

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年6月8日(08.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/100884 A1

(51) 国際特許分類:

G11B 5/70 (2006.01) *G11B 5/735* (2006.01)
G11B 5/008 (2006.01) *G11B 5/78* (2006.01)
G11B 5/584 (2006.01) *G11B 5/84* (2006.01)
G11B 5/708 (2006.01) *G11B 21/10* (2006.01)
G11B 5/73 (2006.01) *G11B 23/107* (2006.01)

KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/043998

(22) 国際出願日: 2022年11月29日(29.11.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2021-195837 2021年12月2日(02.12.2021) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) 発明者: 笠田 成人 (KASADA Norihito); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(74) 代理人: 弁理士法人特許事務所サイクス (SIKS & CO.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目8番7号 京橋日殖ビル8階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,

(54) Title: MAGNETIC TAPE, MAGNETIC TAPE CARTRIDGE, AND MAGNETIC TAPE DEVICE

(54) 発明の名称: 磁気テープ、磁気テープカートリッジおよび磁気テープ装置

(57) Abstract: Provided is magnetic tape for which, in an environment that has a 23 ° C temperature and 50% relative humidity, an Alfesil wear value _{45 °} of a magnetic-layer surface, measured at an Alfesil-prism inclination angle of 45 °, is between 20 μm and 50 μm. The standard deviation of the Alfesil wear values of the magnetic-layer surface measured at respective Alfesil-prism inclination angles of 0 °, 15 °, 30 °, and 45 ° is 30 μm or less. The above-noted Alfesil prism inclination angle is an angle formed between the longitudinal direction of the Alfesil prism and the width direction of the magnetic tape. The magnetic tape contains a polyethylene naphthalate support element having a widthwise Young's modulus of 10,000 MPa or greater.

(57) 要約: 温度23℃相対湿度50%の環境において、Alfesil角柱の傾き角度45°で測定される磁性層表面のAlfesil摩耗値_{45°}が20μm以上50μm以下であり、かつAlfesil角柱の傾き角度0°、15°、30°および45°でそれぞれ測定される磁性層表面のAlfesil摩耗値の標準偏差が30μm以下である磁気テープが提供される。上記Alfesil角柱の傾き角度は、Alfesil角柱の長手方向と磁気テープの幅方向とがなす角度である。上記磁気テープは、幅方向のヤング率が10000MPa以上のポリエチレンナフタレート支持体を含む。

WO 2023/100884 A1

明 細 書

発明の名称：

磁気テープ、磁気テープカートリッジおよび磁気テープ装置

技術分野

[0001] 本発明は、磁気テープ、磁気テープカートリッジ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、アーカイブ等のデータストレージ用途には、テープ状の磁気記録媒体、即ち磁気テープが主に用いられている（例えば特許文献1および2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-524774号公報

特許文献2：US2019/0164573A1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 磁気テープへのデータの記録は、通常、磁気テープ装置内で磁気テープを走行させ、磁気ヘッドを磁気テープのデータバンドに追従させてデータバンド上にデータを記録することにより行われる。これにより、データバンドにデータトラックが形成される。また、記録されたデータの再生時には、磁気テープ装置内で磁気テープを走行させ、磁気ヘッドを磁気テープのデータバンドに追従させてデータバンド上に記録されたデータの読み取りを行う。

[0005] 以上のような記録および／または再生において磁気ヘッドが磁気テープのデータバンドに追従する精度を高めるために、サーボ信号を利用してヘッドトラッキングを行うシステム（以下、「サーボシステム」と記載する。）が実用化されている。

更に、サーボ信号を利用して、走行中の磁気テープの幅方向の寸法情報（収縮、伸長等）を取得し、取得された寸法情報に応じて、磁気ヘッドのモジュールの軸方向を磁気テープの幅方向に対して傾斜させる角度（以下、「ヘッド傾き角度」とも記載する。）を変化させることが提案されている（特許文献1 および2、例えば特許文献1の段落0059～0067および段落0084参照）。記録または再生時、磁気テープの幅変形によってデータを記録または再生するための磁気ヘッドが狙いのトラック位置からずれてデータの記録または再生を行ってしまうと、記録済データの上書き、再生不良等の現象が発生してしまう。上記のように角度を変化させることは、そのような現象の発生を抑制するための手段の1つと本発明者は考えている。

[0006] 磁気記録については、優れた電磁変換特性が得られることが求められる。例えば上記のようにヘッド傾き角度を変化させることを想定すると、異なるヘッド傾き角度でデータの記録および／または再生を行う際、電磁変換特性の低下が少ない磁気テープは望ましい。

[0007] 本発明の一態様は、異なるヘッド傾き角度でデータの記録および／または再生を行う際に電磁変換特性の低下が少ない磁気テープを提供することを主な目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様は、以下の通りである。

[1] 非磁性支持体と、強磁性粉末を含む磁性層と、を有する磁気テープであって、

上記非磁性支持体は、幅方向のヤング率が10000MPa以上のポリエチレンナフタレート支持体であり、

温度23℃相対湿度50%の環境において、

AlFeSi角柱の傾き角度45°で測定される磁性層表面のAlFeSi
i 摩耗値_{45°}が20μm以上50μm以下であり、かつ

AlFeSi角柱の傾き角度0°、15°、30°および45°でそれぞれ測定される磁性層表面のAlFeSi i 摩耗値の標準偏差（以下、単に「

A l F e S i l 摩耗値の標準偏差」とも記載する。) が $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、

上記 A l F e S i l 角柱の傾き角度は、A l F e S i l 角柱の長手方向と磁気テープの幅方向とがなす角度である、磁気テープ。

[2] 上記 A l F e S i l 摩耗値の標準偏差は、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、[1] に記載の磁気テープ。

[3] 上記磁気テープの長手方向における湾曲量の標準偏差（以下、単に「湾曲量の標準偏差」とも記載する。）が 5 mm/m 以下である、[1] または [2] に記載の磁気テープ。

[4] 上記ポリエチレンナフタレート支持体の幅方向のヤング率は、 10000 MPa 以上 20000 MPa 以下である、[1] ～ [3] のいずれかに記載の磁気テープ。

[5] 上記磁性層は、1 種以上の非磁性粉末を含む、[1] ～ [4] のいずれかに記載の磁気テープ。

[6] 上記非磁性粉末は、アルミナ粉末を含む、[5] に記載の磁気テープ。

[7] 上記非磁性支持体と上記磁性層との間に、非磁性粉末を含む非磁性層を有する、[1] ～ [6] のいずれかに記載の磁気テープ。

[8] 上記非磁性支持体の上記磁性層を有する表面側とは反対の表面側に、非磁性粉末を含むバックコート層を有する、[1] ～ [7] のいずれかに記載の磁気テープ。

[9] テープ厚みが $5.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、[1] ～ [8] のいずれかに記載の磁気テープ。

[10] 上記磁気テープの垂直方向角型比は 0.60 以上である、[1] ～ [9] のいずれか 1 項に記載の磁気テープ。

[11] [1] ～ [10] のいずれかに記載の磁気テープを含む磁気テープカートリッジ。

[12] [1] ～ [10] のいずれかに記載の磁気テープを含む磁気テープ

装置。

〔13〕磁気ヘッドを更に含み、
上記磁気ヘッドは、一対のサーボ信号読み取り素子の間に複数の磁気ヘッド素子を有する素子アレイを含むモジュールを有し、
上記磁気テープ装置は、上記磁気テープ装置内での磁気テープの走行中、上記磁気テープの幅方向に対して上記素子アレイの軸線がなす角度 θ を変化させる、〔12〕に記載の磁気テープ装置。

発明の効果

〔0009〕 本発明の一態様によれば、異なるヘッド傾き角度でデータの記録および／または再生を行う際、電磁変換特性の低下が少ない磁気テープを提供することができる。また、本発明の一態様によれば、上記磁気テープを含む磁気テープカートリッジおよび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

〔0010〕〔図1〕磁気ヘッドのモジュールの一例を示す概略図である。
〔図2〕磁気テープ装置における磁気テープ走行中のモジュールと磁気テープとの相対的な位置関係の説明図である。
〔図3〕磁気テープ走行中の角度 θ の変化に関する説明図である。
〔図4〕磁気テープの長手方向における湾曲量の説明図である。
〔図5〕データバンドおよびサーボバンドの配置例を示す。
〔図6〕LTO (Linear Tape-Open) 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7〕磁気テープ走行中の角度 θ の測定方法の説明図である。
〔図8〕磁気テープ装置の一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

〔0011〕〔磁気テープ〕

本発明の一態様は、非磁性支持体と強磁性粉末を含む磁性層とを有する磁気テープに関する。温度23℃相対湿度50%の環境において、AlFeSi角柱の傾き角度45°で測定される上記磁気テープの磁性層表面のAl

FeSiI 摩耗値_{45°} は $20\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であり、かつ AlFeSiI 角柱の傾き角度 0° 、 15° 、 30° および 45° でそれぞれ測定される上記磁気テープの磁性層表面の AlFeSiI 摩耗値の標準偏差は $30\mu\text{m}$ 以下である。更に、上記非磁性支持体は、幅方向のヤング率が 10000MPa 以上のポリエチレンナフタレート支持体である。本発明および本明細書において、「磁性層（の）表面」とは、磁気テープの磁性層側表面と同義である。

[0012] <ヘッド傾き角度の説明>

以下に、上記 AlFeSiI 角柱の傾き角度について説明するに先立ち、磁気ヘッドの構成、ヘッド傾き角度等について説明する。更に、磁気テープ走行中、磁気ヘッドのモジュールの軸方向を磁気テープの幅方向に対して傾斜させることによって先に記載した記録時または再生時に発生する現象を抑制できると考えられる理由についても、以下に説明する。

[0013] 磁気ヘッドは、一对のサーボ信号読み取り素子の間に複数の磁気ヘッド素子を有する素子アレイを含むモジュールを1つ以上有することができ、2つ以上または3つ以上有することができる。かかるモジュールの総数は、例えば5つ以下、4つ以下もしくは3つ以下であることができ、またはここに例示した総数を超える数のモジュールが上記磁気ヘッドに含まれてもよい。複数のモジュールの配置例としては、「記録用モジュールー再生用モジュール」（モジュールの総数：2）、「記録用モジュールー再生用モジュールー記録用モジュール」（モジュールの総数：3）等を挙げることができる。ただし、ここに示した例に限定されるものではない。

[0014] 各モジュールは、一对のサーボ信号読み取り素子の間に複数の磁気ヘッド素子を有する素子アレイ、即ち素子の配列を含むことができる。磁気ヘッド素子として記録素子を有するモジュールは、磁気テープへデータを記録するための記録用モジュールである。磁気ヘッド素子として再生素子を有するモジュールは、磁気テープに記録されたデータを再生するための再生用モジュールである。磁気ヘッドにおいて、複数のモジュールは、例えば、記録再生

ヘッドユニットに、それぞれのモジュールの素子アレイの軸線が平行に方向付けられて配置される。かかる「平行」は、必ずしも厳密な意味の平行のみを意味するものではなく、本発明が属する技術分野において通常許容される誤差の範囲を含むものとする。誤差の範囲とは、例えば、厳密な平行 $\pm 10^\circ$ 未満の範囲を意味することができる。

[0015] 各素子アレイにおいて、一对のサーボ信号読み取り素子と複数の磁気ヘッド素子（即ち記録素子または再生素子）は、通常、直線状に離間して配置されている。ここで「直線状に配置」とは、一方のサーボ信号読み取り素子の中央部と他方のサーボ信号読み取り素子の中央部とを結ぶ直線上に各磁気ヘッド素子が配置されていることをいうものとする。そして、本発明および本明細書における「素子アレイの軸線」とは、一方のサーボ信号読み取り素子の中央部と他方のサーボ信号読み取り素子の中央部とを結んだ直線をいうものとする。

[0016] 次に、図面を参照してモジュールの構成等について更に説明する。ただし、図面に示されている形態は例示であって、本発明を限定するものではない。

[0017] 図1は、磁気ヘッドのモジュールの一例を示す概略図である。図1に示すモジュールは、一对のサーボ信号読み取り素子（サーボ信号読み取り素子1および2）の間に複数の磁気ヘッド素子を有する。磁気ヘッド素子は、「チャンネル（channel）」とも呼ばれる。図中の「Ch」は、Channelの略称である。図1に示すモジュールは、Ch0～Ch31の合計32個の磁気ヘッド素子を有する。

[0018] 図1中、「L」は、一对のサーボ信号読み取り素子間の距離、即ち、一方のサーボ信号読み取り素子と他方のサーボ信号読み取り素子との間の距離である。図1に示すモジュールでは、「L」は、サーボ信号読み取り素子1とサーボ信号読み取り素子2との間の距離である。詳しくは、サーボ信号読み取り素子1の中央部とサーボ信号読み取り素子2の中央部との間の距離である。かかる距離は、例えば光学顕微鏡等によって測定することができる。

[0019] 図2は、磁気テープ装置における磁気テープ走行中のモジュールと磁気テープとの相対的な位置関係の説明図である。図2中、点線Aは、磁気テープの幅方向を示す。点線Bは、素子アレイの軸線を示す。角度 θ は、磁気テープ走行中のヘッド傾き角度ということができ、点線Aと点線Bとがなす角度である。磁気テープ走行中、角度 θ が 0° の場合、素子アレイの一方のサーボ信号読み取り素子と他方のサーボ信号読み取り素子との間の磁気テープ幅方向における距離（以下、「サーボ信号読み取り素子間実効距離」とも記載する。）は、「L」である。これに対し、サーボ信号読み取り素子間実効距離は、角度 θ が 0° 超の場合、「 $L \cos \theta$ 」であり、 $L \cos \theta$ はLより小さくなる。即ち、「 $L \cos \theta < L$ 」である。

[0020] 先に記載したように、記録または再生時、磁気テープの幅変形によってデータを記録または再生するための磁気ヘッドが狙いのトラック位置からずれてデータの記録または再生を行ってしまうと、記録済データの上書き、再生不良等の現象が発生してしまう。例えば、磁気テープの幅が収縮または伸長すると、狙いのトラック位置で記録または再生を行うべき磁気ヘッド素子が、異なるトラック位置で記録または再生を行ってしまう現象が発生し得る。また、磁気テープの幅が伸長すると、サーボ信号読み取り素子間実効距離が、データバンドを挟んで隣り合う2本のサーボバンドの間隔（「サーボバンド間隔」または「サーボバンドの間隔」とも記載する。詳しくは、磁気テープの幅方向における上記2本のサーボバンドの間の距離。）より短くなってしまい、磁気テープのエッジに近い部分でデータの記録または再生が行われない現象が発生し得る。

これに対し、素子アレイを 0° 超の角度 θ で傾けると、先に説明したように、サーボ信号読み取り素子間実効距離は、「 $L \cos \theta$ 」となる。 θ の値が大きいほど $L \cos \theta$ の値は小さくなり、 θ の値が小さいほど $L \cos \theta$ の値は大きくなる。したがって、磁気テープの幅方向の寸法変化（即ち収縮または伸長）の程度に応じて θ の値を変化させれば、サーボ信号読み取り素子間実効距離を、サーボバンドの間隔に近づけるか一致させることが可能に

なる。これにより、記録または再生時、磁気テープの幅変形によってデータを記録または再生するための磁気ヘッドが狙いのトラック位置からずれてデータの記録または再生を行ってしまうことによって記録済データの上書き、再生不良等の現象が発生することを防ぐことができるか、またはその発生頻度を下げることができる。

[0021] 図3は、磁気テープ走行中の角度 θ の変化に関する説明図である。

走行開始時の角度 θ である $\theta_{initial}$ は、例えば 0° 以上または 0° 超に設定することができる。

図3中、中央の図が、走行開始時のモジュールの状態を示している。

図3中、右図は、角度 θ を、 $\theta_{initial}$ より大きな角度である角度 θ_c としたときのモジュールの状態を示している。サーボ信号読み取り素子間実効距離 $L \cos \theta_c$ は、磁気テープ走行開始時の $L \cos \theta_{initial}$ より小さな値となる。磁気テープ走行中に磁気テープの幅が収縮した（contracted）場合、かかる角度調整を行うことが好ましい。

一方、図3中、左図は、角度 θ を、 $\theta_{initial}$ より小さな角度である角度 θ_s としたときのモジュールの状態を示している。サーボ信号読み取り素子間実効距離 $L \cos \theta_s$ は、磁気テープ走行開始時の $L \cos \theta_{initial}$ より大きな値となる。磁気テープ走行中に磁気テープの幅が伸長した（expanded）場合、かかる角度調整を行うことが好ましい。

[0022] 以上説明したように、磁気テープ走行中にヘッド傾き角度を変化させることは、記録または再生時、磁気テープの幅変形によってデータを記録または再生するための磁気ヘッドが狙いのトラック位置からずれてデータの記録または再生を行ってしまうことによって記録済データの上書き、再生不良等の現象が発生することを防ぐことに寄与し得るか、またはその発生頻度を下げることにより寄与し得る。

一方、磁気テープへのデータの記録および記録されたデータの再生は、通常、磁気テープの磁性層表面と磁気ヘッドとを接触させて摺動させることによって行われる。かかる摺動時のヘッド傾き角度が異なると、磁気ヘッドと

磁性層表面との接触状態が変わり得ることが、電磁変換特性低下の要因になり得ると本発明者は考えた。詳しくは、ヘッド傾き角度が異なると、磁性層表面との接触に起因する磁気ヘッドの摩耗の程度が大きく変わってしまい、これによって電磁変換特性が低下してしまうと、本発明者は推察した。

上記推察に基づき本発明者は鋭意検討を重ねた。その結果、磁気テープの摩耗特性に関して、温度23℃相対湿度50%の環境において、AlFeSi角柱の傾き角度45°で測定されるAlFeSi_{45°}摩耗値と、AlFeSi角柱の傾き角度0°、15°、30°および45°でそれぞれ測定される磁性層表面のAlFeSi_{45°}摩耗値の標準偏差と、をそれぞれ先に記載した範囲とすることにより、異なるヘッド傾き角度でデータの記録および／または再生を行う際、電磁変換特性の低下を抑制することが可能になることを新たに見出すに至った。以下において、異なるヘッド傾き角度でデータの記録および／または再生を行う際の電磁変換特性の低下を、単に「電磁変換特性の低下」とも記載する。

更に本発明者は、上記磁気テープが、非磁性支持体として幅方向のヤング率が10000MPa以上のポリエチレンナフタレート支持体を含むことは、磁気テープ走行中にヘッド傾き角度を変化させてデータの記録および／または再生を行う際、良好に記録および／または再生を行うことを可能にすることに寄与し得ると考えている。

なお、上記の測定環境の温度および湿度は、磁気テープの使用環境の温度および湿度の例示的な値として採用したものである。したがって、上記磁気テープへのデータの記録および記録されたデータの再生が行われる環境は、上記温度および湿度の環境に限定されるものではない。AlFeSi_{45°}摩耗値を測定する際のAlFeSi角柱の傾き角度についても、磁気テープ走行中にヘッド傾き角度を変化させてデータの記録および／または再生を行う際に採用され得る角度の例示的な値として採用したものである。したがって、上記磁気テープへのデータの記録および記録されたデータの再生が行われる際のヘッド傾き角度も、上記角度に限定されるものではない。また、本明

細書に記載されている本発明者の推察によって、本発明は限定されるものではない。

[0023] <A l F e S i l 摩耗値_{45°}、A l F e S i l 摩耗値の標準偏差>

(測定方法)

本発明および本明細書において、A l F e S i l 角柱の傾き角度0°、15°、30° および45° でのA l F e S i l 摩耗値は、温度23℃相対湿度50%の環境において、以下の方法によって測定される値である。

測定対象の磁気テープを、リールテスターを用い、下記走行条件で走行させたときのA l F e S i l 角柱の摩耗幅を測定する。A l F e S i l 角柱とは、センダスト系の合金であるA l F e S i l 製の角柱である。評価には、ECMA (European Computer Manufacturers Association) - 288 / Annex H / H2 に規定されているA l F e S i l 角柱を用いる。A l F e S i l 角柱の摩耗幅は、A l F e S i l 角柱のエッジを光学顕微鏡を用いて上方から観察し、特開2007-026564号公報の段落0015に同公報の図1に基づき説明されている摩耗幅として求める。

A l F e S i l 角柱の傾き角度（以下、単に「傾き角度」とも記載する。）は、A l F e S i l 角柱の長手方向と磁気テープの幅方向とがなす角度であり、0°～90°の範囲で規定される。A l F e S i l 角柱の長手方向と磁気テープの幅方向とが一致する場合をA l F e S i l 角柱の傾き角度0°とし、A l F e S i l 角柱の長手方向と磁気テープの長手方向とが一致する場合をA l F e S i l 角柱の傾き角度90°とする。

[0024] 走行条件

A l F e S i l 角柱の傾き角度0°、15°、30° または45° で、磁気テープの磁性層表面を、A l F e S i l 角柱の一稜辺にラップ角12°で接触させる。この状態で、測定対象の磁気テープの長手方向の長さ580mにわたる部分を3m/秒の速さで走行させて1往復させる。

[0025] 各傾き角度でのA l F e S i l 摩耗値の測定では、上記走行時、磁気テー

プの長手方向にかかるテンションを1.0Nとする。ここで走行時に磁気テープの長手方向にかかるテンションの値は、リールテスターの設定値である。こうして1往復後に測定されるA I F e S i I 摩耗幅を、各傾き角度でのA I F e S i I 摩耗値とする。A I F e S i I 摩耗値の測定に付されていない未使用のA I F e S i I 角柱を1つ準備する。上記の4つの異なる傾き角度でのA I F e S i I 摩耗値の測定は、このA I F e S i I 摩耗値の4つの稜辺中、それぞれ異なる一稜辺に磁性層表面を接触させて、任意の順序で実施する。各傾き角度でのA I F e S i I 摩耗値の測定は、測定対象の磁気テープの異なる部分において実施する。また、各傾き角度での測定前には、測定環境に馴染ませるために、測定対象の磁気テープを、測定環境において24時間以上放置する。

[0026] 上記方法によって求められたA I F e S i I 摩耗値の中で、傾き角度45°での測定によって得られたA I F e S i I 摩耗値が、A I F e S i I 摩耗値_{45°}である。上記の4つの異なる傾き角度で求められたA I F e S i I 摩耗値の標準偏差（即ち分散の正の平方根）を、測定対象の磁気テープのA I F e S i I 摩耗値の標準偏差とする。

[0027] (A I F e S i I 摩耗値_{45°})

上記磁気テープの摩耗特性に関して、異なるヘッド傾き角度でデータを記録および／または再生を行う際の電磁変換特性の低下を抑制する観点から、A I F e S i I 摩耗値_{45°}は、20μm以上50μm以下である。電磁変換特性の低下をより一層抑制する観点から、A I F e S i I 摩耗値_{45°}は、45μm以下であることが好ましく、40μm以下であることがより好ましく、35μm以下であることが更に好ましい。同様の観点から、A I F e S i I 摩耗値_{45°}は、23μm以上であることが好ましく、25μm以上であることがより好ましい。

[0028] (A I F e S i I 摩耗値の標準偏差)

上記磁気テープのA I F e S i I 摩耗値の標準偏差は、異なるヘッド傾き角度でデータを記録および／または再生を行う際の電磁変換特性の低下を抑

制する観点から、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $28\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $23\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが一層好ましい。AlFeSiI 摩耗値の標準偏差は、例えば、 $0\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $0\text{ }\mu\text{m}$ 超、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $7\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $12\text{ }\mu\text{m}$ 以上または $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることができる。AlFeSiI 摩耗値の標準偏差の値が小さいことは、電磁変換特性の低下をより一層抑制する観点から好ましい。

[0029] 上記磁気テープの摩耗特性は、例えば、磁性層を作製するために使用する成分の種類等によって調整することができる。この点の詳細については、後述する。

[0030] <湾曲量の標準偏差>

次に、湾曲量の標準偏差について説明する。

本発明および本明細書において、磁気テープの長手方向における湾曲量は、雰囲気温度 23°C 相対湿度 50% の環境において、以下の方法によって求められる値である。磁気テープは、通常、磁気テープカートリッジに収容されて流通される。測定対象の磁気テープとしては、磁気テープ装置に取り付けられていない未使用の磁気テープカートリッジから取り出された磁気テープが使用される。

