

(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
2021年2月25日(25.02.2021)



(10) 国際公開番号

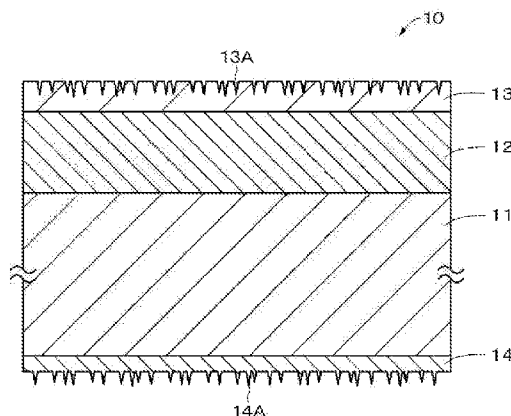
WO 2021/033339 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/70 (2006.01) *G11B 5/71* (2006.01)
G11B 5/65 (2006.01) *G11B 5/712* (2006.01)
G11B 5/706 (2006.01) *G11B 5/78* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/041183
- (22) 国際出願日: 2019年10月18日(18.10.2019)
- (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 2019-149508 2019年8月16日(16.08.2019) JP
特願 2019-185508 2019年10月8日(08.10.2019) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山鹿 実(YAMAGA Minoru); 〒1080075 東京都港区港南1-7-1 ソニーストレージメディアソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP).
関口 昇(SEKIGUCHI Noboru); 〒1080075 東京都港区港南1-7-1 ソニーストレージメディアソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 渡邊 薫 (WATANABE Kaoru); 〒1080014 東京都港区高輪2丁目20番29号 サクセス泉岳寺ビル3階 薫風国際特許事務所 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 磁気記録媒体

[図1]



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to provide a magnetic recording medium having excellent traveling stability and a thin overall thickness. The present technology provides a tape-like magnetic recording medium that includes a magnetic layer, an underlayer, a base layer, and a back layer, wherein: a servo pattern is recorded in the magnetic layer; a statistical value σ_{SW} which indicates the nonlinearity of a servo band and which can be acquired from a reproduction waveform of a servo signal of the servo pattern, is 24 nm or less; the base layer includes polyester as a main component; the average thickness t_T of the magnetic recording medium is 5.6 μm or less; the magnetic recording medium includes a lubricant; the magnetic recording medium has formed therein pores; and an average diameter of the pores of the magnetic recording medium is 6-11 nm when measured in a state where the lubricant is removed from the magnetic recording medium and the medium is dried.

MA, MD, ME, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (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, 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, 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).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：走行安定性に優れており且つ全厚が薄い磁気記録媒体を提供することを目的とする。本技術は、磁性層、下地層、ベース層、及びバック層を含み、前記磁性層にサーボパターンが記録されており、当該サーボパターンのサーボ信号の再生波形から得られる、サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{SW} が24 nm以下であり、前記ベース層は、ポリエステルを主たる成分として含み、磁気記録媒体の平均厚み t_T が5.6 μ m以下であり、前記磁気記録媒体は潤滑剤を含み、且つ前記磁気記録媒体に細孔が形成されており、前記磁気記録媒体の細孔の平均直径は、前記磁気記録媒体から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定したときに、6 nm以上11 nm以下である、テープ状の磁気記録媒体を提供する。

明 細 書

発明の名称：磁気記録媒体

技術分野

[0001] 本技術は、磁気記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 例えばIoT、ビッグデータ、及び人工知能などの発展に伴い、収集及び保存されるデータの量が大幅に増加している。大量のデータを記録するための媒体として、しばしば磁気記録媒体が用いられる。

[0003] 磁気記録媒体に関して、これまでに種々の技術が提案されている。例えば下記特許文献1には、非磁性支持体の少なくとも一主面上に、少なくとも結合剤と磁性粉末とを含有する磁性層を有する磁気記録媒体に関する技術が開示されている。当該磁気記録媒体は、前記磁性層の膜厚が $0.12\mu\text{m}$ 以下であり、前記磁性層形成面の表面の二乗平均表面粗さ（ R_q ）が 4.0nm 以下であり、且つ、前記磁性層形成面の表面プロファイルにおける歪度（ S_k ：Skewness）が -1 以上 $+1$ 以下であることを特徴とする。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-65953号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 磁気記録媒体は、例えば磁気記録カートリッジに收容される。磁気記録カートリッジ1つ当たりの記録容量をさらに増やすために、磁気記録カートリッジに收容される磁気記録媒体（例えば磁気記録テープ）をより薄くして（全厚を低減して）、磁気記録カートリッジ1つ当たりのテープ長を増加させることが考えられる。しかしながら、全厚の薄い磁気記録媒体は走行安定性に劣る場合がある。そこで、本技術は、走行安定性に優れた全厚の薄い磁気記録媒体を提供することを主目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本技術は、磁性層、下地層、ベース層、及びバック層を含み、
- 前記磁性層にサーボパターンが記録されており、当該サーボパターンのサーボ信号の再生波形から得られる、サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{sw} が24 nm以下であり、
- 前記ベース層は、ポリエステルを主たる成分として含み、
- 磁気記録媒体の平均厚み t_T が5.6 μm 以下であり、
- 前記磁気記録媒体は潤滑剤を含み、且つ
- 前記磁気記録媒体に細孔が形成されており、当該細孔の平均直径は、前記磁気記録媒体から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定したときに、6 nm以上11 nm以下である、テープ状の磁気記録媒体を提供する。
- 前記磁気記録媒体は、垂直方向における角形比が65%以上であってよい。
- 前記磁気記録媒体の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a が2.5 nm以下であってよい。
- 前記磁性層の平均厚み t_m が80 nm以下でありうる。
- 本技術の好ましい実施態様に従い、前記磁気記録媒体は、
- 垂直方向における角形比が65%以上であり、
- 前記磁気記録媒体の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a が2.5 nm以下であり、且つ、
- 前記磁性層の平均厚み t_m が80 nm以下でありうる。
- 前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉が六方晶フェライト、 ϵ 酸化鉄、又はCo含有スピネルフェライトを含みうる。
- 前記六方晶フェライトが、Ba及びSrのうちの少なくとも1種を含み、且つ、前記 ϵ 酸化鉄が、Al及びGaのうちの少なくとも1種を含みうる。
- 本技術の一つの実施態様に従い、前記磁気記録媒体の長手方向に0.4 Nの張力を加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッドとの間の動摩擦係数 μ_A と、前記磁気記録媒体の長手方向に1.2 Nの張力を

加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッドとの間の動摩擦係数 μ_B との摩擦係数比(μ_B/μ_A)が1.0~2.0でありうる。

本技術の一つの実施態様に従い、長手方向に0.6Nの張力を加えた状態にある前記磁気記録媒体を、磁気ヘッド上を5往復摺動させた場合の5往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ と、当該磁気ヘッド上を1000往復させた場合の1000往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(1000)}$ との摩擦係数比($\mu_{C(1000)}/\mu_{C(5)}$)が1.0~2.0でありうる。

前記潤滑剤は、脂肪酸及び／又は脂肪酸エステルを含みうる。

前記脂肪酸が下記一般式(1)又は(2)で示される化合物を含み、且つ、前記脂肪酸エステルが下記一般式(3)又は(4)で示される化合物を含みうる。



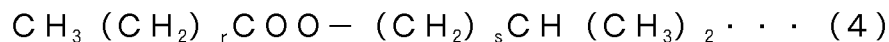
(但し、前記一般式(1)において、kは14以上22以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、前記一般式(2)において、nとmとの和は12以上20以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、前記一般式(3)において、pは14以上22以下の範囲から選ばれる整数であり、qは2以上5以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、前記一般式(4)において、rは14以上22以下の範囲から選ばれる整数であり、sは1以上3以下の範囲から選ばれる整数である。)

前記磁気記録媒体は、長手方向における保磁力 H_c が20000e以下であってよい。

前記統計値 σ_{SW} は23nm以下でありうる。

前記統計値 σ_{SW} は10nm以上23nm以下でありうる。

前記細孔の平均直径は6nm以上10nm以下でありうる。

前記細孔の平均直径は7 nm以上9 nm以下でありうる。

前記ベース層の平均厚みは4.2 μ m以下でありうる。

前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉の平均アスペクト比が1.0以上3.5以下でありうる。

前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉の平均粒子サイズが50 nm以下でありうる。

また、本技術は、前記テープ状の磁気記録媒体がリールに巻き取られた状態で磁気記録カートリッジ内に收容されており、且つ、（当該磁気記録媒体の巻内側のサーボトラック幅）－（当該磁気記録媒体の巻外側のサーボトラック幅） $>0 \mu$ mである、磁気記録カートリッジも提供する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本技術に従う磁気記録媒体の一例の断面の模式図である。

[図2]磁気記録媒体に設けられるデータバンド及びサーボバンドの例を示す図である。

[図3]サーボバンドにおけるサーボパターンの例を示す図である。

[図4]サーボバンドにおけるサーボパターンの例を示す図である。

[図5]磁性粒子の構成を示す断面図である。

[図6]変形例における磁性粒子の構成を示す断面図である。

[図7]磁性面と磁気ヘッドとの間の摩擦係数の測定方法を説明するための図である。

[図8]記録再生装置の構成を示す概略図である。

[図9]変形例の磁気記録媒体の断面の模式図である。

[図10]磁性層のTEM写真の例である。

[図11]統計値 σ_{SW} の測定において用いられるヘッドユニットの模式図である。

[図12]本技術の実施例において用いられたサーボトラックライタの模式図である。

[図13]本技術の実施例において用いられたサーボ信号書込ヘッドの模式図である。

[図14]カートリッジの構成の一例を示す分解斜視図である。

[図15]カートリッジメモリの構成の一例を示すブロック図である。

[図16]サーボトラック幅のずれ量の測定位置を示す模式図である。

[図17]サーボトラック幅のずれ量を測定する方法を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本技術を実施するための好適な形態について説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本技術の代表的な実施形態を示したものであり、本技術の範囲がこれらの実施形態のみに限定されることはない。

[0009] 本技術について、以下の順序で説明を行う。

1. 本技術の説明
2. 本技術の実施形態（塗布型の磁気記録媒体の例）
 - （1）磁気記録媒体の構成
 - （2）各層の説明
 - （3）物性及び構造
 - （4）磁気記録媒体の製造方法
 - （5）記録再生装置
 - （6）カートリッジ
 - （7）効果
 - （8）変形例
3. 実施例

[0010] 1. 本技術の説明

[0011] 本発明者らは、全厚が薄い種々の磁気記録媒体について検討した。その結果、本発明者らは、特定の構成を有する磁気記録媒体が、全厚が薄いにもかかわらず走行安定性に優れていることを見出した。すなわち、本技術に従う磁気記録媒体は、磁性層、下地層、ベース層、及びバック層を含み、前記磁性層にサーボパターンが記録されており、当該サーボパターンのサーボ信号の再生波形から得られる、サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{sw} が24 nm以下であり、前記ベース層は、ポリエステルを主たる成分として含み、磁

気記録媒体の平均厚み t_T が $5.6 \mu m$ 以下であり、前記磁気記録媒体は潤滑剤を含み、且つ前記磁気記録媒体に細孔が形成されており、当該細孔の平均直径は、前記磁気記録媒体から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定したときに、 $6 nm$ 以上 $11 nm$ 以下である。

[0012] 前記数値範囲内の平均直径を有する細孔及び前記数値範囲内の標準偏差 σ_{SW} が、走行安定性の向上に貢献する。標準偏差 σ_{SW} が高すぎる場合は、サーボバンドの直線性が低く、サーボ信号の読み取りにおいて支障が生じうる。また、標準偏差 σ_{SW} が上記上限値以下であっても、前記平均直径が前記数値範囲外である場合は、走行安定性が悪化しうる。

また、前記数値範囲内の平均直径を有する細孔は、前記潤滑剤による走行安定性を向上させるために適している。前記数値範囲内の平均直径を有する細孔によって、走行安定性を高めるために適した量の潤滑剤が磁性層側表面に現れるためであると考えられる。

[0013] 本技術に従う磁気記録媒体の前記統計値 σ_{SW} は $24 nm$ 以下であり、より好ましくは $23 nm$ 以下である。前記統計値 σ_{SW} がこの数値範囲内にあることによって、磁気記録媒体の走行安定性が向上しうる。

また、本技術に従う磁気記録媒体の前記統計値 σ_{SW} は、例えば $10 nm$ 以上であり、好ましくは $13 nm$ 以上であり、より好ましくは $15 nm$ 以上でありうる。

[0014] 本技術に従う磁気記録媒体は細孔を有し、且つ、当該細孔の平均直径は、前記磁気記録媒体から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定したときに、 $6 nm$ 以上 $11 nm$ 以下である。当該平均直径は、好ましくは $10 nm$ 以下、より好ましくは $9 nm$ 以下である。当該平均直径は、好ましくは $6.5 nm$ 以上、より好ましくは $7 nm$ 以上、さらにより好ましくは $7.5 nm$ 以上、特に好ましくは $8 nm$ 以上である。前記平均直径は、より好ましくは $6 nm$ 以上 $10 nm$ 以下、より好ましくは $6.5 nm$ 以上 $10 nm$ 以下、さらにより好ましくは $7 nm$ 以上 $9 nm$ 以下である。平均細孔直径が上記数値範囲内にあることによって、磁気記録媒体の走行安定性が向上する。平均細孔

直径が上記数値範囲外にある場合、磁気記録媒体とドライブとの間の摩擦が磁気記録媒体の走行に伴い徐々に上昇し、走行安定性が悪化する。当該細孔は、例えば当該磁気記録媒体の表面に形成されていてよく、より特には磁性層側の表面に形成されていてよい。当該細孔は、例えば磁性層に存在するものであってよい。磁性層に存在する細孔は、磁性層だけに形成されていてよく、又は、磁性層に形成された細孔が他の層に及ぶものであってよく、例えば下地層に及ぶものであってよい。

[0015] 本技術に従う磁気記録媒体の平均厚み t_f は、 $5.6 \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $5.3 \mu\text{m}$ 以下であり、さらにより好ましくは $5.2 \mu\text{m}$ 以下、 $5.0 \mu\text{m}$ 以下又は $4.6 \mu\text{m}$ 以下でありうる。本技術に従う磁気記録媒体の全厚はこのように薄いものであるので、例えば1つの磁気記録カートリッジ中に巻き取られるテープ長をより長くすることができ、これにより1つの磁気記録カートリッジ当たりの記録容量を高めることができる。

本技術に従う磁気記録媒体の幅は、例えば $5\text{mm} \sim 30\text{mm}$ であり、特に $7\text{mm} \sim 25\text{mm}$ であり、より特には $10\text{mm} \sim 20\text{mm}$ 、さらにより特には $11\text{mm} \sim 19\text{mm}$ でありうる。本技術に従うテープ状磁気記録媒体の長さは、例えば $500\text{m} \sim 1500\text{m}$ でありうる。例えば LTO8 規格に従うテープ幅は 12.65mm であり、長さは 960m である。

[0016] 本技術に従う磁気記録媒体はテープ状であり、例えば長尺状の磁気記録テープでありうる。本技術に従うテープ状磁気記録媒体は、例えば磁気記録カートリッジ内に收容されていてよい。より具体的には、当該磁気記録カートリッジ内のリールに巻き付けられた状態で、当該カートリッジ内に收容されていてよい。

[0017] 本技術に従う磁気記録媒体は、磁性層、下地層、ベース層、及びバック層を備えている。これら4層は、この順に積層されていてよい。本技術に従う磁気記録媒体は、これらの層に加えて、他の層を含んでいてよい。当該他の層は、磁気記録媒体の種類に応じて適宜選択されてよい。本技術に従う磁気記録媒体は、例えば塗布型の磁気記録媒体でありうる。前記塗布型の磁気記

録媒体について、以下2. においてより詳細に説明する。

[0018] 本技術の好ましい実施態様に従い、前記磁気記録媒体は、垂直方向における角形比が65%以上であり、前記磁気記録媒体の磁性層側表面の表面粗度 R_a が2.5nm以下であり、且つ、前記磁性層の平均厚み t_m が80nm以下でありうる。これにより、薄い磁気記録媒体における記録再生特性が向上する。

[0019] 本技術の一つの実施態様において、前記磁気記録媒体は、リールに巻き取られた状態で磁気記録カートリッジ内に收容されていてよい。すなわち、本技術は、前記磁気記録媒体を含み且つ当該磁気記録媒体がリールに巻き取られた状態で收容されている磁気記録カートリッジも提供する。この実施態様において、好ましくは、（当該磁気記録媒体の巻内側のサーボトラック幅）－（当該磁気記録媒体の巻外側のサーボトラック幅） $>0\mu m$ である。本明細書内以下において、（当該磁気記録媒体の巻内側のサーボトラック幅）－（当該磁気記録媒体の巻外側のサーボトラック幅）を、「巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差」ともいう。巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差は、好ましくは $0.01\mu m$ 以上、より好ましくは $0.02\mu m$ 以上、さらにより好ましくは $0.05\mu m$ 以上である。巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差は、例えば、 $0.10\mu m$ 以上、 $0.15\mu m$ 以上、又は $0.20\mu m$ 以上であってもよい。当該差の測定方法及び当該差を算出するために用いられるサーボトラック幅のずれ量の測定方法について、以下2. の（3）において説明する。

[0020] 巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差が上記数値範囲内にあることは、特に、長尺状の磁気記録媒体の長手方向のテンションを調整することによって当該磁気記録媒体の幅を一定又はほぼ一定に保つことができる記録再生装置において使用される磁気記録媒体にとって好ましい。当該記録再生装置は、例えば磁気記録媒体の幅方向の寸法又は寸法変化を検知し、検知結果に基づき長手方向のテンションを調整する。当該テンション調整によって、磁気記録媒体がリールに巻き取られた際にしわが生じるという、当該テンシ

ョン調整に特有の現象が生じうる。当該現象は、特に当該テンションが緩められる場合に起こりうる。

巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差が上記数値範囲内にあることによって、カートリッジ内のリールに巻き取られた磁気記録媒体（特には当該磁気記録媒体のうちリールにより近い部分）にしわが発生することを防ぐことができる。当該しわは、例えば巻ずれ又は走行時のトラックずれなどをもたらしうるところ、当該しわに起因するこれらの現象の発生も本技術により防ぐことができる。

[0021] 上記しわの発生の抑制について、以下でより詳細に説明する。

長尺状の磁気記録媒体の長手方向のテンションを調整することによって当該磁気記録媒体の幅を一定又はほぼ一定に保つことができる記録再生装置は、例えばサーボトラック幅に応じて長手方向のテンションを調整する。当該装置は、例えば、サーボトラック幅が所定の幅より広い場合は長手方向のテンションを高めて、サーボトラック幅を一定に保ち、サーボトラック幅が当該所定の幅より狭い場合は長手方向のテンションを弱めて、サーボトラック幅を一定に保つ。このようにして磁気記録媒体の幅が一定に保たれる。

巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差が負の値であるということは、巻内側のサーボトラック幅が巻外側のサーボトラック幅よりも狭いことを意味する。当該差が負の値である場合、磁気記録媒体のうち、例えば磁気記録カートリッジのリールに接続されている端部（以下「リール接続端部」ともいう）側の半分の領域内にサーボトラック幅が最も狭い部分が存在するなど、リール接続端部に近い領域のサーボトラック幅が、その反対側の端部（以下「外側端部」ともいう）に近い領域のサーボトラック幅よりも狭くなる。そのため、磁気記録カートリッジ内のリールに磁気記録媒体を巻き取る場合に、サーボトラック幅を一定に保つために、リール接続端部に近い領域の巻き取りにおいて適用される長手方向のテンションはより弱く、外側端部に近い領域の巻き取りにおいて適用される長手方向のテンションはより強い。その結果、磁気記録媒体のうち、リール接続端部に近い領域が、外側端部に近

い領域よりも弱い張力でリールに巻き取られる。このように磁気記録媒体が巻き取られると、リール接続端部に近い領域においてしわが生じる現象が発生しうる。当該しわは、例えば巻ずれ及び走行時のトラックずれなどを引き起こしうる。当該しわが生じる現象は、巻き取られた状態が短時間継続する場合は起こりにくい、当該状態が長時間継続する場合に起こりやすい。例えば、磁気記録再生装置内のリールに磁気記録媒体が巻き取られることがあるが、当該装置内のリールに巻き取られた状態は通常は短時間しか継続しないので、当該現象は発生しない。一方で、磁気記録カートリッジ内のリールに巻き取られた状態は、当該カートリッジが長期保存される場合に特に長い時間継続する。そのため、磁気記録カートリッジ内の磁気記録媒体について、当該現象が起こりうる。

巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差が正の値であること（すなわち巻内側のサーボトラック幅が巻外側のサーボトラック幅よりも広いこと）により、リール接続端部に近い領域のサーボトラック幅が、外側端部に近い領域のサーボトラック幅よりも広くなる。そのため、磁気記録カートリッジ内のリールに磁気記録媒体を巻き取る場合に、サーボトラック幅を一定に保つために、リール接続端部に近い領域の巻き取りにおいて適用される長手方向のテンションがより強く、外側端部に近い領域の巻き取りにおいて適用される長手方向のテンションはより弱い。その結果、磁気記録媒体は、リール接続端部に近い領域が、外側端部に近い領域よりも強い張力でリールに巻き取られる。このように磁気記録媒体が巻き取られることで、リール接続端部に近い領域においてしわが寄る現象を防ぐことができる。

[0022] 巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差は、例えば $0.5\ \mu\text{m}$ 以下であってよく、好ましくは $0.4\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $0.3\ \mu\text{m}$ 以下であってよい。巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差が上記上限値以下であることによって、テンション調整により磁気記録媒体の幅を一定に保つことを、より容易に行うことができる。

[0023] 2. 本技術の実施形態（塗布型の磁気記録媒体の例）

[0024] (1) 磁気記録媒体の構成

[0025] まず、図1を参照して、第1の実施形態に係る磁気記録媒体10の構成について説明する。磁気記録媒体10は、例えば垂直配向処理を施した磁気記録媒体であって、図1に示すように、長尺状のベース層（基体ともいう）11と、ベース層11の一方の主面上に設けられた下地層（非磁性層）12と、下地層12上に設けられた磁性層（記録層ともいう）13と、ベース層11の他方の主面上に設けられたバック層14とを備える。本明細書内において、磁気記録媒体10の両主面のうち、磁性層13が設けられた側の面を磁性面又は磁性層側表面ともいい、当該磁性面とは反対側の面（バック層14が設けられた側の面）をバック面ともいう。

[0026] 磁気記録媒体10はテープ状であり、記録再生の際には長手方向に走行される。また、磁気記録媒体10は、好ましくは100nm以下、より好ましくは75nm以下、更により好ましくは60nm以下、特に好ましくは50nm以下の最短記録波長で信号を記録可能に構成されていてよく、例えば最短記録波長が上記範囲内にある記録再生装置に用いられうる。この記録再生装置は、記録用ヘッドとしてリング型ヘッドを備えるものであってもよい。記録トラック幅は、例えば2μm以下でありうる。

[0027] (2) 各層の説明

[0028] (ベース層)

[0029] ベース層11は、磁気記録媒体10の支持体として機能しうるものであり、例えば可撓性を有する長尺状の非磁性基体であり、特に非磁性のフィルムでありうる。ベース層11の厚みは、例えば8μm以下、好ましくは7μm以下、より好ましくは6μm以下、さらにより好ましくは5μm以下、特に好ましくは4.2μm以下である。ベース層11の厚みは、例えば2μm以上、好ましくは2.2μm以上、より好ましくは2.5μm以上、さらにより好ましくは2.6μm以上でありうる。

ベース層11の平均厚みは以下のようにして求められる。まず、1/2インチ幅の磁気記録媒体10を準備し、それを250mmの長さに切り出し、

サンプルを作製する。続いて、サンプルのベース層 1 1 以外の層（すなわち下地層 1 2、磁性層 1 3 及びバック層 1 4）を MEK（メチルエチルケトン）または希塩酸等の溶剤で除去する。次に、測定装置として Mitutoyo 社製レーザーホログージ（LGH-110C）を用いて、サンプル（ベース層 1 1）の厚みを 5 点以上の位置で測定し、それらの測定値を単純に平均（算術平均）して、ベース層 1 1 の平均厚みを算出する。なお、測定位置は、サンプルから無作為に選ばれるものとする。

[0030] ベース層 1 1 は、例えば、ポリエステルを主たる成分として含む。前記ポリエステルは、例えば、PET（ポリエチレンテレフタレート）、PEN（ポリエチレンナフタレート）、PBT（ポリブチレンテレフタレート）、PBN（ポリブチレンナフタレート）、PCT（ポリシクロヘキシレンジメチレンテレフタレート）、PEB（ポリエチレン-p-オキシベンゾエート）、及びポリエチレンビスフェノキシカルボキシレートの中の 1 種又は 2 種以上の混合物であってよい。本明細書内において、「主たる成分」とは、ベース層を構成する成分のうち最も含有割合が高い成分であることを意味する。例えばベース層 1 1 の主たる成分がポリエステルであることは、ベース層 1 1 中のポリエステルの含有割合が例えばベース層 1 1 の質量に対して 50 質量%以上、60 質量%以上、70 質量%以上、80 質量%以上、90 質量%以上、95 質量%以上、若しくは 98 質量%以上であることを意味してよく、又は、ベース層 1 1 がポリエステルのみから構成されることを意味してもよい。

この実施態様において、ベース層 1 1 は、ポリエステルに加えて、以下で述べるポリエステル以外の樹脂を含んでもよい。

本技術の好ましい実施態様に従い、ベース層 1 1 は、PET 又は PEN から形成されてよい。

[0031] 本技術の他の実施態様において、ベース層 1 1 は、ポリエステル以外の樹脂から形成されていてもよい。ベース層 1 1 を形成する樹脂は、例えばポリオレフィン系樹脂、セルロース誘導体、ビニル系樹脂、及びその他の高分子

樹脂のうちの少なくとも1種を含みうる。ベース層11は、これら樹脂のうちの2種以上を含む場合、それらの2種以上の材料は混合されていてもよいし、共重合されていてもよいし、又は積層されていてもよい。

[0032] ポリオレフィン系樹脂は、例えば、PE（ポリエチレン）及びPP（ポリプロピレン）のうちの少なくとも1種を含む。セルロース誘導体は、例えば、セルロースジアセテート、セルローストリアセテート、CAB（セルロースアセテートブチレート）、及びCAP（セルロースアセテートプロピオネート）のうちの少なくとも1種を含む。ビニル系樹脂は、例えば、PVC（ポリ塩化ビニル）及びPVDC（ポリ塩化ビニリデン）のうちの少なくとも1種を含む。

