

# 磁気記録媒体の現状と展望

特集1

松尾 壮太 (まつお そうた)

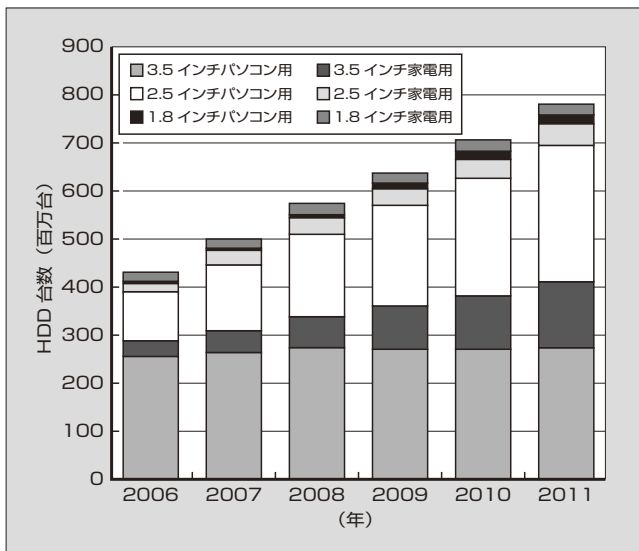
伊藤 芳昭 (いとう よしあき)

## 1 まえがき

ハードディスクドライブ（HDD）は、垂直磁気記録方式の製品化により、再び記録密度の増加スピードが速まり年率約40%の伸張を示し、パソコン用途以外のHDDレコーダ、音楽携帯など大容量、小型化の特徴を生かした新しい製品が生まれ、市場は堅調に拡大している（図1）。また、HDDは据え置き用途やモバイル用途といった用途別に3.5インチ、2.5インチなどのサイズがある。以下に磁気記録媒体のサイズ別の市場動向を述べる。

3.5インチHDDは、1テラバイト（TB）の大容量製品が登場したことにより、HDDレコーダに加え、GoogleやYahoo!などを代表とするインターネットポータルサイトを運営するIT企業向けという新たな市場が創設されつつある。この市場はNear Line Storage（ニアラインストレージ）と呼ばれ、デスクトップパソコンとサーバの間をつなぐ製品群となる（比較的安価で大容量のHDDが求められる）。媒体メーカーにとっては、搭載枚数（3～4枚）が多く、物量が期待できる市場である。その結果、年率

図1 HDDの市場推移



9%増という市場拡大が進んでいる。

2.5インチHDDは、ノートブック型パソコンの高性能化、HDDメーカー間の競争の激化による低価格化などで普及が進み、年率約20%増の市場拡大が進んでいる。今後、さらに記録密度が上がり、記録容量が250ギガバイト（GB）を超えるところからデスクトップパソコンにも搭載される可能性が高まっている。

1.8インチHDDは、iPodなどの携帯音楽端末という特殊な市場から超薄型ノートブックパソコンという新たな市場ができつつある。しかしながら半導体メモリとの競合により、今後の大きな市場の拡大は望めないと思われる。

0.85インチや1.0インチなどの小径サイズは、携帯音楽端末、携帯電話への搭載が期待されていたが、低価格、耐衝撃性、消費電力で半導体メモリが優位となり、これらに市場を奪われるかたちになっている。

今後HDD市場が堅調に拡大していくためには、半導体メモリに対して、大容量化を進め、ビットコストにおいて優位性を確保していくことが重要となる。

本稿では、富士電機の磁気記録媒体の技術開発状況と今後の展望について述べる。

## 2 磁気記録媒体の技術動向

これまでの主流であった長手記録方式は高記録密度化に限界を迎え、2006年から2007年にかけて、垂直磁気記録方式に順次置き代わった。富士電機では、2006年に2.5インチサイズでは業界初のガラス垂直磁気記録媒体（80GB/枚）を、2007年には業界最大容量（334GB/枚）の3.5インチアルミ垂直磁気記録媒体を製品化した。現在3.5インチでは、160GB/枚、250GB/枚、334GB/枚の製品を、2.5インチでは120GB/枚、160GB/枚の製品を生産している。2008年度は、従来の垂直磁気記録媒体からさらに高記録密度化が可能なECC（Exchange-coupled Composite）垂直磁気記録媒体（ECC媒体）へ移行し、3.5

