

2.5 インチ型大容量磁気ディスク装置 2.16 G バイトシリーズ

2.16 Gbyte Series 2.5-inch Large-Capacity Hard Disk Drives

小川 富久
T. Ogawa

滝沢 利光
T. Takizawa

2.5 インチ型磁気ディスク装置としては業界最大の 2.16 G バイトの容量を実現した。信号処理系を中心とする回路部と機構部は実績のある前シリーズと同じものを用い、MR (Magnetoresistive) ヘッドと MR ヘッド用磁気ディスクを当社として初めて採用することにより、従来比で装置容量を約 1.6 倍に引き上げた。5 枚の磁気ディスクを搭載する 2.16 G バイトの装置とともに、薄型 (高さ 12.7 mm) の 1.35 G バイトの装置も開発し、ますます強まるノートブック型パソコンの小型・大容量化のニーズにこたえた。装置の信頼性をさらに高めるために、S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology) 機能を採用した。

We have developed a 2.16 Gbyte hard disk drive with five platters, which realizes the industry's largest capacity for 2.5-inch magnetic disk drives. The same electrical circuit, including the read/write channel, and the same mechanics as the previous model have been adopted, thus contributing to high reliability.

We have also introduced a slim-line (12.7 mm-high) 1.35 Gbyte model to meet users' requirements for installing larger capacity in the compact chassis of notebook type personal computers. We have implemented Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology (S.M.A.R.T.) to improve system reliability.

1 まえがき

磁気ディスク装置は、最近のノートブック型パソコンの基本性能の向上により、静止画、音声、動画などのマルチメディアデータを取り扱える環境が整ってきており、処理するデータ量が飛躍的に増大している。さらに、“インターネット”の利用者の拡大、Windows[®] (注1)95 の普及などがこの傾向にますます拍車をかけており、大容量の記憶装置が強く求められている。磁気ディスク装置は、依然として補助記憶装置としてはコストパフォーマンスが優れており、特に小型、軽量、低消費電力が特長の 2.5 インチ型磁気ディスク装置は、ノートブック型やサブノート型パソコンの記憶装置として需要が拡大の一途をたどっている。

当社は、こうしたニーズに合わせて 1992 年以来一貫して、2.5 インチ型磁気ディスク装置において業界をリードする容量をもつ製品を発表してきている。1993 年からは、装置高さ 12.7 mm の薄型の装置をシリーズに加え、1996 年にはさらなる小型化への要望にこたえて、高さ 8.45 mm の超薄型タイプもラインアップに加えた。

今回開発した 2.16 G バイトの装置 (図 1) では、従来の装置 (磁気ディスク 5 枚で 1.35 G バイト) に比べて、電気回路・機構部は基本的に同じものを使用し、磁気ヘッド、磁気ディスクをそれぞれ MR ヘッド、MR ヘッド用メディアに



図 1. 2.5 インチ型磁気ディスク装置 2.16G バイトシリーズ 19 mm 厚で 2.16 G バイト、12.7 mm 厚で 1.35 G バイトの装置を開発した。
External view of 2.16 Gbyte series hard disk drives

変えることによって装置容量を約 1.6 倍引き上げた。このほかに、微小な再生信号を增幅するプリアンプに MR ヘッド専用のものを採用した。また、MR ヘッドは記録ヘッドと再生ヘッドが、それぞれ独立した複合ヘッドであり、リード線の本数が従来の 2 倍の 4 本に増えている。したがって、製造性を改善するためにフレキシブルプリント板の開発も行った。

2.5 インチ型磁気ディスク装置は、磁気ヘッド、磁気ディスクのほかにも各種の磁性材料、信号処理、エラー訂正技術、潤滑技術などの幅広い先端技術により支えられている。装置容量は、部品の高密度実装技術や高精度組立技術の進

(注 1) Windows は Microsoft 社の商標。

展とともに、磁気ヘッドの感度・分解能の改善、安定した低浮上の実現、サーボ制御技術を背景にしたヘッド位置決め精度の改善などによる面記録密度の向上により年々増加している。図2に面記録密度の向上の推移を示す。

