

高記録密度と耐衝撃特性を実現したモバイル向け2.5型HDD

2.5-inch Hard Disk Drive with High Recording Density and High Shock Resistance

楠本 辰春

戸田 昭夫

■ KUSUMOTO Tatsuharu

■ TODA Akio

磁気ディスク2枚を実装し、装置の高さ9.5 mm、記憶容量1 T (テラ: 10^{12}) バイトの2.5型HDD (ハードディスクドライブ) MQ01ABD100を開発した。

高記録密度化を図るために、新リードチャネル技術であるLDPC (Low Density Parity Check) 変調回路の採用、ライトヘッドの構造変更、及びディスク磁性粒子の微細化により狭トラック幅化するとともに、新規機構設計によりサーボ技術改善を行いヘッド位置決め精度を高精度化することで、平均面記録密度 $1,153 \text{ Mビット/mm}^2$ (744 Gビット/in^2) を達成した。また、新規アーム、新規サスペンション、及び新規ベースの設計により高剛性化を行うことで耐衝撃性の性能向上を実現している。

Toshiba has developed the MQ01ABD100 dual-platter 2.5-inch hard disk drive (HDD) with a capacity of 1 TB in a chassis of 9.5 mm in height.

In order to achieve a high mean surface recording density of $1,153 \text{ Mbit/mm}^2$ (744 Gbit/in^2), we have developed the following technologies: a low-density parity check (LDPC) coded modulation technology applying a new read channel architecture, a new write head structure, a smaller track pitch achieved by using a smaller grain size for the medium, and a newly designed mechanism and servo technology to improve the head positioning accuracy. In addition, this model features a newly developed arm, suspension, and base that enhance shock and vibration resistance.

1 まえがき

過去、2.5型HDD装置は、主にノートPC (パソコン) のデータ記憶装置として用いられてきた。近年ではハイビジョンテレビ (TV) などの動画や、デジタルカメラの動画あるいは画像データを保存するために、USB (Universal Serial Bus) に接続でき、大容量の記録データを安価に保存できる大容量外部記憶装置が急速に普及したことや、ノートPCのAV化が進んだことなどにより、市場では、ますます大容量で高性能の2.5型HDDが求められている。

東芝は、この大容量化及び高性能化の要求に応えるため、磁気ディスク2枚を使用した装置の高さ9.5 mm、記憶容量1 Tバイトの2.5型HDD MQ01ABD100を開発した。

2 装置概要

今回開発した2.5型HDD MQ01ABD100の基本仕様を表1に、装置の内部構造を図1に示す。

この装置は、磁気ディスク2枚を高さ9.5 mmの筐体 (きょうたい) に収め、面記録密度を当社従来比で約1.37倍の平均 $1,153 \text{ Mビット/mm}^2$ に高密度化している。これを実現するために、新リードチャネル方式であるLDPC (Low Density Parity Check) 回路の採用、ヘッド素子の微細加工、及びディスク磁性粒子の微細化による狭トラック幅 (隣接トラック中心間

表1. 開発品の基本仕様

Specifications of newly developed HDD

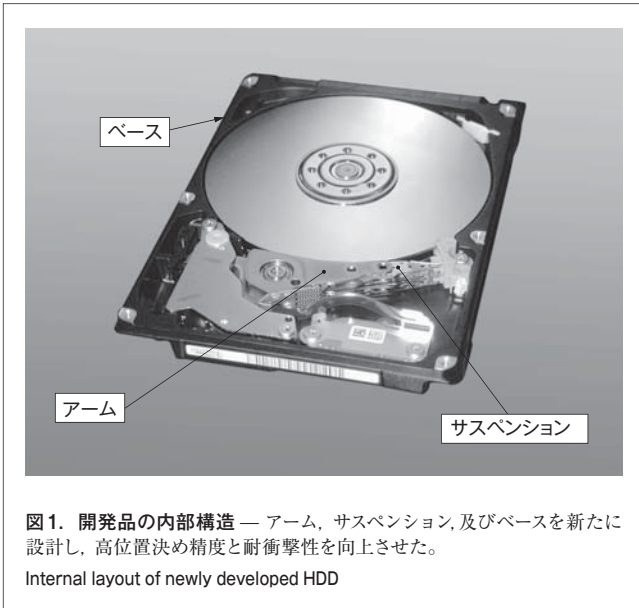
項目	仕様	
記憶容量	1 Tバイト	
ヘッド数	4本	
ディスク数	2枚	
線記録密度 (平均)	81.5 kビット/mm	
トラック記録密度 (平均)	14.2 kトラック/mm	
変調方式	LDPC	
ディスク回転数	5,400 rpm	
平均シーク時間	12 ms	
耐衝撃性能	動作時 (2 ms)	3,920 m/s^2
	非動作時 (1 ms)	8,820 m/s^2
耐振動性能	動作時 (5-500 Hz)	9.8 m/s^2
	非動作時 (15-500 Hz)	49 m/s^2

