Co-CoO系斜め蒸着膜の 記録再生におけるヘッド起磁力依存性

The Dependence of Read-write Characteristics
in Obliquely Evaporated Co-CoO film
on Magnetic Motive Force

高山 孝信 吉田 和悦
(株)日立製作所 中央研究所

Takanobu Takayama and Kazuetsu Yoshida
Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Read-write characteristics of the obliquely evaporated Co-CoO film were investigated. Symmetric wave-form was observed in magnetic motive force (M.M.F.) of 0.13 ATop. But it changed asymmetrically with broad tail when M.M.F. increased above 0.13 ATop. On the other hand, media noise of dc-erase, ac-erase and modulation had the maximum values in M.M.F. of 0.13 ATop. These noise properties were thought to be related with rewriting in the surface of the film by head trailing side field.

media noise, isolated wave-form, Co-CoO film, magnetic motive force.

I. 緒言

Co-CoO系蒸着膜は、室温で形成でき、高い垂直磁気異方性を有することから、将来の高密度磁気テープ材料として有望である[1, 2, 3]。また、磁化容易軸を膜面垂直方向から傾斜させたCo-CoO系斜め蒸着膜により、これまでに無い高密度、高出力、低ノイズ特性が得られることが分かった[4]。

田河らの斜め配向媒体の記録再生シミュレーションによれば、最も狭い磁化転移幅は媒体の磁化容易軸を膜面垂直方向から30度傾斜した場合に得られる[5]。なお、この場合には、ヘッド磁界の30度方向成分の分布のトレーリング側に、リーディング側にあるピーク値の半分程度の逆方向磁界が存在する。そして、このトレーリング側

の磁界は、磁化転移直後の磁化を強調するように働く。しかしながら、それ以外の領域ではリーディング側で形成された磁化を減磁するように働き、表面の磁化が磁性層内部の磁化とは反対方向に向くことが推定されている[5]。

このように磁性層内部とは反対向きに表面の磁化が再形成されるとすれば、記録磁化状態としては不安定であり、媒体ノイズの発生原因になると考えられる。また、長手方向記録における薄膜媒体の遷移ノイズとは異なる媒体ノイズ特性を持つと考えられる。

ところで、トレーリング側磁界による磁性層表面の磁化の再形成は、ヘッド起磁力に大きく影響を受けるはずである。そこで、磁化容易軸が30度傾斜したCo-CoO系斜め蒸着膜を作製し、ヘッド起磁力を変えて、再生出力および媒体ノイズの変化について調べた。

II. 実験方法

試料作製

図1に示すようなバッチ式の蒸着装置を用い、60度傾斜させて設置したポリエチレン・テレフタレート(PET)・フィルム基板上に、酸素雰囲気中でCoを蒸着することにより200nm厚のCo-CoO系斜め蒸着膜を得た。基板温度は室温とした。また、保護層は形成しなかった。

図2に膜面垂直方向から蒸着入射方向側に30度傾斜した方向で印加磁場を掃引した時の磁化曲線を示す。蒸着膜の飽和磁化は850kA/m、30度方向に磁場を掃引したときの保磁力は85kA/mである。なお、参考のために、面内(面

図1 蒸着膜形成装置の概略

図2 測定試料の磁化曲線

内における磁化容易軸方向)及び垂直方向に印加磁場を掃引した時の磁化曲線も図中に示した。また、蒸着膜の磁気トルク曲線を測定し、薄膜形状に起因するエネルギー、 $\mu_0 M s^2 / 2$ を補正することにより、近似的であるが、磁化容易軸が30度傾斜していることを確認した。

記録再生測定

作製した蒸着膜の蒸着粒子入射角60度に相当する部分を市販の塗布テープに接続し、耐摺動性確保のため、液体潤滑剤を塗布して記録再生測定に用いた。ヘッドには、ギャップ長 $0.27\mu\text{m}$ 、トラック幅 $26\mu\text{m}$ 、巻線数17ターンのMIGヘッドを用い、矩形波電流で励磁した。また、ヘッドー媒体間相対速度を 2.5m/s とし、現行MEテープにおける順方向と同様、媒体作製時の蒸着粒子の入射方向に対して、反対方向にヘッドを走行させて測定した。

