Co-Cr 蒸着膜の記録再生特性に及ぼす入射角の影響

Effects of Incident Angle on Recording Properties of Vacuum Deposited Co-Cr Films

石田達朗・杉田龍二・東間清和・越後紀康

松下電器産業(株)磁気記録研究所, 守口市八雲中町 3-15 (〒570)

T. Ishida, R. Sugita, K. Tohma and N. Echigo

Magnetic Recording Res. Lab., Matsushita Electric Ind. Co., Ltd., 3-15 Yagumonakamachi, Moriguchi-shi 570

Investigated is recording characteristics of Co-Cr films with regard to incident angle of evaporated atoms onto a substrate. Recording characteristics of the Co-Cr films deposited with incident angle from 55° to 20° depend on head scan direction. In normal direction, recorded magnetization of the film is mainly dominated by magnetic field near the leading edge of a head, while in reverse direction, it is mainly dominated by the field near the trailing edge. Single-peak-like isolated waveform in normal direction of head scan is explained by superposition of waveform reproduced from magnetization recorded by the magnetic field near the leading edge and waveform from magnetization reversed only in the film surface by magnetic field near the trailing edge. Reproduced voltage of the film decreases with increasing the azimuth angle owing to the magnetic anisotropy existing in the film plane, while Co-Cr films deposited with incident angle from 20° to -20° have almost the same density responses at different azimuth angles.

Key words: Co-Cr films, incident angle of evaporated atoms, recording characteristics, head scan direction, single-peak-like isolated waveform, azimuth angle

1. はじめに

連続蒸着法により高分子基板上に Co-Cr 膜を作製する際に、蒸発原子の基板への入射角は膜の磁気特性、結晶配向性および記録再生特性に影響を及ぼす。我々は、蒸発原子の基板への入射角を特定することにより、長波長記録領域における再生出力が増加するとともにパルス幅が狭く単峰的な孤立再生波形を有する磁気テープが得られることをすでに報告した^{1),2)}。

本報告では、入射角を特定することによって生じる記録再生特性のヘッド摺動方向依存性について検討し、前述の孤立再生波形改善の機構について考察する。また、膜面内における結晶配向性およびアジマス角度を変化さ

せた場合の記録再生特性と入射角との関連についての測定結果を報告する。

2. 実験方法

Co-Cr 膜の作製に用いた連続蒸着装置の概略³⁾を Fig. 1 に示す。10 μm 厚の耐熱性高分子基板を円筒状キャンの周面に沿って走行させ、基板表面にイオンビーム処理³⁾を施した後、Co-Cr 膜を形成した。キャン表面の温度は 250°C 、膜堆積速度は約 $0.2 \mu/\text{s}$ とした。蒸発原子の基板への入射角は、初期入射角 $\phi_i = 20^\circ$ から終期入射角 $\phi_f = -20^\circ$ まで変化させた従来の垂直入射に近い膜 A、および $\phi_i = 55^\circ$ から $\phi_f = 20^\circ$ まで変化させた膜 B^{1),2)} について検討した。Co-Cr 膜 A, B の膜厚は約 $0.2 \mu\text{m}$ 、飽和磁化は約 400 emu/cc である。得られた Co-Cr 膜はスリットしてテープ媒体 A, B とした。なお、耐久性を向上させるため、媒体には大気中において 320°C で加熱処理を施している⁴⁾。

記録再生特性はドラムテストにより、ギャップ長 $0.14 \mu\text{m}$ 、トラック幅 $23 \mu\text{m}$ の Mn-Zn フェライトヘッドを

Fig. 1 Continuous vacuum deposition system.

