

(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
2024年4月4日(04.04.2024)



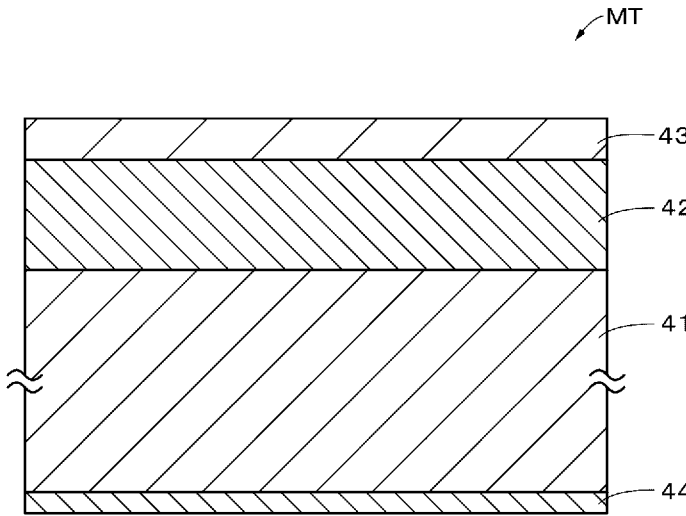
(10) 国際公開番号

WO 2024/070554 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/70 (2006.01) *G11B 5/84* (2006.01)
G11B 5/29 (2006.01) *G11B 15/093* (2006.01)
G11B 5/584 (2006.01) *G11B 15/43* (2006.01)
G11B 5/706 (2006.01) *G11B 21/10* (2006.01)
G11B 5/73 (2006.01) *G11B 23/107* (2006.01)
G11B 5/78 (2006.01) *G11B 23/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/032607
- (22) 国際出願日: 2023年9月7日(07.09.2023)
- (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 2022-155916 2022年9月29日(29.09.2022) JP
- (71) 出願人: ソニーグループ株式会社(SONY GROUP 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丁目7番1号 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). 高山 貴広(TAKAYAMA Takahiro); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 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 東京都港区芝四丁目10番5号 オーキッドプレイス田町ビル6階 薫風国際特許事務所 Tokyo (JP).

(54) Title: MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 磁気記録媒体



(57) Abstract: The purpose of the invention is to provide: a tape-form magnetic recording medium with which it is possible to correct any change in the width of the magnetic recording medium by adjusting the transport tension of the magnetic recording medium, even when the magnetic recording medium is stored or transported in a high-temperature environment; and a cartridge provided with said medium. This tape-form magnetic recording medium has a magnetic layer that has a plurality of servo bands in which a plurality of servo patterns adjacent to each other in the width direction are recorded. Before and after the magnetic recording medium is left standing for 40 hours in an environment of a temperature of 50°C and a relative humidity of 40% RH while under longitudinal-directional tension of 0.55 N per 1/2 inch width of the magnetic recording medium, the absolute value of the average width change amount is 170 ppm or less, the average tension response to longitudinal-directional tension is 700 ppm/N or more in an environment of a temperature of 50 °C

WO 2024/070554 A1

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

and a relative humidity of 40% RH, and the average value of the difference in pitch between two adjacent servo bands in the plurality of servo bands over the entire length of the magnetic recording medium is 100 nm or less.

(57) 要約: 磁気記録媒体を高温環境下で保存や走行した場合にも、磁気記録媒体の走行テンションの調整により磁気記録媒体の幅変化を補正可能なテープ状の磁気記録媒体およびそれを備えるカートリッジを提供することを目的とする。幅方向に隣接する複数のサーボパターンが記録される複数のサーボバンドを有する磁性層を有するテープ状の磁気記録媒体であって、前記磁気記録媒体の幅1/2インチあたり0.55Nのテンションが長手方向に加えられた状態で温度50℃、相対湿度40%RHの環境下に40時間静置される前後の磁気記録媒体の平均幅変化量の絶対値が170ppm以下であり、かつ、温度50℃、相対湿度40%RHの環境下における、長手方向のテンションに対する平均テンション応答性が700ppm/N以上であり、前記複数のサーボバンドにおいて隣接する2つのサーボバンドピッチの磁気記録媒体全長にわたる差の平均値が100nm以下である磁気記録媒体。

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] アーカイブの需要が高まり、総容量の高いテープ状の磁気記録媒体がクラウドシステムに組み込まれるようになってきている。現在のテープ状の磁気記録媒体は、実走行や保管の環境温度範囲がHDD（Hard Disk Drive）や半導体メモリ等より狭いため、テープ状の磁気記録媒体の実走行や保管の環境温度範囲を拡張することが望まれている。テープ状の磁気記録媒体がHDDや半導体メモリ等と同様の温度環境で使用できるようになると、テープ状の磁気記録媒体の使用範囲が大きく広がると考えられている。

[0003] テープ状の磁気記録媒体では、環境変化により磁気記録媒体の幅方向の寸法が大きく変化すると、オフトラックが発生し、安定した記録再生特性を確保することが困難になる。特許文献1では、環境変化によりテープ状の磁気記録媒体の幅方向の寸法が変化しても、記録再生装置によりテープ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で、幅変化を補正可能なテープ状の磁気記録媒体が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2020-173882号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] HDDでは、一般的に動作保証環境の上限温度として50℃が想定されているが、従来のテープ状の磁気記録媒体では、このような高温環境での保存や走行は想定されていない。特許文献1でも、このような高温環境での保存や走行は想定されていない。このため、従来のテープ状の磁気記録媒体を高

温環境下で保存や走行した場合、テープ状の幅変化が走行テンションの調整により補正可能な範囲を超え、幅変化の補正が困難になる虞がある。

[0006] 以上のような事情に鑑み、本技術は、磁気記録媒体を高温環境下で保存や走行した場合にも、磁気記録媒体の走行テンションの調整により磁気記録媒体の幅変化を補正可能なテープ状の磁気記録媒体およびそれを備えるカートリッジを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本技術は、幅方向に隣接する複数のサーボパターンが記録される複数のサーボバンドを有する磁性層を有するテープ状の磁気記録媒体であって、

前記磁気記録媒体の幅1/2インチあたり0.55Nのテンションが長手方向に加えられた状態で温度50℃、相対湿度40%RHの環境下に40時間静置される前後の磁気記録媒体の平均幅変化量の絶対値が170ppm以下であり、

かつ、温度50℃、相対湿度40%RHの環境下における、長手方向のテンションに対する平均テンション応答性が700ppm/N以上であり、

前記複数のサーボバンドにおいて隣接する2つのサーボバンドピッチの磁気記録媒体全長にわたる差の平均値が100nm以下である磁気記録媒体を提供する。

本技術に従う、磁気記録媒体は、前記平均テンション応答性が、715ppm/N以上15000ppm/N以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体は、前記平均幅変化量の絶対値が、140ppm以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体は、基体と、下地層と、磁性層とを順次備え、前記基体は、ポリエステル類を含みうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記ポリエステル類は、ポリエチレンテレフタレートおよびポリエチレンナフタレートからなる群より選ばれた少なくとも1種を含みうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記基体の平均厚みは、4.4μ

m以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁性層は、真空薄膜でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁性層は、塗布膜でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁性層は、磁性粉を含みうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁性粉は、 ϵ 酸化鉄磁性粉、六方晶フェライト磁性粉またはCo含有スピネルフェライト磁性粉を含みうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁性層の平均厚みは、90 nm以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記下地層の平均厚みは、1.0 μ m以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁気記録媒体の平均厚みは、5.3 μ m以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁気記録媒体の長手方向における前記磁性層の角形比は、35%以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁性層は、5以上のサーボバンドを有しうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記サーボバンドの幅は、98 μ m以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、前記磁性層は、複数のデータトラックを形成可能に構成され、前記データトラックの幅は、1100 nm以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録媒体において、ヤング率は8 GPa以下でありうる。