距離) 化と、新規機構設計によるサーボ位置決め精度の高精度化を行った。これにより大容量化を達成している。

高性能化については、新規アームや新規ベースの設計などにより機構剛性を向上させることで、耐衝撃性能と耐振動性能を向上させた。

3 大容量化

この装置は周方向に線記録密度平均81.5 kビット/mmのデータを記録している。また、半径方向にはトラック記録密度



平均14.2 kトラック/mmのデータシリンダ^(注1)を持っている。
記録密度の向上は、線記録密度の向上とトラック記録密度の向上による。線記録密度の向上のためにLDPC回路を採用することでデータの符号誤り訂正能力を向上させている。
トラック記録密度を向上させることによりトラック幅が狭くなるため、ライトヘッド構造の変更とディスク磁性粒子の微細化を行った。
また、トラック幅は0.07 μmであり、このトラック幅でデータの記録を行うためには、ヘッド位置決め精度は0.007 μm以下であることが要求される。この精度を達成するためサスペンションとアームを新たに設計して共振特性を改善するとともに、サーボフィルタ周波数特性を改善することで、高トラック密度を実現した。

これらの高記録密度を達成するために、以下の技術を採用している。

- (1) LDPC回路の採用 高記録密度を達成するために、誤り符号訂正能力が非常に高いLDPC回路を採用した。LDPC回路は、データを複数ブロックに分け、それぞれのブロックにあらかじめパリティビット^(注2)を埋め込んでおき、データリード時にパリティビットが設定と合わない場合にはパリティビットが合うまでデータを変えながら訂正を行うことでデータ修正を行う。
- (2) ライトヘッドの構造変更とディスク磁性粒子の微細化
トラック幅が狭くなるとライトヘッド幅も狭める必要がある。今回、新規にライトヘッドの構造を見直しデータ書き込み能力を向上させた。また同様に、ディスクにスパッタ