〈注〉 iPod：米国 Apple Inc. の商標または登録商標



松尾 壮太

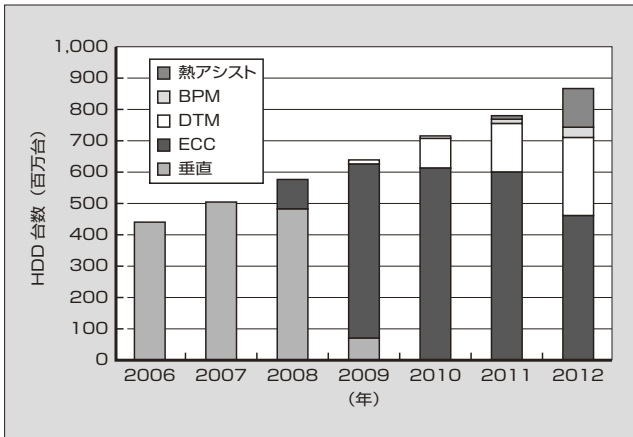
磁気記録媒体の研究開発に従事。  
現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社ディスク媒体事業本部開発営業統括部媒体開発部次長。



伊藤 芳昭

磁気記録媒体の研究開発に従事。  
現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社ディスク媒体事業本部開発営業統括部媒体開発部長。

図2 新規技術製品の市場展開時期



インチで 500GB/枚、2.5 インチで 250GB/枚を製品展開する予定である。

高記録密度化のため、現在取り組んでいる鍵となる新規技術には次のようなものがある。

- (a) 超平滑表面加工技術
- (b) ECC 媒体
- (c) DTM (ディスクリートトラックメディア)
- (d) BPM (ビットパターンドメディア)
- (e) 熱アシスト媒体

これらの新規技術の製品展開時期は図2に示すように予測している。富士電機では、これらの技術においても垂直磁気記録媒体開発と同様に、業界トップをねらって開発を進めている。

### ③ 磁気記録媒体の技術開発状況

#### 3.1 超平滑表面加工技術

高記録密度化のためにはヘッドの R/W (Read/Write) 素子と媒体磁性層とのスペーシングはできるだけ小さい方が望ましい。HDD に使用される磁気ヘッドは、その浮上高さは 3.5 インチで 334GB/枚では 3.0~4.0nm、500GB/枚では 2.5~3.0nm、以降 2.0nm で安定浮上することが求められる。また、R/W 素子近傍を加熱し磁性層とのスペーシングを狭く制御する機構も使用され、安定した浮上特性を確保するためには、微小な表面欠陥や突起が存在しないことが要求される。富士電機では自社でアルミ基板の開発・生産を行っており、このような要求に対応するため独自に垂直磁気記録媒体に対応した平滑性と清浄性を持ったアルミ基板を開発し、加えて富士電機独自のテクスチャ技術によりさらに平滑な表面を実現している(図3)。

ガラス基板においても、富士電機独自のテクスチャ技術によりアルミ基板同様に業界で最も平滑な表面を実現している。さらに、表面平滑性に加え洗浄技術の開発により、非常に微細かつ微量な残渣(ざんさ)を除去し、清浄表面に仕上げている。表面加工技術と洗浄技術は長期信頼性の確保にも大きく寄与しており他社との差別化を図っていると考えている。

図3 垂直磁気記録媒体用アルミ基板の表面形状 (AFM 像)