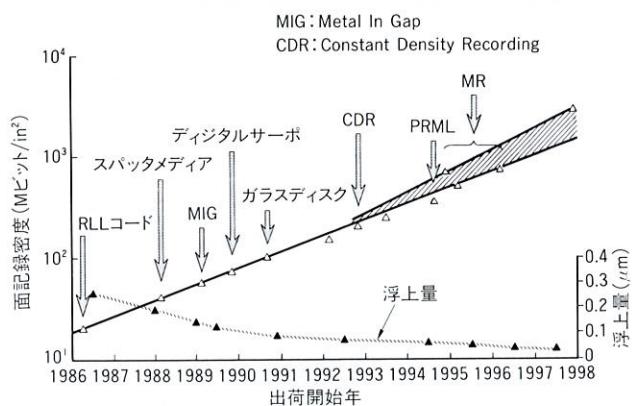


図2. 面記録密度と浮上量の推移 タイムリーな新技術の導入で着実に記録密度が向上している。浮上量の低下も記録密度向上に貢献している。

Trends in packing density and flying height

2 装置概要と技術的特長

表1に、今回開発した2.16 Gバイトシリーズの基本仕様を示す。技術的特長は次のとおりである。

2.1 信号処理技術

8/9 PR 4のPRML(Partial Response Maximum Likelihood)信号処理方式を採用し、最大面記録密度1.35 Mビット/mm²を達成した。メディア1枚当たりの容量は約450 Mバイトを実現している。

2.2 IDレスフォーマット

フォーマット効率の向上のため、従来メディア上にサー

表1. 2.5インチ型磁気ディスク装置 2.16Gバイトシリーズの仕様
Specifications of 2.16 Gbyte series 2.5-inch hard disk drives

項目	仕 様	
記憶容量(フォーマット時)(バイト)	2.16 G	1.35 G
装置高さ(mm)	19.0	12.7
磁気ヘッド数(本)	10	6
磁気ディスク数(枚)	5	3
線記録密度(ビット/mm)	5.4 k	
トラック密度(トラック/mm)	252	
ディスク回転数(回転/分)	4,200	
平均シーク時間(ms)	13	
データ転送速度	内部転送(Mbps)	54.8
	ホスト転送(Mバイト/s)	16.6
変調方式		8/9 PR 4
消費電力	リード時(W)	3.2
	スタンバイ時(W)	0.35

ポデータとID^(注2)データが必要であったのを、サーボデータだけでデータの読み出しができるような方式を採用した。

2.3 耐振動、衝撃特性

ディスク装置に衝撃が加わると、ショックセンサが検出した信号によりライト動作を瞬時に停止する方式を採用した。これにより、装置に加わる衝撃で、データが破壊されるのを防ぐことができる。

また、モータの軸を両端支持構造にすることで、メディアの回転振動を抑えるとともに機構部の剛性を高め、外部から加わる衝撃に強い構造を実現した。

2.4 機構系

装置の高さ19 mmに5枚、12.7 mmに3枚のディスクを実装するため、30%ピコスライダ(図3)と呼ばれる小型のヘッドをいち早く採用した。従来の装置では、ヘッドはアルミダイカスト製アームに取り付けられていたのに対して、組立誤差による浮上量の変化を小さく抑えるために、積層アーム構造(図4)のキャリッジを採用した。

2.5 インタフェース

インターフェースは業界標準のIDE(Intelligent Device Electronics)をサポートしている。転送速度は16.6 Mバイト/s

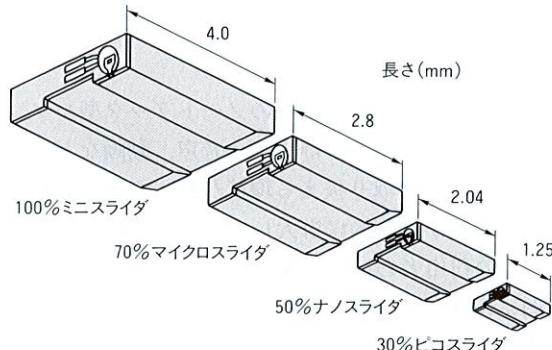


図3. 磁気ヘッドスライダサイズ比較 スライダサイズの小型化が、ヘッドメディアの高密度実装を可能にしている。

Comparison of magnetic head slider sizes

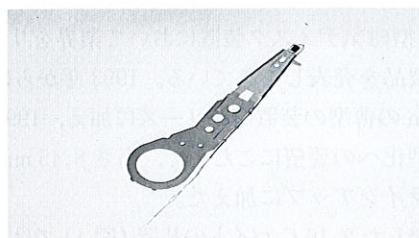


図4. 積層型キャリッジを構成するヘッドおよびアーム 積層型キャリッジの採用で、組立誤差による荷重変化などを低減した。

Head and arm of stack type carriage

(注2) ID(Identifier)は、セクタ番地を示すデータのある領域。

を実現している。

2.6 エレクトロニクス

ID レスに対応したコントローラを使用した。リード回路のフィルタカットオフおよびブースト量などのパラメータは、ヘッド・メディアの特性に合わせて最適化し、それをメモリに記憶してつねに最適な状態で信号再生ができるようになっている。