[0033] その他の高分子樹脂は、例えば、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、PA（ポリアミド、ナイロン）、芳香族PA（芳香族ポリアミド、アラミド）、PI（ポリイミド）、芳香族PI（芳香族ポリイミド）、PAI（ポリアミドイミド）、芳香族PAI（芳香族ポリアミドイミド）、PBO（ポリベンゾオキサゾール、例えばザイロン（登録商標））、ポリエーテル、PEK（ポリエーテルケトン）、ポリエーテルエステル、PES（ポリエーテルサルフォン）、PEI（ポリエーテルイミド）、PSF（ポリスルフォン）、PPS（ポリフェニレンスルフィド）、PC（ポリカーボネート）、PAR（ポリアリレート）、及びPU（ポリウレタン）のうちの少なくとも1種を含む。

[0034] （磁性層）

[0035] 磁性層13は、例えば垂直記録層でありうる。磁性層13は、磁性粉及び潤滑剤を含みうる。磁性層13は、磁性粉及び潤滑剤に加えて、例えば結着剤を含んでよく、特には結着剤及び導電性粒子をさらに含んでよい。磁性層13は、必要に応じて、例えば研磨剤及び防錆剤などの添加剤をさらに含んでいてもよい。

[0036] 磁性層13は細孔を有する。すなわち、磁性層13は、多数の細孔が設けられた表面を有する。好ましくは、磁性層13のうち、磁気記録媒体10の

記録及び／又は再生において磁気ヘッドと接触する領域に細孔が設けられており、特に好ましくは、当該領域の全体にわたって細孔が設けられていてよい。

当該細孔は、磁性層 13 の表面に対して垂直に開口してよい。当該細孔は、例えば、磁気記録媒体 10 のバック層側表面に設けられた多数の突部を押し当てることにより形成されうる。この場合、当該細孔は、当該突部に対応するものでありうる。

なお、図 1 において当該細孔が符号 13A により示されているが、図 1 は、本技術のより良い理解のための模式図であり、図 1 に示される細孔 13A の形状は、必ずしも実際の形状を示すものでない。

[0037] 磁性層 13 の平均厚み t_m は、好ましくは $35\text{ nm} \leq t_m \leq 120\text{ nm}$ であり、より好ましくは $35\text{ nm} \leq t_m \leq 100\text{ nm}$ であり、特に好ましくは $35\text{ nm} \leq t_m \leq 90\text{ nm}$ でありうる。磁性層 13 の平均厚み t_m が上記数値範囲内にあることが、電磁変換特性の向上に貢献する。

特に好ましくは、前記磁性層の平均厚み t_m は 80 nm 以下である。この数値範囲内の平均厚みを有することが、磁気記録媒体 10 の記録再生特性の向上に貢献する。

[0038] 磁性層 13 の平均厚み t_m は、例えば、以下のようにして求められる。

磁気記録媒体 10 を FIB (Focused Ion Beam) 法等により加工して薄片化を行う。FIB 法を使用する場合には、後述の断面の TEM 像を観察する前処理として、保護膜としてカーボン膜及びタングステン薄膜を形成する。当該カーボン膜は蒸着法により磁気記録媒体 10 の磁性層側表面及びバック層側表面に形成され、そして、当該タングステン薄膜は蒸着法又はスパッタリング法により磁性層側表面にさらに形成される。当該薄片化は磁気記録媒体 10 の長さ方向（長手方向）に沿って行われる。すなわち、当該薄片化によって、磁気記録媒体 10 の長手方向及び厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

得られた薄片化サンプルの前記断面を、透過型電子顕微鏡 (Transmission

Electron Microscope : T E M) により、下記の条件で観察し、T E M像を得る。なお、装置の種類に応じて、倍率及び加速電圧は適宜調整されてよい。

装置 : T E M (日立製作所製 H 9 0 0 0 N A R)

加速電圧 : 3 0 0 k V

倍率 : 1 0 0 , 0 0 0 倍

次に、得られた T E M 像を用い、磁気記録媒体 1 0 の長手方向の少なくとも 1 0 点以上の位置で磁性層 1 3 の厚みを測定する。得られた測定値を単純に平均 (算術平均) して得られた平均値を磁性層 1 3 の平均厚み t_m [nm] とする。なお、前記測定が行われる位置は、試験片から無作為に選ばれるものとする。

[0039] 磁性層 1 3 は、好ましくは垂直配向している磁性層である。本明細書内において、垂直配向とは、磁気記録媒体 1 0 の長手方向 (走行方向) に測定した角形比 S_1 が 3 5 % 以下であることをいう。当該角形比 S_1 の測定方法は、以下で別途説明する。

なお、磁性層 1 3 は、面内配向 (長手配向) している磁性層であってもよい。すなわち、磁気記録媒体 1 0 が水平記録型の磁気記録媒体であってもよい。しかしながら、高記録密度化という点で、垂直配向がより好ましい。

[0040] (サーボパターン)

[0041] 磁性層 1 3 には、サーボパターンが記録されている。例えば、図 2 A に示されるとおり、磁性層は、複数のサーボバンド S_B と複数のデータバンド D_B とを有してよい。複数のサーボバンド S_B は、磁気記録媒体 1 0 の幅方向に等間隔で設けられている。隣り合うサーボバンド S_B の間には、データバンド D_B が設けられている。サーボバンド S_B には、磁気ヘッドのトラッキング制御をするためのサーボ信号が予め書き込まれていてよい。データバンド D_B には、ユーザデータが記録されうる。

[0042] 磁性層 1 3 は、例えば少なくとも一つのデータバンドと少なくとも二つのサーボバンドとを有しうる。データバンドの数は例えば 2 ~ 1 0 であり、特に 3 ~ 6、より特には 4 又は 5 でありうる。サーボバンドの数は、例えば

3～11であり、特には4～7であり、より特には5又は6でありうる。これらサーボバンド及びデータバンドは、例えばテープ状の磁気記録媒体（特には長尺状の磁気記録テープ）の長手方向に延びるように、特には略平行となるように配置されていてよい。このようにデータバンド及びサーボバンドを有する磁気記録媒体として、LTO（Linear Tape-Open）規格に従う磁気記録テープを挙げることができる。すなわち、本技術に従う磁気記録媒体は、LTO規格に従う磁気記録テープであってよい。例えば、本技術に従う磁気記録媒体は、LTO8又はそれ以降の規格に従う磁気記録テープであってよい。

[0043] 磁性層13の表面全体の面積 S に対するサーボバンド SB の総面積 S_{SB} の比率 R_s （ $= (S_{SB}/S) \times 100$ ）は、高記録容量を確保する観点から、好ましくは4.0%以下、より好ましくは3.0%以下、さらにより好ましくは2.0%以下である。

なお、サーボバンド SB のサーボバンド幅 W_{SB} は、高記録容量を確保する観点から、好ましくは $95\mu m$ 以下、より好ましくは $60\mu m$ 以下、さらにより好ましくは $30\mu m$ 以下である。サーボバンド幅 W_{SB} は、記録ヘッド製造の観点から、好ましくは $10\mu m$ 以上である。

[0044] 磁性層13は、例えば5以上のサーボバンドを有しうる。5以上のサーボトラックを確保するために、磁性層13の表面の面積 S に対するサーボバンド SB の総面積 S_{SB} の割合 R_s は、好ましくは0.8%以上でありうる。

[0045] 磁性層13の表面全体の面積 S に対するサーボバンド SB の総面積 S_{SB} の比率 R_s は、以下のようにして求められる。例えば、磁気記録媒体10を、フェリコロイド現像液（株式会社シグマハイケミカル製、シグマーカーQ）を用いて現像し、その後、現像した磁気記録媒体10を光学顕微鏡で観察し、サーボバンド幅 W_{SB} およびサーボバンド SB の本数を測定する。次に、以下の式から割合 R_s を求める。

割合 R_s [%] = $\left((W_{SB} \times \text{サーボバンド本数}) / (\text{磁気記録媒体10の幅}) \right) \times 100$

[0046] 磁性層13は、図2Bに示すように、データバンドDBに複数のデータトラックTkを形成可能に構成されている。この場合、データトラック幅 W_{Tk} は、高記録容量を確保する観点から、好ましくは $2.0\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1.5\mu\text{m}$ 以下、さらにより好ましくは $1.0\mu\text{m}$ 以下である。データトラック幅 W_{Tk} は、磁性粒子サイズの観点から、好ましくは $0.02\mu\text{m}$ 以上である。データトラック幅 W_{Tk} は以下のようにして求められる。例えば、データが全面に記録された磁性層13のデータバンド部分のデータ記録パターンを磁気力顕微鏡（Magnetic Force Microscope：MFM）を用いて観察し、MFM像を得る。MFMとしてはDigital Instruments社製Dimension3100とその解析ソフトが用いられる。当該MFM像の測定領域は $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ とし、当該 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ の測定領域は $512 \times 512 (= 262, 144)$ 個の測定点に分割される。場所の異なる3つの $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 測定領域についてMFMによる測定が行われ、すなわち3つのMFM像が得られる。得られた3つのMFM像から、Dimension3100に付属の解析ソフトを用いて、トラック幅を10ヶ所測定し平均値（単純平均である）をとる。当該平均値が、データトラック幅 W_{Tk} である。なお、前記MFMの測定条件は掃引速度： 1Hz 、使用チップ：MFMR-20、リフトハイト： 20nm 、補正：Flatten order 3である。

[0047] 磁性層13は、高記録容量を確保する観点から、磁化反転間距離Lの最小値が好ましくは 48nm 以下、より好ましくは 44nm 以下、さらにより好ましくは 40nm 以下となるように、データを記録可能に構成されている。磁化反転間距離Lの最小値は、磁性粒子サイズによって考慮される。磁化反転間距離Lの最小値は以下のようにして求められる。例えば、データが全面に記録された磁性層13のデータバンド部分のデータ記録パターンを磁気力顕微鏡（Magnetic Force Microscope：MFM）を用いて観察し、MFM像を得る。MFMとしてはDigital Instruments社製Dimension3100とその解析ソフトが用いられる。当該MFM像の測定領域は $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ とし、当該 $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ の測定領域は $512 \times 512 (= 262, 144)$ 個の測定点

に分割される。場所の異なる3つの $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 測定領域についてMFMによる測定が行われ、すなわち3つのMFM像が得られる。得られたMFM像の記録パターンの二次元の凹凸チャートからビット間距離を50個測定する。当該ビット間距離の測定は、Dimension3100に付属の解析ソフトを用いて行われる。測定された50個のビット間距離のおよそ最大公約数となる値を磁化反転間距離Lの最小値とする。なお、測定条件は掃引速度：1Hz、使用チップ：MFMR-20、リフトハイト：20nm、補正：Flatten order 3である。

[0048] 本技術の磁気記録媒体の磁性層13に記録されるサーボパターンのより具体的な例を以下で図3及び図4を参照して説明する。図3は、磁気記録媒体10の磁性層13に形成されるデータバンド及びサーボバンドの模式図である。図4は、各サーボバンドが有するサーボパターンを示す図である。

図3に示されるとおり、磁性層13は4つのデータバンドd0～d3を有する。磁性層13は、各データバンドを2つのサーボバンドで挟むように、合計で5つのサーボバンドS0～S4を有する。

図4に示されるとおり、各サーボバンドは、所定角度 ϕ で傾斜する直線状の5本のサーボパターン（例えばサーボパターンA1～A5）と、この信号と逆方向に同じ角度で傾斜する直線状の5本のサーボパターン（例えばサーボパターンB1～B5）と、所定角度 ϕ で傾斜する直線状の4本のサーボパターン（例えばサーボパターンC1～C4）と、この信号と逆方向に同じ角度で傾斜する直線状の4本のサーボパターン（例えばサーボパターンD1～D4）と、からなるフレーム単位（1サーボフレーム）を繰り返し有する。前記所定角度 ϕ は、例えば $5^\circ \sim 25^\circ$ であり、特には $11^\circ \sim 25^\circ$ でありうる。

サーボバンドS0～S4それぞれのサーボバンド幅L1（図3参照）は、例えば $100\mu\text{m}$ 以下、特には $60\mu\text{m}$ 以下、より特には $50\mu\text{m}$ 以下であり、さらには $40\mu\text{m}$ 以下であってもよい。サーボバンド幅L1は、例えば $15\mu\text{m}$ 以上、特には $25\mu\text{m}$ 以上であってもよい。

[0049] (磁性粉)

[0050] 磁性層 13 に含まれる磁性粉をなす磁性粒子として、例えば六方晶フェライト、イプシロン型酸化鉄 (ϵ 酸化鉄)、Co 含有スピネルフェライト、ガンマヘマタイト、マグネタイト、二酸化クロム、コバルト被着酸化鉄、及びメタル (金属) などを挙げることができるが、これらに限定されない。前記磁性粉は、これらのうちの 1 種であってよく、又は、2 種以上の組合せであってもよい。好ましくは、前記磁性粉は、六方晶フェライト、 ϵ 酸化鉄、又は Co 含有スピネルフェライトを含みうる。特に好ましくは、前記磁性粉は、六方晶フェライトである。前記六方晶フェライトは、特に好ましくは Ba 及び Sr のうちの少なくとも 1 種を含みうる。前記 ϵ 酸化鉄は、特に好ましくは Al 及び Ga のうちの少なくとも 1 種を含みうる。これらの磁性粒子については、例えば磁性層 13 の製造方法、テープの規格、及びテープの機能などの要因に基づいて当業者により適宜選択されてよい。

[0051] 磁性粒子の形状は、磁性粒子の結晶構造に依拠している。例えば、バリウムフェライト (BaFe) 及びストロンチウムフェライトは六角板状でありうる。 ϵ 酸化鉄は球状でありうる。コバルトフェライトは立方状でありうる。メタルは紡錘状でありうる。磁気記録媒体 10 の製造工程においてこれらの磁性粒子が配向される。

磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは 50 nm 以下、より好ましくは 40 nm 以下、さらにより好ましくは 30 nm 以下、25 nm 以下、22 nm 以下、21 nm 以下、又は 20 nm 以下でありうる。前記平均粒子サイズは、例えば 10 nm 以上、好ましくは 12 nm 以上でありうる。

磁性粉の平均アスペクト比は、好ましくは 1.0 以上 3.5 以下、より好ましくは 1.0 以上 3.1 以下、さらにより好ましくは 1.0 以上 2.8 以下、特に好ましくは 1.1 以上 2.5 以下でありうる。

[0052] (磁性粉が六方晶フェライトを含む実施態様)

[0053] 本技術の好ましい実施態様に従い、磁性粉は六方晶フェライトを含み、より特には六方晶フェライトを含有するナノ粒子 (以下「六方晶フェライト粒

子」という。)の粉末を含みうる。六方晶フェライト粒子は、例えば、六角板状又はほぼ六角板状を有する。六方晶フェライトは、好ましくはBa、Sr、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種、より好ましくはBa及びSrのうちの少なくとも1種を含みうる。六方晶フェライトは、具体的には例えばバリウムフェライト又はストロンチウムフェライトであってもよい。バリウムフェライトは、Ba以外に、Sr、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種をさらに含んでいてもよい。ストロンチウムフェライトは、Sr以外に、Ba、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種をさらに含んでいてもよい。

[0054] より具体的には、六方晶フェライトは、一般式 $MFe_{12}O_{19}$ で表される平均組成を有しうる。ここで、Mは、例えばBa、Sr、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種の金属、好ましくはBa及びSrのうちの少なくとも1種の金属である。Mが、Baと、Sr、Pb、及びCaからなる群より選ばれる1種以上の金属との組み合わせであってもよい。また、Mが、Srと、Ba、Pb、及びCaからなる群より選ばれる1種以上の金属との組み合わせであってもよい。上記一般式においてFeの一部が他の金属元素で置換されていてもよい。

[0055] 磁性粉が六方晶フェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは50nm以下、より好ましくは40nm以下、さらにより好ましくは30nm以下、25nm以下、22nm以下、21nm以下、又は20nm以下でありうる。前記平均粒子サイズは、例えば10nm以上、好ましくは12nm以上、より好ましくは15nm以上でありうる。例えば、前記磁性粉の平均粒子サイズは、10nm以上50nm以下、10nm以上40nm以下、12nm以上30nm以下、12nm以上25nm以下、又は15nm以上22nm以下でありうる。磁性粉の平均粒子サイズが上記上限値以下である場合（例えば50nm以下、特には30nm以下である場合）、高記録密度の磁気記録媒体10において、良好な電磁変換特性（例えばC/N）を得ることができる。磁性粉の平均粒子サイズが上記下限値以上

である場合（例えば10nm以上、好ましくは12nm以上である場合）、磁性粉の分散性がより向上し、より優れた電磁変換特性（例えばC/N）を得ることができる。

[0056] 磁性粉が六方晶フェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均アスペクト比は、好ましくは1以上2.5以下、より好ましくは1以上2.1以下、さらにより好ましくは1以上1.8以下でありうる。磁性粉の平均アスペクト比が上記数値範囲内にあることによって、磁性粉の凝集を抑制することができ、さらに、磁性層13の形成工程において磁性粉を垂直配向させる際に、磁性粉に加わる抵抗を抑制することができる。これは、磁性粉の垂直配向性を向上もたらしうる。

[0057] 磁性粉が六方晶フェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均粒子サイズおよび平均アスペクト比は以下のようにして求められる。

まず、測定対象となる磁気記録媒体10をFIB（Focused Ion Beam）法等により加工して薄片化を行う。FIB法を使用する場合には、後述の断面のTEM像を観察する前処理として、保護膜としてカーボン膜及びタングステン薄膜を形成する。当該カーボン膜は蒸着法により磁気記録媒体10の磁性層側表面及びバック層側表面に形成され、そして、当該タングステン薄膜は蒸着法又はスパッタリング法により磁性層側表面にさらに形成される。当該薄片化は磁気記録媒体10の長さ方向（長手方向）に沿って行われる。すなわち、当該薄片化によって、磁気記録媒体10の長手方向及び厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

得られた薄片サンプルの前記断面を、透過電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ社製H-9500）を用いて、加速電圧：200kV、総合倍率500,000倍で磁性層13の厚み方向に対して磁性層13全体が含まれるように断面観察を行い、TEM写真を撮影する。

次に、撮影したTEM写真から、観察面の方向に側面を向けており且つ粒子の厚みが明らかに確認できる粒子を50個選び出す。例えば、図10にTEM写真の例を示す。図10において、例えばa及びdで示される粒子が、

その厚みを明らかに確認できるので、選択される。選択された50個の粒子それぞれの最大板厚 DA を測定する。このようにして求めた最大板厚 DA を単純に平均（算術平均）して平均最大板厚 DA_{ave} を求める。

続いて、各磁性粉の板径 DB を測定する。粒子の板径 DB を測定するために、撮影したTEM写真から、粒子の板径が明らかに確認できる粒子を50個選び出す。例えば、図10において、例えばb及びcで示される粒子が、その板径を明らかに確認できるので、選択される。選択された50個の粒子それぞれの板径 DB を測定する。このようにして求めた板径 DB を単純平均（算術平均）して平均板径 DB_{ave} を求める。平均板径 DB_{ave} が、平均粒子サイズである。

そして、平均最大板厚 DA_{ave} 及び平均板径 DB_{ave} から粒子の平均アスペクト比（ DB_{ave}/DA_{ave} ）を求める。

[0058] 磁性粉が六方晶フェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは 5900 nm^3 以下、より好ましくは 500 nm^3 以上 3400 nm^3 以下、さらにより好ましくは 1000 nm^3 以上 2500 nm^3 以下である。

磁性粉の平均粒子体積が上記上限値以下である場合（例えば 5900 nm^3 以下である場合）、高記録密度の磁気記録媒体10において、良好な電磁変換特性（例えば C/N ）を得ることができる。磁性粉の平均粒子体積が上記下限値以上である場合（例えば 500 nm^3 以上である場合）、磁性粉の分散性がより向上し、より優れた電磁変換特性（例えば C/N ）を得ることができる。

[0059] 磁性粉の平均粒子体積は以下のようにして求められる。まず、上記の磁性粉の平均粒子サイズの算出方法に関して述べたとおり、平均最大板厚 DA_{ave} および平均板径 DB_{ave} を求める。次に、以下の式により、磁性粉の平均体積 V を求める。

$$V = \frac{3\sqrt{3}}{8} \times DA_{ave} \times DB_{ave} \times DB_{ave}$$

[0060] 本技術の特に好ましい実施態様に従い、前記磁性粉は、バリウムフェライト磁性粉又はストロンチウムフェライト磁性粉であり、より好ましくはバリウムフェライト磁性粉でありうる。バリウムフェライト磁性粉は、バリウムフェライトを主相とする鉄酸化物の磁性粒子（以下「バリウムフェライト粒子」という。）を含む。バリウムフェライト磁性粉は、例えば高温多湿環境でも抗磁力が落ちないなど、データ記録の信頼性が高い。このような観点から、バリウムフェライト磁性粉は、前記磁性粉として好ましい。

[0061] バリウムフェライト磁性粉の平均粒子サイズは、50 nm以下、より好ましくは10 nm以上40 nm以下、さらにより好ましくは12 nm以上25 nm以下である。

[0062] 磁性層13が磁性粉としてバリウムフェライト磁性粉を含む場合、磁性層13の平均厚み t_m [nm] が、 $35\text{ nm} \leq t_m \leq 100\text{ nm}$ であることが好ましく、特に好ましくは80 nm以下である。

また、磁気記録媒体10の厚み方向（垂直方向）に測定した保磁力 H_c が、好ましくは 160 kA/m 以上 280 kA/m 以下、より好ましくは 165 kA/m 以上 275 kA/m 以下、更により好ましくは 170 kA/m 以上 270 kA/m 以下である。

[0063] （磁性粉が ϵ 酸化鉄を含む実施態様）

[0064] 本技術の他の好ましい実施態様に従い、前記磁性粉は、好ましくは ϵ 酸化鉄を含むナノ粒子（以下「 ϵ 酸化鉄粒子」という。）の粉末を含みうる。 ϵ 酸化鉄粒子は微粒子でも高保磁力を得ることができる。 ϵ 酸化鉄粒子に含まれる ϵ 酸化鉄は、磁気記録媒体10の厚み方向（垂直方向）に優先的に結晶配向していることが好ましい。

[0065] ϵ 酸化鉄粒子は、球状若しくはほぼ球状を有しているか、又は、立方体状若しくはほぼ立方体状を有している。 ϵ 酸化鉄粒子が上記のような形状を有しているため、磁性粒子として ϵ 酸化鉄粒子を用いた場合、磁性粒子として六角板状のバリウムフェライト粒子を用いた場合に比べて、媒体の厚み方向における粒子同士の接触面積を低減し、粒子同士の凝集を抑制できる。した

がって、磁性粉の分散性を高め、より良好なS N R (Signal-to-Noise Ratio) を得ることができる。

[0066] ϵ 酸化鉄粒子は、コアシェル型構造を有する。具体的には、 ϵ 酸化鉄粒子は、図5に示すように、コア部21と、このコア部21の周囲に設けられた2層構造のシェル部22とを備える。2層構造のシェル部22は、コア部21上に設けられた第1シェル部22aと、第1シェル部22a上に設けられた第2シェル部22bとを備える。

[0067] コア部21は、 ϵ 酸化鉄を含む。コア部21に含まれる ϵ 酸化鉄は、 ϵ - Fe_2O_3 結晶を主相とするものが好ましく、単相の ϵ - Fe_2O_3 からなるものがより好ましい。

[0068] 第1シェル部22aは、コア部21の周囲のうちの少なくとも一部を覆っている。具体的には、第1シェル部22aは、コア部21の周囲を部分的に覆っていてもよいし、コア部21の周囲全体を覆っていてもよい。コア部21と第1シェル部22aの交換結合を十分なものとし、磁気特性を向上する観点からすると、コア部21の表面全体を覆っていることが好ましい。

[0069] 第1シェル部22aは、いわゆる軟磁性層であり、例えば、 α -Fe、Ni-Fe合金又はFe-Si-Al合金などの軟磁性体を含みうる。 α -Feは、コア部21に含まれる ϵ 酸化鉄を還元することにより得られるものであってもよい。

[0070] 第2シェル部22bは、酸化防止層としての酸化被膜である。第2シェル部22bは、 α 酸化鉄、酸化アルミニウム、又は酸化ケイ素を含みうる。 α 酸化鉄は、例えば Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 、及びFeOのうちの少なくとも1種の酸化鉄を含みうる。第1シェル部22aが α -Fe（軟磁性体）を含む場合には、 α 酸化鉄は、第1シェル部22aに含まれる α -Feを酸化することにより得られるものであってもよい。

[0071] ϵ 酸化鉄粒子が、上述のように第1シェル部22aを有することで、熱安定性を確保することができ、これによりコア部21単体の保磁力Hcを大きな値に保ちつつ且つ／又は ϵ 酸化鉄粒子（コアシェル粒子）全体としての保

磁力 H_c を記録に適した保磁力 H_c に調整できる。また、 ϵ 酸化鉄粒子が、上述のように第2シェル部22bを有することで、磁気記録媒体10の製造工程及びその工程前において、 ϵ 酸化鉄粒子が空气中に暴露されて、粒子表面に錆びなどが発生することにより、 ϵ 酸化鉄粒子の特性が低下することを抑制することができる。したがって、磁気記録媒体10の特性劣化を抑制することができる。

[0072] ϵ 酸化鉄粒子は、図6に示されるとおり、単層構造のシェル部23を有していてもよい。この場合、シェル部23は、第1シェル部22aと同様の構成を有する。但し、 ϵ 酸化鉄粒子の特性劣化を抑制する観点からすると、 ϵ 酸化鉄粒子が2層構造のシェル部22を有していることがより好ましい。

[0073] ϵ 酸化鉄粒子は、コアシェル構造に代えて添加剤を含んでいてもよく、又は、コアシェル構造を有すると共に添加剤を含んでいてもよい。これらの場合、 ϵ 酸化鉄粒子のFeの一部が添加剤で置換される。 ϵ 酸化鉄粒子が添加剤を含むことによっても、 ϵ 酸化鉄粒子全体の保磁力 H_c を記録に適した保磁力 H_c に調整できるため、記録容易性を向上することができる。添加剤は、鉄以外の金属元素、好ましくは3価の金属元素、より好ましくはアルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）、及びインジウム（In）からなる群より選ばれる1種以上である。

具体的には、添加剤を含む ϵ 酸化鉄は、 $\epsilon - Fe_{2-x}M_xO_3$ 結晶（ここで、Mは鉄以外の金属元素、好ましくは3価の金属元素、より好ましくは、Al、Ga、及びInからなる群より選ばれる1種以上である。xは、例えば $0 < x < 1$ である。）である。

