

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6521855号
(P6521855)

(45) 発行日 令和1年5月29日(2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int.Cl.

F 1

G 11 B 5/70 (2006.01)

G 11 B 5/70

G 11 B 5/78 (2006.01)

G 11 B 5/78

G 11 B 5/584 (2006.01)

G 11 B 5/584

請求項の数 6 (全 25 頁)

(21) 出願番号

特願2015-254192 (P2015-254192)

(22) 出願日

平成27年12月25日(2015.12.25)

(65) 公開番号

特開2017-117505 (P2017-117505A)

(43) 公開日

平成29年6月29日(2017.6.29)

審査請求日

平成30年3月14日(2018.3.14)

(73) 特許権者 306037311

富士フィルム株式会社

東京都港区西麻布2丁目26番30号

(74) 代理人 110000109

特許業務法人特許事務所サイクス

(72) 発明者 笠田 成人

神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フィルム株式会社内

(72) 発明者 金子 徹也

神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フィルム株式会社内

審査官 斎藤 真

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁気テープおよび磁気テープ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非磁性支持体上に強磁性粉末および結合剤を含む磁性層を有する磁気テープであって、磁気テープの長手方向において測定される保磁力は、167 kA/m以下であり、

磁気テープの長手方向において下記式1:

$$SFD = SFD_{25} - SFD_{-190} \dots \text{式 1}$$

により算出される SFD は、0.50 以下であり、式1中、 SFD_{25} は、温度 25 の環境下で磁気テープ長手方向において測定される反転磁界分布 SFD であり、 SFD_{-190} は、温度 -190 の環境下で磁気テープ長手方向において測定される反転磁界分布 SFD であり、

前記磁性層は、磁気テープの長手方向に沿うデータバンドおよびサーボバンドを有し、かつ前記サーボバンド上にタイミングベースサーボパターンを有し、前記タイミングベースサーボパターンの磁気力顯微鏡観察により特定されるエッジ形状は、磁気テープの長手方向における理想形状からの位置ずれ幅の累積分布関数 99.9% の値 $l_{99.9}$ と前記累積分布関数 0.1% の値 $l_{0.1}$ との差分、 $l_{99.9} - l_{0.1}$ 、が 180 nm 以下である形状である、磁気テープ。

【請求項 2】

前記タイミングベースサーボパターンは、磁気テープの幅方向の一方から他方に向かって連続的または不連続に延びる直線状サーボパターンである請求項1に記載の磁気テープ。

【請求項 3】

前記タイミングベースサーボパターンは、磁気テープの幅方向の一方から他方に向かって連続的に延び、かつ前記幅方向に対して角度で傾斜した直線状サーボパターンであり、かつ

前記理想形状は、前記角度の方向に延びる直線形状である請求項2に記載の磁気テープ。

【請求項4】

前記SFDは、0.03以上0.50以下である請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気テープ。

【請求項5】

前記保磁力は、119kA/m以上167kA/m以下である請求項1～4のいずれか1項に記載の磁気テープ。10

【請求項6】

請求項1～5のいずれか1項に記載の磁気テープと、磁気ヘッドと、サーボヘッドと、を含む磁気テープ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気テープおよび磁気テープ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気記録媒体にはテープ状のものとディスク状のものがあり、データバックアップ、アーカイブ等のストレージ用途には、テープ状の磁気記録媒体、即ち磁気テープ（以下、単に「テープ」ともいう。）が主に用いられている。磁気テープへの磁気信号の記録は、磁気テープの長手方向に延びるデータバンド上のデータトラックに対して行われる。20

【0003】

近年の情報量の莫大な増大に伴い、磁気テープには記録容量を高めること（高容量化）が求められている。この高容量化のための手段としては、データトラックの幅を狭くすることにより、磁気テープの幅方向に、より多くのデータトラックを配置して記録密度を高めることが挙げられる。

【0004】

しかしデータトラックの幅を狭くすると、磁気テープをドライブ内で走行させ磁気信号の記録および／または再生を行う際、磁気テープの幅方向の位置変動によって、磁気ヘッドがデータトラックに正確に追従することが困難となり、記録および／または再生時にエラーを起こし易くなってしまう。そこで、かかるエラーの発生を低減するための手段として、近年、サーボ信号によるヘッドトラッキングサーボを用いたシステム（以下、「サーボシステム」と記載する。）が提案され、実用化されている（例えば特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第5689384号

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

サーボシステムの中で、磁気サーボ方式によるサーボシステムでは、サーボ信号（サーボパターン）を磁気テープの磁性層に形成し、このサーボパターンを磁気的に読み取ってヘッドトラッキングを行う。より詳しくは、次の通りである。

まずサーボヘッドで、磁性層に形成されているサーボ信号を読み取る。次に、読み取ったサーボ信号に応じて、磁気ヘッドの磁気テープの幅方向における位置をコントロールして、磁気ヘッドをデータトラックに追従させる。これにより、磁気テープに信号を記録または再生するためにドライブ内で磁気テープを走行させる際、磁気テープの位置が磁気へ50

ッドに対して幅方向に変動しても、磁気ヘッドをデータトラックに追従させることができる。こうして、磁気テープに対して正確に情報を記録すること、および／または、磁気テープに記録されている情報を正確に再生すること、が可能となる。

【0007】

上記の磁気サーボ方式によるサーボシステムとしては、近年、タイミングベースサーボ方式が広く用いられている。タイミングベースサーボ方式によるサーボシステム（以下、「タイミングベースサーボシステム」とも呼ぶ。）では、2種以上の異なる形状の複数のサーボパターンをサーボバンド上に形成し、サーボヘッドが、異なる形状の2つのサーボパターンを読み取った（再生した）時間間隔と、同じ形状の2つのサーボパターンを再生した時間間隔と、によりサーボヘッドの位置を認識する。こうして認識されたサーボヘッドの位置に基づき、磁気ヘッドの磁気テープの幅方向における位置がコントロールされる。10

【0008】

ところで、磁気テープの磁気特性の1つとしては、保磁力が挙げられる。磁気テープの保磁力は、記録密度を向上するために磁性層に含まれる強磁性粉末として粒子サイズの小さな強磁性粉末を使用する傾向が高まっていること等に伴い、近年低下する傾向にある。しかるに本発明者らが検討を重ねる中で、磁気テープの保磁力が低くなると、従来のタイミングベースサーボシステムでは、磁気ヘッドをデータトラックに追従させる精度（以下、「ヘッド位置決め精度」という。）が低下してしまうという、従来知られていなかった現象が発生することが明らかとなった。20

【0009】

そこで本発明の目的は、低保磁力の磁気テープにおいて、タイミングベースサーボシステムによるヘッド位置決め精度を向上することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様は、
非磁性支持体上に強磁性粉末および結合剤を含む磁性層を有する磁気テープであって、
磁気テープの長手方向において測定される保磁力（以下、単に「保磁力」、「Hc」とも記載する。）が、167 kA/m以下（21000e以下）であり、30

上記磁性層は、磁気テープの長手方向に沿うデータバンドおよびサーボバンドを有し、かつ上記サーボバンド上にタイミングベースサーボパターンを有し、

上記タイミングベースサーボパターンの磁気力顕微鏡観察により特定されるエッジ形状は、磁気テープの長手方向における理想形状からの位置ずれ幅の累積分布関数99.9%の値1.99.9と上記累積分布関数0.1%の値1.0.1との差分、1.99.9 - 1.0.1、が180 nm以下である形状である、磁気テープ、

に関する。なお本発明および本明細書において、保磁力については、10e（1エルス テッド）=79.6 A/mの換算式により単位換算するものとする。本明細書において、磁気テープの長手方向を、単に長手方向またはテープ長手方向とも記載することがあり、磁気テープの幅方向を、単に幅方向またはテープ幅方向とも記載することがある。本発明および本明細書における「幅方向」とは、長手方向と直交する方向を意味する。40

【0011】

本発明および本明細書における「タイミングベースサーボパターン」とは、タイミングベースサーボシステムにおけるヘッドトラッキングが可能なサーボパターンをいう。タイミングベースサーボシステムにおけるヘッドトラッキングが可能なサーボパターンは、サーボパターン記録ヘッド（「サーボライトヘッド（servo write head）」とも呼ばれる。）により、サーボバンド上に2種以上の異なる形状の複数のサーボパターンとして形成される。一例では、2種以上の異なる形状の複数のサーボパターンが、同種の形状の複数のサーボパターンごとに連続して一定の間隔をもって配置される。他の一例では、異なる種類のサーボパターンが交互に配置される。なおサーボパターンが同種の形状であることにに関しては、サーボパターンのエッジ形状の位置ずれは不問とする。タイミングベースサー50

ボシステムにおけるヘッドトラッキングが可能なサーボパターンの形状およびサーボバンド上での配置は公知であり、具体的な態様は後述する。以下、タイミングベースサーボパターンを、単にサーボパターンとも記載する。本発明および本明細書において、タイミングベースサーボパターンの磁気力顕微鏡観察により特定されるエッジ形状は、磁気信号（情報）を記録する際の磁気テープ走行方向（以下、単に「走行方向」または「テープ走行方向」とも記載する。）に対して下流側に位置するエッジ（端辺）の形状とする。