図4は、磁気テープの長手方向における湾曲量の説明図である。

測定対象の磁気テープの無作為に選択した部分から、長手方向で 100 m にわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルの一方の端を 0 m の位置と定め、この一方の端から他方の端に向かって長手方向で $D\text{ m}$ (D メートル)離れた位置を、 $D\text{ m}$ の位置と定める。したがって、長手方向で 10 m 離れた位置は 10 m の位置、 20 m 離れた位置は 20 m の位置であり、順次、 10 m 間隔で、 30 m の位置、 40 m の位置、 50 m の位置、 60 m の位置、 70 m の位置、 80 m の位置、 90 m の位置、 100 m の位置が定まる。

0 m の位置から 1 m の位置までの 1 m にわたる長さのテープサンプルを切

り出す。このテープサンプルを、0 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

10 mの位置から11 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、10 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

20 mの位置から21 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、20 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

30 mの位置から31 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、30 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

40 mの位置から41 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、40 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

50 mの位置から51 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、50 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

60 mの位置から61 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、60 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

70 mの位置から71 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、70 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

80 mの位置から81 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、80 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

90 mの位置から91 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、90 mの位置の湾曲量を測定するため

のテープサンプルとする。

99 mの位置から100 mの位置までの1 mにわたる長さのテープサンプルを切り出す。このテープサンプルを、100 mの位置の湾曲量を測定するためのテープサンプルとする。

各位置のテープサンプルを、長手方向を縦方向にして上端部を把持部材（クリップ等）で把持し、テンションフリーの状態で、24時間±4時間吊るす。その後、1時間以内に、以下の計測を行う。

図4に示すように、テンションフリーの状態で、テープ片を平面上に置く。テープ片は、磁性層側の表面を上方に向けて平面上に置いてよく、他方の表面を上方に向けて平面上に置いてよい。図4中、Sはテープサンプルを示し、Wはテープサンプルの幅方向を示す。光学顕微鏡を用いて、テープサンプルSの長手方向において、テープサンプルSの両末端部52と53とをつなぐ仮想線54と最大の湾曲部55との最短の距離となる距離L1（単位：mm）を計測する。図4には、紙面上で上側に湾曲している例が示されている。下側に湾曲している場合も同様に距離L1（mm）を計測する。どちら側に湾曲していても、距離L1は正の値として表示する。長手方向における湾曲が確認されない場合、L1は0（ゼロ）mmとする。

こうして、0 mの位置から100 mの位置までの合計11の位置について計測された湾曲量L1の標準偏差（即ち分散の正の平方根）、測定対象の磁気テープの長手方向における湾曲量の標準偏差（単位：mm/m）とする。

[0031] 上記磁気テープにおいて、上記方法によって求められる湾曲量の標準偏差は、例えば、7 mm/m以下、6 mm/m以下であることができ、電磁変換特性の低下をより一層抑制する観点からは、5 mm/m以下であることが好ましく、4 mm/m以下であることがより好ましく、3 mm/m以下であることが更に好ましい。上記磁気テープの湾曲量の標準偏差は、例えば、0 mm/m以上、0 mm/m超、1 mm/m以上または2 mm/m以上であることができる。湾曲量の標準偏差の値が小さいことは、電磁変換特性の低下をより一層抑制する観点から好ましい。

湾曲量の標準偏差は、磁気テープの製造工程の製造条件を調整することによって、制御することができる。この点について、詳細は後述する。

[0032] 以下、上記磁気テープについて、更に詳細に説明する。

[0033] <磁性層>

(強磁性粉末)

磁性層に含まれる強磁性粉末としては、各種磁気記録媒体の磁性層において用いられる強磁性粉末として公知の強磁性粉末を1種または2種以上組み合わせ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、強磁性粉末の平均粒子サイズは50 nm以下であることが好ましく、45 nm以下であることがより好ましく、40 nm以下であることが更に好ましく、35 nm以下であることが一層好ましく、30 nm以下であることがより一層好ましく、25 nm以下であることが更に一層好ましく、20 nm以下であることがなお一層好ましい。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5 nm以上であることが好ましく、8 nm以上であることがより好ましく、10 nm以上であることが更に好ましく、15 nm以上であることが一層好ましく、20 nm以上であることがより一層好ましい。

[0034] 六方晶フェライト粉末

強磁性粉末の好ましい具体例としては、六方晶フェライト粉末を挙げることができる。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号公報の段落0012～0030、特開2011-216149号公報の段落0134～0136、特開2012-204726号公報の段落0013～0030および特開2015-127985号公報の段落0029～0084を参照できる。

[0035] 本発明および本明細書において、「六方晶フェライト粉末」とは、X線回折分析によって、主相として六方晶フェライトの結晶構造が検出される強磁性粉末をいうものとする。主相とは、X線回折分析によって得られるX線回折スペクトルにおいて最も高強度の回折ピークが帰属する構造をいう。例え

ば、X線回折分析によって得られるX線回折スペクトルにおいて最も高強度の回折ピークが六方晶フェライトの結晶構造に帰属される場合、六方晶フェライトの結晶構造が主相として検出されたと判断するものとする。X線回折分析によって単一の構造のみが検出された場合には、この検出された構造を主相とする。六方晶フェライトの結晶構造は、構成原子として、少なくとも鉄原子、二価金属原子および酸素原子を含む。二価金属原子とは、イオンとして二価のカチオンになり得る金属原子であり、ストロンチウム原子、バリウム原子、カルシウム原子等のアルカリ土類金属原子、鉛原子等を挙げることができる。本発明および本明細書において、六方晶ストロンチウムフェライト粉末とは、この粉末に含まれる主な二価金属原子がストロンチウム原子であるものをいい、六方晶バリウムフェライト粉末とは、この粉末に含まれる主な二価金属原子がバリウム原子であるものをいう。主な二価金属原子とは、この粉末に含まれる二価金属原子の中で、原子%基準で最も多くを占める二価金属原子をいうものとする。ただし、上記の二価金属原子には、希土類原子は包含されないものとする。本発明および本明細書における「希土類原子」は、スカンジウム原子（Sc）、イットリウム原子（Y）、およびランタノイド原子からなる群から選択される。ランタノイド原子は、ランタン原子（La）、セリウム原子（Ce）、プラセオジウム原子（Pr）、ネオジウム原子（Nd）、プロメチウム原子（Pm）、サマリウム原子（Sm）、ユウロピウム原子（Eu）、ガドリニウム原子（Gd）、テルビウム原子（Tb）、ジスプロシウム原子（Dy）、ホルミウム原子（Ho）、エルビウム原子（Er）、ツリウム原子（Tm）、イッテルビウム原子（Yb）、およびルテチウム原子（Lu）からなる群から選択される。

[0036] 以下に、六方晶フェライト粉末の一形態である六方晶ストロンチウムフェライト粉末について、更に詳細に説明する。

[0037] 六方晶ストロンチウムフェライト粉末の活性化体積は、好ましくは800～1600nm³の範囲である。上記範囲の活性化体積を示す微粒子化された六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、優れた電磁変換特性を発揮する磁

気テープの作製のために好適である。六方晶ストロンチウムフェライト粉末の活性化体積は、好ましくは 800 nm^3 以上であり、例えば 850 nm^3 以上であることもできる。また、電磁変換特性の更なる向上の観点から、六方晶ストロンチウムフェライト粉末の活性化体積は、 1500 nm^3 以下であることがより好ましく、 1400 nm^3 以下であることが更に好ましく、 1300 nm^3 以下であることが一層好ましく、 1200 nm^3 以下であることがより一層好ましく、 1100 nm^3 以下であることが更により一層好ましい。六方晶バリウムフェライト粉末の活性化体積についても、同様である。

[0038] 「活性化体積」とは、磁化反転の単位であって、粒子の磁気的な大きさを示す指標である。本発明および本明細書に記載の活性化体積および後述の異方性定数 K_u は、振動試料型磁力計を用いて保磁力 H_c 測定部の磁場スイープ速度 3 分と 30 分とで測定し（測定温度： $23^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ）、以下の H_c と活性化体積 V との関係式から求められる値である。異方性定数 K_u の単位に関して、 $1 \text{ erg/cc} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ J/m}^3$ である。

$$H_c = 2 K_u / M_s \{ 1 - [(k T / K_u V) \ln (A t / 0.693)]^{1/2} \}$$

[上記式中、 K_u : 異方性定数（単位： J/m^3 ）、 M_s : 飽和磁化（単位： kA/m ）、 k : ボルツマン定数、 T : 絶対温度（単位： K ）、 V : 活性化体積（単位： cm^3 ）、 A : スピン歳差周波数（単位： s^{-1} ）、 t : 磁界反転時間（単位： s ）]

[0039] 熱揺らぎの低減、換言すれば熱的安定性の向上の指標としては、異方性定数 K_u を上げることができる。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、好ましくは $1.8 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 以上の K_u を有することができ、より好ましくは $2.0 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 以上の K_u を有することができる。また、六方晶ストロンチウムフェライト粉末の K_u は、例えば $2.5 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 以下であることができる。ただし K_u が高いほど熱的安定性が高いことを意味し好ましいため、上記例示した値に限定されるものではない。

[0040] 六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、希土類原子を含んでいてもよく

、含まなくてもよい。六方晶ストロンチウムフェライト粉末が希土類原子を含む場合、鉄原子100原子%に対して、0.5～5.0原子%の含有率（バルク含有率）で希土類原子を含むことが好ましい。希土類原子を含む六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、一形態では、希土類原子表層部偏在性を有することができる。本発明および本明細書における「希土類原子表層部偏在性」とは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を酸により部分溶解して得られた溶解液中の鉄原子100原子%に対する希土類原子含有率（以下、「希土類原子表層部含有率」または希土類原子に関して単に「表層部含有率」と記載する。）が、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を酸により全溶解して得られた溶解液中の鉄原子100原子%に対する希土類原子含有率（以下、「希土類原子バルク含有率」または希土類原子に関して単に「バルク含有率」と記載する。）と、

希土類原子表層部含有率／希土類原子バルク含有率 >1.0

の比率を満たすことを意味する。後述の六方晶ストロンチウムフェライト粉末の希土類原子含有率とは、希土類原子バルク含有率と同義である。これに対し、酸を用いる部分溶解は六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部を溶解するため、部分溶解により得られる溶解液中の希土類原子含有率とは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部における希土類原子含有率である。希土類原子表層部含有率が、「希土類原子表層部含有率／希土類原子バルク含有率 >1.0 」の比率を満たすことは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子において、希土類原子が表層部に偏在（即ち内部より多く存在）していることを意味する。本発明および本明細書における表層部とは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表面から内部に向かう一部領域を意味する。

[0041] 六方晶ストロンチウムフェライト粉末が希土類原子を含む場合、希土類原子含有率（バルク含有率）は、鉄原子100原子%に対して0.5～5.0原子%の範囲であることが好ましい。上記範囲のバルク含有率で希土類原子を含み、かつ六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部

に希土類原子が偏在していることは、繰返し再生における再生出力の低下を抑制することに寄与すると考えられる。これは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末が上記範囲のバルク含有率で希土類原子を含み、かつ六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部に希土類原子が偏在していることにより、異方性定数 K_u を高めることができるためと推察される。異方性定数 K_u は、この値が高いほど、いわゆる熱揺らぎと呼ばれる現象の発生を抑制すること（換言すれば熱的安定性を向上させること）ができる。熱揺らぎの発生が抑制されることにより、繰返し再生における再生出力の低下を抑制することができる。六方晶ストロンチウムフェライト粉末の粒子表層部に希土類原子が偏在することが、表層部の結晶格子内の鉄（Fe）のサイトのスピンを安定化することに寄与し、これにより異方性定数 K_u が高まるのではないかと推察される。

また、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末を磁性層の強磁性粉末として用いることは、磁気ヘッドとの摺動によって磁性層表面が削れることを抑制することにも寄与すると推察される。即ち、磁気テープの走行耐久性の向上にも、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末が寄与し得ると推察される。これは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表面に希土類原子が偏在することが、粒子表面と磁性層に含まれる有機物質（例えば、結合剤および／または添加剤）との相互作用の向上に寄与し、その結果、磁性層の強度が向上するためではないかと推察される。

繰返し再生における再生出力の低下を抑制する観点および／または走行耐久性の更なる向上の観点からは、希土類原子含有率（バルク含有率）は、0.5～4.5原子%の範囲であることがより好ましく、1.0～4.5原子%の範囲であることが更に好ましく、1.5～4.5原子%の範囲であることが一層好ましい。

[0042] 上記バルク含有率は、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を全溶解して求められる含有率である。本発明および本明細書において、特記しない限り

、原子について含有率とは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を全溶解して求められるバルク含有率をいうものとする。希土類原子を含む六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、希土類原子として1種の希土類原子のみ含んでもよく、2種以上の希土類原子を含んでもよい。2種以上の希土類原子を含む場合の上記バルク含有率とは、2種以上の希土類原子の合計について求められる。この点は、本発明および本明細書における他の成分についても同様である。即ち、特記しない限り、ある成分は、1種のみ用いてもよく、2種以上用いてもよい。2種以上用いられる場合の含有量または含有率とは、2種以上の合計についていうものとする。

[0043] 六方晶ストロンチウムフェライト粉末が希土類原子を含む場合、含まれる希土類原子は、希土類原子のいずれか1種以上であればよい。繰り返し再生における再生出力の低下を抑制する観点から好ましい希土類原子としては、ネオジム原子、サマリウム原子、イットリウム原子およびジスプロシウム原子を挙げることができ、ネオジム原子、サマリウム原子およびイットリウム原子がより好ましく、ネオジム原子が更に好ましい。

[0044] 希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末において、希土類原子は六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部に偏在していればよく、偏在の程度は限定されるものではない。例えば、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末について、後述する溶解条件で部分溶解して求められた希土類原子の表層部含有率と後述する溶解条件で全溶解して求められた希土類原子のバルク含有率との比率、「表層部含有率／バルク含有率」は1.0超であり、1.5以上であることができる。「表層部含有率／バルク含有率」が1.0より大きいことは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子において、希土類原子が表層部に偏在（即ち内部より多く存在）していることを意味する。また、後述する溶解条件で部分溶解して求められた希土類原子の表層部含有率と後述する溶解条件で全溶解して求められた希土類原子のバルク含有率との比率、「表層部含有率／バルク含有率」は、例えば、10.0以下

、 9. 0 以下、 8. 0 以下、 7. 0 以下、 6. 0 以下、 5. 0 以下、または 4. 0 以下であることができる。ただし、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末において、希土類原子は六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部に偏在していればよく、上記の「表層部含有率／バルク含有率」は、例示した上限または下限に限定されるものではない。

[0045] 六方晶ストロンチウムフェライト粉末の部分溶解および全溶解について、以下に説明する。粉末として存在している六方晶ストロンチウムフェライト粉末については、部分溶解および全溶解する試料粉末は、同一ロットの粉末から採取する。一方、磁気テープの磁性層に含まれている六方晶ストロンチウムフェライト粉末については、磁性層から取り出した六方晶ストロンチウムフェライト粉末の一部を部分溶解に付し、他の一部を全溶解に付す。磁性層からの六方晶ストロンチウムフェライト粉末の取り出しは、例えば、特開 2015-91747 号公報の段落 0032 に記載の方法によって行うことができる。

上記部分溶解とは、溶解終了時に液中に六方晶ストロンチウムフェライト粉末の残留が目視で確認できる程度に溶解することをいう。例えば、部分溶解により、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子について、粒子全体を 100 質量％として 10～20 質量％の領域を溶解することができる。一方、上記全溶解とは、溶解終了時に液中に六方晶ストロンチウムフェライト粉末の残留が目視で確認されない状態まで溶解することをいう。

上記部分溶解および表層部含有率の測定は、例えば、以下の方法により行われる。ただし、下記の試料粉末量等の溶解条件は例示であって、部分溶解および全溶解が可能な溶解条件を任意に採用できる。

試料粉末 12 mg および 1 mol/L 塩酸 10 mL を入れた容器（例えばビーカー）を、設定温度 70℃ のホットプレート上で 1 時間保持する。得られた溶解液を 0.1 μm のメンブレンフィルタでろ過する。こうして得られたろ液の元素分析を誘導結合プラズマ（ICP: Inductively

Coupled Plasma) 分析装置によって行う。こうして、鉄原子 100 原子%に対する希土類原子の表層部含有率を求めることができる。元素分析により複数種の希土類原子が検出された場合には、全希土類原子の合計含有率を、表層部含有率とする。この点は、バルク含有率の測定においても、同様である。

一方、上記全溶解およびバルク含有率の測定は、例えば、以下の方法により行われる。

試料粉末 12 mg および 4 mol/L 塩酸 10 mL を入れた容器（例えばビーカー）を、設定温度 80℃ のホットプレート上で 3 時間保持する。その後は上記の部分溶解および表層部含有率の測定と同様に行い、鉄原子 100 原子%に対するバルク含有率を求めることができる。

[0046] 磁気テープに記録されたデータを再生する際の再生出力を高める観点から、磁気テープに含まれる強磁性粉末の質量磁化 σ_s が高いことは望ましい。この点に関して、希土類原子を含むものの希土類原子表層部偏在性を持たない六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、希土類原子を含まない六方晶ストロンチウムフェライト粉末と比べて σ_s が大きく低下する傾向が見られた。これに対し、そのような σ_s の大きな低下を抑制するうえでも、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末は好ましいと考えられる。一形態では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末の σ_s は、 $45 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以上であることができ、 $47 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以上であることもできる。一方、 σ_s は、ノイズ低減の観点からは、 $80 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以下であることが好ましく、 $60 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以下であることがより好ましい。 σ_s は、振動試料型磁力計等の磁気特性を測定可能な公知の測定装置を用いて測定することができる。本発明および本明細書において、特記しない限り、質量磁化 σ_s は、磁場強度 15 kOe で測定される値とする。 $1 [\text{kOe}] = 10^6 / 4\pi [\text{A/m}]$ である。

[0047] 六方晶ストロンチウムフェライト粉末の構成原子の含有率（バルク含有率）に関して、ストロンチウム原子含有率は、鉄原子 100 原子%に対して、

例えば2.0～15.0原子%の範囲であることができる。一形態では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、この粉末に含まれる二価金属原子がストロンチウム原子のみであることができる。また他の一形態では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、ストロンチウム原子に加えて1種以上の他の二価金属原子を含むこともできる。例えば、バリウム原子および／またはカルシウム原子を含むことができる。ストロンチウム原子以外の他の二価金属原子が含まれる場合、六方晶ストロンチウムフェライト粉末におけるバリウム原子含有率およびカルシウム原子含有率は、それぞれ、例えば、鉄原子100原子%に対して、0.05～5.0原子%の範囲であることができる。

[0048] 六方晶フェライトの結晶構造としては、マグネトプランバイト型（「M型」とも呼ばれる。）、W型、Y型およびZ型が知られている。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、いずれの結晶構造を取るものであってもよい。結晶構造は、X線回折分析によって確認することができる。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、X線回折分析によって、単一の結晶構造または2種以上の結晶構造が検出されるものであることができる。例えば一形態では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、X線回折分析によってM型の結晶構造のみが検出されるものであることができる。例えば、M型の六方晶フェライトは、 $AFe_{12}O_{19}$ の組成式で表される。ここでAは二価金属原子を表し、六方晶ストロンチウムフェライト粉末がM型である場合、Aはストロンチウム原子（Sr）のみであるか、またはAとして複数の二価金属原子が含まれる場合には、上記の通り原子%基準で最も多くをストロンチウム原子（Sr）が占める。六方晶ストロンチウムフェライト粉末の二価金属原子含有率は、通常、六方晶フェライトの結晶構造の種類により定まるものであり、特に限定されるものではない。鉄原子含有率および酸素原子含有率についても、同様である。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、少なくとも、鉄原子、ストロンチウム原子および酸素原子を含み、更に希土類原子を含むこともできる。更に、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、これら原子

以外の原子を含んでもよく、含まなくてもよい。一例として、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、アルミニウム原子（Al）を含むものであってもよい。アルミニウム原子の含有率は、鉄原子100原子%に対して、例えば0.5～10.0原子%であることができる。繰り返し再生における再生出力低下を抑制する観点からは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、鉄原子、ストロンチウム原子、酸素原子および希土類原子を含み、これら原子以外の原子の含有率が、鉄原子100原子%に対して、10.0原子%以下であることが好ましく、0～5.0原子%の範囲であることがより好ましく、0原子%であってもよい。即ち、一形態では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、鉄原子、ストロンチウム原子、酸素原子および希土類原子以外の原子を含まなくてもよい。上記の原子%で表示される含有率は、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を全溶解して求められる各原子の含有率（単位：質量%）を、各原子の原子量を用いて原子%表示の値に換算して求められる。また、本発明および本明細書において、ある原子について「含まない」とは、全溶解してICP分析装置により測定される含有率が0質量%であることをいう。ICP分析装置の検出限界は、通常、質量基準で0.01 ppm（parts per million）以下である。上記の「含まない」とは、ICP分析装置の検出限界未満の量で含まれることを包含する意味で用いるものとする。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、一形態では、ビスマス原子（Bi）を含まないものであることができる。

[0049] 金属粉末

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。強磁性金属粉末の詳細については、例えば特開2011-216149号公報の段落0137～0141および特開2005-251351号公報の段落0009～0023を参照できる。

[0050] ϵ -酸化鉄粉末

強磁性粉末の好ましい具体例としては、 ϵ -酸化鉄粉末を挙げることもできる。本発明および本明細書において、「 ϵ -酸化鉄粉末」とは、X線回折

分析によって、主相として ϵ -酸化鉄の結晶構造が検出される強磁性粉末をいうものとする。例えば、X線回折分析によって得られるX線回折スペクトルにおいて最も高強度の回折ピークが ϵ -酸化鉄の結晶構造に帰属される場合、 ϵ -酸化鉄の結晶構造が主相として検出されたと判断するものとする。 ϵ -酸化鉄粉末の製造方法としては、ゲーサイトから作製する方法、逆ミセル法等が知られている。上記製造方法は、いずれも公知である。また、Feの一部がGa、Co、Ti、Al、Rh等の置換原子によって置換された ϵ -酸化鉄粉末を製造する方法については、例えば、J. Jpn. Soc. Powder Metallurgy Vol. 61 Supplement, No. S1, pp. S280-S284、J. Mater. Chem. C, 2013, 1, pp. 5200-5206等を参照できる。ただし、上記磁気テープの磁性層において強磁性粉末として使用可能な ϵ -酸化鉄粉末の製造方法は、ここで挙げた方法に限定されない。

[0051] ϵ -酸化鉄粉末の活性化体積は、好ましくは $300 \sim 1500 \text{ nm}^3$ の範囲である。上記範囲の活性化体積を示す微粒子化された ϵ -酸化鉄粉末は、優れた電磁変換特性を発揮する磁気テープの作製のために好適である。 ϵ -酸化鉄粉末の活性化体積は、好ましくは 300 nm^3 以上であり、例えば 500 nm^3 以上であることもできる。また、電磁変換特性の更なる向上の観点から、 ϵ -酸化鉄粉末の活性化体積は、 1400 nm^3 以下であることがより好ましく、 1300 nm^3 以下であることが更に好ましく、 1200 nm^3 以下であることが一層好ましく、 1100 nm^3 以下であることがより一層好ましい。

[0052] 熱揺らぎの低減、換言すれば熱的安定性の向上の指標としては、異方性定数 K_u を上げることができる。 ϵ -酸化鉄粉末は、好ましくは $3.0 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ 以上の K_u を有することができ、より好ましくは $8.0 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ 以上の K_u を有することができる。また、 ϵ -酸化鉄粉末の K_u は、例えば $3.0 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 以下であることができる。ただし K_u が高いほど熱

的安定性が高いことを意味し、好ましいため、上記例示した値に限定されるものではない。

[0053] 磁気テープに記録されたデータを再生する際の再生出力を高める観点から、磁気テープに含まれる強磁性粉末の質量磁化 σ_s が高いことは望ましい。この点に関して、一形態では、 ε -酸化鉄粉末の σ_s は、 $8\text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ 以上であることができ、 $12\text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ 以上であることもできる。一方、 ε -酸化鉄粉末の σ_s は、ノイズ低減の観点からは、 $40\text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ 以下であることが好ましく、 $35\text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ 以下であることがより好ましい。