[0074] 磁性粉の平均粒子サイズ（平均最大粒子サイズ）は、好ましくは22nm以下、より好ましくは8nm以上22nm以下、さらにより好ましくは12nm以上22nm以下である。磁気記録媒体10では、記録波長の $1/2$ のサイズの領域が実際の磁化領域となる。このため、磁性粉の平均粒子サイズを最短記録波長の半分以下に設定することで、良好なS/Nを得ることができる。したがって、磁性粉の平均粒子サイズが22nm以下であると、高記

録密度の磁気記録媒体 10（例えば 44 nm 以下の最短記録波長で信号を記録可能に構成された磁気記録媒体 10）において、良好な電磁変換特性（例えば S/N R）を得ることができる。一方、磁性粉の平均粒子サイズが 8 nm 以上であると、磁性粉の分散性がより向上し、より優れた電磁変換特性（例えば S/N R）を得ることができる。

[0075] 磁性粉の平均アスペクト比が、好ましくは 1.0 以上 3.5 以下、より好ましくは 1.0 以上 3.1 以下、さらにより好ましくは 1.0 以上 2.5 以下である。磁性粉の平均アスペクト比が 1.0 以上 3.5 以下の範囲内であると、磁性粉の凝集を抑制することができると共に、磁性層 13 の形成工程において磁性粉を垂直配向させる際に、磁性粉に加わる抵抗を抑制することができる。したがって、磁性粉の垂直配向性を向上することができる。

[0076] 磁性粉が ϵ 酸化鉄粒子を含む場合、磁性粉の平均粒子サイズおよび平均アスペクト比は、以下のようにして求められる。

[0077] まず、測定対象となる磁気記録媒体 10 を FIB（Focused Ion Beam）法等により加工して薄片化を行う。FIB 法を使用する場合には、後述の断面の TEM 像を観察する前処理として、保護膜としてカーボン膜及びタングステン薄膜を形成する。当該カーボン膜は蒸着法により磁気記録媒体 10 の磁性層側表面及びバック層側表面に形成され、そして、当該タングステン薄膜は蒸着法又はスパッタリング法により磁性層側表面にさらに形成される。薄片化は磁気記録媒体 10 の長さ方向（長手方向）に沿うかたちで行って行われる。すなわち、当該薄片化によって、磁気記録媒体 10 の長手方向及び厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

得られた薄片サンプルの前記断面を、透過電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ社製 H-9500）を用いて、加速電圧：200kV、総合倍率 500,000 倍で磁性層 13 の厚み方向に対して磁性層 13 全体が含まれるように断面観察を行い、TEM 写真を撮影する。

次に、撮影した TEM 写真から、粒子の形状を明らかに確認することができる 50 個の粒子を選び出し、各粒子の長軸長 DL と短軸長 DS を測定する

。ここで、長軸長 D_L とは、各粒子の輪郭に接するように、あらゆる角度から引いた2本の平行線間の距離のうち最大のもの（いわゆる最大フェレ径）を意味する。一方、短軸長 D_S とは、粒子の長軸（ D_L ）と直交する方向における粒子の長さのうち最大のものを意味する。

続いて、測定した50個の粒子の長軸長 D_L を単純に平均（算術平均）して平均長軸長 $D_{L_{ave}}$ を求める。このようにして求めた平均長軸長 $D_{L_{ave}}$ を磁性粉の平均粒子サイズとする。また、測定した50個の粒子の短軸長 D_S を単純に平均（算術平均）して平均短軸長 $D_{S_{ave}}$ を求める。そして、平均長軸長 $D_{L_{ave}}$ および平均短軸長 $D_{S_{ave}}$ から粒子の平均アスペクト比（ $D_{L_{ave}}/D_{S_{ave}}$ ）を求める。

[0078] 磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは 5500 nm^3 以下、より好ましくは 270 nm^3 以上 5500 nm^3 以下、さらにより好ましくは 900 nm^3 以上 5500 nm^3 以下である。磁性粉の平均粒子体積が 5500 nm^3 以下であると、磁性粉の平均粒子サイズを 22 nm 以下とする場合と同様の効果が得られる。一方、磁性粉の平均粒子体積が 270 nm^3 以上であると、磁性粉の平均粒子サイズを 8 nm 以上とする場合と同様の効果が得られる。

[0079] ϵ 酸化鉄粒子が球状またはほぼ球状を有している場合には、磁性粉の平均粒子体積は以下のようにして求められる。まず、上記の磁性粉の平均粒子サイズの算出方法と同様にして、平均長軸長 $D_{L_{ave}}$ を求める。次に、以下の式により、磁性粉の平均体積 V を求める。

$$V = (\pi/6) \times D_{L_{ave}}^3$$

[0080] ϵ 酸化鉄粒子が立方体状の形状を有している場合、磁性粉の平均体積は以下のようにして求められる。

磁気記録媒体10をFIB（Focused Ion Beam）法等により加工して薄片化を行う。FIB法を使用する場合には、後述の断面のTEM像を観察する前処理として、保護膜としてカーボン膜及びタングステン薄膜を形成する。当該カーボン膜は蒸着法により磁気記録媒体10の磁性層側表面及びバック層側表面に形成され、そして、当該タングステン薄膜は蒸着法又はスパッタ

リング法により磁性層側表面にさらに形成される。当該薄片化は磁気記録媒体 10 の長さ方向（長手方向）に沿って行われる。すなわち、当該薄片化によって、磁気記録媒体 10 の長手方向及び厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

得られた薄片サンプルを透過電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ社製H-9500）を用いて、加速電圧：200kV、総合倍率500,000倍で磁性層 13 の厚み方向に対して磁性層 13 全体が含まれるように断面観察を行い、TEM写真を得る。なお、装置の種類に応じて、倍率及び加速電圧は適宜調整されてよい。

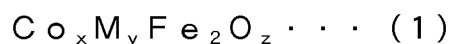
次に、撮影したTEM写真から粒子の形状が明らかである50個の粒子を選び出し、各粒子の辺の長さDCを測定する。続いて、測定した50個の粒子の辺の長さDCを単純に平均（算術平均）して平均辺長 DC_{ave} を求める。次に、平均辺長 DC_{ave} を用いて以下の式から磁性粉の平均体積 V_{ave} （粒子体積）を求める。

$$V_{ave} = DC_{ave}^3$$

[0081] （磁性粉がCo含有スピネルフェライトを含む実施態様）

[0082] 本技術のさらに他の好ましい実施態様に従い、磁性粉は、Co含有スピネルフェライトを含有するナノ粒子（以下「コバルトフェライト粒子」ともいう）の粉末を含みうる。すなわち、当該磁性粉は、コバルトフェライト磁性粉でありうる。コバルトフェライト粒子は、一軸結晶異方性を有することが好ましい。コバルトフェライト磁性粒子は、例えば、立方体状又はほぼ立方体状を有している。Co含有スピネルフェライトは、Co以外にNi、Mn、Al、Cu、及びZnからなる群より選ばれる1種以上をさらに含んでもよい。

[0083] コバルトフェライトは、例えば以下の式（1）で表される平均組成を有する。



（但し、式（1）中、Mは、例えば、Ni、Mn、Al、Cu、及びZnか

らなる群より選ばれる1種以上の金属である。 x は、 $0.4 \leq x \leq 1.0$ の範囲内の値である。 y は、 $0 \leq y \leq 0.3$ の範囲内の値である。但し、 x 及び y は $(x + y) \leq 1.0$ の関係を満たす。 z は $3 \leq z \leq 4$ の範囲内の値である。 Fe の一部が他の金属元素で置換されていてもよい。)

[0084] コバルトフェライト磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは25 nm以下、より好ましくは23 nm以下である。コバルトフェライト磁性粉の保磁力 H_c は、好ましくは25000 e以上、より好ましくは26000 e以上35000 e以下である。

[0085] 磁性粉がコバルトフェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは25 nm以下、より好ましくは10 nm以上23 nm以下である。磁性粉の平均粒子サイズが25 nm以下であると、高記録密度の磁気記録媒体10において、良好な電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。一方、磁性粉の平均粒子サイズが10 nm以上であると、磁性粉の分散性がより向上し、より優れた電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。磁性粉がコバルトフェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均アスペクト比及び平均粒子サイズは、磁性粉が ϵ 酸化鉄粒子を含む場合と同じ方法で求められる。

[0086] 磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは15000 nm³以下、より好ましくは1000 nm³以上12000 nm³以下である。磁性粉の平均粒子体積が15000 nm³以下であると、磁性粉の平均粒子サイズを25 nm以下とする場合と同様の効果が得られる。一方、磁性粉の平均粒子体積が1000 nm³以上であると、磁性粉の平均粒子サイズを10 nm以上とする場合と同様の効果が得られる。なお、磁性粉の平均粒子体積は、 ϵ 酸化鉄粒子が立方体状の形状を有している場合の平均粒子体積の算出方法と同じである。

[0087] (潤滑剤)

[0088] 前記磁性層は、潤滑剤を含む。前記潤滑剤は、例えば脂肪酸及び／又は脂肪酸エステルから選ばれる1種又は2以上であってよく、好ましくは脂肪酸及び脂肪酸エステルの両方を含むうる。前記磁性層が潤滑剤を含むことが、

特には前記磁性層が脂肪酸及び脂肪酸エステルの両方を含むことが、磁気記録媒体の走行安定性の向上に貢献する。より特には、前記磁性層が潤滑剤を含み且つ細孔を有することによって、良好な走行安定性が達成される。当該走行安定性の向上は、磁気記録媒体の磁性層側表面の動摩擦係数が前記潤滑剤により、磁気記録媒体の走行に適した値へ調整されるためと考えられる。

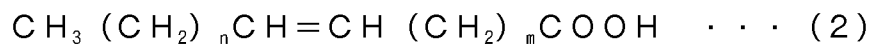
[0089] 前記脂肪酸は、好ましくは下記の一般式（１）又は（２）により示される化合物であってよい。例えば、前記脂肪酸として下記の一般式（１）により示される化合物及び一般式（２）により示される化合物の一方が含まれていてよく又は両方が含まれていてもよい。

また、前記脂肪酸エステルは、好ましくは下記一般式（３）又は（４）により示される化合物であってよい。例えば、前記脂肪酸エステルとして下記の一般式（３）により示される化合物及び一般式（４）により示される化合物の一方が含まれていてよく又は両方が含まれていてもよい。

前記潤滑剤が、一般式（１）に示される化合物及び一般式（２）に示される化合物のいずれか一方若しくは両方と、一般式（３）に示される化合物及び一般式（４）に示される化合物のいずれか一方若しくは両方と、を含むことによって、磁気記録媒体を繰り返しの記録又は再生による動摩擦係数の増加を抑制することができる。



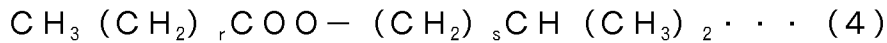
（但し、前記一般式（１）において、 k は１４以上２２以下の範囲、より好ましくは１４以上１８以下の範囲から選ばれる整数である。）



（但し、前記一般式（２）において、 n と m との和は１２以上２０以下の範囲、より好ましくは１４以上１８以下の範囲から選ばれる整数である。）



（但し、前記一般式（３）において、 p は１４以上２２以下、より好ましくは１４以上１８以下の範囲から選ばれる整数であり、且つ、 q は２以上５以下の範囲、より好ましくは２以上４以下の範囲から選ばれる整数である。）



(但し、前記一般式(4)において、 r は14以上22以下の範囲から選ばれる整数であり、 s は1以上3以下の範囲から選ばれる整数である。)

[0090] (結着剤)

[0091] 結着剤としては、ポリウレタン系樹脂又は塩化ビニル系樹脂などに架橋反応が行われた構造を有する樹脂が好ましい。しかしながら結着剤はこれらに限定されるものではなく、磁気記録媒体10に対して要求される物性などに応じて、その他の樹脂を適宜配合してもよい。配合する樹脂としては、通常、塗布型の磁気記録媒体10において一般的に用いられる樹脂であれば、特に限定されない。

[0092] 前記結着剤として、例えば、ポリ塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、塩化ビニル-酢酸ビニル共重合体、塩化ビニル-塩化ビニリデン共重合体、塩化ビニル-アクリロニトリル共重合体、アクリル酸エステル-アクリロニトリル共重合体、アクリル酸エステル-塩化ビニル-塩化ビニリデン共重合体、アクリル酸エステル-塩化ビニリデン共重合体、メタクリル酸エステル-塩化ビニリデン共重合体、メタクリル酸エステル-塩化ビニル共重合体、メタクリル酸エステル-エチレン共重合体、ポリ弗化ビニル、塩化ビニリデン-アクリロニトリル共重合体、アクリロニトリル-ブタジエン共重合体、ポリアミド樹脂、ポリビニルブチラール、セルロース誘導体(セルロースアセテート、ブチレート、セルロースダイアセテート、セルローストリアセテート、セルロースプロピオネート、ニトロセルロース)、スチレンブタジエン共重合体、ポリエステル樹脂、アミノ樹脂、及び合成ゴムから選ばれる1つ又は2つ以上の組み合わせが用いられうる。

[0093] また、前記結着剤として、熱硬化性樹脂又は反応型樹脂が用いられてもよい。熱硬化性樹脂又は反応型樹脂の例としては、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、アルキッド樹脂、シリコーン樹脂、ポリアミン樹脂、及び尿素ホルムアルデヒド樹脂などが挙げられる。

[0094] また、上述した各結着剤には、磁性粉の分散性を向上させる目的で、-S

O_3M 、 $-\text{OSO}_3\text{M}$ 、 $-\text{COOM}$ 、 $\text{P}=\text{O}(\text{OM})_2$ などの極性官能基が導入されていてもよい。ここで、式中Mは、水素原子、又は、例えばリチウム、カリウム、及びナトリウムなどのアルカリ金属である。

[0095] 更に、極性官能基としては、 $-\text{NR}_1\text{R}_2$ 、 $-\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3+\text{X}^-$ の末端基を有する側鎖型のもの、及び、 $>\text{NR}_1\text{R}_2+\text{X}^-$ の主鎖型のものが挙げられる。ここで、式中 R_1 、 R_2 、及び R_3 は、互いに独立に水素原子又は炭化水素基であり、 X^- は、例えば弗素、塩素、臭素、若しくはヨウ素などのハロゲン元素イオン、又は、無機若しくは有機イオンである。また、極性官能基としては、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{SH}$ 、 $-\text{CN}$ 、及びエポキシ基なども挙げられる。

[0096] (添加剤)

[0097] 磁性層13は、非磁性補強粒子として、酸化アルミニウム(α 、 β 、又は γ アルミナ)、酸化クロム、酸化珪素、ダイヤモンド、ガーネット、エメリー、窒化ホウ素、チタンカーバイト、炭化珪素、炭化チタン、酸化チタン(ルチル型またはアナターゼ型の酸化チタン)などをさらに含有していてもよい。

[0098] (下地層)

[0099] 下地層12は、非磁性粉及び結着剤を主成分として含む非磁性層である。下地層12は、さらに潤滑剤を含む。上述の磁性層13に含まれる結着剤及び潤滑剤に関する説明が、下地層12に含まれる結着剤及び潤滑剤についても当てはまる。下地層12は、必要に応じて、導電性粒子、硬化剤、及び防錆剤などのうちの少なくとも1種の添加剤をさらに含んでもよい。

[0100] 下地層12の平均厚みは、好ましくは $0.6\mu\text{m}$ 以上 $2.0\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $0.8\mu\text{m}$ 以上 $1.4\mu\text{m}$ 以下である。なお、下地層12の平均厚みは、磁性層13の平均厚み t_m と同様にして求められる。但し、TEM像の倍率は、下地層12の厚みに応じて適宜調整される。

[0101] 下地層12は、細孔を有してよく、すなわち、下地層12は、多数の細孔が設けられていてもよい。下地層12の細孔は、例えば磁性層13に細孔を形成することに伴い形成されてよく、特に、磁気記録媒体10のバッ

ク層側表面に設けられた多数の突部を磁性層側表面に押し当てることによって形成されうる。すなわち、突部の形に対応する凹部が磁性層側表面に形成されることによって、磁性層 1 3 及び下地層 1 2 に細孔が形成されうる。

また、磁性層形成用塗料の乾燥工程で溶剤が揮発することに伴い細孔が形成されてもよい。また、磁性層 1 3 を形成するために磁性層形成用塗料を下地層 1 2 の表面に塗布した際に磁性層形成用塗料中の溶剤が下層を塗布乾燥させた際に形成された下地層 1 2 の細孔を通り、下地層 1 2 内に浸透しうる。そののち磁性層 1 3 の乾燥工程において下地層 1 2 内に浸透した溶剤が揮発する際に、下地層 1 2 内に浸透した溶剤が下地層 1 2 から磁性層 1 3 の表面へ移動していくことによって細孔が形成されてもよい。このように形成された細孔は、例えば磁性層 1 3 と下地層 1 2 とを連通しているものでありうる。磁性層形成用塗料の固形分若しくは溶剤の種類及び／又は磁性層形成用塗料の乾燥条件を変更することによって、細孔の平均直径を調整することが出来る。

磁性層 1 3 及び下地層 1 2 の両方に細孔が形成されていることによって、走行安定性の向上のために適した量の潤滑剤が、磁性層側表面に現れると考えられる。

[0102] (非磁性粉)

[0103] 下地層 1 2 に含まれる非磁性粉は、例えば、無機粒子及び有機粒子から選ばれる少なくとも 1 種を含みうる。1 種の非磁性粉を単独で用いてもよいし、又は、2 種以上の非磁性粉を組み合わせ用いてもよい。無機粒子は、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、及び金属硫化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上の組み合わせを含む。より具体的には、無機粒子は、例えばオキシ水酸化鉄、ヘマタイト、酸化チタン、及びカーボンブラックから選ばれる 1 種又は 2 種以上でありうる。非磁性粉の形状としては、例えば、針状、球状、立方体状、及び板状などの各種形状が挙げられるが、これらに特に限定されるものではない。

[0104] (バック層)

[0105] バック層 1 4 は、結着剤及び非磁性粉を含みうる。バック層 1 4 は、必要に応じて潤滑剤、硬化剤、及び帯電防止剤などの各種添加剤を含んでいてもよい。上述の下地層 1 2 に含まれる結着剤及び非磁性粉について述べた説明が、バック層 1 4 に含まれる結着剤及び非磁性粉についても当てはまる。

[0106] バック層 1 4 の平均厚み t_b は、 $t_b \leq 0.6 \mu m$ であることが好ましい。バック層 1 4 の平均厚み t_b が上記範囲内にあることで、磁気記録媒体 1 0 の平均厚み t_T を $t_T \leq 5.5 \mu m$ にした場合でも、下地層 1 2 及びベース層 1 1 の厚みを厚く保つことが出来、これにより磁気記録媒体 1 0 の記録再生装置内での走行安定性を保つことが出来る。

[0107] バック層 1 4 の平均厚み t_b は以下のようにして求められる。まず、磁気記録媒体 1 0 の平均厚み t_T を測定する。平均厚み t_T の測定方法は以下「(3) 物性及び構造」に記載されているとおりである。続いて、サンプルのバック層 1 4 を MEK (メチルエチルケトン) または希塩酸等の溶剤で除去する。次に、Mitutoyo 社製レーザーホロゲージ (LGH-110C) を用いて、サンプルの厚みを 5 点以上の位置で測定し、それらの測定値を単純に平均 (算術平均) して、平均値 $t_T [\mu m]$ を算出する。その後、以下の式よりバック層 1 4 の平均厚み $t_b [\mu m]$ を求める。なお、測定位置は、サンプルから無作為に選ばれるものとする。

$$t_b [\mu m] = t_T [\mu m] - t_B [\mu m]$$

[0108] バック層 1 4 の 2 つの面のうち、磁気記録媒体 1 0 のバック層側表面を形成する面は、好ましくは多数の突部が設けられている。磁気記録媒体 1 0 がロール状に巻き取られることによって、当該多数の突部によって、磁性層 1 3 に多数の細孔が形成されうる。

[0109] 突部は、例えばバック層形成用塗料中に粒子を含めることによって形成されうる。当該粒子は、例えばカーボンブラックなどの無機粒子でありうる。当該粒子の粒径は、磁性層 1 3 に形成されるべき細孔のサイズに応じて適宜選択されうる。

[0110] バック層 1 4 に含まれる粒子 (特には無機粒子) の平均粒子サイズは、好

ましくは10nm以上150nm以下、より好ましくは15nm以上110nm以下である。無機粒子の平均粒子サイズは、上記の ϵ 酸化鉄磁性粉の平均粒子サイズと同様にして求められる。

[0111] (3) 物性及び構造

[0112] (磁気記録媒体の平均厚み t_T)

[0113] 磁気記録媒体10の平均厚み t_T は、 $t_T \leq 5.6 \mu m$ であり、より好ましくは $5.3 \mu m$ 以下であり、さらにより好ましくは $5.2 \mu m$ 以下、 $5.0 \mu m$ 以下、又は $4.6 \mu m$ 以下でありうる。磁気記録媒体10の平均厚み t_T が上記数値範囲内にあることによって（例えば $t_T \leq 5.6 \mu m$ であることによって）、1データカートリッジ内に記録できる記録容量を従来よりも高めることができる。磁気記録媒体10の平均厚み t_T の下限値は特に限定されるものではないが、例えば、 $3.5 \mu m \leq t_T$ である。

[0114] 磁気記録媒体10の平均厚み t_T は以下のようにして求められる。まず、1/2インチ幅の磁気記録媒体10を準備し、それを250mmの長さに切り出し、サンプルを作製する。次に、測定装置としてMitutoyo社製レーザーホログラジ (LGH-110C) を用いて、サンプルの厚みを5点以上の位置で測定し、それらの測定値を単純に平均（算術平均）して、平均値 $t_T [\mu m]$ を算出する。なお、測定位置は、サンプルから無作為に選ばれるものとする。

[0115] (磁気記録媒体の細孔の平均直径)

[0116] 磁気記録媒体10の細孔の平均直径（脱着時最大細孔容積の細孔直径である）は、磁気記録媒体10から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定したときに、6nm以上11nm以下であり、好ましくは6nm以上10nm以下、より好ましくは6.5nm以上10nm以下、さらにより好ましくは7nm以上9nm以下である。

[0117] 磁気記録媒体10に形成されている細孔の平均直径（脱着時最大細孔容積の細孔直径である）は、前記磁気記録媒体から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定される。前記測定は、具体的には、以下のとおりにして行われる。

まず、面積 0.1265 m^2 より1割程度大きいサイズの磁気記録媒体10をヘキサン中（テープが十分に浸漬できる量、例えば、 150 mL ）に24時間浸したのち、自然乾燥させ、面積 0.1265 m^2 （例えば、乾燥後のテープの両端 50 cm を切り落とし、テープ幅 $\times 10\text{ m}$ を準備する。）のサイズに切り出すことにより、測定サンプルを作製する。前記ヘキサン中での24時間の浸漬によって、潤滑剤が磁気記録媒体10から除去され、そして、前記自然乾燥によって、磁気記録媒体10が乾燥される。

次に、比表面積・細孔分布測定装置を用いて、BJH法により細孔の平均直径が測定される。以下に、測定装置および測定条件を示す。このようにして、細孔の平均直径が測定される。

測定環境：室温

測定装置：Micromeritics社製3FLEX

測定吸着質： N_2 ガス

測定圧力範囲（ P/P^0 ）： $0\sim 0.995$

前記測定圧力範囲に関して、圧力は以下の表の通りに変化される。以下の表における圧力値は相対圧 P/P^0 である。以下の表において、例えばステップ1において、開始圧 0.000 から到達圧 0.010 へ、10秒当たり 0.001 変化するように、圧力が変化される。圧力が到達圧に達したら、次のステップにおける圧力変化が行われる。ステップ2～10においても同様である。ただし、各ステップにおいて、圧力が平衡に達していない場合は、装置は圧力が平衡になるのを待ってから次のステップに移行する。

ステップ	開始圧	圧力変化	到達圧
1	0.000	0.001/10sec	0.010
2	0.010	0.02/10sec	0.100
3	0.100	0.05/10sec	0.600
4	0.600	0.05/10sec	0.950
5	0.950	0.05/10sec	0.990
6	0.990	0.05/10sec	0.995
7	0.995	0.01/10sec	0.990
8	0.990	0.01/10sec	0.950
9	0.950	0.05/10sec	0.600
10	0.600	0.05/10sec	0.300

[0118] (サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{sw})

[0119] 磁性層 1 3 に記録されているサーボパターンのサーボ信号から得られる前記統計値 σ_{sw} は 2 4 n m 以下、好ましくは 2 3 n m 以下である。前記統計値 σ_{sw} がこの数値範囲内にあることによって、磁気記録媒体の走行安定性が向上する。また、前記統計値 σ_{sw} は、例えば 1 0 n m 以上であり、好ましくは 1 3 n m 以上であり、より好ましくは 1 5 n m 以上でありうる。

サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{sw} は、磁気記録媒体 1 0 の磁性層 1 3 の表面に記録されたサーボパターンを読み取るための磁気ヘッドを備えているテープ走行装置 (Tape Transportation (Mountain Engineering II, Inc.)) を用いて測定される。当該磁気ヘッドは、市販入手可能な L T O 8 フルハイトドライブに採用されているものであってよい。当該磁気ヘッドは、当該テープ走行装置に固定された状態で用いられる。

[0120] 当該テープ走行装置を用いて、磁気記録媒体 1 0 を、その磁性層側表面が当該磁気ヘッド表面上を摺動するように、2 m / s で走行させる。当該磁気ヘッドの表面の読み取り素子を用いて、磁気記録媒体 1 0 のサーボパターン

からサーボ信号の再生波形をデジタルオシロスコープを用いて読み出す。すなわち、磁気的なサーボパターンが電気的なサーボ信号に変換される。サーボ信号の再生波形を十分な精度で取得する為に、デジタルオシロスコープのサンプリングレートは1秒間に20,000,000 個以上の速度で行うものとする。

[0121] 1つのサーボバンドに記録されているサーボパターンを読み取るために、磁気記録媒体10の長手方向に並べて配置される2つの読み取り素子が用いられる。当該2つの読み取り素子は、LTO8フルハイトドライブに採用されている磁気ヘッドユニットに備えられているものである。当該2つの読み取り素子について、図11を参照しながら以下で説明する。

図11は、当該磁気ヘッドユニットの模式図である。図11に示されるヘッドユニット300は、磁気記録媒体10の長手方向に沿って並べて配置される3つのヘッド部300A、300B、及び300Cを有する。

ヘッド部300Aは、2つのサーボヘッド320A1及び320A2並びに複数の記録ヘッド340を有する。ヘッド部300A中のエリプシス様の点は、記録ヘッド340が並んでいることを意味する。

ヘッド部300Bは、2つのサーボヘッド320B1及び320B2並びに複数の再生ヘッド350を有する。ヘッド部300B中のエリプシス様の点は、再生ヘッド350が並んでいることを意味する。