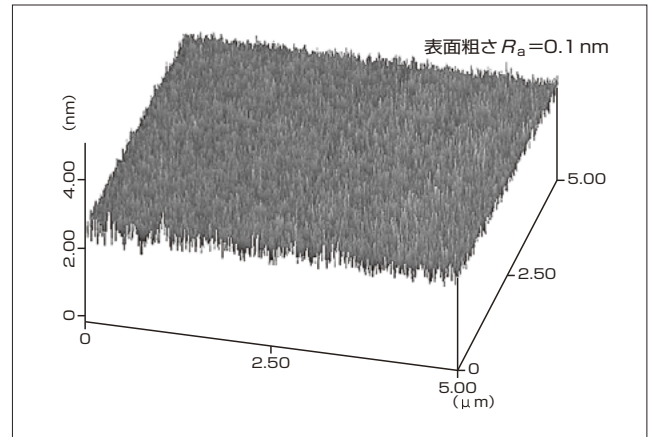
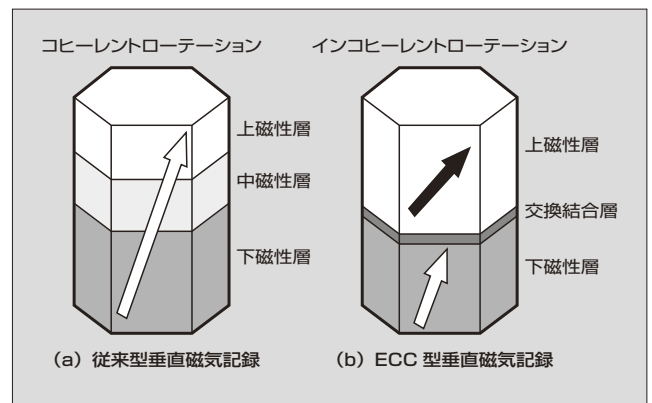


図4 従来型垂直磁性層と ECC 型垂直磁性層の層構造



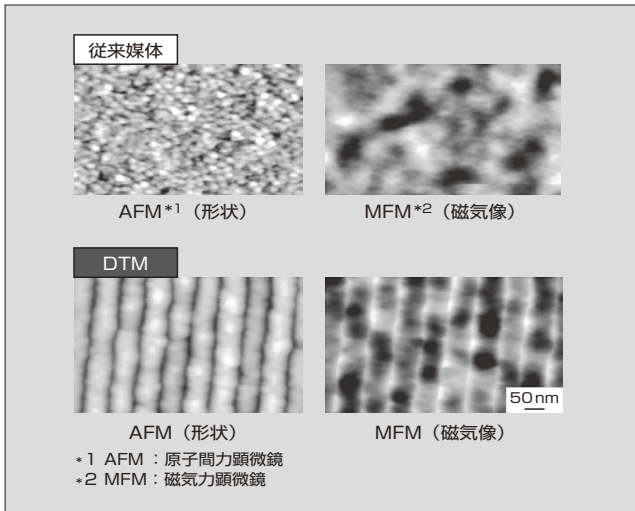
#### 3.2 ECC 媒体

従来型の垂直磁気記録媒体では、早くも記録密度の限界が見えてきている。2008年度は、さらなる高記録密度化が可能な ECC 媒体の製品展開を図る年となる。高記録密度化における課題のひとつに、隣接トラック消去と呼ばれるものがあり、記録するトラックの両隣のトラックが、記録中に消去されてしまう現象である。隣接トラックはヘッドからの磁場が斜め方向から入ることになるが、従来型の垂直磁気記録媒体は、斜め方向から入射してくる磁場に対して磁化反転しやすいという特徴がある。トラック方向の密度が上がると、トラック間隔が狭くなると隣接トラック消去の問題が顕著となる。

図4に示すように ECC 媒体は、上下の磁性層の間に交換結合エネルギーを制御する結合層を設け、磁化反転しやすい上磁性層が先に反転し、磁化反転しにくい下磁性層の反転を促す構造になっており書き込みを容易にする特長がある。それとともに ECC 媒体は斜め方向の磁場に対して磁化反転しにくい性質を持つという大きな特長があり、高トラック密度になった時の隣接トラック消去に強いことも有利な点である。

ECC 媒体では下磁性層と上磁性層の  $K_u$  (磁気異方性定数) 比率が重要であり、その材料開発が鍵となる。富士電機では、独自の ECC 媒体開発を進め、3.5 インチで少なく