[0054] 本発明および本明細書において、特記しない限り、強磁性粉末等の各種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。

粉末を、透過型電子顕微鏡を用いて撮影倍率100000倍で撮影し、総倍率500000倍になるように印画紙にプリントするか、ディスプレイに表示する等して、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、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。後述の実施例に示す平均粒子サイズは、特記しない限り、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を用いて測定された値である。本発明および本明細書において、粉末とは、複数の粒子の集合を意味する。例えば、強磁性粉末とは、複数の強磁性粒子の集合を意味する。また、複数の粒子の集合とは、集合を構成する粒子が直接接触している形態に限定されず、後述する結合剤、添加剤等が、粒子同士の間を介在

している形態も包含される。粒子との語が、粉末を表すために用いられることもある。

[0055] 粒子サイズ測定のために磁気テープから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。

[0056] 本発明および本明細書において、特記しない限り、粉末を構成する粒子のサイズ（粒子サイズ）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、厚みまたは高さが板面または底面の最大長径より小さい）の場合は、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。

[0057] 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、特記しない限り、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、厚み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、特記しない限り、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。

[0058] 磁性層における強磁性粉末の含有率（充填率）は、磁性層の総質量に対して、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。磁性層において強磁性粉末の充填率が高いことは、記

録密度向上の観点から好ましい。

[0059] (結合剤)

上記磁気テープは塗布型の磁気テープであることができ、磁性層に結合剤を含むことができる。結合剤とは、1種以上の樹脂である。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等を共重合したアクリル樹脂、ニトロセルロース等のセルロース樹脂、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等のポリビニルアルキラール樹脂等から選ばれる樹脂を単独で用いるか、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、および塩化ビニル樹脂である。これらの樹脂は、ホモポリマーでもよく、コポリマー（共重合体）でもよい。これらの樹脂は、後述する非磁性層および／または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号公報の段落0028～0031を参照できる。また、結合剤は、電子線硬化型樹脂等の放射線硬化型樹脂であってもよい。放射線硬化型樹脂については、特開2011-048878号公報の段落0044～0045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。結合剤は、強磁性粉末100.0質量部に対して、例えば1.0～30.0質量部の量で使用するすることができる。

[0060] (硬化剤)

また、結合剤とともに硬化剤を使用することもできる。硬化剤は、一形態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、他の一形態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。硬化剤は、磁気テープの製造

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。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号公報の段落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、磁性層等の各層の強度向上の観点からは好ましくは50.0～80.0質量部の量で使うことができる。

[0061] （添加剤）

磁性層には、必要に応じて1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。また、磁性層に含まれる添加剤としては、非磁性粉末、潤滑剤、分散剤、分散助剤、防錆剤、帯電防止剤、酸化防止剤等を挙げることができる。

[0062] 磁性層形成用組成物に添加し得る分散剤としては、カルボキシ基含有化合物、含窒素化合物等の強磁性粉末の分散性を高めるための公知の分散剤を挙げることができる。例えば、含窒素化合物は、 NH_2R で表される一級アミン、 NHR_2 で表される二級アミン、 NR_3 で表される三級アミンのいずれであってもよい。上記において、Rは含窒素化合物を構成する任意の構造を示し、複数存在するRは同一であっても異なってもよい。含窒素化合物は、分子中に複数の繰り返し構造を有する化合物（ポリマー）であってもよい。含窒素化合物の含窒素部が強磁性粉末の粒子表面への吸着部として機能することが、含窒素化合物が分散剤として働くことができる理由と考えられる。カルボキシ基含有化合物は、例えばオレイン酸等の脂肪酸を挙げることができる。カルボキシ基含有化合物については、カルボキシ基が強磁性粉末の粒子表面への吸着部として機能することが、カルボキシ基含有化合物が分散剤として働くことができる理由と考えられる。カルボキシ基含有化合物と含窒素化合物を併用することも、好ましい。これらの分散剤の使用量は適宜設定することができる。

- [0063] 分散剤を非磁性層形成用組成物に添加してもよい。非磁性層形成用組成物に添加し得る分散剤については、特開2012-133837号公報の段落0061を参照できる。
- [0064] 磁性層に添加し得る添加剤としては、例えば、特開2016-51493号公報に記載されているポリアルキレンイミン系ポリマーを挙げることができる。かかるポリアルキレンイミン系ポリマーについては、特開2016-51493号公報の段落0035～0077および同公報の実施例の記載を参照できる。
- [0065] 磁性層に含まれ得る非磁性粉末としては、研磨剤として機能することができる非磁性粉末、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粉末等が挙げられる。
- [0066] 研磨剤としては、モース硬度8超の非磁性粉末が好ましく、モース硬度9以上の非磁性粉末がより好ましい。モース硬度の最大値は10である。研磨剤は、無機物質の粉末であることができ、有機物質の粉末であることもできる。研磨剤は、無機または有機の酸化物の粉末または炭化物（カーバイド）の粉末であることができる。カーバイドとしては、ボロンカーバイド（例えば B_4C ）、チタンカーバイド（例えば TiC ）等を挙げることができる。また、研磨剤としては、ダイヤモンドも使用可能である。研磨剤は、一形態では、無機酸化物の粉末であることが好ましい。具体的には、無機酸化物としては、アルミナ（例えば Al_2O_3 ）、酸化チタン（例えば TiO_2 ）、酸化セリウム（例えば CeO_2 ）、酸化ジルコニウム（例えば ZrO_2 ）等を挙げることができる。中でもアルミナが好ましい。アルミナのモース硬度は約9である。アルミナ粉末については、特開2013-229090号公報の段落0021も参照できる。また、研磨剤の粒子サイズの指標としては、比表面積を用いることができる。比表面積が大きいほど研磨剤を構成する粒子の一次粒子の粒子サイズが小さいと考えることができる。研磨剤としては、BET（Brunauer-Emmett-Teller）法によって測定された比表面積（以下、「BET比表面積」と記載する。）が $14\text{ m}^2/\text{g}$ 以上の研

磨剤を使用することが好ましい。また、分散性の観点からは、BET比表面積が $40\text{ m}^2/\text{g}$ 以下の研磨剤を使用することが好ましい。磁性層における研磨剤の含有量は、強磁性粉末100.0質量部に対して1.0～20.0質量部であることが好ましく、1.0～15.0質量部であることがより好ましい。研磨剤としては、1種の非磁性粉末のみ使用することもでき、組成および／または物性（例えばサイズ）の異なる2種以上の非磁性粉末を使用することもできる。研磨剤として2種以上の非磁性粉末を使用する場合、研磨剤の含有量とは、それら2種以上の非磁性粉末の合計含有量をいうものとする。以上の点は、本発明および本明細書における各種成分の含有量についても同様である。研磨剤は、強磁性粉末と別に分散処理に付すこと（別分散）が好ましく、後述の突起形成剤とも別に分散処理に付すこと（別分散）がより好ましい。磁性層形成用組成物の調製時、研磨剤の分散液（以下、「研磨剤液」とも記載する。）として、成分および／または分散条件が異なる2種以上の分散液を用いることは、磁気テープの摩耗特性を制御するうえで好ましい。

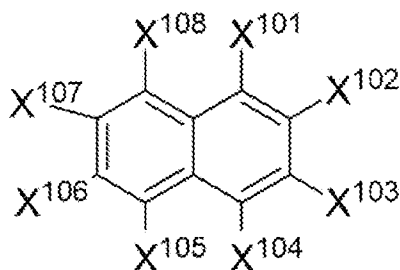
[0067] 研磨剤の分散液の分散状態の調整のために、分散剤を使用することもできる。研磨剤の分散性を高めるための分散剤として機能し得る化合物としては、フェノール性ヒドロキシ基を有する芳香族炭化水素化合物を挙げることができる。「フェノール性ヒドロキシ基」とは、芳香環に直接結合したヒドロキシ基をいう。上記芳香族炭化水素化合物に含まれる芳香環は、単環であってもよく、多環構造であってもよく、縮合環であってもよい。研磨剤の分散性向上の観点からは、ベンゼン環またはナフタレン環を含む芳香族炭化水素化合物が好ましい。また、上記芳香族炭化水素化合物は、フェノール性ヒドロキシ基以外の置換基を有していてもよい。フェノール性ヒドロキシ基以外の置換基としては、例えば、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基、アミノ基、アシル基、ニトロ基、ニトロソ基、ヒドロキシアルキル基等を挙げることができ、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基、アミノ基、ヒドロキシアルキル基が好ましい。上記芳香族炭化水素化合物1分子中に含まれ

るフェノール性ヒドロキシ基は、1つであってもよく、2つ、3つ、またはそれ以上であってもよい。

[0068] フェノール性ヒドロキシ基を有する芳香族炭化水素化合物の好ましい形態としては、下記式100で表される化合物を挙げることができる。

[0069] [化1]

式100



[式100中、 $X^{101} \sim X^{108}$ のうちの2つはヒドロキシ基であり、他の6つはそれぞれ独立に水素原子または置換基を表す。]

[0070] 式100で表される化合物において、2つのヒドロキシ基（フェノール性ヒドロキシ基）の置換位置は特に限定されるものではない。

[0071] 式100中、 $X^{101} \sim X^{108}$ のうちの2つがヒドロキシ基（フェノール性ヒドロキシ基）であり、他の6つはそれぞれ独立に水素原子または置換基を表す。また、 $X^{101} \sim X^{108}$ のうち、2つのヒドロキシ基以外の部分がすべて水素原子であってもよく、一部またはすべてが置換基であってもよい。置換基としては、先に記載した置換基を例示することができる。2つのヒドロキシ基以外の置換基として、1つ以上のフェノール性ヒドロキシ基が含まれていてもよい。研磨剤の分散性向上の観点からは、 $X^{101} \sim X^{108}$ のうちの2つのヒドロキシ基以外はフェノール性ヒドロキシ基ではないことが好ましい。即ち、式100で表される化合物は、ジヒドロキシナフタレンまたはその誘導体であることが好ましく、2, 3-ジヒドロキシナフタレンまたはその誘導体であることがより好ましい。 $X^{101} \sim X^{108}$ で表される置換基として好ましい置換基としては、ハロゲン原子（例えば塩素原子、臭素原子）、アミノ基、炭素数1～6（好ましくは1～4）のアルキル基、メトキシ基およびエトキシ基、アシル基、ニトロ基およびニトロソ基、ならびに $-CH_2OH$ 基を挙

げることができる。

[0072] また、研磨剤の分散性を高めるための分散剤については、特開 2014-179149 号公報の段落 0024～0028 も参照できる。

[0073] 研磨剤の分散性を高めるための分散剤は、例えば研磨剤液の調製時（複数の研磨剤液を調製する場合には各研磨剤液について）、研磨剤 100.0 質量部に対して、例えば 0.5～20.0 質量部の割合で使用することができ、1.0～10.0 質量部の割合で使用することが好ましい。

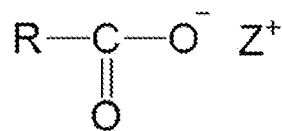
[0074] 突起形成剤の一形態としては、カーボンブラックを挙げることができる。カーボンブラックの平均粒子サイズは、5～200 nm の範囲であることが好ましく、10～150 nm の範囲であることがより好ましい。また、カーボンブラックの BET 比表面積は、 $10 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上であることが好ましく、 $15 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上であることがより好ましい。カーボンブラックの BET 比表面積は、分散性向上の容易性の観点からは、 $50 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下であることが好ましく、 $40 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下であることがより好ましい。また、突起形成剤の他の一形態としては、コロイド粒子を挙げることができる。コロイド粒子としては、入手容易性の点から無機コロイド粒子が好ましく、無機酸化物コロイド粒子がより好ましく、シリカコロイド粒子（コロイダルシリカ）がより一層好ましい。本発明および本明細書において、「コロイド粒子」とは、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン、トルエンもしくは酢酸エチル、または上記溶媒の 2 種以上を任意の混合比で含む混合溶媒の少なくとも 1 つの有機溶媒 100 mL あたり 1 g 添加した際に、沈降せず分散しコロイド分散体をもたらすことのできる粒子をいうものとする。コロイド粒子の平均粒子サイズは、例えば 30～300 nm であることができ、40～200 nm であることが好ましい。磁性層における突起形成剤の含有量は、強磁性粉末 100.0 質量部に対して、0.5～4.0 質量部であることが好ましく、0.5～3.5 質量部であることがより好ましい。突起形成剤は、強磁性粉末と別に分散処理に付すことが好ましく、研磨剤とも別に分散処理に付すことがより好ましい。磁性層形成用組成物の調製時、突起形成剤の分散液（以下、「

突起形成剤液」とも記載する。)として、成分および／または分散条件が異なる2種以上の分散液を調製することもできる。

[0075] また、磁性層に含まれ得る添加剤の一形態としては、下記式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物を挙げることができる。

[0076] [化2]

式1



[0077] (式1中、Rは炭素数7以上のアルキル基または炭素数7以上のフッ化アルキル基を表し、Z⁺はアンモニウムカチオンを表す。)

[0078] 本発明者は、上記化合物は、潤滑剤として機能し得ると考えている。この点について、以下に更に説明する。

潤滑剤は、流体潤滑剤と境界潤滑剤とに大別できる。本発明者は、上記式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物は、流体潤滑剤として機能し得ると考えている。流体潤滑剤は、それ自身が磁性層表面に液膜を形成することにより、磁性層へ潤滑性を付与する役割を果たすことができると考えられる。A I F e S i | 摩耗値_{45°} および A I F e S i | 摩耗値の標準偏差を制御するためには、磁性層表面において流体潤滑剤が液膜を形成していることは望ましいと推察される。また、A I F e S i | 摩耗値の測定時に磁性層表面と A I F e S i | 角柱とがより安定に摺動できるほど、測定される値はより小さくなり得る。流体潤滑剤の液膜に関しては、より安定な摺動を可能にする観点からは、磁性層表面で液膜を形成している流体潤滑剤は適量にすることが望ましいと考えられる。磁性層表面で液膜を形成している液体潤滑剤量が過剰であると、磁性層表面と A I F e S i | 角柱とが貼り付き、摺動安定性が低下し易くなると推察されるためである。また、磁性層表面で液膜を形成している液体潤滑剤量が過剰であると、例えば突起形成剤によって磁性層表面に形成された突起が液膜に覆われてし

まうと推察される。このことも摺動安定性が低下し易くなる要因になり得ると考えられる。

以上の点に関して、上記化合物は、式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を含む。かかる構造を含む化合物は、比較的少量でも流体潤滑剤として優れた役割を果たすことができると考えられる。そのため、上記化合物を磁性層に含有させることは、磁気テープの磁性層表面とAlFeSi角柱との摺動安定性を向上させることにつながり、AlFeSi_{4.5}の摩耗値およびAlFeSi_{4.5}の摩耗値の標準偏差を制御することに寄与し得ると考えられる。

[0079] 以下、上記化合物について、更に詳細に説明する。

[0080] 本発明および本明細書において、特記しない限り、記載されている基は置換基を有してもよく無置換であってもよい。また、置換基を有する基について「炭素数」とは、特記しない限り、置換基の炭素数を含まない炭素数を意味するものとする。本発明および本明細書において、置換基としては、例えば、アルキル基（例えば炭素数1～6のアルキル基）、ヒドロキシ基、アルコキシ基（例えば炭素数1～6のアルコキシ基）、ハロゲン原子（例えばフッ素原子、塩素原子、臭素原子等）、シアノ基、アミノ基、ニトロ基、アシル基、カルボキシ基、カルボキシ基の塩、スルホン酸基、スルホン酸基の塩等を挙げることができる。

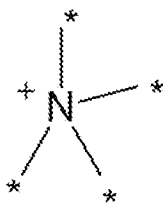
[0081] 式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物は、磁性層に含まれる少なくとも一部が磁性層表面で液膜を形成することができ、一部が磁性層内部に含まれ磁気ヘッドとの摺動時等に磁性層表面に移動して液膜を形成することもできる。また、一部は後述する非磁性層に含まれることができ、磁性層に移動し更に磁性層表面に移動して液膜を形成することもできる。なお、「アルキルエステルアニオン」は、「アルキルカルボキシラートアニオン」と呼ぶこともできる。

[0082] 式1中、Rは、炭素数7以上のアルキル基または炭素数7以上のフッ化アルキル基を表す。フッ化アルキル基は、アルキル基を構成する水素原子の一

部または全部がフッ素原子により置換された構造を有する。Rで表されるアルキル基またはフッ化アルキル基は、直鎖構造であってもよく、分岐を有する構造であってもよく、環状のアルキル基またはフッ化アルキル基でもよく、直鎖構造であることが好ましい。Rで表されるアルキル基またはフッ化アルキル基は、置換基を有していてもよく、無置換であってもよく、無置換であることが好ましい。Rで表されるアルキル基は、例えば $C_n H_{2n+1}-$ で表すことができる。ここでnは7以上の整数を表す。また、Rで表されるフッ化アルキル基は、例えば $C_n H_{2n+1}-$ で表されるアルキル基を構成する水素原子の一部または全部がフッ素原子により置換された構造を有することができる。Rで表されるアルキル基またはフッ化アルキル基の炭素数は、7以上であり、8以上であることが好ましく、9以上であることがより好ましく、10以上であることが更に好ましく、11以上であることが一層好ましく、12以上であることがより一層好ましく、13以上であることが更に一層好ましい。また、Rで表されるアルキル基またはフッ化アルキル基の炭素数は、20以下であることが好ましく、19以下であることがより好ましく、18以下であることが更に好ましい。

[0083] 式1中、 Z^+ はアンモニウムカチオンを表す。アンモニウムカチオンは、詳しくは、以下の構造を有する。本発明および本明細書において、化合物の一部を表す式中の「*」は、その一部の構造と隣接する原子との結合位置を表す。

[0084] [化3]



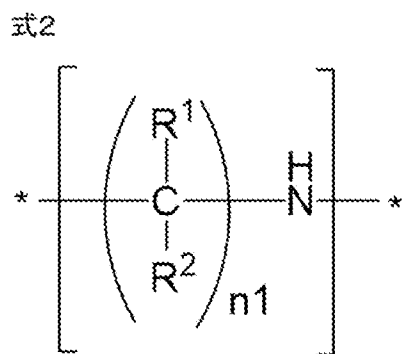
[0085] アンモニウムカチオンの窒素カチオン N^+ と式1中の酸素アニオン O^- とが塩架橋基を形成して式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造が形成され得る。式1で表されるアルキルエステルアニオンのアン

モニウム塩構造を有する化合物が磁性層に含まれることは、磁気テープについてX線光電子分光法（ESCA: Electron Spectroscopy for Chemical Analysis）、赤外分光法（IR: infrared spectroscopy）等により分析を行うことによって確認できる。

[0086] 一形態では、 Z^+ で表されるアンモニウムカチオンは、例えば、含窒素ポリマーの窒素原子がカチオンとなることによってもたらされ得る。含窒素ポリマーとは、窒素原子を含むポリマーを意味する。本発明および本明細書において、「ポリマー」および「重合体」との語は、ホモポリマーとコポリマーとを包含する意味で用いられる。窒素原子は、一形態ではポリマーの主鎖を構成する原子として含まれることができ、また一形態ではポリマーの側鎖を構成する原子として含まれることができる。

[0087] 含窒素ポリマーの一形態としては、ポリアルキレンイミンを挙げることができる。ポリアルキレンイミンは、アルキレンイミンの開環重合体であって、下記式2で表される繰り返し単位を複数有するポリマーである。

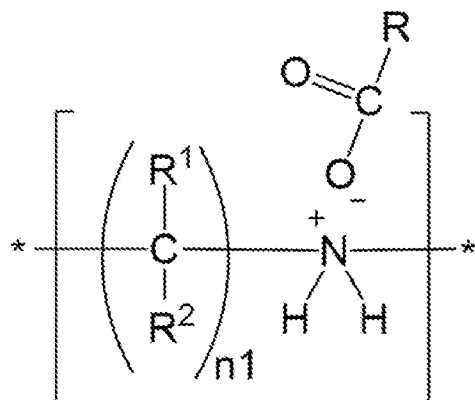
[0088] [化4]



[0089] 式2中の主鎖を構成する窒素原子Nが窒素カチオン N^+ となって式1中の Z^+ で表されるアンモニウムカチオンがもたらされ得る。そしてアルキルエステルアニオンと、例えば以下のようにアンモニウム塩構造を形成し得る。

[0090]

[化5]



[0091] 以下、式2について更に詳細に説明する。

[0092] 式2中、 R^1 および R^2 は、それぞれ独立に水素原子またはアルキル基を表し、 $n1$ は2以上の整数を表す。

[0093] R^1 または R^2 で表されるアルキル基としては、例えば、炭素数1～6のアルキル基を挙げることができ、好ましくは炭素数1～3のアルキル基であり、より好ましくはメチル基またはエチル基であり、更に好ましくはメチル基である。 R^1 または R^2 で表されるアルキル基は、好ましくは無置換アルキル基である。式2中の R^1 および R^2 の組み合わせとしては、一方が水素原子であって他方がアルキル基である形態、両方が水素原子である形態および両方がアルキル基（同一または異なるアルキル基）である形態があり、好ましくは両方が水素原子である形態である。ポリアルキレンイミンをもたらすアルキレンイミンとして、環を構成する炭素数が最少の構造はエチレンイミンであり、エチレンイミンの開環により得られたアルキレンイミン（エチレンイミン）の主鎖の炭素数は2である。したがって、式2中の $n1$ は2以上である。式2中の $n1$ は、例えば10以下、8以下、6以下または4以下であることができる。ポリアルキレンイミンは、式2で表される繰り返し構造として同一構造のみを含むホモポリマーであってもよく、式2で表される繰り返し構造として2種以上の異なる構造を含むコポリマーであってもよい。式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物を形成するために使用可能なポリアルキレンイミンの数平均分子量は、例え

ば200以上であることができ、300以上であることが好ましく、400以上であることがより好ましい。また、上記ポリアルキレンイミンの数平均分子量は、例えば10,000以下であることができ、5,000以下であることが好ましく、2,000以下であることがより好ましい。

[0094] 本発明および本明細書において、平均分子量（重量平均分子量および数平均分子量）とは、ゲル浸透クロマトグラフィー（GPC：Gel Permeation Chromatography）により測定され、標準ポリスチレン換算により求められる値をいうものとする。後述の実施例に示す平均分子量は、特記しない限り、GPCを用いて下記測定条件により測定された値を標準ポリスチレン換算して求めた値（ポリスチレン換算値）である。

GPC装置：HLC-8220（東ソー社製）

ガードカラム：TSK guard column Super HZM-H

カラム：TSK gel Super HZ 2000、TSK gel Super HZ 4000、TSK gel Super HZ-M（東ソー社製、4.6mm（内径）×15.0cm、3種カラムを直列連結）

溶離液：テトラヒドロフラン（THF）、安定剤（2,6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール）含有

溶離液流速：0.35mL／分

カラム温度：40℃

インレット温度：40℃

屈折率（RI：Refractive Index）測定温度：40℃

サンプル濃度：0.3質量%

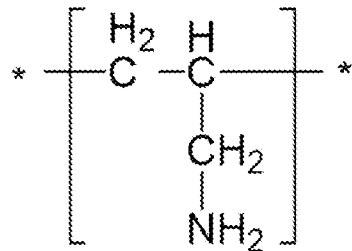
サンプル注入量：10μL

[0095] また、含窒素ポリマーの他の一形態としては、ポリアリルアミンを挙げることができる。ポリアリルアミンは、アリルアミンの重合体であって、下記式3で表される繰り返し単位を複数有するポリマーである。

[0096]

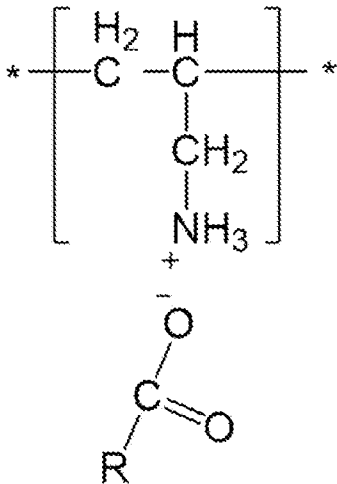
[化6]

