オフトラックノイズ特性に及ぼす記録ヘッドの影響

Effects of Recording Heads on Off-Track Noise Characteristics

坪井眞三・是成貴弘・石綿延行・松寺久雄・田上勝通・齋藤信作*・浦井治雄*

NEC 機能エレクトロニクス研究所, 川崎市宮前区宮崎 4-1-1 (☎216)

*NEC ファイル装置事業部, 府中市日新町 1-10 (☎183)

S. Tsuboi, T. Korenari, N. Ishiwata, H. Matsutera, K. Tagami, S. Saito,* and H. Urai*

Functional Devices Research Labs., NEC Corporation, 4-1-1 Miyazaki, Miyamae-ku, Kawasaki 216

*Storage Products Division, NEC Corporation, 1-10 Nisshin-cho, Fuchu 183

The effects of recording heads on off-track noise characteristics were examined. It was found that an FeTaN head with a narrow gap and high B_s was very effective for decreasing both on-track noise and off-track noise, in comparison with a NiFe head with a narrow gap or a merged-type NiFe head with a wide gap. It was also confirmed that, according to readback waveform analysis and MFM images observation, the fluctuations of the magnetic transition in track-edge regions for magnetic patterns recorded by the FeTaN head were much smaller than for those recorded by the merged-type NiFe head with a wide gap. It will become increasingly important to improve recording heads as their track width becomes narrower.

Key words: recording head, off-track noise, edge noise, FeTaN head, readback waveform analysis, MFM image

1. はじめに

ハード磁気ディスクの高密度化に伴い、高トラック密度化が進んでいる。狭トラック化に伴いトラックエッジノイズが相対的に増加するため、S/Nの低下や位置誤差信号の精度の低下の問題が生じる。我々はオフトラックノイズを抑制するために媒体特性について検討している。その結果、残留磁束密度を小さくする、あるいは磁性膜厚を薄くすることなどにより、オフトラックノイズ特性を改善することができることがわかった¹⁾。しかしながら、媒体ノイズは記録磁化状態の揺らぎを反映するため、ヘッドの記録能力にも大きく依存すると考えられる²⁾。

また、記録磁化状態の揺らぎを直接評価することは非常に困難であるため、我々は記録磁化状態の揺らぎが再生波形に反映されることに着目し、再生波形を解析することにより、記録磁化状態の揺らぎを評価している³⁾。

本報告では、オフトラック特性に及ぼす記録ヘッドの飽和磁束密度(B_s)、ギャップ長、およびヘッド形状の影響について調べた結果について述べる。さらに、記録ヘッドによってオフトラックノイズ特性が異なる要因を調べるために、再生波形解析を行い、記録ヘッドの違いによる記録磁化パターンの揺らぎの違いを調べたので報告する。

2. 実験方法

記録ヘッドにはコア材料の B_s およびギャップ長の異なる3

種類の薄膜ヘッドを用いた。Table 1にヘッド諸元を示す。さらに、Fig. 1に各ヘッドのヘッド形状を示す。Head (1)は狭ギャップの自己録再タイプのNiFe薄膜ヘッド、Head (2)は共通ポールタイプの広ギャップNiFe薄膜ヘッド(ID/MR複合型ヘッドの記録部)、Head (3)は狭ギャップの自己録再タイプでコア材料の B_s の大きなFeTaNヘッドである。なお、再生ヘッドにはトラック幅 $3\mu\text{m}$ のMRヘッドを用い、浮上量 $0.08\mu\text{m}$ の条件下で測定した。評価に用いた媒体(磁性膜厚 $\delta=30\text{nm}$)の磁気特性は保磁力 2200Oe 、 $B_r\delta$ $150\text{G}\mu\text{m}$ であり、オフトラックノイズ特性の悪い媒体である。媒体ノイズは再生スペクトルにおいて 45MHz (180kFRPI)までの積分値で定義した。また、記録ヘッドの違いによる磁化遷移状態の違いを調べるために、デジタルオシロスコープを用いて再生波形を取り込み、再生波形の振幅の平均値および標準偏差を求め、標準偏差を振幅の揺らぎと定義した³⁾。さらに、磁気力顕微鏡(MFM)を用いて、各ヘッドで記録した磁化パターンの観察を行った。