ヘッド部300Cは、2つのサーボヘッド320C1及び320C2並びに複数の記録ヘッド340を有する。ヘッド部300C中のエリプシス様の点は、記録ヘッド340が並んでいることを意味する。

前記統計値 σ_{SW} を得るために用いられる前記2つの読み取り素子は、ヘッド部300Aに含まれるサーボヘッド320A1及びヘッド部300Bに含まれるサーボヘッド320B1のみである。他のサーボヘッドは用いられない。

以下で、当該2つの読み取り素子のうち、巻き出し側の読み取り素子（サーボヘッド320A1）を読み取り素子aといい、巻き取り側の読み取り素子（サーボヘッド320B1）を読み取り素子bともいう。

[0122] 各読み取り素子によって得られたサーボ信号の再生波形をデジタルオシロスコープ等によって取得する。取得した其々のサーボ信号に基づき、「サーボパターンの中心線と、サーボパターン上の読み取り素子の実通過位置との相対差 p 」を算出する。具体的には、得られたサーボ信号の再生波形の形状とサーボパターンそのものの形状とを用いて、相対差 p が算出される。

相対差 p は、以下の計算式により算出される。

$$\text{相対差 } p [\mu\text{m}] \approx \frac{X[\mu\text{m}] - \frac{(B_{a1} - A_{a1}) + (B_{a2} - A_{a2}) + (B_{a3} - A_{a3}) + (B_{a4} - A_{a4}) + (D_{a1} - C_{a1}) + (D_{a2} - C_{a2}) + (D_{a3} - C_{a3}) + (D_{a4} - C_{a4})}{(C_{a1} - A_{a1}) + (C_{a2} - A_{a2}) + (C_{a3} - A_{a3}) + (C_{a4} - A_{a4}) + (A'_{a1} - C_{a1}) + (A'_{a2} - C_{a2}) + (A'_{a3} - C_{a3}) + (A'_{a4} - C_{a4})} \times Y[\mu\text{m}]}{2 \times \tan \phi}$$

相対差 p の上記計算式について、図4を参照しながら以下で説明する。

上記計算式中の上記差分 $(B_{a1} - A_{a1})$ は、ストライプ B_1 が読み取り素子 a によって読み取られた時間とストライプ A_1 が読み取り素子 a によって読み取られた時間との間の差 $[s e c]$ であり、ストライプ A_1 に起因する信号ピークとストライプ B_1 に起因する信号ピークとの間の間隔及びテープ走行速度 (m/s) から求められる。当該2つの信号ピーク間の間隔は、前記得られたサーボ信号の再生波形の形状から求められる。前記差分 $(B_{a1} - A_{a1})$ は、読み取り素子のサーボパターン上の実際の走行位置 (図4における actual pass) における、両ストライプが読み取られるタイミングの差に相当する。同様に、他の差分の項も、対応する2つのストライプに起因する信号ピークの間隔とテープ走行速度とから求められる。また、読み取り素子 b によって得られた信号ピークに基づき、同様に相対差 p が算出される。

前記サーボパターンそのものの形状から、上記計算式中のアジマス角 ϕ が求められる。アジマス角 ϕ は、磁気記録媒体10をフェリコロイド現像液 (株式会社シグマハイケミカル製、シグマーカーQ) で現像し、万能工具顕微鏡 (TOPCON TUM-220ES) 及びデータ処理装置 (TOPCON CA-1B) を用いて求めら

れる。

また、前記サーボパターンそのものの形状から、サーボバンドの中心（図4におけるcenter line）におけるストライプ A_1 とストライプ B_1 との距離（図4及び上記計算式における X ）及びストライプ A_1 とストライプ C_1 との距離（図4及び上記計算式における Y ）が求められる。テープ長さ方向の任意の箇所において、50個のサーボフレームを選択し、各々のサーボフレームにおいて X 及び Y を求め、50個のデータを単純平均したものを、上記計算式において用いる X 及び Y とする。

[0123] 相対差 p が、磁気記録媒体10の長手方向に沿って、連続する1024個のサーボサブフレームについてそれぞれ算出される。すなわち、1024個の相対差 p が取得される。例えばサーボサブフレームの間隔が $76\mu\text{m}$ である場合は、 $76\mu\text{m}$ 毎に相対差 p が取得されうる。

読み取り素子 a により読み取られたサーボ信号に基づき算出された1024個の相対差 p を、 pa_0 、 pa_1 、 $\dots$ 、及び pa_{1023} という。読み取り素子 b により読み取られたサーボ信号に基づき算出された1024個の相対差 p を、 pb_0 、 pb_1 、 $\dots$ 、及び pb_{1023} という。

当該磁気ヘッドに対する磁気記録媒体10の幅方向の動きによる影響を除去するために、各位置 n における pa と pb の差を演算し、 Δp とする。すなわち、 $\Delta p_n = pa_n - pb_n$ である。ここで、 $n = 0$ 、 1 、 $\dots$ 、及び1023である。

得られた Δp_n に対し、離散FFT（フーリエ変換）を行い、 $\Delta P_n (n = 0 \dots 1023)$ 、すなわち $\Delta P(f)$ （ここで、 f = 波数 [cycle/m] である）を得る。

ここで、 ΔP_n のDC成分（i.e. $n = 0$ ）、換言すれば $\Delta P(\infty)$ 、を除去する為に、 ΔP_0 を例えば 10^{-100} など、粗0に近い数値に置換する。

また、 $\Delta P(f)$ の単位が $[\text{nm}^2/\text{Hz}]$ となる様に前記FFTを行うものとする。

$\Delta P(f)$ を得るプロセスを、磁気記録媒体10の長手方向500m以上に渡って繰り返し、 $\Delta P(f)_1 \dots \Delta P(f)_m$ を得る。

測定ノイズを除去する為、 $\Delta P(f)_1 \dots \Delta P(f)_m$ を周波数軸上で平均化し、 ΔP (

$f)_{ave}$ を得る。

この後、上記の変位差の、実際のドライブ中での挙動WIP(f)を見積る為、 $\Delta P(f)_{ave}$ に対し、一般的な2次閉ループ応答のフィルターCLF(f) を作用させる。即ち、 $WIP(f) = |CLF(f)|^2 * \Delta P(f)_{ave}$ である。CLF(f) については後述する。

上記WIP(f) を用い、下記式(1)の演算を行う事で、 σ_{sw} を得る。下記演算におけるdfについても後述する。

$$\sigma_{sw} = \sqrt{\sum WIP(f) * df} \quad \dots (1)$$

[0124] 一般的な2次閉ループ応答CLF(s)は、下式(2)で表すことができる。

$$CLF(s) = \frac{s^2}{s^2 + 2s\zeta\omega_0 + \omega_0^2} \quad \dots (2)$$

双一次Z変換を用いることによって、CLF(z) は下式(3)で表すことができる。

$$CLF(z) = \frac{K_1 (z - 1)^2}{z^2 + K_2 z + K_3} \quad \dots (3)$$

$z = e^{j\omega Ts}$ 、及び、 $\omega = 2\pi f$ の関係から、CLF(f)は下式(4)で表すことができる。

$$\text{CLF}(f) = \frac{K_1 (e^{j(2\pi f)Ts} - 1)^2}{e^{2j(2\pi f)Ts} + K_2 e^{j(2\pi f)Ts} + K_3} \quad \dots (4)$$

以上の式中の各項の意味はそれぞれ以下のとおりである。

T_s : データ間隔 [m/cycle] = 76×10^{-6} [m/cycle]

j : 虚数単位

$$K_1 = \frac{K_s^2}{K_s^2 + 2\zeta\omega_0 K_s + \omega_0^2} \quad K_s = 2 F_s$$

$$K_2 = \frac{2(\omega_0^2 - K_s^2)}{K_s^2 + 2\zeta\omega_0 K_s + \omega_0^2} \quad \omega_0 = 2\pi F_0$$

$$K_3 = \frac{K_s^2 - 2\zeta\omega_0 K_s + \omega_0^2}{K_s^2 + 2\zeta\omega_0 K_s + \omega_0^2} \quad F_0 = F_r \sqrt{1 - 2\zeta^2}$$

$$\zeta = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{1 - \frac{1}{MP^2}}}{2}}$$

$$F_s [\text{cycle/m}] = 1 / T_s = 13157.9 [\text{cycle/m}]$$

$$df : \text{波数間隔} [\text{cycle/m}] = \frac{F_s / 2}{1024 / 2} = 12.850 [\text{cycle/m}]$$

$$F_r : \text{フィルターのピーク波数} [\text{cycle/m}] = 410$$

$$MP : \text{フィルターゲイン} [\text{a.u.}] = 10^{(10[\text{dB}] / 20)}$$

[0125] (摩擦係数比 (μ_B / μ_A))

[0126] 磁気記録媒体 10 は、好ましくは、磁気記録媒体 10 の長手方向に 0.4 N の張力を加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッ

ドとの間の動摩擦係数 μ_A と、前記磁気記録媒体の長手方向に1.2 Nの張力を加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッドとの間の動摩擦係数 μ_B との摩擦係数比(μ_B/μ_A)が1.0~2.0であり、より好ましくは1.0~1.8であり、さらにより好ましくは1.0~1.6である。摩擦係数比(μ_B/μ_A)が上記数値範囲内にあることによって、走行時の張力変動による動摩擦係数の変化を小さくすることができるため、磁気記録媒体10の走行を安定させることができる。

[0127] 摩擦係数比(μ_B/μ_A)を算出するための動摩擦係数 μ_A 及び動摩擦係数 μ_B は以下のとおりにして求められる。

まず、図7(a)に示すように、1/2インチ幅の磁気記録媒体10を、互いに離間して平行に配置された1インチ径の円柱状の2本のガイドロール73-1及び73-2に磁性面が接触するように載せる。2本のガイドロール73-1及び73-2は、硬い板状部材76に固定されており、これにより互いの位置関係が固定されている。

次いで、LTO5ドライブに搭載されているヘッドブロック(記録再生用)74に対し、磁気記録媒体10を、磁性面が接触するように且つ抱き角 θ_1 (°)=5.6°となるように接触させる。ヘッドブロック74は、ガイドロール73-1及び73-2の略中心に配置される。ヘッドブロック74は、抱き角 θ_1 を変更することができるように、板状部材76に移動可能に取り付けられているが、抱き角 θ_1 (°)が5.6°となったらその位置が板状部材76に対して固定され、これにより、ガイドロール73-1及び73-2とヘッドブロック74との位置関係も固定される。

磁気記録媒体10の一端を、ジグ72を介して可動式ストレインゲージ71と繋ぐ。磁気記録媒体10は、図7(b)に示されるとおりにジグ72に固定される。

磁気記録媒体10の他端に錘75を繋ぐ。錘75によって、0.4 Nのテンション(T.[N])が磁気記録媒体10の長手方向に付与される。

可動式ストレインゲージ71は、台77上に固定されている。台77と板

状部材 7 6 の位置関係も固定されており、これにより、ガイドロール 7 3 - 1 及び 7 3 - 2、ヘッドブロック 7 4、及び可動式ストレインゲージ 7 1 の位置関係が固定されている。

可動式ストレインゲージ 7 1 によって、磁気記録媒体 1 0 が 10 mm/s にて可動式ストレインゲージ 7 1 へ向かうように、磁気記録媒体 1 0 をヘッドブロック 7 4 上を 60 mm 摺動させる。当該摺動時の可動式ストレインゲージ 7 1 の出力値（電圧）を、事前に取得されている出力値と荷重との直線関係（後述する）に基づき、 $T [\text{N}]$ に変換する。前記 60 mm の摺動の摺動開始から摺動停止までの間に、13 回 $T [\text{N}]$ を取得し、最初と最後の計 2 回を除いた 11 個の $T [\text{N}]$ を単純平均することによって、 $T_{ave} [\text{N}]$ が得られる。

その後、以下の式より動摩擦係数 μ_A を求める。

$$\mu_A = \frac{1}{(\theta_1 [^\circ]) \times (\pi/180)} \times \ln \left(\frac{T_{ave} [\text{N}]}{T_0 [\text{N}]} \right)$$

前記直線関係は以下のとおりを得られる。すなわち、可動式ストレインゲージ 7 1 に 0.4 N の荷重をかけた場合と 1.5 N の荷重をかけた場合のそれぞれについて、可動式ストレインゲージ 7 1 の出力値（電圧）を得る。得られた 2 つの出力値と前記 2 つの荷重とから、出力値と荷重との直線関係が得られる。当該直線関係を用いて、上記のとおり、摺動時の可動式ストレインゲージ 7 1 による出力値（電圧）が $T [\text{N}]$ に変換される。

[0128] 動摩擦係数 μ_B は、前記他端に付与されるテンション $T_0 [\text{N}]$ を 1.2 N とすること以外は動摩擦係数 μ_A の測定方法と同じ方法で測定される。

以上のとおりにして測定された動摩擦係数 μ_A 及び動摩擦係数 μ_B から、摩擦係数比 (μ_B / μ_A) が算出される。

[0129] (摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$))

[0130] 磁気記録媒体 10 は、好ましくは、長手方向に 0.6 N の張力を加えた状態にある前記磁気記録媒体を、磁気ヘッド上を 5 往復摺動させた場合の 5 往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ と、当該磁気ヘッド上を 1000 往復させた場合の 1000 往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(1000)}$ との摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$) が 1.0 ~ 2.0 であり、より好ましくは 1.0 ~ 1.8 であり、さらにより好ましくは 1.0 ~ 1.6 である。摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$) が上記数値範囲内にあることによって、多数回走行による動摩擦係数の変化を小さくすることができるため、磁気記録媒体 10 の走行を安定させることができる。

[0131] 摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$) を算出するための動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ 及び動摩擦係数 $\mu_{C(1000)}$ は以下のとおりにして求められる。

磁気記録媒体 10 の前記他端に付与されるテンション T_0 [N] を 0.6 N とすること以外は動摩擦係数 μ_A の測定方法と同じようにして、磁気記録媒体 10 を可動式ストレインゲージ 71 と繋ぐ。そして、磁気記録媒体 10 を、ヘッドブロック 74 に対して 10 mm/s にて可動式ストレインゲージへ向かって 60 mm 摺動させ（往路）及び可動式ストレインゲージから離れるように 60 mm 摺動させる（復路）。この往復動作を 1000 回繰り返す。この 1000 回の往復動作のうち、5 回目の往路の 60 mm の摺動の摺動開始から摺動停止までの間に、ストレインゲージの出力値（電圧）を 13 回取得し、動摩擦係数 μ_A に関して述べたとおりに求めた出力値と荷重との直線関係に基づき、 T [N] に変換する。最初と最後の計 2 回を除いた 11 個を単純平均することにより T_{ave} [N] を求める。以下の式により、動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ を求める。

$$\mu_{C(5)} = \frac{1}{(\theta_1 [^\circ]) \times (\pi/180)} \times \ln \left(\frac{T_{ave} [N]}{T_0 [N]} \right)$$

さらに、動摩擦係数 $\mu_{C(1000)}$ は、1000 回目の往路の測定をすること以外

は動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ と同様にして求める。

以上のとおりにして測定された動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ 及び動摩擦係数 $\mu_{C(1000)}$ から、摩擦係数比 $\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$ が算出される。

[0132] (垂直方向に測定した角形比 S 2)

[0133] 磁気記録媒体 10 の垂直方向（厚み方向）に測定した角形比 S 2 が、好ましくは 65% 以上、より好ましくは 70% 以上、さらにより好ましくは 73% 以上、さらにより好ましくは 80% 以上である。角形比 S 2 が 65% 以上であると、磁性粉の垂直配向性が十分に高くなるため、より優れた SNR を得ることができる。したがって、より優れた電磁変換特性を得ることができる。また、サーボ信号形状が改善され、よりドライブ側の制御がし易くなる。

本明細書内において、磁気記録媒体が垂直配向しているとは、磁気記録媒体の角形比 S 2 が上記数値範囲内にあること（例えば 65% 以上であること）を意味してもよい。

[0134] 垂直方向における角形比 S 2 は以下のようにして求められる。まず、磁気記録媒体 10 が両面テープで 3 枚重ね合わされた後、 $\phi 6.39 \text{ mm}$ のパンチで打ち抜かれて、測定サンプルが作製される。この際に、磁気記録媒体 10 の長手方向（走行方向）が認識できるように、磁性を持たない任意のインクでマーキングを行う。そして、VSM を用いて磁気記録媒体 10 の垂直方向（厚み方向）に対応する測定サンプル（磁気記録媒体 10 全体）の M-H ループが測定される。次に、アセトン又はエタノールなどが用いられて塗膜（下地層 12、磁性層 13 及びバック層 14 など）が払拭され、ベース層 11 のみが残される。そして、得られたベース層 11 が両面テープで 3 枚重ね合わされた後、 $\phi 6.39 \text{ mm}$ のパンチで打ち抜かれて、バックグラウンド補正用のサンプル（以下、単に「補正用サンプル」）とされる。その後、VSM を用いてベース層 11 の垂直方向（磁気記録媒体 10 の垂直方向）に対応する補正用サンプル（ベース層 11）の M-H ループが測定される。

測定サンプル（磁気記録媒体 10 の全体）の M-H ループ、補正用サンプ

ル（ベース層 1 1）の M-H ループの測定においては、東英工業社製の高感度振動試料型磁力計「V S M-P 7-1 5 型」が用いられる。測定条件は、測定モード：フルループ、最大磁界：1 5 k O e、磁界ステップ：4 0 b i t、Time constant of Locking amp：0. 3 s e c、Waiting time：1 s e c、M H 平均数：2 0 とされる。

測定サンプル（磁気記録媒体 1 0 の全体）の M-H ループ及び補正用サンプル（ベース層 1 1）の M-H ループが得られた後、測定サンプル（磁気記録媒体 1 0 の全体）の M-H ループから補正用サンプル（ベース層 1 1）の M-H ループが差し引かれることで、バックグラウンド補正が行われ、バックグラウンド補正後の M-H ループが得られる。このバックグラウンド補正の計算には、「V S M-P 7-1 5 型」に付属されている測定・解析プログラムが用いられる。

得られたバックグラウンド補正後の M-H ループの飽和磁化 M_s (e m u) 及び残留磁化 M_r (e m u) が以下の式に代入されて、角形比 S_2 (%) が計算される。なお、上記の M-H ループの測定はいずれも、2 5 °C にて行われるものとする。また、M-H ループを磁気記録媒体 1 0 の垂直方向に測定する際の“反磁界補正”は行わないものとする。なお、この計算には、「V S M-P 7-1 5 型」に付属されている測定・解析プログラムが用いられる。

$$\text{角形比 } S_2 (\%) = (M_r / M_s) \times 100$$

[0135] （長手方向に測定した角形比 S_1 ）

[0136] 磁気記録媒体 1 0 の長手方向（走行方向）に測定した角形比 S_1 が、好ましくは 3 5 % 以下、より好ましくは 3 0 % 以下、2 7 % 以下、又は 2 5 % 以下、更により好ましくは 2 0 % 以下である。角形比 S_1 が 3 5 % 以下であると、磁性粉の垂直配向性が十分に高くなるため、より優れた S N R を得ることができる。したがって、より優れた電磁変換特性を得ることができる。また、サーボ信号形状が改善され、ドライブ側の制御がより行い易くなる。

本明細書内において、磁気記録媒体が垂直配向しているとは、磁気記録媒

体の角形比 S_1 が上記数値範囲内にあること（例えば 35% 以下であること）を意味しうる。本技術に従う磁気記録媒体は好ましくは垂直配向している。

[0137] 長手方向における角形比 S_1 は、M-Hループを磁気記録媒体 10 及びベース層 11 の長手方向（走行方向）に測定すること以外は角形比 S_2 と同様にして求められる。

[0138] 角形比 S_1 及び S_2 は、例えば磁性層形成用塗料に印加される磁場の強度、磁性層形成用塗料に対する磁場の印加時間、磁性層形成用塗料中における磁性粉の分散状態、又は磁性層形成用塗料中における固形分の濃度を調整することにより所望の値に設定される。具体的には例えば、磁場の強度を強くするほど、角形比 S_1 が小さくなるのに対して、角形比 S_2 が大きくなる。また、磁場の印加時間を長くするほど、角形比 S_1 が小さくなるのに対して、角形比 S_2 が大きくなる。また、磁性粉の分散状態を向上するほど、角形比 S_1 が小さくなるのに対して、角形比 S_2 が大きくなる。また、固形分の濃度を低くするほど、角形比 S_1 が小さくなるのに対して、角形比 S_2 が大きくなる。なお、上記の調整方法は単独で使用してもよいし、2 以上組み合わせて使用してもよい。

[0139] （算術平均粗さ R_a ）

[0140] 磁気記録媒体 10 の磁性層側表面（以下「磁性面」ともいう）の算術平均粗さ R_a は、好ましくは 2.5 nm 以下、より好ましくは 2.0 nm 以下である。 R_a が 2.5 nm 以下であると、より優れた SNR を得ることができる。

[0141] 算術平均粗さ R_a は以下のようにして求められる。まず、磁性層 13 の表面を AFM により観察し、 $40\ \mu\text{m} \times 40\ \mu\text{m}$ の AFM 像を得る。AFM としては Digital Instruments 社製 Dimension 3100 とその解析ソフトを用い、カンチレバーとしてはシリコン単結晶製のものを用い（注 1）、タッピング周波数として、200-400Hz のチューニングにて測定を行う。次に、AFM 像を 512×512 (=262,144) 個の測定点に分割し、各測定点にて高さ $Z(i)$ (i : 測定点番号、 $i = 1 \sim 262,144$) を測定し、測定した各測定点の高さ $Z(i)$

を単純に平均（算術平均）して平均高さ（平均面） $Z_{ave} (= (Z(1) + Z(2) + \dots + Z(262,144)) / 262,144)$ を求める。続いて、各測定点での平均中心線からの偏差 $Z''(i) (= |Z(i) - Z_{ave}|)$ を求め、算術平均粗さ $R_a [nm] (= (Z''(1) + Z''(2) + \dots + Z''(262,144)) / 262,144)$ を算出する。この際には、画像処理として、Flatten order 2及びplane fit order 3 XYによりフィルタリング処理を行ったものをデータとして用いる。

（注1）Nano World社製 SPMプローブ NCH ノーマルタイプ PointProbe L（カンチレバー長）= 125 μm

[0142] （保磁力 H_c ）

磁気記録媒体10の長手方向における保磁力 H_c は、好ましくは20000e以下、より好ましくは19000e以下、さらにより好ましくは18000e以下である。長手方向における保磁力 H_c が20000e以下であると、記録ヘッドからの垂直方向の磁界により感度良く磁化が反応するため、良好な記録パターンを形成することができる。

[0143] 磁気記録媒体10の長手方向に測定した保磁力 H_c は、好ましくは10000e以上である。長手方向にける保磁力 H_c の下限値が10000e以上であると、記録ヘッドからの漏れ磁束による減磁を抑制することができる。

[0144] 上記の保磁力 H_c は以下のようにして求められる。まず、磁気記録媒体10が両面テープで3枚重ね合わされた後、 $\phi 6.39 mm$ のパンチで打ち抜かれて、測定サンプルが作製される。この際に、磁気記録媒体10の長手方向（走行方向）が認識できるように、磁性を持たない任意のインクでマーキングを行う。そして、振動試料型磁力計（Vibrating Sample Magnetometer : VSM）を用いて磁気記録媒体10の長手方向（走行方向）に対応する測定サンプル（磁気記録媒体10全体）のM-Hループが測定される。次に、アセトン又はエタノールなどが用いられて塗膜（下地層12、磁性層13及びバック層14など）が払拭され、ベース層11のみが残される。そして、得られたベース層11が両面テープで3枚重ね合わされた後、 $\phi 6.39 mm$

のパンチで打ち抜かれて、バックグラウンド補正用のサンプル（以下、単に「補正用サンプル」）が作製される。その後、VSMを用いてベース層11の垂直方向（磁気記録媒体10の垂直方向）に対応する補正用サンプル（ベース層11）のM-Hループが測定される。

測定サンプル（磁気記録媒体10の全体）のM-Hループ、補正用サンプル（ベース層11）のM-Hループの測定においては、東英工業社製の高感度振動試料型磁力計「VSM-P7-15型」が用いられる。測定条件は、測定モード：フルループ、最大磁界：15 kOe、磁界ステップ：40 bit、Time constant of Locking amp：0.3 sec、Waiting time：1 sec、MH平均数：20とされる。

測定サンプル（磁気記録媒体10の全体）のM-Hループ及び補正用サンプル（ベース層11）のM-Hループが得られた後、測定サンプル（磁気記録媒体10の全体）のM-Hループから補正用サンプル（ベース層11）のM-Hループが差し引かれることで、バックグラウンド補正が行われ、バックグラウンド補正後のM-Hループが得られる。このバックグラウンド補正の計算には、「VSM-P7-15型」に付属されている測定・解析プログラムが用いられる。

得られたバックグラウンド補正後のM-Hループから保磁力 H_c が求められる。なお、この計算には、「VSM-P7-15型」に付属されている測定・解析プログラムが用いられる。なお、上記のM-Hループの測定はいつでも、25℃にて行われるものとする。また、M-Hループを磁気記録媒体10の長手方向に測定する際の“反磁界補正”は行わないものとする。

[0145] （（巻内側のサーボトラック幅）－（巻外側のサーボトラック幅））

[0146] 磁気記録媒体10は、例えば、リールに巻き取られた状態で磁気記録カートリッジ内に収容されていてよく、且つ、好ましくは、（当該磁気記録媒体の巻内側のサーボトラック幅）－（当該磁気記録媒体の巻外側のサーボトラック幅） >0 であってよい。

巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差は、0 μm 超であり、好ましく

は $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $0.02\text{ }\mu\text{m}$ 以上、さらにより好ましくは $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差は、例えば、 $0.10\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $0.15\text{ }\mu\text{m}$ 以上、又は $0.20\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよい。これにより、カートリッジ内のリールに巻き取られた磁気記録媒体にしわが発生することを防ぐことができる。

巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差は、例えば $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってよく、好ましくは $0.4\text{ }\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってよい。

[0147] 巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差を求めるために、磁気記録媒体の巻内側のサーボトラック幅のずれ量 $T_{in}W$ 及び巻外側のサーボトラック幅のずれ量 $T_{out}W$ がそれぞれ測定される。当該測定は、温度 $23\pm3^{\circ}\text{C}$ 及び相対湿度 $50\%\pm5\%$ の環境下で行われる。これらのずれ量はいずれも、標準サーボトラック幅に対して、サーボトラック幅がどれだけ大きいのか又は小さいかを表す。これらのずれ量の測定方法は以下で別途説明する。

本明細書内において、巻内側とは、磁気記録媒体の2つの端部のうち、磁気記録カートリッジ内のリール（磁気記録媒体が巻き取られるリール）に取り付けられる端部（以下「内側端部」ともいう）から 50 m の位置を起点として、当該位置から、当該内側端部と反対側の端部（以下「外側端部」ともいう）の方向へ 10 m 進んだ位置までの領域をいう。