式3



[0097] 式3中の側鎖のアミノ基を構成する窒素原子Nが窒素カチオンN⁺となって式1中のZ⁺で表されるアンモニウムカチオンがもたらされ得る。そしてアルキルエステルアニオンと、例えば以下のようにアンモニウム塩構造を形成し得る。

[0098] [化7]



[0099] 式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物を形成するために使用可能なポリアリルアミンの重量平均分子量は、例えば200以上であることができ、1,000以上であることが好ましく、1,500以上であることがより好ましい。また、上記ポリアリルアミンの重量平均分子量は、例えば15,000以下であることができ、10,000以下であることが好ましく、8,000以下であることがより好ましい。

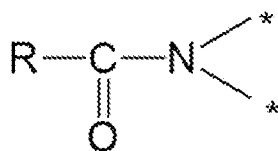
[0100] 式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する

化合物として、ポリアルキレンイミンまたはポリアリルアミン由来の構造を有する化合物が含まれることは、磁性層表面を飛行時間型二次イオン質量分析法（TOF-SIMS: Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry）等により分析することによって確認できる。

[0101] 式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物は、含窒素ポリマーと炭素数7以上の脂肪酸および炭素数7以上のフッ化脂肪酸からなる群から選ばれる脂肪酸類の1種以上との塩であることができる。塩を形成する含窒素ポリマーは、1種または2種以上の含窒素ポリマーであることができ、例えばポリアルキレンイミンおよびポリアリルアミンからなる群から選択される含窒素ポリマーであることができる。塩を形成する脂肪酸類は、炭素数7以上の脂肪酸および炭素数7以上のフッ化脂肪酸からなる群から選ばれる脂肪酸類の1種または2種以上であることができる。フッ化脂肪酸は、脂肪酸においてカルボキシ基COOHと結合しているアルキル基を構成する水素原子の一部または全部がフッ素原子に置換された構造を有する。例えば、含窒素ポリマーと上記脂肪酸類とを室温で混合することによって、塩形成反応は容易に進行し得る。室温とは、例えば20～25℃程度である。一形態では、磁性層形成用組成物の成分として含窒素ポリマーの1種以上と脂肪酸類の1種以上を使用し、磁性層形成用組成物の調製工程においてこれらを混合することによって、塩形成反応を進行させることができる。また、一形態では、磁性層形成用組成物の調製前に、含窒素ポリマーの1種以上と脂肪酸類の1種以上とを混合して塩を形成した後に、この塩を磁性層形成用組成物の成分として使用して磁性層形成用組成物を調製することができる。この点は、式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物を含む非磁性層を形成する場合にも当てはまる。例えば、磁性層に関しては、強磁性粉末100.0質量部あたり0.1～10.0質量部の含窒素ポリマーを使用することができ、0.5～8.0質量部の含窒素ポリマーを使用することが好ましい。上記脂肪酸類は、強

磁性粉末 100.0 質量部あたり、例えば 0.05～10.0 質量部使用することができ、0.1～5.0 質量部使用することが好ましい。また、非磁性層に関しては、非磁性粉末 100.0 質量部あたり 0.1～10.0 質量部の含窒素ポリマーを使用することができ、0.5～8.0 質量部の含窒素ポリマーを使用することが好ましい。上記脂肪酸類は、非磁性粉末 100.0 質量部あたり、例えば 0.05～10.0 質量部使用することができ、0.1～5.0 質量部使用することが好ましい。なお、含窒素ポリマーと上記脂肪酸類とを混合して式 1 で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩を形成する際、併せて含窒素ポリマーを構成する窒素原子と上記脂肪酸類のカルボキシ基とが反応して下記構造が形成される場合もあり、そのような構造を含む形態も上記化合物に包含される。

[0102] [化8]



[0103] 上記脂肪酸類としては、先に式 1 中の R として記載したアルキル基を有する脂肪酸および先に式 1 中の R として記載したフッ化アルキル基を有するフッ化脂肪酸を挙げることができる。

[0104] 式 1 で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物を形成するために使用する含窒素ポリマーと上記脂肪酸類との混合比は、含窒素ポリマー：上記脂肪酸類の質量比として、10：90～90：10 であることが好ましく、20：80～85：15 であることがより好ましく、30：70～80：20 であることが更に好ましい。また、式 1 で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を有する化合物は、磁性層に強磁性粉末 100.0 質量部に対して 0.01 質量部以上含まれることが好ましく、0.1 質量部以上含まれることがより好ましく、0.5 質量部以上含まれることが更に好ましい。ここで磁性層における上記化合物の含有量とは、磁性層表面に液膜を形成している量と磁性層内部に含まれる量と

の合計量をいうものとする。一方、磁性層の強磁性粉末の含有量が多いことは高密度記録化の観点から好ましい。したがって、高密度記録化の観点からは強磁性粉末以外の成分の含有量が少ないことは好ましい。この観点から、磁性層の上記化合物の含有量は、強磁性粉末 100.0 質量部に対して 15.0 質量部以下であることが好ましく、10.0 質量部以下であることがより好ましく、8.0 質量部以下であることが更に好ましい。また、磁性層を形成するために使用される磁性層形成用組成物の上記化合物の含有量の好ましい範囲も同様である。

[0105] 潤滑剤としては、例えば境界潤滑剤として機能し得る脂肪酸アミドを使用することができる。境界潤滑剤は、粉末（例えば強磁性粉末）の表面に吸着し強固な潤滑膜を形成することで接触摩擦を下げることで潤滑剤と考えられている。脂肪酸アミドとしては、例えば、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、ベヘン酸、エルカ酸、エライジン酸等の各種脂肪酸のアミド、具体的にはラウリン酸アミド、ミリスチン酸アミド、パルミチン酸アミド、ステアリン酸アミド等を挙げることができる。磁性層の脂肪酸アミド含有量は、強磁性粉末 100.0 質量部あたり、例えば 0～3.0 質量部であり、好ましくは 0～2.0 質量部であり、より好ましくは 0～1.0 質量部である。また、非磁性層にも脂肪酸アミドが含まれていてもよい。非磁性層の脂肪酸アミド含有量は、非磁性粉末 100.0 質量部あたり、例えば 0～3.0 質量部であり、好ましくは 0～1.0 質量部である。分散剤については、特開 2012-133837 号公報の段落 0061 および 0071 を参照できる。分散剤を非磁性層形成用組成物に添加してもよい。非磁性層形成用組成物に添加し得る分散剤については、特開 2012-133837 号公報の段落 0061 を参照できる。

[0106] 異なるヘッド傾き角度で磁気テープへのデータの記録および／または記録されたデータの再生を行う際に電磁変換特性の低下を抑制することに関して、本発明者は、以下のように考えている、

ヘッド傾き角度が異なると、先に記載したように、磁気テープヘッドとの接触に起因する磁気テープヘッドの摩耗の程度が記録および／または再生中に大きく異なってしまう（摩耗の程度に大きなばらつきが生じてしまう）と推察される。この摩耗の程度に大きなばらつきが生じることが、電磁変換特性の低下の要因と考えられる。

ところで、摩耗には、研磨剤のサイズ、含有量、磁気ヘッドに対する剪断応力（摩擦特性に影響し得る）、垂直抗力等が影響すると考えられる。ヘッド傾き角度の値が大きくなると垂直抗力が増す傾向があるため、磁気ヘッドへの研磨剤の食い込みが深くなり、摩擦が高くなり、摩耗が増加すると考えられる。これに対し、例えば液体潤滑剤として機能し得ると考えられる上記化合物を磁性層の成分として使用することは、磁性層表面の潤滑性（滑り性）を高めることにつながり、ヘッド傾き角度の違いによって磁気ヘッドの摩耗の程度に大きなばらつきが生じることを抑制することに寄与し得ると考えられる。また、研磨剤については、磁性層に含まれる研磨剤量が多いほど、ヘッド傾き角度が大きい場合に磁気ヘッドの摩耗がより生じ易くなると推察される。ヘッド傾き角度が小さい場合には、サイズが異なる複数の研磨剤を磁性層の成分として使用する場合、サイズがより大きい研磨剤が、磁気ヘッドの摩耗をより引き起こし易いと推察される。

以上の点に関して、本発明者は、例えば、磁性層形成のために潤滑剤として使用する成分として上記化合物を使用すること、使用する研磨剤の組み合わせ、および／または、研磨剤の含有量の調整は、 $A | F e S i |$ 摩耗値_{4.5°} および $A | F e S i |$ 摩耗値の標準偏差の値を制御することに寄与し得ると考えている。そして、 $A | F e S i |$ 摩耗値_{4.5°} および $A | F e S i |$ 摩耗値の標準偏差の値を、いずれも先に記載した範囲に制御することが、異なるヘッド傾き角度で磁気テープへのデータの記録および／または記録されたデータの再生を行う際に電磁変換特性の低下を抑制することにつながると推察される。

[0107] <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、無機物質の粉末（無機粉末）でも有機物質の粉末（有機粉末）でもよい。また、カーボンプ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、金属硫化物等が挙げられる。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号公報の段落0146～0150を参照できる。非磁性層に使用可能なカーボンプラックについては、特開2010-24113号公報の段落0040～0041も参照できる。非磁性層における非磁性粉末の含有率（充填率）は、非磁性層の総質量に対して、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。

[0108] 非磁性層は、結合剤を含むことができ、添加剤を含むこともできる。非磁性層の結合剤、添加剤等のその他詳細については、非磁性層に関する公知技術を適用できる。また、例えば、結合剤の種類および含有量、添加剤の種類および含有量等に関しては、磁性層に関する公知技術も適用できる。

[0109] 上記磁気テープの非磁性層には、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。

[0110] <非磁性支持体>

次に、非磁性支持体について説明する。

上記磁気テープは、非磁性支持体（以下、単に「支持体」とも記載する。）として、幅方向のヤング率が10000MPa（メガパスカル）以上のポ

リエチレンナフタレート支持体を含む。

[0111] ポリエチレンナフタレート（PEN）は、ナフタレン環および複数のエステル結合を含む樹脂（即ちナフタレン環を含むポリエステル）であって、2, 6-ナフタレンジカルボン酸ジメチルとエチレングリコールとのエステル化反応を行い、その後にエステル交換反応および重縮合反応を行って得ることができる樹脂である。本発明および本明細書における「ポリエチレンナフタレート」には、上記成分に加えて1種以上の他の成分（例えば、共重合成分、末端または側鎖に導入される成分等）を有する構造のものも包含される。本発明および本明細書において、「ポリエチレンナフタレート支持体」とは、少なくとも1層のポリエチレンナフタレートフィルムを含む支持体を意味する。「ポリエチレンナフタレートフィルム」とは、このフィルムを構成する成分の中で質量基準で最も多くを占める成分がポリエチレンナフタレートであるフィルムをいうものとする。本発明および本明細書における「ポリエチレンナフタレート支持体」には、この支持体に含まれる樹脂フィルムがすべてポリエチレンナフタレートフィルムであるものと、ポリエチレンナフタレートフィルムと他の樹脂フィルムとを含むものが包含される。ポリエチレンナフタレート支持体の具体的形態としては、単層のポリエチレンナフタレートフィルム、構成成分が同じ2層以上のポリエチレンナフタレートフィルムの積層フィルム、構成成分が異なる2層以上のポリエチレンナフタレートフィルムの積層フィルム、1層以上のポリエチレンナフタレートフィルムおよび1層以上のポリエチレンナフタレートフィルム以外の樹脂フィルムを含む積層フィルム等を挙げることができる。積層フィルムにおいて隣り合う2層の間に接着層等が任意に含まれていてもよい。また、ポリエチレンナフタレート支持体には、一方または両方の表面に蒸着等によって形成された金属膜および／または金属酸化物膜が任意に含まれていてもよい。

[0112] また、非磁性支持体は、二軸延伸フィルムであることができ、コロナ放電、プラズマ処理、易接着処理、熱処理等が施されたフィルムであってもよい。

[0113] 本発明および本明細書において、非磁性支持体のヤング率は、温度 23℃ 相対湿度 50% の測定環境において、以下の方法によって測定される値である。後掲の表に示されているヤング率は、万能引張試験装置として東洋ボールドウィン社製テンシロンを使用して以下の方法によって求めた値である。

測定対象の非磁性支持体から切り出した試料片を、チャック間距離 100 mm、引張速度 10 mm/分およびチャート速度 500 mm/分の条件で、万能引張試験装置にて引っ張る。万能引張試験装置としては、例えば、東洋ボールドウィン社製テンシロン等の市販の万能引張試験装置または公知の構成の万能引張試験装置を使用することができる。こうして得られた荷重-伸び曲線の立ち上がり部の接線より、上記試料片の長手方向および幅方向のヤング率をそれぞれ算出する。ここで試料片の長手方向および幅方向とは、この試料片が磁気テープに含まれていたときの長手方向および幅方向を意味する。

例えば、磁気テープから磁性層等の非磁性支持体以外の部分を公知の方法（例えば有機溶媒を使用した脱膜等）によって除去した後、上記方法によって非磁性支持体の長手方向および幅方向のヤング率を求めることもできる。

[0114] 上記ポリエチレンナフタレート支持体の幅方向のヤング率は、10000 MPa 以上である。このことが、磁気テープ走行中にヘッド傾き角度を変化させてデータの記録および/または再生を行う際、良好に記録および/または再生を行うことが、上記磁気テープによって可能になる理由と本発明者は考えている。上記ポリエチレンナフタレート支持体の幅方向のヤング率は、例えば 11000 MPa 以上であることもできる。また上記ポリエチレンナフタレート支持体の幅方向のヤング率は、例えば、20000 MPa 以下、18000 MPa 以下、16000 MPa 以下もしくは 14000 MPa 以下であってもよく、ここに例示した値を上回ってもよい。

[0115] 上記ポリエチレンナフタレート支持体は、幅方向のヤング率が 10000 MPa 以上であればよく、長手方向のヤング率は特に限定されるものではない。一形態では、上記ポリエチレンナフタレート支持体の長手方向のヤング

率は、2500MPa以上であることが好ましく、3000MPa以上であることがより好ましい。また、上記ポリエチレンナフタレート支持体の長手方向のヤング率は、例えば、10000MPa以下、9000MPa以下、8000MPa以下、7000MPa以下または6000MPa以下であることができる。磁気テープの製造時、非磁性支持体は、通常、フィルムのMD方向(Machine direction)を長手方向、TD方向(Transverse direction)を幅方向として使用される。非磁性支持体の長手方向のヤング率と幅方向のヤング率は、一形態では同じ値であることができ、他の一形態では異なる値であることができる。一形態では、上記ポリエチレンナフタレート支持体の幅方向のヤング率は、長手方向のヤング率より大きな値であることができる。非磁性支持体のヤング率は、支持体を構成する成分の種類および混合比、支持体の製造条件等によって制御することができる。例えば、二軸延伸処理において各方向での延伸倍率を調整することによって、長手方向におけるヤング率と幅方向におけるヤング率をそれぞれ制御することができる。

[0116] <バックコート層>

上記テープは、非磁性支持体の磁性層を有する表面側とは反対の表面側に、非磁性粉末を含むバックコート層を有することもでき、有さないこともできる。バックコート層には、カーボンブラックおよび無機粉末の一方または両方が含有されていることが好ましい。バックコート層は、結合剤を含むことができ、添加剤を含むこともできる。バックコート層の非磁性粉末、結合剤、添加剤等の詳細については、バックコート層に関する公知技術を適用することができる。磁性層および／または非磁性層に関する公知技術を適用することもできる。例えば、特開2006-331625号公報の段落0018～0020および米国特許第7,029,774号明細書の第4欄65行目～第5欄38行目の記載を、バックコート層について参照できる。

[0117] <各種厚み>

磁気テープの厚み(総厚)に関して、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。高容量化のための手段としては、磁気テープの厚みを薄くし、磁気テープカートリッジ1巻あたりに収容される磁気テープ長を増すことが挙げられる。この点から、上記磁気テープの厚み（総厚）は、 $5.6\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $5.5\ \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $5.4\ \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $5.3\ \mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましく、 $5.2\ \mu\text{m}$ 以下であることが一層好ましい。また、ハンドリングの容易性の観点からは、磁気テープの厚みは $3.0\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $3.5\ \mu\text{m}$ 以上であることがより好ましい。

[0118] 磁気テープの厚み（総厚）は、以下の方法によって測定することができる。

磁気テープの任意の部分からテープサンプル（例えば長さ $5\sim 10\ \text{cm}$ ）を10枚切り出し、これらテープサンプルを重ねて厚みを測定する。測定された厚みを10分の1して得られた値（テープサンプル1枚当たりの厚み）を、テープ厚みとする。上記厚み測定は、 $0.1\ \mu\text{m}$ オーダーでの厚み測定が可能な公知の測定器を用いて行うことができる。

[0119] 非磁性支持体の厚みは、例えば $3.0\ \mu\text{m}$ 以上であることができ、また、例えば $5.0\ \mu\text{m}$ 以下、 $4.8\ \mu\text{m}$ 以下、 $4.6\ \mu\text{m}$ 以下、 $4.4\ \mu\text{m}$ 以下もしくは $4.2\ \mu\text{m}$ 以下であることができる。

磁性層の厚みは、用いる磁気ヘッドの飽和磁化量、ヘッドギャップ長、記録信号の帯域等に応じて最適化することができ、一般には $0.01\ \mu\text{m}\sim 0.15\ \mu\text{m}$ であり、高密度記録化の観点から、好ましくは $0.02\ \mu\text{m}\sim 0.12\ \mu\text{m}$ であり、更に好ましくは $0.03\ \mu\text{m}\sim 0.1\ \mu\text{m}$ 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二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。二層以上に分離する場合の磁性層の厚みとは、これらの層の合計厚みとする。

非磁性層の厚みは、例えば $0.1\sim 1.5\ \mu\text{m}$ であり、 $0.1\sim 1.0\ \mu\text{m}$ であることが好ましい。

バックコート層の厚みは、 $0.9\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.1\sim 0.7\ \mu\text{m}$ であることが更に好ましい。

磁性層の厚み等の各種厚みは、以下の方法により求めることができる。

磁気テープの厚み方向の断面を、イオンビーム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または透過型電子顕微鏡による断面観察を行う。断面観察において任意の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、各種厚みは、製造条件等から算出される設計厚みとして求めることもできる。

[0120] <製造方法>

(各層形成用組成物の調製)

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、塗布型磁気記録媒体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。中でも、塗布型磁気記録媒体に通常使用される結合剤の溶解性の観点からは、各層形成用組成物には、アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、ジイソブチルケトン、シクロヘキサノン、イソホロン、テトラヒドロフラン等のケトン溶媒の1種以上が含まれることが好ましい。各層形成用組成物における溶媒量は特に限定されるものではなく、通常の塗布型磁気記録媒体の各層形成用組成物と同様にすることができる。また、各層形成用組成物を調製する工程は、通常、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な応じて設けた混合工程を含むことができる。個々の工程はそれぞれ2段階以上に分かれていてもかまわない。各層形成用組成物の調製に用いられる成分は、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、個々の成分を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、結合剤を混練工程、分散工程、および分散後の粘度調整のための混合工程で分割して投入してもよい。また、先に記載したように、磁性層形成用組成物の成分として、含窒素ポリマーの1種以上と上記脂肪酸類の1種以上とを使用し、磁性層形成用組成物の調製工程においてこれらを

混合することによって、塩形成反応を進行させることができる。また、一形態では、磁性層形成用組成物の調製前に、含窒素ポリマーの1種以上と脂肪酸類の1種以上とを混合して塩を形成した後に、この塩を磁性層形成用組成物の成分として使用して磁性層形成用組成物を調製することができる。この点は、非磁性層形成用組成物の調製工程についても当てはまる。研磨剤液は、強磁性粉末および突起形成剤とは別分散して調製することが好ましい。研磨剤液は、好ましくは、強磁性粉末および突起形成剤とは別に、研磨剤と溶媒と好ましくは結合剤とを含む研磨剤液の1種または2種以上として準備して、磁性層形成用組成物の調製に使用することができる。研磨剤液の調製のために、分散処理および／または分級処理を行うことができる。これらの処理には、市販の装置を使用することができる。

[0121] 上記磁気テープの製造工程では、従来の公知の製造技術を一部または全部の工程において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、エクストルーダ等の強い混練力をもつニーダ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号公報および特開平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ために、ガラスビーズおよび／またはその他の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、およびスチールビーズが好適である。これら分散ビーズは、粒径（ビーズ径）と充填率を最適化して用いることが好ましい。分散機は公知のものを使用することができる。各層形成用組成物を、塗布工程に付す前に公知の方法によってろ過してもよい。ろ過は、例えばフィルタろ過によって行うことができる。ろ過に用いるフィルタとしては、例えば孔径0.01～3 μm のフィルタ（例えばガラス繊維製フィルタ、ポリプロピレン製フィルタ等）を用いることができる。

[0122] 磁性層形成用組成物の分散処理に関しては、一形態では、強磁性粉末の分散処理を二段階の分散処理により行い、第一の段階の分散処理により強磁性粉末の粗大な凝集物を解砕した後、分散ビーズとの衝突によって強磁性粉末

の粒子に加わる衝突エネルギーが第一の分散処理より小さな第二の段階の分散処理を行うことができる。かかる分散処理によれば、強磁性粉末の分散性向上とチップング（粒子が一部欠けること）の発生の抑制とを両立することができると考えられる。

[0123] 上記の二段階の分散処理の一例としては、強磁性粉末、結合剤および溶媒を、第一の分散ビーズの存在下で分散処理することにより分散液を得る第一の段階と、第一の段階で得られた分散液を、第一の分散ビーズよりビーズ径および密度が小さい第二の分散ビーズの存在下で分散処理する第二の段階と、を含む分散処理を挙げることができる。以下に、上記の分散処理について、更に説明する。

[0124] 強磁性粉末の分散性を高めるためには、上記の第一の段階および第二の段階は、強磁性粉末を他の粉末成分と混合する前の分散処理として行うことが好ましい。例えば、研磨剤および突起形成剤と混合する前に、強磁性粉末、結合剤、溶媒および任意に添加される添加剤を含む液（磁性液）の分散処理として、上記の第一の段階および第二の段階を行うことが好ましい。

[0125] 第二の分散ビーズのビーズ径は、好ましくは、第一の分散ビーズのビーズ径の $1/100$ 以下であり、より好ましくは $1/500$ 以下である。また、第二の分散ビーズのビーズ径は、例えば第一の分散ビーズのビーズ径の $1/10000$ 以上であることができる。ただし、この範囲に限定されるものではない。例えば、第二の分散ビーズのビーズ径は、 $80 \sim 1000 \text{ nm}$ の範囲であることが好ましい。一方、第一の分散ビーズのビーズ径は、例えば $0.2 \sim 1.0 \text{ mm}$ の範囲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ビーズ径は、先に記載した粉末の平均粒子サイズの測定方法と同様の方法で測定される値とする。

[0126] 上記の第二の段階は、質量基準で、第二の分散ビーズが、強磁性六方晶フェライト粉末の 10 倍以上の量で存在する条件下で行うことが好ましく、 10 倍～ 30 倍の量で存在する条件下で行うことがより好ましい。

一方、第一の段階における第一の分散ビーズ量も、上記範囲とすることが

好ましい。

[0127] 第二の分散ビーズは、第一の分散ビーズより密度が小さいビーズである。

「密度」は、分散ビーズの質量（単位：g）を体積（単位： cm^3 ）で除して求められる。測定は、アルキメデス法によって行われる。第二の分散ビーズの密度は、好ましくは $3.7 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以下であり、より好ましくは $3.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以下である。第二の分散ビーズの密度は、例えば $2.0 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上であってもよく、 $2.0 \text{ g} / \text{cm}^3$ を下回ってもよい。密度の点から好ましい第二の分散ビーズとしては、ダイヤモンドビーズ、炭化ケイ素ビーズ、窒化ケイ素ビーズ等を挙げることができ、密度および硬度の点で好ましい第二の分散ビーズとしては、ダイヤモンドビーズを挙げることができる。

一方、第一の分散ビーズとしては、密度が $3.7 \text{ g} / \text{cm}^3$ 超の分散ビーズが好ましく、密度が $3.8 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上の分散ビーズがより好ましく、 $4.0 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上の分散ビーズが更に好ましい。第一の分散ビーズの密度は、例えば $7.0 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以下であってもよく、 $7.0 \text{ g} / \text{cm}^3$ 超でもよい。第一の分散ビーズとしては、ジルコニアビーズ、アルミナビーズ等を用いることが好ましく、ジルコニアビーズを用いることがより好ましい。