(注1) 複数のディスク記録面にまたがる同じ位置にあるトラックの集まりをシリンダと呼ぶ。
(注2) データの誤りを検出する目的でデータに付加されるビット情報。

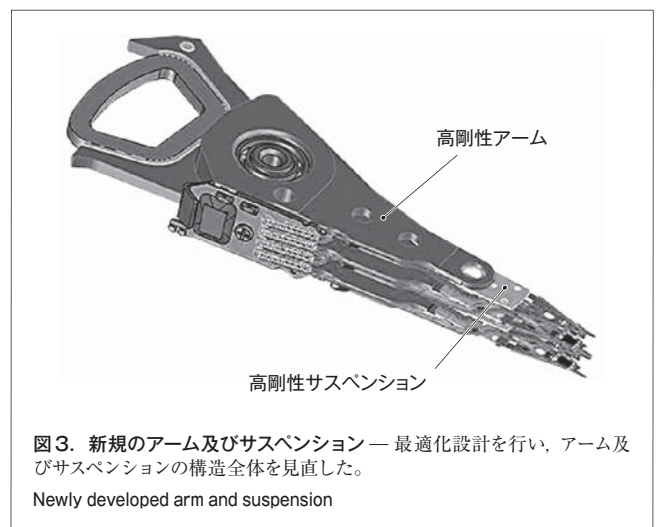
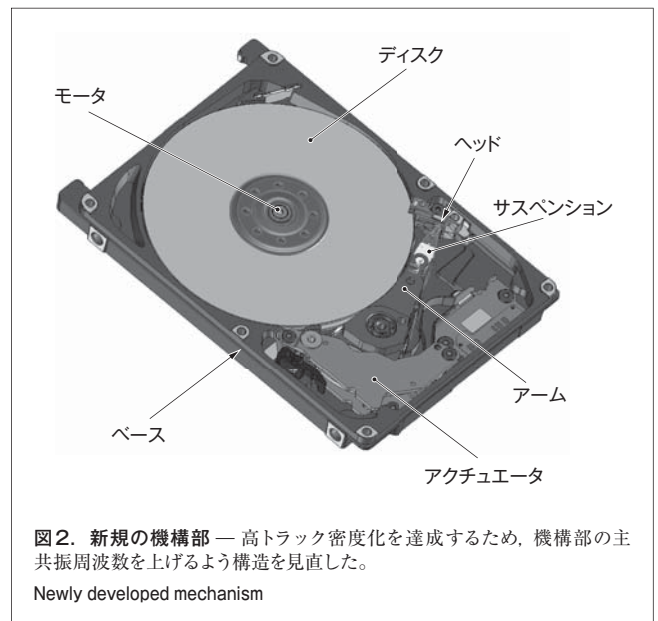
(膜付け) されている磁性粒子のサイズも小さくする必要があるので、磁性粒子サイズの微細化も行った。

4 高性能化

大容量つまり高トラック密度を達成するためには、データを記録、再生するヘッドの位置決めが高い精度が要求される。位置決め精度をより向上させるためには、サーボ帯域を上げることが必須であり、そのためには機構部(図2)の主共振周波数を上げる必要がある。

4.1 振動特性及び耐衝撃特性の改善

今回、アーム構造自体を見直し、最適化設計を行い、高剛性のアームとサスペンションを採用することにより、主共振周波数を20%向上させることができた(図3)。



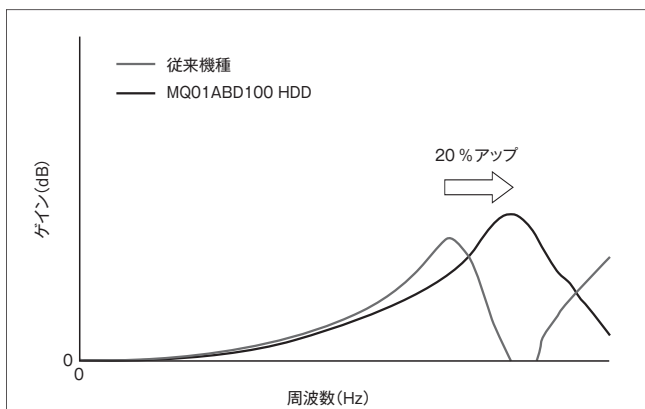


図4. 主共振周波数 — 新規のアームとサスペンションを採用することで主共振周波数を20%向上させた。

Main resonant frequency

アクチュエータ^(注3)以外の機構部品については、次に示すような設計変更を行い、剛性を向上させ、共振を改善することにより、振動特性と衝撃特性を改善した(図4)。

(1) サスペンション等価質量の低減による耐衝撃特性改善
ヘッドがディスク上を浮上しているとき、衝撃が印加されるとヘッドがディスクをタッピング^(注4)してしまい、ディスク傷になり、リードエラーを生じてしまう。サスペンションの等価質量が軽ければ軽いほど衝撃印加時のヘッドのタッピングが抑えられるため、従来機種比12%の軽量化により、耐衝撃特性の改善を達成することができた(図5)。

(2) アームの高剛性化による耐衝撃特性改善
サスペンションの等価質量と同等に、アームを厚くすることでアームの縦剛性を20%程度改善している(図6)。アームの縦剛性を改善することにより、衝撃印加時のヘッド振幅が減り、25~30%程度の耐衝撃特性の改善を達成した。

(3) ベースの高剛性化による耐衝撃特性改善
アームと同様にベースの縦剛性を改善することにより、衝撃印加時のヘッド振幅を低減した。モータ部で8~13%、アクチュエータ部で26~32%の振幅低減を実現した(図7)。