本明細書内において、巻外側とは、磁気記録媒体の2つの端部のうち、当該外側端部から 50 m の位置を起点として、当該位置から当該内側端部の方向へ 10 m 進んだ位置までの領域をいう。

図16を参照して巻内側及び巻外側についてより具体的に説明する。図16は、磁気記録カートリッジ1のリール2に、内側端部E1が取り付けられている。内側端部E1から 50 m 進んだ位置Aと位置Aから外側端部E2へ 10 m 進んだ位置Bとの間の領域が、巻内側である。外側端部E2から 50 m だけ内側端部E1へ進んだ位置Cと位置Cからさらに内側端部E1へ 10 m 進んだ位置Dとの間の領域が巻外側である。

巻内側のサーボトラック幅のずれ量 $T_{in}W$ の測定は、磁気記録カートリッジ内に收容されている磁気記録媒体を、磁気記録再生装置へと巻き込むように走行させながら（いわゆる順方向に走行させながら）行われる。当該測定において、磁気記録媒体にかかるテンションは 0.55 N であり、且つ、走行速度は $3 \sim 6\text{ m/s}$ である。前記巻内側の 10 m の領域にわたって測定されるサーボトラック幅のずれ量の平均値が、前記差を求めるための巻内側サーボトラック幅のずれ量 $T_{in}W$ として用いられる。当該平均値は、単純平均により算出される。

巻外側のサーボトラック幅のずれ量 $T_{out}W$ の測定も、巻内側と同様に、順方向に走行させながら行われる。前記巻外側の 10 m の領域にわたって測定されるサーボトラック幅のずれ量の平均値が、前記差を求めるための巻外側サーボトラック幅のずれ量 $T_{out}W$ として用いられる。当該平均値も、単純平均により算出される。

以上のとおりにして得られた巻内側のサーボトラック幅のずれ量 $T_{in}W$ から、巻外側のサーボトラック幅のずれ量 $T_{out}W$ を差し引くことで、差 $(T_{in}W - T_{out}W)$ が求められ、当該差が、（巻内側のサーボトラック幅）－（巻外側のサーボトラック幅）である。

[0148] （サーボトラック幅のずれ量）

[0149] サーボトラック幅のずれ量の測定方法を、図17を参照しながら説明する。図17（a）は、磁気記録テープの磁性層に形成されるデータバンド及びサーボバンドの模式図である。図17（a）に示されるとおり、前記磁性層は4つのデータバンド $d0 \sim d3$ を有する。前記磁性層は、各データバンドを2つのサーボバンドで挟むように、合計で5つのサーボバンド $S0 \sim S4$ を有する。図17（b）に示されるとおり、各サーボバンドは、所定角度 θ_1 で傾斜する5本のサーボ信号 $S5a$ と、この信号と逆方向に同じ角度で傾斜する5本のサーボ信号 $S5b$ と、所定角度 θ_1 で傾斜する4本のサーボ信号 $S4a$ と、この信号と逆方向に同じ角度で傾斜する4本のサーボ信号 $S4b$ と、からなるフレーム単位を繰り返し有する。前記角度 θ_1 は、例えば5

° ～ 25° であり、特には 11° ～ 20° でありうる。

[0150] 前記測定方法において測定されるサーボトラック幅のずれ量は、図 17 (a) の上から 2 つ目のデータバンド d 1 を挟む 2 つのサーボトラック S 1 及び S 2 の間のサーボトラック幅の、標準サーボトラック幅に対するずれ量である。

ドライブ走行時に、データバンド d 1 を挟む 2 つのサーボトラック S 1 及び S 2 を再生した場合、デジタルオシロスコープ (Lecroy 社 WAVEPRO 960) によってサーボトラックごとに図 17 (c) に示されるような波形が得られる。

サーボトラック S 1 の再生により得られた波形からタイミング信号間の時間が得られ、当該時間とテープ走行速度とから、サーボトラック S 1 における A バーストの先頭磁気ストライプと B バーストの先頭磁気ストライプとの間の距離が算出される。例えば、図 17 (b) に示されるとおり、A バースト S 5 a - 1 の先頭磁気ストライプ (5 つの磁気ストライプのうち最も左の磁気ストライプ) と B バースト S 5 b - 1 の先頭磁気ストライプ (5 つの磁気ストライプのうち最も左の磁気ストライプ) との間の距離 L 1 が算出される。

同様に、サーボトラック S 2 の再生により得られた波形からタイミング信号間の時間が得られ、当該時間とテープ走行速度とから、サーボトラック S 2 における A バーストの先頭磁気ストライプと B バーストの先頭磁気ストライプとの間の距離が算出される。例えば、図 17 (b) に示されるとおり、A バースト S 5 a - 2 の先頭磁気ストライプと B バースト S 5 b - 2 先頭磁気ストライプとの間の距離 L 2 が算出される。

例えば、磁気記録テープが幅方向に広がった場合、例えばサーボトラック S 1 の再生により得られるタイミング信号間の時間が長くなり、その結果、算出される距離 L 1 も大きくなりうる。磁気記録テープが幅方向において縮んだ場合は、反対に、算出される距離 L 1 は小さくなりうる。そのため、距離 L 1 及び距離 L 2 とアジマス角を用いることで、サーボトラック幅のずれ

量を求めることができる。サーボトラック幅のずれ量は、以下の式から求められる。

$$(\text{サーボトラック幅のずれ量}) = \{ (L_1 - L_2) / 2 \} \times \tan (90^\circ - \theta_1)$$

この式において、 L_1 及び L_2 は、上記で述べた距離 L_1 及び L_2 であり、 θ_1 は、上記で述べた傾斜角度 θ_1 であり、アジマス角とも言われる。 θ_1 は、カートリッジより取り出した磁気記録テープをフェリコロイド現像液で現像し、万能工具顕微鏡 (TOPCON TUM-220ES) 及びデータ処理装置 (TOPCON CA-1B) を用いて求められる。

サーボトラック幅のずれ量は、標準サーボトラック幅に対する変化量である。標準サーボトラック幅は、磁気記録再生装置が有するサーボリードヘッド幅と同じ幅であってよく、例えば磁気記録媒体 10 が準拠する規格など磁気記録媒体 10 の種類に応じて決定されてよい。

[0151] なお、サーボトラック幅は、例えば以下のとおりに調整することができる。磁気記録媒体 10 に生じたひずみを緩和するために、磁気記録媒体 10 の乾燥工程及び／又はカレンダー工程（加温領域）において巻き取り張力を低くすることが行われてもよい。また、裁断後のパンケーキ状態及び／又はカートリッジ状態においてひずみを緩和するために、 55°C 以上の温度で長時間保管することが行われてもよい。このようにひずみを緩和することで、サーボトラック幅を調整することができる。

[0152] (4) 磁気記録媒体の製造方法

[0153] 次に、上述の構成を有する磁気記録媒体 10 の製造方法について説明する。まず、非磁性粉及び結着剤などを溶剤に混練及び／又は分散させることにより、下地層形成用塗料を調製する。次に、磁性粉及び結着剤などを溶剤に混練及び／又は分散させることにより、磁性層形成用塗料を調製する。次に、結着剤及び非磁性粉などを溶剤に混練及び／又は分散させることにより、バック層形成用塗料を調製する。磁性層形成用塗料、下地層形成用塗料、及びバック層形成用塗料の調製には、例えば、以下の溶剤、分散装置、及び混

練装置を用いることができる。

[0154] 上述の塗料調製に用いられる溶剤としては、例えばアセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、及びシクロヘキサノンなどのケトン系溶媒；例えばメタノール、エタノール、及びプロパノールなどのアルコール系溶媒；例えば酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ブチル、酢酸プロピル、乳酸エチル、及びエチレングリコールアセテートなどのエステル系溶媒；ジエチレングリコールジメチルエーテル、2-エトキシエタノール、テトラヒドロフラン、及びジオキサンなどのエーテル系溶媒；ベンゼン、トルエン、及びキシレンなどの芳香族炭化水素系溶媒；並びに、メチレンクロライド、エチレンクロライド、四塩化炭素、クロロホルム、及びクロロベンゼンなどのハロゲン化炭化水素系溶媒などが挙げられる。これらのうちの1つが用いられてもよく、又は、2以上の混合物が用いられてもよい。

[0155] 上述の塗料調製に用いられる混練装置としては、例えば連続二軸混練機、多段階で希釈可能な連続二軸混練機、ニーダー、加圧ニーダー、及びロールニーダーなどの混練装置を用いることができるが、特にこれらの装置に限定されるものではない。また、上述の塗料調製に用いられる分散装置としては、例えばロールミル、ボールミル、横型サンドミル、縦型サンドミル、スパイクミル、ピンミル、タワーミル、パールミル（例えばアイリッヒ社製「DCPミル」など）、ホモジナイザー、及び超音波分散機などの分散装置を用いることができるが、特にこれらの装置に限定されるものではない。

[0156] 次に、下地層形成用塗料をベース層11の一方の主面に塗布して乾燥させることにより、下地層12を形成する。続いて、この下地層12上に磁性層形成用塗料を塗布して乾燥させることにより、磁性層13を下地層12上に形成する。なお、乾燥の際に、例えばソレノイドコイルにより、磁性粉をベース層11の厚み方向に磁場配向させる。また、乾燥の際に、例えばソレノイドコイルにより、磁性粉をベース層11の長手方向（走行方向）に磁場配向させたのちに、ベース層11の厚み方向に磁場配向させるようにしてもよい。このような磁場配向処理によって、磁性粉の垂直配向度（すなわち角形

比 S_1)を向上することができる。磁性層13の形成後、ベース層11の他方の主面にバック層形成用塗料を塗布して乾燥させることにより、バック層14を形成する。これにより、磁気記録媒体10が得られる。

[0157] 角形比 S_1 及び S_2 は、例えば、磁性層形成用塗料の塗膜に印加される磁場の強度の調整、磁性層形成用塗料中における固形分の濃度の調整、又は磁性層形成用塗料の塗膜の乾燥条件（例えば乾燥温度及び乾燥時間など）の調整により、所望の値に設定されうる。塗膜に印加される磁場の強度は、磁性粉の保磁力の2倍以上3倍以下であることが好ましい。角形比 S_1 をさらに高めるためには（すなわち角形比 S_2 をさらに低めるためには）、磁性層形成用塗料中における磁性粉の分散状態を向上させることが好ましい。また、角形比 S_1 をさらに高めるためには、磁性粉を磁場配向させるための配向装置に磁性層形成用塗料が入る前の段階で、磁性粉を磁化させておくことも有効である。なお、上記の角形比 S_1 及び S_2 の調整方法は単独で使用されてもよいし、2以上組み合わせられて使用されてもよい。

[0158] その後、得られた磁気記録媒体10にカレンダー処理を行い、磁性層13の表面を平滑化する。次に、カレンダー処理が施された磁気記録媒体10をロール状に巻き取ったのち、この状態で磁気記録媒体10に加熱処理を行うことにより、バック層14の表面の多数の突部14Aを磁性層13の表面に転写する。これにより、磁性層13の表面に細孔（多数の孔部13A）が形成される。

[0159] 前記加熱処理の温度は、 55°C 以上 75°C 以下であることが好ましい。この数値範囲内の温度を前記加熱処理の温度として採用することによって、前記突部の形状が磁性層13に良好に転写される。前記加熱処理の温度が低すぎる場合（例えば 55°C 未満）である場合、突部の形状が十分に転写されないことがある。前記加熱処理の温度が高すぎる場合（例えば 75°C 超）である場合、細孔量が多くなりすぎ、磁性層13の表面の潤滑剤が過多になってしまう虞がある。ここで、前記加熱処理の温度は、磁気記録媒体10を保持する雰囲気温度である。

[0160] 前記加熱処理の時間は、15時間以上40時間以下であることが好ましい。前記加熱処理の時間をこの数値範囲内とすることにより、前記突部の形状が磁性層13に良好に転写される。前記加熱処理の時間が短すぎる場合（例えば15時間未満である場合）、突部の形状が十分に転写されないことがある。生産性の低下の抑制のために、前記加熱処理の時間は例えば40時間以下とすることが望ましい。

[0161] 最後に、磁気記録媒体10を所定の幅（例えば1／2インチ幅）に裁断する。以上により、目的とする磁気記録媒体10が得られる。磁気記録媒体10にはサーボパターンが記録される。サーボパターンの記録は、例えば当技術分野で既知のサーボライターにより行われてよい。

[0162] 以上の製造方法では、バック層14の表面に設けられた多数の突部14Aを、磁性層13の表面に転写することにより、磁性層13の表面に細孔が形成されるが、細孔の形成方法はこれに限定されるものではない。例えば、磁性層形成用塗料に含まれる溶剤の種類調整及び／又は磁性層形成用塗料の乾燥条件調整によって、磁性層13の表面に細孔が形成されてもよい。また、例えば磁性層形成用塗料の溶剤が乾燥する過程において、磁性層形成用塗料に含まれる固形物と溶剤の偏在により細孔が形成されうる。また、磁性層形成用塗料を塗布する過程において、磁性層形成用塗料に含まれる溶剤は、下層を塗布乾燥させた際に形成された下地層12の細孔を通して下地層12にも吸収されうる。前記塗布後の乾燥工程で下地層12から磁性層13を通して溶剤が移動することによって、磁性層13と下地層12とを連通する細孔が形成されうる。

[0163] (5) 記録再生装置

[0164] [記録再生装置の構成]

[0165] 次に、図8を参照して、上述の構成を有する磁気記録媒体10の記録及び再生を行う記録再生装置30の構成の一例について説明する。

[0166] 記録再生装置30は、磁気記録媒体10の長手方向に加わるテンションを調整可能な構成を有している。また、記録再生装置30は、磁気記録媒体力

ートリッジ１０Ａを装填可能な構成を有している。ここでは、説明を容易とするために、記録再生装置３０が、１つの磁気記録媒体カートリッジ１０Ａを装填可能な構成を有している場合について説明するが、記録再生装置３０が、複数の磁気記録媒体カートリッジ１０Ａを装填可能な構成を有しているもよい。

[0167] 記録再生装置３０は、ネットワーク４３を介してサーバ４１及びパーソナルコンピュータ（以下「ＰＣ」という。）４２等の情報処理装置に接続されており、これらの情報処理装置から供給されたデータを磁気記録媒体カートリッジ１０Ａに記録可能に構成されている。記録再生装置３０の最短記録波長は、好ましくは１００ｎｍ以下、より好ましくは７５ｎｍ以下、更により好ましくは６０ｎｍ以下、特に好ましくは５０ｎｍ以下である。

[0168] 記録再生装置３０は、図８に示すように、スピンドル３１と、記録再生装置側のリール３２と、スピンドル駆動装置３３と、リール駆動装置３４と、複数のガイドローラ３５と、ヘッドユニット３６と、通信インターフェース（以下、Ｉ／Ｆ）３７と、制御装置３８とを備えている。

[0169] スピンドル３１は、磁気記録媒体カートリッジ１０Ａを装着可能に構成されている。磁気記録媒体カートリッジ１０Ａは、ＬＴＯ（Linear Tape Open）規格に準拠しており、カートリッジケース１０Ｂに磁気記録媒体１０を巻装した単一のリール１０Ｃを回転可能に収容している。磁気記録媒体１０には、サーボ信号としてハの字状のサーボパターンが予め記録されている。リール３２は、磁気記録媒体カートリッジ１０Ａから引き出された磁気記録媒体１０の先端を固定可能に構成されている。

[0170] スピンドル駆動装置３３は、スピンドル３１を回転駆動させる装置である。リール駆動装置３４は、リール３２を回転駆動させる装置である。磁気記録媒体１０に対してデータの記録又は再生を行う際には、スピンドル駆動装置３３とリール駆動装置３４とが、スピンドル３１とリール３２とを回転駆動させることによって、磁気記録媒体１０を走行させる。ガイドローラ３５は、磁気記録媒体１０の走行をガイドするためのローラである。

[0171] ヘッドユニット36は、磁気記録媒体10にデータ信号を記録するための複数の記録ヘッドと、磁気記録媒体10に記録されているデータ信号を再生するための複数の再生ヘッドと、磁気記録媒体10に記録されているサーボ信号を再生するための複数のサーボヘッドとを備える。記録ヘッドとしては例えばリング型ヘッドを用いることができるが、記録ヘッドの種類はこれに限定されるものではない。

[0172] 通信I/F37は、サーバ41及びPC42等の情報処理装置と通信するためのものであり、ネットワーク43に対して接続される。

[0173] 制御装置38は、記録再生装置30の全体を制御する。例えば、制御装置38は、サーバ41及びPC42等の情報処理装置の要求に応じて、情報処理装置から供給されるデータ信号をヘッドユニット36により磁気記録媒体10に記録する。また、制御装置38は、サーバ41及びPC42等の情報処理装置の要求に応じて、ヘッドユニット36により、磁気記録媒体10に記録されたデータ信号を再生し、情報処理装置に供給する。

[0174] 制御装置38は、記録再生装置30の全体を制御する。例えば、制御装置38は、サーバ41およびPC42等の情報処理装置の要求に応じて、情報処理装置から供給されるデータ信号をヘッドユニット36により磁気記録媒体10に記録する。また、制御装置38は、サーバ41およびPC42等の情報処理装置の要求に応じて、ヘッドユニット36により、磁気記録媒体10に記録されたデータ信号を再生し、情報処理装置に供給する。

[0175] [記録再生装置の動作]

[0176] 次に、上記構成を有する記録再生装置30の動作について説明する。

[0177] まず、磁気記録媒体カートリッジ10Aを記録再生装置30に装着し、磁気記録媒体10の先端を引き出して、複数のガイドローラ35及びヘッドユニット36を介してリール32まで移送し、磁気記録媒体10の先端をリール32に取り付ける。

[0178] 次に、図示しない操作部を操作すると、スピンドル駆動装置33とリール

駆動装置 34 とが制御装置 38 の制御により駆動され、リール 10C からリール 32 へ向けて磁気記録媒体 10 が走行されるように、スピンドル 31 とリール 32 とが同方向に回転される。これにより、磁気記録媒体 10 がリール 32 に巻き取られつつ、ヘッドユニット 36 によって、磁気記録媒体 10 への情報の記録または磁気記録媒体 10 に記録された情報の再生が行われる。

[0179] また、リール 10C に磁気記録媒体 10 を巻き戻す場合は、上記とは逆方向に、スピンドル 31 とリール 32 とが回転駆動されることにより、磁気記録媒体 10 がリール 32 からリール 10C に走行される。この巻き戻しの際にも、ヘッドユニット 36 による、磁気記録媒体 10 への情報の記録または磁気記録媒体 10 に記録された情報の再生が行われる。

[0180] (6) カートリッジ

[0181] [カートリッジの構成]

[0182] 本技術は、本技術に従う磁気記録媒体を含む磁気記録カートリッジ（テープカートリッジともいう）も提供する。当該磁気記録カートリッジ内において、前記磁気記録媒体は、例えばリールに巻き付けられていてよい。当該磁気記録カートリッジは、例えば 記録再生装置と通信を行う通信部と、記憶部と、前記通信部を介して前記記録再生装置から受信した情報を記憶部に記憶し、かつ、前記記録再生装置の要求に応じて、前記記憶部から情報を読み出し、通信部を介して記録再生装置に送信する制御部と、を備えていてよい。前記情報は、磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を含みうる。

[0183] 図 13 を参照して、上述の構成を有する磁気記録媒体 10 を備えるカートリッジ 10A の構成の一例について説明する。

[0184] 図 13 は、カートリッジ 10A の構成の一例を示す分解斜視図である。カートリッジ 10A は、LTO（Linear Tape-Open）規格に準拠した磁気記録媒体カートリッジであり、下シェル 212A と上シェル 212B とで構成されるカートリッジケース 10B の内部に、磁気テープ（テープ状の磁気記録

媒体) 10が巻かれたリール10Cと、リール10Cの回転をロックするためのリールロック214およびリールスプリング215と、リール10Cのロック状態を解除するためのスパイダ216と、下シェル212Aと上シェル212Bに跨ってカートリッジケース10Bに設けられたテープ引出口212Cを開閉するスライドドア217と、スライドドア217をテープ引出口212Cの閉位置に付勢するドアスプリング218と、誤消去を防止するためのライトプロテクト219と、カートリッジメモリ211とを備える。リール10Cは、中心部に開口を有する略円盤状であって、プラスチック等の硬質の材料からなるリールハブ213Aとフランジ213Bとにより構成される。磁気テープ10の一端部には、リーダーピン220が設けられている。

[0185] カートリッジメモリ211は、カートリッジ10Aの1つの角部の近傍に設けられている。カートリッジ10Aが記録再生装置30にロードされた状態において、カートリッジメモリ211は、記録再生装置30のリーダライタ(図示せず)と対向するようになっている。カートリッジメモリ211は、LTO規格に準拠した無線通信規格で記録再生装置30、具体的にはリーダライタ(図示せず)と通信を行う。

[0186] [カートリッジメモリの構成]

[0187] 図14を参照して、カートリッジメモリ211の構成の一例について説明する。

[0188] 図14は、カートリッジメモリ211の構成の一例を示すブロック図である。カートリッジメモリ211は、規定の通信規格でリーダライタ(図示せず)と通信を行うアンテナコイル(通信部)331と、アンテナコイル331により受信した電波から、誘導起電力を用いて発電、整流して電源を生成する整流・電源回路332と、アンテナコイル331により受信した電波から、同じく誘導起電力を用いてクロックを生成するクロック回路333と、アンテナコイル331により受信した電波の検波およびアンテナコイル331により送信する信号の変調を行う検波・変調回路334と、検波・変調回

路 334 から抽出されるデジタル信号から、コマンドおよびデータを判別し、これ进行处理するための論理回路等で構成されるコントローラ（制御部）335と、情報を記憶するメモリ（記憶部）336とを備える。また、カートリッジメモリ211は、アンテナコイル331に対して並列に接続されたキャパシタ337を備え、アンテナコイル331とキャパシタ337により共振回路が構成される。

[0189] メモリ336は、カートリッジ10Aに関連する情報等を記憶する。メモリ336は、不揮発性メモリ（Non Volatile Memory：NVM）である。メモリ336の記憶容量は、好ましくは約32KB以上である。例えば、カートリッジ10Aが次世代以降のLTOフォーマット規格に準拠したものである場合には、メモリ336は、約32KBの記憶容量を有する。

[0190] メモリ336は、第1の記憶領域336Aと第2の記憶領域336Bとを有する。第1の記憶領域336Aは、LTO8以前のLTO規格のカートリッジメモリ（以下「従来のカートリッジメモリ」という。）の記憶領域に対応しており、LTO8以前のLTO規格に準拠した情報を記憶するための領域である。LTO8以前のLTO規格に準拠した情報は、例えば製造情報（例えばカートリッジ10Aの固有番号等）、使用履歴（例えばテープ引出回数（Thread Count）等）等である。

[0191] 第2の記憶領域336Bは、従来のカートリッジメモリの記憶領域に対する拡張記憶領域に相当する。第2の記憶領域336Bは、付加情報を記憶するための領域である。ここで、付加情報とは、LTO8以前のLTO規格で規定されていない、カートリッジ10Aに関連する情報を意味する。付加情報の例としては、テンション調整情報、管理台帳データ、Index情報、または磁気テープ10に記憶された動画のサムネイル情報等が挙げられるが、これらのデータに限定されるものではない。テンション調整情報は、磁気テープ10に対するデータ記録時における、隣接するサーボバンド間の距離（隣接するサーボバンドに記録されたサーボパターン間の距離）を含む。隣接するサーボバンド間の距離は、磁気テープ10の幅に関連する幅関連

情報の一例である。サーボバンド間の距離の詳細については後述する。以下の説明において、第1の記憶領域336Aに記憶される情報を「第1の情報」といい、第2の記憶領域336Bに記憶される情報を「第2の情報」ということがある。

[0192] メモリ336は、複数のバンクを有していてもよい。この場合、複数のバンクのうちの一部のバンクにより第1の記憶領域336Aが構成され、残りのバンクにより第2の記憶領域336Bが構成されてもよい。具体的には、例えば、カートリッジ10Aが次世代以降のLTOフォーマットに準拠したものである場合には、メモリ336は約16KBの記憶容量を有する2つのバンクを有し、2つのバンクのうち的一方のバンクにより第1の記憶領域336Aが構成され、他のバンクにより第2の記憶領域336Bが構成されてもよい。

[0193] アンテナコイル331は、電磁誘導により誘起電圧を誘起する。コントローラ335は、アンテナコイル331を介して、規定の通信規格で記録再生装置30と通信を行う。具体的には、例えば、相互認証、コマンドの送受信またはデータのやり取り等を行う。

[0194] コントローラ335は、アンテナコイル331を介して記録再生装置30から受信した情報をメモリ336に記憶する。コントローラ335は、記録再生装置30の要求に応じて、メモリ336から情報を読み出し、アンテナコイル331を介して記録再生装置30に送信する。

[0195] (7) 効果

[0196] 本技術に従う磁気記録媒体10は、磁性層13、下地層12、ベース層11、及び及びバック層14を含み、磁性層13にサーボパターンが記録されており、当該サーボパターンのサーボ信号の再生波形から得られる、サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{SW} が24nm以下であり、ベース層11は、ポリエステルを主たる成分として含み、磁気記録媒体10の平均厚み t_T が5.6 μm 以下であり、磁気記録媒体10は潤滑剤を含み、且つ磁気記録媒体10に細孔が形成されており、当該細孔の平均直径は6nm以上11nm以

下である。これにより、磁気記録媒体 10 は、薄いにもかかわらず、走行安定性に優れている。磁気記録媒体 10 の優れた走行安定性は、前記特定の細孔及び前記特定のサーボパターンの組み合わせによりもたらされと考えられる。

磁気記録媒体 10 は、好ましくは垂直方向における角形比が 65% 以上であり、前記磁気記録媒体の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a が 2.5 nm 以下であり、且つ、前記磁性層の平均厚み t_m が 80 nm 以下である。磁性層に関するこれらの構成が、全厚が薄い磁気記録媒体において、特に上記細孔及び上記サーボパターンを有する磁性層を含み且つ全厚が薄い磁気記録媒体において、記録再生特性を向上するために特に適している。

[0197] (8) 変形例

[0198] [変形例 1]