本技術は、磁気記録媒体の磁性層に磁気記録媒体幅方向に隣接する複数の

サーボパターンが記録された磁気記録媒体の製造方法であって、前記磁気記録媒体を走行させ、サーボライトヘッドの複数の記録部の温度を個別に調整し、

前記複数の記録部によって前記磁性層に前記複数のサーボパターンを記録する磁気記録媒体の製造方法を提供する。

本技術は、前記磁気記録媒体と、前記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書き込み可能に構成された記憶部とを備えるカートリッジを提供する。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本技術の第1の実施形態に係るカートリッジの構成の一例を示す分解斜視図である。
- [図2]磁気記録媒体の構成の一例を示す断面図である。
- [図3]上記磁気記録媒体を上方（磁性層側）からみた模式図である。
- [図4]上記磁気記録媒体のデータバンドにおける記録トラックを示す拡大図である。
- [図5]上記磁気記録媒体のサーボバンドに書き込まれたサーボパターンの一部を示す拡大図である。
- [図6]粒子の形状の一例を示す斜視図である。
- [図7]磁性層のTEM写真の一例を示す図である。
- [図8]磁性層のTEM写真の一例を示す図である。
- [図9]測定装置の構成を示す斜視図である。
- [図10]テープドライブ装置の構成の一例を示す概略図である。
- [図11]上記テープドライブ装置におけるドライブヘッドを下側（テープ走行面）から見た概略図である。
- [図12]上記ドライブヘッドにおける第1のドライブヘッド部がデータ信号の記録／再生を行っているときの様子を示す図である。
- [図13]（A）はサーボパターンの配置例を示す概略平面図、（B）はその再生波形を示す図である。

[図14]第1のサーボバンド識別情報が埋め込まれるサーボパターン（A）及び第2のサーボバンド識別情報が埋め込まれるサーボパターン（B）の構成例を示す概略図である。

[図15]第1のサーボパターンの再生波形（A）及び第2のサーボパターンの再生波形（B）をそれぞれ示す図である。

[図16]データバンドをドライブヘッドがトラッキングする説明図である。

[図17]サーボトレースラインの測定方法を説明する図である。

[図18]本技術の一実施形態に係るサーボパターン記録装置を示す概略正面図である。

[図19]上記サーボパターン記録装置の一部を示す部分拡大図である。

[図20]上記サーボパターン記録装置におけるサーボライトヘッドの構成を概略的に示す斜視図である。

[図21]上記サーボライトヘッドの要部の概略断面図である。

[図22]上記サーボライトヘッドの要部の概略平面図である。

[図23]上記サーボパターン記録装置における駆動部の構成を示すブロック図である。

[図24]第1のパルス信号における第1サーボサブフレームの記録信号波形（A）及び第2のパルス信号における第1サーボサブフレームの記録信号波形をそれぞれ示す模式図である。

[図25]上記サーボパターン記録装置における磁気テープの走行をガイドする一対のガイドローラを概略的に示す斜視図である。

[図26]同一の磁気テープについて測定した各データバンドのサーボバンドピッチを比較して示す一実験結果である。

[図27]サーボパターンの記録電流の大きさとサーボバンドピッチとの関係を示す一実験結果である。

[図28]上記記録電流の大きさとサーボライトヘッドの温度変化と磁気テープの走行時間との関係を示す一実験結果である。

[図29]上記記録電流を基準電流の -20% の電流値と記録電流の $+20\%$ の

電流値で交互に変化させたときのサーボバンドピッチの変化を示す一実験結果である。

[図30]送風ユニットを備えたサーボライトヘッドの構成を示す概略斜視図である。

[図31]冷却ガス（エア）の導入の有無によるサーボパターンピッチの変化の様子を示す一実験結果である。

[図32]隣接する2つのサーボバンド間の間隔であるサーボバンドピッチの最大値（max）および最小値（min）、ならびにこれら最大値と最小値との差分（サーボバンドピッチ差：SBD）を示す図であって、サーボライトヘッドを冷却せずに行った実験結果である。

[図33]図32と同様な図であって、サーボライトヘッドを冷却しながら行った一実験結果である。

[図34]図32と同様な図であって、サーボライトヘッドを冷却しながら行った他の実験結果である。

[図35]複数の溝部を有するサーボライトヘッドの概略平面図である。

[図36]上記溝部の詳細を示す拡大斜視図である。

[図37]図35に示すサーボライトヘッドの構成の変形例を示す概略平面図である。

[図38]本技術の第2の実施形態に係る磁気テープの構成の一例を示す断面図である。

[図39]スパッタ装置の構成を示す概略図である。

[図40]本技術の第3の実施形態に係る磁気テープの構成の一例を示す断面図である。

[図41]本技術の第1の実施形態の変形例に係るカートリッジの構成の一例を示す分解斜視図である。

[図42]実施例1に係る磁気テープの幅変化量の測定結果を示すグラフである。

[図43]各実施例および比較例における10年を想定した幅変化量を示すグラ

フである。

[図44]傾斜して配置されたドライブヘッドの移動角度の算出方法を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0009] 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。

[0010] 本技術について、以下の順序で説明を行う。

1. 第1の実施形態（塗布型の磁気テープの例）

- (1) カートリッジの構成
- (2) 磁気テープの構成
- (3) 磁気テープの製造方法
- (4) テープドライブ装置の構成
- (5) サーボパターン記録装置の構成
- (6) 作用効果

2. 第2の実施形態（真空薄膜型の磁気テープの例）

- (1) 磁気テープの構成
- (2) スパッタ装置の構成
- (3) 磁気テープの製造方法
- (4) 作用効果

3. 第3の実施形態（真空薄膜型の磁気テープの他の例）

- (1) 磁気テープの構成
- (2) 作用効果

4. 変形例

5. 実施例

[0011] 本明細書において、測定方法の説明に関して測定環境が特に記載のない場合、測定は $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $50\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ の環境下にて行われるものとする。また、本明細書において、「から」を用いて示された数値範囲は、

「から」の前後に記載された数値をそれぞれ最小値および最大値として含む範囲を示す。

[0012] 1. 第1の実施形態（塗布型の磁気テープの例）

[0013] (1) カートリッジの構成

図1は本技術の一実施形態に係るテープカートリッジ10を示す分解斜視図である。本実施形態の説明では、テープカートリッジ10として、LTO規格に準拠するテープカートリッジを例に挙げて説明する。

