をパルス状に照射する方式であり、光ビームサイズよりも小さな磁気ドメインをシャープに形成できる。これによりマーク長 $0.235\mu\text{m}$ 、トラック幅 $0.6\mu\text{m}$ の微小サイズデータ記録が実現されている。

データ記録の変調方式としては新たにNRZI plus符号を採用した。NRZI方式は検出窓幅 T_w が1Tと最大であることから、前記光パルス磁界変調方式と相まって高速高密度記録に適合する符号であるが、DC成分が無限大であることから、NRZI plus符号では所定バイト数毎に制御ビットを挿入することでDC成分を抑制している。図3に本符号化方式の構成を示す。

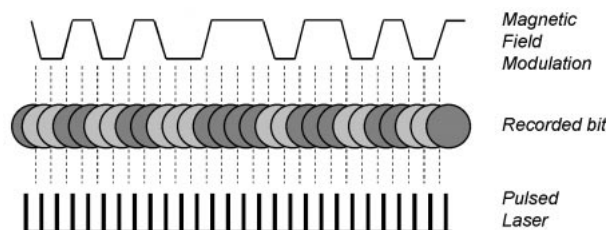


図2 光パルス磁界変調方式
Fig. 2 Laser-Pulsed MFM recording.

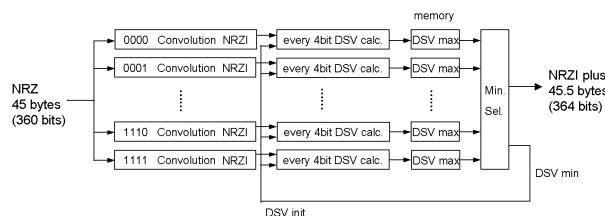


図3 NRZI plus 変調方式
Fig. 3 NRZI plus coding method.

一方、再生方式としては図4に示すようにCAD方式のMSR媒体¹⁾を用い、光ビームサイズよりも小さなアパーチャを生成させることで、トラック方向と線記録方向の両方のクロストークを抑えた極小マークの読み出しを行う。CAD方式では再生層の初期化磁界や再生時の印加磁界が不要で装置がシンプルに構成できる。なお、再生信号処理としてPRML (Partial Response Maximum Likelihood) を用い、NRZI plus信号を再生する。

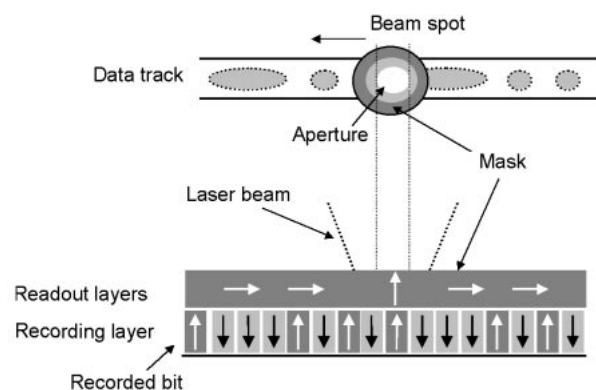


図4 磁氣的超解像 (CAD)
Fig. 4 Center Aperture Detection magnetic super resolution.

2・2 MO信号のシステムマージン

前記方式を用いたAS-MOディスクのMO信号性能として、システムマージン例を図5および図6に示す。ビットエラーレートのしきい値を 1×10^{-4} としたときのチルトマージンは $\pm 14\text{mrad}$ 以上、オフトラックマージンは $\pm 0.1\mu\text{m}$ 以上であり、装置を構成する上で十分なマージンが得られている。

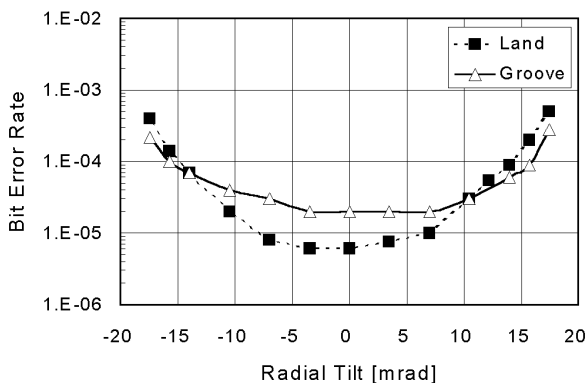


図5 MO信号のチルトマージン
Fig. 5 Tilt margin of the MO signal.