3 記憶容量の向上

3.1 MR ヘッドで再生感度向上

この装置では当社としては初めて MR ヘッドを用いた。MR ヘッドは再生専用のヘッドであり、記録ヘッドである従来型のインダクティブヘッドとペアで構成される複合型のヘッドである。図 5 に MR ヘッドの簡略化した基本構造を示す。MR 膜には、外部磁束の強度に応じて、電気抵抗が変化する性質をもつ金属薄膜が用いられている。この膜にリード線を通じて電流が供給されており、抵抗の変化が信号として検出される。MR ヘッドは一種のアクティブヘッドとして動作するため、インダクティブヘッドに比べて再生感度が高いのが特長である。

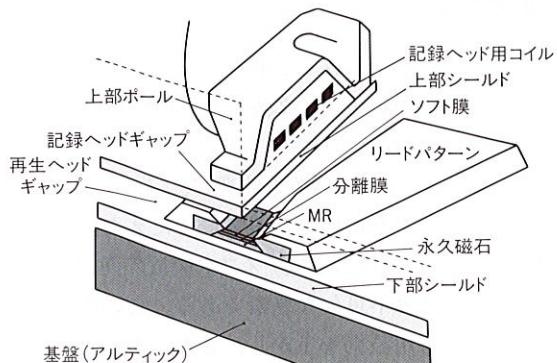


図 5. MR ヘッドの基本構造 記録用のインダクティブヘッドと再生用の MR ヘッドから構成される複合型ヘッドである。

Basic structure of MR head

図 6 に、記録密度に対する MR ヘッドとインダクティブヘッドの再生感度の一例を示す。同じメディアに対して、MR ヘッドを用いたほうが記録密度の高い領域まで良好な S/N (信号／雑音) 比の再生信号が得られることがわかる。

このほか、MR ヘッドはインダクティブヘッドとは異なり、再生時のメディアとの相対速度に出力が左右されないため、小型化に適している点、また記録・再生ヘッドが別であるため、ヘッドごとに独立に特性をチューニングできる点などの特長がある。

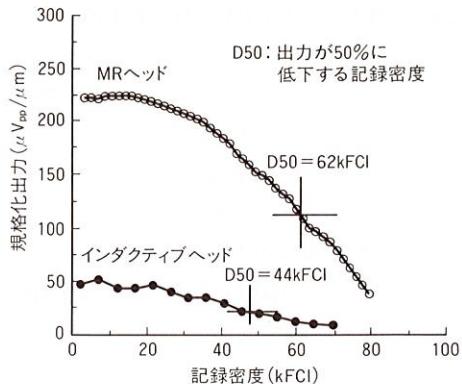


図 6. MR ヘッドとインダクティブヘッドの再生感度比較 再生感度の高い MR ヘッドの出力は高密度記録領域まで延びている。

Comparison of normalized outputs of MR head and inductive head

3.2 負圧ヘッドで安定した低浮上を維持

高密度記録を実現するためには、ヘッド・メディア間のスペーシング、すなわちヘッド浮上量をできるだけ下げる必要になる。そのためには、いろいろな環境下でも安定した浮上量が維持できることが重要なポイントになる。

メディアが回転すると高速な空気流が発生し、剛性の高い空気膜が形成される。通常の正圧タイプのヘッドではこの浮上力とヘッドのサスペンションが発生する下向きの荷重がバランスして浮上量が決まる。容易に推察されるように、浮上力はヘッドとメディアの相対速度に依存して変化する。また、ロータリ型のアクチュエータに搭載されたヘッドは、位置決めされるトラックによって、メディアの円周方向と、ヘッドスライダのなす角度 (ヨ一角) が変わるが、これも浮上力の変動要因になる。

正圧タイプのヘッドでも、ヨ一角の設定をくふうするなどして浮上量の安定化を図っているが、負圧ヘッドでは、正圧を発生する部分と負圧の部分があり、相対速度の変化に対してもつねに両者が均衡するので、安定した浮上量が維持できる。この装置では、負圧ヘッドを用いて安定した低浮上を実現し、高性能と高信頼性を確保した。

3.3 高密度記録対応の MR ヘッド用メディア

記録密度の向上のためには、メディアの性能向上も欠かせない。一般に、記録密度を向上させるためには、メディア上にスパッタにより形成される磁性層が薄いほうが好ましい。しかし、出力は磁性層の厚みに比例するので、記録はできても従来のインダクティブヘッドでは十分な再生感度が得られない。MR ヘッドを用いれば再生感度が高いため、高密度記録されたメディア上の磁化の検出ができる。

この装置では、従来に比べて磁性層を薄くし、ノイズを低減した高密度記録用ガラスマルチメディアを用いている。また、ヘッドの安定した低浮上のために、メディアの表面特性の改善も図っている。

3.4 記録・再生ヘッドのオフセット調整

前述したように、MR ヘッドは記録・再生ヘッドが独立している。一方、ヘッドを目的のトラックに移動させ、かつ位置決めするアクチュエータにはロータリ型のものが用いられている。このため、記録用インダクティブヘッドと再生用 MR ヘッドのトラッキングはトラックごとに変動する。トラックピッチ約 $4 \mu\text{m}$ に対して、トラッキングのずれ量は、最大で $1 \mu\text{m}$ にも達する(図 7)のでオフセット補正を行う必要がある。