[0014] 図1に示すように、テープカートリッジ10は、カートリッジケース11と、テープリール13と、磁気テープMTとを備えている。カートリッジケース11は、上シェル11aと下シェル11bとを複数本のネジ部材により結合することで構成されている。カートリッジケース11の内部には、磁気テープMTを巻装した単一のテープリール13が回転可能に収容されている。

[0015] テープリール13の底部中央には、テープドライブ装置30のスピンドル31（図10参照）と係合するチャッキングギヤ（図示略）が環状に形成されている。このチャッキングギヤは、下シェル11bの中央に形成された開口部14を介して外部へ露出している。このチャッキングギヤの内周側には、スピンドル31と磁氣的に吸着される環状の金属プレート15が固定されている。

[0016] 上シェル11aの内面とテープリール13との間には、リールスプリング16、リールロック部材17及びスパイダ18が配置されている。これらにより、カートリッジ10の非使用時におけるテープリール13の回転を抑止するリールロック機構が構成される。

[0017] カートリッジケース11の一側壁部には、磁気テープMTの一端を外部へ引き出すためのテープ引出し口19が設けられている。この側壁部の内方には、テープ引出し口19を開閉するスライドドア20が配置されている。スライドドア20は、テープドライブ装置30のテープローディング機構（不図示）との係合によりトーションバネ21の付勢力に抗してテープ引出し口

19を開放する方向にスライドするように構成される。

[0018] 磁気テープMTの一端部には、リーダーピン22が固着されている。リーダーピン22は、テープ引出し口19の内方側に設けられたピン保持部23に対して着脱可能に構成される。ピン保持部23は、カートリッジケース11の上壁内面（上シェル11aの内面）及び底壁内面（下シェル11bの内面）において、リーダーピン22の上端部及び下端部をそれぞれ弾性的に保持する弾性保持具24を備えている。

[0019] そして、カートリッジケース11の他の側壁内方には、磁気テープMTに記録された情報の誤消去防止用のセフティタブ25のほか、磁気テープMTに記録されたデータに関する内容および磁気テープMTに関する情報を非接触で読み書き可能なカートリッジメモリ9が配置されている。

[0020] (2) 磁気テープの構成

図2は、磁気テープMTの構成の一例を示す断面図である。磁気テープMTは、長尺状の基体41と、基体41の一方の主面（第1の主面）上に設けられた下地層42と、下地層42上に設けられた磁性層43と、基体41の他方の主面（第2の主面）上に設けられたバック層44とを備える。なお、下地層42およびバック層44は、必要に応じて備えられるものであり、無くてもよい。磁気テープMTは、垂直記録型の磁気記録媒体であってもよいし、長手記録型の磁気記録媒体であってもよい。磁気テープMTは、走行性の向上の観点から、潤滑剤を含むことが好ましい。潤滑剤は、下地層42および磁性層43のうちの少なくとも1層に含まれていてもよい。

[0021] 磁気テープMTはLTO規格に準拠するものであってもよいし、LTO規格とは別の規格に準拠するものであってもよい。磁気テープMTの幅は、1/2インチであってもよいし、1/2インチよりも広くてもよい。磁気テープMTがLTO規格に準拠するものである場合には、磁気テープMTの幅は7、1/2インチである。磁気テープMTは、走行時に磁気テープMTの長手方向に加わるテンションを記録再生装置（ドライブ）により調整することで、磁気テープMTの幅を一定またはほぼ一定に保つことが可能な構成を有

していてもよい。

[0022] 磁気テープMTは長尺状を有し、記録再生の際には長手方向に走行される。磁気テープMTは、記録用ヘッドとしてリング型ヘッドを備える記録再生装置で用いられることが好ましい。磁気テープMTは、1100nm以下または900nm以下のデータトラック幅でデータを記録可能に構成された記録再生装置に用いられることが好ましい。

[0023] [基体]

基体41は、下地層42および磁性層43を支持する非磁性支持体である。基体41は、長尺のフィルム状を有する。基体41の平均厚みの上限値は、例えば4.4 μ m以下、好ましくは4.2 μ m以下、より好ましくは4.0 μ m以下、さらにより好ましくは3.8 μ m以下、特に好ましくは3.6 μ m以下、最も好ましくは3.4 μ m以下である。基体41の平均厚みの上限値が4.4 μ m以下であると、1データカートリッジ内に記録できる記録容量を一般的な磁気テープよりも高めることができる。基体41の平均厚みの下限値は、好ましくは3 μ m以上、より好ましくは3.2 μ m以上である。基体41の平均厚みの下限値が3 μ m以上であると、基体41の強度低下を抑制することができる。

[0024] 基体41の平均厚みは以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に収容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTを250mmの長さに切り出し、3つのサンプルを作製する。本明細書において、“磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向”という場合の“長手方向”とは、リーダーテープLT側の一端からそれとは反対側の他端に向かう方向を意味する。

[0025] 続いて、各サンプルの基体41以外の層（すなわち下地層42、磁性層43およびバック層44）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社製レーザーホロゲージ（L

GH-110C) を用いて、各サンプル (基体 4 1) の厚みを 5 点の位置で測定し、それらの測定値 (合計で 1 5 点のサンプルの厚み) を算術平均して、基体 4 1 の平均厚みを算出する。なお、上記 5 点の測定位置は、磁気テープ MT の長手方向においてそれぞれ異なる位置となるように、各サンプルから無作為に選ばれるものとする。

[0026] 基体 4 1 は、例えば、ポリエステル類、ポリオレフィン類、セルロース誘導体、ビニル系樹脂、およびその他の高分子樹脂のうち少なくとも 1 種を含む。基体 4 1 が上記材料のうち 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、積層されていてもよい。

[0027] 基体 4 1 は、上記の高分子樹脂のうち、ポリエステル類を含むことが好ましい。基体 4 1 がポリエステル類を含むことで、基体 4 1 の長手方向の貯蔵弾性率 E' を、好ましくは 9.0 GPa 以下、より好ましくは 7.5 GPa 以下、さらにより好ましくは 6.0 GPa 以下、特に好ましくは 5.5 GPa 以下、最も好ましくは 4.5 GPa 以下に低減することができる。したがって、走行時における磁気テープ MT の長手方向のテンションを記録再生装置により調整することで、磁気テープ MT の幅を一定またはほぼ一定に保つ制御を特に行いやすい。

[0028] ポリエステル類は、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) およびポリエチレンビスフェノキシカルボキシレートのうち少なくとも 1 種を含む。基体 4 1 が 2 種以上のポリエステル類を含む場合、それらの 2 種以上のポリエステル類は混合されていてもよいし、共重合されていてもよいし、積層されていてもよい。ポリエステル類の末端および側鎖の少なくとも一方が変性されていてもよい。基体 4 1 の強度を向上するために、PET (ポリエチレンテレフタレート) に PA (ポリアミド) が添加されてい

