

垂直 2 層媒体の記録信号の安定性の外乱磁場方向依存性

Dependence of the Signal Stability of Double-Layer Perpendicular Magnetic Recording Media on the Directions of the Applied Magnetic Fields

法橋 宏高, 坪井 眞三, 大嶋 則和, 末光 克巳, 田上 勝通
日本電気(株) 機能デバイス研究所 川崎市宮前区宮崎 4 丁目 1-1 (〒216-8555)

H. Hokkyo, S. Tsuboi, N. Ohshima, K. Suemitsu, and K. Tagami

Functional Devices Research Laboratories, NEC Corporation, 4-1-1, Miyazaki, Miyamae-ku, Kawasaki 216-8555

(1998 年 10 月 13 日受理、1999 年 1 月 21 日採録)

Double-layer media with single-pole heads are ideal for perpendicular magnetic recording. However, the problem of unstable recorded magnetization due to the magnetic domains of underlayers has not yet been solved. We investigated the dependence of the signal stability of a medium with an Ni-Fe underlayer and a medium with an Fe-Si-Al underlayer on the directions of the applied magnetic fields under an SPT head-loaded condition and an ID/MR head-loaded condition. The results show that the recorded signal has better stability with a horizontal field than with a vertical field. They also show that the recorded signal has better stability under the ID/MR head-loaded condition than under the SPT head-loaded condition.

Key words: double-layer perpendicular media, single-pole head, horizontal field, vertical field

1. はじめに

垂直 2 層媒体と単磁極ヘッドによる垂直磁気記録方式は、垂直方向に急峻な磁化反転が得られるため、理想的な垂直磁気記録方式として知られている。しかし、この系では外部磁界による突発性の雑音（スパイクノイズ）の発生や、垂直記録層に記録された磁化の減磁あるいは消磁の発生が従来から問題となっている¹⁾。我々は既に、Fe-Si-Al 膜を下地軟磁性膜に用いた垂直 2 層媒体²⁾と、従来の Ni-Fe 膜を下地軟磁性膜に用いた垂直 2 層媒体について、外乱磁場が媒体の斜め下側から印加された場合の再生出力に及ぼす外乱磁場の影響を報告している。そこでは、Ni-Fe 膜よりも Fe-Si-Al 膜を下地軟磁性膜に用いる方が出力の安定性の高い媒体とできることを報告した³⁾。

垂直 2 層媒体の再生出力に及ぼす外乱磁場の影響については、既にいくつかの報告があるが^{4), 5)}、実際に垂直 2 層媒体によるシステムを考えると、様々な方向からの外乱磁場の影響を考慮する必要がある。それゆえ、垂直 2 層媒体の記録信号の安定性に及ぼす外乱磁場の方向依存性を知ることが重要と考えられる。本報告はこのような目的で、

Fe-Si-Al 膜及び Ni-Fe 膜を下地軟磁性膜に用いた垂直 2 層媒体の記録信号の安定性に及ぼす外乱磁場の方向依存性について、単磁極ヘッドロード時に外乱磁場が加わった場合、及び ID/MR 複合ヘッドロード時に外乱磁場が加わった場合について調べた結果を述べる。

2. 実験方法

ガラス基板上に Cr 層を 11 nm, Fe-Si-Al 下地軟磁性膜を 520 nm, $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{19}\text{Ta}_3(\text{at}\%)$ 垂直磁化膜を 100 nm, 及び C 保護膜を 10 nm, 順次 DC マグネトロンスパッタ法により成膜し、垂直 2 層媒体を作製した。成膜時 Ar ガス圧は 4 mTorr とした。この媒体を Fe-Si-Al 媒体とする。また、メッキ法により作製された Ni-Fe 膜上に Fe-Si-Al 媒体の垂直磁化膜成膜時と同条件で同膜厚の垂直磁化膜を成膜した媒体を Ni-Fe 媒体とする。 $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{19}\text{Ta}_3(\text{at}\%)$ 垂直磁化膜成膜時の基板温度は約 400°C とした。Fe-Si-Al 膜の保磁力は試料振動型磁力計(VSM)で測定した。垂直磁化膜の保磁力はカー効果測定装置で測定した。

