

HDDの記録容量を拡大する 微細化とメディア技術

より小さくて安定な磁性体 粒子でHDDを大容量化

パソコン(PC)のデータ記録装置として知られるハードディスク装置(HDD)は、デジタルオーディオプレーヤーやハードディスク&DVDレコーダなどPC以外の分野でも、音楽や映像の保存に広く活用されるようになりました。高精細なデジタル映像を日常の生活で楽しむ時代となり、HDDの大容量化は不可欠な技術となっています。

東芝は、大容量HDDのキー技術となるメディア技術を開発しました。良好なS/N比(信号と雑音の比)を維持しながら、かつ熱的にも安定したSFC(Switching Field Control)メディア技術です。

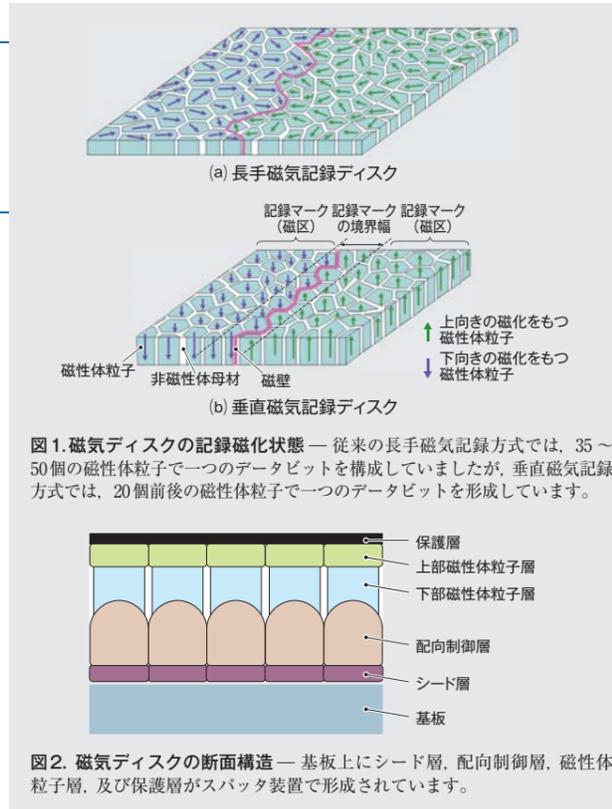


図1. 磁気ディスクの記録磁化状態 — 従来の長手磁気記録方式では、35～50個の磁性体粒子で一つのデータビットを構成していましたが、垂直磁気記録方式では、20個前後の磁性体粒子で一つのデータビットを形成しています。

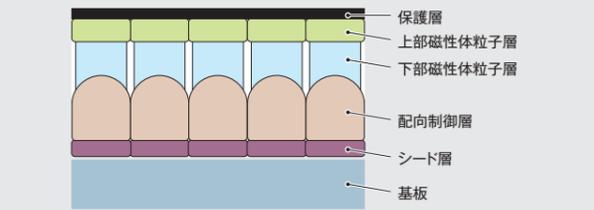


図2. 磁気ディスクの断面構造 — 基板上にシード層、配向制御層、磁性体粒子層、及び保護層がスパッタ装置で形成されています。

磁気記録媒体の仕組み

HDDに用いられるデータ保存用ディスクは、微細な磁石である磁性体粒子がその表面に敷き詰められており、これらの磁性体粒子の極性によって情報を記録しています。

以前の長手磁気記録方式では、これらの磁性体粒子の極性は面内方向にランダムに向いていたため、S/N比の良い信号を記録・再生するために、35～50個の磁性体粒子で一つのデータビットを形成していましたが、その後、当社は2005年6月に、すべてディスク面に垂直方向の磁性体粒子で形成された磁気ディスクによる“垂直磁気記録方式”を世界で初めて実用化しました。現在、20個前後の磁性体粒子が集まって一つのデータビットを形成しており、その一つ一つの磁性体粒子の大きさは直径7～8nmです(図1)。

磁気ディスクの作製においては、真空スパッタ装置^(注1)でディスク基板上に、磁性元素と、磁性体粒子間の結合を切る非磁性偏析元素を蒸着させています。

磁性体粒子の微細化技術

同じ大きさの磁気ディスクにより多くの情報を保存するためには、一つのデータビットのサイズをより小さくする必要があります。スパッタ製法による磁気ディスクの磁性体粒子の特性を制御するために、磁性体粒子層の下にいくつかの制御下地層を設けています。基板上に上部の磁性体粒子の間隔を制御するシード層、その上に、磁性

(注1) 容器内を真空状態にし、電極に電圧をかけて放電を起こし、残留気体をイオン化。このイオンが運動して、取り付けられた金属などの材料にぶつかることで組成分子をはじき飛ばし(スパッタ)、はじき飛ばされたものが試料にはり付くことでコーティングする装置。

体粒子の配向方向と磁性の強さを整える配向制御層、更にその上に磁性体粒子層と保護層を、順にスパッタ装置で形成します(図2)。

当社は、このシード層に新しい材料を用いることで、基本的な特性をほとんど劣化させず、磁性体粒子の直径を5nm級にすることに、実験的に成功しました(図3)。

磁性体粒子の熱安定性とSFCメディア技術

磁性体粒子のサイズが小さくなりすぎると、個々の磁性体粒子の磁化は熱的に不安定となり、記録した情報を長期間保持できなくなります。これを防ぐためには、磁性体粒子の磁化の極性を反転させるために必要な反転磁界強度が大きい、より磁気的に“硬い”磁性材料が必要です。しかし、あまり磁気的に硬い磁性体粒子を用いると、一度