てもよい。

- [0029] 基体41にポリエステル類が含まれていることは、例えば、次のようにして確認される。まず、カートリッジ10に収容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に30mから40mの範囲から磁気テープMTを切り出し、サンプルを作製した後、サンプルの基体41以外の層を除去する。次に、赤外吸収分光法 (Infrared Absorption Spectrometry: IR) によりサンプル (基体41) のIRスペクトルを取得する。このIRスペクトルに基づき、基体41にポリエステル類が含まれていることを確認することができる。
- [0030] ポリオレフィン類は、例えば、PE (ポリエチレン) および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) および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) およびPVDC (ポリ塩化ビニリデン) のうちの少なくとも1種を含む。
- [0031] その他の高分子樹脂は、例えば、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)、PEEK (ポリエーテルエーテルケトン)、ポリエーテルエステル、PES (ポリエーテルサルホン)、PEI (ポリエーテルイミド)、PSF (ポリスルホン)、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) およびPU (ポリウレタン) のうちの少なくとも1種を含む。
- [0032] 基体41は、長手方向および幅方向に二軸延伸されていてもよい。基体41に含まれる高分子樹脂は、基体41の幅方向に対して斜め方向に配向され

ていることが好ましい。

[0033] [磁性層]

磁性層43は、信号を磁化パターンにより記録するための記録層である。磁性層43は、塗布膜であってもよい。磁性層43は、垂直記録型の記録層であってもよいし、長手記録型の記録層であってもよい。磁性層43は、例えば、磁性粉、結着剤、潤滑剤およびカーボンを含む。磁性層43が、必要に応じて、帯電防止剤、研磨剤、硬化剤、防錆剤および非磁性補強粒子等のうちの少なくとも1種の添加剤をさらに含んでいてもよい。磁性層43は、凹凸形状を有する表面を有していてもよい。

[0034] 図3に示すように、磁性層43は、データが書き込まれる長手方向（X軸方向）に長い複数のデータバンドd（データバンドd0～d3）と、サーボパターン6が書き込まれる長手方向に長い複数のサーボバンドs（サーボバンドs0～s4）とを有している。サーボバンドsは、幅方向（Y軸方向）で各データバンドdを挟み込む位置に配置される。なお、磁性層43は、5以上のサーボバンドsを有するのが好ましい。

[0035] 本技術において、磁性層43の表面全体の面積に対するサーボバンドsの面積の比率は、典型的には、4.0%以下とされる。なお、サーボバンドsの幅は、1/2インチのテープ幅で、例えば98μm以下とされる。磁性層43の表面全体の面積に対するサーボバンドsの面積の比率は、例えば、磁気テープMTを、フェリコロイド現像液等の現像液を用いて現像し、その後、現像した磁気テープMTを光学顕微鏡で観察することで測定することができる。

[0036] 図3に示す例では、データバンドdの本数が4本とされ、サーボバンドsの本数が5本とされた場合の例が示されている。なお、データバンドdの本数、サーボバンドsの本数は、適宜変更することができる。

[0037] データバンドdは、長手方向に長く、幅方向に整列された複数の記録トラック5を含む。1本のデータバンドdに含まれる記録トラック5の本数は、例えば、1000本から2500本程度とされる。データは、この記録トラ

ック5に沿って、記録トラック5内に記録される。データバンドdに記録されるデータにおける長手方向の1ビット長は、例えば、48nm以下とされる。サーボバンドsは、後述するサーボパターン記録装置（図18参照）によって記録される所定形状のサーボパターン6を含む。

[0038] ここで、LTO規格の磁気テープMTは、世代ごとに記録トラック5の数が増加して記録容量が飛躍的に向上している。一例を挙げると、初代のLTO-1では記録トラック5の数が384本であったが、LTO-2からLTO-8では記録トラック5の数がそれぞれ順に、512本、704本、896本、1280本、2176本、3584本及び6656本である。データの記録容量についても同様に、LTO-1では100GB（ギガバイト）であったのが、LTO-2からLTO-8ではそれぞれ順に、200GB、400GB、800GB、1.5TB（テラバイト）、2.5TB、6.0TB及び12TBである。

[0039] 本実施形態では、記録トラック5の本数や記録容量は、特に限定されず、適宜変更可能である。但し、例えば、記録トラック5の本数や記録容量が多く（例えば、6656本以上、12TB以上：LTO8以降）、磁気テープMTの幅の変動の影響を受けやすいような磁気テープMTに適用されると有利である。例えば、磁気テープMTとして、テープ全体のヤング率（テープ長手方向のヤング率）が、8GPa以下の磁気テープが適用される。

[0040] [データバンド及びサーボバンド]

図4は、データバンドdにおける記録トラック5を示す拡大図である。図4に示すように、記録トラック5は、長手方向に長く、幅方向に整列され、また、幅方向でトラック毎に所定の記録トラック幅（トラックピッチ） W_d を有している。この記録トラック幅 W_d は、LTO-8では、 $2.0\mu\text{m}$ 以下とされる。なお、このような記録トラック幅 W_d は、例えば、磁気テープMTの磁性層43を、フェリコロイド現像液等の現像液を用いて現像し、その後、現像した磁気テープMTの磁性層43を光学顕微鏡で観察することで測定することができる。もしくは、ドライブヘッドを利用した測定方法とし

て、テープ走行時の変動を無視するため、ドライブヘッドをRead While Write（記録時再生）状態とし、ドライブヘッドのAzimuthを変化させた場合の出力変化から記録トラック幅 W_d を測定することができる。（IEEE#Sept1996#Cross-track Profiles of Thin Film MR Tape Heads Using the Azimuth Displacement Method）

[0041] 図5は、サーボバンド s に書き込まれたサーボパターン6の一部を示す拡大図である。図5に示すように、サーボパターン6は、その詳細については後述するが、幅方向（Y軸方向）に対して所定のアジマス角 α を持って傾斜する複数のストライプを含む。この複数のストライプは、幅方向（Y軸方向）に対して時計回りに傾斜する第1のストライプ群61と、幅方向に対して反時計回りに傾斜する第2のストライプ群62とに分類される。第1のストライプ群61及び第2のストライプ群62は、典型的には、4本又は5本のストライプを含む。なお、サーボパターン6の形状などは、例えば、磁気テープMTの磁性層43を、フェリコロイド現像液等の現像液を用いて現像し、その後、現像した磁気テープMTの磁性層43を光学顕微鏡で観察することで測定することができる。

[0042] 図5には、サーボパターン6上を後述するサーボリードヘッド132（図11参照）によってトレースされるラインであるサーボトレースラインTが破線により示されている。サーボトレースラインTは、長手方向（X軸方向）に沿って設定され、また、幅方向に所定の間隔 P_s を開けて設定される。

[0043] 1本のサーボバンド s あたりのサーボトレースラインTの本数は、例えば、30本から60本程度とされる。隣接する2つのサーボトレースラインTの間隔 P_s は、記録トラック幅 W_d の値と同じであり、例えば、 $2.0\mu\text{m}$ 以下とされる。ここで、隣接する2つのサーボトレースラインTの間隔 P_s は、記録トラック幅 W_d を決定付ける値とされている。つまり、サーボトレースラインTの間隔 P_s が狭められると、記録トラック幅 W_d が小さくなり、1本のデータバンド d に含まれる記録トラック5の本数が増える。結果として、データの記録容量が増えることになる。