【0012】

次に、本発明および本明細書における、タイミングベースサーボパターンの磁気力顕微鏡観察により特定されるエッジ形状、このエッジ形状の磁気テープの長手方向における理想形状からの位置ずれ幅の累積分布関数 99.9% の値 1.9.9.9 と上記累積分布関数 0.1% の値 1.0.1 との差分 1.9.9.9 - 1.0.1 、および理想形状について説明する。
10

以下では、磁気テープの幅方向の一方から他方に向かって連続的に延び、磁気テープの幅方向に対して角度 θ で傾斜した直線状サーボパターンを主に例に取り説明する。上記の角度 θ とは、サーボパターンの、磁気信号（情報）を記録する際の磁気テープの走行方向に対して下流側に位置するエッジのテープ幅方向の端部 2箇所を結ぶ線分と磁気テープの幅方向とのなす角度をいうものとする。この点を含め、以下に更に説明する。

【0013】

例えば LTO (Linear-Tape-Open) では、リニア記録方式が採用されている。リニア記録方式では、データバンドがテープ長手方向に沿って複数設けられている。そしてサーボバンドは、データバンドと交互に設けられている。図 1 に、データバンドおよびサーボバンドの配置例を示す。図 1 中、磁気テープ 1 の磁性層上には、複数のサーボバンド 10 および複数のデータバンド 11 がガイドバンド 12 に挟まれて配置されている。サーボパターンは、磁化領域であって、サーボライトヘッドによりサーボバンド上の特定の領域を磁化することによって形成される。サーボライトヘッドにより磁化する領域（サーボパターンを形成する位置）は規格により定められており、例えば業界標準規格である LTO Ultrium フォーマットテープには、磁気テープ製造時に、図 2 に示すようにテープ幅方向に対して傾斜した複数のサーボパターンがサーボバンド上に形成される。詳しくは、図 2 中、データバンド 10 上のサーボフレーム SF は、サーボサブフレーム 1 (SSF1) およびサーボサブフレーム 2 (SSF2) から構成される。サーボサブフレーム 1 は、A バースト（図 2 中、符号 A）および B バースト（図 2 中、符号 B）から構成される。A バーストはサーボパターン A1 ~ A5 から構成され、B バーストはサーボパターン B1 ~ B5 から構成される。一方、サーボサブフレーム 2 は、C バースト（図 2 中、符号 C）および D バースト（図 2 中、符号 D）から構成される。C バーストはサーボパターン C1 ~ C4 から構成され、D バーストはサーボパターン D1 ~ D4 から構成される。このような 18 本のサーボパターンが 5 本と 4 本のセットで 5544 の配列で並べられたサブフレームに配置され、サーボフレームを識別するために用いられる。図 2 には、1 つのサーボフレームを示したが、各データバンドには、複数のサーボフレームがテープ走行方向に配置される。図 2 中、矢印はテープ走行方向を示している。
20
30

【0014】

図 3 および図 4 は、角度 θ の説明図である。図 2 に示すサーボパターンにおいて、サーボパターン A1 ~ A5、C1 ~ C4 のように走行方向の上流側に向けて傾斜しているサーボパターンについては、下流側のエッジ E_L の端部 2箇所を結ぶ線分（図 3 中、破線 L1）とテープ幅方向（図 3 中、破線 L2）とのなす角度を角度 θ とする。一方、サーボパターン B1 ~ B5、D1 ~ D4 のように走行方向の下流側に向けて傾斜しているサーボパターンについては、下流側のエッジ E_L の端部 2箇所を結ぶ線分（図 4 中、破線 L1）とテープ幅方向（図 4 中、破線 L2）とのなす角度を角度 θ とする。この角度 θ は、一般にアジマス角と呼ばれ、サーボバンド上に磁化領域（サーボパターン）を形成する際のサーボライトヘッドの設定により定められる。
40

【0015】

サーボバンド上に磁化領域（サーボパターン）を形成する際、サーボパターンが理想的
50

に形成されたならば、上記の磁気テープ幅方向に対して角度 θ で傾斜したサーボパターンのエッジ形状は、上記のエッジ端部 2箇所を結ぶ線分（図 3、4 中、破線 L 1）の形状と一致する。即ち直線になる。したがって、エッジ上の各箇所において、磁気テープ長手方向における理想形状からの位置ずれ幅（以下、単に「位置ずれ幅」とも記載する。）はゼロになる。しかし本発明者らは検討を重ねる中で、長手方向で測定される保磁力が 167 kA/m 以下の磁気テープでは、図 5 に一例を示すようにサーボパターンのエッジ形状が理想形状からずれてしまう傾向が高く、この位置ずれ幅が大きく且つエッジ各箇所での位置ずれ幅の値のばらつきが大きいことが、タイミングベースサーボシステムによるヘッド位置決め精度を低下させる要因になっているのではないかと考えた。なお長手方向で測定される保磁力が 167 kA/m 以下の磁気テープにおいてサーボパターンのエッジ形状が理想形状からずれてしまう傾向が高い理由について、本発明者らは、保磁力が低いため磁化反転しやすいことが理由ではないかと推察している。詳しくは、保磁力が低いためサーボライトヘッドからの磁場を受けて意図しない箇所も磁化されてしまうことが理由ではないかと推察している。この点に関し、サーボパターンのエッジ形状が理想形状からずれることを防ぐために、サーボライトヘッドの能力を高めること、具体的には磁場（漏れ磁界）が大きなサーボライトヘッドを使用することが考えられる。しかるに本発明者らが検討を重ねたものの、サーボライトヘッドの能力を高めるのみでは、長手方向で測定される保磁力が 167 kA/m 以下の磁気テープにおいてサーボパターンのエッジ形状を理想形状に近づけるには限界があることも明らかとなった。そこで本発明者らは、サーボパターンが形成される磁気テープの性能に依りサーボパターンのエッジ形状を理想形状に近づけるべきと考えるに至り、磁気テープの性能に関して更に鋭意検討を重ねた。その結果、長手方向で測定される保磁力が 167 kA/m 以下の磁気テープにエッジ形状が理想形状に近いサーボパターンを形成することが可能となり、これによりタイミングベースサーボシステムによるヘッド位置決め精度の向上を達成できることを新たに見出し、上記の磁気テープを完成させた。

【0016】

上記の差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、サーボパターンのエッジ各位置で理想形状からの位置ずれ幅が小さく且つエッジ各箇所での位置ずれ幅の値のばらつきが小さいことの指標となり得る値である。差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、以下の方法により求められる値である。

サーボパターンが形成された磁気テープの磁性層表面を磁気力顕微鏡（MFM；Magnetic Force Microscope）で観察する。測定範囲は、サーボパターンが 5 本含まれる範囲とする。例えば、LTO Ultrium フォーマットテープでは、測定範囲を $90 \mu\text{m} \times 90 \mu\text{m}$ とすることにより、A バーストまたは B バーストの 5 本のサーボパターンを観察することができる。測定範囲を 100 nm ピッチで測定（粗測定）することによりサーボパターン（磁化領域）を抽出する。なお本発明および本明細書において、磁性層表面との語は、磁気テープの磁性層側表面と同義で用いるものとする。

その後、サーボパターンの、走行方向に対して下流側に位置するエッジにおいて磁化領域と非磁化領域との境界を検出するために、上記境界近傍において 5 nm ピッチで測定を行い磁気プロファイルを得る。得られた磁気プロファイルが、磁気テープの幅方向に対して角度 θ 傾斜している場合には、解析ソフトにより磁気テープ幅方向に沿うように（ $\theta = 0^\circ$ となるように）回転補正する。その後、解析ソフトにより、 5 nm ピッチで測定された各プロファイルのピーク値の位置座標を算出する。このピーク値の位置座標は、磁化領域と非磁化領域との境界の位置を示している。位置座標は、例えば、走行方向を x 座標、幅方向を y 座標とする $x-y$ 座標系により特定される。

理想形状が直線であって直線上のある位置の位置座標が $(x, y) = (a, b)$ である場合を例に取ると、実際に求められたエッジ形状（上記境界の位置座標）が理想形状と一致していたならば、算出される位置座標は、 $(x, y) = (a, b)$ となる。この場合、位置ずれ幅はゼロである。これに対し、実際に求められたエッジ形状が理想形状からずれていたならば、上記境界の $y = b$ の位置の x 座標は、 $x = a + c$ または $x = a - c$ となる

10

20

30

40

50

。 $x = a + c$ とは、例えば走行方向に対して上流側に幅 c ずれている場合であり、 $x = a - c$ とは、例えば走行方向に対して下流側に幅 c (即ち上流側を基準にすると $-c$) ずれている場合である。ここで c が、位置ずれ幅である。即ち、理想形状からの x 座標の位置ずれ幅の絶対値が、磁気テープの長手方向における理想形状からの位置ずれ幅である。こうして、5 nm ピッチでの測定により求められた走行方向の下流側のエッジ各箇所での位置ずれ幅を求める。