この磁気ディスク装置では、ヘッドごとに異なる必要な補正量を、あらかじめ製造工程で自動的に測定し、最適値をメモリに保存している。再生時にはこの値を用いて、MR ヘッドがつねにトラックの中心に位置決めされるよう制御し、つねに安定した再生信号を得られるようにしている。

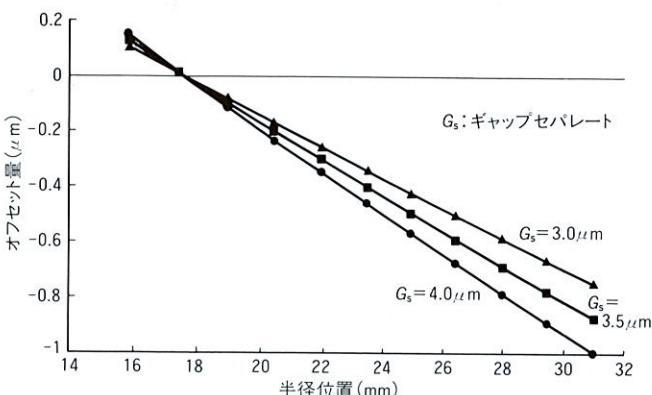


図 7. 半径位置による MR と記録ヘッドのトラックオフセット MR ヘッドと記録ヘッドが分離しているため、記録→再生時のオフセット量は最大 $1 \mu\text{m}$ にも達する。

Track offset between MR head and inductive head vs. radius

3.5 記録時のタイミング補正

8/9 RLL (Run Length Limited) コードを用いる場合、メディア上に記録される磁化反転密度が高くなるため、NLTS (Non Linear Transition Shift) と呼ばれる非線形な現象が発生しやすい。PRML 方式は波形相互の線形な干渉を前提として構成されているため、マージンの低下を避けるには非線形性を極力低減する必要がある。

この装置では、記録ヘッドのギャップ長やメディアの磁気特性を最適化し、記録時にデータパターンのタイミングを調整することで、NLTS の発生を抑制している。

3.6 高密度実装

複合型ヘッドである MR ヘッドは、リード線の本数が従来の 2 倍に増加している。これらの多数のリード線を、短時間で確実にフレキシブルプリント板上の限られたスペースに接続するために、当社ではパドル付きヘッドを用いている。従来の、ヘッドリード線を直接 1 本ずつ固定する方

式に比べて、新方式の導入により作業時間の短縮が可能となつた。また、組立ての際に、きわめて細いヘッドリード線に直接触れる必要がなくなったため、工程上の品質の向上が実現できた。

4 信頼性の向上 (S.M.A.R.T.)

従来から磁気ディスク装置に対しては、信頼性に細心の注意を払った設計を行っている。しかし、まれに故障にいたる装置が発生する。

障害のなかで一定の割合のものには、過去の故障解析のデータの蓄積と分析をもとに考察すると、特長のある前兆の現れるものが見受けられる。このような前兆を利用して、装置がみずから警告を発するようにしておくことで、少しでも突然の故障にいたる装置を少なくするために、S.M.A.R.T.と呼ばれる機能を搭載する装置が現れてきている。S.M.A.R.T.の外部仕様は、業界で標準化されている。

この装置でもいち早く、この機能を取り入れた。修復できない故障にいたる前に、危険な状態に陥りつつあることをユーザに知らせ、データのバックアップなどの処置を行うなどシステムが構築できるように準備されている。

5 あとがき

高い再生感度の得られる MR ヘッドを、当社として初めて 2.5 インチ型磁気ディスク装置に採用することによって、最大装置容量 2.16 G バイトを実現した。同じ技術を用いて薄型の 1.35 G バイトの装置も開発し、ノートブック型パソコンをはじめとする市場のニーズにこたえた。

MR ヘッドは、今後の磁気ディスク装置の高記録密度化の実現のために必要不可欠な要素である。この開発で確立した MR ヘッド応用技術を生かし、さらに大容量・高性能の装置を製品化していく所存である。

文 献

- (1) 久野浩之、他：2.5 インチ型大容量磁気ディスク装置 1.35 G バイトシリーズ、東芝レビュー、50、8、pp.591-594 (1995)



小川 富久 Tomihisa Ogawa

青梅工場ディスク設計部主査。
磁気ディスク装置の開発設計に従事。テレビジョン学会会員。
Ome Works



滝沢 利光 Toshimitsu Takizawa

青梅工場ディスク設計部主務。
磁気ディスク装置の開発設計に従事。日本機械学会会員。
Ome Works