

HAMR を用いた2つの記録層をもつビットパターンドメディアの検討 Heat-Assisted Magnetic Recording on Dual Structure Bit Patterned Media

山根輝、Simon John Greaves、田中陽一郎
東北大学電気通信研究所

Hikaru Yamane, Simon John Greaves and Yoichiro Tanaka
RIEC, Tohoku University

はじめに

磁気記録の更なる記録密度の向上のため、熱アシスト磁気記録 (HAMR) 技術が期待されている。本研究では、高い記録密度の実現のため、キュリー温度 (T_C) の異なる2つの記録層をもつビットパターンドメディア (BPM) を想定して、2つの記録層に選択的に記録を行うシミュレーションを行い、最適な T_C の組み合わせを調査した。また、その組み合わせで得られる記録密度を計算した。

シミュレーションモデル

直径 6nm のシリンダー型ドットが Down-track 上に 10nm 間隔で並べられた BPM を想定し、メディアの磁化をマイクロ磁気モデルを用いて Landau-Lifshitz-Bloch (LLB) 方程式に基づいて計算した。モデルの構成は、下層から軟磁性層/非磁性層 (5nm)/記録層 1(5nm)/非磁性層 (2nm)/記録層 2(5nm)/空気 (3nm)/書き込みヘッドで、各記録層は異なる T_C (T_{C1}, T_{C2}) を持っている。 T_C 以外の磁性パラメータは等しい。ここで、 $T_{C1}=460\text{K}$, $T_{C2}=550\text{K}$ の場合について、保磁力の温度変化を調べた結果を図1に示した。低い T_C (この場合 T_{C1}) 付近における二層の保磁力の差を利用して、片方一層へ選択的に記録する。

メディア表面上のヒートスポットの強度はガウス分布をもち、その半値全幅は 20nm とした。記録する際は、最大温度 (T_{max}) がターゲット層の T_C より 10K 高くなるように設定し、両層間の垂直方向の温度勾配はないものとした。 T_{max} が high- T_C より高くなるようにして両層反転させる high モードと、 T_{max} が low- T_C より高く high- T_C より低くなるようにして T_C が低い層のみ反転させる low モードの、2つのモードによって選択的記録を実現させる。

ヘッドは 10m/s でメディア表面上を動き、3 ビット分磁界を印加した。ターゲット層の磁化について、100 回のシミュレーションでの反転回数から反転した確率を算出した。この操作を、Down-track 方向にドットを 0.1nm ずつ動かしながら行った (図2参照)。ここで Down-track 上で 8nm 幅の記録窓を定義し、記録窓の平均確率が最大となる時、その平均値を反転確率とした。この際、high モードではターゲット層 (高い T_C 層) のみを計算したが、low モードではターゲット層 (低い T_C 層) から非ターゲット層 (高い T_C 層) の値を、各点において差し引いて計算した。さらに両モードで得られた確率を乗算して、その結果をその T_C の組み合わせにおける最終的な反転確率として評価した。

結果

T_{C1}, T_{C2} をそれぞれ 450K~600K, 450K~750K の範囲で 10K ずつ変化させた結果、 $(T_{C1}, T_{C2})=(460\text{K}, 550\text{K})$, $(530\text{K}, 460\text{K})$ 周辺で反転確率が高くなった。記録窓の後方 (Down-track 負方向) で磁化が上書きされてしまう現象 (erase-after-write) が見られたので、その分を差し引いた反転確率はそれぞれ 0.9883, 0.9816 となった。

ドットの数を増やして周囲のドットから受ける静磁界の影響を考慮した結果、それぞれ 0.9867, 0.9800 となった。

Cross-track 方向にドットを動かしてヘッド磁界の影響を受ける距離を調べた結果、最小のトラックピッチ (TP) は 11.2nm, 10.9nm であった。ドットが標準偏差 1.2nm の位置分散を持つことを仮定すると最小の TP は 14.8nm, 14.5nm となった。ドットピッチ 10nm で面記録密度を計算し、シャノンの式 [1] からユーザー面記録密度を求めた結果、 $(460\text{K}, 550\text{K})$, $(530\text{K}, 460\text{K})$ の条件でそれぞれ $7.82\text{Tbit}/\text{in}^2$, $7.64\text{Tbit}/\text{in}^2$ の高い記録密度が得られた。

メディアの製造や読み取り技術など取り組むべき課題はまだ多く残っているが、本研究は未来の高密度記録システムの実現に有益な示唆を与えるものである。

参考文献

[1]C. E. Shannon, The bell System Technical Journal, vol.27, pp. 623-656, Oct. 1948

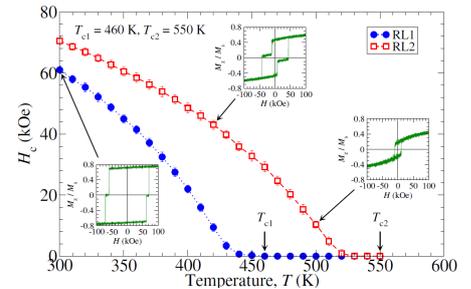


図1 (460K, 550K) の場合における保磁力の温度依存性

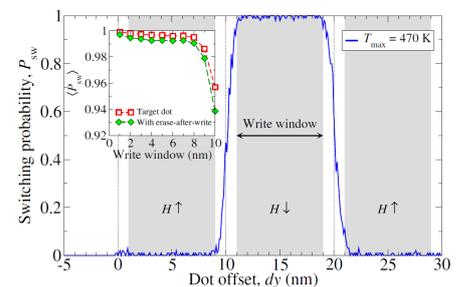


図2 $T_{C1}=460\text{K}$, $T_{max}=470\text{K}$ のときの、Down-track 上で記録層1の反転確率