

## 高精度な位置決め制御可能な自己組織化ビットパターンドメディア

### 自然現象を利用した配列制御で大容量HDDを実現する

有機材料の自己組織化を用いたナノバーニングは、10 nm以下の微細パターンを作製できる実力があります。東芝は、HDD（磁気ディスク装置）の更なる大容量化を実現するため、光ディスクや半導体の量産加工プロセスに自己組織化ナノバーニング技術を組み合わせて、ビットパターンドメディア（BPM）の作製に取り組んでいます。

今回、複雑なサーボパターンを含んだガイド溝に自己組織化材料を配列させたBPMを試作し、サーボ信号の精度を評価した結果、高精度の位置決め情報が得られる可能性があることがわかりました。

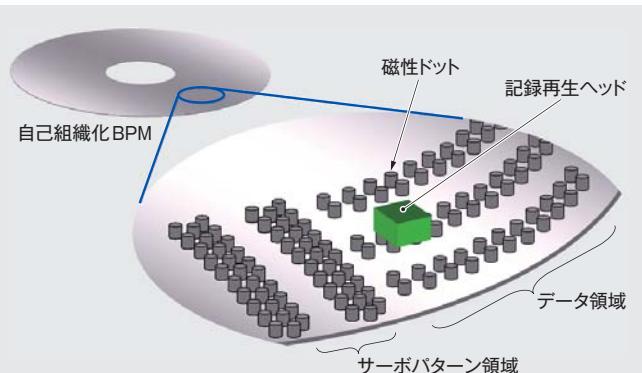


図1. 自己組織化BPM — 記録再生ヘッドの位置決め用サーボパターンと記録ビットを、ナノインプリント技術と自己組織化ナノバーニング技術で作製します。

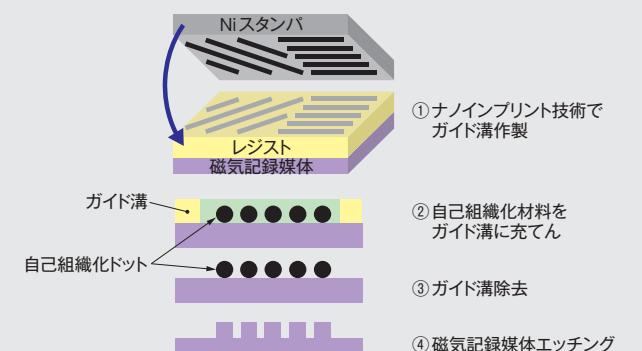


図2. 自己組織化BPMの作製フロー — ナノインプリント技術でガイド溝を製作し、そこに自己組織化材料を充てんすることでドットパターンを作製して、これをイオンビームエッティングのマスクとして使用します。

#### BPM作製上の課題

BPMは、1ビットの大きさに切り取った磁性ドットを配列させた記録媒体で、従来用いられてきたHDD用媒体と比べ高密度記録した際の記録安定性に優れているという利点から、HDD向けの次世代記録媒体として期待されています（図1）。

BPMを作製するうえで最大の課題は、いかにして微細パターンを作製するかという点です。細かなパターンを作製する技術として、自己組織化を起こす材料を用いたリソグラフィが研究されており、サイズとして10 nm間隔以下のドットパターンを作製できることが知られています<sup>(1)</sup>。これは単純計算で10 T（テラ： $10^{12}$ ）ビット/in<sup>2</sup>の記録密度に当たり、2.5型HDDでは12 Tバイトの

容量に相当します。

しかし、自己組織化で得られる微細ドットは、自然で安定な格子配列を取るため、そのままではHDDの記録再生ヘッドの位置決めに必要となるサーボパターンのように人為的なパターン形状に配列させることが困難です。

そこで東芝は、次世代半導体製造プロセスとして期待されている“ナノインプリント技術”を用いて、ナノスケールの凹凸構造を持つニッケル（Ni）スタンバをプレスすることでガイド溝を作製し、そのガイド溝の中に自己組織化材料を充てんすることで人為的な配列制御を行う方法を開発しました<sup>(2)</sup>。

次の課題として、記録再生ヘッドの位置決めに用いるサーボパターンの品質が挙げられます。サーボパターンは複雑であるため、前述の自己組織化配列で

構成したサーボパターンがHDDの動作に必要な精度を持つかは未知数です。自己組織化技術で作製した磁性ドットのサイズばらつきは、サーボ信号出力ノイズに影響し、記録再生ヘッドの高精度動作の阻害要因になると考えられます。そこで、サーボパターン領域とデータ領域の両方を自己組織化でパターン化したBPMを作製して、その信号品質を評価しました。

#### 自己組織化BPMの作製

自己組織化を用いたBPM作製方法を図2に示します。サーボパターンを含んだ配列制御用ガイド溝をナノインプリント技術で作製し、そこに自己組織化材料を充てんして、熱処理を加えることにより、溝に沿って配列したドットパターンを作製しました。このドットバ