[0044] 磁性層43の平均厚みの上限値は、好ましくは90nm以下、より好ましくは80nm以下、さらにより好ましくは70nm以下、特に好ましくは60nm以下、最も好ましくは50nm以下である。磁性層43の平均厚みの上限値が90nm以下であると、記録ヘッドとしてはリング型ヘッドを用いた場合に、反磁界の影響を軽減できるため、さらに優れた電磁変換特性を得ることができる。

[0045] 磁性層43の平均厚みの下限値は、好ましくは35nm以上である。磁性層43の平均厚みの下限値が35nm以上であると、再生ヘッドとしてはMR型ヘッドを用いた場合に、出力を確保できるため、さらに優れた電磁変換特性を得ることができる。

[0046] 磁性層43の平均厚みは、以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に收容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTを250mmの長さに切り出し、3つのサンプルを作製する。続いて、各サンプルをFIB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層およびタングステン層を形成する。当該カーボン層は蒸着法により磁気テープMTの磁性層43側の表面およびバック層44側の表面に形成され、そして、当該タングステン層は蒸着法またはスパッタリング法により磁性層43側の表面にさらに形成される。当該薄片化は磁気テープMT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、磁気テープMTの長手方向および厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

[0047] 得られた各薄片化サンプルの上記断面を、透過型電子顕微鏡（Transmission Electron Microscope：TEM）により、下記の条件で観察し、各薄片化サンプルのTEM像を得る。なお、装置の種類に応じて、倍率および加速電圧は適宜調整されてよい。

装置：TEM（日立製作所製H9000NAR）

加速電圧：300kV

倍率：100,000倍

[0048] 次に、得られた各薄片化サンプルのTEM像を用い、各薄片化サンプルの10点の位置で磁性層43の厚みを測定する。なお、各薄片化サンプルの10点の測定位置は、磁気テープMTの長手方向においてそれぞれ異なる位置となるように、各サンプルから無作為に選ばれる。得られた各薄片化サンプルの測定値（合計で30点の磁性層43の厚み）を算術平均して得られた平均値を磁性層43の平均厚み [nm] とする。

[0049] [磁性粉]

磁性粉は、複数の磁性粒子を含む。磁性粒子は、例えば、金属酸化物を含む粒子（以下「金属酸化物粒子」という。）である。金属酸化物粒子は、例えば、六方晶フェライトを含む粒子（以下「六方晶フェライト粒子」という。）、イプシロン型酸化鉄（ ϵ 酸化鉄）を含む粒子（以下「 ϵ 酸化鉄粒子」という。）またはCo含有スピネルフェライトを含む粒子（以下「コバルトフェライト粒子」という。）である。磁性粉は、磁気テープMTの垂直方向に優先的に結晶配向していることが好ましい。本明細書において、磁気テープMTの垂直方向（厚み方向）とは、平面状態にある磁気テープMTの厚み方向を意味する。

[0050] [六方晶フェライト粒子]

六方晶フェライト粒子は、例えば、六角板状等の板状または六角柱状等の柱状（但し、厚さまたは高さが板面または底面の長径より小さい。）を有する。本明細書において、六角板状は、ほぼ六角板状を含むものとする。六方晶フェライトは、好ましくはBa、Sr、PbおよびCaのうちの少なくとも1種、より好ましくはBaおよびSrのうちの少なくとも1種を含む。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また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およびCaのうちの少なくとも1種をさらに含んでもよい。ストロンチウムフェライトは、Sr以外にBa、PbおよびCaのうちの少なくとも

も1種をさらに含んでいてもよい。

[0051] 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する。但し、Mは、例えばBa、Sr、PbおよびCaのうち少なくとも1種の金属、好ましくはBaおよびSrのうち少なくとも1種の金属である。Mが、Baと、Sr、Pbおよび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および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。

[0052] 磁性粉が六方晶フェライト粒子粉を含む場合、磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは13nm以上22nm以下、より好ましくは13nm以上19nm以下、さらにより好ましくは13nm以上18nm以下、特に好ましくは14nm以上17nm以下、最も好ましくは14nm以上16nm以下である。磁性粉の平均粒子サイズが22nm以下であると、高記録密度の磁気テープMTにおいて、さらに優れた電磁変換特性（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13nm以上であると、磁性粉の分散性がより向上し、さらに優れた電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。

[0053] 磁性粉が六方晶フェライト粒子粉を含む場合、磁性粉の平均アスペクト比が、好ましくは1.0以上3.0以下、より好ましくは1.5以上2.8以下、さらにより好ましくは1.8以上2.7以下である。磁性粉の平均アスペクト比が1.0以上3.0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。また、磁性層43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。

[0054] 磁性粉が六方晶フェライト粒子粉を含む場合、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、カートリッジ10に收容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテ

ープLTとの接続部21から長手方向に30mから40mの範囲から磁気テープMTを切り出す。続いて、切り出された磁気テープMTをFIB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層およびタングステン層を形成する。当該カーボン層は蒸着法により磁気テープMTの磁性層43側の表面およびバック層44側の表面に形成され、そして、当該タングステン層は蒸着法またはスパッタリング法により磁性層43側の表面にさらに形成される。当該薄片化は磁気テープMT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、磁気テープMTの長手方向および厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

[0055] 得られた薄片サンプルの上記断面を、透過電子顕微鏡（日立ハイテクノロジー社製H-9500）を用いて、加速電圧：200kV、総合倍率500,000倍で磁性層43の厚み方向に対して磁性層43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。TEM写真は、下記で示す板径DBおよび板厚DA（図7参照）を測定できる粒子を50個抽出できる枚数準備する。

[0056] 本明細書では、上記のTEM写真において観察される粒子の形状が、図6に示すように、板状または柱状（但し、厚さまたは高さが板面または底面の長径より小さい。）である場合には、粒子の板面または底面の長径を板径DBの値とする。上記のTEM写真において観察される粒子の厚さまたは高さを板厚DAの値とする。一粒子内にて粒子の厚さまたは高さが一定でない場合には、最大の粒子の厚さまたは高さを板厚DAとする。

[0057] 次に、撮影したTEM写真から抽出する50個の粒子を、下記の基準に基づき選び出す。粒子の一部がTEM写真の視野の外にはみだしている粒子は測定せず、輪郭がはっきりしており、孤立して存在している粒子を測定する。粒子同士に重なりがある場合は、両者の境界が明瞭で、粒子全体の形状も判断可能な粒子は、それぞれの粒子を単独粒子として測定するが、境界がはっきりせず、粒子の全形も判らない粒子は、粒子の形状が判断できないものとして測定しない。

[0058] 図7、図8にTEM写真の一例を示す。図7、図8において、例えば矢印aおよびdで示される粒子が、その粒子の板厚（その粒子の厚さまたは高さ） DA 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厚 DA を測定する。このようにして求めた板厚 DA を算術平均して平均板厚 DA_{ave} を求める。平均板厚 DA_{ave} が平均粒子板厚である。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 DB を明らかに確認できる粒子を50個選出す。例えば、図7、図8において、例えば矢印bおよびcで示される粒子が、その板径 DB 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、平均板厚 DA_{ave} および平均板径 DB_{ave} から粒子の平均アスペクト比（ DB_{ave}/DA_{ave} ）を求める。

