

記録層磁性粒子の位置分散制御によるジッタノイズの抑圧

原彬大、村岡裕明

(東北大学電気通信研究所)

Suppression of jitter noise by controlling position distribution of magnetic grains

A. Hara, H. Muraoka

(RIEC, Tohoku Univ.)

1. まえがき

現在広く使われているグラニューラ媒体を用いた高密度記録の実現ができれば大きな意味を持つ。そこで、通常位置に規則性のないグラニューラ媒体に位置に規則性を持たせた場合のジッタノイズの挙動を以前の研究で検討した[1]。本検討では、粒子位置に規則性のないグラニューラ媒体を比較対象とした場合の結果について報告する。

2. 計算方法とシミュレーション結果

数値計算の方法として磁性粒子のモデリングにポロノイセルを用いる。粒子の直径、粒径分散、位置分散等は母点位置によって決定される。粒子位置規則性を失わせた通常のグラニューラ媒体のモデリングには Lloyd's algorithm[2]を用いて、位置に規則性があるものはグレインピッチ(8.86 nm)となる間隔で母点を格子状に置き、そこに正規分布に従った揺らぎを母点位置に与えた。この時の揺らぎの標準偏差を位置分散(nm)とし、粒径はセルと同面積の円の直径として計算し、粒径分散は平均粒径に対する標準偏差(%)で表す。セルの作成、磁化反転方向の計算、得られる磁化の計算、再生波形の計算を、繰り返し行う事により転移ジッタを計算した。Fig.1 に作成したポロノイセル(左図)の例と、その重心位置の分布図(右図)を示す。重心位置の分布図から(a)には強い位置の規則性が、(b)には弱い位置の規則性が、(c)には位置の規則性がないことが確認された。

Fig.2 に書き込み時の電流反転位置を変化させた場合のジッタノイズを示す。粒子位置に規則性がない場合書き込み位置によりジッタノイズは変化しないが、位置に規則性がある場合、グレインピッチの中間地点でヘッドが書き込みを行った場合大きくジッタノイズを低減できる。

3. まとめ

磁性粒子位置の規則性を導入し、書き込み位置を同期することにより、通常のグラニューラ媒体では達成できない値までジッタノイズを低減できることを示した。

参考文献

- 1) A. Hara, H. Muraoka, J. Appl. Phys.115, 17, B730, 2014.
- 2) M.Yamashita. et al, IEEE Trans. Magn, 47,10 , 3558-3561, 2011.

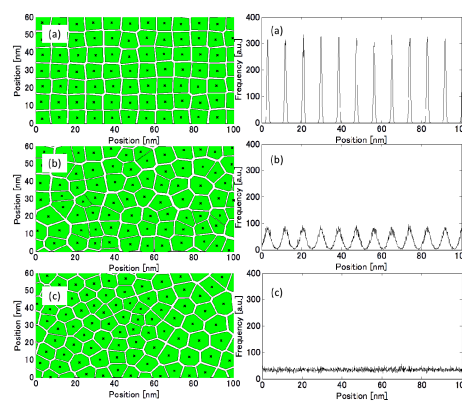


Fig.1 Modeled Voronoi cells(left) and Corresponding histogram of grain positions(right). (a) position distribution= 0.4 nm, diameter distribution 2 % (b) position distribution= 1.5 nm diameter distribution 10 % (c) diameter distribution 10 % [Lloyd's]

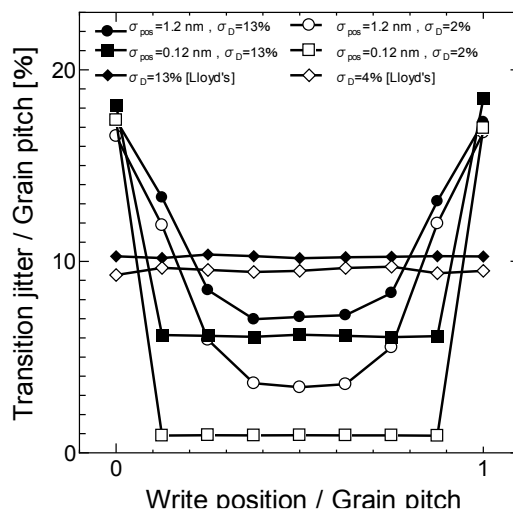


Fig.2 Transition jitter dependence on writing position

面内記録磁場が層厚比の異なる ハードディスクのトランジションノイズに及ぼす影響

小室彰也, 富山直樹, 江畑一輝, 杉田龍二
(茨城大)

