ヘリカルスキャンシステムにおけるMRヘッド用 薄層蒸着テープの検討

Investigation of thin metal evaporated tapes for MR head in helical scanning systems

小野寺誠一、若生仁志、佐本哲雄、川名隆宏、池田義人*、尾末匡**

ソニー(株) RMEカンパニーマグネティックメディア開発部

*CPCカンパニー電子部品部、**中央研究所

S.Onodera, H.Wako, T.Samoto, T.Kawana, Y.Ikeda*, T.Ozue**

Sony Corporation Recording Media & Energy Company Magnetic Media R&D Dept.

*CPC Company Electronic Components Dept., **Research Center

Abstract--We investigated thin metal evaporated tapes with MR heads in a helical scanning system, trying to achieve a high recording density. We found that ME tape can realize low $Mr \cdot t$ values by changing the amount of oxygen during evaporation and thickness of magnetic layer to obtain a low noise media. Thin ME tapes are suitable media for high sensitivity heads such as MR heads.

1.はじめに

ハードディスクシステムは高感度なMR(Magneto-Resistive)ヘッドが導入されてから面記録密度、特にトラック密度を飛躍的に向上させてきた。我々はVTRやテープストリーマーとして広く用いられているヘリカルスキャンシステムにおいて回転ドラムにMRヘッドを搭載しDLC(Diamond Like Carbon)保護膜付き蒸着テープとの組み合わせでその高密度記録の可能性を確認した[1]。MRヘッドのような高感度なヘッドに必要な媒体の特性はMR素子を飽和させない最適な $Mr \cdot t$ 値及び低ノイズ特性である。蒸着テープは塗布型テープに比べてその微細構造により低ノイズ特性を示すことが確認されている[2][3]。ここではMRヘッドに適した媒体として更に低ノイズの薄層蒸着テープの検討を行なったので報告する。

2.実験方法

テープ試料の作製は真空斜方蒸着法を用いて行なった。蒸着原料はコバルトを使用し、蒸着中に酸素を導入しながら成膜している。背圧は 1.2×10^{-5} Torr、蒸着の入射角は $45 \sim 90^\circ$ としている。膜厚の制御方法は蒸着中のテープのラインスピードを変化させたり、電子ビームのパワ

ーを変化させたり、入射角を変えたりして制御できるが、今回はできるだけ磁気特性を変えないで膜厚を制御できるようにラインスピードを変えて成膜した。今回の実験に用いたMRヘッドの諸元を表1に示す。SALバイアスのFeNi素子を用い、その飽和磁化は800emu/cc、素子とシールド間の距離を $0.17 \mu\text{m}$ とし、トラック幅は $18 \mu\text{m}$ とした。媒体の磁気特性はVSMを用いて測定した。また、組成解析はAES(Auger Electron Spectroscopy)、構造解析は高分解能TEM(Transmission Electron Microscopy)を用いて行なった。記録再生特性はドラムテスターを用いて測定した。記録ヘッドはギャップ長 $0.2 \mu\text{m}$ のMIGヘッドを用い、相対速度は3.5m/sで測定した。

3.結果と考察

3-1.最適Mrtの設計

Co-CoO系蒸着テープにおいて、媒体の残留磁化 Mr は蒸着中に導入する酸素量に依存する[4]。図1に導入酸素量を変化させた時の膜厚

Table 1. MR head Specification

SAL-biased FeNi-AMR
Shield with NiZn-Ferrite
$Ms \cdot t$ of MR : 800emu/cc $\times$ 40nm
Shield to MR gap length : $0.17 \mu\text{m}$
Longitudinal biasing : abutted structure
Track width : $18 \mu\text{m}$
Azimuth Angle : 25degrees

Fig.1 $Mr \cdot t$ values of Metal Evaporated Tapes

と $Mr \cdot t$ の関係を示す。膜厚及び導入酸素量を変化することにより、 $Mr \cdot t$ の値を 1 memu/cm^2 以下の領域まで容易に制御することができる。DVC(Digital Video Cassette)などのInductive Head用媒体の $Mr \cdot t$ は約 6 memu/cm^2 の値となっている。MR素子を線形動作させ、最大の再生出力を得るためには媒体の Mr とMR素子の飽和磁化 Ms 、膜厚 t との間に以下のような関係が必要である[5]。

$$Mr(\text{media}) \cdot t(\text{media}) = 0.4 \cdot Ms(\text{MR}) \cdot t(\text{MR})$$

この条件で如何に媒体ノイズを低減できるかが課題である。

また、磁性層の膜厚が薄くなることで、記録されやすくなり最適記録電流も小さくなる。図2に Mr が 360 emu/cc のサンプルの記録波長 $0.5 \mu\text{m}$ における最適記録電流を示す。また、薄層化することでオーバーライト特性を改善する効果も得られることも確認されている。

Fig.2 Dependence of optimum recording current on magnetic layer thickness

Fig.3 Thickness dependence of reproduced output and modulation noise level

(a) 45nm

(b) 200nm

Fig.4 MFM images of each magnetic layer thickness

3-2. 低ノイズ特性

高感度なMRヘッドを用いるためには媒体の低ノイズ化は必須である。Co-O系蒸着テープにおいて低ノイズ化を図るにはいくつかの方法がある。一つは磁性層膜厚を薄くすることである。図3に磁性層膜厚を変化させた時のスペクトラムアナライザーで測定した再生信号と変調ノイズを示す。RBW (Resolution Band Width)=30 kHz, VBW(Video Band Width)=10kHzとした。ノイズレベルは信号から1MHz低い周波数での値を示している。磁性層膜厚を薄くなるほどノイズレベルが低減していく。再生出力は約80nmまでは一定であるが、それ以下の膜厚では徐々に低下する傾向にある。膜厚が40nmに近づくとノイズの減少は小さくなっていく。図4に膜厚が45nmと200nmでのMFM像を示す。磁性層が薄くなることで、遷移領域が明確になり、逆磁区も見られなくなっている。

