ラップアラウンド型記録ヘッドの記録にじみと消去幅

Write-Width and Erase-Width of Wrap-around Write Heads

大津孝佳・櫛田伸昌・岩倉 忠・兒玉直樹・成重眞治

(株)日立製作所ストレージシステム事業部, 神奈川県小田原市国府津 2880 (〒256)

T. Ohtsu, N. Kushida, T. Iwakura, N. Kodama, and S. Narishige

Data Storage & Retrieval Systems Division, Hitachi Ltd.,
2880 Kozu, Odawara, Kanagawa 256

The write performance and off-track performance of inductive/MR thin-film heads with a wrap-around upper-pole write head are studied in comparison with those of conventional inductive/MR thin-film heads. The wrap-around write heads have a good overwrite performance equal to that of conventional write heads. The effective write-track width of conventional heads becomes smaller with an increase in the recording density. However, it was found that the effective write-track width of wrap-around heads remains almost the same with an increase in the recording density, owing to the azimuth loss on the track side of the MR head in a read process. Therefore, inductive/MR thin-film heads with a wrap-around upper-pole write head have the potential to provide magnetic recording with a higher TPI.

Key words: write performance, off-track performance, inductive/MR thin-film heads, wrap-around write heads, effective write-track width, azimuth loss

1. はじめに

磁気ディスク装置の高記録密度化に対応して高トラック密度化が要求される。高トラック密度化を達成するためには媒体に記録されたトラック端部の磁化状態の検討が不可欠であり、オフトラック特性による実効記録トラック幅の測定^{1)~3)}やスピンSEMによるトラック端部の媒体の磁化状態の観察がなされている^{4), 5)}。特に、線記録密度が高くなると実効的な記録トラック幅が狭くなる現象が生じる²⁾。この現象により、実効的な記録トラック幅は信号処理方式で決まる線記録密度範囲で異なった値を示す。1-7変換では最低記録密度と最高記録密度との比率が1/4に対し、8-9変換では1/6と線記録密度範囲が1.5倍と広がるため、実効的な記録トラック幅の差が大きくなり、その改善が必要となる。本研究ではその一つの解として下部ポールを上部ポールが囲んだラップアラウンド型記録ヘッドとMR再生ヘッドを用いた薄膜ヘッドのオフトラック特性を調べ、高トラック密度化の可能性を検討した。

2. 実験方法

検討に用いたヘッドの浮上面構造をFig. 1に示す。また、試作したヘッドの浮上面写真をFig. 2に示す。従来ヘッドでは下部ポールの上に上部ポールを乗せ、トラック幅が上部ポール幅

で決定されていた。これに対し、ラップアラウンドヘッドでは下部ポールでトラック幅が決まり、その周りを上部ポールが覆う形をしている。下部ポールの側面は60°の角度を持ったギャップが形成されている。Table 1に形状パラメータを示す。上部ポール厚 P_U は3.5 μm 、下部ポール厚 P_L は2.5 μm 、ギャップ長 G_L は0.6 μm 、トラック幅 T_{ww} は7 μm とした。

再生ヘッドにはトラック幅3.5 μm のシールド型MRヘッドを用いた。媒体および記録再生条件をTable 2に示す。実験には保磁力が1390 Oe、 $B_r \cdot t_{\text{mag}}$ が200 G μm のCoCrTa系スパッタ媒体を用いた。ヘッド媒体間のスペーシング150 nm、記録密度は12.5~50 kFCIとして、記録再生特性およびオフトラック特性を測定した。オフトラック特性の測定方法および記録にじみ領域 dW 、消去領域 dE の定義をFig. 3に示す。ノイズ信号 F_n を広範囲に記録した上にHF信号 F_s を記録する。オ

Fig. 1 Schematic of a wrap-around head and a conventional head.

Fig. 2 Photograph of a wrap-around write/MR read thin-film head.

Table 1 Parameters of a wrap-around head and a conventional head

Write head	W.A.head	Conventional
Upper pole length PU (μm)	3.5	←
Lower pole length PL (μm)	2.5	←
Gap length (μm)	0.6	←
Gap depth (μm)	2.5	←
Track width Tww (μm)	7.0	←
MR head	Shielded MR	←
Track width Twr (μm)	3.5	←

Table 2 Recording conditions

Media Hc (Oe)	1390
Br*t ($\text{G} \cdot \mu\text{m}$)	200
Spacing (nm)	150
HF (kFCl)	12.5 - 50

フトラックしながらスペクトラムアナライザーで基本波成分を測定し、規格化されたオフトラックプロファイルの半値幅と幾何学的なトラック幅 T_{Wgeo} の関係から、記録にじみ領域 dW 、消去領域 dE を求めた。

3. 結果および考察

3.1 三次元磁界解析

ラップアラウンドヘッドと従来ヘッドの有限要素法による三次元磁界解析の結果を Fig. 4 に示す。起磁力は 0.51 AT とし、浮上面から 150 nm での媒体移動方向の磁界強度 H_x および浮上面での透磁率の分布である。 H_x 分布において、3000 Oe のラインはラップアラウンドヘッドの H_x 分布も従来ヘッドの分布と同様にトラック端部まで均一な分布をしている。透磁率の分

Fig. 3 Definition of dW and dE .