図5 従来媒体とDTMの比較



とも記録容量が750GB/枚を超えるところまで到達できると考えている。

### 3.3 DTM

ECC媒体で説明したようにトラック方向の密度が上がることでトラック間隔が近接し、お互いの干渉が生じる。DTMでは半導体のリソグラフィ技術を用い、磁性層をパターンニングして図5のようにトラック間を分離することによりトラック方向の密度を上げる技術である。現在技術開発を進めているが、一度磁性層から保護膜まで成膜したものをエッチングすることから、以下のような項目が重要となる。

- (a) 磁性層をエッチングした際の信頼性
- (b) プロセス追加によるコストアップの抑制

(a)では、コロージョン特性、ヘッドの浮上特性などが課題となる。(b)では、半導体プロセス導入時の設備投資と使用するサーボパターンマスクの使用限界回数などが課題となる。

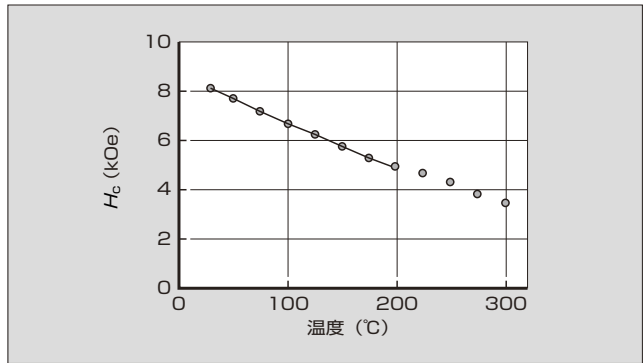
富士電機では、基本的な工程開発を2008年度上期に終了させ、2008年度下期にはパイロットラインを稼働させ、2009年度上期の製品化を目指している。

### 3.4 熱アシスト媒体

磁気記録媒体の保持力( $H_c$ )は、温度依存性を持つという特徴を持っており、例えば図6に示すように1°Cの上昇で20Oe程度の $H_c$ の低下が生じる。高温では $H_c$ は下がり、低温では $H_c$ は上がる。

従来は温度が変化しても $H_c$ が変わらない媒体が求められていた。熱アシスト媒体は、逆転の発想で加熱による

図6  $H_c$ の温度依存性



$H_c$ の温度変化を利用して記録密度を上げる方式である。

一般に記録密度を上げると1ビットのサイズが小さくなり、熱揺らぎの影響で不安定となる。熱安定性を確保するためには $H_c$ を上げる必要がある。しかし、 $H_c$ が上がるとヘッド磁界による書込みが難しくなる。この相反する特性を克服するためにヘッドにレーザ素子を付け、書込み時にレーザを照射し瞬間的に記録する部分の温度上げ、 $H_c$ が下がった状態にすることにより書込みが容易となり、室温に戻った状態では高 $H_c$ 状態のため熱安定性を確保することができるというものである。例えば、室温で $H_c$ が8kOeの磁性層が、レーザ照射時には $H_c$ は5kOeに低下し、その瞬間にヘッド磁場を印加し、磁性層の磁化を反転させることができる。

熱アシスト媒体の課題としては、次の2点が挙げられる。

- (a)  $H_c$ の温度依存性の大きい材料、プロセス開発
  - (b) レーザ照射時の加熱による保護膜、潤滑材の耐久性
- 富士電機では、このような磁性層、保護膜、潤滑材の材料開発を進め熱アシスト媒体の製品化を目指している。

## 4 あとがき

2008年度は、ポスト垂直磁気記録媒体へのアプローチが本格化する転換年となるだろう。HDDが今後長期にわたり、安定した市場拡大を続けていくためには、高記録密度化を引き続き進め、常に半導体メモリに対するビットコスト優位性を確保していかなければならない。

富士電機では、本稿で述べてきた技術を核とし、顧客、ヘッドメーカー、設備メーカー、材料メーカーと協力しながら先行した製品化を実現し、HDD市場の拡大に貢献していく所存である。

### 参考文献

(1) TrendFOCUS社. 年間レポート. 2006-2007.



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。