

# 新しい高密度記録技術 ——ディスクリットトラックメディア——

特集1

佐藤 公紀 (さとう きみのり)

熊谷 明恭 (くまがい あきやす)

片野 智紀 (かたの ともりの)

## 1 まえがき

ハードディスクドライブ (HDD) の面記録密度は、年率 40% 以上で伸長しており、2008 年には 500 Gbits/in<sup>2</sup> を超える (図 1)。従来、面記録密度を向上するためには、磁気ディスクの磁性層改良、磁気スペーシングの低減により、周方向の記録密度 (BPI: bit per inch) を高め、磁気ヘッドのポール幅を狭くすることで、データトラック幅を狭め、トラック方向の記録密度 (TPI: track per inch) を高める手法が用いられてきた。しかしデータトラック幅が狭まることで、記録にじみや隣接トラック間の磁気的干渉の影響が無視できなくなってきた。また磁気ディスク上には磁気ヘッドを位置決めするためのサーボパターンが書き込まれるが、トラック間隔が狭くなることで、書き込みが難しくなり、またトラック数が増加することにより、サーボライト時間の増大も軽視できなくなっている。

近年、TPI を高めるための新たなアプローチとして、ディスクリットトラックメディア (DTM)<sup>(1)~(3)</sup> が注目されている。DTM は、これまで連続膜であった磁性層にパターンニング加工を施し、トラックごとに分離した媒体である。図 2 に DTM の模式図を示す。データトラックが形成された領域と、サーボパターンが形成された領域が周方向に交

互に並んでいる。

図 3 に TPI と磁気ヘッドの記録幅との相関 (計算データ) を示す。同じ磁気ヘッドを用いた場合、DTM で達成できる TPI は、従来媒体で達成できる TPI より 30% 以上向上できる。

## 2 DTM の試作およびシミュレーション

DTM を作製するには、数十 nm レベルの微細な凹凸を

図 2 DTM の模式図

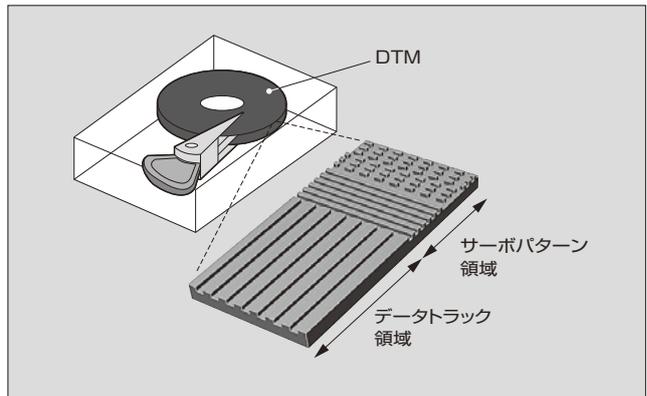


図 1 記録密度の進展

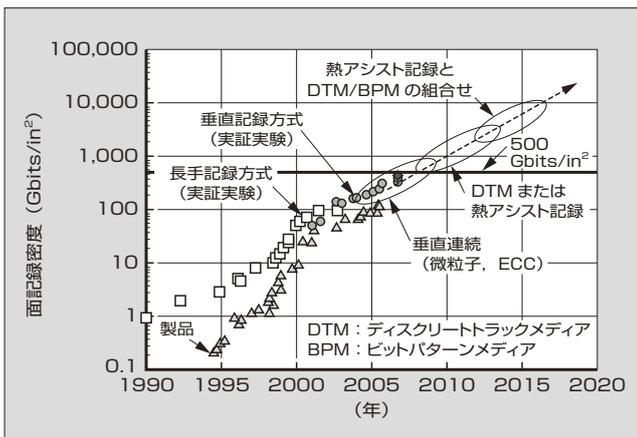
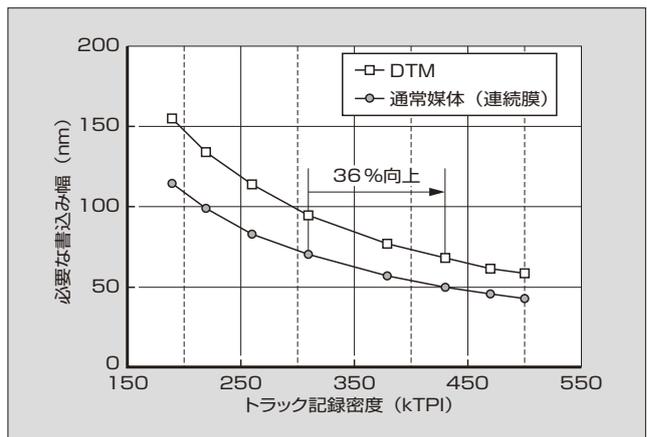