記録ヘッドには主磁極膜厚 0.4 μm , トラック幅 10 μm の単磁極(SPT)ヘッド, 再生ヘッドにはギャップ長 0.32 μm , トラック幅 2.7 μm の MR ヘッドを用いた。SPT ヘッド及び MR ヘッドの浮上量はそれぞれ約 20 nm 及び 45 nm である。

SPT ヘッドロード時の記録信号に及ぼす外乱磁場の影響の測定方法を Fig. 1 に示す。まず SPT ヘッドで信号を記録後、MR ヘッドで再生出力 V を測定した。次に、SPT ヘッド、媒体の接点に所定の大きさに所定の方向から磁場がかかるように永久磁石の位置を調節し、外部磁場を印加した。そして一定時間経過後、外部磁場を取り去り、MR ヘッドで磁場印加後の再生出力 V' を測定した。そして V' を V で規格化することにより外部磁場に対する安定性を評価した。ID/MR 複合ヘッドロード時の場合の実験プロセスは SPT ヘッドロード時の場合と同じである。なお、外部磁場の大きさは、ディスク上でヘッドがロードされる点にガウスメーターのプロープを置くことにより測定した。

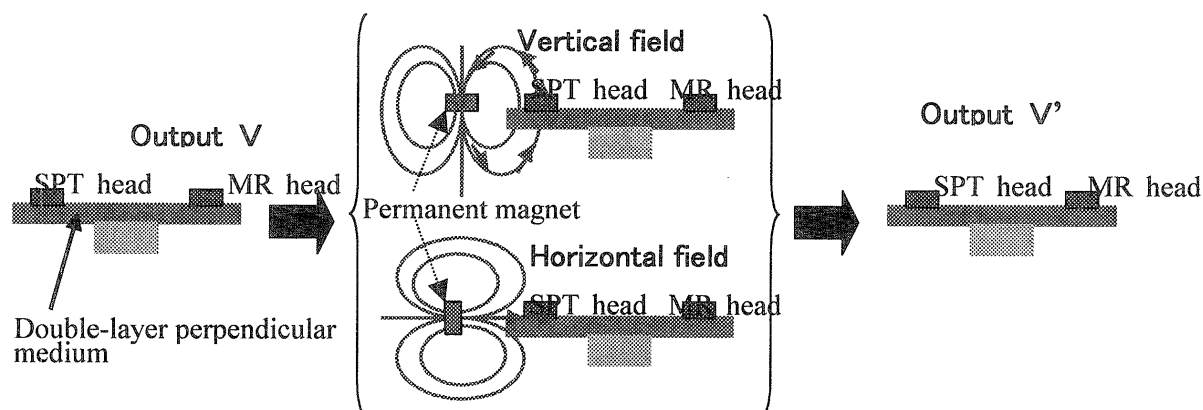


Fig. 1 Experimental procedure.

3. 実験結果及び考察

下地軟磁性膜、垂直磁化膜の保磁力の測定結果を Table 1 に示す。

Table 1 Coercivity of underlayers and perpendicular layers.

	Fe-Si-Al medium	Ni-Fe medium
Underlayer Hc [Oe]	2	2
Perpendicular layer Hc [kOe]	2.8	2.7