(4) カバーの高剛性化による耐衝撃特性の改善
カバーの形状と材料の変更により、カバーとディスク間の隙間を2倍に拡大し、カバー自体の剛性を向上させるとともに、耐衝撃特性を改善した(図8)。

ベースとカバーの剛性を改善することで、筐体全体の振幅を10%低減することができた(図9)。

4.2 ヘッド位置決め精度の向上

現行機構のヘッド位置決め精度は、図10に示すように

(注3) 入力された電氣的信号を物理的な運動へ変換する機構。

(注4) 衝撃印加により、ヘッドがディスクに衝突することでディスク上に打痕を残すこと。

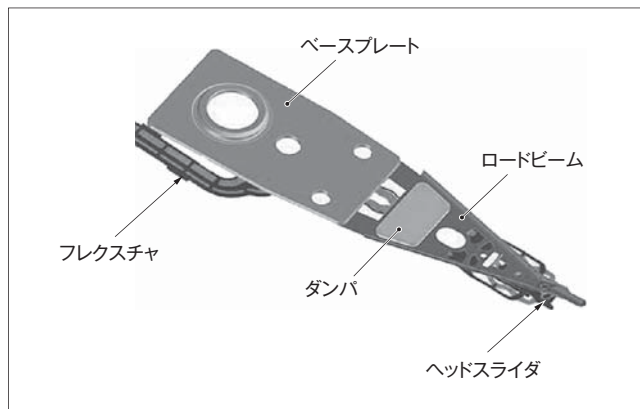


図5. 新規設計のサスペンション構造 — 軽量化することで耐衝撃性を向上させた。

Structure of new suspension

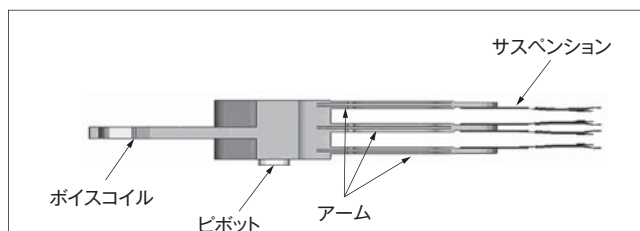


図6. 新規設計のアーム構造 — アームを厚くして縦剛性を高めることで耐衝撃性を向上させた。

Structure of new arm

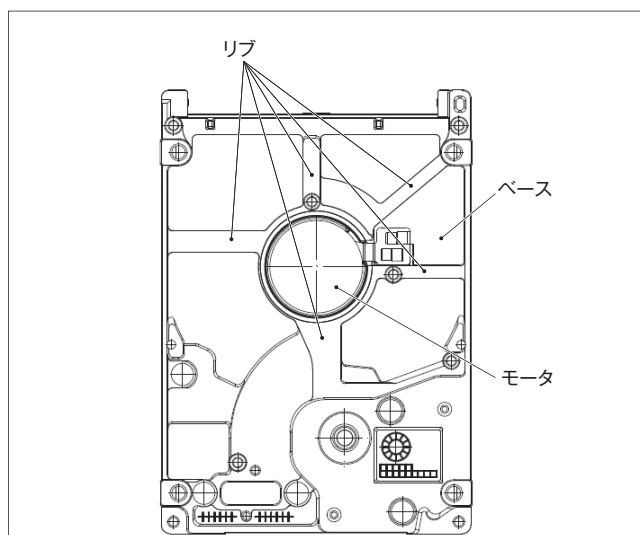


図7. 新規設計のベース構造 — アーム搭載部分などのベース厚みを、従来品に比べて約20~50%厚くすることで、衝撃によるヘッド応答特性を改善した。

New base design

9 nm 程度であるが、前述したような機構部品の共振改善によりサーボ広帯域化を実現することで、図11に示すように目標とするヘッド位置決め精度7 nmを達成できた。