Influence of in-plane recording field on transition noise of hard disks with various layer thickness ratio

A. Komuro, N. Tomiyama, K. Ebata and R. Sugita
(Ibaraki Univ.)

はじめに ハードディスク(HD)の高記録密度化, 大容量化のためには, トランジションノイズの低減が必要不可欠である. 記録層が Granular 層と Cap 層から成る積層媒体の消磁磁区構造は磁場印加方向に依存し, 面内磁場印加によって消磁すると, 消磁ノイズが低下する^{1),2)}. 本研究では, Granular 層と Cap 層の層厚比が異なる積層媒体に信号を記録した場合に, 記録磁場の方向がトランジション部における漏れ磁場分布に及ぼす影響を検討した.

実験方法 Granular 層厚 8 nm, Cap 層厚 8 nm である記録密度 120 Gb/in² の市販 HD(以後媒体 A と称する), Granular 層厚 12 nm, Cap 層厚 2 nm である記録密度 700 Gb/in² の市販 HD(媒体 B), 及び媒体 B において Cap 層を除去した Granular 層のみの媒体(媒体 C)に, 磁気転写法を用いてビット長 100 nm のライン&スペースパターンを記録した. 記録する際には上記媒体とマスター媒体を接触させ, 法線からの角度 θ が 30° 及び 90° の方向に外部磁場を印加した. 漏れ磁場分布は磁気力顕微鏡(MFM)によって観察した.

実験結果 Fig. 1 に, 媒体 A, B 及び C に対し, $\theta = 30^\circ$ 及び 90° の印加磁場によって記録した場合の MFM 像を示す. MFM 像において, 暗部が初期磁化部, 明部が記録によって磁化が反転した部分である. Fig. 1 より, 層厚比の異なる媒体 A, B, C いずれにおいても, $\theta = 30^\circ$ で記録した MFM 像に比べて 90° はトランジション部の漏れ磁場変動が少なくなっており, トランジションの直線性が増していることが分かる. MFM 像をクロストラック方向に 5 nm 間隔でストライプ状に分割し, それぞれのストライプにおけるトランジション位置を測定して, その位置と頻度の関係から求めたトランジション位置分散の標準偏差 σ を Fig. 1 中の各 MFM 像の下に示してある. σ は媒体 A, B 及び C のいずれにおいても, $\theta = 30^\circ$ に比べて 90° の方が小さくなっている. 以上より, Granular 層と Cap 層との層厚比の相違がトランジションノイズに及ぼす影響は殆ど見られず, 面内成分の多い記録磁場の方が幅の狭いトランジションを形成できると言える. Fig.1 の結果は, 記録磁場の面内成分が増えると磁区サイズが小さくなることによってトランジションノイズが低減されると解釈でき, 消磁磁場方向と消磁磁区構造との関係を反映している¹⁾⁻³⁾.

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 C(24560394)により行われました. ここに深謝致します.

参考文献

- 1) S. Sato, Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita: *IEEE Trans. Magn.*, vol. 48, p. 3181 (2012).
- 2) Y. Yamaguchi, S. Sato, T. Komine, and R. Sugita: *IEEE Trans. Magn.*, vol. 49, p. 3584 (2013).
- 3) E. Noel Abarra, Paramjit Gill, B. Ramamurthy Acharya, Jianing Zhou, Min Zheng, Gunn Choe, and Brian Demczyk: *IEEE Trans. Magn.*, vol. 41, p.3127 (2005).

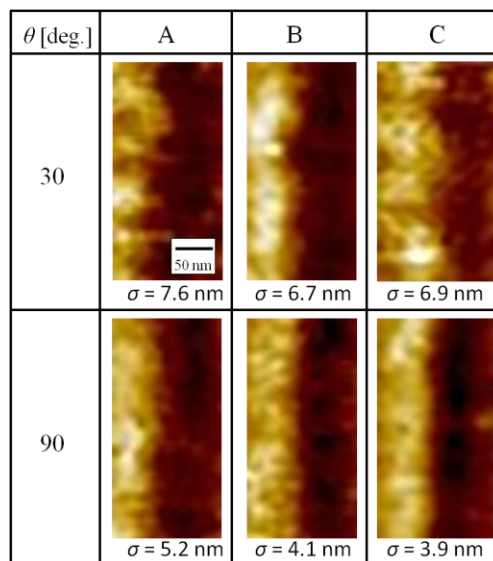


Fig.1 MFM images near transition area.