3.1 外乱磁場の影響の方向依存性

SPT ヘッドロード時に外部磁場を印加したときの規格化出力 V'/V と外乱磁場の関係を、Fe-Si-Al 媒体と Ni-Fe 媒体についてそれぞれ Fig. 2、3 に示す。Fig. 2 から分かるように、Fe-Si-Al 媒体に対して水平方向に外乱磁場を印加した場合、少なくとも 25 Oe の磁場まで出力が減少しないが、垂直方向の磁場に対しては、12 Oe の磁場を越えると出力が減少し始める。同じ実験を Ni-Fe 媒体に対して行った図 3 の結果からも、同様な傾向の結果が見られる。すなわち、Ni-Fe 媒体に対して水平方向に外乱磁場を印加した場合、少なくとも 25 Oe の磁場まで出力が減少しないが、垂直方向の磁場に対しては、4 Oe の磁場を越えると出力が減少し始める。これらのことから、我々が用いた垂直 2 層媒体と SPT ヘッドの系では、水平方向の外乱磁場は出力に影響を及ぼさないが、垂直方向の外乱磁場に対しては影響が大きく、出力が減少してしまう。この事実を Fig. 4 に示した垂直 2 層媒体と SPT ヘッドの系の模式図を参照して考察する。垂直 2 層媒体への信号の記録は、SPT ヘッドの主磁極と垂直 2 層媒体の下地軟磁性膜との相互作用によって行われる。すなわち、下地軟磁性膜は記録ヘッドの一部と考えられる。この相互作用は媒体面に垂直方向の磁場によって磁気的にカップリングされて記録されるので、垂直方向に強制磁場を印加したときに SPT ヘッド先端の残留磁化が強められ、この磁気的な相互作用が必要以上に促進されて、局所的に記録磁化を減磁するに十分な大きさの磁場となると考えられる。また、Fig. 2 に Fe-Si-Al 媒体について斜め下側の 45° 方向から外部磁場を印加した場合の結果を一緒に示した。Fig. 2 から分かるように、 45° 方向からの磁場の場合、垂直方向よりも外乱磁場に対する影響が大きい。外乱磁場の出力に及ぼす影響は、記録ヘッドの形状にも依存すると考えられる。我々が用いた SPT

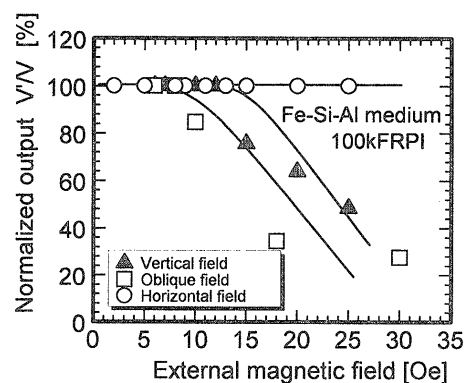


Fig. 2 Dependence of the signal stability of Fe-Si-Al media on the directions of the applied magnetic field.

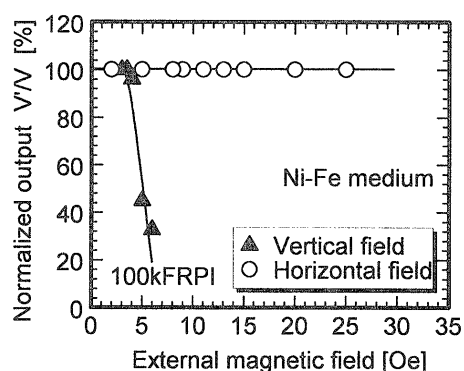


Fig. 3 Dependence of the signal stability of Ni-Fe media on the directions of the applied magnetic fields.

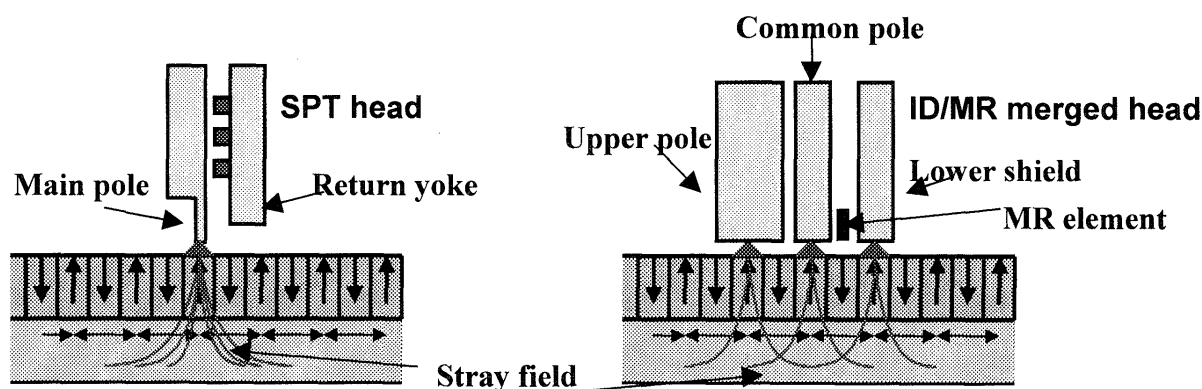


Fig. 4 Schematic view of the influence of stray fields.