各サーボパターンについて得られた値から、解析ソフトにより累積分布関数を得る。得られた累積分布関数から、累積分布関数 99.9% の値 $l_{99.9}$ と 0.1% の値 $l_{0.1}$ を求め、求められた値から各サーボパターンについて差分 $l_{99.9} - l_{0.1}$ を求める。

以上の測定を、異なる 3 箇所の測定範囲で行う (測定数 $N = 3$)。

各サーボパターンについて得られた差分 $l_{99.9} - l_{0.1}$ の算術平均を、磁気テープについての差分 $l_{99.9} - l_{0.1}$ と定義する。

【0017】

本発明および本明細書におけるサーボパターンのエッジ形状の「理想形状」とは、位置ずれなくサーボパターンが形成された場合のエッジ形状をいう。例えば、一態様では、上記サーボパターンは、磁気テープの幅方向の一方から他方に向かって連続的または不連続に延びる直線状サーボパターンである。なおサーボパターンについての「直線状」とは、エッジ形状の位置ずれは不問として、パターン形状として曲線部分を含まないことをいう。「連続的」とは、傾斜角度の変曲点なく、かつ途切れることなく、テープ幅方向の一方から他方に向かって延びることをいう。磁気テープの幅方向の一方から他方に向かって連続的に延びるサーボパターンの一例は、図 2 に示したサーボパターンである。これに対し、「不連続」とは、傾斜角度の変曲点が 1 つ以上あるか、および / または、1 箇所以上で途切れ延びていることをいう。傾斜角度の変曲点はあるが途切れずに延びる形状は、いわゆる折れ線形状である。傾斜角度の変曲点が 1 つで途切れることなくテープ幅方向の一方から他方に向かって延びる不連続なサーボパターンの一例は、図 6 に示すサーボパターンである。一方、傾斜角度の変曲点なく 1 箇所で途切れテープ幅方向の一方から他方に向かって延びる不連続なサーボパターンの一例は、図 7 に示すサーボパターンである。また、傾斜角度の変曲点が 1 つで、1 箇所で途切れテープ幅方向の一方から他方に向かって延びる不連続なサーボパターンの一例は、図 8 に示すサーボパターンである。

テープ幅方向の一方から他方に向かって連続的に延びる直線状サーボパターンについて、エッジ形状の「理想形状」とは、直線状のサーボパターンの走行方向の下流側のエッジの端部 2 箇所を結ぶ線分の形状 (直線形状) である。例えば図 2 に示した直線状サーボパターンについては、図 3、図 4 中の L 1 で示した直線の形状である。一方、不連続に延びる直線状サーボパターンについては、理想形状とは、傾斜角度の変曲点がある形状については、傾斜角度が同じ部分の一端から他端を結ぶ線分の形状 (直線形状) である。また、1 箇所以上で途切れ延びている形状については、連続的に延びている各部分のそれぞれの一端から他端を結ぶ線分の形状 (直線形状) である。例えば、図 6 に示すサーボパターンについては、e 1 と e 2 とを結ぶ線分、および e 2 と e 3 とを結ぶ線分である。図 7 に示すサーボパターンについては、e 4 と e 5 とを結ぶ線分、および e 6 と e 7 とを結ぶ線分である。図 8 に示すサーボパターンについては、e 8 と e 9 とを結ぶ線分、および e 10 と e 11 とを結ぶ線分である。

【0018】

上記では、直線状サーボパターンを例に説明したが、サーボパターンはエッジ形状の理想形状が曲線形状のサーボパターンであってもよい。例えば走行方向に対して下流側のエッジ形状が理想的には部分円弧形状のサーボパターンについては、この部分円弧の位置座標に対して、走行方向に対して下流側のエッジ形状の磁気力顕微鏡により求められる位置座標により求められる位置ずれ幅から、差分 $l_{99.9} - l_{0.1}$ を求めることができる。

【0019】

10

20

30

40

50

以上の測定で用いる磁気力顕微鏡としては、市販の、または公知の構成の磁気力顕微鏡を周波数変調（F M : Frequency Modulation）モードで用いる。磁気力顕微鏡のプローブとしては、例えば、N a n o w o r l d 社製S S S - M F M R（公称曲率半径15nm）を用いることができる。磁気力顕微鏡観察時の磁性層表面とプローブ先端との間の距離は、20~50nmの範囲とする。

また、上記解析ソフトとしては、市販の解析ソフト、または公知の演算式を組み込んだ解析ソフトを用いることができる。

【0020】

一態様では、上記タイミングベースサーボパターンは、磁気テープの幅方向の一方から他方に向かって連続的に延び、かつ上記幅方向に対して角度 θ で傾斜した直線状サーボパターンであり、かつ上記理想形状は、上記角度 θ の方向に延びる直線形状である。かかる態様の一例は、図2に示すサーボパターンである。

【0021】

一態様では、上記磁気テープの長手方向において下記式1：

$$SFD = SFD_{25} - SFD_{-190} \quad \dots \text{式1}$$

により算出されるSFD（以下、単に「SFD」とも記載する。）は、0.50以下である。式1中、 SFD_{25} は、温度25の環境下で磁気テープ長手方向において測定される反転磁界分布SFDであり、 SFD_{-190} は、温度-190の環境下で磁気テープ長手方向において測定される反転磁界分布SFDである。また、SFDとは、反転磁界分布（Switching field distribution）を意味する。

【0022】

SFDに関して、本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、SFDが差分 $1_{99.9} - 1_{0.1}$ と相関するという、従来まったく知られていなかった新たな知見を得た。SFDを0.50以下とすることは、上記の差分 $1_{99.9} - 1_{0.1}$ を180nm以下に制御するための好ましい手段の1つである。SFDは、磁気テープ長手方向において測定される反転磁界分布SFDの温度依存性を示す値であり、値が小さいほど温度によるSFDの変化が小さく、値が大きいほど温度によるSFDの変化が大きいことを意味する。磁気テープの長手方向SFDは、振動試料型磁束計等の公知の磁気特性測定装置により求めることができる。後述する強磁性粉末のSFDの測定についても同様である。SFD測定時の温度は、測定装置の設定により調整することができる。

【0023】

なお本発明者らによる検討によれば、SFDについては、以下の(A)~(C)の傾向が見られる。SFDを0.50以下と小さくすることにより差分 $1_{99.9} - 1_{0.1}$ を小さくすることができる理由については、サーボライトヘッドによる磁化（サーボパターン形成）時に意図しない箇所も磁化されてしまうことが抑制できるからと推察されるが、詳細は明らかではない。

(A) 磁性層における強磁性粉末の分散性を高めるほど値が小さくなる；

(B) 強磁性粉末としてSFDの温度依存性の小さいものを使用するほど値が小さくなる；

(C) 強磁性粉末を磁性層の長手方向に整列させるほど（長手方向における配向性を高めるほど）値が小さくなり、長手方向における配向性が低下するほど値が大きくなる。

【0024】

一態様では、上記SFDは、0.03以上0.50以下である。

【0025】

一態様では、上記保磁力は、119kA/m以上167kA/m以下である。

【0026】

本発明の更なる態様は、上記磁気テープと、磁気ヘッドと、サーボヘッドと、を含む磁気テープ装置に関する。

【発明の効果】

【0027】

10

20

30

40

50

本発明の一態様によれば、サーボパターンが形成された磁気テープであって、タイミングベースサーボシステムによるドライブ走行時のヘッド位置決め精度が向上した磁気テープ、およびこの磁気テープへ磁気信号を記録および／または再生する磁気テープ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】データバンドおよびサーボバンドの配置例を示す。

【図2】LTO Ultriumフォーマットテープのサーボパターン配置例を示す。

【図3】角度 の説明図である。

【図4】角度 の説明図である。

【図5】サーボパターンのエッジ形状の一例を示す。

【図6】サーボパターンの一例を示す。

【図7】サーボパターンの一例を示す。

【図8】サーボパターンの一例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0029】

[磁気テープ]

本発明の一態様にかかる磁気テープは、非磁性支持体上に強磁性粉末および結合剤を含む磁性層を有する磁気テープであって、磁気テープの長手方向において測定される保磁力が、 167 kA/m 以下(21000 e 以下)であり、上記磁性層は、磁気テープの長手方向に沿うデータバンドおよびサーボバンドを有し、かつ上記サーボバンド上にタイミングベースサーボパターンを有し、上記タイミングベースサーボパターンの磁気力顯微鏡観察により特定されるエッジ形状は、磁気テープの長手方向における理想形状からの位置ずれ幅の累積分布関数 99.9% の値 $1_{9,9,9}$ と上記累積分布関数 0.1% の値 $1_{0,0,1}$ との差分、 $1_{9,9,9} - 1_{0,0,1}$ 、が 180 nm 以下である形状である、磁気テープである。