[0128] 分散時間は特に限定されるものではなく、用いる分散機の種類等に応じて設定すればよい。

[0129] （塗布工程）

磁性層は、磁性層形成用組成物を、非磁性支持体表面上に直接塗布するか、または非磁性層形成用組成物と逐次もしくは同時に重層塗布することにより形成することができる。バックコート層は、バックコート層形成用組成物を、非磁性支持体の非磁性層および／または磁性層を有する（または非磁性層および／または磁性層が追って設けられる）表面とは反対側の表面に塗布することにより形成することができる。各層形成のための塗布の詳細については、特開2010-231843号公報の段落0066を参照できる。

[0130] （その他の工程）

磁気テープの製造のためのその他の各種工程については、公知技術を適用

できる。各種工程については、例えば特開 2010-231843 号公報の段落 0067～0070 を参照できる。例えば、磁性層形成用組成物の塗布層には、この塗布層が湿潤状態にあるうちに、配向ゾーンにおいて配向処理を行うことができる。配向処理については、特開 2010-24113 号公報の段落 0052 の記載をはじめとする各種公知技術を適用することができる。例えば、垂直配向処理は、異極対向磁石を用いる方法等の公知の方法によって行うことができる。配向ゾーンでは、乾燥風の温度、風量および／または配向ゾーンにおける搬送速度によって塗布層の乾燥速度を制御することができる。また、配向ゾーンに搬送する前に塗布層を予備乾燥させてもよい。一例として、垂直配向処理における磁場強度は、0.1～1.5 T とすることができる。

各種工程を経ることによって、長尺状の磁気テープ原反を得ることができる。得られた磁気テープ原反は、公知の裁断機によって、例えば、磁気テープカートリッジに収容すべき磁気テープの幅に裁断（スリット）される。上記の幅は規格にしたがい決定でき、通常、1/2 インチである。1 インチ＝2.54 cm である。

スリットして得られた磁気テープには、通常、サーボパターンが形成される。

[0131] （熱処理）

一形態では、上記磁気テープは、以下のような熱処理を経て製造された磁気テープであることができる。また、他の一形態では、以下のような熱処理を経ずに製造された磁気テープであることができる。

[0132] 熱処理は、スリットして規格にしたがい決定された幅に裁断された磁気テープを芯状部材に巻き付けた状態で行うことができる。

[0133] 一形態では、熱処理用の芯状部材（以下、「熱処理用巻芯」と呼ぶ。）に磁気テープを巻き付けた状態で上記熱処理を行い、熱処理後の磁気テープを磁気テープカートリッジのカートリッジリールに巻き取り、磁気テープがカートリッジリールに巻装された磁気テープカートリッジを作製することができる。

きる。

熱処理用巻芯は、金属製、樹脂製、紙製等であることができる。熱処理用巻芯の材料は、スポーキング等の巻き故障の発生を抑制する観点から、剛性が高い材料であることが好ましい。この点から、熱処理用巻芯は、金属製または樹脂製であることが好ましい。また、剛性の指標として、熱処理用巻芯の材料の曲げ弾性率は 0.2 GPa （ギガパスカル）以上が好ましく、 0.3 GPa 以上がより好ましい。他方、高剛性の材料は一般に高価であるため、巻き故障の発生を抑制できる剛性を超える剛性を有する材料の熱処理用巻芯を用いることはコスト増につながる。以上の点を考慮すると、熱処理用巻芯の材料の曲げ弾性率は 250 GPa 以下が好ましい。曲げ弾性率は、ISO (International Organization for Standardization) 178にしたがい測定される値であり、各種材料の曲げ弾性率は公知である。また、熱処理用巻芯は中実または中空の芯状部材であることができる。中空状の場合、剛性を維持する観点から、肉厚は 2 mm 以上であることが好ましい。また、熱処理用巻芯は、フランジを有していてもよく、有さなくてもよい。

熱処理用巻芯に巻き付ける磁気テープとして最終的に磁気テープカートリッジに収容する長さ（以下、「最終製品長」と呼ぶ。）以上の磁気テープを準備し、この磁気テープを熱処理用巻芯に巻き付けた状態で熱処理環境下に置くことにより熱処理を行うことが好ましい。熱処理用巻芯に巻き付ける磁気テープ長は最終製品長以上であり、熱処理用巻芯等への巻き取りの容易性の観点からは、「最終製品長 $+\alpha$ 」とすることが好ましい。この α は、上記の巻き取りの容易性の観点からは 5 m 以上であることが好ましい。熱処理用巻芯への巻き取り時のテンションは、 0.1 N （ニュートン）以上が好ましい。また、製造時に過度な変形が発生することを抑制する観点から、熱処理用巻芯への巻き取り時のテンションは 1.5 N 以下が好ましく、 1.0 N 以下がより好ましい。熱処理用巻芯の外径は、巻き付けの容易性およびコイルング（長手方向のカール）の抑制の観点から、 20 mm 以上が好ましく、 4

0 mm以上がより好ましい。また、熱処理用巻芯の外径は100 mm以下が好ましく、90 mm以下がより好ましい。熱処理用巻芯の幅は、この巻芯に巻き付ける磁気テープの幅以上であればよい。また、熱処理後、熱処理用巻芯から磁気テープを取り外す際には、取り外す操作中に意図しないテープ変形が生じることを抑制するために、磁気テープおよび熱処理用巻芯が十分冷却された後に磁気テープを熱処理用巻芯から取り外すことが好ましい。取り外した磁気テープは、一度別の巻芯（「一時巻き取り用巻芯」と呼ぶ。）に巻き取り、その後、一時巻き取り用巻芯から磁気テープカートリッジのカートリッジリール（一般に外径は40～50 mm程度）へ磁気テープを巻き取ることが好ましい。これにより、熱処理時の磁気テープの熱処理用巻芯に対する内側と外側との関係を維持して、磁気テープカートリッジのカートリッジリールへ磁気テープを巻き取ることができる。一時巻き取り用巻芯の詳細およびこの巻芯へ磁気テープを巻き取る際のテンションについては、熱処理用巻芯に関する先の記載を参照できる。上記熱処理を「最終製品長+ α 」の長さの磁気テープに施す形態においては、任意の段階で、「+ α 」の長さ分を切り取ればよい。例えば、一形態では、一時巻き取り用巻芯から磁気テープカートリッジのリールへ最終製品長分の磁気テープを巻き取り、残りの「+ α 」の長さ分を切り取ればよい。切り取って廃棄される部分を少なくする観点からは、上記 α は20 m以下であることが好ましい。

[0134] 上記のように芯状部材に巻き付けた状態で行われる熱処理の具体的形態について、以下に説明する。

熱処理を行う雰囲気温度（以下、「熱処理温度」と呼ぶ。）は、40℃以上が好ましく、50℃以上がより好ましい。一方、過度な変形を抑制する観点からは、熱処理温度は75℃以下が好ましく、70℃以下がより好ましく、65℃以下が更に好ましい。

熱処理を行う雰囲気重量絶対湿度は、0.1 g/kg Dry air以上が好ましく、1 g/kg Dry air以上がより好ましい。重量絶対湿度が上記範囲の雰囲気は、水分を低減するための特殊な装置を用いずに

準備できるため好ましい。一方、重量絶対湿度は、結露が生じて作業性が低下することを抑制する観点からは、 70 g/kg Dry air 以下が好ましく、 66 g/kg Dry air 以下がより好ましい。熱処理時間は、 0.3 時間以上が好ましく、 0.5 時間以上がより好ましい。また、熱処理時間は、生産効率の観点からは、 48 時間以下が好ましい。

[0135] 先に記載した湾曲量の標準偏差制御に関して、上記の熱処理温度、熱処理時間、熱処理用巻芯の曲げ弾性率および熱処理用巻芯への巻き取り時のテンションは、いずれも値が大きいほど上記湾曲量の標準偏差の値をより小さくできる傾向がある。

[0136] (サーボパターンの形成)

「サーボパターンの形成」は、「サーボ信号の記録」ということもできる。以下に、サーボパターンの形成について説明する。

[0137] サーボパターンは、通常、磁気テープの長手方向に沿って形成される。サーボ信号を利用する制御（サーボ制御）の方式としては、タイミングベースサーボ（TBS）、アンプリチュードサーボ、周波数サーボ等が挙げられる。

[0138] ECMA (European Computer Manufacturers Association) -319 (June 2001) に示される通り、LTO (Linear Tape-Open) 規格に準拠した磁気テープ（一般に「LTOテープ」と呼ばれる。）では、タイミングベースサーボ方式が採用されている。このタイミングベースサーボ方式において、サーボパターンは、互いに非平行な一対の磁気ストライプ（「サーボストライプ」とも呼ばれる。）が、磁気テープの長手方向に連続的に複数配置されることによって構成されている。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」とは、タイミングベースサーボ方式のサーボシステムにおけるヘッドトラッキングを可能とするサーボパターンをいう。上記のように、サーボパターンが互いに非平行な一対の磁気ストライプにより構成される理由は、サーボパターン上を通過するサーボ信号読み取り素子に

、その通過位置を教えるためである。具体的には、上記の一对の磁気ストライプは、その間隔が磁気テープの幅方向に沿って連続的に変化するように形成されており、サーボ信号読み取り素子はその間隔を読み取ることによって、サーボパターンとサーボ信号読み取り素子との相対位置を知ることができる。この相対位置の情報が、データトラックのトラッキングを可能にする。そのために、サーボパターン上には、通常、磁気テープの幅方向に沿って、複数のサーボトラックが設定されている。

[0139] サーボバンドは、磁気テープの長手方向に連続するサーボパターンにより構成される。このサーボバンドは、通常、磁気テープに複数本設けられる。例えば、LTOテープにおいて、その数は5本である。隣接する2本のサーボバンドに挟まれた領域が、データバンドである。データバンドは、複数のデータトラックで構成されており、各データトラックは、各サーボトラックに対応している。

[0140] また、一形態では、特開2004-318983号公報に示されているように、各サーボバンドには、サーボバンドの番号を示す情報（「サーボバンドID (identification)」または「UDIM (Unique Data Band Identification Method) 情報」とも呼ばれる。) が埋め込まれている。このサーボバンドIDは、サーボバンド中に複数ある一对のサーボストライプのうちの特定のものを、その位置が磁気テープの長手方向に相対的に変位するように、ずらすことによって記録されている。具体的には、複数ある一对のサーボストライプのうちの特定のもののずらし方を、サーボバンド毎に変えている。これにより、記録されたサーボバンドIDはサーボバンド毎にユニークなものとなるため、一つのサーボバンドをサーボ信号読み取り素子で読み取るだけで、そのサーボバンドを一意に (uniquely) 特定することができる。

[0141] なお、サーボバンドを一意に特定する方法には、ECMA-319 (June 2001) に示されているようなスタッガード方式を用いたものもある。このスタッガード方式では、磁気テープの長手方向に連続的に複数配置

された、互いに非平行な一対の磁気ストライプ（サーボストライプ）の群を、サーボバンド毎に磁気テープの長手方向にずらすように記録する。隣接するサーボバンド間における、このずらし方の組み合わせは、磁気テープ全体においてユニークなものとされているため、2つのサーボ信号読み取り素子によりサーボパターンを読み取る際に、サーボバンドを一意に特定することも可能となっている。

[0142] また、各サーボバンドには、ECMA-319（June 2001）に示されている通り、通常、磁気テープの長手方向の位置を示す情報（「LPOS（Longitudinal Position）情報」とも呼ばれる。）も埋め込まれている。このLPOS情報も、UDIM情報と同様に、一対のサーボストライプの位置を、磁気テープの長手方向にずらすことによって記録されている。ただし、UDIM情報とは異なり、このLPOS情報では、各サーボバンドに同じ信号が記録されている。

[0143] 上記のUDIM情報およびLPOS情報とは異なる他の情報を、サーボバンドに埋め込むことも可能である。この場合、埋め込まれる情報は、UDIM情報のようにサーボバンド毎に異なるものであってもよいし、LPOS情報のようにすべてのサーボバンドに共通のものであってもよい。

また、サーボバンドに情報を埋め込む方法としては、上記以外の方法を採用することも可能である。例えば、一対のサーボストライプの群の中から、所定の対を間引くことによって、所定のコードを記録するようにしてもよい。

[0144] サーボパターン形成用ヘッドは、サーボライトヘッドと呼ばれる。サーボライトヘッドは、通常、上記一対の磁気ストライプに対応した一対のギャップを、サーボバンドの数だけ有する。通常、各一対のギャップには、それぞれコアとコイルが接続されており、コイルに電流パルスを供給することによって、コアに発生した磁界が、一対のギャップに漏れ磁界を生じさせることができる。サーボパターンの形成の際には、サーボライトヘッド上に磁気テープを走行させながら電流パルスを入力することによって、一対のギャップ

に対応した磁気パターンを磁気テープに転写させて、サーボパターンを形成することができる。各ギャップの幅は、形成されるサーボパターンの密度に応じて適宜設定することができる。各ギャップの幅は、例えば、 $1\ \mu\text{m}$ 以下、 $1\sim 10\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ 以上等に設定可能である。

[0145] 磁気テープにサーボパターンを形成する前には、磁気テープに対して、通常、消磁（イレース）処理が施される。このイレース処理は、直流磁石または交流磁石を用いて、磁気テープに一様な磁界を加えることによって行うことができる。イレース処理には、DC（Direct Current）イレースとAC（Alternating Current）イレースとがある。ACイレースは、磁気テープに印加する磁界の方向を反転させながら、その磁界の強度を徐々に下げるによって行われる。一方、DCイレースは、磁気テープに一方向の磁界を加えることによって行われる。DCイレースには、更に2つの方法がある。第一の方法は、磁気テープの長手方向に沿って一方向の磁界を加える、水平DCイレースである。第二の方法は、磁気テープの厚み方向に沿って一方向の磁界を加える、垂直DCイレースである。イレース処理は、磁気テープ全体に対して行ってもよいし、磁気テープのサーボバンド毎に行ってもよい。

[0146] 形成されるサーボパターンの磁界の向きは、イレースの向きに応じて決まる。例えば、磁気テープに水平DCイレースが施されている場合、サーボパターンの形成は、磁界の向きがイレースの向きと反対になるように行われる。これにより、サーボパターンが読み取られて得られるサーボ信号の出力を、大きくすることができる。なお、特開2012-53940号公報に示されている通り、垂直DCイレースされた磁気テープに、上記ギャップを用いた磁気パターンの転写を行った場合、形成されたサーボパターンが読み取られて得られるサーボ信号は、単極パルス形状となる。一方、水平DCイレースされた磁気テープに、上記ギャップを用いた磁気パターンの転写を行った場合、形成されたサーボパターンが読み取られて得られるサーボ信号は、双極パルス形状となる。

[0147] <垂直方向角型比>

一形態では、上記磁気テープの垂直方向角型比は、例えば0.55以上であることができ、0.60以上であることが好ましい。上記磁気テープの垂直方向角型比が0.60以上であることは、電磁変換特性向上の観点から好ましい。角型比の上限は、原理上、1.00以下である。上記磁気テープの垂直方向角型比は、1.00以下であることができ、0.95以下、0.90以下、0.85以下または0.80以下であることができる。磁気テープの垂直方向角型比の値が大きいことは、電磁変換特性向上の観点から好ましい。磁気テープの垂直方向角型比は、垂直配向処理の実施等の公知の方法によって制御することができる。

[0148] 本発明および本明細書において、「垂直方向角型比」とは、磁気テープの垂直方向において測定される角型比である。角型比に関して記載する「垂直方向」とは、磁性層表面と直交する方向であり、厚み方向ということもできる。本発明および本明細書において、垂直方向角型比は、以下の方法によって求められる。

測定対象の磁気テープから振動試料型磁力計に導入可能なサイズのサンプル片を切り出す。このサンプル片について、振動試料型磁力計を用いて、最大印加磁界3979 kA/m、測定温度296 K、磁界掃引速度8.3 kA/m/秒にて、サンプル片の垂直方向（磁性層表面と直交する方向）に磁界を印加し、印加した磁界に対するサンプル片の磁化強度を測定する。磁化強度の測定値は、反磁界補正後の値として、かつ振動試料型磁力計のサンプルプローブの磁化をバックグラウンドノイズとして差し引いた値として得るものとする。最大印加磁界における磁化強度を M_s 、印加磁界ゼロにおける磁化強度を M_r としたとき、角型比SQ (Squareness Ratio) は、 $SQ = M_r / M_s$ として算出される値である。測定温度はサンプル片の温度をいい、サンプル片の周囲の雰囲気温度を測定温度にすることにより、温度平衡が成り立つことによってサンプル片の温度を測定温度にすることができる。

[0149] [磁気テープカートリッジ]

本発明の一態様は、上記磁気テープを含む磁気テープカートリッジに関する。

[0150] 上記磁気テープカートリッジに含まれる磁気テープの詳細は、先に記載した通りである。

[0151] 磁気テープカートリッジでは、一般に、カートリッジ本体内部に磁気テープがリールに巻き取られた状態で収容されている。リールは、カートリッジ本体内部に回転可能に備えられている。磁気テープカートリッジとしては、カートリッジ本体内部にリールを1つ具備する単リール型の磁気テープカートリッジおよびカートリッジ本体内部にリールを2つ具備する双リール型の磁気テープカートリッジが広く用いられている。単リール型の磁気テープカートリッジは、磁気テープへのデータの記録および／または再生のために磁気テープ装置に装着されると、磁気テープカートリッジから磁気テープが引き出されて磁気テープ装置側のリールに巻き取られる。磁気テープカートリッジから巻き取りリールまでの磁気テープ搬送経路には、磁気ヘッドが配置されている。磁気テープカートリッジ側のリール（供給リール）と磁気テープ装置側のリール（巻き取りリール）との間で、磁気テープの送り出しと巻き取りが行われる。この間、磁気ヘッドと磁気テープの磁性層表面とが接触し摺動することにより、データの記録および／または再生が行われる。これに対し、双リール型の磁気テープカートリッジは、供給リールと巻き取りリールの両リールが、磁気テープカートリッジ内部に具備されている。

[0152] 上記磁気テープカートリッジは、一形態では、カートリッジメモリを含むことができる。カートリッジメモリは、例えば不揮発メモリであることができ、ヘッド傾き角度調整情報が既に記録されているか、またはヘッド傾き角度調整情報が記録される。ヘッド傾き角度調整情報は、磁気テープ装置内での磁気テープ走行中、ヘッド傾き角度を調整するための情報である。例えば、ヘッド傾き角度調整情報としては、データ記録時の磁気テープの長手方向の各位置におけるサーボバンド間隔の値を記録することができる。例えば、

磁気テープに記録されたデータを再生する際、再生時にサーボバンド間隔の値を測定し、カートリッジメモリに記録された同じ長手位置における記録時のサーボバンド間隔との差分の絶対値が0に近づくように、磁気テープ装置の制御装置によってヘッド傾き角度を変化させることができる。ヘッド傾き角度は、例えば先に記載した角度 θ であることができる。

[0153] 上記磁気テープおよび磁気テープカートリッジは、磁気テープ走行中にヘッド傾き角度を変化させてデータの記録および／または再生を行う磁気テープ装置（換言すれば磁気記録再生システム）において、好適に使用され得る。ただし、上記磁気テープおよび磁気テープカートリッジは、かかる磁気テープ装置において使用されるものに限定されない。例えば、ある回の記録または再生におけるヘッド傾き角度と次の回以降の記録または再生におけるヘッド傾き角度を変化させたうえで、各回の記録中または再生中にはヘッド傾き角度を変化させず固定する使用形態もあり得る。かかる使用形態においても、異なるヘッド傾き角度でのデータの記録および／または再生を行う際に電磁変換特性の低下が少ない磁気テープは好ましい。

[0154] [磁気テープ装置]

本発明の一態様は、上記磁気テープを含む磁気テープ装置に関する。上記磁気テープ装置において、磁気テープへのデータの記録および／または磁気テープに記録されたデータの再生は、例えば、磁気テープの磁性層表面と磁気ヘッドとを接触させて摺動させることにより行うことができる。上記磁気テープ装置は、本発明の一態様にかかる磁気テープカートリッジを着脱可能に含むことができる。

[0155] 上記磁気テープカートリッジは、磁気ヘッドを備えた磁気テープ装置に装着させ、データの記録および／または再生を行うために用いることができる。本発明および本明細書において、「磁気テープ装置」とは、磁気テープへのデータの記録および磁気テープに記録されたデータの再生の少なくとも一方を行うことができる装置を意味するものとする。かかる装置は、一般にドライブと呼ばれる。

[0156] <磁気ヘッド>

上記磁気テープ装置は、磁気ヘッドを含むことができる。磁気ヘッドの構成およびヘッド傾き角度である角度 θ については、先に図1～図3を参照して説明した通りである。磁気ヘッドが再生素子を含む場合、再生素子としては、磁気テープに記録された情報を感度よく読み取ることができる磁気抵抗効果型（MR : Magnetoresistive）素子が好ましい。MR素子としては、公知の各種MR素子（例えば、GMR（Giant Magnetoresistive）素子、TMR（Tunnel Magnetoresistive）素子等）を用いることができる。以下において、データの記録および／または記録されたデータの再生を行う磁気ヘッドを、「記録再生ヘッド」とも呼ぶ。データの記録のための素子（記録素子）とデータの再生のための素子（再生素子）を、「磁気ヘッド素子」と総称する。

[0157] 再生素子として再生素子幅が狭い再生素子を使用してデータの再生を行うことにより、高密度記録されたデータを高感度に再生することができる。この観点から、再生素子の再生素子幅は、 $0.8\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。再生素子の再生素子幅は、例えば $0.3\mu\text{m}$ 以上であることができる。ただし、この値を下回ることも上記観点からは好ましい。

ここで「再生素子幅」とは、再生素子幅の物理的な寸法をいうものとする。かかる物理的な寸法は、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡等により測定が可能である。

[0158] データの記録および／または記録されたデータの再生の際には、まず、サーボ信号を用いたトラッキングを行うことができる。即ち、サーボ信号読み取り素子を所定のサーボトラックに追従させることによって、磁気ヘッド素子が、目的とするデータトラック上を通過するように制御することができる。データトラックの移動は、サーボ信号読み取り素子が読み取るサーボトラックを、テープ幅方向に変更することにより行われる。

また、記録再生ヘッドは、他のデータバンドに対する記録および／または再生を行うことも可能である。その際には、先に記載したUDIM情報を利

用してサーボ信号読み取り素子を所定のサーボバンドに移動させ、そのサーボバンドに対するトラッキングを開始すればよい。

- [0159] 図5に、データバンドおよびサーボバンドの配置例を示す。図5中、磁気テープMTの磁性層には、複数のサーボバンド1が、ガイドバンド3に挟まれて配置されている。2本のサーボバンドに挟まれた複数の領域2が、データバンドである。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磁性層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いる。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6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6中、サーボバンド1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6中、符号A）およびBバースト（図6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6中、符号C）およびDバースト（図6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、5、5、4、4、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6には、説明のために1つのサーボフレームを示した。ただし、実際には、タイミングベースサーボ方式のヘッドトラッキングが行われる磁気テープの磁性層には、各サーボバンドに、複数のサーボフレームが走行方向に配置されている。図6中、矢印は磁気テープ走行方向を示している。例えば、LTO Ultriumフォーマットテープは、通常、磁性層の各サーボバンドに、テープ長1mあたり5000以上のサーボフレームを有する。

[0160] 上記磁気テープ装置では、磁気テープ装置内での磁気テープの走行中、ヘッド傾き角度を変化させることができる。ヘッド傾き角度は、例えば、磁気テープの幅方向に対して素子アレイの軸線がなす角度 θ である。角度 θ については、先に説明した通りである。例えば、磁気ヘッドの記録再生ヘッドユニットに磁気ヘッドのモジュールの角度を調整する角度調整部を設けることによって、磁気テープ走行中に角度 θ を可変に調整することができる。かかる角度調整部は、例えばモジュールを回転させる回転機構を含むことができる。角度調整部については、公知技術を適用できる。