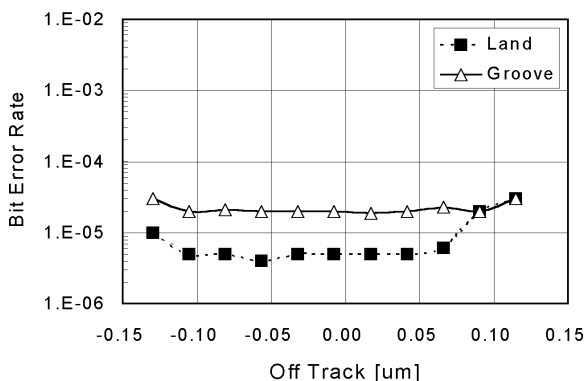


図6 MO信号のオフトラックマージン
Fig. 6 Off-track margin of the MO signal.

2・3 フレームフォーマット

図7にフレーム構成を示す。ここでフレームは物理アドレスが付与されたアクセス可能な最小単位であり、1個のアドレスセグメントと38個のデータセグメントで構成される。各々のセグメントは記録再生の基準クロックを得るためのクロックマークで区切られており、ディスク装置ではこのクロックマークをタンゼンシャルプッシュプル信号として検出することで正確な外部クロックシステムを構築することができる。外部クロックシステムではディスクの回転変動や偏芯に伴う記録位置のズレを吸収でき、さらに再生時のMO信号PLLも周波数調整が不要となるため、従来フォーマットにおけるバッファ領域やVFO領域が不要となり、データ利用率向上に寄与している。

アドレス情報と記録データはそれぞれ独立したセグメントに配置されるため、アドレス情報のデータ信号への干渉がまったく無い形態となっている。

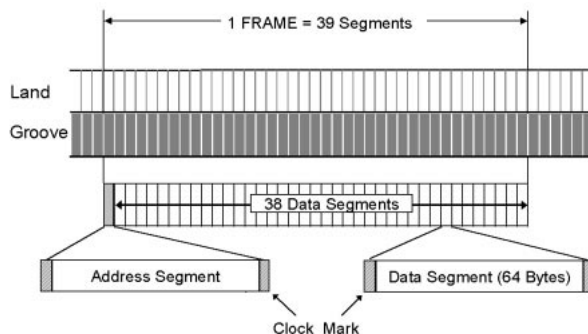


図7 フレームフォーマット
Fig. 7 Frame format.

2・4 アドレスフォーマット

セクタアドレスは光ディスク上の任意の場所を特定するために必要な情報であり、ディスク作成プロセスで事前形成される。従来のランドのみを用いる光磁気ディスクにおいてはCDのようなピットでアドレスが形成されているが、AS-MOではランドグループ記録を用いるため、各々で検出が可能な形態としてグループ側壁の片方のみをディスク半径方向に蛇行させた片側ウォブルアドレスが用いられ、アドレスセグメントに割り当てられている。これにより隣接するランドとグループは同一のアドレス情報を共有することができ、ピットアドレス方式に比べてデータ利用率の低下を抑えている。また、アドレス信号は片方向のラジアルチルト発生時に隣接アドレスからのクロストークが大きくなる。これを補償するためにアドレスを2回記録し、各アドレスのウォブルをディスク内周側と外周側に交互に割り振ったスタガ形態となっている。図8にアドレスフォーマットを示す。

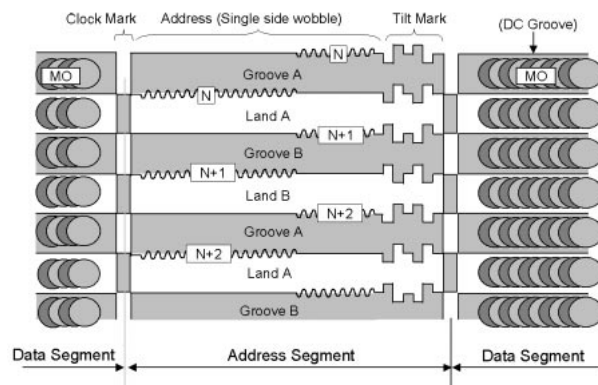


図8 ウォブルアドレスフォーマット
Fig. 8 Wobbled address format.