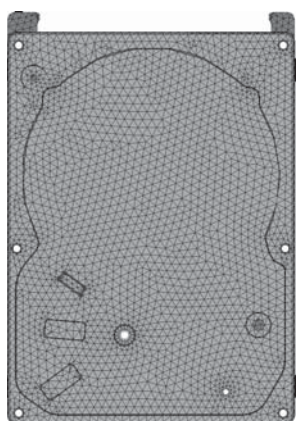
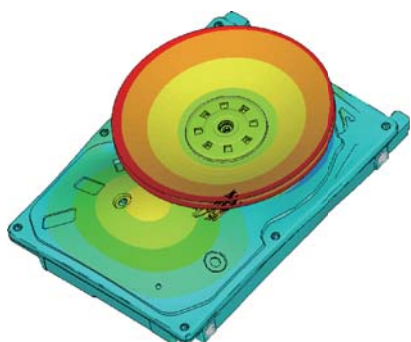


図8. 新規トップカバー設計 — カバーの材料及び形状を最適化設計することで、耐衝撃性を向上させた。

New cover design



共振周波数
低 高

図9. 新規設計の筐体構造 — 衝撃を印加したときのベースの応答特性は、従来品に比べて共振周波数で6%程度の高域化、及びベース剛性として10%の改善を達成している。

New housing design

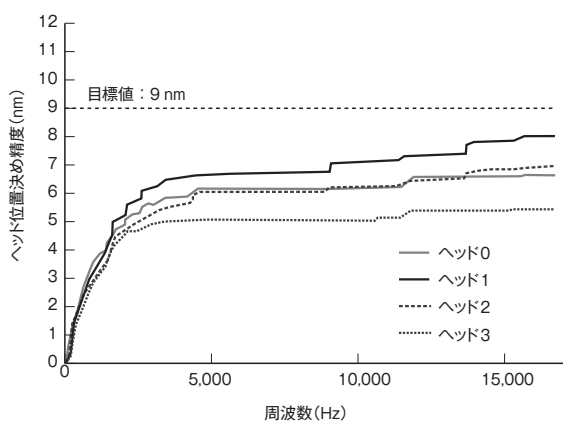


図10. 現行機種のヘッド位置決め精度 — 現行機種の構造では開発品の目標位置決め精度は達成できない。

Head positioning accuracy of existing HDD

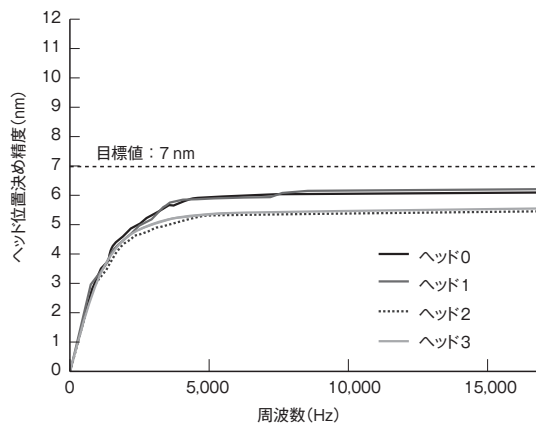


図11. 開発品のヘッド位置決め精度 — 新規機構設計によりサーボ広帯域化を実現することで、開発品の目標とする位置決め精度を達成した。

Head positioning accuracy of newly developed HDD

5 あとがき

2.5型HDDで1Tバイトの記憶容量を達成したことで、データ記憶用だけでなくTVの動画保存、デジタルカメラの画像データ保存もできる大容量かつ安価な記憶装置を供給できると期待している。

今後も、HDDの高記録密度化と大容量化に継続して取り組み、大容量かつ高機能なストレージを開発していく。

文献

- (1) 山本耕太郎 他. 2.5型磁気ディスク装置 MK6021GAS. 東芝レビュー. 57, 7, 2002, p.8-10.



楠本 辰春 KUSUMOTO Tatsuharu

セミコンダクター&ストレージ社 青梅ストレージプロダクツ工場 設計第一部長。モバイルHDDの設計に従事。
Ome Operations-Storage Products



戸田 昭夫 TODA Akio

セミコンダクター&ストレージ社 青梅ストレージプロダクツ工場 設計第三部参事。モバイルHDDの機構設計に従事。
Ome Operations-Storage Products