[0161] 磁気テープ走行中のヘッド傾き角度について、磁気ヘッドに複数のモジュールが含まれる場合には、無作為に選択したモジュールについて、図1～図3を参照して説明した角度 θ を規定することができる。磁気テープ走行開始時の角度 θ である θ_{initial} は、 0° 以上または 0° 超に設定することができる。 θ_{initial} が大きいほど、角度 θ の変化量に対するサーボ信号読み取り素子間実効距離の変化量は大きくなるため、磁気テープの幅方向の寸法変化に対応させてサーボ信号読み取り素子間実効距離を調整する調整能力の点から好ましい。この点からは、 θ_{initial} は、 1° 以上であることが好ましく、 5° 以上であることがより好ましく、 10° 以上であることが更に好ましい。一方、磁気テープが走行して磁気ヘッドと接触する際に磁性層表面と磁気ヘッドの接触面とがなす角（一般に、「ラップ角」と呼ばれる。）については、テープ幅方向に関する偏差が小さく保つことが、磁気テープ走行中に磁気ヘッドと磁気テープとが接触して生じる摩擦のテープ幅方向における均一性を高めるうえで有効である。また、上記の摩擦のテープ幅方向における均一性を高めることは、磁気ヘッドの位置追従性および走行安定性の観点から望ましい。上記のラップ角のテープ幅方向における偏差を小さくする観点からは、 θ_{initial} は、 45° 以下であることが好ましく、 40° 以下であることがより好ましく、 35° 以下であることが更に好ましい。

[0162] 磁気テープ走行中の角度 θ の変化について、磁気テープへのデータの記録のために、および／または、磁気テープに記録されたデータの再生のために

、磁気テープ装置において磁気テープが走行している間、磁気ヘッドの角度 θ が走行開始時の θ_{initial} から変化する場合、磁気テープ走行中の角度 θ の最大変化量 $\Delta\theta$ は、以下の式によって算出される $\Delta\theta_{\text{max}}$ と $\Delta\theta_{\text{min}}$ との中で、より大きな値である。磁気テープ走行中の角度 θ の最大値が θ_{max} であり、最小値が θ_{min} である。なお、「max」はmaximumの略称であり、「min」はminimumの略称である。

$$\Delta\theta_{\text{max}} = \theta_{\text{max}} - \theta_{\text{initial}}$$

$$\Delta\theta_{\text{min}} = \theta_{\text{initial}} - \theta_{\text{min}}$$

[0163] 一形態では、 $\Delta\theta$ は、 0.000° 超であることができ、磁気テープの幅方向の寸法変化に対応させてサーボ信号読み取り素子間実効距離を調整する調整能力の観点からは 0.001° 以上であることが好ましく、 0.010° 以上であることがより好ましい。また、データの記録時および／または再生時、複数の磁気ヘッド素子間で記録データおよび／または再生データの同期を確保する容易性の観点からは、 $\Delta\theta$ は、 1.000° 以下であることが好ましく、 0.900° 以下であることがより好ましく、 0.800° 以下であることが更に好ましく、 0.700° 以下であることが一層好ましく、 0.600° 以下であることがより一層好ましい。

[0164] 図2および図3に示す例では、素子アレイの軸線は、磁気テープ走行方向に向かって傾いている。ただし、本発明は、かかる例に限定されない。上記磁気テープ装置において、素子アレイの軸線が、磁気テープ走行方向と反対の方向に向かって傾く実施形態も本発明に包含される。

[0165] 磁気テープ走行開始時のヘッド傾き角度である θ_{initial} は、磁気テープ装置の制御装置等によって設定することができる。

磁気テープ走行中のヘッド傾き角度に関して、図7は、磁気テープ走行中の角度 θ の測定方法の説明図である。磁気テープ走行中の角度 θ は、例えば以下の方法によって求めることができる。以下の方法によって磁気テープ走行中の角度 θ を求める場合、磁気テープ走行中、角度 θ は、 $0 \sim 90^\circ$ の範囲で変化させるものとする。即ち、磁気テープ走行開始時に素子アレイの軸線

が磁気テープ走行方向に向かって傾いていたならば、磁気テープ走行中、素子アレイの軸線が磁気テープ走行開始時の磁気テープ走行方向と反対の方向に向かって傾くように素子アレイを傾けることはなく、磁気テープ走行開始時に素子アレイの軸線が磁気テープ走行方向と反対の方向に向かって傾いていたならば、磁気テープ走行中、素子アレイの軸線が磁気テープ走行開始時の磁気テープ走行方向に向かって傾くように素子アレイを傾けることはないものとする。

一对のサーボ信号読み取り素子 1 および 2 の再生信号の位相差（即ち時間差） ΔT を計測する。 ΔT の計測は、磁気テープ装置に備えられている計測部によって行うことができる。かかる計測部の構成は公知である。サーボ信号読み取り素子 1 の中央部とサーボ信号読み取り素子 2 の中央部との間の距離 L は、光学顕微鏡等によって測定することができる。磁気テープの走行速度が速度 v のときに、上記 2 つのサーボ信号読み取り素子の中央部の磁気テープ走行方向における距離は、 $L \sin \theta$ であり、 $L \sin \theta = v \times \Delta T$ の関係が成り立つ。したがって、磁気テープ走行中の角度 θ は、「 $\theta = \arcsin(v \Delta T / L)$ 」の式によって算出できる。なお、図 7 右図には、素子アレイの軸線が磁気テープ走行方向に向かって傾いている例を示した。この例では、サーボ信号読み取り素子 1 の再生信号の位相に対するサーボ信号読み取り素子 2 の再生信号の位相の位相差（即ち時間差） ΔT を計測する。素子アレイの軸線が磁気テープの走行方向と反対方向に向かって傾いている場合には、サーボ信号読み取り素子 2 の再生信号の位相に対するサーボ信号読み取り素子 1 の再生信号の位相の位相差（即ち時間差）として ΔT を計測する点以外、上記方法によって θ を求めることができる。

なお、角度 θ の測定ピッチ、即ち、テープ長手方向に関する角度 θ の測定間隔は、テープ長手方向に関するテープ幅変形の周波数に応じて適したピッチを選定することができる。一例として、測定ピッチは例えば $250 \mu\text{m}$ とすることができる。

[0166] <磁気テープ装置の構成>

図 8 に示す磁気テープ装置 10 は、制御装置 11 からの命令により記録再生ヘッドユニット 12 を制御し、磁気テープ MT へのデータの記録および再生を行う。

磁気テープ装置 10 は、磁気テープカートリッジリールと巻取りリールを回転制御するスピンドルモーター 17 A、17 B およびそれらの駆動装置 18 A、18 B から磁気テープの長手方向に加わるテンションの検出および調整が可能な構成を有している。

磁気テープ装置 10 は、磁気テープカートリッジ 13 を装填可能な構成を有している。

磁気テープ装置 10 は、磁気テープカートリッジ 13 内のカートリッジメモリ 131 について読み取りおよび書き込みが可能なカートリッジメモリリードライト装置 14 を有している。

磁気テープ装置 10 に装着された磁気テープカートリッジ 13 からは、磁気テープ MT の端部またはリーダーピンが自動のローディング機構または手動により引き出され、磁気テープ MT の磁性層表面が記録再生ヘッドユニット 12 の記録再生ヘッド表面に接する向きでガイドローラー 15 A、15 B を通して記録再生ヘッド上をパスし、磁気テープ MT が巻取りリール 16 に巻き取られる。

制御装置 11 からの信号によりスピンドルモーター 17 A とスピンドルモーター 17 B の回転およびトルクが制御され、磁気テープ MT が任意の速度とテンションで走行される。テープ速度の制御およびヘッド傾き角度の制御には、磁気テープ上に予め形成されたサーボパターンを利用することができる。テンションの検出のために、磁気テープカートリッジ 13 と巻取りリール 16 との間にテンション検出機構を設けてもよい。テンションの制御は、スピンドルモーター 17 A および 17 B による制御の他に、ガイドローラー 15 A および 15 B を用いて行ってもよい。

カートリッジメモリリードライト装置 14 は、制御装置 11 からの命令により、カートリッジメモリ 131 の情報の読み出しと書き込みが可能に構成

されている。カートリッジメモリリードライト装置14とカートリッジメモリ131との間の通信方式としては、例えば、ISO (International Organization for Standardization) 14443方式を採用できる。

[0167] 制御装置11は、例えば、制御部、記憶部、通信部等を含む。

[0168] 記録再生ヘッドユニット12は、例えば、記録再生ヘッド、記録再生ヘッドのトラック幅方向の位置を調整するサーボトラッキングアクチュエータ、記録再生アンプ19、制御装置11と接続するためのコネクタケーブル等から構成される。記録再生ヘッドは、例えば、磁気テープにデータを記録する記録素子、磁気テープのデータを再生する再生素子および磁気テープ上に記録されたサーボ信号を読み取るサーボ信号読み取り素子から構成される。1つの磁気ヘッド内に、記録素子、再生素子、サーボ信号読み取り素子は、例えば、それぞれ1個以上搭載されている。または、磁気テープの走行方向に応じた複数の磁気ヘッド内に別々にそれぞれの素子を有していてもよい。

[0169] 記録再生ヘッドユニット12は、制御装置11からの命令に応じて、磁気テープMTに対してデータを記録することが可能に構成されている。また、制御装置11からの命令に応じて、磁気テープMTに記録されたデータを再生することが可能に構成されている。

[0170] 制御装置11は、磁気テープMTの走行時にサーボバンドから読み取られるサーボ信号から磁気テープの走行位置を求め、狙いの走行位置（トラック位置）に記録素子および／または再生素子が位置するように、サーボトラッキングアクチュエータを制御する機構を有している。このトラック位置の制御は、例えば、フィードバック制御により行われる。

制御装置11は、磁気テープMTの走行時に隣り合う2本のサーボバンドから読み取られるサーボ信号から、サーボバンド間隔を求める機構を有している。制御装置11は、求めたサーボバンド間隔の情報を、制御装置11の内部の記憶部、カートリッジメモリ131、外部の接続機器等に保存することができる。また、制御装置11は、ヘッド傾き角度を、走行中の磁気テープ

の幅方向の寸法情報に応じて変化させることができる。これにより、サーボ信号読み取り素子間実効距離を、サーボバンドの間隔に近くするか一致させることができる。上記寸法情報は、磁気テープ上に予め形成されたサーボパターンを利用して取得することができる。例えばこうして、磁気テープ装置内での磁気テープの走行中、磁気テープの幅方向に対して素子アレイの軸線がなす角度 θ を、走行中に取得される磁気テープの幅方向の寸法情報に応じて変化させることができる。ヘッド傾き角度の調整は、例えば、フィードバック制御により行うことができる。また、例えば、ヘッド傾き角度の調整は、特開2016-524774号公報（特許文献1）またはUS2019/0164573A1（特許文献2）に記載の方法によって行うこともできる。

実施例

[0171] 以下に、本発明を実施例に基づき説明する。ただし、本発明は実施例に示す実施形態に限定されるものではない。以下に記載の「部」、「%」の表示は、特記しない限り、「質量部」、「質量%」を示す。以下に記載の工程および評価は、特記しない限り、温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の環境において行った。また、以下に記載の「eq」は、SI単位系に換算不可の単位である当量（equivalent）を示す。

[0172] [非磁性支持体]

表2中、「PEN」はポリエチレンナフタレート支持体を示す。表2中のヤング率は、先に記載の方法によって測定された値である。

[0173] [強磁性粉末]

表2中、「BaFe」は、平均粒子サイズ（平均板径） 21 nm の六方晶バリウムフェライト粉末である。

[0174] 表2中、「SrFe1」は、以下の方法により作製された六方晶ストロンチウムフェライト粉末である。

SrCO_3 を 1707 g 、 H_3BO_3 を 687 g 、 Fe_2O_3 を 1120 g 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ を 45 g 、 BaCO_3 を 24 g 、 CaCO_3 を 13 g 、およびNd

La_2O_3 を235 g 秤量し、ミキサーにて混合し原料混合物を得た。

得られた原料混合物を、白金ルツボで溶融温度1390℃で溶融し、融液を攪拌しつつ白金ルツボの底に設けた出湯口を加熱し、融液を約6 g/秒で棒状に出湯させた。出湯液を水冷双ローラーで圧延急冷して非晶質体を作製した。

作製した非晶質体280 gを電気炉に仕込み、昇温速度3.5℃/分にて635℃（結晶化温度）まで昇温し、同温度で5時間保持して六方晶ストロンチウムフェライト粒子を析出（結晶化）させた。

次いで六方晶ストロンチウムフェライト粒子を含む上記で得られた結晶化物を乳鉢で粗粉碎し、ガラス瓶に粒径1 mmのジルコニアビーズ1000 g および濃度1%の酢酸水溶液800 mlを加えてペイントシェーカーにて3時間分散処理を行った。その後、得られた分散液をビーズと分離させステンレスビーカーに入れた。分散液を液温100℃で3時間静置させてガラス成分の溶解処理を行った後、遠心分離器で沈殿させてデカンテーションを繰り返して洗浄し、炉内温度110℃の加熱炉内で6時間乾燥させて六方晶ストロンチウムフェライト粉末を得た。

上記で得られた六方晶ストロンチウムフェライト粉末の平均粒子サイズは18 nm、活性化体積は902 nm³、異方性定数Kuは $2.2 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 、質量磁化 σ_s は49 A·m²/kgであった。

上記で得られた六方晶ストロンチウムフェライト粉末から試料粉末を12 mg採取し、この試料粉末を先に例示した溶解条件によって部分溶解して得られたる液の元素分析をICP分析装置によって行い、ネオジム原子の表層部含有率を求めた。

別途、上記で得られた六方晶ストロンチウムフェライト粉末から試料粉末を12 mg採取し、この試料粉末を先に例示した溶解条件によって全溶解して得られたる液の元素分析をICP分析装置によって行い、ネオジム原子のバルク含有率を求めた。

上記で得られた六方晶ストロンチウムフェライト粉末の鉄原子100原子

%に対するネオジム原子の含有率（バルク含有率）は、2.9原子%であった。また、ネオジム原子の表層部含有率は8.0原子%であった。表層部含有率とバルク含有率との比率、「表層部含有率／バルク含有率」は2.8であり、ネオジム原子が粒子の表層に偏在していることが確認された。

上記で得られた粉末が六方晶フェライトの結晶構造を示すことは、CuK α 線を電圧45kVかつ強度40mAの条件で走査し、下記条件でX線回折パターンを測定すること（X線回折分析）により確認した。上記で得られた粉末は、マグネトプランバイト型（M型）の六方晶フェライトの結晶構造を示した。また、X線回折分析により検出された結晶相は、マグネトプランバイト型の単一相であった。

PANalytical X'Pert Pro回折計、PIXcel検出器

入射ビームおよび回折ビームのSollierスリット：0.017ラジアン

分散スリットの固定角：1／4度

マスク：10mm

散乱防止スリット：1／4度

測定モード：連続

1段階あたりの測定時間：3秒

測定速度：毎秒0.017度

測定ステップ：0.05度

[0175] 表2中、「SrFe₂」は、以下の方法により作製された六方晶ストロンチウムフェライト粉末である。

SrCO₃を1725g、H₃BO₃を666g、Fe₂O₃を1332g、Al(OH)₃を52g、CaCO₃を34g、BaCO₃を141g秤量し、ミキサーにて混合し原料混合物を得た。

得られた原料混合物を、白金ルツボで溶融温度1380℃で溶融し、融液を攪拌しつつ白金ルツボの底に設けた出湯口を加熱し、融液を約6g／秒で

棒状に出湯させた。出湯液を水冷双ロールで圧延急冷して非晶質体を作製した。

得られた非晶質体 280 g を電気炉に仕込み、645℃（結晶化温度）まで昇温し、同温度で5時間保持し六方晶ストロンチウムフェライト粒子を析出（結晶化）させた。

次いで六方晶ストロンチウムフェライト粒子を含む上記で得られた結晶化物を乳鉢で粗粉碎し、ガラス瓶に粒径 1 mm のジルコニアビーズ 1000 g および濃度 1 % の酢酸水溶液 800 ml を加えてペイントシェーカーにて3時間分散処理を行った。その後、得られた分散液をビーズと分離させステンレスビーカーに入れた。分散液を液温 100℃ で3時間静置させてガラス成分の溶解処理を行った後、遠心分離器で沈殿させてデカンテーションを繰り返して洗浄し、炉内温度 110℃ の加熱炉内で6時間乾燥させて六方晶ストロンチウムフェライト粉末を得た。

得られた六方晶ストロンチウムフェライト粉末の平均粒子サイズは 19 nm、活性化体積は 1102 nm^3 、異方性定数 K_u は $2.0 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 、質量磁化 σ_s は $50 \text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ であった。

[0176] 表 2 中、「 ϵ -酸化鉄」は、以下の方法により作製された ϵ -酸化鉄粉末である。

純水 90 g に、硝酸鉄（III）9水和物 8.3 g、硝酸ガリウム（III）8水和物 1.3 g、硝酸コバルト（II）6水和物 190 mg、硫酸チタン（IV）150 mg、およびポリビニルピロリドン（PVP）1.5 g を溶解させたものを、マグネチックスターラーを用いて攪拌しながら、大気雰囲気中、雰囲気温度 25℃ の条件下で、濃度 25 % のアンモニア水溶液 4.0 g を添加し、雰囲気温度 25℃ の温度条件のまま2時間攪拌した。得られた溶液に、クエン酸 1 g を純水 9 g に溶解させて得たクエン酸溶液を加え、1時間攪拌した。攪拌後に沈殿した粉末を遠心分離によって採集し、純水で洗浄し、炉内温度 80℃ の加熱炉内で乾燥させた。

乾燥させた粉末に純水 800 g を加えて再度粉末を水に分散させて分散液

を得た。得られた分散液を液温 50℃に昇温し、攪拌しながら濃度 25%アンモニア水溶液を 40 g 滴下した。50℃の温度を保ったまま 1 時間攪拌した後、テトラエトキシシラン (TEOS) 14 mL を滴下し、24 時間攪拌した。得られた反応溶液に、硫酸アンモニウム 50 g を加え、沈殿した粉末を遠心分離によって採集し、純水で洗浄し、炉内温度 80℃の加熱炉内で 24 時間乾燥させ、強磁性粉末の前駆体を得た。

得られた強磁性粉末の前駆体を、大気雰囲気下、炉内温度 1000℃の加熱炉内に装填し、4 時間の加熱処理を施した。

加熱処理した強磁性粉末の前駆体を、4 mol/L の水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液中に投入し、液温を 70℃に維持して 24 時間攪拌することにより、加熱処理した強磁性粉末の前駆体から不純物であるケイ酸化合物を除去した。

その後、遠心分離処理により、ケイ酸化合物を除去した強磁性粉末を採集し、純水で洗浄を行い、強磁性粉末を得た。

得られた強磁性粉末の組成を高周波誘導結合プラズマ発光分光分析 (ICP-OES: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) により確認したところ、Ga、Co および Ti 置換型 ϵ -酸化鉄 (ϵ -Ga_{0.28}Co_{0.05}Ti_{0.05}Fe_{1.62}O₃) であった。また、先に SrFe1 について記載した条件と同様の条件で X 線回折分析を行い、X 線回折パターンのピークから、得られた強磁性粉末が、 α 相および γ 相の結晶構造を含まない、 ϵ 相の単相の結晶構造 (ϵ -酸化鉄の結晶構造) を有することを確認した。

得られた ϵ -酸化鉄粉末の平均粒子サイズは 12 nm、活性化体積は 746 nm³、異方性定数 Ku は 1.2×10^5 J/m³、質量磁化 σ_s は 16 A·m²/kg であった。

[0177] 上記の六方晶ストロンチウムフェライト粉末および ϵ -酸化鉄粉末の活性化体積および異方性定数 Ku は、各強磁性粉末について、振動試料型磁力計 (東英工業社製) を用いて、先に記載の方法により求められた値である。

また、質量磁化 σ_s は、振動試料型磁力計（東英工業社製）を用いて磁場強度15 kOeで測定された値である。

[0178] [研磨剤液の調製]

<研磨剤液Aの調製>

表1に示す研磨剤（アルミナ粉末）100.0部に対し、表1に示す量の2,3-ジヒドロキシナフタレン（東京化成社製）、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（東洋紡社製UR-4800（極性基量：80 meq/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）31.3部、溶媒としてメチルエチルケトンとシクロヘキサノン1:1（質量比）の混合液570.0部を混合し、ジルコニアビーズ（ビーズ径：0.1 mm）存在下で、ペイントシェーカーにより、表1に示す時間（ビーズ分散時間）、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離して得られた分散液の遠心分離処理を実施した。遠心分離処理は、遠心分離器として日立工機社製CS150GXL（使用ローターは同社製S100AT6）を使用し、表1に示す回転数（rpm: rotation per minute）で表1に示す時間（遠心分離時間）、実施した。この遠心分離処理により、粒子サイズが比較的大きい粒子は沈殿し、粒子サイズが比較的小さい粒子は上澄み液に分散する。

その後、デカンテーションにより上澄み液を回収した。この回収された液を、「研磨剤液A」と呼ぶ。

[0179] <研磨剤液B、Cの調製>

各種項目を表1に示すように変更した点以外、研磨剤液Aの調製について記載したように研磨剤液Bおよび研磨剤液Cをそれぞれ調製した。

[0180]

[表1]

研磨剤液の調製		研磨剤液A	研磨剤液B	研磨剤液C
	研磨剤商品名（住友化学社製）	Hit80	Hit70	Hit70
	研磨剤のBET比表面積（ m^2/g ）	30	20	20
	研磨剤液分散剤の含有量 （2,3-ジヒドロキシナフタレン）	3.0部	3.0部	0部
	ビーズ分散時間	360分	180分	60分
	遠心分離	回転数 5500rpm 遠心分離時間 4分	3500rpm 4分	1000rpm 4分

[0181] [例A1]

<磁性層形成用組成物の調製>

（磁性液）

強磁性粉末（表2参照）：100.0部

オレイン酸：2.0部

塩化ビニル共重合体（日本ゼオン製MR-104）：10.0部

SO_3Na 基含有ポリウレタン樹脂：4.0部

（重量平均分子量70000、 SO_3Na 基：0.07meq/g）

ポリアルキレンイミン系ポリマー（特開2016-51493号公報の段落0115～0123に記載の方法により得られた合成品）：6.0部

メチルエチルケトン：150.0部

シクロヘキサノン：150.0部

（研磨剤液）

表2に示す研磨剤液を、研磨剤液中の研磨剤量が表2に示す量となるように使用

（その他の成分）

カーボンプラック（平均粒子サイズ：20nm）：0.7部

ポリエチレンイミン（日本触媒社製、数平均分子量300）：2.0部

ステアリン酸：0.5部

ステアリン酸アミド：0.3部

ステアリン酸ブチル：6.0部

メチルエチルケトン：110.0部

シクロヘキサノン：110.0部

ポリイソシアネート（東ソー社製コロネート（登録商標）L）：3.0部

[0182]（調製方法）

上記磁性液の各種成分を、バッチ式縦型サンドミルによりビーズ径0.5 mmのジルコニアビーズ（第一の分散ビーズ、密度 6.0 g/cm^3 ）を使用して24時間分散し（第一の段階）、その後、 $0.5 \mu\text{m}$ の孔径を有するフィルタを用いてろ過することにより分散液Aを調製した。ジルコニアビーズは、強磁性粉末の質量に対して、質量基準で10倍量用いた。

その後、分散液Aをバッチ式縦型サンドミルによりビーズ径500 nmのダイヤモンドビーズ（第二の分散ビーズ、密度 3.5 g/cm^3 ）を使用して1時間分散し（第二の段階）、遠心分離器を用いてダイヤモンドビーズを分離した分散液（分散液B）を調製した。ダイヤモンドビーズは、強磁性粉末の質量に対して、質量基準で10倍量用いた。

上記で得た分散液B、研磨剤液および上記のその他の成分をディゾルバー攪拌機に導入し、周速10 m/秒で360分間攪拌した。その後、フロー式超音波分散機により流量 7.5 kg/分 で60分間超音波分散処理を行った後に、孔径 $0.3 \mu\text{m}$ のフィルタで3回ろ過して磁性層形成用組成物を調製した。