3. 実験結果および考察

3種類のヘッドについて起磁力一定(約 $1.3\text{AT}_{\text{P-P}}$)のもとで、記録密度 10kFRPI で測定した出力のオフトラック特性をFig. 2に示す。オントラックでの出力の絶対値は記録ヘッドにほとんど依存しないことがわかる。また、出力のオフトラックプロファイルの最大出力からの減衰する形および出力の立ち上がりと比較すると、Head (1), (2) (NiFeヘッド)に比べてHead

Table 1 Head specifications

Recording head	Core material	B_s (kG)	Gap (μm)	T_w (μm)	Number of turns
Head (1)	NiFe	10	0.3	5	34
Head (2)	NiFe	10	0.6	5	16
Head (3)	FeTaN	16	0.3	7.5	18

Fig. 1 Head formations.

(3) (FeTaN ヘッド) の方が出力変化がシャープであり、トラック端部での記録パターンが急峻であることがわかる。したがって、良好なオフトラックプロファイルを得るためには高 B_s 狭ギャップの FeTaN ヘッドで記録することが有効であるといえる。

次に、Fig. 3 に各ヘッドで記録した場合の媒体ノイズのオフトラック特性を示す。同じ NiFe ヘッドではギャップの狭い Head (1) は横方向への磁界漏れが小さくなるためエッジノイズは小さくなるが、記録能力が小さいためオントラックノイズが大きい。しかし、同じギャップ長を有するヘッドでもコア材料の B_s の大きな Head (3) (FeTaN ヘッド) はオントラックでの遷移ノイズが小さい。狭ギャップ FeTaN ヘッドで記録した場合にオントラックノイズがこのように小さくなるのは、ギャップ長が狭くなることによる記録能力の低下をヘッドのコア材料の B_s を高くすることにより、補っているためと考えられる。

一方、共通ポールタイプの広ギャップの記録ヘッドではオントラックでの媒体ノイズは小さいが、トラックエッジノイズは大きいのにに対し、突き合わせタイプでギャップ長の狭い Head (1), (3) はトラックエッジノイズが小さい。以上のことから、オントラックノイズ、オフトラックノイズ両方を低減するためには、狭ギャップ高 B_s の FeTaN ヘッドが有効であることがわかる。

次に、記録ヘッドによるオフトラックノイズ特性の違いを調べるために、低記録密度においてオフトラックノイズと相関が強いリバースイレースエッジノイズ⁴⁾を調べた結果を Fig. 4 に示す。なお、リバースイレースノイズはあらかじめ幅広く初期 DC イレースしたものの上に、それと逆方向に 1 トラック分 DC イレースした場合に生じるノイズである。Fig. 3 においてトラックエッジノイズの大きい Head (2) はリバースイレースエッジノイズが大きいのにに対し、トラックエッジノイズの小さ

い Head (3) はリバースエッジノイズが小さいことがわかる。つまり、Head (2) に比べて Head (3) で記録した場合のトラックエッジノイズが小さいのはリバースイレースエッジノイズが小さいことと非常によく対応している。

次に、各ヘッドで記録した場合の媒体ノイズの記録密度依存性を調べた結果を Fig. 5 (a)~(c) に示す。Head (1) および Head (3) では記録密度が高くなってもエッジノイズはあまり大きくならないのに対し、Head (2) では記録密度が高くなるにつれてエッジノイズも大きくなることがわかる。つまり、狭ギャップの突き合わせタイプの Head (1) および (3) を記録ヘッドに用いた場合、横方向への磁界漏れが小さくなるため、記録密度が高くなってもエッジノイズはあまり大きくならないといえる。一方、Head (2) を記録ヘッドに用いた場合に、オフトラックノイズが大きいのはギャップ長が広いことおよび共通ポール

Fig. 3 Off-track media noise profile.