[0059] 磁性粉が六方晶フェライト粒子粉を含む場合、磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは 500 nm^3 以上 2500 nm^3 以下、より好ましくは 500 nm^3 以上 1600 nm^3 以下、さらに好ましくは 500 nm^3 以上 1500 nm^3 以下、特に好ましくは 600 nm^3 以上 1200 nm^3 以下、最も好ましくは 600 nm^3 以上 1000 nm^3 以下である。磁性粉の平均粒子体積が 2500 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 500 nm^3 以上であると、磁性粉の平均粒子サイズを 13 nm 以上とする場合と同様の効果が得られる。

[0060] 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通り、平均板厚 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。

[0061] [数1]

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

[0062] [ε酸化鉄粒子]

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硬磁性粒子である。ε酸化鉄粒子は、球状を有しているか、または立方体状を有している。本明細書において、球状は、ほぼ球状を含むものとする。また、立方体状には、ほぼ立方体状を含むものとする。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、磁気テープMT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することができる。したがって、磁性粒子の分散性を高め、さらに優れた電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。

[0063] ε酸化鉄粒子は、複合粒子の構造を有していてもよい。より具体的には、ε酸化鉄粒子は、ε酸化鉄部と、軟磁性を有する部分もしくは、ε酸化鉄より飽和磁化量 σ_s が高く、保磁力Hcが小さい磁性を有する部分（以下「軟磁性を有する部分等」という。）とを備える。

[0064] ε酸化鉄部は、ε酸化鉄を含む。ε酸化鉄部に含まれるε酸化鉄は、ε-Fe₂O₃結晶を主相とするものが好ましく、単相のε-Fe₂O₃からなるものがより好ましい。

[0065] 軟磁性を有する部分等は、少なくともε酸化鉄部と一部で接している。具体的には、軟磁性を有する部分等は、ε酸化鉄部を部分的に覆っていてもよいし、ε酸化鉄部の周囲全体を覆っていてもよい。

[0066] 軟磁性を有する部分（ε酸化鉄より飽和磁化量 σ_s が高く、保磁力Hcが小さい磁性を有する部分）は、例えば、α-Fe、Ni-Fe合金またはFe-Si-Al合金等の軟磁性体を含む。α-Feは、ε酸化鉄部に含まれる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。

[0067] また、軟磁性を有する部分は、例えば、Fe₃O₄、γ-Fe₂O₃、またはスピネルフェライト等を含んでいてもよい。

[0068] ε酸化鉄粒子が、上記のように軟磁性を有する部分等を備えることで、熱安定性を確保するためにε酸化鉄部単体の保磁力Hcを大きな値に保ちつつ

、 ϵ 酸化鉄粒子（複合粒子）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。

[0069] ϵ 酸化鉄粒子が、上記複合粒子の構造に代えて添加剤を含んでいてもよいし、上記複合粒子の構造を有すると共に添加剤を含んでいてもよい。この場合、 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 Al 、 Ga および In からなる群より選ばれた少なくとも1種、さらにより好ましくは Al および Ga からなる群より選ばれた少なくとも1種である。

[0070] 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（但し、 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 および In からなる群より選ばれた少なくとも1種、さらにより好ましくは Al および Ga からなる群より選ばれた少なくとも1種である。 x は、例えば $0 < x < 1$ である。）である。

[0071] 磁性粒子が ϵ 酸化鉄粒子である場合、磁性粒子の平均粒子サイズは、好ましくは 10 nm 以上 20 nm 以下、より好ましくは 10 nm 以上 18 nm 以下、さらにより好ましくは 10 nm 以上 16 nm 以下、特に好ましくは 10 nm 以上 15 nm 以下、最も好ましくは 10 nm 以上 14 nm 以下である。磁気テープMT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、磁性粒子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、さらに優れた電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。したがって、磁性粒子の平均粒子サイズが 20 nm 以下であると、高記録密度の磁気テープMT（例えば 40 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テープMT）において、さらに優れた電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。一方、磁性粒子の平均粒子サイズが 10 nm 以上であると、磁性粒子の分散性がより向上し、さらに優れた電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。

[0072] 磁性粒子が ϵ 酸化鉄粒子である場合、磁性粒子の平均アスペクト比が、好ましくは1.0以上3.0以下、より好ましくは1.0以上2.5以下、さらにより好ましくは1.0以上2.1以下、特に好ましくは1.0以上1.8以下である。磁性粒子の平均アスペクト比が1.0以上3.0以下の範囲内であると、磁性粒子の凝集を抑制することができる。また、磁性層43の形成工程において磁性粒子を垂直配向させる際に、磁性粒子に加わる抵抗を抑制することができる。したがって、磁性粒子の垂直配向性を向上することができる。

[0073] 磁性粒子が ϵ 酸化鉄粒子である場合、磁性粒子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、カートリッジ10に收容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部から長手方向に30mから40mの位置で磁気テープMTを切り出す。続いて、測定対象となる磁気テープMT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、保護層としてカーボン層およびタングステン層を形成する。当該カーボン層は蒸着法により磁気テープMTの磁性層43側の表面およびバック層44側の表面に形成され、そして、当該タングステン層は蒸着法またはスパッタリング法により磁性層43側の表面にさらに形成される。薄片化は磁気テープMT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、磁気テープMTの長手方向および厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

[0074] 得られた薄片サンプルの上記断面を、透過電子顕微鏡（日立ハイテクノロジー社製 H-9500）を用いて、加速電圧：200kV、総合倍率500,000倍で磁性層43の厚み方向に対して磁性層43全体が含まれるように断面観察を行い、TEM像を撮影する。次に、撮影したTEM像から、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DL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 $D L_{ave}$ を磁性粒子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。

[0075] 磁性粒子が ϵ 酸化鉄粒子である場合、磁性粒子の平均粒子体積は、好ましくは 500 nm^3 以上 4000 nm^3 以下、より好ましくは 500 nm^3 以上 3000 nm^3 以下、さらにより好ましくは 500 nm^3 以上 2000 nm^3 以下、特に好ましくは 600 nm^3 以上 1600 nm^3 以下、最も好ましくは 600 nm^3 以上 1300 nm^3 以下である。一般的に磁気テープMTのノイズは粒子個数の平方根に反比例(すなわち粒子体積の平方根に比例)するため、粒子体積をより小さくすることで、さらに優れた電磁変換特性(例えばSNR)を得ることができる。したがって、磁性粒子の平均粒子体積が 4000 nm^3 以下であると、磁性粒子の平均粒子サイズを 20 nm 以下とする場合と同様に、さらに優れた電磁変換特性(例えばSNR)を得ることができる。一方、磁性粒子の平均粒子体積が 500 nm^3 以上であると、磁性粒子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。

[0076] ϵ 酸化鉄粒子が球状を有している場合には、磁性粒子の平均粒子体積は以下のようにして求められる。まず、上記の磁性粒子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、磁性粒子の平均体積 V を求める。