以下、上記磁気テープについて、更に詳細に説明する。なお本明細書の記載には、本発明者らによる推察が含まれる。かかる推察に、本発明は何ら限定されるものではない。

【0030】

<保磁力>

上記磁気テープの長手方向において測定される保磁力は、 167 kA/m 以下である。上記保磁力が 167 kA/m 以下の磁気テープは、保磁力が 167 kA/m を超える磁気テープでは見られない位置決め精度の低下という現象が発生することが、本発明者らの検討の結果、明らかとなった。この点に関する本発明者らによる推察は、先に記載した通りである。かかる位置決め精度の低下は、差分 $1_{9,9,9} - 1_{0,0,1}$ を上記範囲に制御することにより抑制することができる。この点については、更に後述する。上記保磁力 H_c は、例えば 160 kA/m 以下、 155 kA/m 以下、または 150 kA/m 以下であることもできるが、 167 kA/m 以下であればこれら例示した上限を上回ってもよい。また、上記保磁力は、磁気テープに記録された情報の保持性の観点からは、例えば 119 kA/m 以上、 120 kA/m 以上または 130 kA/m 以上であることができる。磁気テープの長手方向において測定される保磁力は、一般に、磁性層に含まれる強磁性粉末の保磁力によって制御可能である。

【0031】

<差分 $1_{9,9,9} - 1_{0,0,1}$ >

上記磁気テープが有するタイミングベースサーボパターンの差分 $1_{9,9,9} - 1_{0,0,1}$ の測定および算出方法は、先に記載した通りである。保磁力が 167 kA/m 以下の磁気テープにおいて、差分 $1_{9,9,9} - 1_{0,0,1}$ を 180 nm 以下とすることにより、タイミングベースサーボシステムによるヘッド位置決め精度の向上が可能になることが、本発明者らによる鋭意検討の結果、新たに見出された。

【0032】

10

20

30

40

50

差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、180 nm以下である。差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、例えば、170 nm以下、160 nm以下、150 nm以下、140 nm以下、130 nm以下、120 nm以下、110 nm以下、または100 nm以下であることができる。ただし、差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ が180 nm以下であれば、保磁力が167 kA/m以下の磁気テープにおけるタイミングベースサーボシステムによるヘッド位置決め精度を向上することができる。したがって差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、180 nm以下であれば、上記で例示した上限を上回ってもよい。また、差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、例えば50 nm以上、60 nm以上、または70 nm以上であることができる。ただし上記と同様に差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、180 nm以下であればよく、上記例示した下限を下回ってもよい。差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ は、例えば、磁気テープのSFDおよびサーボパターンを形成するために用いるサーボライトヘッドの種類（具体的には漏れ磁界）により制御することができる。単にサーボライトヘッドの能力を高める（具体的には漏れ磁界が大きなサーボライトヘッドを用いる）のみでは、差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ を180 nm以下とすることは困難である。これに対し、例えばSFDを0.50以下とすることにより、180 nm以下の差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ を実現することが可能となる。10

【0033】

< SFD >

上記磁気テープは、好ましくはSFDが0.50以下である。SFDは、例えば0.45以下、0.40以下、0.35以下、0.30以下、0.25以下、または0.20以下であることもできる。また、SFDは、例えば0.03以上または0.05以上であることができる。20

ただし、SFDが0.50以下であれば差分 $l_{9,9,9} - l_{10,1}$ を180 nm以下とすることが容易になり、これにより、保磁力が167 kA/m以下の磁気テープにおけるタイミングベースサーボシステムによるヘッド位置決め精度の向上が可能となる。この点は、本発明者らにより新たに見出された。

【0034】

本発明者らによる検討によれば、式1により算出されるSFDは、磁気テープの調製方法により制御することができ、主に、前述の(A)～(C)の傾向が見られた。

【0035】

例えば、(A)に関しては、分散条件の強化（分散時間の長時間化、分散に用いる分散ビーズの小径化・高充填化、等）、分散剤の使用、等が挙げられる。分散剤としては、公知の分散剤、市販の分散剤等を何ら制限なく用いることができる。30

【0036】

一方、(B)に関しては、例えば一例として、強磁性粉末の、下記式2により算出される、温度100 の環境下で測定されるSFDと温度25 の環境下で測定されるSFDとの差 SFD_{powder} が、0.05～1.50の範囲の強磁性粉末を用いることができる。ただし、上記範囲外であっても、他の制御により、磁気テープの式1により算出されるSFDを0.50以上の範囲に制御することができる。

$$SFD_{powder} = SFD_{powder\ 100} - SFD_{powder\ 25}$$

…式2

(式2中、 $SFD_{powder\ 100}$ は、温度100 の環境下で測定される強磁性粉末の反転磁界分布SFDであり、 $SFD_{powder\ 25}$ は、温度25 の環境下で測定される強磁性粉末の反転磁界分布SFDである。)40

【0037】

上記(C)に関しては、磁性層の配向処理を長手配向とすることによりSFDは小さくなる傾向があり、垂直配向または配向処理を行わず無配向とすることによりSFDは大きくなる傾向がある。

【0038】

したがって、例えば、上記手段(A)～(C)を1つ、または任意に2つ以上組み合わせてそれぞれ制御することにより、式1により算出されるSFDが0.50以下の磁気50

テープを得ることができる。

【0039】

ただし、SFDを0.50以下とすることは、差分 $1_{9,9,9} - 1_{0,1}$ を180nm以下とするための好ましい手段の例示である。非磁性支持体上に強磁性粉末および結合剤を含む磁性層を有し、磁性層が磁気テープの長手方向に沿うデータバンドおよびサーボバンドを有し、サーボバンド上にタイミングベースサーボパターンを有し、保磁力が167kA/m以下であり、かつ差分 $1_{9,9,9} - 1_{0,1}$ が180nm以下の磁気テープであれば、SFDが0.50を超える磁気テープも、本発明の一態様にかかる磁気テープに包含される。

【0040】

以下、上記磁気テープについて、更により詳細について説明する。

【0041】

<磁性層>

(強磁性粉末)

磁性層は、強磁性粉末および結合剤を含む。強磁性粉末としては、磁気テープ等の磁気記録媒体の磁性層において強磁性粉末として通常用いられる各種粉末を使用することができる。強磁性粉末として平均粒子サイズの小さいものを使用することは、磁気テープの記録密度向上の観点から好ましい。この点から、強磁性粉末としては、平均粒子サイズが50nm以下の強磁性粉末を用いることが好ましい。一方、磁化の安定性の観点からは、強磁性粉末の平均粒子サイズは10nm以上であることが好ましい。

【0042】

上記強磁性粉末の平均粒子サイズは、透過型電子顕微鏡を用いて、以下の方法により測定される値とする。

強磁性粉末を、透過型電子顕微鏡を用いて撮影倍率1000000倍で撮影し、総倍率500000倍になるように印画紙にプリントして強磁性粉末を構成する粒子の写真を得る。得られた粒子の写真から目的の粒子を選びデジタイザーで粒子の輪郭をトレースし粒子(一次粒子)のサイズを測定する。一次粒子とは、凝集のない独立した粒子をいう。

以上の測定を、無作為に抽出した500個の粒子について行う。こうして得られた500個の粒子の粒子サイズの算術平均を、強磁性粉末の平均粒子サイズとする。上記透過型電子顕微鏡としては、例えば日立製透過型電子顕微鏡H-9000型を用いることができる。また、粒子サイズの測定は、公知の画像解析ソフト、例えばカールツァイス製画像解析ソフトKS-400を用いて行うことができる。

本発明および本明細書において、強磁性粉末、およびその他の粉末についての平均粒子サイズとは、特記しない限り、上記方法により求められる平均粒子サイズをいうものとする。後述の実施例に示す平均粒子サイズの測定は、透過型電子顕微鏡として日立製透過型電子顕微鏡H-9000型、画像解析ソフトとしてカールツァイス製画像解析ソフトKS-400を用いて行った。

【0043】

なお、粒子サイズ測定のために磁性層から強磁性粉末等の試料粉末を採取する方法としては、例えば特開2011-048878号公報の段落0015に記載の方法を採用することができる。

【0044】

本発明および本明細書において、強磁性粉末等の粉末を構成する粒子のサイズ(以下、「粒子サイズ」と言う)は、上記の粒子写真において観察される粒子の形状が、(1)針状、紡錘状、柱状(ただし、高さが底面の最大長径より大きい)等の場合は、粒子を構成する長軸の長さ、即ち長軸長で表され、

(2)板状または柱状(ただし、厚さまたは高さが板面または底面の最大長径より小さい)場合は、その板面または底面の最大長径で表され、

(3)球形、多面体状、不特定形等であって、かつ形状から粒子を構成する長軸を特定できない場合は、円相当径で表される。円相当径とは、円投影法で求められるものを言う。

10

20

30

40

50

【0045】

また、粉末の平均針状比は、上記測定において粒子の短軸の長さ、即ち短軸長を測定し、各粒子の（長軸長／短軸長）の値を求め、上記500個の粒子について得た値の算術平均を指す。ここで、短軸長とは、上記粒子サイズの定義で（1）の場合は、粒子を構成する短軸の長さを、同じく（2）の場合は、厚さまたは高さを各々指し、（3）の場合は、長軸と短軸の区別がないから、（長軸長／短軸長）は、便宜上1とみなす。