用いて測定した。ヘッドと媒体 B との相対移動の向きは、基板上に斜めに成長した柱状結晶粒の傾斜方向に対して、Fig. 2 に示すように順方向と逆方向とを定めた^{1),2)}。

また、Co-Cr 膜の膜面内における結晶配向性を、透過電子線回折像により評価した。

3. 実験結果および考察

3.1 記録再生特性のヘッド摺動方向依存性および孤立再生波形に関する考察

Fig. 3 に再生出力の基本波の記録密度特性を示す。媒体 B では、順逆いずれの方向に摺動しても媒体 A に比べて特に長波長側で顕著に再生出力の改善がみられ、面内磁化成分の寄与が大きくなるものと考えられる。媒体 B の孤立再生波形は、順方向ではパルス幅が狭く、単峰的な波形であるのに対し、逆方向では媒体 A 同様にメインパルスの前にサブパルスを有するダイパルス形状となる^{1),2)}。長波長側の再生出力は、オシロスコープで観察される p-p 値によれば、Fig. 3 に示す基本波の場合とは逆転して、順方向の出力が逆方向よりも高くなる。このことから順方向の再生波形は相対的に高調波成分をより多く含むものと考えられる。

Fig. 4 に媒体 A, B の入出力特性を示す。媒体 B の逆方向の入出力曲線は媒体 A のものと類似しており、両者とも同じ位置にピークを持った後、起磁力の増加とともに減少している。ところが、順方向においては飽和起磁力は逆方向よりも小さく、飽和点に達してはば一定の出力値を示した後、出力が減少する。媒体 B を逆方向に摺動した際には、柱状結晶粒の傾斜方向がトレイリングエッジ近傍のヘッド磁界の傾斜方向にほぼ一致しており、磁化反転はおもにヘッド磁界のトレイリング側で決定されるものと考えられる。この場合、各ビットの記録磁化は、それ以降のビットを記録するトレイリング側の反転磁界によって強い減磁作用を受けるため、高起磁力側で再生出力が顕著に低下する。一方、順方向の場合は柱状結晶粒の傾斜方向がリーディングエッジ近傍のヘッド磁界の傾斜方向にほぼ一致しており、トレイリングエッジ近傍のヘッド磁界の傾斜方向は柱状結晶粒の困難軸方向に近い。つまり、リーディングエッジ近傍のヘッド磁界による記録磁化はトレイリング側のヘッド磁界によって反転されにくい。入出力曲線が飽和領域を有し、さらに高起磁力側での出力低下が逆方向ほど顕著でないのはこのためであると考えられる。すなわち媒体 B を順方向に摺動した際には、リーディングエッジ近傍のヘッド磁界による記録磁化が支配的に残留する。媒体 B を逆

Fig. 2 Relation between direction of head scan and tilt direction of columnar grains.

Fig. 3 Density responses of reproduced voltage.

Fig. 4 MMF dependence of reproduced voltage.

方向に摺動した際および媒体 A においてはトレイリングエッジ近傍のヘッド磁界による記録磁化が支配的に残留する。このように考えることにより、上記の入出力特

性が説明できる。

次に孤立再生波形について考察する。上述のように、トレイリングエッジ近傍のヘッド磁界による記録磁化が支配的に残留している状態を考える。このとき面内磁化成分の反転による単峰波形と垂直磁化成分の反転によるダイパルスの重ね合わせにより、メインパルスの手前にアンダーシュートを有する Fig. 5(a) のような再生波形が得られる。この波形は、媒体 B を逆方向に摺動した場合および媒体 A の孤立波形状に対応するものと考えられる。一方、リーディングエッジ近傍のヘッド磁界による記録磁化が支配的に残留している状態では、逆にメインパルスの後にアンダーシュートを有する Fig. 5(b) のような波形が得られ、媒体 B を順方向に摺動した際の単峰的な孤立再生波形を説明することはできない。

そこで我々は、媒体 B を順方向に摺動した場合につい

Fig. 5 Relation between recorded magnetization and reproduced waveform.

Fig. 6 Electron diffraction patterns of films A (a) and B (b).

て、特に長波長記録においては、媒体の表層のみがトレイリング側のヘッド磁界により反転され、リーディング、トレイリング両エッジ近傍のヘッド磁界による磁化反転がそれぞれ磁性膜の下層部、上層部に記録された状態を推定した。このとき、パルス幅が狭く単峰的な孤立再生波形(c)は、トレイリングエッジ近傍のヘッド磁界による上層部の記録磁化からの再生波形とリーディングエッジ近傍の磁界による下層部の記録磁化からの再生波形の重ね合わせ、すなわち波形(a)と(b)の重ね合わせとして理解される。この際、記録磁化の垂直成分は上層部と下層部で逆方向であるため、順方向の再生出力は逆

Fig. 7 Density responses of films A (a) and B (b) at different azimuth angles.