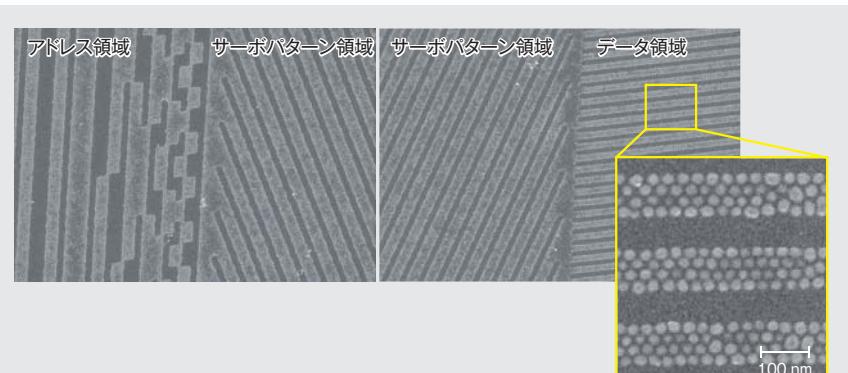


図3. 自己組織化BPMのSEM像 — 構のように見えるパターンは35 nm間隔の磁性ドット（平均サイズ28 nm）列で構成されています。

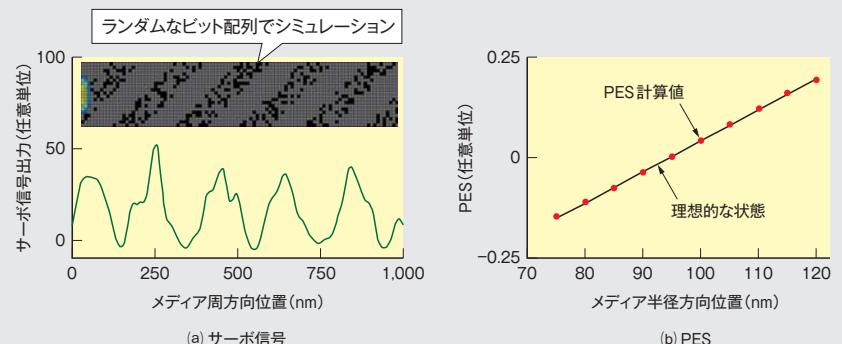


図4. サーボ信号波形とPESの計算結果 — ドット配列にランダムなモデルを用いたため、サーボ信号出力は大きくばらついていますが、PESは(b)のように線形性が良く、1.5 nmの位置決め精度で記録再生ヘッドを制御できる可能性があることがわかりました。

ターンをマスクとしてイオンビームエッティングを用いて磁性体を削ることで自己組織化BPMを作製しました。

図3は、作製した自己組織化BPMのアドレス領域、サーボパターン領域、及びデータ領域を撮影した低倍率の走査型電子顕微鏡（SEM）像です。拡大図からわかるように、一見構のように見えるパターンは35 nm間隔の磁性ドット列で構成されています。磁性ドットの平均サイズは28 nmで、ドットサイズ分散は16 %でした。ドットサイズ分散が大きめの値になったのは、配列制御用ガイド幅が最適化されていないためと考えています。

今後、データ領域及びサーボパターン領域のすべてにわたり、ドットサイズ分散を小さくできるようにガイド設計を進めていく計画です。

#### サーボパターンの特性評価

ドットサイズ分散が位置誤差信号（PES）にどの程度影響を与えるかをシミュレーションで見積もりました。

サーボ信号とPESの計算結果を図4に示します。サイズ分散によってドットピッチがばらつく最悪の場合として、(a)の挿入図に示すようなドット配列が完全にランダム化したモデルを用いました。ランダム配置のため、計算で得られたサーボ再生波形は、(a)のように信号出力が大きくばらついています。しかし、この波形から計算したPESは、(b)のように線形性が良く、線形誤差は1.5 nmと見積もられました。

HDDでは、記録再生ヘッドの位置はPES信号によって制御されます。得られた結果は、モデル検討ではあります

が、記録再生ヘッドを1.5 nmの位置決め精度で制御できることを示唆しています。今回の検討で、自然現象を利用した自己組織化BPMでも、高精度の位置決め情報が得られる可能性があることがわかりました。

#### 今後の展望

有機材料の自己組織化を用いたナノバーニングは、10 nm以下の微細パターンを作製できる実力がありますが、デバイスとして動作するための精度が得られるかどうかが実用化の鍵になります。精度向上には、自己組織化材料の精製はもちろんのこと、データ領域、サーボパターン領域の両方で配列が乱れないガイド溝の設計を進める必要があります。

当社は、将来にわたってHDD記録密度のトレンドをけん引し続けていくため、光ディスクや半導体のプロセス技術だけでなく、他分野の技術を積極的に導入し、更なる大容量HDD媒体の実現に向けてチャレンジしていきます。

なおこの研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発（グリーンITプロジェクト）」の支援を受けて実施しました。

#### 文献

- (1) Park, S., et al. Macroscopic 10-Terabit-per-Square-Inch Arrays from Block Copolymers with Lateral Order. *Sience*. 323, 2, 2009, p.1030–1033.
- (2) 櫻井正敏, ほか, 磁気量子ドットが配列した次々世代記録媒体“パターンドメディア”. 東芝レビュー. 57, 12, 2002, p.52–55.

鎌田 芳幸

研究開発センター  
記憶材料・デバイスラボラトリー主任研究員