そして、粒子の形状が特定の場合、例えば、上記粒子サイズの定義（1）の場合、平均粒子サイズは平均長軸長であり、同定義（2）の場合、平均粒子サイズは平均板径であり、平均板状比とは、（最大長径／厚さまたは高さ）の算術平均である。同定義（3）の場合、平均粒子サイズは、平均直径（平均粒径、平均粒子径ともいう）である。

10

【0046】

強磁性粉末の好ましい具体例としては、強磁性六方晶フェライト粉末を挙げることができる。強磁性六方晶フェライト粉末の平均粒子サイズ（平均板径）は、高密度記録化と磁化の安定性の観点から、10nm以上50nm以下であることが好ましく、20nm以上50nm以下であることがより好ましい。強磁性六方晶フェライト粉末の詳細については、例えば、特開2011-225417号公報段落0012～0030、特開2011-216149号公報の段落0134～0136、特開2012-204726号公報段落0013～0030を参照できる。

【0047】

強磁性粉末の好ましい具体例としては、強磁性金属粉末を挙げることもできる。強磁性金属粉末の平均粒子サイズ（平均長軸長）は、高密度記録化と磁化の安定性の観点から、10nm以上50nm以下であることが好ましく、20nm以上50nm以下であることがより好ましい。強磁性金属粉末の詳細については、例えば特開2011-216149号公報の段落0137～0141、特開2005-251351号公報段落0009～0023を参照できる。

20

【0048】

磁性層における強磁性粉末の含有量（充填率）は、好ましくは50～90質量%の範囲であり、より好ましくは60～90質量%の範囲である。上記充填率が高いことは、記録密度向上の観点から好ましい。

【0049】

30

(結合剤、硬化剤)

上記磁気テープは塗布型磁気テープであって、磁性層に、強磁性粉末とともに結合剤を含む。結合剤としては、塗布型磁気記録媒体の結合剤として通常使用される各種樹脂を用いることができる。例えば、結合剤としては、ポリウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂、塩化ビニル樹脂、スチレン、アクリロニトリル、メチルメタクリレートなどを共重合したアクリル樹脂、ニトロセルロースなどのセルロース樹脂、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、ポリビニルアセタール、ポリビニルブチラールなどのポリビニルアルキラール樹脂などから単独または複数の樹脂を混合して用いることができる。これらの中では好ましいものはポリウレタン樹脂、アクリル樹脂、セルロース樹脂、塩化ビニル樹脂である。これらの樹脂は、後述する非磁性層やバックコート層においても結合剤として使用することができる。以上の結合剤については、特開2010-24113号公報段落0028～0031を参照できる。結合剤として使用される樹脂の平均分子量は、重量平均分子量として、例えば10,000以上200,000以下であることができる。なお本発明および本明細書における重量平均分子量とは、ゲルバーミエーションクロマトグラフィー（GPC）によって測定されるポリスチレン換算による値である。測定条件としては、下記条件を挙げることができる。後述の実施例に示す重量平均分子量は、下記測定条件によって測定された値をポリスチレン換算して求めた値である。

40

GPC装置：HLC-8120（東ソー製）：

カラム：TSK gel Multipore HXL-M（東ソー製、7.8mmID（内径）×30.0cm）

50

溶離液：テトラヒドロフラン（THF）

【0050】

また、上記結合剤として使用可能な樹脂とともに硬化剤を使用することもできる。硬化剤は、一態様では加熱により硬化反応（架橋反応）が進行する化合物である熱硬化性化合物であることができ、他の一態様では光照射により硬化反応（架橋反応）が進行する光硬化性化合物であることができる。好ましい硬化剤は、熱硬化性化合物であり、ポリイソシアネートが好適である。ポリイソシアネートの詳細については、特開2011-216149号公報段落0124～0125を参照できる。硬化剤は、磁性層形成用組成物中に、結合剤100.0質量部に対して例えば0～80.0質量部、塗膜強度向上の観点からは好ましくは50.0～80.0質量部の量で添加し使用することができる。

10

【0051】

（添加剤）

磁性層には、強磁性粉末および結合剤が含まれ、必要に応じて一種以上の添加剤が含まれていてもよい。添加剤としては、一例として、上記の硬化剤が挙げられる。なお硬化剤は、磁性層形成工程の中で硬化反応が進行することにより、少なくとも一部は、結合剤等の他の成分と反応（架橋）した状態で磁性層に含まれ得る。また、磁性層に含まれ得る添加剤としては、非磁性フィラー、潤滑剤、分散剤・分散助剤、防黴剤、帯電防止剤、酸化防止剤、カーボンブラックなどを挙げることができる。なお非磁性フィラーとは、非磁性粉末と同義である。また、本発明および本明細書において、非磁性粉末とは、複数の非磁性粒子の集合を意味するものとする。集合とは、これを構成する粒子が直接接触している態様に限定されず、結合剤や添加剤等が、粒子同士の間に介在している態様も包含される。なお粒子との語が、粉末を表すために用いられることがある。以上の点は、本発明および本明細書における各種粉末についても、同様とする。非磁性フィラーとしては、磁性層表面に適度に突出する突起を形成する突起形成剤として機能することができる非磁性フィラー（以下、「突起形成剤」と記載する。）、研磨剤として機能することができる非磁性フィラー（以下、「研磨剤」と記載する。）を挙げることができる。突起形成剤は、磁性層表面の摩擦特性制御に寄与し得る成分である。上記磁気テープの磁性層には、突起形成剤および研磨剤の少なくとも一方が含まれることが好ましく、両方が含まれることが好ましい。添加剤は、所望の性質に応じて市販品または公知の方法で製造した添加剤を適量使用することができる。

20

【0052】

<非磁性層>

次に非磁性層について説明する。上記磁気テープは、非磁性支持体上に直接磁性層を有していてもよく、非磁性支持体と磁性層との間に、非磁性粉末と結合剤を含む非磁性層を有していてもよい。非磁性層に使用される非磁性粉末は、無機物質でも有機物質でもよい。また、カーボンブラック等も使用できる。無機物質としては、例えば金属、金属酸化物、金属炭酸塩、金属硫酸塩、金属窒化物、金属炭化物、金属硫化物などが挙げられる。これらの非磁性粉末は、市販品として入手可能であり、公知の方法で製造することもできる。その詳細については、特開2011-216149号公報段落0146～0150を参照できる。非磁性層に使用可能なカーボンブラックについては、特開2010-24113号公報段落0040～0041も参照できる。非磁性層における非磁性粉末の含有量（充填率）は、好ましくは50～90質量%の範囲であり、より好ましくは60～90質量%の範囲である。

30

【0053】

非磁性層の結合剤、添加剤等のその他詳細は、非磁性層に関する公知技術が適用できる。また、例えば、結合剤量および種類、添加剤量および種類に関しては、磁性層に関する公知技術も適用できる。

40

【0054】

なお、本発明および本明細書における非磁性層には、非磁性粉末とともに、例えば不純物として、または意図的に、少量の強磁性粉末を含む実質的に非磁性な層も包含されるも

50

のとする。ここで実質的に非磁性な層とは、この層の残留磁束密度が10mT以下であるか、保磁力が7.96kA/m(1000e)以下であるか、または、残留磁束密度が10mT以下であり、かつ保磁力が7.96kA/m(1000e)以下である層をいうものとする。非磁性層は、残留磁束密度および保磁力を持たないことが好ましい

【0055】

<非磁性支持体>

次に、非磁性支持体について説明する。非磁性支持体としては、二軸延伸を行ったポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリアミド、ポリアミドイミド、芳香族ポリアミド等の公知のものが挙げられる。これらの中でもポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリアミドが好ましい。これらの支持体はあらかじめコロナ放電、プラズマ処理、易接着処理、熱処理などを行ってもよい。

10

【0056】

<各種厚み>

上記磁気テープにおける非磁性支持体および各層の厚みについては、非磁性支持体の厚みが、好ましくは3.0~80.0μmである。磁性層の厚みは、通常、記録用に用いる磁気ヘッドの飽和磁化量やヘッドギャップ長、記録信号の帯域により最適化されるものである。磁性層の厚みは、一般には10nm~150nmであり、好ましくは20nm~120nmであり、更に好ましくは30nm~100nmである。磁性層は少なくとも一層あればよく、磁性層を異なる磁気特性を有する2層以上に分離してもかまわず、公知の重層磁性層に関する構成が適用できる。

20

【0057】

非磁性層の厚みは、例えば0.1~3.0μmであり、0.1~2.0μmであることが好ましく、0.1~1.5μmであることが更に好ましい。

【0058】

なお磁気テープの各層および非磁性支持体の厚みは、公知の膜厚測定法により求めることができる。一例として、例えば、磁気テープの厚み方向の断面を、イオンビーム、ミクロトーム等の公知の手法により露出させた後、露出した断面において走査型電子顕微鏡による断面観察を行う。断面観察において厚み方向の1箇所において求められた厚み、または無作為に抽出した2箇所以上の複数箇所、例えば2箇所、において求められた厚みの算術平均として、各種厚みを求めることができる。または、各層の厚みは、製造条件から算出される設計厚みとして求めてよい。