ヘッドの形状⁹⁾を考慮して SPT ヘッドと媒体裏打ち層を含む磁気回路を考えると、SPT ヘッドの主磁極は媒体面に垂直に突き出ているために、垂直方向からの磁場よりも、 45° 方向からの磁場によって主磁極がより強く磁化されるとは考えにくい。従ってこの場合、垂直方向からの磁場よりも 45° 方向からの磁場の方が、主磁極～下地軟磁性膜間、下地軟磁性膜～リターンヨーク間を経由する磁気回路を閉じる方向に効果的に働き、磁束が回る閉回路が出来やすいために、垂直方向から磁場を印加した場合よりも 45° 方向から磁場を印加した場合の方が、より大きな減磁が観測されたと考えられる。一方、水平方向の外部磁場の場合、SPT ヘッドの主磁極先端は水平方向に磁化されるので、水平方向の外部磁場は、垂直方向の外部磁場の場合ほど下地軟磁性膜と SPT ヘッドの主磁極との相互作用を強める方向には働かないと考えられる。

以上のことから、SPT ヘッドロード時の垂直 2 層媒体の出力に及ぼす外乱磁場の影響は、媒体面に水平方向の外乱磁場に対してよりも垂直方向の外乱磁場の影響が大きいことが分かった。

3.2 SPT ヘッドロード時と ID/MR 複合ヘッドロード時の比較

3-1)で出力の安定性に影響の大きかった媒体面に垂直方向の磁場を ID/MR 複合ヘッドに印加して実験を行った。規格化出力 V/V と外乱磁場の関係を、SPT ヘッドロード時の結果と合わせて、Fe-Si-Al 媒体と Ni-Fe 媒体についてそれぞれ Fig. 5, 6 に示す。Fig. 5 から分かるように、Fe-Si-Al 媒体に 20 Oe の外部磁場を SPT ヘッドロード時に印加した場合、約 40% の出力減少が見られるが、ID/MR 複合ヘッドロード時に印加した場合、同じ磁場を印加しても約 10% の出力減少にとどまっている。出力の減少し始める磁場の大きさは SPT ヘッドの場合 12 Oe である。ID/MR 複合ヘッドの場合、10 Oe～20 Oe のデータが欠けているため、図中では 10 Oe であるが、印加磁場 20 Oe の時の規格化出力の大小関係から判断して、SPT ヘッドの場合の 12 Oe

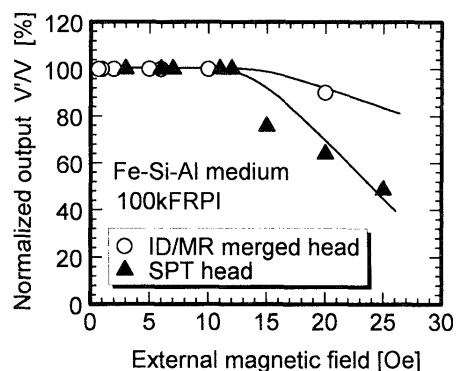


Fig. 5 Dependence of the signal stability of Fe-Si-Al media on the head.

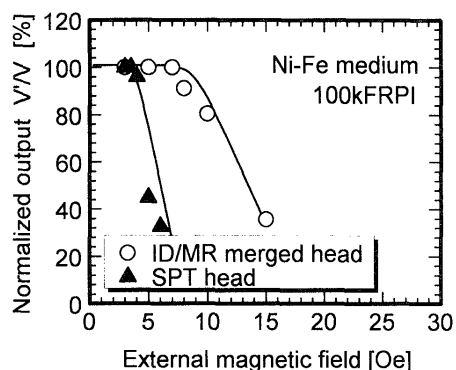


Fig. 6 Dependence of the signal stability of Ni-Fe media on the head.