図 3 TPI と磁気ヘッドの記録幅との相関



佐藤 公紀

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次世代媒体開発部次長。計測自動制御学会会員。



熊谷 明恭

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次世代媒体開発部グループマネージャー。応用物理学学会会員。



片野 智紀

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次世代媒体開発部主任技師。日本ライポロジー学会会員、応用物理学学会会員。

媒体全面に形成する必要がある。それにはスタンプを媒体全面に押し付けて一括転写するナノインプリント法<sup>(4)</sup>を用いるが、ここでは全面を均一にインプリントするための圧力シミュレーションと、DTMを試作し、電子顕微鏡などを用いてミクロな観点から評価した結果を紹介する。

2.1 プロセスフロー

DTMの作製フローの例を図4に示す。まず、すでに磁性膜が形成されている媒体表面にレジストを塗布し、ナノインプリント法により凹凸を形成する。これはレジストにスタンプを押し付けて微細な凹凸構造を一括転写する方法である。レジストに熱可塑性樹脂を用い、加熱により樹脂の流動性を増加させてインプリントする熱インプリント方式、室温でもある程度流動性を持つレジスト材料を用いる室温インプリント方式、レジストとして紫外線硬化樹脂を用い、透明スタンプを押し付けながらスタンプ側から紫外線を照射して硬化させるUVインプリント方式がある。凹凸形成されたレジストをマスクとして、媒体をドライエッチングする。媒体は多数の層で形成されているが、DTMでは、隣接トラック同士の磁気的な相互作用がなくなる深さまでエッチングする。

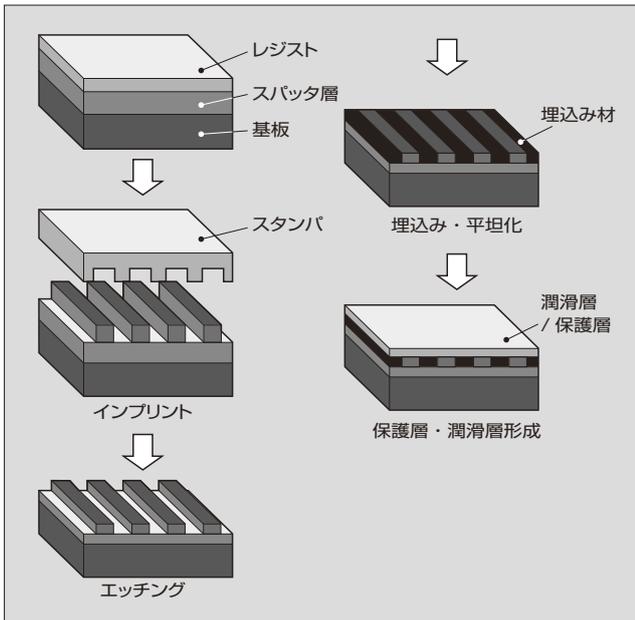
次に、エッチングで形成された溝に非磁性材料を埋め込み、平坦化する。HDDでは、高記録密度化のためヘッドと磁性層とのスペーシングはできるだけ小さく、かつ一定であることが求められる。現在ではヘッドを10nm以下の高さで浮上させていて、埋込み平坦化によりヘッドの浮上安定性を確保している。