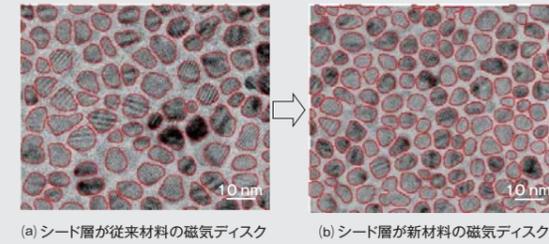


図3. 磁性体粒子の微細化(TEM(透過型電子顕微鏡)像) — 従来の垂直磁気記録ディスクでは、一つの磁性体粒子の直径が7～8nmでしたが、シード層に新材料を用いることで5nm級にできました。

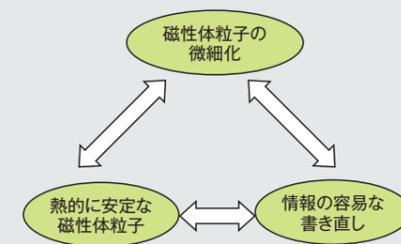


図4. HDD性能向上の“トリレンマ” — HDDを大容量化するには、磁性体粒子の微細化、熱的に安定な磁性体粒子、情報の容易な書き直し、という三つの相反する特性を同時に実現する必要があります。

記録した情報を書き直すことが困難となります。記録密度を上げるために“磁性体粒子を微細化”し、かつ情報を長期間保持するために“熱的に安定な磁性体粒子”を用い、更に、記録した“情報の容易な書き直し”が可能、という三つの相反する特性を同時に実現しなければ、HDDの大容量化は困難です。この三つの壁は、一般にHDD性能向上の“トリレンマ(Tri-Lemma)”と呼ばれています(図4)。

このトリレンマを打ち破り、小さくてかつ熱的に安定な磁性体粒子でも容易に書き直しができるというコンセプトを実現するために研究されているのがSFC(Switching Field Control)メディア技術です。具体的には、磁気的に非常に硬い磁性体粒子に、書換えの容易な軟らかい磁性体粒子を適度に結合させて、書換えやすさを調整するECC(Exchange Coupled Compos-

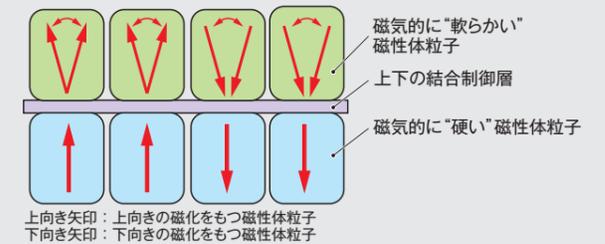


図5. SFCメディア磁性体粒子の構造 — 熱的に安定で磁気的に硬い磁性体粒子と、書換えが容易な磁気的に軟らかい磁性体粒子を適度なバランスで結合させることにより、トリレンマの壁を超えていきます。

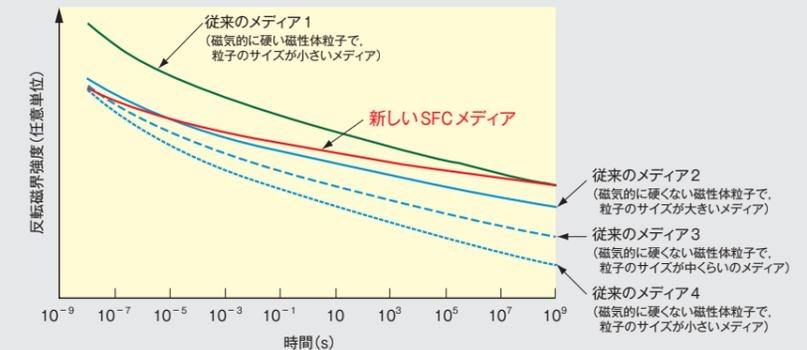


図6. 反転磁界強度の時間依存性 — 最新のSFCメディアでは、小さい磁性体粒子を用いても反転磁界強度の経時変化が小さく、情報の書換えが容易で、かつ記録情報を長期に保持できます。

ite)メディアなどが提案されています。

当社は、硬い磁性体粒子の上に、結合制御層を介して、グラニューラ構造の軟らかい磁性体粒子を積層形成しました(図5)。更にコーティング層を追加することで、良好なS/N比を維持しながら、従来より書換えも容易で、かつ熱的にも安定なSFCメディアを実現しました。磁気ディスクの情報を保持する磁化の向きを反転するのに必要な反転磁界強度は、時間の経過とともに減衰します。この減衰が大きすぎると、長期間経過した記録情報が保持できなくなります。一方で硬すぎる磁性体粒子を用いると、データ書換え時間の間に、きちんとした情報の書換えができなくなります。図6に示すように、最新のSFCメディアでは、十分に小さい磁性体粒子を用いても反転磁界強度の時間減衰が小さく、情報の書換えも容易で、長期間の情報保持に適した特

性を備えていることがわかります。

今後の展望

HDDを更に高密度化する将来技術としてビットパターンドメディア⁽¹⁾などが期待されますが、実用化までにはまだ少し時間が必要です。ここで紹介した微細化技術とSFCメディア技術は、将来の技術が実用化されるまでの間、HDDの記録容量を更に増加していくために必要な橋渡し技術です。2.5型HDDで1～2T(テラ:10¹²)バイトの記録容量の実現に貢献していきます。

文献

(1) 稗田泰之. 自己組織化を利用した微細加工で実現する1Tビット/in²級磁気記録媒体. 東芝レビュー. 63. 7. 2008, p.56-57.

竹尾 昭彦

デジタルメディアネットワーク社
コアテクノロジーセンター
磁気ディスク開発部グループ長