媒体ノイズは分解能帯域幅 30kHz 、ビデオ帯域幅 1kHz の条件で測定し、 10MHz まで積算して求めた。なお、記録前の初期状態は、後述するようにノイズが低かったAC消去状態とした。また、DC消去、AC消去共に記録と同じ磁気ヘッドを用い、AC消去における周波数は 20MHz とした。

Ⅲ. 結果及び検討

再生出力の記録密度依存性

図3に再生出力の記録密度依存性を示す。参考のために、市販のハイエイト用メタル塗布テープの特性を示した。

今回、バッチ式の蒸着装置により作製したCo-CoO斜め蒸着膜は、低密度域から 100kFCI 以上の高密度域において高い再生出力を示した。これは、既に報告した連続巻き取り式蒸着装置で作製した蒸着膜で磁化容易軸が30度傾斜したもの[4]に比べ、1.5倍以上である。この原因については不明であるが、主には、本測定蒸着膜の方が飽和磁化が高いことによると考えられる。従って、連続巻き取り式蒸着装置で作製した蒸着膜より媒体ノイズも高い値を示すと考えられる。

図3 再生出力の記録密度依存性

孤立再生波形に及ぼすヘッド起磁力の影響

田河らによって推定された媒体表面の記録磁化構造[5]が生ずるとすれば、孤立再生波形にはヘッド起磁力が大きく影響すると予想される。

図4はヘッド起磁力を変えて観測した孤立波形である。起磁力が 0.1ATop 以下では(a)

に示す様に、ほぼ単峰状の孤立波が観測された。しかし、再生出力が低く、半値幅が広いことから、急峻な磁化転移を形成するには起磁力が不十分であると考えられる。また、リーディング側の磁界により磁化が形成されているものの、トレーリング側の磁界による記録磁化の強調効果は生じていないものと推定される。

次に、起磁力が 0.13 A T o p 付近まで増加すると、(b)に示す様に、主ピーク後方にサブパルスが見られるものの、半値幅が狭く、高い再生出力が得られた。このことから、この起磁力領域においては、ギャップ内の磁界勾配が急峻な位置で磁化転移中心が形成され、トレーリング側の逆極性磁界による記録磁化の強調効果が生じ始めているものと予想される。

さらに起磁力を増すと、(c)に示すように、出力ピークの強度はやや増加し、ピークの半値幅も少し狭くなっている。このことから、(b)の場合に比べ急峻な磁化遷移が形成され、遷移近傍の記録磁化が(b)の場合に比べ強められていると考えられる。一方、ピークの前に広い裾を有する波形が見られる。これは、電流反転の際に、形成される転移中心の前の領域に分布している、トレーリング側の磁界によって形成された磁化分布に対応した波形であると考えられる。

また、(d)に示すように、さらに起磁力を増した場合にも、(c)で見られたピーク前の裾がより広がる傾向を示すのみで、ピーク強度そのも

の減少は少なかった。

記録磁界が十分に強くなった場合には、記録磁化がトレーリング側の磁界で殆ど決定されるようになり、再生波形が大きく変わることも予想される。しかしながら、今回検討した範囲ではそのような波形の変化は観測されなかった。従って、測定した蒸着膜とヘッドの組合せでは、トレーリング側における磁界は、磁性層全体の磁化を反転させる程の強度ではないものと考えられる。

なお、起磁力を増した場合には、磁化転移中心より手前の少なくとも 0.5 乃至 $1 \mu\text{m}$ 近い領域まで、電流反転した瞬間のトレーリング側磁界分布によって形成された磁化分布に対応したものと考えられる裾を有する波形が(c)及び(d)で観測された。従って、例えばビット長 $0.25 \mu\text{m}$ といった高密度記録を行う場合には、トレーリングエッジ後方の磁界が1乃至2ビット前に記録した磁化にも影響を及ぼし、一旦記録された磁化を揺動していることが示唆される。従って、Co-CrO斜め蒸着膜の記録再生における高密度、高出力化のためには、トレーリングエッジ後方のヘッド磁界によって引き起こされると予想される磁化揺動の抑制が重要であると考えられる。

