

HDMR において高記録密度達成のためのドットのばらつきの条件

Dot dispersion Conditions for Achieving High Recording Density in HDMR

松島 直史 赤城 文子

Naofumi Matsushima, Fumiko Akagi

工学院大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻

Graduate School of Electrical Engineering and Electronics, Kogakuin University

1. はじめに

磁気ディスク装置 (hard disk drive : HDD)において、テラビット級の高記録密度化を阻む問題が媒体雑音、熱安定性、ヘッド磁界強度不足のトリレンマ問題である。これを解決する方法として、熱アシスト磁気記録(heat assisted magnetic recording : HAMR)とビットパターン媒体(bit patterned media : BPM)を組み合わせた記録方式(heated dot magnetic recording : HDMR)が提案されている[1]。BPM は、ドット径及びドット間空隙を狭小化することで記録密度を向上することができる。しかし、実際の BPM は磁性ドットの大きさ、位置、キュリー温度 T_c がばらついており、これらのばらつきをすべて考慮して計算する必要がある[2]。先行研究では熱揺らぎによるエラーをなくすため、媒体の異方性磁界(異方性定数) H_k を増加させてドットのばらつきの許容条件を検討した。その結果、径と位置のばらつきはそれぞれ 6%と 5%まで広げられることを確認した[2]。本検討では、ドットの大きさ、位置、キュリー温度 T_c がすべてばらついているときのビットエラーレート(BER)を検討した。

2. 計算方法

HDMR 方式の記録過程の計算には、(1)式に示す Landau-Lifshitz-Bloch (LLB)方程式を用いた。

$$\frac{\partial \vec{m}}{\partial t} = -\gamma [\vec{m} \times \vec{H}_{eff}] + \gamma \alpha_{\parallel} \frac{(\vec{m} \cdot \vec{H}_{eff}) \vec{m}}{|\vec{m}|^2} - \gamma \alpha_{\perp} \frac{[\vec{m} \times (\vec{m} \times \vec{H}_{eff})]}{|\vec{m}|^2} \quad (1)$$

ここで、 \vec{m} は磁化、 t は時間、 γ はジャイロ磁気定数、 α はダンピング定数、 M_s は飽和磁化、 \vec{H}_{eff} は実効磁界である。媒体は、材料に FePt を用いたビットパターン媒体を仮定した。キュリー温度 T_c は 600 K、室温 (298 K) で M_s は 1.16 T、異方性磁界 H_k は 4000 kA/m、熱揺らぎ安定性の指標 $K_u V / k_B T$ は 226 とした。磁性粒子(ドット)は円柱としダウトラック方向に 1536 個、クロストラック方向に 8 個を仮定した。ドットの膜厚は 8 nm、ドット径は 8 nm とした。ドットピッチはダウトラック方向、クロストラック方向ともに 12 nm とした。このとき面記録密度は 4.48 T bit/inch² となる。ドット径、位置の分布は正規分布に従うものとし、標準偏差/平均(変動係数)を変化させた。熱分布は 3 次元ガウス分布を仮定し、最大上昇温度は 250 K、半値幅は 20 nm とした。ドットに印加される膜厚中心のヘッド磁界強度は 1228 kA/m とした。ドットの初期磁化は +DC 方向、ヘッド・媒体間の相対速度は 10 m/sec とした。BER は記録トラックのエラーレートを評価した。定義は、(エラードット数 / 記録トラックドット数) × 100 % とし、BER の許容範囲を 0.1%以下と定義した。

3. 計算結果と考察

図 1 に BER が許容範囲を満たす各ドットのばらつきを示す。図は T_c のばらつきの関数としてドット径のばらつきとドット位置のばらつきを変えた結果である。塗りつぶしの記号は BER が許容範囲内であり、白抜きの記号は許容範囲を超える条件である。図より、 σT_c が 2% であると BER は 0.1% を超えるという厳しい結果となった。位置のばらつ

きと径のばらつきを比較すると位置のばらつきの方が強い律速条件となることがわかった。しかし、 T_c がばらつくことによって位置のばらつきよりも径のばらつきの許容条件の減少率が大きいといえる。これは、表 1 に示すように両要因に共通する熱揺らぎが原因と考えられる。

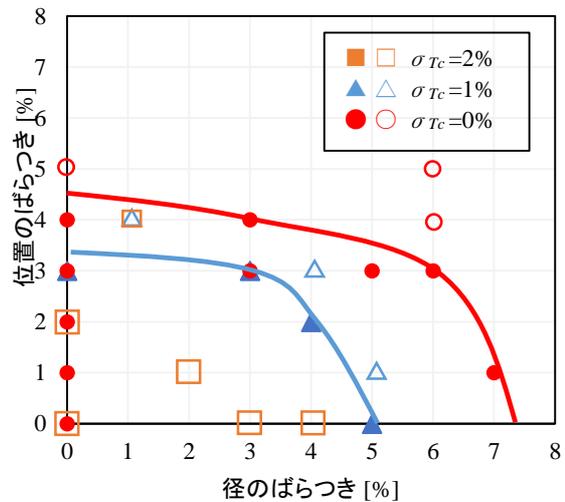


図 1 BER が許容範囲を満たす各ドットのばらつき

表 1 各ドットのばらつきにおける BER 増加の原因

要因	径	位置	T_c
エラーの原因	熱揺らぎ	記録時間の不足	熱揺らぎ (低 T_c)
			H_k の減少不足 (高 T_c)

4. まとめ

ドットの大きさ、位置、キュリー温度 T_c がすべてばらついているときの BER が許容範囲となる条件を検討した結果、 T_c のばらつきが最も厳しい律速条件となることがわかった。発表では、COMSOL Multiphysics[3]を用いて HDMR の記録計算を行った結果についても報告する。

謝辞

本研究で用いたプログラムは(株)日立製作所から貸与されているものです。

参考文献

- [1] F. Akagi, M. Mukoh, M. Mochizuki, J. Ushiyama, *J. Magn. Magn. Mater.* **324**, pp. 309-313, 2012.
- [2] 松島直史, 赤城文子, 信学会, C-7-2, 2020.
- [3] COMSOL Multiphysics, <https://www.comsol.jp>