30

【0059】

<バックコート層>

上記磁気テープは、非磁性支持体の磁性層を有する面とは反対の面にバックコート層を有することもできる。バックコート層には、カーボンブラックおよび/または無機粉末が含有されていることが好ましい。バックコート層形成のための結合剤、各種添加剤については、磁性層および/または非磁性層の处方を適用することができる。バックコート層の厚みは、0.9μm以下が好ましく、0.1~0.7μmが更に好ましい。

【0060】

<製造工程>

(サーボパターンが形成される磁気テープの作製)

磁性層、非磁性層またはバックコート層を形成するための組成物（一般に、塗布液とも呼ばれる。）は、先に説明した各種成分とともに、通常、溶媒を含む。溶媒としては、塗布型磁気テープを製造するために一般に使用される各種有機溶媒を用いることができる。各層を形成するための組成物を調製する工程は、少なくとも混練工程、分散工程、およびこれらの工程の前後に必要に応じて設けた混合工程を通常含む。個々の工程はそれぞれ2段階以上に分かれてもかまわない。本発明で用いられる強磁性粉末、非磁性粉末、結合剤、および任意に添加される各種添加剤、溶媒などすべての原料は、どの工程の最初または途中で添加してもかまわない。また、個々の原料を2つ以上の工程で分割して添加してもかまわない。例えば、磁性層形成用組成物の調製においては、研磨剤と強磁性粉末と

40

50

を別分散することが好ましい。上記磁気テープを製造するためには、公知の製造技術を用いることができる。混練工程ではオープンニーダ、連続ニーダ、加圧ニーダ、エクストルーダなど強い混練力をもつものを使用することが好ましい。これらの混練処理の詳細については特開平1-106338号公報、特開平1-79274号公報に記載されている。また、各層形成用組成物を分散させるには、ガラスピーブやその他の分散ビーズを用いることができる。このような分散ビーズとしては、高比重の分散ビーズであるジルコニアビーズ、チタニアビーズ、スチールビーズが好適である。これら分散ビーズは、ビーズ径および充填率を最適化して用いることが好ましい。分散機は公知の分散機を使用することができる。また、先に記載した通り、式1により算出される SFD が 0.50 以下の磁気テープを得るための手段の一つとして、分散条件を強化（分散時間の長時間化、分散に用いる分散ビーズの小径化・高充填化、等）することも好ましい。磁気テープの製造方法の詳細については、例えば特開2010-24113号公報段落0051～0057も参照できる。なお配向処理については、特開2010-24113号公報段落0052を参照することができる。

【0061】

(サーボパターンの形成)

上記磁気テープは、磁性層に、磁気テープの長手方向に沿うデータバンドおよびサーボバンドを有し、かつサーボバンド上にタイミングベースサーボパターンを有する。データバンドおよびサーボバンドの配置例は、図1に例示したが、これは例示であって磁気テープ装置（一般に、「ドライブ」と呼ばれる。）の方式に応じた配置でデータバンドおよびサーボバンドを配置すればよい。各データバンドは、複数のデータトラックを含む。サーボバンド上には、タイミングベースサーボパターンが形成される。タイミングベースサーボパターンの配置例は図2に示し、形状の具体例は図2、図6～図8に示したが、これらは例示である。上記磁気テープには、磁気テープ装置の方式に応じた形状および配置でサーボバンド上にタイミングベースサーボパターンを形成すればよい。また、タイミングベースサーボパターンの形状および配置については、例えば、米国特許第5689384号のFIG.4、FIG.5、FIG.6、FIG.9、FIG.17、FIG.20等に例示された配置例等の公知技術を何ら制限なく適用することができる。

【0062】

サーボパターンは、サーボバンド上の特定の領域をサーボライターに搭載されたサーボライトヘッドにより磁化することによって形成することができる。サーボライトヘッドとしては、例えば漏れ磁界が 150～400 kA/m、好ましくは 200～400 kA/m の範囲のサーボライトヘッドを用いることができる。サーボライトヘッドにより磁化する領域（サーボパターンを形成する位置）は規格により定められている。サーボライターとしては、市販のサーボライターまたは公知の構成のサーボライターを用いることができる。サーボライターの構成については、例えば特開2011-175687号公報、米国特許第5689384号、米国特許第6542325号等に記載の技術等の公知技術を何ら制限なく採用できる。

【0063】

[磁気テープ装置]

本発明の一態様は、上記磁気テープと、磁気ヘッドと、サーボヘッドと、を含む磁気テープ装置に関する。

【0064】

上記磁気テープ装置に搭載される磁気テープの詳細は、先に記載した通りである。かかる磁気テープは、タイミングベースサーボパターンを有するため、磁気ヘッドによりデータバンド上に磁気信号を記録し、および／または、記録された信号を再生する際、サーボヘッドによりサーボパターンを読み取りながら、読み取られたサーボパターンに基づきタイミングベースサーボ方式によるヘッドトラッキングを行うことによって、磁気ヘッドをデータトラックに高精度に追従させることができる。ヘッド位置決め精度の指標としては、後述の実施例に示す方法により求められる PES (Position Error Signal) を挙げる

10

20

30

40

50

ことができる。PESは、磁気テープが磁気テープ装置内を走行する際、サーボシステムによりヘッドトラッキングを行ったとしてもヘッドが走行すべき位置からずれて走行したことの指標であって、値が大きいほどそれが大きくサーボシステムによるヘッド位置決め精度が低いことを意味する。本発明の一態様にかかる磁気テープは、SFDを0.50以下とすることにより差分 $1_{9,9,9} - 1_{0,1}$ を実現したことによって、例えば9.0nm以下(例えば7.0~9.0nmの範囲)のPESを達成することができる。

【0065】

上記磁気テープ装置に搭載される磁気ヘッドとしては、磁気テープへの磁気信号の記録および/または再生を行うことが可能な公知の磁気ヘッドを用いることができる。記録ヘッドと再生ヘッドは、1つの磁気ヘッドであってもよく分離した磁気ヘッドであってもよい。サーボヘッドとしては、上記磁気テープのサーボバンド上に形成されたサーボパターンを読み取り可能な公知のサーボヘッドを用いることができる。10

【0066】

タイミングベースサーボシステムによるヘッドトラッキングの詳細については、例えば、米国特許第5689384号、米国特許第6542325号、米国第7876521号に記載の技術をはじめとする公知技術を何ら制限なく適用することができる。

【0067】

なお市販の磁気テープ装置には、通常、規格に応じた磁気ヘッドおよびサーボヘッドが備えられている。また、市販の磁気テープ装置には、通常、規格に応じたタイミングベースサーボシステムによるヘッドトラッキングを可能にするためのサーボ制御機構が備えられている。本発明の一態様にかかる磁気テープ装置は、例えば、市販の磁気テープ装置に本発明の一態様にかかる磁気テープを組み込むことにより構成することができる。20

【実施例】

【0068】

以下に、本発明を実施例に基づき説明する。但し、本発明は実施例に示す態様に限定されるものではない。なお、以下に記載の「部」、「%」の表示は、特に断らない限り、「質量部」、「質量%」を示す。

【0069】

[実施例1]

1. アルミナ分散物(研磨剤液)の調製

アルファ化率約65%、BET(Brunauer-Emmett-Teller)比表面積 $30\text{ m}^2/\text{g}$ のアルミナ粉末(住友化学社製HIT-70)100.0部に対し、3.0部の2,3-ジヒドロキシナフタレン(東京化成製)、極性基として SO_3Na 基を有するポリエステルポリウレタン樹脂(東洋紡(登録商標)製UR-4800(極性基量:80meq/kg))の32%溶液(溶媒はメチルエチルケトンとトルエンの混合溶媒)を31.3部、溶媒としてメチルエチルケトンとシクロヘキサン1:1(質量比)の混合溶液570.0部を混合し、ジルコニアビーズ存在下で、ペイントシェーカーにより5時間分散させた。分散後、メッシュにより分散液とビーズとを分け、アルミナ分散物を得た。30

【0070】

2. 磁性層形成用組成物処方

(磁性液)

強磁性六方晶バリウムフェライト粉末(表1参照)	100.0部
SO_3Na 基含有ポリウレタン樹脂 (重量平均分子量:70,000、 SO_3Na 基:0.2meq/g)	14.0部
シクロヘキサン	150.0部
メチルエチルケトン	150.0部
(研磨剤液)	
上記1.で調製したアルミナ分散物 (シリカゾル)	6.0部
コロイダルシリカ(平均粒子サイズ100nm)	2.0部