最後に、通常の媒体と同様、保護層と潤滑層を形成してDTMとする。

2.2 インプリント圧力シミュレーション<sup>(5)</sup>

インプリントによる凹凸構造形成では、図4で模式的に

図4 DTMの作製フロー



示したような微細なモールド形状をレジストに転写する微細転写技術とともに、それをディスク全面において均一に形成するための技術が必要である。

全面均一なDTMの凹凸形状を得るには、インプリント圧力を均一に保つ必要がある。しかし媒体には、反りや板厚分布があるため、高剛性な機械プレスでインプリントを行う場合、当たり方にむらができ、不均一な圧力分布が発生してしまう。そこで低弾性率の緩衝シートを装置プレス面とスタンプ間に入れてスタンプを媒体に添わせる“ソフトプレス法”を取り入れ、シミュレーションによりインプリント時の圧力解析を行った。プレス時の構成は、上から装置プレス面/緩衝シート/スタンプ/媒体/装置チャック面の片面でのインプリントを仮定した。スタンプ材料はNi、媒体は1.8インチのガラス基板媒体を仮定し、有限要素法ツール ANSYS<sup>(注1)</sup>により三次元の接触解析を行った。

図5は、実際のガラス基板媒体の形状測定例であり、光学的表面測定器 ZYGO<sup>(注2)</sup>で測定したものである。典型的な媒体の形状は碗型(わんがた)あるいは鞍型(くらがた)(図5は碗型の例)となっており、平面度および板厚分布はそれぞれ1μm程度である。シミュレーションでは、媒体形状として平面度および板厚分布がそれぞれ1μmで、上に凸の碗型形状を仮定した。

<注1> ANSYS：米国 ANSYS, Inc. の商標または登録商標

<注2> ZYGO：米国 ZYGO Industries, Inc. の商標または登録商標

図5 ガラス基板媒体の形状測定例

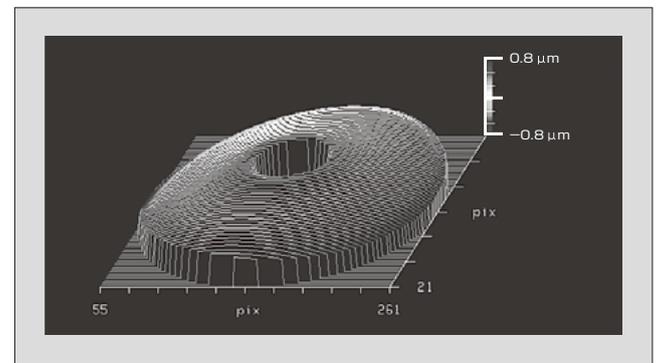


図6 圧力分布シミュレーション結果

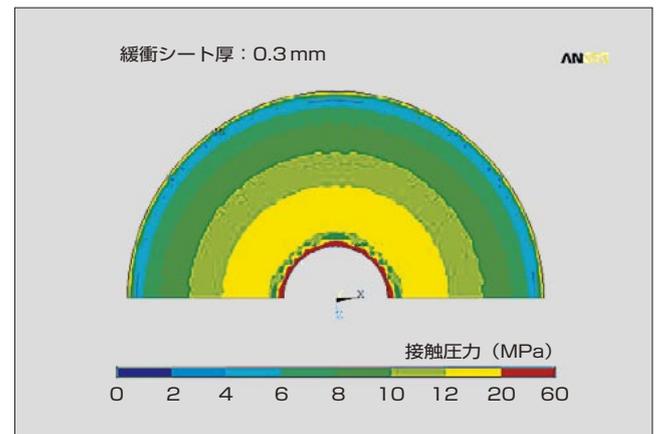


図6に0.3mmの緩衝シートを用い、面平均10MPaの圧力を印加した場合のシミュレーション結果を示す。媒体の大部分の領域でおおむね目標である4MPa以上の圧力が印加できていることが分かる。一方、緩衝シートを入れない場合には中周から外周にかけて非接触領域が現れることが分かっており、緩衝シートの有効性が示された。このことは実験結果とも一致している<sup>(5)</sup>。