布において、500 のラインは従来ヘッドではトラックエッジが飽和しその影響が上部ポール中央付近まで現れているのに対し、ラップアラウンドヘッドではテーパ部の一部が飽和するもののトラック端部での飽和が軽減されていることがわかる。

トラック幅方向の磁界分布 H_x を Fig. 5 に示す。ラップアラウンドヘッドのトラック中心での磁界強度は従来ヘッドとほぼ等しい。また、ラップアラウンドヘッドは従来ヘッドと比較して平坦領域が広く、トラック端部で急峻に低下している。これよりラップアラウンドヘッドの方がトラック端部まで均一な磁化分布が得られ、記録にじみ領域を小さくできることが期待される。

Fig. 4 Magnetic field distribution and permeability distribution.

Fig. 5 Field distributions of both heads.

Fig. 7 Recording density vs. dW .

Fig. 6 Write characteristics of both heads.

Fig. 8 Bitter patterns of a wrap-around head.

3.2 記録特性

試作ヘッドによる記録特性の検討を行った。Fig. 6 にラップアラウンドヘッドと従来ヘッドのギャップ深さとオーバーライト特性の結果を示す。ギャップ深さを小さくするとオーバーライト特性は向上し、ラップアラウンドヘッドは従来ヘッドとほぼ同一のオーバーライト特性を示す。これより、ラップアラウンドヘッドは従来ヘッドとほぼ同様の記録性能を有していることが明らかとなった。

3.3 記録にじみ領域 dW の記録密度依存性

オフトラック特性より求めた記録にじみ領域 dW の記録密度依存性を Fig. 7 に示す。従来ヘッドでは dW は記録密度が増大するにつれて小さくなる。これに対しラップアラウンドヘッドでは記録密度によらず一定の値となり、実効トラック幅の狭小化は生じない。よって、ラップアラウンドヘッドは実効記録トラック幅の記録密度依存性の小さなヘッドであることがわかった。

このメカニズムを明らかにするため、ビッター法を用いてトラック端部の磁化状態を観察した。その結果を Fig. 8 に示す。

これよりトラック端部での磁化の方向はトラック幅方向に対しほぼ 60° 傾いていることがわかる。再生ヘッドにはトラック幅方向に平行なトラック幅 $3.5 \mu\text{m}$ の MR ヘッドを用いているためトラック端部でのアジマス損失の検討を行った。アジマス角をパラメータとし線記録密度に対するアジマス損失の計算結果を Fig. 9 に示す⁶⁾。12.5 kFCI 以上ではアジマス角を 45° 以上にするアジマス損失により端部での出力は 20% 以下になることがわかる。このことから、トラック端部でアジマス記録されるため、MR ヘッドとのアジマス損失によりトラック端部の信号が再生されず実効記録トラック幅の記録密度依存性が小さくなっていることが明らかになった。

3.4 記録にじみ領域とアジマス領域

Fig. 10 に 50 kFCI での記録にじみ領域 dW 、消去領域 dE の結果を示す。従来ヘッドでの記録にじみ領域 dW は $0.25 \mu\text{m}$ 、消去領域はにじみ領域とほぼ等しいのに対し、ラップアラウンドヘッドの記録にじみ領域 dW は $0.1 \mu\text{m}$ 以下と狭く、記録幅は幾何学的トラック幅 T_{WWgeo} で決定されている。

これは、ラップアラウンドヘッドの方が従来ヘッドよりト

Fig. 9 Recording density vs. azimuth loss.

トラック幅方向の磁界強度の平坦領域が広く、トラック端部で急峻に低下していたため、ラップアラウンドヘッドの方がトラック端部まで均一な磁化分布が得られることによる。

また、消去領域はラップアラウンドヘッドの方が広い。しかし、この消去領域は従来ヘッドでみられた AC 消去されるサイドイレース領域と異なり、トラック端部で記録された磁化方向と再生ヘッドとのアジマス角が存在するために生じたものである。

以上述べたように、ラップアラウンドヘッドではこのアジマス領域をガードバンドとすることにより、高トラック密度化ができると考えられる。

4. ま と め

実効記録トラック幅の記録密度依存性の低減を目的とし、ラップアラウンド型記録ヘッドとシールド型 MR ヘッドの複合型ヘッドの検討を行い、以下の結果を得た。

- 1) ラップアラウンド型記録ヘッドで記録すると媒体のトラック端部まで均一な磁化分布が得られる。
- 2) トラック端部の dE 領域（アジマス領域）では MR ヘッドとのアジマス損失により信号は再生されない。

Fig. 10 dW and dE of both heads.

3) 従来ヘッドに比べ実効記録トラック幅の記録密度依存性が無く、高密度記録に有効である。

4) dE 領域（アジマス領域）をガードバンドとすることによりラップアラウンド型記録ヘッドは高トラック密度化に有効である。

謝 辞 本研究を推進するに当たり、御指導・御協力いただいた(株)日立製作所ストレージ事業部の川上寛児氏、斎藤翼生氏、高木政幸氏に深く感謝致します。

文 献

- 1) 宮本詔文, 小山直樹, 光岡勝也, 福井 宏: 日本応用磁気学会誌, **19**, 105 (1995).
- 2) 大津孝佳, 櫛田伸昌, 本間久康, 高木政幸, 成重眞治, 岩倉 忠, 福井 宏: 日本応用磁気学会誌, **18**, 776 (1994).
- 3) 大津孝佳, 櫛田伸昌, 兒玉直樹, 成重眞治: 日本応用磁気学会誌, **19**, 129 (1995).
- 4) K. Koike and K. Hayakawa: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **23**, L187 (1984).
- 5) 大津孝佳, 鳴海俊一, 櫛田伸昌, 兒玉直樹, 成重眞治: 日本応用磁気学会誌, **19**, 45 (1995).
- 6) E. D. Daniel and P. E. Axon, *PIEE*, **100**, 157 (1953).

1995 年 10 月 13 日受理, 1996 年 1 月 12 日採録