図9はスタガ形態の片側ウォブルアドレスにおけるエラーレートとラジアルチルトの関係である。±15mrad以上と十分なチルトマージンが得られている。

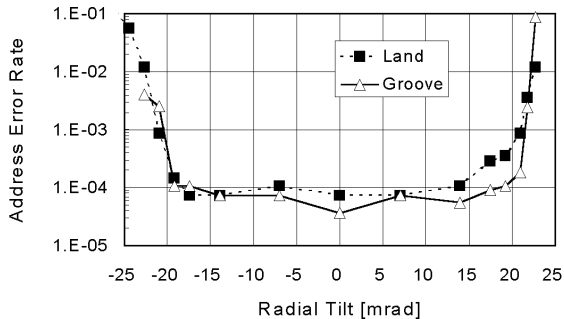


図9 スタガアドレスのチルトマージン
Fig. 9 Tilt margin of the staggered wobble address.

2・5 物理セクタフォーマット

図10に物理セクタフォーマットを示す。AS-MOでは物理セクタ容量として2kBと32kBの2種が存在し、ECC(Error Correction Code)は各々で異なったRS-PC(Reed Solomon - Product Code)を用いる。前者は1セクタが1フレームに対応しECCも1フレームで完結する形態で、従来同様の小データサイズによる記録再生を行うPC用途向けである。後者は16フレームで1セクタを構成し、DVDと同様に32kB単位でECCを構成する。PC環境として32kB単位の扱いは既にDVD向けにサポートされており、AV用途は勿論、PC環境においても32kBセクタ容量のものを用いることができる。

また、各々のフレームの先頭にはヘッダ領域が割り当てられている。ヘッダ領域は8T(Tはチャンネルビット長)マークと2Tマークで構成されており、MSR媒体の再生で必要となるレーザーパワー制御²⁾のための振幅検出信号として用いると共に、クロックマーク

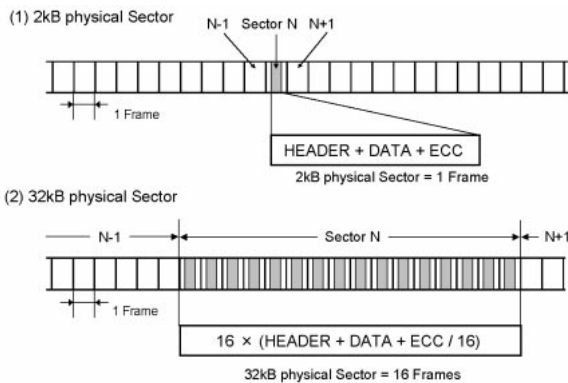


図10 物理セクタフォーマット
Fig. 10 Physical sector format.

から生成した外部クロックと実際に記録されているMO信号間の位相調整用信号として用いられる。

このようなフォーマットにより、セクタ単位でのデータ利用率はDVD-RAMが約76%であるのに対して約79%と高い利用率を達成することができた。

2・6 物理ゾーン

AS-MOでは記録再生領域が22個のゾーンに分割されており、各ゾーン内ではセグメントとフレームが放射上に配置される。ディスク1周当たりのフレーム数は最外周ゾーンで73、最内周ゾーンで31である。ゾーン番号は外周側ゾーンから割り当てられており、ZCAV方式で本ディスクを用いる場合には使い始め程、高速転送性能が得られる様、配慮されている。また、ZCLV方式で用いる場合は、ディスク1周当たり2847個～1209個のクロックマークを回転検出信号として用いることで容易にZCLV制御が実現できる。

3. 論理フォーマット

図11は32kB物理セクタにおける物理階層と論理階層間でのデータ構造関係を示す。物理階層においては2kB単位のフレームを16個集めたセクタでブロックが構成されており、さらに22個のゾーン(ここではバンドと換言する)で1枚のディスクが構成されているが、論理階層ではフレームが論理セクタに割り当てられ、DVD同様に2kB単位でのアクセスが可能となっている。また論理階層では新たに論理ゾーンが定義されていることが大きな特徴である。1論理ゾーンは252個のデータブロックで構成される約8MBの領域であり、ディスク全体は714個の論理ゾーンに分割されている。論理ゾーンはAV情報を記録する一つの単位として位置づけられており、論理ゾーン毎にグループからランドの順で論理セクタアドレスが割り当てられるため、1論理ゾーン内では回転数変更

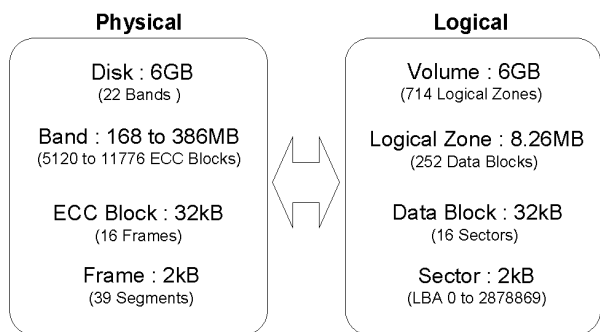


図11 データ構造の定義
Fig. 11 Definitions of the data structure.