SMR におけるヘッドスキュー角に対するビット誤り率特性

仲村 泰明, 大沢 寿, 岡本 好弘, 金井 靖*, 村岡 裕明**
(愛媛大学, *新潟工科大学, **東北大学)

Bit Error Rate Performance for Head Skew Angle in Shingled Magnetic Recording

Y. Nakamura, H. Osawa, Y. Okamoto, Y. Kanai*, H. Muraoka**

(Ehime University, *Niigata Institute of Technology, **Tohoku University)

はじめに

ハードディスク装置の高密度化を実現する次世代の記録方式としてシングル磁気記録(SMR : shingled magnetic recording)¹⁾の導入が期待されている。SMR はトラック間にガードバンドが無い場合、隣接トラックに与える記録滲みの影響がヘッドスキュー角に依存する可能性がある。本検討では、トラックピッチを一定とした SMR 記録・再生系モデルを用いて再生波形を取得し、ビット誤り率(BER : bit error rate)特性を求めてヘッドスキュー角依存性について評価する。

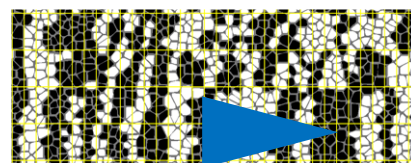
記録再生シミュレーション

本記録再生シミュレーションモデルでは、離散グラニューラ媒体モデル²⁾に、トレーリングシールドと主磁極の片側(図の上側)にサイドシールドを有する物理的な記録トラック幅が 50 nm, 主磁極の偏角が 75° の二等辺三角形の記録ヘッド³⁾を用いて記録し、MR 素子の周りをシールドした再生ヘッド²⁾で再生する。Fig. 1 に、PRBS (pseudo random binary sequence) を記録した磁化パターンを示す。但し、(a)~(c)はスキュー角がそれぞれ 0, -15, +15 deg の場合を示し、ビット長を 7.3 nm, トラックピッチを 22.1 nm としている。図中の格子状の実線はビット境界、三角は記録ヘッドの主磁極を示している。図より、(a)に対して (b), (c)の場合には記録磁化パターンがスキュー角に応じて傾斜し、(c)の+15 deg の場合にはトラックの境界が滲み、イレーズバンドが延びているのがわかる。Fig. 2 に、スキュー角に対する BER 特性を示す。但し、再生ヘッドはトラックの中央を走査し、システム雑音を加えていない。また、PR1ML 方式を適用している。図より、負の向きのスキュー角に対して BER の劣化は小であるが、正の方向に対してはイレーズバンドにより大幅に BER が劣化することがわかる。

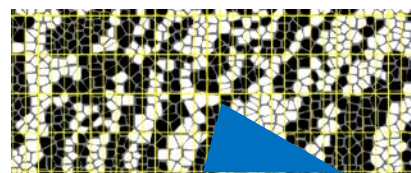
謝辞 本研究の一部は、情報ストレージ研究推進機構(SRC)と科学研究費補助金(若手研究(B):25820161, 基盤研究(C):26420358)の助成のもとに行われたものであることを付記し謝意を示す。

参考文献

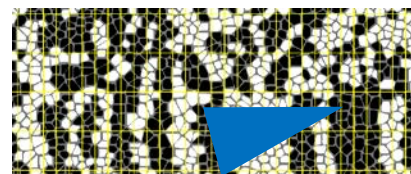
- 1) R. Wood et al., IEEE Trans. Magn., **45**, 917 (2009).
- 2) M. Yamashita et al., IEICE Trans. Electron., **E96-C**, 1504 (2013).
- 3) Y. Kanai et al., IEEE Trans. Magn., **47**, 715 (2010).



(a) Skew angle : 0 deg



(b) Skew angle : -15 deg



(c) Skew angle : +15 deg

Fig. 1 Magnetization patterns for head skew angle

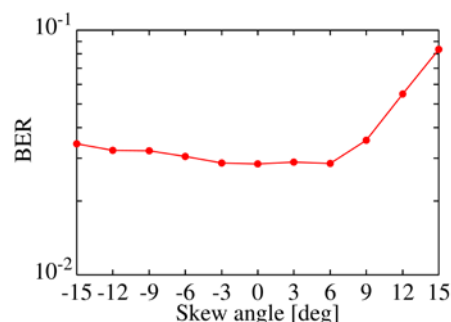


Fig. 2 BER performance for head skew angle (PR1ML system, w/o system noise)

4Tbits/inch²級のマイクロ波アシスト磁気記録シミュレーション

柏木翔太, 田中輝光, 金井靖*, 松山公秀
(九州大学, *新潟工科大学)