Fig. 2 Off-track signal profile for each recording head.

Fig. 4 Reverse erase noise profile.

Fig. 5 Off-track media noise profile vs. recording density.

タイプのヘッドであることが影響していると考えられる。

そこで、記録ヘッドの違いによるオフトラックノイズ特性の違いを調べるために、再生波形解析を行い、記録磁化パターンの揺らぎを測定した結果を Fig. 6 に示す。なお、評価した記録密度は 60 kFRPI であり、縦軸は磁化遷移の揺らぎを反映すると考えられる再生波形の振幅の標準偏差である。オフトラックノイズ特性の優れている Head (1) および (3) はオフトラックさせても振幅の揺らぎが大きくなるのに対し、オフトラックノイズが大きくなる Head (2) はオフトラックさせると急激に振幅の揺らぎが大きくなる。したがって、Head (2) で記録した磁化パターンはトラックエッジでの磁化遷移の揺らぎが非常に大きいのに対し、Head (1) および (3) で記録した磁化パターンはトラックエッジでの磁化遷移の揺らぎが非常に小さいことが確認できた。なお、トラックエッジでの揺らぎの小さい Head (1) および (3) のオントラックでの揺らぎ量の違いは Fig. 5 のオントラックノイズの違いとよく対応している。

最後に、各ヘッドで記録した磁気記録パターンの MFM 観察結果を Fig. 7 に示す。オフトラックノイズ特性の優れた Head (1) および (3) はトラックの端が揃っているのに対し、オフトラックノイズ特性の悪い Head (2) はトラックの端が揃っていないことがわかる。つまり、視覚的に見てもオフトラックノイズ特性の悪い媒体はトラックエッジ部が揺らいでいることが確認された。なお、ここで用いた Head (1) はトラック幅の広い (トラック幅 $8.5\mu\text{m}$) ヘッドである。

したがって、現在一般的に用いられている共通ポールタイプの広ギャップの NiFe ヘッドでは狭トラック化に伴い、トラックエッジノイズが大きな問題となる可能性が大きい。今後、オフトラックノイズ特性に及ぼすヘッド形状の影響とギャップ長の影響などを分離して、狭トラック化に伴う問題点を明確にしていける必要がある。

4. ま と め

オフトラックノイズ特性に及ぼす記録ヘッドの影響を調べた

Fig. 6 Relationship between the off-track value and the fluctuations of the readback waveform.

40 kFRPI $\updownarrow 5 \mu\text{m}$

(a) Head (1)

(b) Head (2)

(c) Head (3)

Fig. 7 MFM images for recorded patterns.

結果、オントラックノイズ、オフトラックノイズ両方を小さくするためには狭ギャップ高 B_s ヘッドの FeTaN ヘッドが非常に有効であることがわかった。また、再生波形解析および MFM 観察の結果、FeTaN ヘッドで記録した磁化パターンはトラック端部が急峻に記録されていることが確認された。

現在一般用に用いられている共通ポールタイプの広ギャップの NiFe ヘッドでは狭トラック化に伴い、トラックエッジノイズが大きな問題となる可能性が大きい。今後、狭トラック化に伴い、オフトラック特性に優れた媒体の検討とともに線密度方向とトラック密度方向の両方向にヘッド磁界が急峻となる記録ヘッドの検討が重要になると考えられる。

文 献

- 1) S. Tsuboi, T. Korenari, N. Ishiwata, H. Matsutera, and K. Tagami: *IEEE Trans. Magn.*, **31**, 2791 (1995).
- 2) Y. Tanaka and T. K. Taguchi: *IEEE Trans. Magn.*, **31**, 2684 (1995).
- 3) 是成貴弘, 坪井眞三, 松寺久雄, 田上勝通: 電子情報通信学会技術研究報告, MR94-61 (1994).
- 4) 是成貴弘, 坪井眞三, 奥村俊之, 松寺久雄, 田上勝通: 第 19 回日本応用磁気学会学術講演概要集, p. 24aA-2 (1995).

1995 年 10 月 16 日受理, 1996 年 1 月 12 日採録