[0183] <非磁性層形成用組成物の調製>

下記の非磁性層形成用組成物の各種成分を、バッチ式縦型サンドミルによりビーズ径0.1 mmのジルコニアビーズを使用して24時間分散し、その後、 $0.5 \mu\text{m}$ の孔径を有するフィルタを用いてろ過することにより、非磁性層形成用組成物を調製した。

[0184] 非磁性無機粉末 α -酸化鉄：100.0部

（平均粒子サイズ10 nm、BET比表面積 $75 \text{ m}^2/\text{g}$ ）

カーボンブラック：25.0部

（平均粒子サイズ20 nm）

SO_3Na 基含有ポリウレタン樹脂：18.0部

（重量平均分子量70000、 SO_3Na 基含有量 0.2 meq/g ）

ステアリン酸：1.0部

シクロヘキサノン：300.0部

メチルエチルケトン：300.0部

[0185] <バックコート層形成用組成物の調製>

下記のバックコート層形成用組成物の各種成分のうち潤滑剤（ステアリン酸およびステアリン酸ブチル）、ポリイソシアネートならびにシクロヘキサノン200.0部を除いた成分をオープ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パスあたりの滞留時間を2分間とし、12パスの分散処理に供した。その後、上記の残りの成分を添加してディゾルバーで攪拌し、得られた分散液を1μmの孔径を有するフィルタを用いてろ過することにより、バックコート層形成用組成物を調製した。

[0186] 非磁性無機粉末 α-酸化鉄：80.0部

（平均粒子サイズ0.15μm、BET比表面積52m²/g）

カーボンブラック：20.0部

（平均粒子サイズ20nm）

塩化ビニル共重合体：13.0部

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

シクロヘキサノン：155.0部

メチルエチルケトン：155.0部

ステアリン酸：3.0部

ステアリン酸ブチル：3.0部

ポリイソシアネート：5.0部

シクロヘキサノン：200.0部

[0187] <磁気テープおよび磁気テープカートリッジの作製>

厚み4.1μmの表2に示す二軸延伸された支持体の表面上に、乾燥後の

厚みが0.7 μm となるように上記で調製した非磁性層形成用組成物を塗布および乾燥させて非磁性層を形成した。

次いで、非磁性層上に乾燥後の厚みが0.1 μm となるように上記で調製した磁性層形成用組成物を塗布して塗布層を形成した。

その後、磁性層形成用組成物の塗布層が湿潤状態にあるうちに、磁場強度0.3 Tの磁場を塗布層の表面に対し垂直方向に印加して垂直配向処理を行った後、乾燥させ、磁性層を形成した。

その後、支持体の非磁性層および磁性層を形成した表面とは反対側の表面に、乾燥後の厚みが0.3 μm となるように上記で調製したバックコート層形成用組成物を塗布および乾燥させてバックコート層を形成した。

その後、金属ロールのみから構成されるカレンダロールを用いて、速度100 m/分、線圧300 kg/cm、および90℃のカレンダ温度（カレンダロールの表面温度）にて、表面平滑化処理（カレンダ処理）を行った。こうして、長尺状の磁気テープ原反を得た。

その後、雰囲気温度70℃の環境で36時間加熱処理を行った後、長尺状の磁気テープ原反を1/2インチ幅にスリットして、磁気テープを得た。

得られた磁気テープの磁性層に市販のサーボライターによってサーボ信号を記録することにより、LTO（Linear Tape-Open） Ultrium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 Ultrium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（タイミングベースサーボパターン）を有する磁気テープを得た。こうして形成されたサーボパターンは、JIS（Japanese Industrial Standards） X6175：2006およびStandard ECMA-319（June 2001）の記載にしたがうサーボパターンである。サーボバンドの合計本数は5、データバンドの合計本数は4である。

こうしてサーボ信号が記録された磁気テープ（長さ960 m）を、磁気テープカートリッジ（LTO Ultrium 8データカートリッジ）のリー

ルに巻き取り、その末端に、市販のスライシングテープによって、Standard ECMA (European Computer Manufacturers Association) - 319 (June 2001) Section 3の項目9にしたがうリーダーテープを接合させた。

こうして、磁気テープがリールに巻装された磁気テープカートリッジを製作した。

[0188] 磁気テープの磁性層にポリエチレンイミンとステアリン酸により形成された、式1で表されるアルキルエステルアニオンのアンモニウム塩構造を含む化合物が含まれることは、以下の方法により確認できる。

磁気テープからサンプルを切り出し、磁性層表面（測定領域： $300\mu\text{m} \times 700\mu\text{m}$ ）においてESCA装置を用いてX線光電子分光分析を行う。詳しくは、下記測定条件でESCA装置によりワイドスキャン測定を行う。測定結果では、エステルアニオンの結合エネルギーの位置およびアンモニウムカチオンの結合エネルギーの位置にピークが確認される。

装置：島津製作所製AXIS-ULTRA

励起X線源：単色化Al-K α 線

スキャン範囲：0～1200 eV

パスエネルギー：160 eV

エネルギー分解能：1 eV / step

取り込み時間：100 ms / step

積算回数：5

また、磁気テープから長さ3 cmのサンプル片を切り出し、磁性層表面のATR-FT-IR (Attenuated total reflection-fourier transform-infrared spectrometer) 測定（反射法）を行い、測定結果において、COO⁻の吸収に対応する波数（ 1540cm^{-1} または 1430cm^{-1} ）、およびアンモニウムカチオンの吸収に対応する波数（ 2400cm^{-1} ）に吸収が確認され

る。

[0189] [例 A 2 ～ A 2 6、例 B 1 ～ B 1 6]

表 2 に示す項目を表 2 に示すように変更した点以外、例 A 1 について記載した方法により磁気テープおよび磁気テープカートリッジを得た。

例 A 1 5 ～ A 2 6 については、サーボ信号記録後の工程を以下のように変更した。即ち、サーボ信号記録後に熱処理を行った。これに対し、例 A 2 ～ A 1 4 および例 B 1 ～ B 1 6 については、かかる熱処理を実施しなかったため、表 2 中の「熱処理条件」の欄には、「なし」と記載した。

例 A 1 5 ～ A 2 6 について、例 A 1 について記載したようにサーボ信号を記録した後の磁気テープ（長さ 9 7 0 m）を熱処理用巻芯に巻き取り、この巻芯に巻き付けた状態で熱処理した。熱処理用巻芯としては、曲げ弾性率が表 2 に示す値である樹脂製の中実状の芯状部材（外径：5 0 mm）を使用し、巻き取り時のテンションは表 2 に示す値とした。熱処理における熱処理温度および熱処理時間は、表 2 に示す値とした。熱処理を行った雰囲気の重量絶対湿度は、1 0 g / k g D r y a i r であった。

上記熱処理後、磁気テープおよび熱処理用巻芯が十分冷却された後に磁気テープを熱処理用巻芯から取り外し、一時巻き取り用巻芯に巻き取り、その後、一時巻き取り用巻芯から磁気テープカートリッジ（L T O U l t r i u m 8 データカートリッジ）のリールへ最終製品長さ分（9 6 0 m）の磁気テープを巻き取り、残り 1 0 m 分は切り取り、切り取り側の末端に、市販のスプライシングテープによって、S t a n d a r d E C M A （E u r o p e a n C o m p u t e r M a n u f a c t u r e r s A s s o c i a t i o n）- 3 1 9 （J u n e 2 0 0 1）S e c t i o n 3 の項目 9 にしたがうリーダーテープを接合させた。一時巻き取り用巻芯としては、熱処理用巻芯と同じ材料製で同じ外径を有する中実状の芯状部材を使用し、巻き取り時のテンションは 0 . 6 N とした。

こうして、磁気テープがリールに巻装された磁気テープカートリッジを製作した。

[0190] 上記の各例について、それぞれ磁気テープカートリッジを5つ作製し、1つは下記の電磁変換特性の低下に関する評価に使用し、もう1つは下記の記録再生性能の評価に使用し、他の3つは下記の磁気テープの評価(1)～(3)にそれぞれ使用した。

[0191] [電磁変換特性の低下に関する評価(SNR(Signal-to-Noise-Ratio)低下量)]

以下の方法によって、電磁変換特性の低下に関する評価として、SNR低下量を求めた。下記の記録および再生は、磁気ヘッドを固定した1/2インチリールテスターを用いて行い、ヘッド傾き角度を0°、15°、30°、45°の順に順次変更して合計4回実施した。上記ヘッド傾き角度は、各回の走行開始時、磁気テープの幅方向に対して下記の再生用モジュールの素子アレイの軸線がなす角度 θ である。角度 θ は、各回の磁気テープ走行開始時に磁気テープ装置の制御装置によって設定し、各回の磁気テープ走行中、ヘッド傾き角度は固定した。

各例の磁気テープ(磁気テープ全長:960m)に対して、温度23℃相対湿度50%の環境において、磁気テープの長手方向に1.5Nのテンション(以下、「走行テンション」と記載する。)をかけて記録および再生を1000パス行い、次いで磁気テープの長手方向に0.2Nのテンションをかけて記録および再生を1000パス行った。磁気テープと磁気ヘッドとの相対速度は8m/秒とし、使用した磁気ヘッドにおいて、モジュールの配置順は、「記録用モジュールー再生用モジュールー記録用モジュール」(モジュール総数:3)である。各モジュールにおける磁気ヘッド素子数は32(Ch0~Ch31)であり、これら磁気ヘッド素子が一對のサーボ信号読み取り素子に挟まれて素子アレイが構成されている。記録用モジュールの記録素子は、MIG(Metal-in-gap)素子(ギャップ長0.15 μ m、トラック幅1.0 μ m)であり、記録電流を各磁気テープの最適記録電流に設定して記録を行った。再生用モジュールの再生素子は、GMR(Giant-magnetoresistive)素子(素子厚み15nm、シー

ルド間隔 $0.1\mu\text{m}$ 、再生素子幅 $0.8\mu\text{m}$)である。線記録密度 300 k f c i の信号を記録し、再生信号をシバソク社製のスペクトラムアナライザーで測定した。単位 k f c i とは、線記録密度の単位(S I 単位系に換算不可)である。信号としては、磁気テープ走行開始後に信号が十分に安定した部分を使用した。

各回において、走行テンション 1.5 N における1パス目の S N R と、走行テンション 0.2 N における 1000 パス目の S N R との差分(走行テンション 0.2 N における 1000 パス目の S N R －走行テンション 1.5 N における1パス目の S N R)を算出し、 S N R 低下量とした。上記4つの異なるヘッド傾き角度について求められた S N R 低下量の算術平均を、表2中、「 S N R 低下量」の欄に示す。

[0192] [記録再生性能の評価]

記録再生性能の評価を、図8に示した構成の磁気テープ装置を用いて行った。記録再生ヘッドユニットに搭載された記録再生ヘッドに含まれるモジュールの配置順は、「記録用モジュール－再生用モジュール－記録用モジュール」(モジュール総数:3)である。各モジュールにおける磁気ヘッド素子数は32($\text{C h 0} \sim \text{C h 3 1}$)であり、これら磁気ヘッド素子が一對のサーボ信号読み取り素子に挟まれて素子アレイが構成されている。再生用モジュールに含まれる再生素子の再生素子幅は、 $0.8\mu\text{m}$ である。以下の記録および再生は、雰囲気温度 23°C 相対湿度 50% の環境において行った。

磁気テープカートリッジを、記録を行う環境に5日間以上置いた。こうして記録を行う環境に馴染ませた後、引き続き同環境において、以下のようにデータの記録を行った。

磁気テープ装置に磁気テープカートリッジをセットし、磁気テープをローディングする。次にサーボトラッキングを行いながら記録再生ヘッドユニットにより磁気テープに特定のデータパターンを有する疑似ランダムデータの記録を行う。その際にテープ長手方向にかかるテンションは 0.7 N とする。記録再生ヘッド(磁気ヘッド)について、記録開始時および再生開始時、

素子アレイの軸線を磁気テープ走行方向に向けて傾け、角度 θ は、 10° とする。データの記録では、隣接トラック間の $(PES1 + PES2) / 2$ の値の差が $1.16 \mu m$ となるように3往復以上の記録を行う。その際、記録再生ヘッドの再生用モジュールの素子アレイの一方のサーボ信号読み取り素子他方のサーボ信号読み取り素子とのサーボ信号読み取り素子間実効距離とデータバンドを挟んで隣り合う2本のサーボバンドの間隔に対応する「 $PES2 - PES1$ 」との差分が小さくなるように、磁気テープ装置の制御装置によって角度 θ を変化させる。データの記録と同時に、テープ全長のサーボバンド間隔の値を長手位置の1 m毎に測定し、カートリッジメモリに記録する。

上記のようにデータの記録を行った磁気テープカートリッジを、雰囲気温度 $60^\circ C$ 相対湿度20%の保存環境に72時間置いた。

その後、磁気テープカートリッジを、再生を行う環境に5日間以上置いた。こうして再生を行う環境に馴染ませた後、引き続き同環境において、以下のようにデータの再生を行った。

磁気テープ装置に磁気テープカートリッジをセットし、磁気テープをローディングする。次にサーボトラッキングを行いながら記録再生ヘッドユニットにより磁気テープに記録されたデータの再生を行う。その際、再生と同時にサーボバンド間隔の値を測定し、カートリッジメモリに記録された情報に基づき、同じ長手位置における記録時のサーボバンド間隔との差分の絶対値が0に近づくように、磁気テープ装置の制御装置によって角度 θ を変化させる。再生時は、サーボバンド間隔の測定とそれに基づいた角度 θ の調整がリアルタイムに連続して行われる。

上記再生における再生素子数（チャンネル数）は32チャンネルであり、再生時、32チャンネルすべてのデータが正しく読み取られた場合に記録再生性能「3」と評価し、31～28チャンネルのデータが正しく読み取られた場合に記録再生性能「2」と評価し、それ以外の場合を記録再生性能「1」と評価する。

[0193] [磁気テープの評価]

(1) A l F e S i l 摩耗値_{45°}、A l F e S i l 摩耗値の標準偏差

各例の磁気テープカートリッジから磁気テープを取り出し、温度23℃相対湿度50%の環境において、先に記載した方法によってA l F e S i l 摩耗値_{45°} およびA l F e S i l 摩耗値の標準偏差を求めた。

[0194] (2) 磁気テープの長手方向における湾曲量の標準偏差

各例の磁気テープカートリッジから磁気テープを取り出し、先に記載した方法によって磁気テープの長手方向における湾曲量の標準偏差を求めた。

[0195] (3) テープ厚み

各例の磁気テープカートリッジから取りだした磁気テープの任意の部分からテープサンプル（長さ5cm）を10枚切り出し、これらテープサンプルを重ねて厚みを測定した。厚みの測定は、MARH社製M i l l i m a r 1240コンパクトアンプとM i l l i m a r 1301誘導プローブのデジタル厚み計を用いて行った。測定された厚みを10分の1して得られた値（テープサンプル1枚当たりの厚み）を、テープ厚みとした。各磁気テープについて、テープ厚みは、いずれも5.2μmであった。

[0196] 以上の結果を、表2（表2-1～表2-3）に示す。

[0197]

[表2-1]

[illegible]

[0200] 表2に示す結果から、以下の点を確認することができる。

例A1～A26および例B14～B16と、例B1～B13と、の対比から、AlFeSiI摩耗値_{45°}およびAlFeSiI摩耗値の標準偏差がいずれも先に記載した範囲である例A1～A26および例B14～B16の磁気テープにおいて、例B1～B13の磁気テープと比べて、異なるヘッド傾き角度で磁気テープを走行させた際の電磁変換特性の低下が抑制されていたことが確認できる。

例A1～A26と例B1～B16との対比から、非磁性支持体として幅方向のヤング率が10000MPa以上のポリエチレンナフタレート支持体を含む磁気テープが、磁気テープ走行中にヘッド傾き角度を変化させてデータの記録および／または再生を行う磁気テープ装置において好適に使用できる磁気テープであることが確認できる。

[0201] 磁気テープ作製時に垂直配向処理を行わなかった点以外、例A1と同様の方法で磁気テープカートリッジを作製した。

上記磁気テープカートリッジから取り出した磁気テープからサンプル片を切り出した。このサンプル片について、振動試料型磁力計として玉川製作所製TM-TRVSM5050-SMSL型を用いて、先に記載した方法によって垂直方向角型比を求めたところ、0.55であった。

例A1の磁気テープカートリッジからも磁気テープを取り出し、この磁気テープから切り出したサンプル片について同様に垂直方向角型比を求めたところ、0.60であった。

[0202] 上記2つの磁気テープカートリッジから取り出した磁気テープを、それぞれ1/2インチリールテスターに取り付け、以下の方法によって電磁変換特性(SNR: Signal-to-Noise Ratio)を評価した。その結果、例A1の磁気テープカートリッジから取り出した磁気テープについて、垂直配向処理なしで作製された上記磁気テープと比べて、2dB高いSNRの値が得られた。

温度23℃相対湿度50%の環境において、磁気テープの長手方向に0.

7 Nのテンションをかけて記録および再生を10パス行った。磁気テープと磁気ヘッドとの相対速度は6 m／秒とし、記録は、記録ヘッドとしてMIG (Metal-in-gap) ヘッド (ギャップ長0.15 μ m、トラック幅1.0 μ m) を使用し、記録電流を各磁気テープの最適記録電流に設定して行った。再生は、再生ヘッドとしてGMR (Giant-magnetoresistive) ヘッド (素子厚み15 nm、シールド間隔0.1 μ m、再生素子幅0.8 μ m) を使用して行った。ヘッド傾き角度は0°とした。線記録密度300 kfc iの信号を記録し、再生信号をシバソク社製のスペクトラムアナライザーで測定した。単位kfc iとは、線記録密度の単位 (SI単位系に換算不可) である。信号としては、磁気テープ走行開始後に信号が十分に安定した部分を使用した。

産業上の利用可能性

[0203] 本発明の一態様は、各種データストレージの技術分野において有用である。

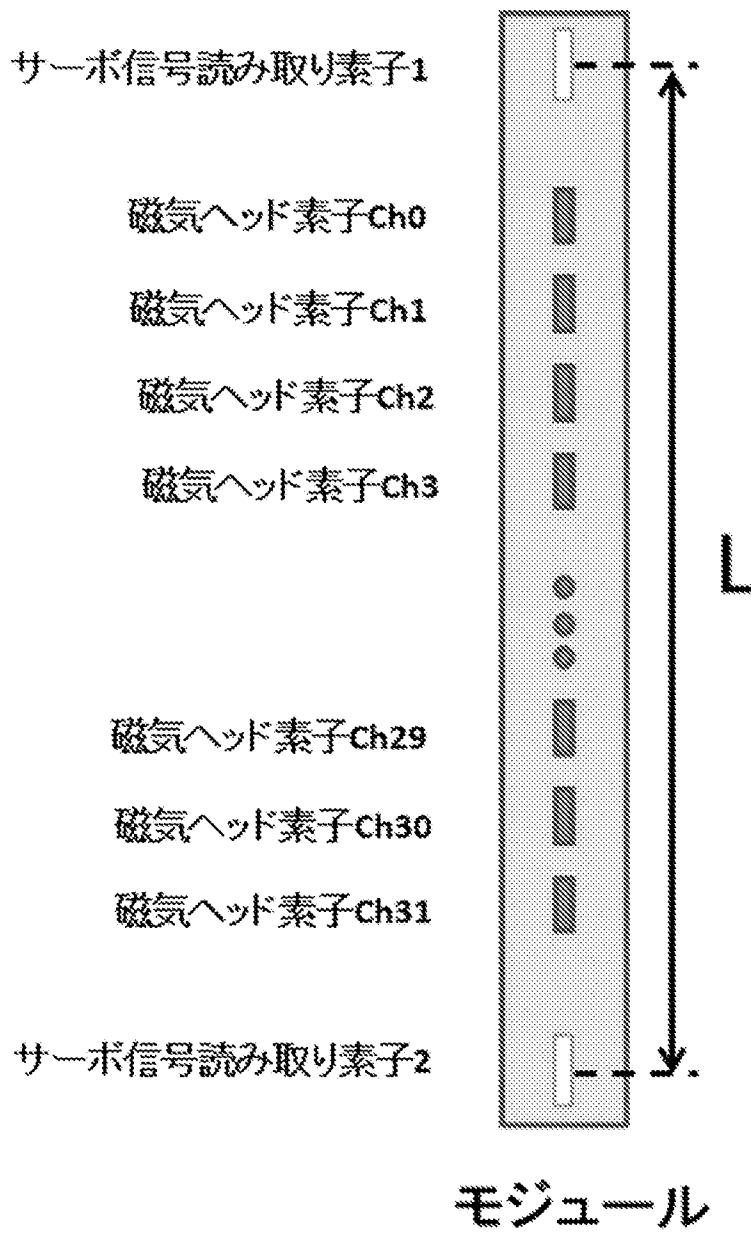
請求の範囲

- [請求項1] 非磁性支持体と、強磁性粉末を含む磁性層と、を有する磁気テープであって、
前記非磁性支持体は、幅方向のヤング率が10000MPa以上のポリエチレンナフタレート支持体であり、
温度23℃相対湿度50%の環境において、
AlFeSi角柱の傾き角度45°で測定される磁性層表面のAlFeSi摩耗値_{45°}が20μm以上50μm以下であり、かつ
AlFeSi角柱の傾き角度0°、15°、30°および45°でそれぞれ測定される磁性層表面のAlFeSi摩耗値の標準偏差が30μm以下であり、
前記AlFeSi角柱の傾き角度は、AlFeSi角柱の長手方向と磁気テープの幅方向とがなす角度である、磁気テープ。
- [請求項2] 前記AlFeSi摩耗値の標準偏差は、15μm以上30μm以下である、請求項1に記載の磁気テープ。
- [請求項3] 前記磁気テープの長手方向における湾曲量の標準偏差が5mm/m以下である、請求項1に記載の磁気テープ。
- [請求項4] 前記ポリエチレンナフタレート支持体の幅方向のヤング率は、10000MPa以上20000MPa以下である、請求項1に記載の磁気テープ。
- [請求項5] 前記磁性層は、1種以上の非磁性粉末を含む、請求項1に記載の磁気テープ。
- [請求項6] 前記非磁性粉末は、アルミナ粉末を含む、請求項5に記載の磁気テープ。
- [請求項7] 前記非磁性支持体と前記磁性層との間に、非磁性粉末を含む非磁性層を有する、請求項1に記載の磁気テープ。
- [請求項8] 前記非磁性支持体の前記磁性層を有する表面側とは反対の表面側に、非磁性粉末を含むバックコート層を有する、請求項1に記載の磁気テ