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

[0077] ϵ 酸化鉄粒子が立方体状を有している場合、磁性粒子の平均体積は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に収容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部から長手方

向に30mから40mの位置で磁気テープMTを切り出す。続いて、切り出された磁気テープMT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およ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テープMTの磁性層43側の表面およびバック層44側の表面に形成され、そして、当該タングステン薄膜は蒸着法またはスパッタリング法により磁性層43側の表面にさらに形成される。当該薄片化は磁気テープMT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、磁気テープMTの長手方向および厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

[0078] 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43の厚み方向に対して磁性層43全体が含まれるように断面観察を行い、TEM像を得る。なお、装置の種類に応じて、倍率および加速電圧は適宜調整されてよい。次に、撮影したTEM像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粒子の平均体積 V_{ave} （粒子体積）を求める。

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

[0079] [コバルトフェライト粒子]

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粒子が一軸結晶異方性を有することで、磁性粉を磁気テープMTの垂直方向に優先的に結晶配向させることができる。コバルトフェライト粒子は、例えば、立方体状を有している。本明細書において、立方体状は、ほぼ立方体状を含むものとする。Co含有スピネルフェライトが、Co以外にNi、Mn、Al、CuおよびZnのうちの少なくとも1種をさらに含んでいてもよい。

[0080] Co含有スピネルフェライトは、例えば以下の式で表される平均組成を有する。



(但し、式中、Mは、例えば、Ni、Mn、Al、CuおよびZnのうちの少なくとも1種の金属である。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、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。)

[0081] 磁性粉がコバルトフェライト粒子粉を含む場合、磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは8 nm以上16 nm以下、より好ましくは8 nm以上13 nm以下、さらにより好ましくは8 nm以上10 nm以下である。磁性粉の平均粒子サイズが16 nm以下であると、高記録密度の磁気テープMTにおいて、さらに優れた電磁変換特性（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8 nm以上であると、磁性粉の分散性がより向上し、さらに優れた電磁変換特性（例えばSNR）を得ることができる。磁性粉の平均粒子サイズの算出方法は、磁性粉がε酸化鉄粒子粉を含む場合における磁性粉の平均粒子サイズの算出方法と同様である。

[0082] 磁性粉がコバルトフェライト粒子粉を含む場合、磁性粉の平均アスペクト比が、好ましくは1.0以上2.5以下、より好ましくは1.0以上2.1以下、さらにより好ましくは1.0以上1.8以下である。磁性粉の平均アスペクト比が1.0以上2.5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。また、磁性層43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。磁性粉の平均アスペクト比の算出方法は、磁性粉がε酸化鉄粒子粉を含む場合における磁性粉の平均アスペクト比の算出方法と同様である。

[0083] 磁性粉がコバルトフェライト粒子粉を含む場合、磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは500 nm³以上4000 nm³以下、より好ましくは600 nm³

以上 2000 nm^3 以下、さらにより好ましくは 600 nm^3 以上 1000 nm^3 以下である。磁性粉の平均粒子体積が 4000 nm^3 以下であると、磁性粉の平均粒子サイズを 16 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 500 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。磁性粉の平均粒子体積の算出方法は、 ϵ 酸化鉄粒子が立方体状を有している場合の平均粒子体積の算出方法と同様である。

[0084] [結着剤]

結着剤としては、例えば、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、反応型樹脂等が挙げられる。熱可塑性樹脂としては、例えば、塩化ビニル、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-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、ポリフッ化ビニル、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、セルロース誘導體（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、ポリウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、アミノ樹脂、合成ゴム等が挙げられる。

[0085] 熱硬化性樹脂としては、例えば、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン硬化型樹脂、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、尿素ホルムアルデヒド樹脂等が挙げられる。

[0086] 上記の全ての結着剤には、磁性粉の分散性を向上させる目的で、 $-\text{SO}_3\text{M}$ 、 $-\text{OSO}_3\text{M}$ 、 $-\text{COOM}$ 、 $\text{P}=\text{O}(\text{OM})_2$ （但し、式中Mは水素原子またはリチウム、カリウム、ナトリウム等のアルカリ金属を表す）や、 $-\text{NR}1$

R₂、-NR₁R₂R₃⁺X⁻で表される末端基を有する側鎖型アミン、>NR₁R₂⁺X⁻で表される主鎖型アミン（但し、式中R₁、R₂、R₃は水素原子または炭化水素基を表し、X⁻はフッ素、塩素、臭素、ヨウ素等のハロゲン元素イオン、無機イオンまたは有機イオンを表す。）、さらに-OH、-SH、-CN、エポキシ基等の極性官能基が導入されていてもよい。これら極性官能基の結着剤への導入量は、10⁻¹モル/g以上10⁻⁸モル/g以下であるのが好ましく、10⁻²モル/g以上10⁻⁶モル/g以下であるのがより好ましい。

[0087] [潤滑剤]

潤滑剤は、例えば脂肪酸および脂肪酸エステルから選ばれる少なくとも1種、好ましくは脂肪酸および脂肪酸エステルの両方を含む。磁性層43が潤滑剤を含むことが、特に磁性層43が脂肪酸および脂肪酸エステルの両方を含むことが、磁気テープMTの走行安定性の向上に貢献する。

[0088] 脂肪酸は、好ましくは下記の一般式(1)または(2)により示される化合物であってよい。例えば、脂肪酸として下記の一般式(1)により示される化合物および一般式(2)により示される化合物の一方が含まれていてよく、または両方が含まれていてもよい。

[0089] また、脂肪酸エステルは、好ましくは下記一般式(3)または(4)により示される化合物であってよい。例えば、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および一般式(4)により示される化合物の一方が含まれていてよく、または両方が含まれていてもよい。

[0090] 潤滑剤が、一般式(1)に示される化合物および一般式(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)に示される化合物および一般式(4)に示される化合物若しくは、一般式(5)に示される化合物いずれか一つ若しくは二つ以上を含むことによって、磁気テープMTを繰り返し記録また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。

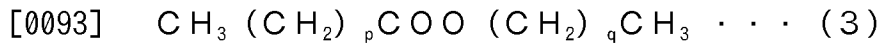
[0091] $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_k\text{COOH} \dots (1)$

(但し、一般式(1)において、kは14以上22以下の範囲、より好まし

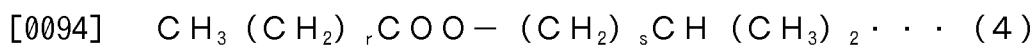
くは 14 以上 18 以下の範囲から選ばれる整数である。)



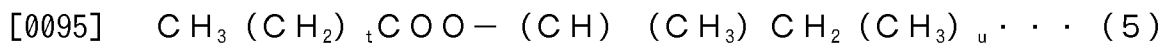
(但し、一般式 (2) において、 n と m との和は 12 以上 20 以下の範囲、より好ましくは 14 以上 18 以下の範囲から選ばれる整数である。)



(但し、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、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。)



(但し、一般式 (5) において、 t は 14 以上 22 以下の範囲から選ばれる整数であり、 u は 1 以上 3 以下の範囲から選ばれる整数である。)

[0096] [カーボン]

