

1957年に発売された世界初のハードディスクドライブ(HDD)は直径 60 cm のディスクを 50 枚使用しても記憶容量が 5 Megabyte であった。記録密度は 2 kilobit/inch² で、現在の 2.7 億分の 1 しかない。重さは 1 t 以上あり、とても持ち運べるようなものではなかった。現代ではストレージが CPU、ネットワークと並んでコンピュータの 3 要素と呼ばれているが、ハードディスクドライブはストレージの中核となる。2006 年からは垂直磁気記録(PMR)方式が採用され、現在市販されているハードディスクドライブは全てが PMR となった。

50 数年間で小型化とともに、データ転送速度、消費電力などの性能を格段に上げてきた HDD だが、情報量の増加で更なる大容量化が求められている。しかし、記録密度は記録媒体の物理的理由から 1 Terabit/inch² が限界とされている。その最大の理由は熱揺らぎの問題であり、以下に関連した式を示す。

$$E_p = k_B \cdot V \quad (式 1)$$

$$E_p = \text{磁性体エネルギー}, k_B: \text{磁気異方性エネルギー}, V: \text{磁性粒子の体積}$$

$$E_t = k_B \cdot T \quad (式 2)$$

$$E_t = \text{熱エネルギー}, k_B: \text{ボルツマン定数}, T: \text{絶対温度}$$

通常、磁性体は磁性軸を一定方向に保とうとするが、体積が小さくなるにつれて外部の熱エネルギーの影響を受けやすくなり磁性軸を一定方向に保てなくなる（これを熱揺らぎと言う）。つまり、記録密度を高めるには磁性体の体積を小さくする必要があるが、熱揺らぎの問題から記録密度に限界が生じるのである。

記録密度向上のための技術として、卒業研究で取り組んでいる研究対象は、図 1 に示す次世代の記録方式（シングル磁気記録方式、ビットパターン媒体、およびその組み合わせ）のための記録ヘッドである。具体的に解析している数値として、記録磁界強度は、記録ヘッドから出る磁界の強さを表し、この磁界が弱いと記録することができないので、より強い磁界が望ましい。記録磁界勾配は、記録磁界強度がどの程度急峻に発生しているかをみる値で、急峻であるほどより狭い範囲に記録磁界を発生させることができるということなので、値が高いほどよい。漏れ磁界は、隣接トラックへの影響をみる磁界で、この磁界が強いと書き込み済みデータが上書きされてしまうので弱い磁界が望ましい。

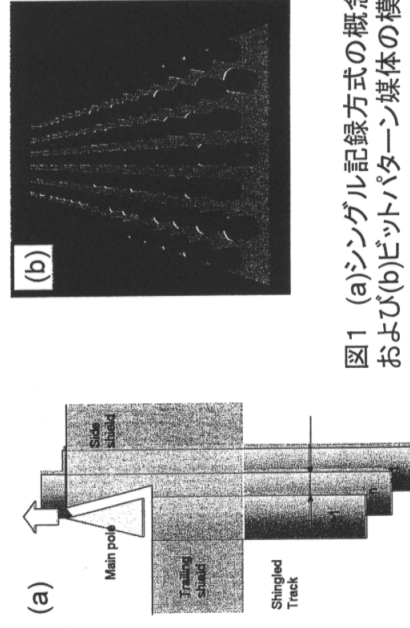


図 1 (a)シングル記録方式の概念図および(b)ビットパターン媒体の模式図

ビットパターン媒体を想定した垂直磁気記録単磁極ヘッドの記録磁界解析

200712051 宮下 岳

上で述べた熱揺らぎの問題を克服するために次世代の媒体として考えられているのが図 1(b)のビットパターン媒体 (BPM) であり、本研究はこの BPM を想定した垂直磁気記録単磁極ヘッドの記録磁界解析を行い、記録密度 4 Terabit/inch² を目標としている。

BPM は、1 bit 記録するのに必要な磁性体粒子を人工的に 1 つの塊として媒体上に形成しである。人工的に形成する方法として、例えばナノインプリントリソングラフィ法がある。この媒体により、熱揺らぎの問題を完全に解消できるわけではないが、磁性体粒子を熱安定性が保てる限界まで小さくすることができ、記録密度を高めることができる。また、磁性体粒子が規則的に配置されているため、雑音を抑制できる。

シングル磁気記録方式のための垂直磁気記録短磁極ヘッドの記録磁界解析

200712056 山崎 裕也

本研究ではシングル磁気記録方式を使用して面記録密度 4 terabit/inch² を達成する磁気記録ヘッドモデルを検討している。シングル磁気記録方式とは、従来の媒体を使用し記録トラック幅方向に重ねて記録していく方式で、ビットパターン媒体のように媒体自体の改良や熱アシスト記録、高周波アシスト記録のように熱や高周波を発生させる装置の設置を必要としないため、ヘッドおよび媒体の開発に負荷が少ないことがこの記録方式の特徴となっている。

従来の記録方式では面記録密度を増やすためにトラック幅を縮小しなければならなかったが、それによりメインポール幅も縮小する必要があった。しかし、メインポール幅を縮小すると記録磁界強度が小さくなってしまいうという欠点があった。

この記録方式では、記録トラック幅に合わせてメインポール先端の幅を縮小する必要があるため、メインポール先端幅を広くでき、その結果、強い記録磁界をえられる。また、瓦屋根を敷くように重ねて記録するため、トラック幅を狭くすることができる。その結果、面記録密度を増やすことができる。

ビットパターン媒体を想定したシングル磁気記録用単磁極ヘッドの記録磁界解析

200612009 江口 佑樹

本研究はビットパターンメディア (BPM) とシングルドماغネティックレコーディング (SMR) の二つの方式を合わせることで、互いの利点を同時に得ようとする試みである。

それぞれの利点として、BPM は媒体を分割することによりジッタノイズを抑制でき熱安定性を確保できる。SMR は記録トラックよりもメインポール幅を広くとれることにより磁界強度をとりやすいことがあげられる。

現在、記録磁界強度 14 kOe 以上、記録磁界勾配 500 Oe/nm 以上、漏れ磁界 5 kOe 以下をそれぞれ目標値にそれを達成できるような磁気記録ヘッドモデルを作成している。記録磁界強度と記録磁界勾配は目標値を達成したが、漏れ磁界は目標値を達成していない。今後は目標値の達成を目指し、主としていろいろな構造を検討していく予定である。