[0199] 磁気記録媒体 10 が、図 9 に示すように、ベース層 11 の少なくとも一方の表面に設けられたバリア層 15 をさらに備えるようにしてもよい。バリア層 15 は、環境に応じたベース層 11 の寸法変化を抑える為の層である。例えば、その寸法変化を及ぼす原因の一例としてベース層 11 の吸湿性が挙げられ、バリア層 15 によりベース層 11 への水分の侵入速度を低減できる。バリア層 15 は、金属又は金属酸化物を含む。金属としては、例えば、Al、Cu、Co、Mg、Si、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Mo、Ru、Pd、Ag、Ba、Pt、Au、及び Ta のうちの少なくとも 1 種を用いることができる。金属酸化物としては、例えば、 Al_2O_3 、CuO、CoO、 SiO_2 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、及び ZrO_2 のうちの少なくとも 1 種を用いることができるし、上記金属の酸化物の何れかを用いることもできる。またダイヤモンド状炭素 (Diamond-Like Carbon: DLC) 又はダイヤモンドなどを用いることもできる。

[0200] バリア層 15 の平均厚みは、好ましくは 20 nm 以上 1000 nm 以下、より好ましくは 50 nm 以上 1000 nm 以下である。バリア層 15 の平均

厚みは、磁性層 13 の平均厚み t_m と同様にして求められる。但し、TEM 像の倍率は、バリア層 15 の厚みに応じて適宜調整される。

[0201] [変形例 2]

[0202] 磁気記録媒体 10 は、ライブラリ装置に組み込まれてもよい。すなわち、本技術は、少なくとも一つの磁気記録媒体 10 を備えているライブラリ装置も提供する。当該ライブラリ装置は、磁気記録媒体 10 の長手方向に加わるテンションを調整可能な構成を有しており、上記で述べた記録再生装置 30 を複数備えるものであってもよい。

[0203] 3. 実施例

[0204] 以下、実施例により本技術を具体的に説明するが、本技術はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

[0205] 以下の実施例及び比較例において、磁気テープの平均厚み t_T 、磁性層の表面粗度（磁性層側表面の算術平均粗さ） R_a 、角形比 S_2 、磁性層の平均厚み t_m 、細孔の平均直径、サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{SW} 、 SNR 、摩擦係数比（ μ_B / μ_A ）、及び摩擦係数比（ $\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$ ）は、「2. 本技術の実施形態（塗布型の磁気記録媒体の例）」にて説明した測定方法により求められた値である。

[0206] 3-1. 走行安定性及び SNR の評価

[0207] (1) 磁気テープの製造

以下に述べるとおり、実施例 1～16 及び比較例 1～3 の磁気テープを製造した。下記表 2 に、これら磁気テープの磁性粉の種類、磁気テープの平均厚み t_T 、磁性層の表面粗度（磁性面粗度） R_a 、角形比 S_2 、磁性層の平均厚み t_m 、細孔の平均直径、及びサーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{SW} がまとめられている。

[0208] [実施例 1]

[0209] (磁性層形成用塗料の調製工程)

磁性層形成用塗料を以下のようにして調製した。まず、下記配合の第 1 組成物をエクストルーダで混練した。次に、ディスパーを備えた攪拌タンクに

、混練した第1組成物と、下記配合の第2組成物を加えて予備混合を行った。続いて、さらにサンドミル混合を行い、フィルター処理を行い、磁性層形成用塗料を調製した。

[0210] (第1組成物)

バリウムフェライト ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) 粒子の粉末 (六角板状、平均粒子体積 1950 nm^3) : 100質量部

塩化ビニル系樹脂のシクロヘキサノン溶液 : 42質量部

(当該溶液の組成は、樹脂分30質量%及びシクロヘキサノン70質量%である。塩化ビニル系樹脂の詳細は以下のとおりであった: 重合度300、 $M_n = 10000$ 、極性基として $\text{OSO}_3\text{K} = 0.07\text{ mmol/g}$ 、2級 $\text{OH} = 0.3\text{ mmol/g}$ を含有する。) 酸化アルミニウム粉末 : 5質量部

($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、平均粒径 $0.1\text{ }\mu\text{m}$)

カーボンブラック : 2質量部

(東海カーボン社製、商品名: シーストTA)

[0211] (第2組成物)

塩化ビニル系樹脂のシクロヘキサノン溶液 : 3質量部

(当該溶液の組成は、樹脂分30質量%及びシクロヘキサノン70質量%である。)

n-ブチルステアレート : 2質量部

メチルエチルケトン : 121.3質量部

トルエン : 121.3質量部

シクロヘキサノン : 60.7質量部

[0212] 最後に、上述のようにして調製した磁性層形成用塗料に、硬化剤としてポリソシアネート (商品名: コロネートL、東ソー株式会社製) : 4質量部と、潤滑剤としてステアリン酸 : 2質量部とを添加した。

[0213] (下地層形成用塗料の調製工程)

下地層形成用塗料を以下のようにして調製した。まず、下記配合の第3組成物をエクストルーダで混練した。次に、ディスパーを備えた攪拌タンクに

、混練した第3組成物と、下記配合の第4組成物を加えて予備混合を行った。続いて、さらにサンドミル混合を行い、フィルター処理を行い、下地層形成用塗料を調製した。

[0214] (第3組成物)

針状酸化鉄粉末：100質量部

(α -Fe₂O₃、平均長軸長0.15 μ m)

塩化ビニル系樹脂のシクロヘキサノン溶液：60.6質量部

(当該溶液の組成は、樹脂分30質量%及びシクロヘキサノン70質量%である。)

カーボンブラック：10質量部

(平均粒径20 nm)

[0215] (第4組成物)

ポリウレタン系樹脂UR8200 (東洋紡績製)：18.5質量部

n-ブチルステアレート：2質量部

メチルエチルケトン：108.2質量部

トルエン：108.2質量部

シクロヘキサノン：18.5質量部

[0216] 最後に、上述のようにして調製した下地層形成用塗料に、硬化剤としてポリイソシアネート (商品名：コロネートL、東ソー株式会社製)：4質量部と、潤滑剤としてステアリン酸：2質量部とを添加した。

[0217] (バック層形成用塗料の調製工程)

バック層形成用塗料を以下のようにして調製した。下記原料を、ディスペーを備えた攪拌タンクで混合を行い、フィルター処理を行うことで、バック層形成用塗料を調製した。小粒径のカーボンブラックの粉末 (平均粒径 (D₅₀) 20 nm)：90 質量部

大粒径のカーボンブラックの粉末 (平均粒径 (D₅₀) 270 nm)：10 質量部

ポリエステルポリウレタン：100質量部

(東ソー株式会社製、商品名：N-2304)

メチルエチルケトン：500質量部

トルエン：400質量部

シクロヘキサノン：100質量部

[0218] (塗布工程)

上述のようにして調製した磁性層形成用塗料および下地層形成用塗料を用いて、非磁性支持体である、平均厚み $4.12\text{ }\mu\text{m}$ 、長尺のポリエチレンナフタレートフィルム（以下「PENフィルム」という。）の一方の主面上に、乾燥及びカレンダー後の平均厚みが $1.0\text{ }\mu\text{m}$ となるように下地層を以下のようにして形成し、そして、乾燥及びカレンダー後の平均厚みが 80 nm となるように磁性層を以下のようにして形成した。まず、PENフィルムの方の主面上に下地層形成用塗料を塗布し、そして乾燥させることにより、下地層を形成した。次に、下地層上に磁性層形成用塗料を塗布し、そして乾燥させることにより、磁性層を形成した。なお、磁性層形成用塗料の乾燥の際に、ソレノイドコイルにより、磁性粉をフィルムの厚み方向に磁場配向させた。また、磁性層形成用塗料の乾燥条件（乾燥温度及び乾燥時間）を調整し、磁気テープの厚み方向（垂直方向）における角形比 S_1 及び長手方向における角形比 S_2 を表2に示す値に設定した。続いて、PENフィルムの他方の主面上にバック層形成用塗料を塗布し、そして乾燥させることにより、平均厚み $0.4\text{ }\mu\text{m}$ のバック層を形成した。これにより、磁気テープが得られた。

[0219] (カレンダー工程、転写工程)

続いて、カレンダー処理を行い、磁性層の表面を平滑化した。次に、得られた磁気テープをロール状に巻き取ったのち、この状態で磁気テープに 60°C 、10時間の加熱処理を行った。そして、内周側に位置している端部が反対に外周側に位置するように、磁気テープをロール状に巻き直したのち、この状態で磁気テープに 60°C 、10時間の加熱処理を再度行った。これにより、バック層の表面の多数の突部が磁性層の表面に転写され、磁性層の表面

に多数の孔部が形成された。

[0220] (裁断工程)

上述のようにして得られた磁気テープを1/2インチ(12.65mm)幅に裁断した。これにより、目的とする長尺状の磁気テープ(平均厚み5.6 μ m)が得られた。

[0221] (サーボパターンの記録)

当該1/2インチ幅の磁気テープをカートリッジケース内に設けられたリールに巻き付けて、磁気記録カートリッジを得た。当該磁気テープに、サーボトラックライタによってサーボパターンを記録した。当該サーボパターンは、LT0-8規格に従うものであった。当該サーボトラックライタは、特開2006-127730号公報において同文献の図26を参照して説明される磁気ヘッドをサーボ信号書込ヘッドとして有する、国際公開第2019/093469号に記載されるサーボライタ(特には同文献の図1を参照して説明されたサーボライタ)であった。以下で、当該サーボトラックライタの概要を図12及び13を参照しながら説明する。当該サーボトラックライタの詳細についてはこれら2つの文献を参照されたい。

図12は、当該サーボトラックライタの模式図であり、国際公開第2019/093469号の図1に対応する。図12に示されるとおり、サーボトラックライタ110は、送出リール111と、巻取リール112と、キャプスタン113A、114Aと、ピンチローラ113B、114Bと、ガイドローラ115A、115Bと、研磨部116と、ダスティング部117と、テンション調整部118と、サーボ信号書込ヘッド119と、サーボ信号読取ヘッド120と、プリアンプ121と、制御装置122と、パルス発生回路123と、駆動装置124とを備える。このサーボトラックライタ110は、長尺の磁気テープMTのサーボバンドにサーボ信号を書き込むための装置である。

図13は、サーボ信号書込ヘッド119の模式図であり、特開2006-127730号公報の図26に対応する。図13のAに示されるとおり、サ

ーボ信号書込ヘッド119は、ヘッドチップ132を有し、このヘッドチップ132の上面に、リニア型磁気テープ（図示せず）に対する摺動面134を有し、この摺動面134内に、少なくとも、一部がサーボ信号記録用とされた記録用素子からなる磁気ヘッド部135と、周囲が閉じられた有底キャビティ136とが形成される。

サーボ信号書込ヘッド119の摺動面134は、図13のBに示されたとおり、少なくとも一部がフラット面とされ、この摺動面134に対向配置されるリニア型磁気テープ（図示せず）は、走行時には、磁気ヘッド摺動面134のエッジ部によって近傍の空気をかき取られ、更に有底キャビティ136において減圧されることにより、摺動面34とのスペーシングがより小とされる。

サーボトラックライタ110に搭載されているキャビティを有するサーボ信号書込ヘッド119と同ヘッドに隣接するガイドローラ115A及び115Bの距離を調整し且つサーボ信号書込ヘッド119へのテープ侵入角度を調整することによって、サーボパターンを記録する際のサーボ信号書込ヘッド119とテープとの間の摩擦を調整し、これにより磁気テープの σ_{sw} が23nmへと調整された。

[0222] [実施例2]

PENフィルムの厚みを変更して磁気記録媒体の平均厚み t_T を5.0 μm としたこと以外は実施例1と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0223] [実施例3]

カレンダー工程の圧力を高くすることによって磁性面の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a を2.2nmに変更したこと以外は実施例1と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0224] [実施例4]

磁性層形成用塗料に対する磁場の印加時間を調整し磁気テープの厚み方向（垂直方向）における角形比S2を70%に設定したこと以外は実施例1と

同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0225] [実施例 5]

磁性層の平均厚みを 70 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0226] [実施例 6]

磁性層の平均厚みを 50 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0227] [実施例 7]

カレンダー処理後の加熱処理における加熱温度を下げて細孔の平均直径を 6 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0228] [実施例 8]

カレンダー処理後の加熱処理における加熱温度を上げて細孔の平均直径を 11 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0229] [実施例 9]

実施例 1 において述べたとおりのサーボパターンの記録においてサーボ信号書込ヘッド 119 とテープとの間の摩擦を減らすことによって統計値 σ_{SW} を 20 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを製造した。

[0230] [実施例 10]

サーボトラックライタ 110 に搭載されているサーボ信号書込ヘッド 119 と同ヘッドに隣接するガイドローラ 115A 及び 115B の距離をさらに調整することによってさらに摩擦を減らしたこと以外は実施例 9 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。当該磁気テープの統計値 σ_{SW} は 15 nm であった。

[0231] [実施例 11]

磁性層に含まれる磁性粉をバリウムフェライト粒子の粉末からストロンチ

ウムフェライトの粒子の粉末に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。

[0232] [実施例 1 2 及び 1 3]

磁性層に含まれる磁性粉をバリウムフェライト粒子の粉末から ϵ 酸化鉄ナノ粒子の粉末又はコバルト酸化鉄の粉末に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。

[0233] [実施例 1 4]

塗膜乾燥工程で乾燥温度を高くすることによって磁性層側表面の算術平均粗さ R_a を 3.0 nm に変更したこと以外は、実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。

[0234] [実施例 1 5]

磁性層形成用塗料に対する磁場の印加時間を調整し磁気テープの厚み方向（垂直方向）における角形比 S_2 を 60% に設定したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。

[0235] [実施例 1 6]

磁性層の平均厚みを 90 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。

[0236] [比較例 1]

サーボライト時の磁気テープの張力を高くすることによってサーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{sw} を 25 nm に変更したこと以外は、実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。

[0237] [比較例 2]

カレンダー処理後の加熱処理における加熱温度を下げて細孔の平均直径を 5 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記録された磁気テープを得た。

[0238] [比較例 3]

カレンダー処理後の加熱処理における加熱温度を上げて細孔の平均直径を 12 nm に変更したこと以外は実施例 1 と同じ方法で、サーボパターンが記

録された磁気テープを得た。

[0239] (2) 評価

上記(1)において製造された実施例1～16及び比較例1～3の磁気テープについて、摩擦係数比(μ_B/μ_A)及び摩擦係数比($\mu_{C(1000)}/\mu_{C(5)}$)を測定した。これらの測定は、「2. 本技術の実施形態(塗布型の磁気記録媒体の例)」にて説明した測定方法により行われた。これら摩擦係数比が高いこと(例えば2.0以上であること)は、磁気テープの走行時における相対差pが高くなることをもたらしうる。相対差pが高すぎる場合は、走行安定性が悪化し、フェイル状態になることもある。

これら摩擦係数比の測定結果は下記表2に示されている。

[0240] さらに、実施例1～16及び比較例1～3の磁気テープについてSNR及び走行安定性を評価した。評価結果は下記表2に示されている。SNR及び走行安定性の評価方法は以下のとおりであった。

[0241] (SNR)

[0242] まず、記録/再生ヘッド及び記録/再生アンプを取り付けた1/2インチテープ走行装置(Mountain Engineering II社製、MTS Transport)を用いて、25℃環境における磁気テープのSNR(電磁変換特性)を測定した。記録ヘッドにはギャップ長0.2μmのリングヘッドを用い、再生ヘッドにはシールド間距離0.1μmのGMRヘッドを用いた。相対速度は6m/s、記録クロック周波数は160MHz、記録トラック幅は2.0μmとした。また、SNRは、下記の文献に記載の方法に基づき算出した。SNRについて、実施例1の値を基準として、それよりもSNRが上昇したか又は低下したかという相対的な評価を行った。

Y. Okazaki: "An Error Rate Emulation System.", IEEE Trans. Man., 31, pp. 3093-3095(1995)

[0243] (走行安定性)

[0244] 磁気テープをLTOカートリッジに組み込む。当該LTOカートリッジに対して、SCSI及びファイバーチャネルを介してサーバ及びPCと接続さ

れたLTOドライブを用いて磁気テープ全面にデータを記録し、再生する、いわゆるフルボリュームテストを実施した。当該フルボリュームテストでは、データの記録状態が逐次監視されており、問題が発生した場合は当該問題に関する情報が記録された。

[0245] 当該フルボリュームテストにおいて、磁気テープの走行状態が不安定であると、ドライブは自動的に記録を一時停止する、いわゆるストップライトを行う。当該ストップライトが行われると、データの転送レートが落ちる。また、当該フルボリュームテストにおいて、磁気テープの走行状態がさらに不安定になると、ドライブは自動的に記録を完全に停止し、いわゆるフェイル状態になる。

実施例1～16及び比較例1～3の磁気テープそれぞれについて、当該フルボリュームテストを連続で5回繰り返し実施し、「フルボリュームテスト5回目の転送レートの相対値」及び「フェイルの有無」が記録された。フルボリュームテストにおける転送レートの相対値は、評価に使用したドライブの最高性能が発揮された場合の転送レートに対する、フルボリュームテスト1回あたりの平均転送レートの割合である。当該ドライブの最高性能が発揮された場合を100%とする。例えば、LT08ドライブを使用してLT08フォーマットで記録を行った場合において、当該LT08ドライブが最高性能を発揮した時の転送レートは350 MB/secである。「フェイルの有無」は、上記のとおりフェイル状態になったか否かである。

以下表1に示される4段階の評価基準に従い、各磁気テープを評価した。表1に示されるとおり、レベル4が最良の走行安定性を有することを意味し、レベル1が最悪の走行安定性を有することを意味する。例えば、磁気テープの転送レートの相対値が5回目のフルボリュームテスト全てにおいて95%以上100%以下であり且つフェイルが無い場合に、当該磁気テープはレベル4であると評価される。レベル4又は3の評価（すなわち、フルボリュームテスト5回目における磁気テープの転送レートが80%以上であること）が、磁気テープの良好な走行安定性の観点から望ましい。

各磁気テープの走行安定性の評価結果は、表 2 の「走行安定性のレベル」の列に示されている。

[0246] [表1]

レベル	フルボリュームテスト 5 回目の転送レートの相対値	フェイルの有無
4	95%以上、100%以下	なし
3	80%以上、95%未満	なし
2	80%未満	なし
1	80%未満	あり

[0247]

[表2]

	磁性体	テープ全厚 t_T (μm)	磁性面粗度 R_a (nm)	角型比S2 (%)	磁性膜厚 t_m (nm)	細孔の 平均直径 [nm]	PESの 標準偏差 σ_{SW} (nm)	SNR	摩擦係数比 μ_E/μ_A	摩擦係数比 $\mu_{C(1030)}/\mu_{C(5)}$	走行安定性 のレベル
実施例1	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	8	23	0.0	1.2	1.2	3
実施例2	六方晶フェライト	5.0	2.5	65	80	8	23	0.0	1.2	1.2	3
実施例3	六方晶フェライト	5.6	2.2	65	80	8	23	0.3	1.2	1.3	3
実施例4	六方晶フェライト	5.6	2.5	70	80	8	23	0.0	1.2	1.3	3
実施例5	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	70	8	23	0.0	1.2	1.2	3
実施例6	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	50	8	23	0.0	1.2	1.2	3
実施例7	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	6	23	0.0	1.2	1.4	3
実施例8	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	11	23	0.0	1.4	1.2	3
実施例9	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	8	20	0.0	1.2	1.2	4
実施例10	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	8	15	0.0	1.2	1.2	4
実施例11	Sr フェライト	5.6	2.5	65	80	8	23	0.0	1.2	1.2	3
実施例12	ϵ 酸化鉄	5.6	2.5	65	80	8	23	0.1	1.2	1.2	3
実施例13	Co 酸化鉄	5.6	2.5	65	80	8	23	0.2	1.2	1.2	3
実施例14	六方晶フェライト	5.6	3.0	65	80	8	23	-0.7	1.1	1.2	3
実施例15	六方晶フェライト	5.6	2.5	60	80	8	23	-0.7	1.2	1.2	3
実施例16	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	90	8	23	-0.7	1.2	1.4	3
比較例1	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	8	25	0.0	1.2	1.2	2
比較例2	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	5	23	0.0	2.2	2.1	2
比較例3	六方晶フェライト	5.6	2.5	65	80	12	23	0.0	2.2	2.3	2

[0248] 表2に示される結果より、以下のことが分かる。

[0249] 実施例1～16の磁気テープはいずれも、テープ全厚 t_T が5.6 μm 以下

であるにもかかわらず、走行安定性の評価結果が3又は4であった。よって、本技術に従う磁気記録媒体は、磁気記録媒体の全厚が薄いにもかかわらず、走行安定性に優れていることがわかる。

[0250] また、実施例1及び7～10の結果と比較例1～3の結果とを比較すると、統計値 σ_{sw} が23 nm以下であり且つ細孔の平均直径が6 nm～11 nmであることによって、走行安定性が向上することが分かる。

例えば、実施例1と比較例1とを比較すると、前者では、統計値 σ_{sw} が23 nmであり、走行安定性の評価結果が3であったのに対し、後者では、統計値 σ_{sw} が25 nmであり、走行安定性の評価結果が2であった。加えて、統計値 σ_{sw} が実施例1の場合よりも低い実施例9及び10では、走行安定性の評価結果が4であった。これらの結果より、統計値 σ_{sw} を例えば23 nm以下とすることが、磁気記録媒体の走行安定性の向上に寄与していることが分かる。

例えば、実施例1と比較例2及び3とを比較すると、前者では、細孔の平均直径が8 nmであり、走行安定性の評価結果が3であったのに対し、後者ではそれぞれ5 nm及び12 nmであり、走行安定性の評価結果がいずれも2であった。加えて、細孔の平均直径が6 nm及び11 nmである実施例7及び8では、走行安定性の評価結果が3であった。これらの結果より、細孔の平均直径を例えば6 nm～11 nmとすることが、磁気記録媒体の走行安定性の向上に寄与していることが分かる。

[0251] また、実施例1及び3～6の結果と実施例14～16の結果とを比較すると、磁性面粗度 R_a が2.5 nm以下であり、角形比S2が65%以上であり、且つ、磁性層の厚みが80 nm以下であることによって、SNRが改善され、すなわち記録再生特性が向上することが分かる。

例えば実施例1と実施例14とを比較すると、前者では磁性面粗度 R_a が2.5 nmであり、SNRが0.0であったのに対し、後者では、磁性面粗度 R_a が3.0 nmであり、SNRが-0.7であった。加えて、磁性面粗度 R_a が実施例1の場合よりも低い実施例3では、SNRが0.3であった。これ

らの結果より、磁性面粗度 R_a を例えば 2.5 nm 以下とすることが、磁気記録媒体の記録再生特性の向上に寄与していることが分かる。

例えば実施例 1 と実施例 15 とを比較すると、前者では角形比が 65% であり、SNR が 0.0 であったのに対し、後者では、角形比が 60% であり、SNR が -0.7 であった。加えて、角形比が実施例 1 の場合よりも高い実施例 4 では、SNR が 0.0 であった。これらの結果より、角形比を例えば 65% 以上とすることが、磁気記録媒体の記録再生特性の向上に寄与していることが分かる。

例えば実施例 1 と実施例 16 とを比較すると、前者では磁性層の厚みが 80 nm であり、SNR が 0.0 であったのに対し、後者では、磁性層の厚みが 90 nm であり、SNR が -0.7 であった。加えて、磁性層の厚みが実施例 1 の場合よりも小さい実施例 5 及び 6 では、SNR が 0.0 であった。これらの結果より、磁性層の厚みを例えば 80 nm 以下とすることが、磁気記録媒体の記録再生特性の向上に寄与していることが分かる。

[0252] 実施例 2 の磁気テープは、実施例 1 よりもテープ全厚 t_T が小さいにもかかわらず、実施例 1 と同程度の走行安定性及び記録再生特性を有する。そのため、磁気テープの全厚を実施例 1 からさらに薄くしても、本技術の効果が奏されることが分かる。

[0253] 実施例 11 ～ 13 の磁気テープは、実施例 1 と磁性粉の種類が異なるが、実施例 1 と同程度の走行安定性及び記録再生特性を有する。そのため、磁性粉の種類を変更しても、本技術の効果が奏されることが分かる。

[0254] 実施例 1 ～ 16 の磁気テープの摩擦係数比 (μ_B / μ_A) はいずれも 1.1 ～ 1.4 であり、これら磁気テープは、走行時の張力変動による動摩擦係数の変化が小さく、張力が変動した場合においても走行安定性に優れていることが分かる。

また、実施例 1 ～ 16 の磁気テープと比較例 2 及び 3 とを対比すると、細孔直径が当該優れた走行安定性に寄与していると考えられる。

[0255] 実施例 1 ～ 16 の磁気テープの摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$) はいず

れも 1. 1 ~ 1. 4 であり、これら磁気テープは、多数回走行による動摩擦係数の変化が小さく、多数回走行した場合においても走行安定性に優れていることが分かる。

また、実施例 1 ~ 1 6 の磁気テープと比較例 2 及び 3 とを対比すると、細孔直径が当該優れた走行安定性に寄与していると考えられる。

[0256] 3 - 2. 巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差

[0257] [実施例 1]

実施例 1 において得られた磁気記録カートリッジの巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差を測定した。当該差は 0. 2 5 μm であった。

[0258] [実施例 1 7]

サーボパターンを記録するときの張力を変更したこと以外は、実施例 1 に記載されたとおりに磁気記録カートリッジを得た。当該張力の変更は、サーボパターンを記録開始段階での張力よりも、記録終了段階での張力を高くするというものであった。このようにして得られた磁気記録カートリッジの巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差を測定した。当該差は 0. 0 0 μm であった。

[0259] 実施例 1 7 の磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープの平均厚み t_T 、磁性層の表面粗度（磁性面粗度） R_a 、角形比 S_2 、磁性層の平均厚み t_m 、細孔の平均直径、及びサーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{SW} 、 SNR の評価結果、摩擦係数比 (μ_B / μ_A)、摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$)、走行安定性の評価結果はいずれも、実施例 1 の磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープと同じであった。

[0260] 実施例 1 及び 1 7 の磁気記録カートリッジについて、巻き状態の評価（しわの有無の評価）を行った。当該評価は、以下のとおりに行われた。

[0261] 各磁気記録カートリッジ内の磁気記録テープが記録再生装置で往復走行された。そして、往復走行時に上記のハの字の磁気パターン列の 2 列以上を同時に再生し、それぞれの列の再生波形の形状から、走行時の磁気パターン列の間隔を連続的に計測した。尚、走行時には、この計測された磁気パターン

列の間隔情報に基づき、スピンドル駆動装置とリール駆動装置の回転駆動を制御し、磁気パターン列の間隔が規定の幅、またはほぼ規定の幅となるように、磁気テープの長手方向のテンションを自動で調整する様にした。