媒体ノイズを低減する手段としては、導入酸素量を増加させる方法がある[6]。酸素量を増加することで磁性粒子が微細化し保磁力が大きくなるためと考えられる。図5に膜厚一定として酸素量を変化させた時の変調ノイズと再生出力を示す。酸素量が増加するにしたがってノイズレベルが減少していく。再生出力は膜厚一定のもとで酸素量を増加させていくと残留磁化が小さくなり減少していく。更なる低ノイズ化を図るには磁性層の多層化も有効である[7]。蒸着テープの磁性層最表面には非磁性の酸化層が形成されており、膜厚方向の磁氣的結合を弱めるためである。

3-4. 熱ゆらぎ

また、Co-CoO系の蒸着テープは非常に微細な α -CoおよびCoO結晶粒子から成り立っているため[8]、熱的な安定性について検討を行なった。まずHigh resolution TEMの観察から α -Coの体積分布を測定した結果を図6に示す。この物理的な体積を用いて $K_u \cdot V/kT$ を見積もるとその値は50以下となり熱揺らぎの影響を大きく受けてしまう値となる。しかし、記録波長 $0.5\mu\text{m}$ での室温における再生出力の経時変化を図7に示すがその劣化は非常に小さく、安定している。そのため次に媒体の活性化体積を求めた。揺らぎ場 H_f は

$$H_f = S / \chi_{irr}$$

で表わされる[9]。ここでS磁気粘性、 χ_{irr} は非可逆磁化率を表わす。また、揺らぎ場 H_f より活性化体積 V_{ac} を次式により求めることができる[10]。

$$V_{ac} = kT / MsH_f$$

ここでkはボルツマン係数、Tは絶対温度、Msは飽和磁化を表わす。これらの関係により求めた活性化体積 V_{ac} の膜厚依存性を表2に示す。この体積は前述の物理的な体積より大きくなっている。膜厚45から170nmにおいて H_f および V_{ac} とも

Fig.5 Dependence of modulation noise or oxygen flow rate

Fig.6 Volume distribution of α -Co

Fig.7 Time dependence of normalized output for various thickness media

Table 2 Thickness dependence of fluctuation field and activation volume

Thickness(nm)	Hf(Oe)	Vac(10^{-18} cm^3)
170	10	8.0
116	9	8.9
85	10	8.5
58	8	8.3
45	11	8.0

Fig.8 Thickness dependence of Hc

ほとんど変化していないのがわかる。これは、蒸着テープの微細粒子構造に起因していると考えられる。 α -Coの物理体積と磁気的な最小反転体積が異なる理由、正確な物理体積の解析及び、酸化度を高くした場合、より薄い媒体の熱揺らぎの評価等が今後の課題である。

3-4. 下地効果

更になる低ノイズ化を図るためにはより薄層化を図り、また保磁力を向上しなければならぬ。しかし、図8に示す様に膜厚が40nm以下の領域になると保磁力が低下してくる。これを補うために非磁性Co-O下地層が有効である[11]。磁性層厚を50nm一定にすると、下地の膜厚が厚いほど保磁力は向上するが80nm程度で飽和する。図9には下地の膜厚を80nmとし、下地の酸化度の影響を調べた結果を示す。下地のみの保磁力もあわせて示す。下地のみの場合、酸素量が1.0l/minを越えると急激に保磁力が低下し非磁性に近づいてくる。このときの酸化度において、磁性層を形成すると、2倍近い保磁力が得られる。

Fig.9 Dependence of Hc on underlayer oxidation

4. まとめ

ヘリカルスキャンシステムにおいてMRヘッドに対応した薄層蒸着テープの開発を行ない、MRヘッドに適した低ノイズ媒体であることを確認した。更に蒸着テープは容易に媒体のMr・tを制御できる。また、今回用いたテープが45nm以上の膜厚において熱揺らぎに対して問題のないこともわかった。更なる薄層化のために非磁性Co-O下地層の有効性も確認できた。

5. 参考文献

- [1] T.Ozue, T.Shirai, T.Saito, T.Ikegami, H.Kano, and S.Onodera, IEEE Trans. on Magn. Vol.34, No.4, 1492 (1998)
- [2] K.Sato, K.Chiba, T.Ito, T.Sasaki and J.Hokkyo, J.Appl.Phys. vol.69, 4736 (1991)
- [3] Y.Arisaka, K.Sato, Y.Yamada and K.Chiba, IEEE Trans. on Magn. Vol.MAG-27, 4742 (1991)
- [4] 蟻坂、佐藤、館野、飯田、千葉、佐々木：電子情報通信学会春季全国大会、C-463, 5-27 (1990)
- [5] Bertram "Theory of Magnetic Recording" 191, Cambridge university press (1994)
- [6] J.Hokkyo, T.Suzuki, K.Chiba, Y.Arisaka, T.Sasaki and Y.Ebine, J.Magn.Magn.Mater. 120, 281 (1993)
- [7] T.Kawana, S.Onodera and T.Samoto, IEEE Trans on Magn. Vol.31, No.6, 2865 (1995)
- [8] 高山、棚橋、草田、矢野、小川：日本応用磁気学会誌、19, NoS2, 79 (1995)
- [9] P.Gaunt, J.Appl.Phys. vol.59, No.12, 4129 (1986)
- [10] M.El.Hilo et.al. J.Magn.Magn.Mater. vol. 27, No.6, 4666 (1991)
- [11] 東間、杉田、吉本、石田：電子情報通信学会技術研究報告MR98-85 (1997)