### 2.3 DTM 試作

図4に示したプロセスにより、トラックピッチ60nm(423kTPI)の分離データトラックを試作した。図7はイ

図7 インプリント後レジストの走査型電子顕微鏡像

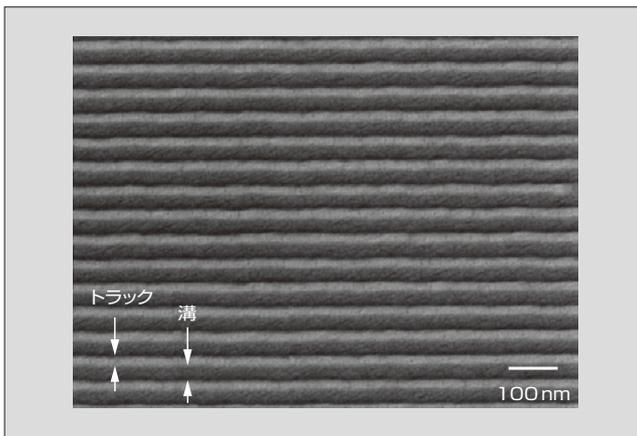
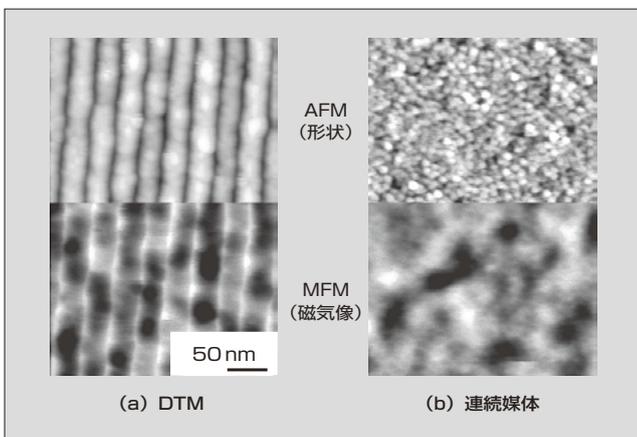


図8 DTM データトラックのAFM像とMFM像



ンプリント後のレジスト面の走査型電子顕微鏡像である。インプリントには熱インプリント方式を用いた。左右方向にトラックと溝が形成されているのが分かる。

図8(a)は、さらにインプリント以降のプロセスも実施して形成したDTMのデータトラック部を原子間力顕微鏡(AFM)と磁気力顕微鏡(MFM)により観察した結果である。ただし、溝と磁化構造の関係がわかるよう、埋込み平坦化とそれ以降のプロセスは実施していない。データトラックの加工後、膜面と垂直に一方方向に磁化し、観察している。図8(b)は、既存の連続媒体に対して、同様の磁化を行い観察した結果である。

MFM像では、連続媒体、加工したデータトラックともに磁気的なコントラストが観察される。これは、一方方向磁化による磁化構造の揺らぎを示していると考えられる。連続媒体では磁化構造がランダム形状で観察されるが、DTM加工品ではトラックに沿ってコントラストの変化が観察されている。トラック間での磁気的干渉が生じておらず、磁気的に分離されたトラックが形成できていることが分かる。

### ③ あとがき

微細な溝を形成するプロセスとして、ナノインプリント技術、ドライエッチング技術を立ち上げ、トラック間隔60nmのDTMを試作した。MFMを用いて観察した結果、トラックが磁気的に分離していることを確認できた。今後は、ヘッド信号評価、信頼性評価を行うとともに、量産化に向けたプロセス開発を進めていく所存である。

### 参考文献

- (1) Lambert, S.E. et al. J.Appl.Phys., 69, 1991, 4274.
- (2) K, Hattori. et al. Fabrication of discrete track perpendicular media for high recording density. IEEE Trans. Magn. vol.40, issue4, 2004, p.2510-2515.
- (3) 浅川直樹. HDDがTバイト時代に“溝”を掘る新媒体で躍進. 日経エレクトロニクス2007年11月19日号. p.89-94.
- (4) Chou, S. Y. et al. Sci. Technol. B14, 1996, p.4129.
- (5) 片野智紀ほか. 第55回応用物理学関係連合講演会講演予稿集. 2008, p.727, 29a-ZL-5.



\*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。