[0262] 前記記録再生装置による往復走行は、恒温恒湿槽中で行った。往復走行の速度は5 m / s e cであった。往復走行中の温湿度は、上記の往復走行とは独立に、温度範囲10℃～45℃、相対湿度範囲10%～80%で、予め組まれた環境変化プログラム（例：10℃10%→29℃80%→10℃10%を2回繰り返す。10℃10%から29℃80%へ2時間で変化させ、且つ、29℃80%→10℃10%へ2時間で変化させる。）に従って、徐々に且つ繰り返し変化させた。当該往復走行が、「予め組まれた環境変化プログラム」が終了するまで繰り返された。

[0263] 前記記録再生装置による往復走行の終了後、各磁気記録カートリッジ中の磁気記録媒体の巻き状態を側面から目視で観察した。当該観察により、しわの発生による巻き状態の乱れの有無を確認することができる。当該観察において、以下の基準にしたがって巻き状態を判定した。

良好：しわに起因する巻き状態の乱れない。

不良：しわに起因する巻き状態の乱れがある。

[0264] 前記観察の結果、実施例1の磁気記録カートリッジの巻き状態は良好であった。一方で、実施例17の磁気記録カートリッジの巻き状態は不良であった。これらの結果より、巻内側及び巻外側のサーボトラック幅の差が0.00μm超、好ましくは0.01μm以上、より好ましくは0.02μm以上、さらにより好ましくは0.05μm以上であることによって、巻き状態が良好になること（カートリッジ内のリールにまかれた場合にしわが発生しないこと）が分かる。

[0265] 以上、本技術の実施形態及び実施例について具体的に説明したが、本技術は、上述の実施形態及び実施例に限定されるものではなく、本技術の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

[0266] 例えば、上述の実施形態及び実施例において挙げた構成、方法、工程、形

状、材料、及び数値等はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる構成、方法、工程、形状、材料、及び数値等を用いてもよい。また、化合物等の化学式は代表的なものであって、同じ化合物の一般名称であれば、記載された価数等に限定されない。

[0267] また、上述の実施形態及び実施例の構成、方法、工程、形状、材料、及び数値等は、本技術の主旨を逸脱しない限り、互いに組み合わせることが可能である。

[0268] また、本明細書において、「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に記載される数値をそれぞれ最小値及び最大値として含む範囲を示す。本明細書に段階的に記載されている数値範囲において、ある段階の数値範囲の上限値または下限値は、他の段階の数値範囲の上限値または下限値に置き換えてもよい。本明細書に例示する材料は、特に断らない限り、1種を単独でまたは2種以上を組み合わせ用いることができる。

[0269] なお、本技術は、以下のような構成をとることもできる。

〔1〕磁性層、下地層、ベース層、及びバック層を含み、

前記磁性層にサーボパターンが記録されており、当該サーボパターンのサーボ信号の再生波形から得られる、サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{SW} が24 nm以下であり、

前記ベース層は、ポリエステルを主たる成分として含み、

磁気記録媒体の平均厚み t_T が5.6 μm 以下であり、

前記磁気記録媒体は潤滑剤を含み、且つ

前記磁気記録媒体には細孔が形成されており、当該細孔の平均直径は、前記磁気記録媒体から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定したときに、6 nm以上11 nm以下である、

テープ状の磁気記録媒体。

〔2〕垂直方向における角形比が65%以上である、〔1〕に記載の磁気記録媒体。

〔3〕前記磁気記録媒体の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a が2.5 nm以下

である、〔１〕又は〔２〕に記載の磁気記録媒体。

〔４〕前記磁性層の平均厚み t_m が 80 nm 以下である、〔１〕～〔３〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔５〕垂直方向における角形比が 65 % 以上であり、

前記磁気記録媒体の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a が 2.5 nm 以下であり、且つ、

前記磁性層の平均厚み t_m が 80 nm 以下である、

〔１〕～〔４〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔６〕前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉が六方晶フェライト、 ϵ 酸化鉄、又は Co 含有スピネルフェライトを含む、〔１〕～〔５〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。〔７〕前記六方晶フェライトが、Ba 及び Sr のうちの少なくとも 1 種を含み、且つ、前記 ϵ 酸化鉄が、Al 及び Ga のうちの少なくとも 1 種を含む、〔６〕に記載の磁気記録媒体。

〔８〕前記磁気記録媒体の長手方向に 0.4 N の張力を加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッドとの間の動摩擦係数 μ_A と、前記磁気記録媒体の長手方向に 1.2 N の張力を加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッドとの間の動摩擦係数 μ_B との摩擦係数比 (μ_B / μ_A) が 1.0 ~ 2.0 である、〔１〕～〔７〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔９〕長手方向に 0.6 N の張力を加えた状態にある前記磁気記録媒体を、磁気ヘッド上を 5 往復摺動させた場合の 5 往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ と、当該磁気ヘッド上を 1000 往復させた場合の 1000 往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(1000)}$ との摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$) が 1.0 ~ 2.0 である、〔１〕～〔８〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

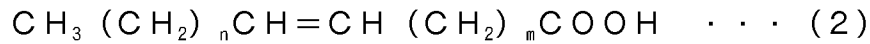
〔１０〕前記潤滑剤が、脂肪酸及び／又は脂肪酸エステルを含む、〔１〕～〔９〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔１１〕前記脂肪酸が下記一般式（１）又は（２）で示される化合物を含み、且つ、前記脂肪酸エステルが下記一般式（３）又は（４）で示される化

物を含む、〔10〕に記載の磁気記録媒体。



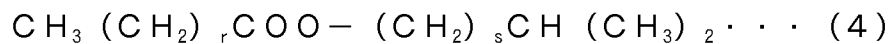
(但し、前記一般式(1)において、kは14以上22以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、前記一般式(2)において、nとmとの和は12以上20以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、前記一般式(3)において、pは14以上22以下の範囲から選ばれる整数であり、qは2以上5以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、前記一般式(4)において、rは14以上22以下の範囲から選ばれる整数であり、sは1以上3以下の範囲から選ばれる整数である。)

〔12〕長手方向における保磁力 H_0 が20000e以下である、〔1〕～〔11〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔13〕前記統計値 σ_{SW} が23nm以下である、〔1〕～〔12〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔14〕前記統計値 σ_{SW} が10nm以上23nm以下である、〔1〕～〔13〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔15〕前記細孔の平均直径が6nm以上10nm以下である、〔1〕～〔14〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔16〕前記細孔の平均直径が7nm以上9nm以下である、〔1〕～〔15〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔17〕前記ベース層の平均厚みが4.2 μm 以下である、〔1〕～〔16〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔18〕前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉の平均アスペクト比が1.0以上3.5以下である、〔1〕～〔17〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔19〕前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉の平均粒子サイズが50 nm以下である、〔1〕～〔18〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔20〕

〔1〕～〔19〕のいずれか1つに記載のテープ状の磁気記録媒体がリールに巻き取られた状態で磁気記録カートリッジ内に収容されており、且つ、
(当該磁気記録媒体の巻内側のサーボトラック幅)－(当該磁気記録媒体の巻外側のサーボトラック幅) $>0\ \mu\text{m}$ である、磁気記録カートリッジ。

符号の説明

[0270] 10 磁気記録媒体

11 ベース層

12 下地層

13 磁性層

14 バック層

請求の範囲

- [請求項1] 磁性層、下地層、ベース層、及びバック層を含み、
前記磁性層にサーボパターンが記録されており、当該サーボパターンのサーボ信号の再生波形から得られる、サーボバンドの非直線性を示す統計値 σ_{sw} が 24 nm 以下であり、
前記ベース層は、ポリエステルを主たる成分として含み、
磁気記録媒体の平均厚み t_T が $5.6\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、
前記磁気記録媒体は潤滑剤を含み、且つ
前記磁気記録媒体に細孔が形成されており、当該細孔の平均直径は、前記磁気記録媒体から潤滑剤を除去しそして乾燥した状態で測定したときに、 6 nm 以上 11 nm 以下である、
テープ状の磁気記録媒体。
- [請求項2] 垂直方向における角形比が 65% 以上である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項3] 前記磁気記録媒体の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a が 2.5 nm 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項4] 前記磁性層の平均厚み t_m が 80 nm 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項5] 垂直方向における角形比が 65% 以上であり、
前記磁気記録媒体の磁性層側表面の算術平均粗さ R_a が 2.5 nm 以下であり、且つ、
前記磁性層の平均厚み t_m が 80 nm 以下である、
請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項6] 前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉が六方晶フェライト、 ϵ 酸化鉄、又は Co 含有スピネルフェライトを含む、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項7] 前記六方晶フェライトが、 Ba 及び Sr のうちの少なくとも1種を含み、且つ、前記 ϵ 酸化鉄が、 Al 及び Ga のうちの少なくとも1種

を含む、請求項 6 に記載の磁気記録媒体。

[請求項 8] 前記磁気記録媒体の長手方向に 0.4 N の張力を加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッドとの間の動摩擦係数 μ_A と、前記磁気記録媒体の長手方向に 1.2 N の張力を加えた状態における前記磁気記録媒体の磁性層側表面と磁気ヘッドとの間の動摩擦係数 μ_B との摩擦係数比 (μ_B / μ_A) が 1.0 ~ 2.0 である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

[請求項 9] 長手方向に 0.6 N の張力を加えた状態にある前記磁気記録媒体を、磁気ヘッド上を 5 往復摺動させた場合の 5 往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(5)}$ と、当該磁気ヘッド上を 1000 往復させた場合の 1000 往復目における動摩擦係数 $\mu_{C(1000)}$ との摩擦係数比 ($\mu_{C(1000)} / \mu_{C(5)}$) が 1.0 ~ 2.0 である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

[請求項 10] 前記潤滑剤が、脂肪酸及び／又は脂肪酸エステルを含む、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

[請求項 11] 前記脂肪酸が下記一般式 (1) 又は (2) で示される化合物を含み、且つ、前記脂肪酸エステルが下記一般式 (3) 又は (4) で示される化合物を含む、請求項 10 に記載の磁気記録媒体。



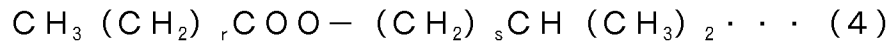
(但し、前記一般式 (1) において、k は 14 以上 22 以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、前記一般式 (2) において、n と m との和は 12 以上 20 以下の範囲から選ばれる整数である。)



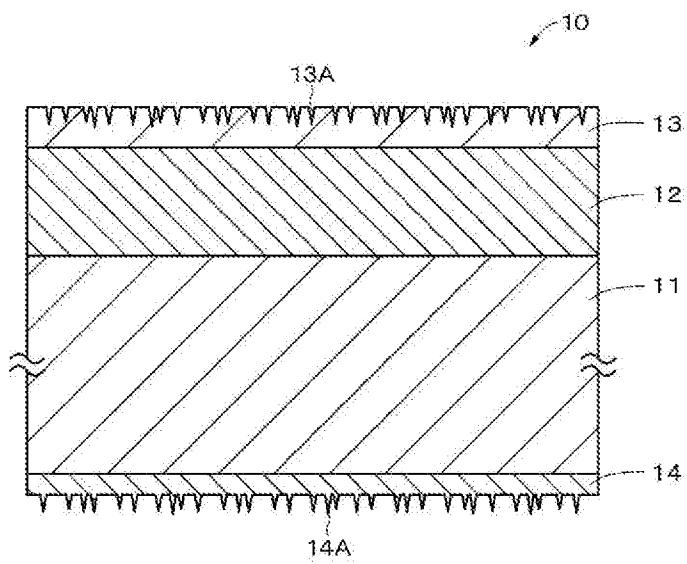
(但し、前記一般式 (3) において、p は 14 以上 22 以下の範囲から選ばれる整数であり、q は 2 以上 5 以下の範囲から選ばれる整数である。)



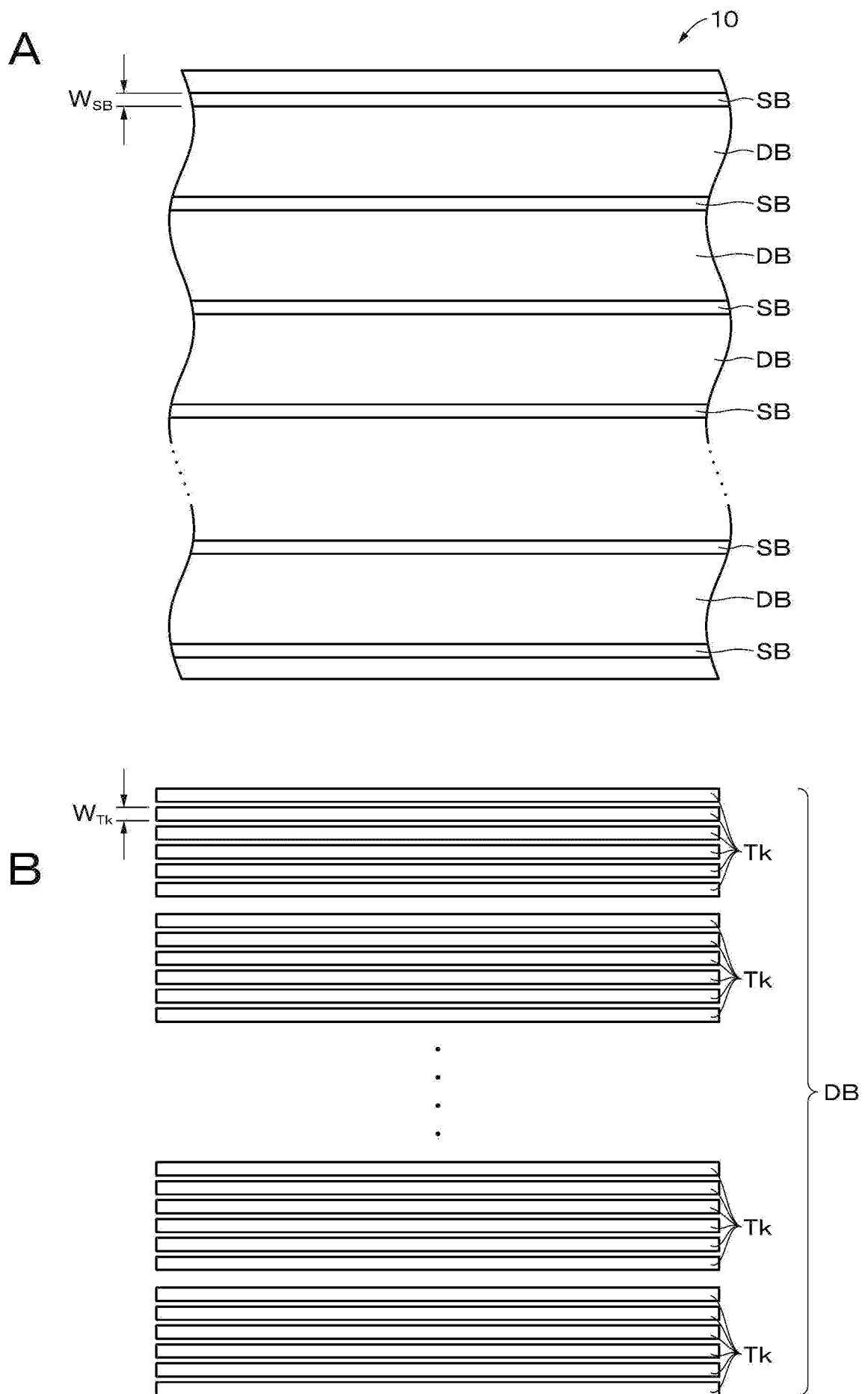
(但し、前記一般式(4)において、 r は14以上22以下の範囲から選ばれる整数であり、 s は1以上3以下の範囲から選ばれる整数である。)

- [請求項12] 長手方向における保磁力 H_c が20000e以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項13] 前記統計値 σ_{SW} が23nm以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項14] 前記統計値 σ_{SW} が10nm以上23nm以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項15] 前記細孔の平均直径が6nm以上10nm以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項16] 前記細孔の平均直径が7nm以上9nm以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項17] 前記ベース層の平均厚みが4.2μm以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項18] 前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉の平均アスペクト比が1.0以上3.5以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項19] 前記磁性層が磁性粉を含み、当該磁性粉の平均粒子サイズが50nm以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項20] 請求項1に記載のテープ状の磁気記録媒体がリールに巻き取られた状態で磁気記録カートリッジ内に収容されており、且つ、(当該磁気記録媒体の巻内側のサーボトラック幅) - (当該磁気記録媒体の巻外側のサーボトラック幅) > 0μmである、磁気記録カートリッジ。

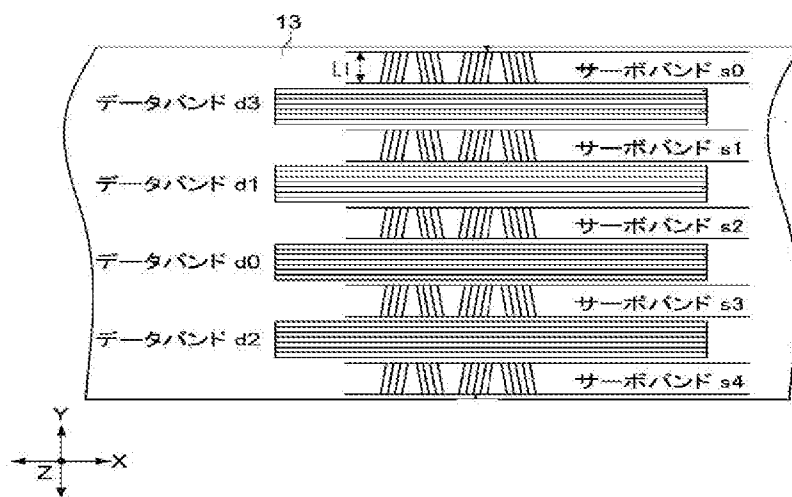
[図1]



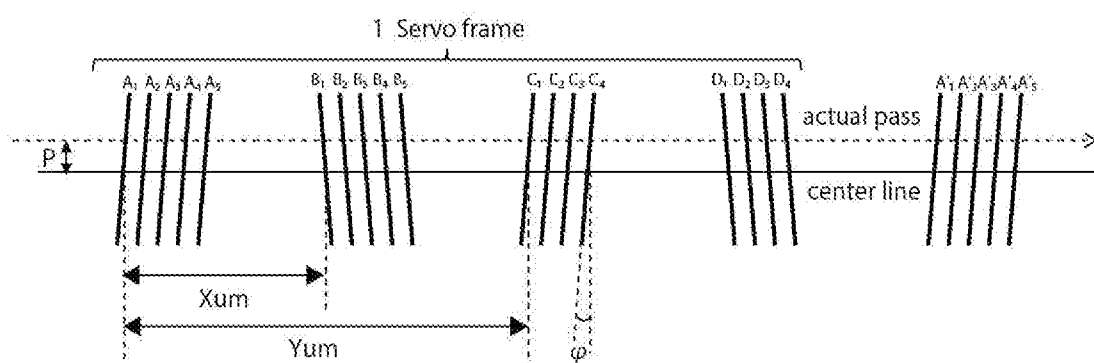
[図2]



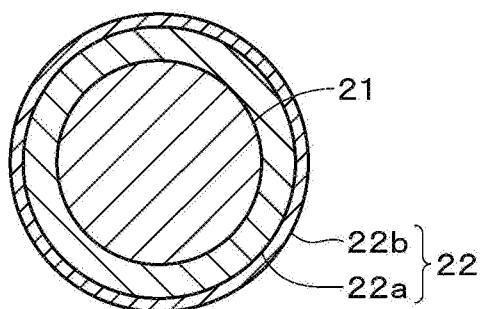
[図3]



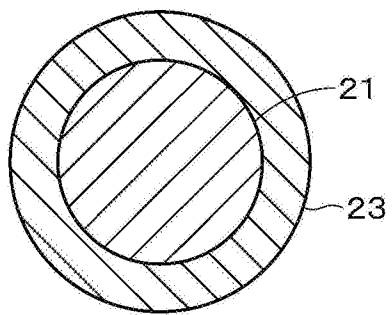
[図4]



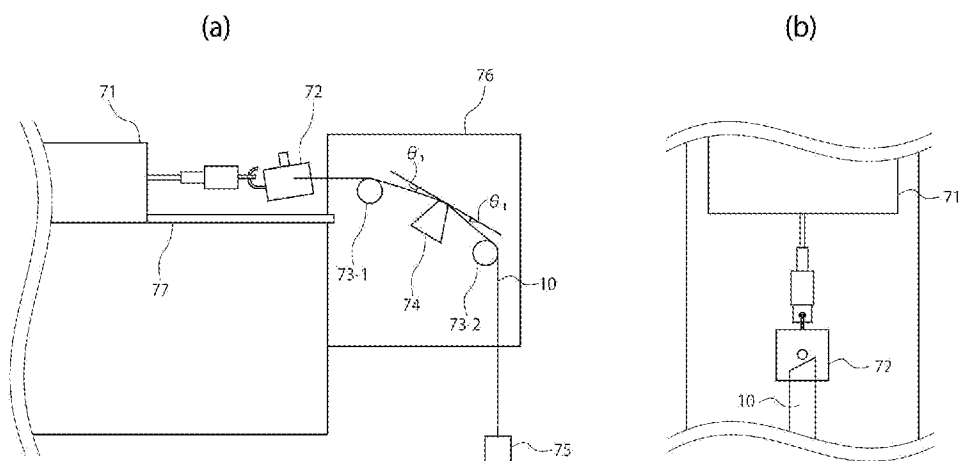
[図5]



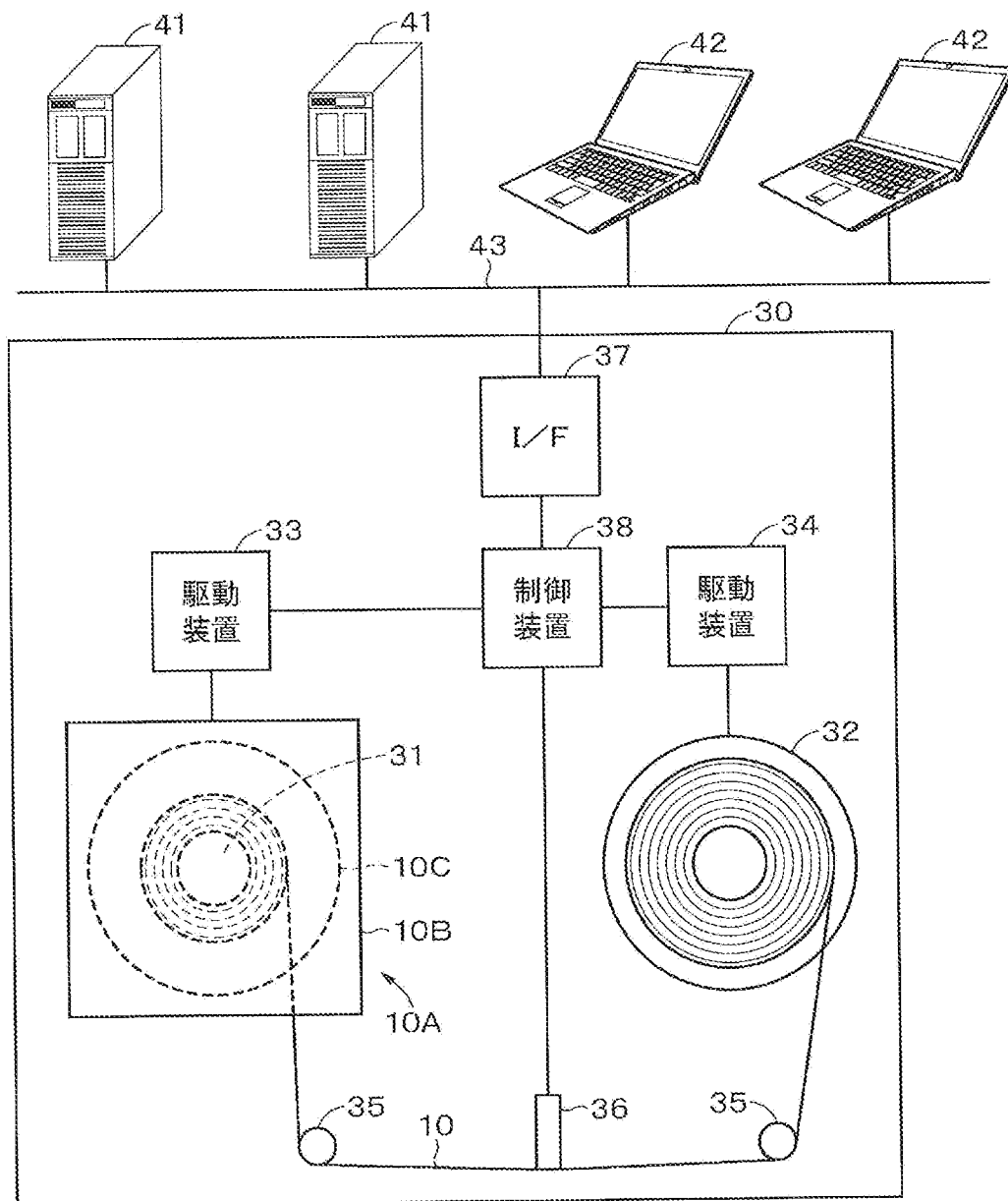
[図6]



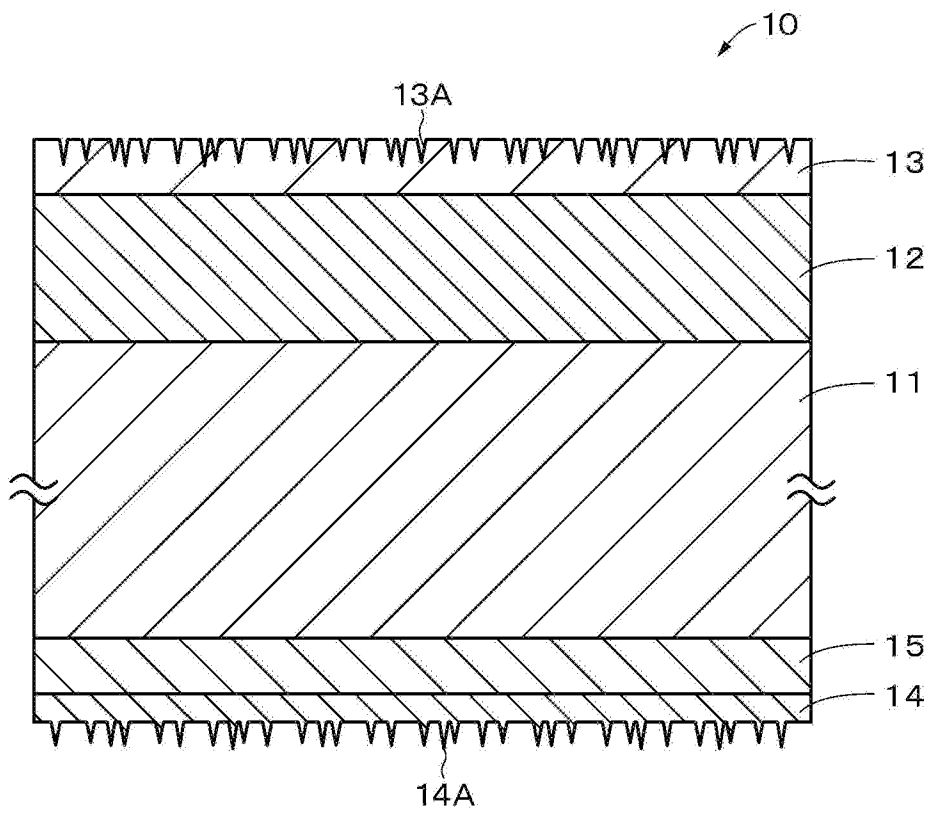
[図7]