10

20

30

40

50

メチルエチルケトン	1 . 4 部	
(その他成分)		
ステアリン酸	2 . 0 部	
ブチルステアレート	6 . 0 部	
ポリイソシアネート(日本ポリウレタン社製コロネット(登録商標))	2 . 5 部	
(仕上げ添加溶媒)		
シクロヘキサン	2 0 0 . 0 部	
メチルエチルケトン	2 0 0 . 0 部	
【0071】		
3 . 非磁性層形成用組成物処方		10
非磁性無機粉末 : - 酸化鉄	1 0 0 . 0 部	
平均粒子サイズ(平均長軸長) : 1 0 n m		
平均針状比 : 1 . 9		
B E T 比表面積 : 7 5 m ² / g		
カーボンブラック	2 0 . 0 部	
平均粒子サイズ 2 0 n m		
S O ₃ N a 基含有ポリウレタン樹脂	1 8 . 0 部	
(重量平均分子量 : 7 0 , 0 0 0 、 S O ₃ N a 基 : 0 . 2 m e q / g)		
ステアリン酸	1 . 0 部	
シクロヘキサン	3 0 0 . 0 部	20
メチルエチルケトン	3 0 0 . 0 部	
【0072】		
4 . バックコート層形成用組成物処方		
非磁性無機粉末 : - 酸化鉄	8 0 . 0 部	
平均粒子サイズ(平均長軸長) : 0 . 1 5 μ m		
平均針状比 : 7		
B E T 比表面積 : 5 2 m ² / g		
カーボンブラック	2 0 . 0 部	
平均粒子サイズ 2 0 n m		
塩化ビニル共重合体	1 3 . 0 部	30
スルホン酸塩基含有ポリウレタン樹脂	6 . 0 部	
フェニルホスホン酸	3 . 0 部	
シクロヘキサン	1 5 5 . 0 部	
メチルエチルケトン	1 5 5 . 0 部	
ステアリン酸	3 . 0 部	
ブチルステアレート	3 . 0 部	
ポリイソシアネート	5 . 0 部	
シクロヘキサン	2 0 0 . 0 部	
【0073】		
5 . 各層形成用組成物の調製		40
磁性層用形成用組成物を、以下の方法により作製した。上記磁性液を、各成分をバッチ式縦型サンドミルを用いて24時間分散(ビーズ分散)することにより調製した。分散ビーズとしては、ビーズ径0.5mmのジルコニアビーズを使用した。上記サンドミルを用いて、調製した磁性液および上記研磨剤液を他の成分(シリカゾル、その他成分および仕上げ添加溶媒)と混合し5分間ビーズ分散した後、バッチ型超音波装置(20kHz、300W)で0.5分間処理(超音波分散)を行った。その後、0.5μmの平均孔径を有するフィルターを用いてろ過を行い磁性層形成用組成物を作製した。作製した磁性層形成用組成物を一部採取し、後述の方法で強磁性粉末の分散性の指標である分散粒子径を測定した。測定された値を表1に示す。		
非磁性層形成用組成物を、以下の方法により作製した。ステアリン酸、シクロヘキサン		50

、メチルエチルケトンを除いた各成分を、バッヂ式縦型サンドミルを用いて24時間分散して分散液を得た。分散ビーズとしては、ビーズ径0.1mmのジルコニアビーズを使用した。その後、得られた分散液に残りの成分を添加し、ディゾルバーで攪拌した。こうして得られた分散液を0.5μmの平均孔径を有するフィルターを用いてろ過し非磁性層形成用組成物を作製した。

バックコート層形成用組成物を、以下の方法により作製した。潤滑剤（ステアリン酸およびブチルステアレート）とポリイソシアネート、シクロヘキサンを除いた各成分をオーブンニーダにより混練および希釈した後、横型ビーズミル分散機により、ビーズ径1mmのジルコニアビーズを用い、ビーズ充填率80体積%、ローター先端周速10m/秒で、1パス滞留時間を2分とし、12パスの分散処理を行った。その後、得られた分散液に残りの成分を添加し、ディゾルバーで攪拌した。こうして得られた分散液を1μmの平均孔径を有するフィルターを用いてろ過しバックコート層形成用組成物を作製した。
10

【0074】

6. 磁気テープの作製

厚み5.0μmのポリエチレンナフタレート製支持体の表面上に、乾燥後の厚みが0.1μmになるように上記5.で調製した非磁性層形成用組成物を塗布、乾燥した後、その上に乾燥後の厚みが70nmになるように上記5.で調製した磁性層形成用組成物を塗布した。この磁性層形成用組成物を、配向処理なしで乾燥させた。その後、上記ポリエチレンナフタレート製支持体の非磁性層および磁性層を形成した面とは反対の面に乾燥後の厚みが0.4μmになるように上記5.で調製したバックコート層形成用組成物を塗布し乾燥させた。
20

その後金属ロールのみから構成されるカレンダロールで、速度100m/分、線圧300kg/cm、カレンダロールの表面温度100で表面平滑化処理（カレンダ処理）を行い、その後、雰囲気温度70の環境で36時間熱処理を行った。熱処理後1/2インチ(0.0127メートル)幅にスリットし、磁気テープを得た。

上記各層の厚みは、製造条件から算出される設計厚みである。

【0075】

7. タイミングベースサーボパターンの形成

作製した磁気テープの磁性層に消磁状態でサーボバンドを形成し、形成したサーボバンド上にLTO_U1triumフォーマットにしたがう配置および形状のサーボパターンを、サーボライターを用いて形成した。このサーボライターに搭載されているサーボライトヘッドの漏れ磁界は、表1に示す値である。
30

こうして、磁性層に、LTO_U1triumフォーマットにしたがう配置でデータバンド、サーボバンド、およびガイドバンドを有し、かつサーボバンド上にLTO_U1triumフォーマットにしたがう配置および形状のサーボパターンを有する磁気テープを得た。

【0076】

7. 評価方法

(1) 磁性層形成用組成物中の強磁性粉末の分散粒子径の測定

上記5.で作製した磁性層形成用組成物を一部採取し、この磁性層形成用組成物の調製に使用した有機溶媒により質量基準で1/50に希釈した試料溶液を調製した。調製した試料溶液について、光散乱型粒度分布計(HORIBA製LB500)を用いて測定した算術平均粒子径を分散粒子径とした。
40

(2) 強磁性粉末の平均粒子サイズの測定

先に記載した方法により、強磁性粉末の平均粒子サイズを求めた。

(3) 強磁性粉末のSFD_{powder}および保磁力Hcの測定

強磁性粉末の前述の式2で規定されるSFD_{powder}、および保磁力Hcを、振動試料型磁束計(東英工業社製)を用い、印加磁界796kA/m(10kOe)で測定した。

(4) 磁気テープ長手方向におけるSFDおよび保磁力Hcの測定

10

20

30

40

50

磁気テープの長手方向における前述の式1で規定される SFD および保磁力を、振動試料型磁束計（東英工業社製）を用い、印加磁界 796 kA/m (10 kOe) で測定した。

(5) 差分 $l_{9,9,9} - l_{0,0,1}$ の測定および算出

磁気力顕微鏡として Bruker 製 Dimension 3100 を周波数変調モードで使用し、プローブとして Nanoworld 社製 SSS-MFMR（公称曲率半径 15 nm）を使用して、サーボパターンを形成した磁気テープの磁性層表面の $90 \mu\text{m} \times 90 \mu\text{m}$ の測定範囲で、100 nm ピッチで粗測定を行いサーボパターン（磁化領域）を抽出した。磁気力顕微鏡観察時の磁性層表面とプローブ先端との間の距離は、20 nm とした。上記測定範囲には、LTO Ultrium フォーマットにしたがい形成された A バーストの 5 本のサーボパターンが含まれるため、これら 5 本のサーボパターンが抽出された。

上記磁気力顕微鏡およびプローブを用いて、各サーボパターンの走行方向に対して下流側のエッジについて、磁化領域と非磁化領域との境界近傍を 5 nm ピッチで測定し磁気プロファイルを得た。得られた磁気プロファイルは、 $= 12^\circ$ で傾斜しているため、解析ソフトにより $= 0^\circ$ となるように回転補正を行った。

測定は、磁性層表面の異なる 3 箇所で行った。各測定範囲には、それぞれ A バーストの 5 本のサーボパターンが含まれていた。

その後、解析ソフトを用いて先に記載した方法により差分 $l_{9,9,9} - l_{0,0,1}$ を求めた。解析ソフトとしては、MathWorks 製 MATLAB を使用した。

(5) PES の測定

上記タイミングベースサーボパターンが形成された磁気テープについて、サーボパターンの形成に用いたサーボライター上のベリファイ (verify) ヘッドでサーボパターンを読み取った。ベリファイヘッドは、磁気テープに形成されたサーボパターンの品質を確認するための読取用磁気ヘッドであり、公知の磁気テープ装置（ドライブ）の磁気ヘッドと同様に、サーボパターンの位置（磁気テープ幅方向の位置）に対応した位置に読取用の素子が配置されている。

ベリファイヘッドには、ベリファイヘッドでサーボパターンを読み取って得た電気信号から、サーボシステムによるヘッド位置決め精度を PES として演算する公知の PES 演算回路が接続されている。PES 演算回路は、入力された電気信号（パルス信号）から磁気テープの幅方向への変位を随時計算し、この変位の時間的变化情報（信号）に対してハイパスフィルタ（カットオフ：500 cycles/m）を適用した値を、PES として算出する。上記ハイパスフィルタを適用することにより、求められる PES に対する物理的振動の影響を低減し、サーボパターンのエッジ形状の位置ずれによるヘッド位置決め精度への影響を、より正確に評価することが可能となる。

