

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

ポリマーを並べてリソグラフィの限界を超える

ハードディスクドライブ(HDD)の大容量化への要求は強まるばかりです。今後大容量化を実現する技術の中で、ビットパターンメディアと呼ばれる記録媒体技術が有力な候補とされています。ビットパターンメディアでは、25 nm間隔以下で磁性体ドットを作製する必要があり、LSIの製造で用いられているリソグラフィをもってしても実現が困難です。このようなビットパターンメディアの作製方法として自己組織化現象を用いた方法が注目されています。

東芝は、ブロックコポリマーの自己組織化現象により形成される規則配列を、ビットパターンメディアの作製に応用する研究開発を進めています。

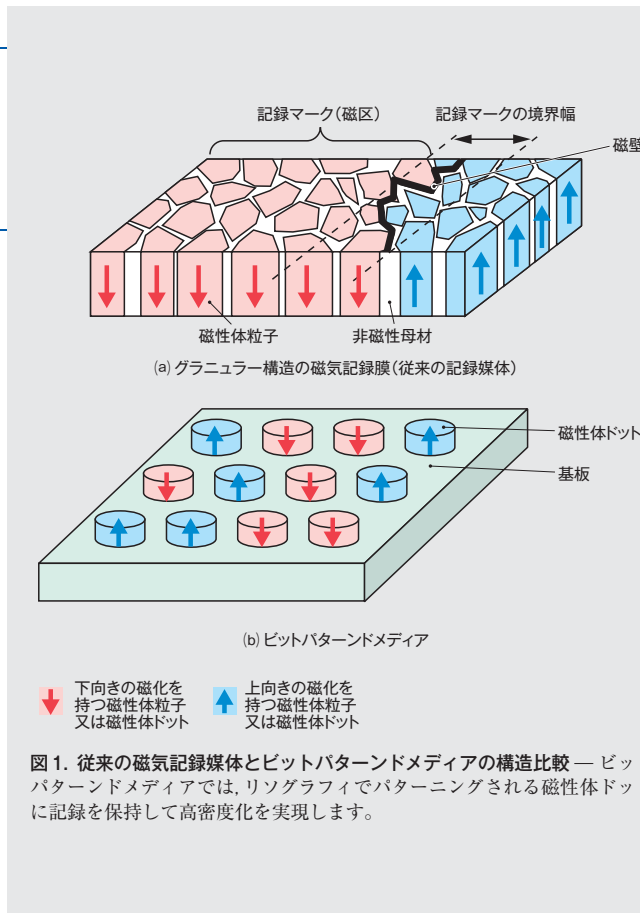


図1. 従来の磁気記録媒体とビットパターンメディアの構造比較 — ビットパターンメディアでは、リソグラフィでパターンニングされる磁性体ドットに記録を保持して高密度化を実現します。

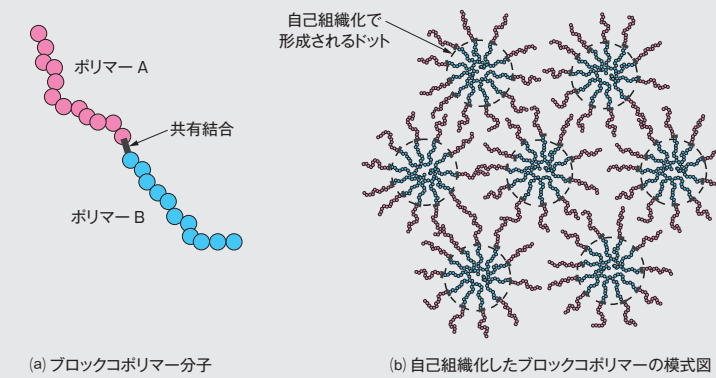


図2. ブロックコポリマーの自己組織化 — ブロックコポリマーは2種類のポリマー種が繋がったもので、同じポリマー種が集まろうとすることで規則配列パターンを形成します。

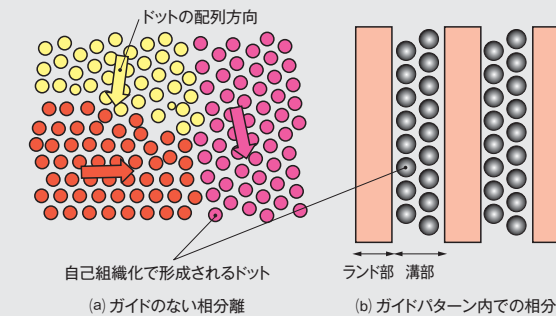


図3. ガイド凹凸パターンによる自己組織化の配列方向制御の概念(平面図) — ランダムな方向に配列した自己組織化のパターンを、微細なガイド溝により一つの方向にそろえることができます。