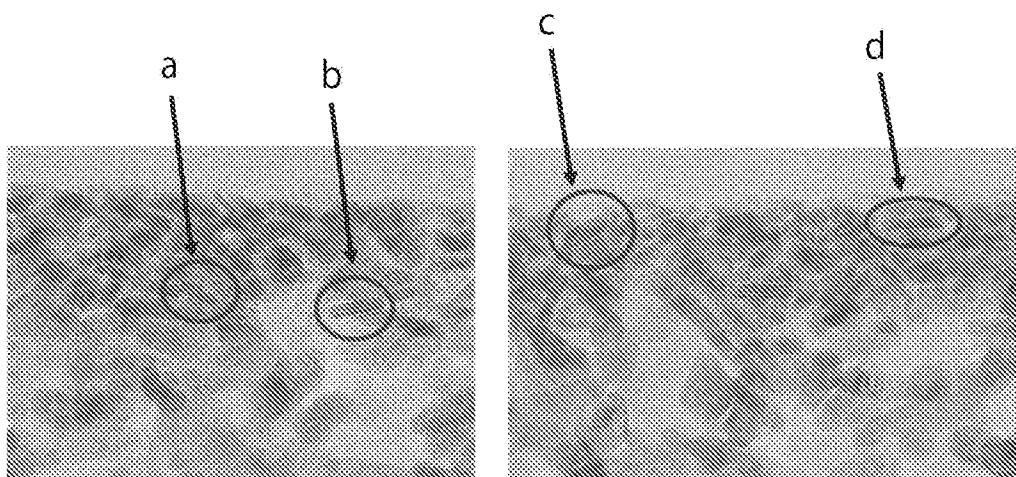
[図8]



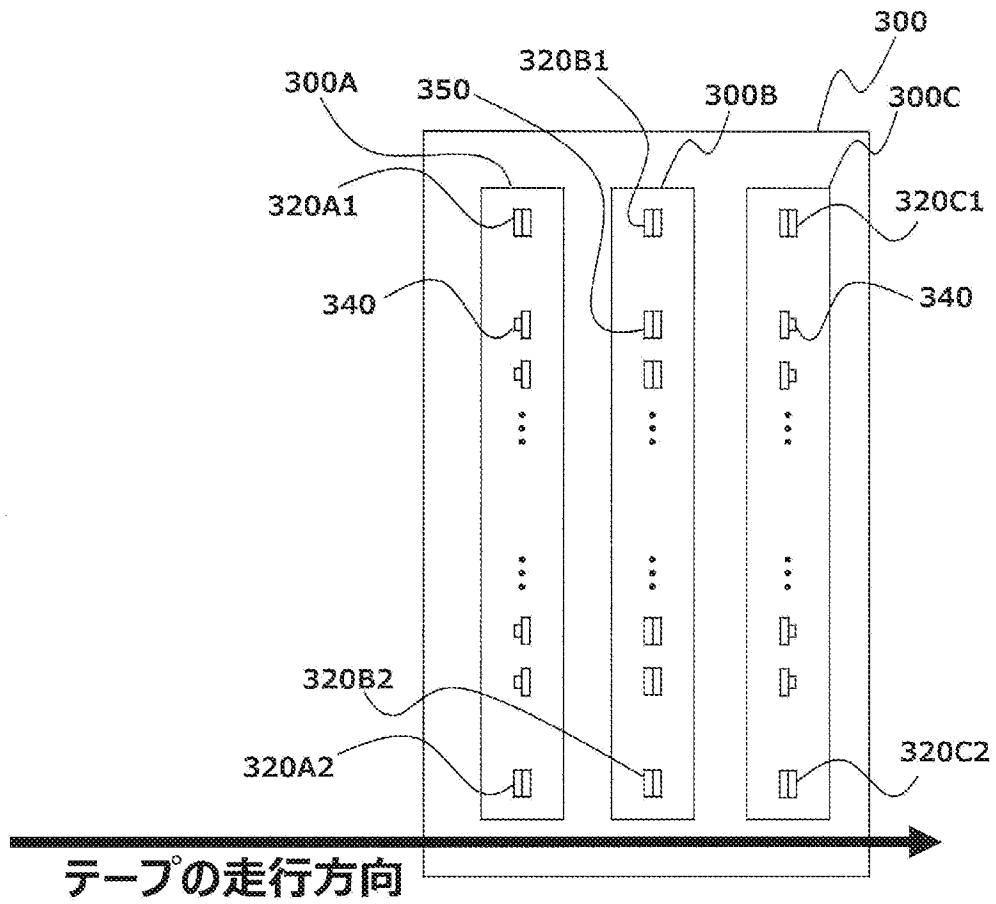
[図9]



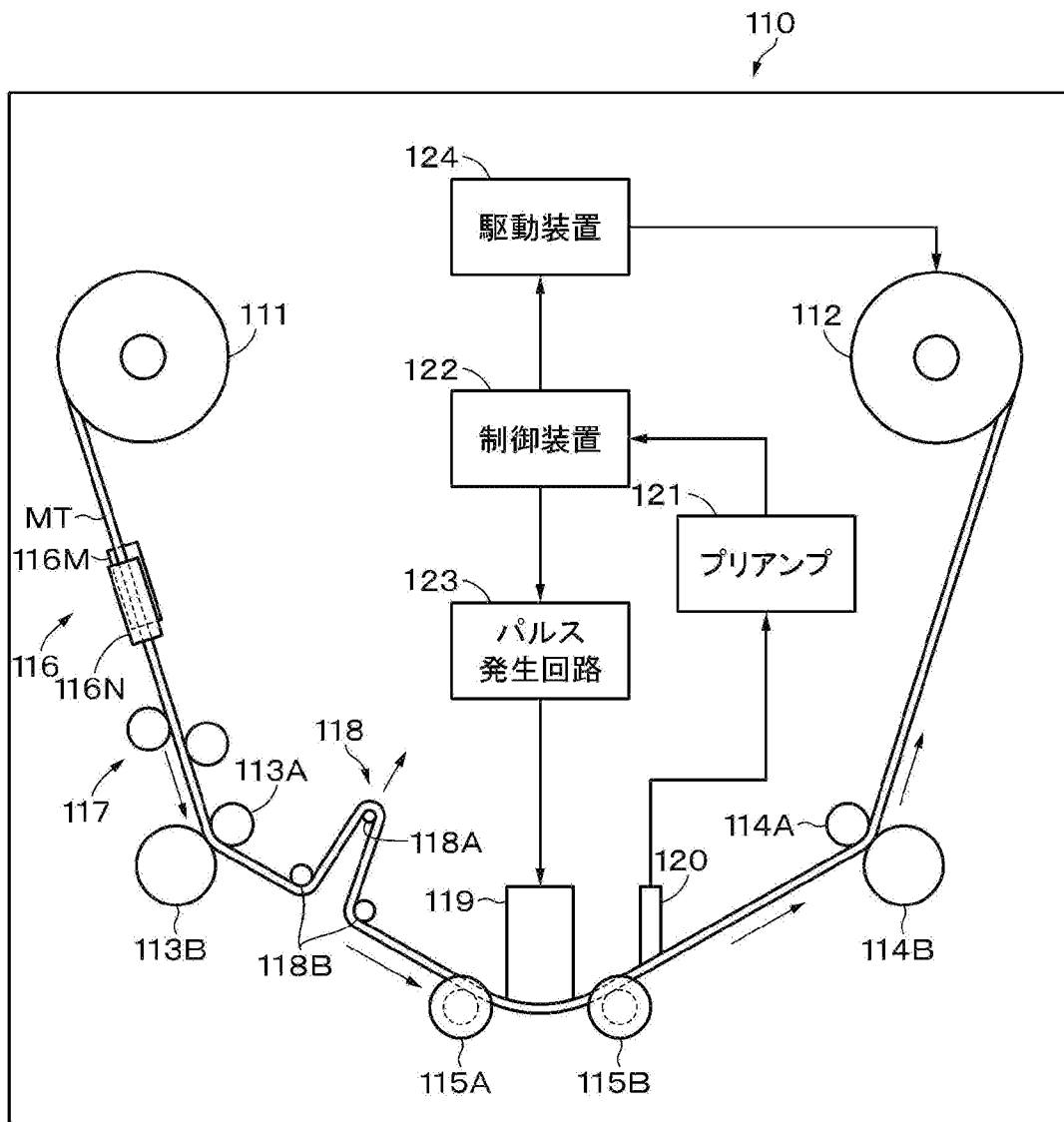
[図10]



[図11]

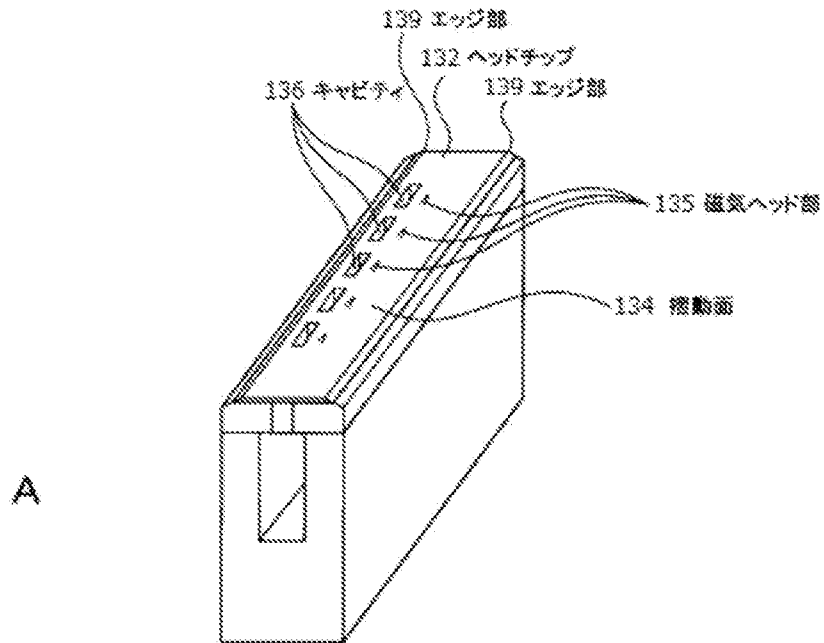


[図12]

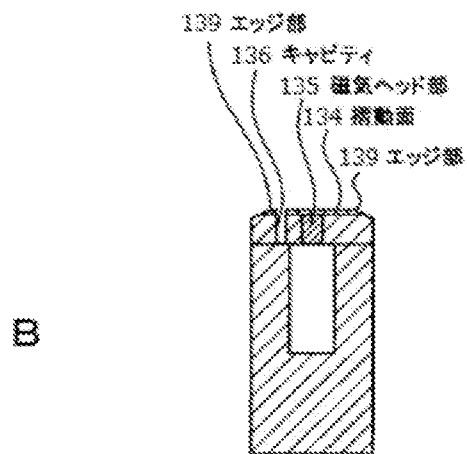


[図13]

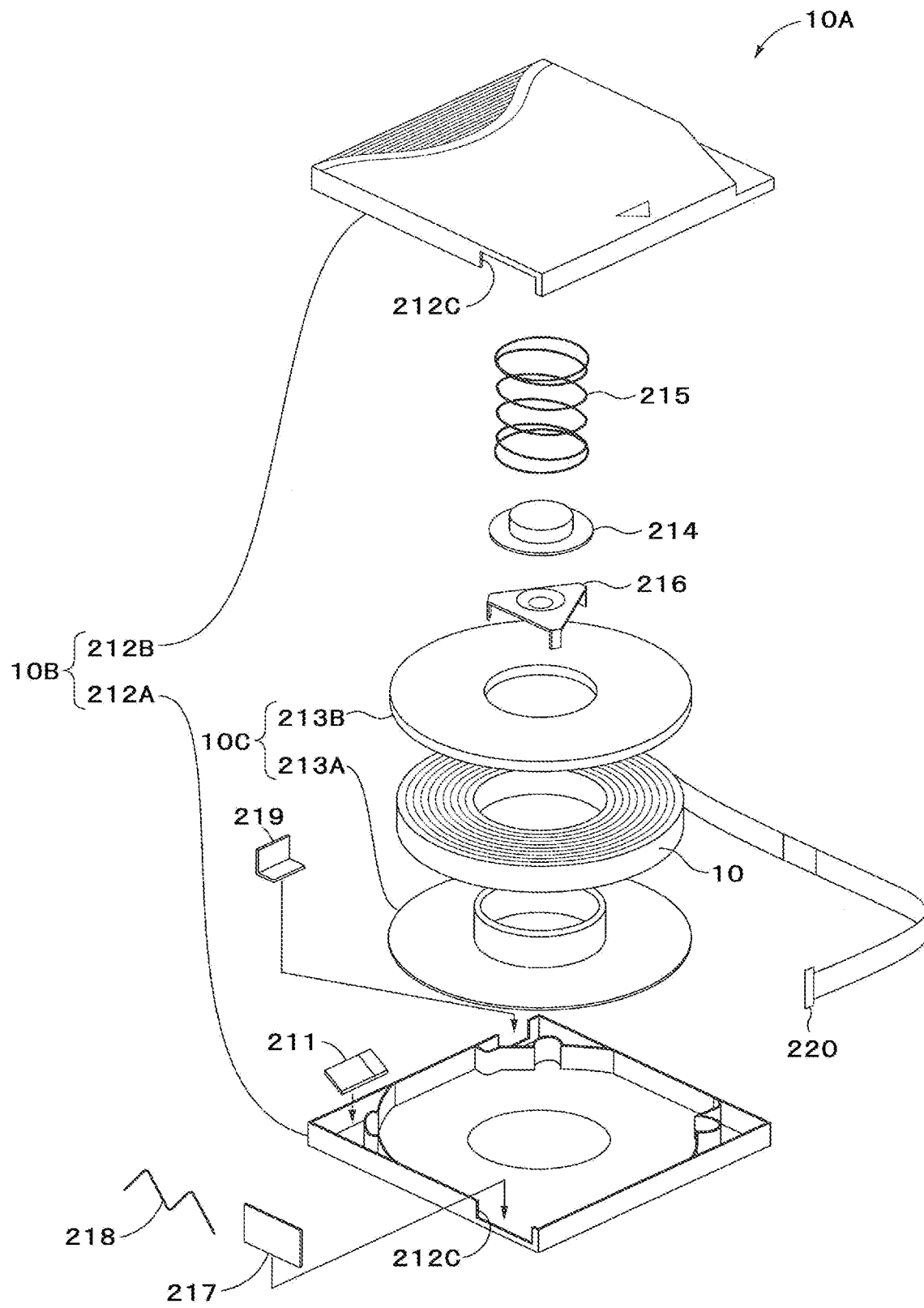
119 磁気ヘッド(磁気記録再生装置)



119 磁気ヘッド(磁気記録再生装置)

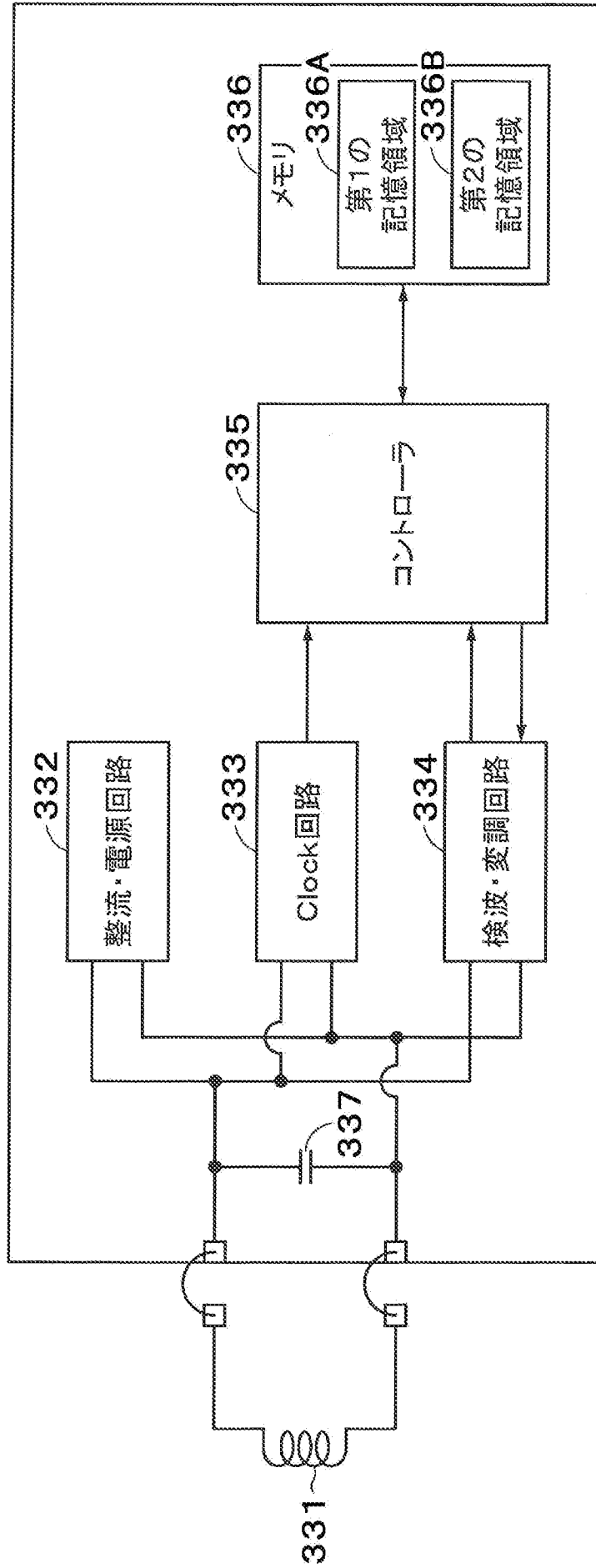


[図14]

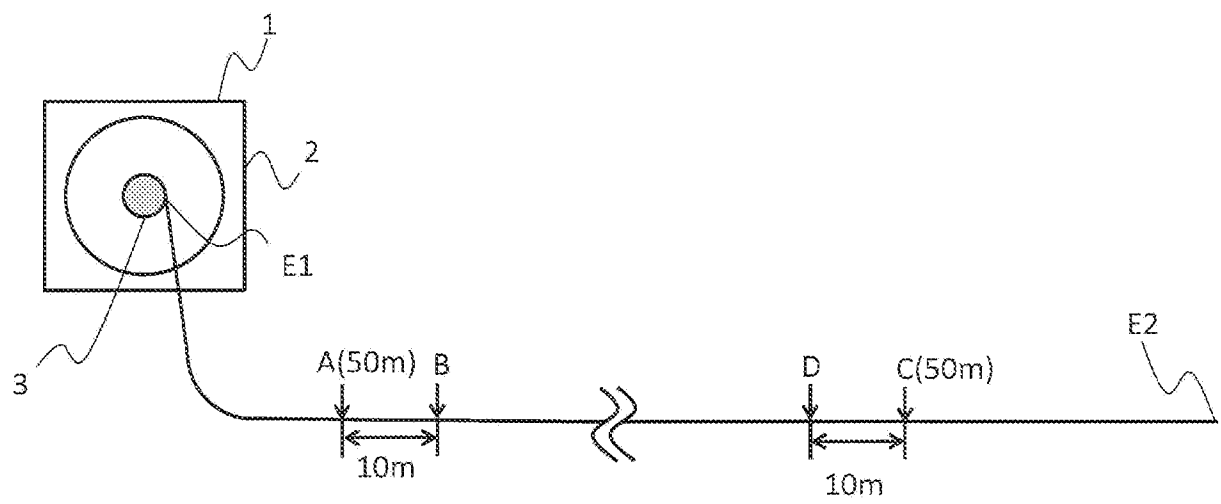


[図15]

211

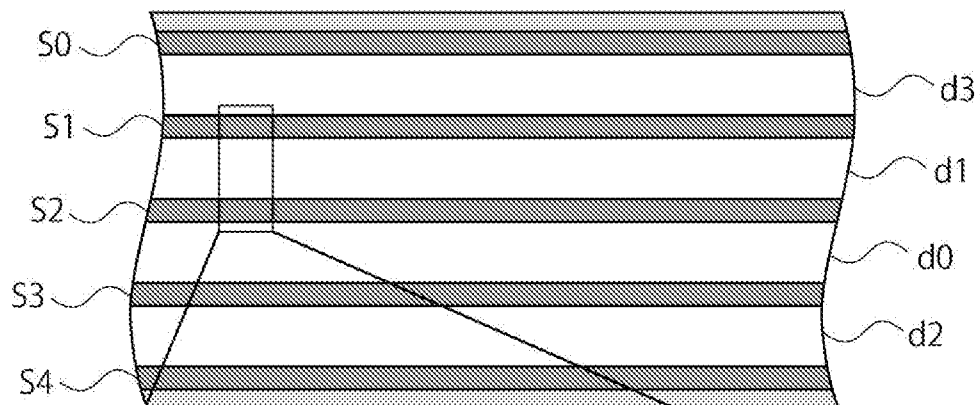


[図16]

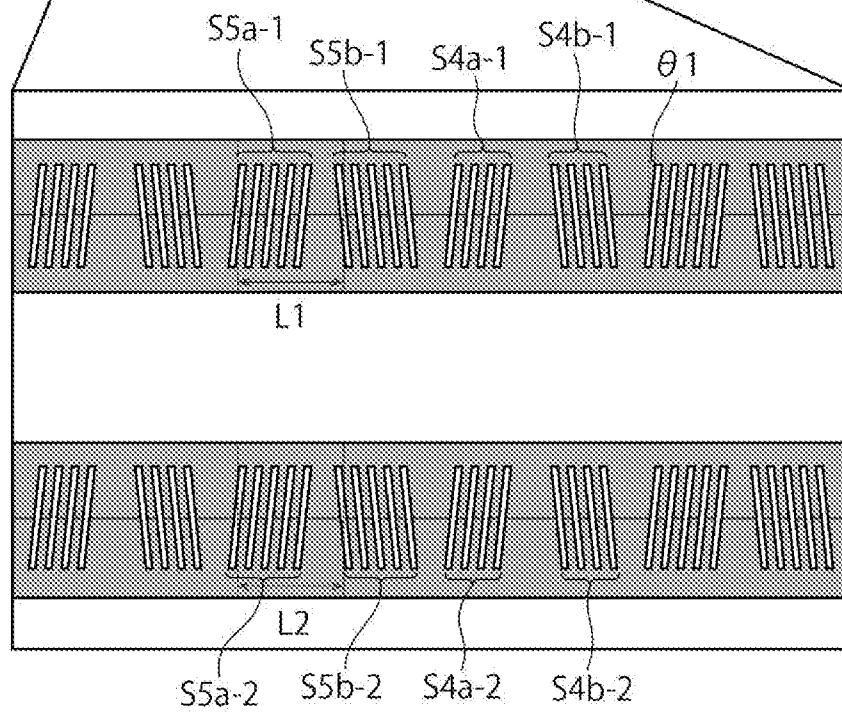


[図17]

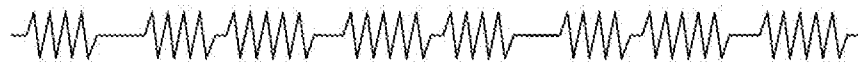
(a)



(b)



(c)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/041183

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G11B5/70 (2006.01) i, G11B5/65 (2006.01) i, G11B5/706 (2006.01) i,
G11B5/71 (2006.01) i, G11B5/712 (2006.01) i, G11B5/78 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G11B5/70, G11B5/65, G11B5/706, G11B5/71, G11B5/712, G11B5/78

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017-228328 A (FUJIFILM CORP.) 28 December 2017, paragraphs [0027]-[0028], [0066]-[0069], fig. 1, 2 & US 2017/0372726 A1, paragraphs [0036]-[0038], [0103]-[0108], fig. 1, 2	1-20
A	JP 06-243451 A (HITACHI, LTD.) 02 September 1994, paragraph [0013] & US 5750230 A, column 5, lines 55-63	1-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
29 November 2019 (29.11.2019)

Date of mailing of the international search report
17 December 2019 (17.12.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/041183

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-208130 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 26 July 2002, claim 1, paragraph [0004] (Family: none)	1-20
A	WO 2015/198514 A1 (SONY CORP.) 30 December 2015, paragraphs [0025]-[0031], [0055]-[0060] & US 2017/0162220 A1, paragraphs [0042]-[0048], [0073]-[0078] & CN 106471581 A	2-20
A	JP 2007-273036 A (FUJIFILM CORP.) 18 October 2007, paragraphs [0116], [0118] (Family: none)	8-20

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G11B5/70(2006.01)i, G11B5/65(2006.01)i, G11B5/706(2006.01)i, G11B5/71(2006.01)i,
G11B5/712(2006.01)i, G11B5/78(2006.01)i

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))

Int.Cl. G11B5/70, G11B5/65, G11B5/706, G11B5/71, G11B5/712, G11B5/78

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

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)

C. 関連すると認められる文献

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
A	J P 2017-228328 A (富士フイルム株式会社) 2 017.12.28, 段落 [0027] - [0028], [006 6] - [0069], 図1、図2 & U S 2017/0372726 A1, 段落 [0036] - [0038], [0103] - [0108], 図1、図2	1-20
A	J P 06-243451 A (株式会社日立製作所) 199 4.09.02, 段落 [0013] & U S 5750230 A, 第5欄第55行-第63行	1-20

☑ 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矛盾するものではなく、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

国際調査を完了した日

29.11.2019

国際調査報告の発送日

17.12.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

斎藤 真

5 C

3793

電話番号 03-3581-1101 内線 3541

C (続き) . 関連すると認められる文献

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
A	J P 2002-208130 A (富士写真フイルム株式会社) 2002. 07. 26, 請求項1、段落 [0004] (ファミ リーなし)	1-20
A	WO 2015/198514 A1 (ソニー株式会社) 20 15. 12. 30, 段落 [0025] - [0031]、[0055] - [0060] & US 2017/0162220 A1、段落 [0042] - [0048]、[0073] - [0078] & CN 106471581 A	2-20
A	J P 2007-273036 A (富士フイルム株式会社) 2 007. 10. 18, 段落 [0116]、[0118] (ファミ リーなし)	8-20