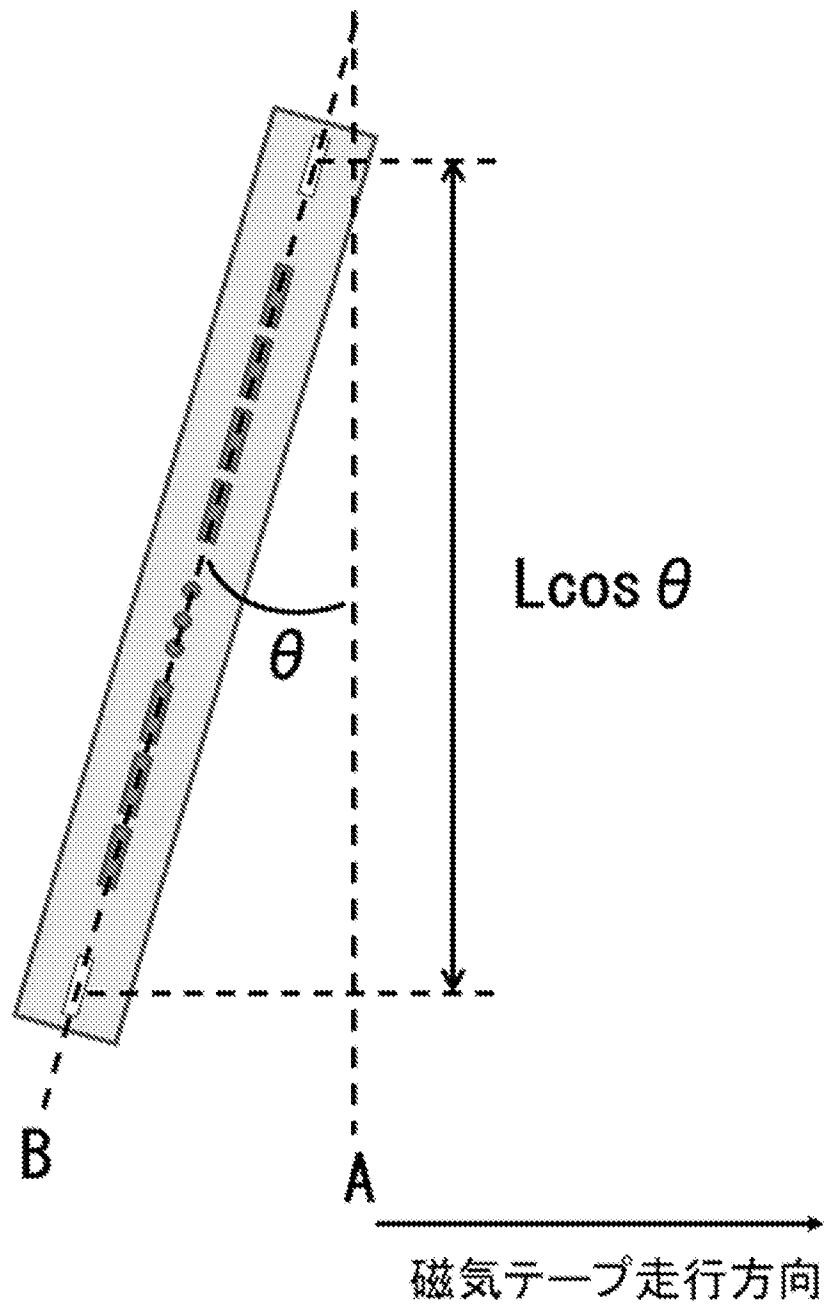
ープ。

- [請求項9] テープ厚みが $5.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の磁気テープ。
- [請求項10] 前記磁気テープの垂直方向角型比は 0.60 以上である、請求項1に記載の磁気テープ。
- [請求項11] 請求項1～10のいずれか1項に記載の磁気テープを含む磁気テープカートリッジ。
- [請求項12] 請求項1～10のいずれか1項に記載の磁気テープを含む磁気テープ装置。
- [請求項13] 磁気ヘッドを更に含み、
前記磁気ヘッドは、一対のサーボ信号読み取り素子の間に複数の磁気ヘッド素子を有する素子アレイを含むモジュールを有し、
前記磁気テープ装置は、前記磁気テープ装置内での磁気テープの走行中、前記磁気テープの幅方向に対して前記素子アレイの軸線がなす角度 θ を変化させる、請求項12に記載の磁気テープ装置。

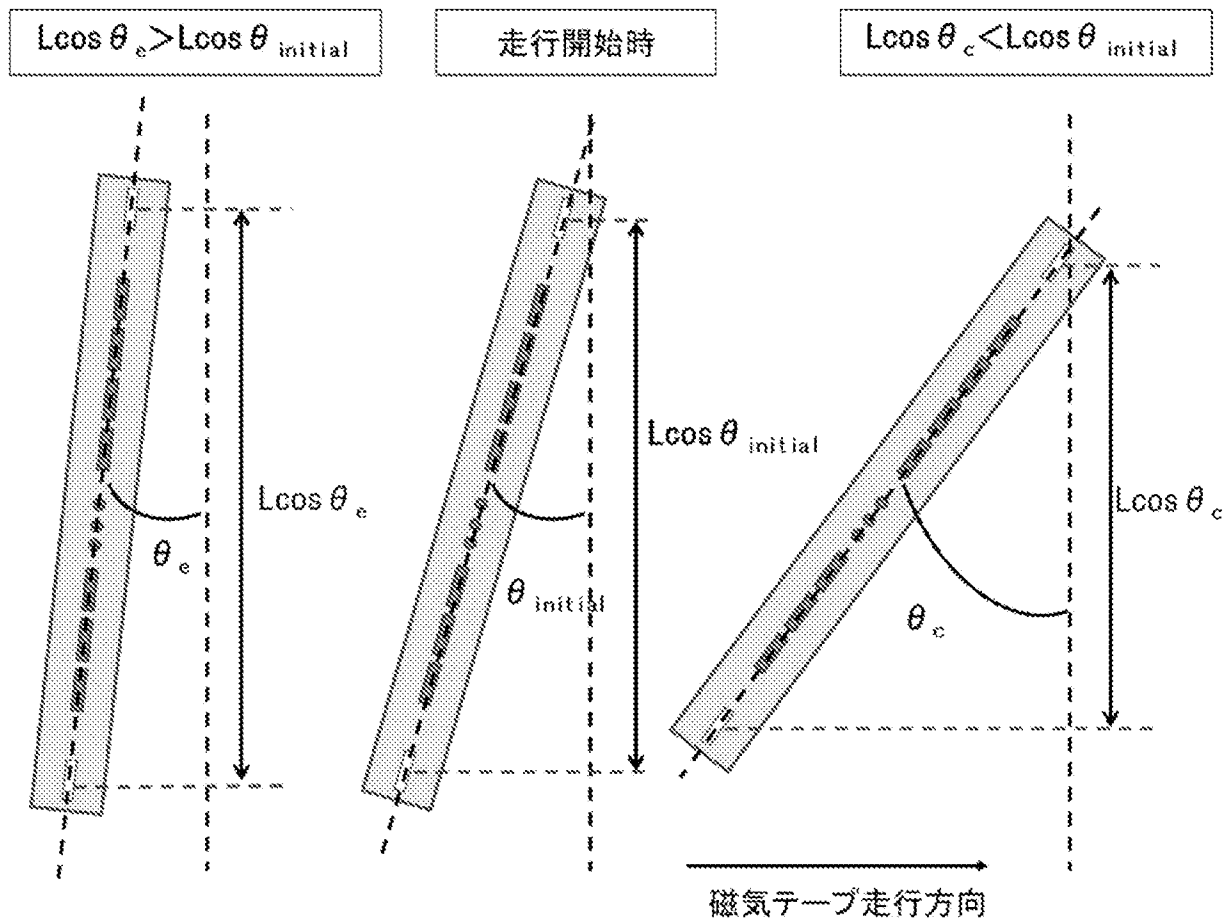
[図1]



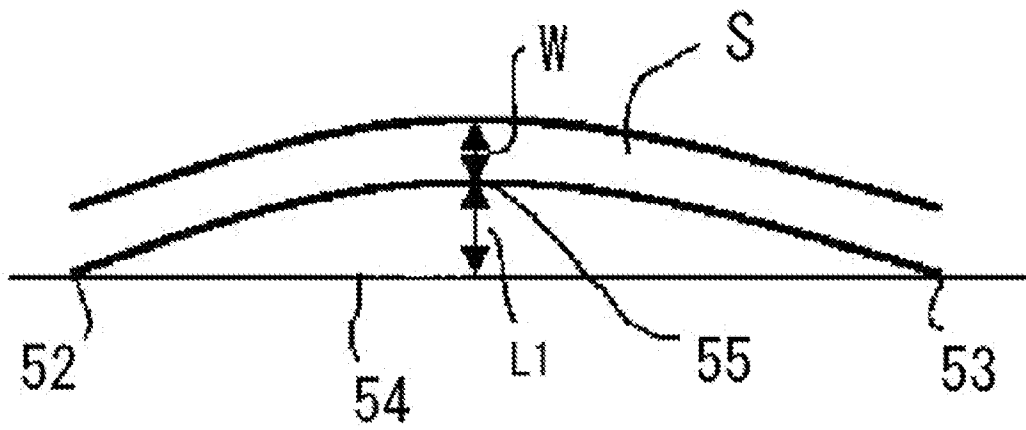
[図2]



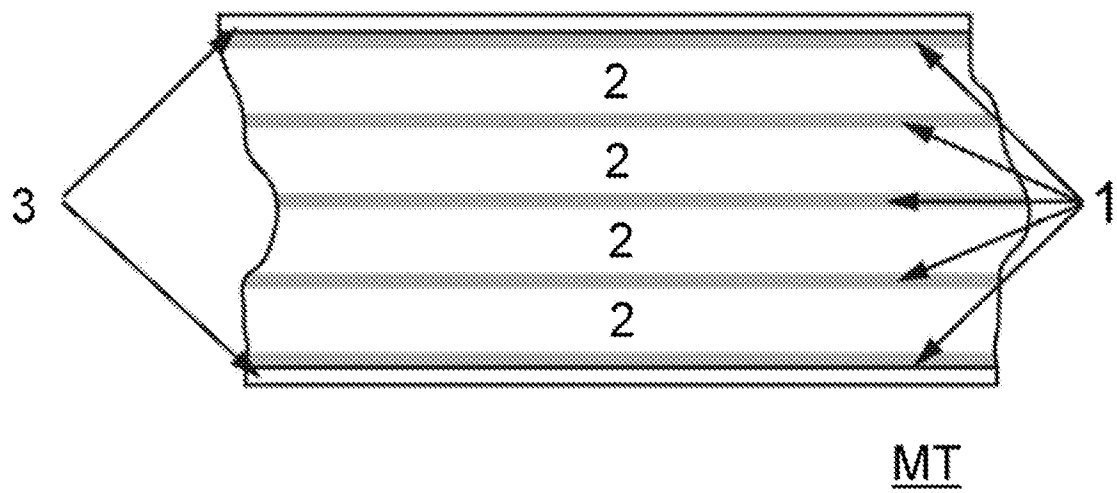
[図3]



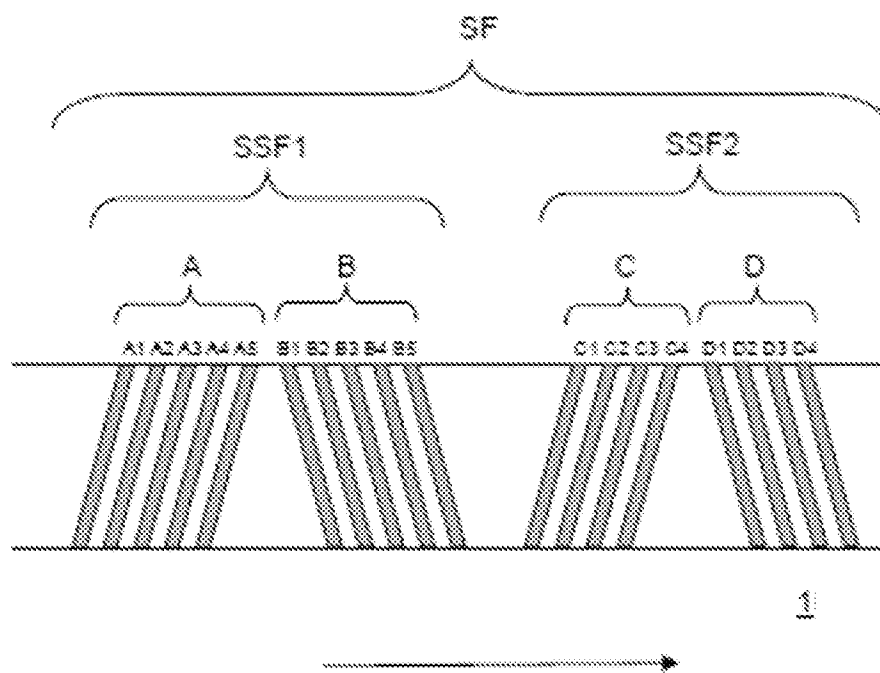
[図4]



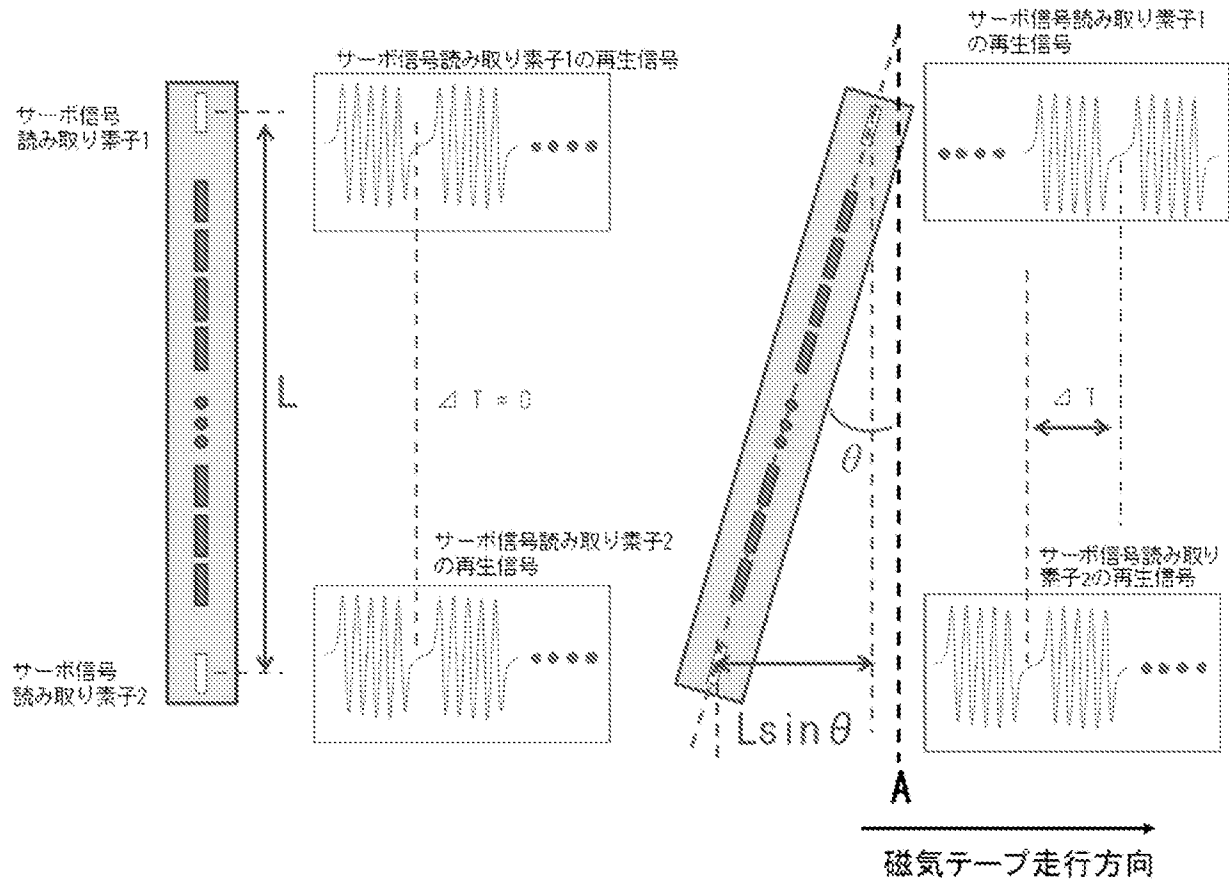
[図5]



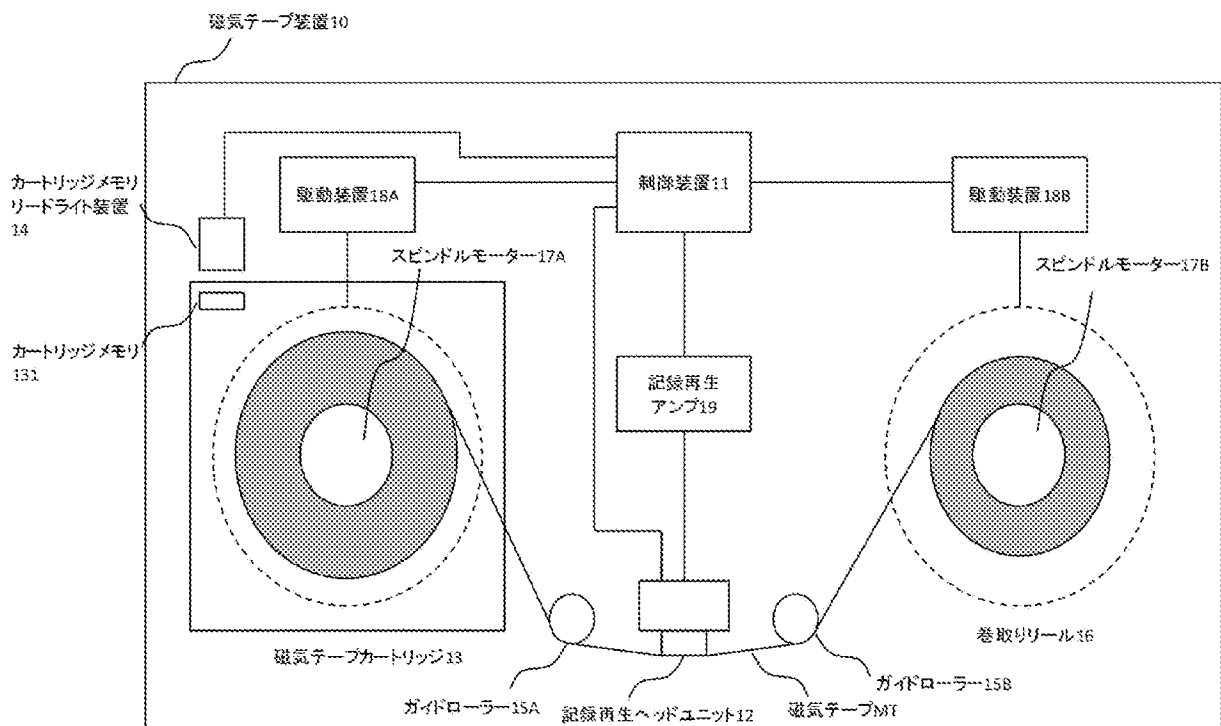
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/043998

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G11B 5/70</i> (2006.01)i; <i>G11B 5/008</i> (2006.01)i; <i>G11B 5/584</i> (2006.01)i; <i>G11B 5/708</i> (2006.01)i; <i>G11B 5/73</i> (2006.01)i; <i>G11B 5/735</i> (2006.01)i; <i>G11B 5/78</i> (2006.01)i; <i>G11B 5/84</i> (2006.01)i; <i>G11B 21/10</i> (2006.01)i; <i>G11B 23/107</i> (2006.01)i FI: G11B5/70; G11B5/008 Z; G11B5/584; G11B5/708; G11B5/73; G11B5/735; G11B5/78; G11B5/84 A; G11B5/84 C; G11B21/10 W; G11B23/107 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G11B5/70; G11B5/008; G11B5/584; G11B5/708; G11B5/73; G11B5/735; G11B5/78; G11B5/84; G11B21/10; G11B23/107 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P, A</td> <td>JP 2022-127014 A (FUJIFILM CORP.) 31 August 2022 (2022-08-31) entire text, all drawings</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2004-288332 A (HITACHI MAXELL LTD.) 14 October 2004 (2004-10-14) paragraphs [0016], [0017], [0054], [0055]</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2006-277838 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 12 October 2006 (2006-10-12) entire text, all drawings</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2001-93138 A (SONY CORP.) 06 April 2001 (2001-04-06) paragraph [0019]</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2002-367151 A (SONY CORP.) 20 December 2002 (2002-12-20) paragraph [0060], fig. 1</td> <td>1-13</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	P, A	JP 2022-127014 A (FUJIFILM CORP.) 31 August 2022 (2022-08-31) entire text, all drawings	1-13	A	JP 2004-288332 A (HITACHI MAXELL LTD.) 14 October 2004 (2004-10-14) paragraphs [0016], [0017], [0054], [0055]	1-13	A	JP 2006-277838 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 12 October 2006 (2006-10-12) entire text, all drawings	1-13	A	JP 2001-93138 A (SONY CORP.) 06 April 2001 (2001-04-06) paragraph [0019]	1-13	A	JP 2002-367151 A (SONY CORP.) 20 December 2002 (2002-12-20) paragraph [0060], fig. 1	1-13
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
P, A	JP 2022-127014 A (FUJIFILM CORP.) 31 August 2022 (2022-08-31) entire text, all drawings	1-13																		
A	JP 2004-288332 A (HITACHI MAXELL LTD.) 14 October 2004 (2004-10-14) paragraphs [0016], [0017], [0054], [0055]	1-13																		
A	JP 2006-277838 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 12 October 2006 (2006-10-12) entire text, all drawings	1-13																		
A	JP 2001-93138 A (SONY CORP.) 06 April 2001 (2001-04-06) paragraph [0019]	1-13																		
A	JP 2002-367151 A (SONY CORP.) 20 December 2002 (2002-12-20) paragraph [0060], fig. 1	1-13																		
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																				
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family																				
Date of the actual completion of the international search 02 February 2023		Date of mailing of the international search report 14 February 2023																		
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/043998

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2022-127014	A	31 August 2022	US 2022/0270644 A1 entire text, all drawings	
JP	2004-288332	A	14 October 2004	(Family: none)	
JP	2006-277838	A	12 October 2006	(Family: none)	
JP	2001-93138	A	06 April 2001	(Family: none)	
JP	2002-367151	A	20 December 2002	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G11B 5/70(2006.01)i; G11B 5/008(2006.01)i; G11B 5/584(2006.01)i; G11B 5/708(2006.01)i; G11B 5/73(2006.01)i; G11B 5/735(2006.01)i; G11B 5/78(2006.01)i; G11B 5/84(2006.01)i; G11B 21/10(2006.01)i; G11B 23/107(2006.01)i FI: G11B5/70; G11B5/008 Z; G11B5/584; G11B5/708; G11B5/73; G11B5/735; G11B5/78; G11B5/84 A; G11B5/84 C; G11B21/10 W; G11B23/107																				
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G11B5/70; G11B5/008; G11B5/584; G11B5/708; G11B5/73; G11B5/735; G11B5/78; G11B5/84; G11B21/10; G11B23/107 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年										
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年																			
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年																			
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年																			
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P, A</td> <td>JP 2022-127014 A（富士フイルム株式会社）31.08.2022（2022 - 08 - 31） 全文、全図</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2004-288332 A（日立マクセル株式会社）14.10.2004（2004 - 10 - 14） [0016]-[0017], [0054]-[0055]</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2006-277838 A（富士写真フイルム株式会社）12.10.2006（2006 - 10 - 12） 全文、全図</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2001-93138 A（ソニー株式会社）06.04.2001（2001 - 04 - 06） [0019]</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2002-367151 A（ソニー株式会社）20.12.2002（2002 - 12 - 20） [0060], 図1</td> <td>1-13</td> </tr> </tbody> </table> ☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。 * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	P, A	JP 2022-127014 A（富士フイルム株式会社）31.08.2022（2022 - 08 - 31） 全文、全図	1-13	A	JP 2004-288332 A（日立マクセル株式会社）14.10.2004（2004 - 10 - 14） [0016]-[0017], [0054]-[0055]	1-13	A	JP 2006-277838 A（富士写真フイルム株式会社）12.10.2006（2006 - 10 - 12） 全文、全図	1-13	A	JP 2001-93138 A（ソニー株式会社）06.04.2001（2001 - 04 - 06） [0019]	1-13	A	JP 2002-367151 A（ソニー株式会社）20.12.2002（2002 - 12 - 20） [0060], 図1	1-13
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																		
P, A	JP 2022-127014 A（富士フイルム株式会社）31.08.2022（2022 - 08 - 31） 全文、全図	1-13																		
A	JP 2004-288332 A（日立マクセル株式会社）14.10.2004（2004 - 10 - 14） [0016]-[0017], [0054]-[0055]	1-13																		
A	JP 2006-277838 A（富士写真フイルム株式会社）12.10.2006（2006 - 10 - 12） 全文、全図	1-13																		
A	JP 2001-93138 A（ソニー株式会社）06.04.2001（2001 - 04 - 06） [0019]	1-13																		
A	JP 2002-367151 A（ソニー株式会社）20.12.2002（2002 - 12 - 20） [0060], 図1	1-13																		
国際調査を完了した日 02.02.2023		国際調査報告の発送日 14.02.2023																		
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 松元 伸次 5C 9563 電話番号 03-3581-1101 内線 3541																		

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/043998

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2022-127014	A	31.08.2022	US 2022/0270644 A1 全文、全図	
JP	2004-288332	A	14.10.2004	(ファミリーなし)	
JP	2006-277838	A	12.10.2006	(ファミリーなし)	
JP	2001-93138	A	06.04.2001	(ファミリーなし)	
JP	2002-367151	A	20.12.2002	(ファミリーなし)	