方向よりも低くなるものと考えられる。

3.2 膜面内における結晶配向性およびアジマス角度を変化させた場合の記録再生特性と入射角との関連

Fig. 6 に蒸発原子の基板への入射角を、初期入射角 $\phi_i = 20^\circ$ から終期入射角 $\phi_f = -20^\circ$ まで変化させて作製した膜 A および $\phi_i = 55^\circ$ から $\phi_f = 20^\circ$ まで変化させて作製した膜 B の透過電子線回折像を示す。ここで、電子線は膜面に垂直に入射しており、Fig. 6 の横方向が成膜時の基板の走行方向に対応する。膜 A においては、hcp(100) のほぼ一様な強い回折線が観察され、hcp(002) および hcp(101) 回折線はあまり見られない。したがって、hcp c 軸が膜面の垂直方向に強く配向していることがわかる。これに対し、膜 B では、hcp(100) 回折線は一様ではなく、 180° 周期の強弱分布がある。回折強度の強い方向は、図の上下方向、すなわち成膜の際の基板の幅方向である。また (002) および (101) 回折線も現れ、やはり 180° 周期の強弱分布がみられるが、(100) 回折線の強弱分布とは、 90° ずれている。したがって、膜 B の c 軸は、膜面の法線に対して基板走行方向に傾斜していると結論づけられている。

Fig. 7 にアジマス角度 θ をテープ媒体の幅方向に対して、 $0^\circ, 20^\circ, 40^\circ$ と変化させて測定した、媒体 A および B の記録密度特性を示す。アジマス角度 θ は、同一のヘッドを傾けて媒体と摺動させることによって変化させた。また Fig. 7 における出力には、実測値に対して媒体・ヘッド間の相対移動速度の補正を施してある。すなわち、実測値を $\cos \theta$ で割った値を示している。媒体 A においては膜面内で等方であるために、アジマス角度を変化させても記録密度特性はほとんど変わらない。これに対し膜 B では異方性を有しているために、アジマス角度が 40° になると再生出力の低下がみられる。ただし、例えば市販の ME テープのように、膜面内において強い異方性を有する従来の薄膜型媒体と比較すると、出力低下の割合は少ない。

4. ま と め

連続真空蒸着法により、蒸発原子の基板への入射角を 20° から -20° まで変化させて作製した Co-Cr テープ媒体 A、および 55° から 20° まで変化させて作製した媒体 B の記録再生特性において以下の検討結果が得られた。

媒体 B を順方向に摺動した場合、特に長波長記録においては、リーディング、トレイリング両エッジ近傍のヘッド磁界による磁化反転がそれぞれ磁性膜の下層部、上層部に記録された状態となっているものと推定される。パルス幅が狭く単峰的な孤立再生波形は、両エッジ近傍のヘッド磁界による各々の記録磁化からの再生波形の重ね合わせとして理解される。

一方、媒体 B を逆方向に摺動した際および媒体 A においては、磁化反転は主にトレイリングエッジ近傍のヘッド磁界で決定されるものと考えられる。

媒体 A においては、アジマス角度を変化させても記録密度特性はほとんど変わらない。これに対し、媒体 B においては、アジマス角度が大きくなると再生出力の低下がみられる。

最後に、本研究の機会を与えて下さった当社磁気記録研究所、紙中所長に感謝致します。また、膜の分析を行っていただいた、小野田氏をはじめとする(株)松下テクノリサーチの皆様に感謝致します。

文 献

- 1) R. Sugita, N. Echigo, K. Tohma and C. Yamamitsu: *IEEE Trans. Magn.*, **MAG-26**, 2286 (1990).
- 2) 越後紀康, 東間清和, 杉田龍二, 太田 潤: 電子情報通信学会技術研究報告, MR90-15 (1990).
- 3) R. Sugita, K. Tohma, K. Honda, Y. Kawawake, N. Echigo and Y. Murakami: *IEEE Trans. Magn.*, **MAG-25** 4183 (1989).
- 4) K. Honda, R. Sugita, N. Echigo, Y. Sakamoto and Y. Murakami: *IEEE Trans. Magn.*, **MAG-24**, 2664 (1988).

1990年12月3日受理, 1991年2月28日採録