(ZCLV時)や記録再生周波数変更(ZCAV時)が不要な連続記録再生領域として扱うことができる。

図12は論理ゾーンを用いたAVストリームのシームレス記録再生を実現する例を示している。ディスク装置の転送レートをDVD並みの11Mbps,アクセス時間の最大を1秒とした低速装置モデルの場合にでも,論理ゾーン単位で記録再生を行うことで,6MbpsのAVストリームが任意の編集手順でシームレス処理可能となる。

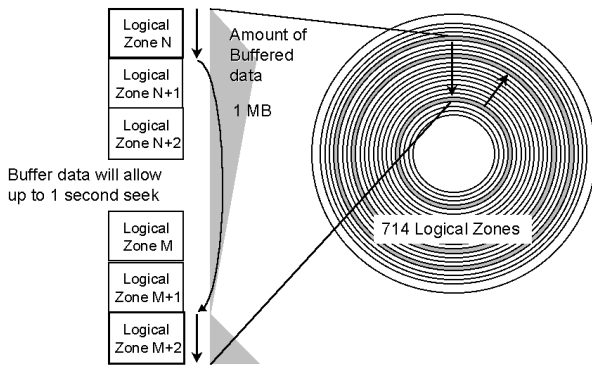


図12 AVシームレス再生と論理ゾーン
Fig. 12 Logical zoning for AV seamless play.

図13はAS-MOで新たに導入されたディフェクトマネージメント手法を示す。論理ゾーン単位で4ブロックの代替領域があり,(1)ユーザーティファイによる2kB単位のスリッピング,(2)ブロック単位でのゾーン内リニアリプレースメントがサポートされる。1論理ゾーンのトラック数は約56~132本で対物レンズのみの移動でアクセス可能な領域であるため,AV用途においても連続ストリーム処理中の代替処理を可能にする。なお,論理ゾーン内の代替ブロックを使い果たした場合は,(3)先行ゾーンの代替領域使用,(4)隣接ゾーンの代替領域使用によるリニアリプレースメントもサポートする。

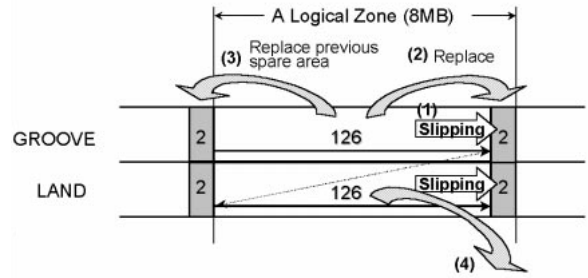


図13 ディフェクトマネージメント
Fig. 13 Defect management procedure.

むすび

AS-MOについて高密度記録再生技術とフォーマットを中心に解説した。AS-MOはDVDを超える書き換え可能な高速大容量ディスクとしてマルチメディア時代のキーデバイスとなることを期待する。

AV用途とPC用途は今後融合化が進み,これらの区別は薄れていくと思われるが,より高速大容量へのストレージ要求が止まることはない。磁氣的超解像媒体と光パルス磁界変調方式を用いた光磁気方式は光ビームサイズ以下の微小ビットを安定に記録再生することが可能であり,今後益々激しくなると想定される外部記録装置の大容量化競争においても常に優位性を保って進展していくものと確信する。

参考文献

- 1) K. Torazawa, S. Sumi, S. Yonezawa, N. Suzuki, Y. Tanaka, A. Takahashi, Y. Murakami and N. Ohta, "A study on key technologies to realize magneto-optical storage of over 7 Gbytes in CD sized disk," IEICE trans. Electron., vol. E80-c, no. 9, p. 1142-1148 (1997).
- 2) H. Fuji, T. Okumura, S. Maeda, Y. Sekimoto and H. Sato, "Read power control method using feedback of the signal amplitude ratio," Extended abstracts (The 58th autumn meeting), JSAP, no. 3, 4a-ZE-10, p. 1131 (1997).

(1998年10月9日受理)