Microwave-assisted magnetic recording simulation aiming 4 Tbits/inch²

S. Kashiwagi, T. Tanaka, Y. Kanai* and K. Matsuyama
(Kyushu University, *Niigata Institute of Technology)

はじめに

次世代 HDD 実現のための新技術としてマイクロ波アシスト磁気記録(MAMR)¹⁾が期待されている。高 Ku 材料を用いた信号記録には MAMR と併せて交換結合複合(ECC)媒体²⁾の適用が効果的であることがわかっている。本研究では計算機解析により 3 層の磁性体からなる ECC 媒体を想定し、4 Tbits/inch²級の将来の超高密度記録の実現に向けて MAMR と互記録³⁾を併用した信号記録・再生特性について検討した。

計算方法

記録媒体モデルとして、Fig. 1 に示すような 3 層の磁性層を有する平均粒径 4.6 nm のボロノイ形状の磁性粒が 2 次的に配置されているものを想定した。総膜厚は 12 nm である。磁化挙動計算は LLG 方程式を用いて行った。記録ヘッドには Fig. 1 に示すトレーリングシールドを有する互記録用単磁極ヘッドと軟磁性裏打ち層の組み合わせを想定し、有限要素法計算により磁界分布を求めた。マイクロ波磁界発生源としてスピントルクオシレータ⁴⁾を想定し、10×20×20 nm³サイズの磁界発生源層(FGL)が主磁極・トレーリングシールド間に配置されているものとした。記録媒体の磁気特性は熱安定性指標を 60 (@ 350 K)保持できる程度とした。

計算結果

本モデルにおいては 15~25 GHz でマイクロ波アシストの効果が見られており、単トラック記録における再生信号の SNR は 20 dB 程度である。Fig. 2 にトラックピッチ(TP) 20 nm の場合の記録ビットパターンを示す。同図から明瞭なビットパターンが記録されていることがわかる。Fig. 3 に SNR のトラックピッチ依存性を示す。なお、本データは Fig. 2 に示す 200 kbp/track の信号の SNR である。TP が減少するに従って残留トラックが狭小化するため SNR が低下することがわかる。しかしながら本モデルにおいては、TP=20 nm において、19 dB の SNR を保持しており、最大トラック密度 1.27 Mtpi が実現可能であると推測される。また、1600 kbp/track の記録信号出力は 200 kbp/track の信号出力の 35%程度得られており、本モデルにおいては 4 Tbits/inch² 相当の記録性能が期待できる。

参考文献

- 1) J. G. Zhu et al., *IEEE Trans. Magn.*, **44**, pp. 125-131 (2008).
- 2) R. H. Victora, *IEEE Trans. Magn.*, **41**, 537(2005).
- 3) S. Greaves et al., *IEEE Trans. Magn.*, **45**, 3823-3829 (2009)
- 4) X. Zhu et al., *IEEE Trans. Magn.*, **42**, pp. 2670-2672 (2006).

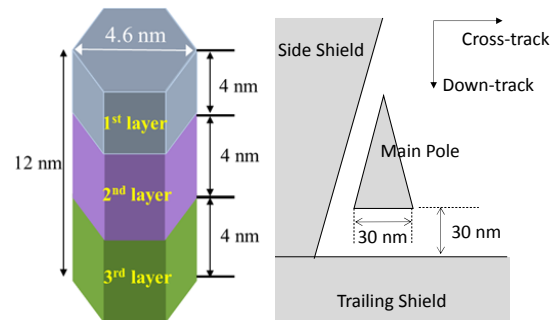


Fig. 1 Simulation models.

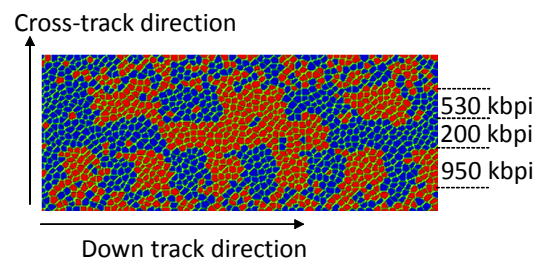


Fig. 2 Recorded bit patterns.

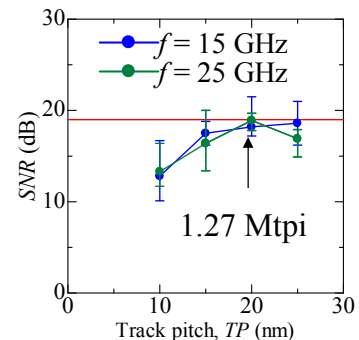


Fig. 3 SNR as a function of track pitch.