【0077】

[実施例 2～7、比較例 1～9]

実施例 2～7、比較例 1～9 の磁気テープ調製のために使用した強磁性粉末、磁性層形成用組成物調製時のビーズ分散時間、配向処理の有無、サーボライトヘッドの漏れ磁界を、表 1 に示す。サーボライトヘッドは、漏れ磁界の値が大きいほどサーボパターンを記録する能力は高いと言うことができる。実施例、比較例では、漏れ磁界の異なる 3 種のサーボライトヘッドを用いた。表 1 では、漏れ磁界が小さいものから大きいものの順に、サーボライトヘッド記録能力を、低、中、高と表記した。

表 1 に示す点、および強磁性粉末として強磁性金属粉末を使用したものについてはビーズ分散前に磁性液の各成分をオープンニーダにより混練および希釈した点以外は、実施例 1 と同様の方法で、各実施例、比較例の磁気テープを作製および評価を行った。

なお表 1 中、強磁性粉末として強磁性六方晶バリウムフェライト粉末を用いたものは BF、強磁性金属粉末を用いたものは MP と表記する。

また、配向の欄に「無」と表記したものは配向処理を行わずに無配向としたものである。「垂直」と表記したものは、塗布した磁性層形成用組成物が未乾状態にあるうちに磁場強度 0.3 T の磁場を、塗布面に対し垂直方向に印加し垂直配向処理を行った後乾燥させ

10

20

30

40

50

たものである。「長手」と表記したものは、塗布した磁性層形成用組成物が未乾状態にあるうちに磁場強度0.3Tの磁場を、塗布面に対し長手方向に印加し長手配向処理を行つたものである。

【0078】

以上の結果を、表1に示す。

【0079】

【表 1】

		単位	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
強磁性 粉末	種類	-	BF	BF	BF	BF	BF	BF	MP
	△SFD _{Powder}	-	0.20	0.30	0.10	0.10	0.80	0.10	0.10
	Hc	kA/m	160	157	146	146	147	146	224
		Oe	2011	1978	1840	1840	1850	1840	2820
	平均粒子サイズ	nm	25	25	23	23	23.5	23	38
	分散時間	hours	48	48	35	48	48	48	48
	分散ビーズ径	nm	20	20	50	20	20	20	20
分散 条件	配向	-	-	無	長手	長手	長手	長手	垂直
△-P	Hc	kA/m	165	165	158	158	160	138	156
		Oe	2072	2072	1982	1982	2011	1734	1960
	△SFD	-	0.48	0.21	0.16	0.05	0.33	0.48	0.45
サーボライト ヘッド	サーボライトヘッド記録能力	-	中	中	中	中	中	中	中
サーボペーパー	漏れ磁界	kA/m	247	247	247	247	247	247	247
		Oe	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
評価結果	サーボペーパー	99.9-0.1	nm	172	111	92	80	138	163
	PES	nm	8.4	8.6	8.3	8.2	8.4	8.1	8.7

		単位	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	
強磁性 粉末	種類	-	BF	MP	MP	BF	BF	
	ΔSFD_{powder}	-	0.30	0.80	0.80	0.30	0.30	
	Hc	kA/m	188	224	224	170	166	
		Oe	2360	2810	2810	2130	2085	
分散 条件	平均粒子サイズ	nm	27	35	35	27	26.5	
	分散時間	hours	35	40	40	35	35	
	分散ビーズ径	nm	50	35	35	50	50	
	配向	-	-	無	無	無	無	
テープ	Hc	kA/m	194	235	235	176	170	
		Oe	2440	2950	2950	2210	2130	
	ΔSFD	-	0.82	0.79	0.79	0.84	0.84	
	サーボライトヘッド記録能力	-	中	中	高	中	中	
サーボライトヘッド	漏れ磁界	kA/m	247	247	366	247	247	
		Oe	3100	3100	4600	3100	3100	
	サーボバーナン	199.9- 0.1	nm	169	158	121	176	178
	評価結果	PES	nm	8.6	8.7	8.4	8.6	8.9

		単位	比較例6	比較例7	比較例8	比較例9
	種類	-	BF	BF	BF	BF
強磁性 粉末	△SFD _{Powder}	-	0.30	0.30	0.30	0.20
	H _c	kA/m	157	157	157	160
	平均粒子サイズ	Oe	1978	1978	1978	2011
分散 条件	分散時間	nm	25	25	25	25
	分散ビーズ径	hours	35	35	48	48
配向	-	nm	50	50	20	20
テープ	H _c	-	無	無	無	無
	△SFD	kA/m	163	163	164	165
	サーボライトヘッド記録能力	Oe	2052	2052	2063	2072
サーボライトヘッド	漏れ磁界	-	0.84	0.84	0.63	0.48
サーボバーターン	99.9- 0.1	nm	247	366	366	191
評価結果	PES	nm	272	263	198	228
			13.8	13.4	10.2	11.9

上記方法により求められる PES が 9 nm 以下であることは、タイミングベースサーボシステムによるヘッドトラッキングによって、記録ヘッドを高精度に位置決め可能であることを意味する。

比較例 1 ~ 5 と比較例 6 ~ 9 との対比から、長手方向において測定される保磁力が 16.7 kA / m 以下の磁気テープでは、PES が 9 nm を大きく超える現象（ヘッド位置決め精度の低下）が発生することが確認できる。このヘッド位置決め精度の低下はサーボライトヘッドの記録能力を向上することでは抑制困難であることも確認できる。

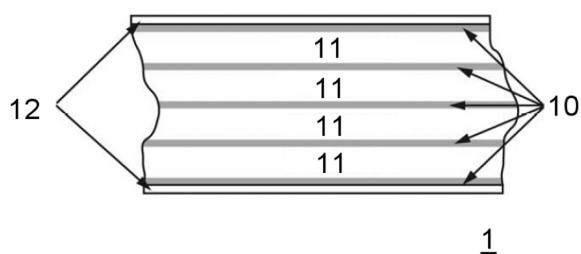
これに対し実施例 1 ~ 7 の磁気テープは、長手方向において測定される保磁力が 16.7 kA / m 以下であるが、差分 $l_{9,9,..,9} - l_{0,..,1}$ を 180 nm 以下とすることことができた。そして差分 $l_{9,9,..,9} - l_{0,..,1}$ を 180 nm 以下とすることにより 9 nm 以下の PES を実現すること、即ちタイミングベースサーボシステムによるヘッド位置決め精度の向上が可能となった。
10

【産業上の利用可能性】

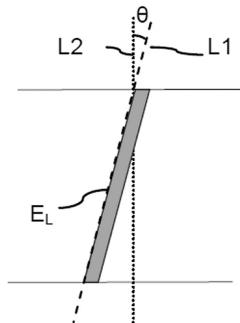
【0081】

本発明は、高密度記録用磁気テープの技術分野において有用である。

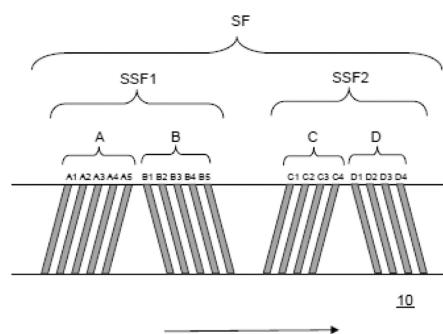
【図 1】



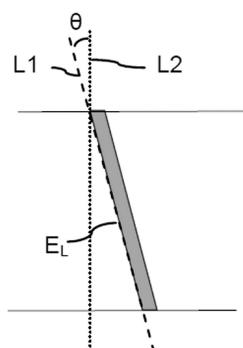
【図 3】



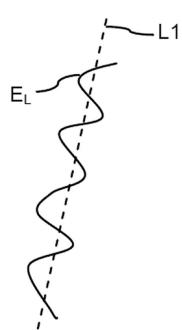
【図 2】



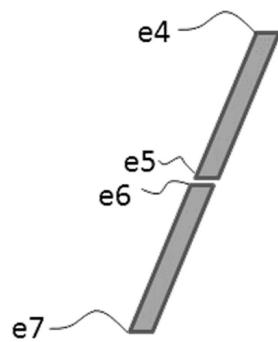
【図 4】



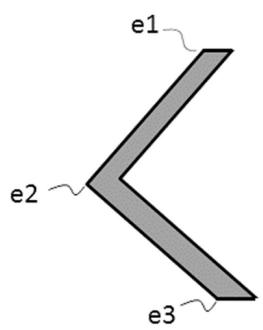
【図5】



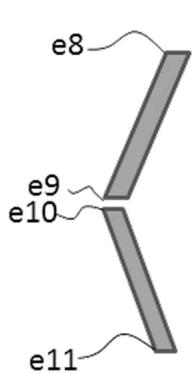
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-038579(JP,A)
特開2006-092672(JP,A)
特開2003-077116(JP,A)
特開2016-015183(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 11 B 5 / 62 - 5 / 858
G 11 B 5 / 56 - 5 / 60