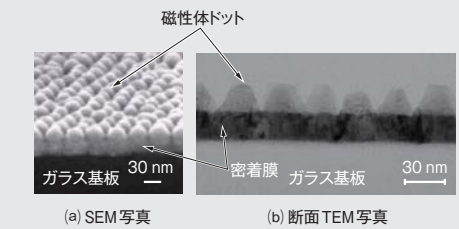


図4. 自己組織化を利用した微細加工による磁性体ドットの例 — ブロックコポリマーの自己組織化による30 nm間隔のドットパターンをマスクとして、磁性体薄膜をエッチングして作製しています。

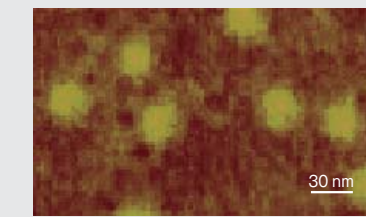


図5. 磁性体ドットの磁化分布 — 磁気力顕微鏡により磁化分布を観察すると、孤立した磁性体ドットに対応する磁化が確認できました。黄色の部分が周囲のドットと逆向きの磁化を持ったドットです。

磁気記録の限界を超えるビットパターンメディア

HDDで現在使われている記録媒体としては、図1(a)に示すように、一つ一つが孤立した磁石である磁性体粒子が集まった、グラニュー構造の磁気記録膜が用いられています。このような記録膜では、最小の記録マークである1ビットは数十個の磁性体粒子に対して書き込まれます。記録マークの境界は、磁性体粒子の大きさで決まるため、グラニュー構造の記録膜で大容量化を進めるには、磁性体粒子の微細化を進める必要があります。

現在の数倍程度の記録密度である1T(テラ：10¹²)ビット/in²まではグラニュー構造が適用できると予想されていますが、それ以上に高密度化を進めようとする、個々の磁性体粒子

が小さくなりすぎて、磁石としては不安定になってしまいます。つまり、記録したマークが不安定になり、消えてしまうようになるのです。

これを克服するために、ビットパターンメディア(図1(b))では、磁性体から成る一つのドット(磁性体ドット)に1ビットを記録します。このような記録を実現するためには、磁性体ドットの大きさや位置をそろえることが必要です。1Tビット/in²の記録密度を実現するためには、磁性体ドットを25 nm間隔で一つずつ配置しなければなりません。

自己組織化によるパターン形成方法

このような高密度な磁性体ドットを形成することは、LSIデバイスで研究されている、最先端のリソグラフィ技

術をもってしても容易ではありません。しかも、HDDの最大の利点である低ビットコストを維持するには、使用するリソグラフィ技術が低コストであることが重要です。

東芝は、この二つの相反する課題を克服するために、ポリマー材料の自己組織化現象により形成される、規則配列パターンを利用するリソグラフィ技術の研究開発に取り組んできました。

図2は、当社が用いているブロックコポリマーの自己組織化現象について説明したものです。ブロックコポリマーは2種類の異なるポリマー鎖からなる高分子で、異なるポリマーは反発し、同じポリマーどうしが集まろうとするために、規則性の高い配列パターンを自動的に形成します。パターンのサイズは合成するポリマーの分子量により変えられるため、高価な描画

装置は必要なく、十数nm～数十nmの間隔で配列した微細パターンを得ることができます。

回転するディスク上の磁性体ドットへ記録/再生ヘッドでアクセスするためには、自己組織化で形成されるパターンを、円周的に規則的に配列させる必要があります。そのため当社は、ガイド凹凸パターンによる自己組織化の配列方向の制御方法も検討しています(図3)。ガイド凹凸パターン上でブロックコポリマーを自己組織化させると、ガイドの2次元形状に応じて規則配列の方向を制御することができます。

30 nm間隔の磁性体ドットの作製

ブロックコポリマー自体は、記録媒体ではないので、ブロックコポリマーの形成する高密度パターンを磁性体に

転換する必要があります。当社は、ブロックコポリマーの形成するパターンを鋳型にして磁性体薄膜をエッチングする、マスクの作製プロセスも開発しました。図4は、このマスクを用い、磁性体薄膜にパターンを転写して作製した磁性体ドット配列の例です。このとき用いたブロックコポリマーは、30 nm間隔のドット配列を形成できるものです。これは、ほぼ1Tビット/in²級のドット密度となります。得られた30 nm間隔の磁性体ドットは、エッチング加工後であっても、磁気的に高い安定性を維持していることも確認されています。

図5には、磁気力顕微鏡によって観察されたビットパターンメディアの磁化分布像を示しました。この像からは、単一の磁性体ドットが上向き下向きのどちらかの磁化を持っているこ

とが確認できます。これは、得られた磁性体ドットが1ビットの記録を保持できることを示しています。

今後の展望

ビットパターンメディアでは、ここで紹介したような微細加工技術を製造工程に導入することになり、記録媒体の製造技術を大きく変える必要があります。このような変化を起こしていくためには、1Tビット/in²以上の記録密度まで適用できる技術であることを示すことが重要と考えています。今後も更に微細化を進め、ストレージデバイスの高密度化に貢献していきます。

稗田 泰之

研究開発センター
記録材料デバイスラボラトリー主任研究員