媒体ノイズに及ぼすヘッド起磁力の影響

図5に再生出力と媒体ノイズのヘッド起磁力依存性を示す。全体的には、起磁力の増加と共に媒体ノイズは減少する。これは、起磁力の増加と共に媒体ノイズが増加する傾向を有する長手記録の薄膜媒体とは逆の特性である。また、DC消去ノイズ及び変調ノイズは、起磁力が 0.13 A T o p 付近で最大となり、さらに起磁力を増すと減少し、ほぼ一定となる。なお、この傾向はDC消去ノイズにおいて顕著である。

ここで、ノイズが最大となる 0.13 A T o p の起磁力は、図4に示した孤立再生波形において、電流反転時のトレーリング後方の磁界分布に対応すると思われる裾を持つ波形が観測される起磁力より、やや低い。即ち、トレーリング側の磁界によって、磁性層最表面の磁化が磁性層内部の磁化に対して反対方向を向き始める起磁力において、最も不安定な磁化状態となり、ノイズが最大となったものと推察される。

一方、 0.13 A T o p より高い起磁力においては、トレーリングエッジ後方の磁界による磁化の再形成が、図4の(c)、(d)に見られるよ

図4 ヘッド起磁力を変えたときの孤立再生波形

IV. 結 言

磁化容易軸が膜面垂直方向から30度傾斜したCo-Cr系蒸着膜においては、ヘッドのトレーリング側磁界による記録磁化の再形成が記録再生特性に大きく影響すると考え、再生出力波形及び媒体ノイズのヘッド起磁力依存性を調べ、以下の結果を得た。

- (1) ヘッド起磁力を高くすると、広い裾を有する孤立再生波形が観測された。これは、トレーリング側の磁界分布によって形成された磁化分布に対応すると考えられる。
- (2) 広い裾を有する孤立再生波形が観測される起磁力より、やや低い起磁力において媒体ノイズが最大となった。この起磁力においては、トレーリング側磁界によって、磁性層表面の磁化が磁性層内部とは反対向きに反転されつつある不安定な磁化状態であると考えられる。

以上、トレーリング側磁界による記録磁化の再形成を仮定すれば、定性的に説明し得る出力波形及び媒体ノイズの特性が得られた。しかしながら、磁性層表面に内部とは反対向きに磁化が形成されるという点については実証されていないなど未解明の部分が多い。より広範な記録再生特性評価及び記録磁化状態観察等の解析を進める必要がある。

図5 再生出力と媒体ノイズのヘッド起磁力依存性

うに、裾を持った波形として観測される程度まで生じていると考えられる。従って、この場合には、起磁力が0.13 ATopの場合に比べ、むしろ安定な状態で磁性層内部とは反対方向に向いた磁化が表面に形成され、起磁力の増加に伴ってノイズが減少しているものと考えられる。

なお、ここで、ノイズ発生と大きく関係していると考えた、磁性層最表面の磁化が磁性層内部とは反対方向に向く現象は、シミュレーションによる予測[5]の他、Co-Cr系斜め蒸着膜における孤立再生波形からも推定されている[6]。このような現象を立証するデータは、まだ得られていないが、磁性層内部に対して反対方向に向いた磁化の再形成を仮定することによって、Co-Cr系斜め蒸着膜におけるノイズ特性についても、定性的に説明できるのではないかと考える。

謝 辞

本研究に関して有益な御討論、助言を頂いた日立マクセル(株)京都研究所の奥脇東洋治主管研究員、筑波研究所の岸本幹夫第1セクター長、また当研究所の鈴木良ストレージ研究センタ長に深く感謝致します。

参考文献

- [1] K. Nakamura, N. Tani, M. Nishikawa, T. Yamada, Y. Ota and A. Itoh: Jpn. J Appl. Phys., Vol. 23, No. 6, L397 (1986).
- [2] K. Yoshida and T. Takayama: J. Magn. & Magn. Mater., 82, 228 (1989).
- [3] Y. Tateno, K. Iwasaki, H. Naruse and R. Chubachi: IEEE Trans. on Magn., Vol. 25, No. 5, 4186 (1989).
- [4] T. Takayama, K. Yoshida, Y. Ogawa, A.

Yano and O. Kitakami: Proceedings of
The ICF 6, 1440 (1992).

[5] I. Tagawa, Y. Shimizu and Y. Nakamura:
J. Magn. Soc. Jpn., Vol. 15, No. S2,
827 (1991).

[6] 石田, 杉田, 東間, 越後: 日本応用磁気学
会誌, Vol. 15, No. 2, 159 (1991).