という値よりも若干大きい磁場まで出力が安定であると考えている。また、Fig. 6 の結果から、Ni-Fe 媒体の場合、出力の減少し始める磁場の大きさは SPT ヘッドロード時の場合 4 Oe であるが、ID/MR 複合ヘッドの場合、7 Oe である。すなわち、Ni-Fe 媒体の場合でも、SPT ヘッドロード時よりも ID/MR 複合ヘッドロード時の方が、出力の安定性が高いことが分かる。

ID/MR 複合ヘッドロード時の出力減少のメカニズムは、SPT ヘッドロード時のそれと同じものと考えられる。すなわち、Fig. 4 から、ID/MR 複合ヘッドの上ポール、共通ポール、下シールドと下地軟磁性膜が相互作用することによりこれらと下地軟磁性膜間の局所磁場が強められ、垂直磁化膜の記録磁化が減磁させられるものと考えられる。SPT ヘッドの場合、主磁極が独立して媒体面に向かって突き出ているため、主磁極～下地軟磁性膜間の磁気リアクタンスの大きさが、下地軟磁性膜～リターンヨーク間のそれよりも非常に小さく、主磁極が外部からの磁束を拾いやすい状態になっている。一方、ID/MR 複合ヘッドの場合、上ポール～下地軟磁性膜間、下地軟磁性膜～共通ポール間、下シールド～下地軟磁性膜間の磁気リアクタンスに、SPT ヘッドの主磁極～下地軟磁性膜間の磁気リアクタンスの大きさと下地軟磁性膜～リターンヨーク間の磁気リアクタンスの大きさほどの差がないため、外部からの磁束の拾い易さが、SPT ヘッドの場合ほど敏感でないものと考えられる。しかしながら、ID/MR 複合ヘッドの場合でも、上ポール～下地軟磁性膜間、下地軟磁性膜～共通ポール間、下シールド～下地軟磁性膜間の磁気リアクタンスに差が存在するため、外乱磁場の大きさがある程度以上になると、SPT ヘッドの場合と同様な原理で垂直磁化膜の記録磁化の減磁が引き起こされ、出力が減少するものと考えられる。このことはまた、外乱磁場が出力に及ぼす影響はヘッドの形状に依存することを示しており、外乱磁場の影響を受けにくいヘッド設計も重要であるといえる。

以上のことから、ID/MR 複合ヘッドロード時の垂直 2 層媒体の出力は、SPT ヘッドロード時のそれよりも外乱磁場の影響を受けにくいことが分かった。

4. まとめ

Fe-Si-Al 膜と Ni-Fe 膜を下地軟磁性膜に用いた垂直 2 層媒体について、記録信号の安定性に及ぼす外乱磁場の影響について調べた結果、以下のことが明らかになった。

- ・ SPT ヘッドロード時の垂直 2 層媒体の出力に及ぼす外乱磁場の影響は、媒体面に水平方向の外乱磁場に対してよりも、垂直方向の外乱磁場に対しての方が影響が大きいことが分かった。
- ・ ID/MR 複合ヘッドロード時の垂直 2 層媒体の出力に及ぼす外乱磁場の影響は、SPT ヘッドロード時のそれよりも小さい。

記録信号の安定性に及ぼす外乱磁場の影響は、ヘッド形状に依存すると考えられるため、外乱磁場の影響を受けにくいヘッド設計も重要である。

参考文献

- 1) W. Cain, A. Payne, M. Baldwinson and R. Hempstead : *IEEE Trans. Magn.*, Vol. MAG-32 No.1, 97(1996).
- 2) H. HOKKYO, S. TSUBOI, N. OHSHIMA, and K. TAGAMI : *J. Mag. Soc. Jpn.*, 21, Supple. S2, 517 (1997).
- 3) 法橋 宏高、坪井 眞三、大嶋 則和、田上 勝通 : 信学春季全大、C-7-2, 34 (1998).
- 4) 姜 文紅、村岡裕明、杉田 恒、中村慶久 : 日本応用磁気学会誌、22, 277 (1998).
- 5) T. ANDO, and T. NISHIHARA : *J. Mag. Soc. Jpn.*, 21, Supple. S2, 521 (1997).
- 6) 高山 昭夫、笹澤 宜弘、湯口 昭代、鈴木 友久、本田 弘司 : 日本応用磁気学会誌、21, 313 (1997).