磁性層 43 に含まれるカーボンは、帯電防止剤および潤滑剤等として機能してもよい。磁性層 43 に含まれるカーボンの一部は、磁性層 43 の表面から露出している。磁性層 43 の表面の凹凸が、カーボンや研磨剤等により形成されていてもよい。

[0097] カーボンは、具体的には、カーボン粒子である。カーボン粒子は、例えば、カーボンブラック、アセチレンブラック、ケッチェンブラック、カーボンナノチューブおよびグラフェンからなる群より選ばれる 1 種以上を含む。

[0098] [帯電防止剤]

帯電防止剤としては、例えば、天然界面活性剤、ノニオン性界面活性剤、カチオン性界面活性剤等が挙げられる。

[0099] [研磨剤]

研磨剤としては、例えば、 α 化率 90% 以上の α -アルミナ、 β -アルミナ、 γ -アルミナ、炭化ケイ素、酸化クロム、酸化セリウム、 α -酸化鉄、

コランダム、窒化珪素、チタンカーバイト、酸化チタン、二酸化珪素、酸化スズ、酸化マグネシウム、酸化タングステン、酸化ジルコニウム、窒化ホウ素、酸化亜鉛、炭酸カルシウム、硫酸カルシウム、硫酸バリウム、2硫化モリブデン、磁性酸化鉄の原料を脱水、アニール処理した針状 α 酸化鉄、必要によりそれらをアルミおよび／またはシリカで表面処理したもの等が挙げられる。

[0100] [硬化剤]

硬化剤としては、例えば、ポリイソシアネート等が挙げられる。ポリイソシアネートとしては、例えば、トリレンジイソシアネート（TDI）と活性水素化合物との付加体等の芳香族ポリイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート（HMDI）と活性水素化合物との付加体等の脂肪族ポリイソシアネート等が挙げられる。これらポリイソシアネートの重量平均分子量は、100以上3000以下の範囲であることが望ましい。

[0101] [防錆剤]

防錆剤としては、例えばフェノール類、ナフトール類、キノン類、窒素原子を含む複素環化合物、酸素原子を含む複素環化合物、硫黄原子を含む複素環化合物等が挙げられる。

[0102] [非磁性補強粒子]

非磁性補強粒子として、例えば、酸化アルミニウム（ α 、 β または 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）等が挙げられる。

[0103] [下地層]

下地層42は、基体41の表面の凹凸を緩和し、磁性層43の表面の凹凸を調整するためのものである。下地層42は、非磁性粉、結着剤および潤滑剤を含む非磁性層である。下地層42は、磁性層43の表面に潤滑剤を供給する。下地層42が、必要に応じて、帯電防止剤、硬化剤および防錆剤等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。

[0104] 下地層42の平均厚みの上限値は、好ましくは1.0 μm 以下、より好ましくは0.9 μm 以下、さらにより好ましくは0.8 μm 以下、特により好ましくは0.7 μm 以下、最も好ましくは0.6 μm 以下である。下地層42の平均厚みの上限値が1.0 μm 以下であると、磁気テープMTの厚みを低減することができるので、1データカートリッジ内に記録できる記録容量を一般的な磁気テープよりも高めることができる。また、下地層42の平均厚みが1.0 μm 以下であると、外力による磁気テープMTの伸縮性がさらに高くなるため、テンション調整による磁気テープMTの幅の調整がさらに容易となる。下地層42の平均厚みの下限値は、好ましくは0.3 μm 以上である。下地層42の平均厚みの下限値が0.3 μm 以上であると、下地層42としての機能低下を抑制することができる。なお、下地層42の平均厚みは、磁性層43の平均厚みと同様にして求められる。但し、TEM像の倍率は、下地層42の厚みに応じて適宜調整される。

[0105] [非磁性粉]

非磁性粉は、例えば無機粒子粉または有機粒子粉の少なくとも1種を含む。また、非磁性粉は、カーボンブラック等の炭素粉を含んでいてもよい。なお、1種の非磁性粉を単独で用いてもよいし、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、金属炭化物または金属硫化物等を含む。非磁性粉の形状としては、例えば、針状、球状、立方体状、板状等の各種形状が挙げられるが、これらの形状に限定されるものではない。

[0106] [結着剤、潤滑剤]

結着剤および潤滑剤は、上記の磁性層43と同様である。

[0107] [添加剤]

帯電防止剤、硬化剤および防錆剤はそれぞれ、上記の磁性層43と同様である。

[0108] [バック層]

バック層44は、結着剤および非磁性粉を含む。バック層44が、必要に

応じて潤滑剤、硬化剤および帯電防止剤等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。結着剤および非磁性粉は、上記の下地層42と同様である。硬化剤および帯電防止剤は、上記の磁性層43と同様である。

[0109] 非磁性粉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。非磁性粉の平均粒子サイズは、上記の磁性粉の平均粒子サイズと同様にして求められる。非磁性粉が、2以上の粒度分布を有する非磁性粉を含んでもよい。

[0110] バック層44の平均厚みの上限値は、好ましくは0.6μm以下である。バック層44の平均厚みの上限値が0.6μm以下であると、磁気テープMTの平均厚みが5.3μm以下である場合でも、下地層42や基体41の厚みを厚く保つことができるので、磁気テープMTの記録再生装置内での走行安定性を保つことができる。バック層44の平均厚みの下限値は特に限定されるものではないが、例えば0.2μm以上である。

[0111] バック層44の平均厚み t_b は以下のようにして求められる。まず、磁気テープMTの平均厚み t_T を測定する。平均厚み t_T の測定方法は、以下の「磁気テープの平均厚み」に記載されている通りである。続いて、カートリッジ10に収容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTを250mmの長さに切り出し、3つのサンプルを作製する。次に、各サンプルのバック層44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、各サンプルの厚みを5点の位置で測定し、それらの測定値（合計で15点のサンプルの厚み）を算術平均して、平均値 t_B [μm] を算出する。その後、以下の式よりバック層44の平均厚み t_b [μm] を求める。なお、上記5点の測定位置は、磁気テープMTの長手方向においてそれぞれ異なる位置となるように、各サンプルから無作為に選ばれるものとする。

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

[0112] [平均幅変化量 ΔA]

磁気テープMTの幅1/2インチあたり0.55Nのテンションが長手方向に加えられた状態で温度50℃、相対湿度40%RHの環境下に40時間静置される前後の磁気テープMTの平均幅変化量 ΔA の絶対値が、0ppm以上170ppm以下、好ましくは0ppm以上140ppm以下、より好ましくは0ppm以上70ppm以下、さらにより好ましくは0ppm以上40ppm以下である。磁気テープMTの平均幅変化量 ΔA の絶対値が170ppmを超えると、カートリッジ10に巻き取られた磁気テープMTが高温環境下に長期間保管されたときの磁気テープMTのクリープ変化、および磁気テープMTが高温環境下で長期間走行されたときの磁気テープMTのクリープ変化が大きくなる。このため、カートリッジ10に巻き取られた状態で高温環境下に長期間保管された磁気テープMT、および高温環境下で長期間走行された磁気テープMTの幅変化が、長手方向の走行テンションの調整により補正可能な範囲を超える。したがって、長手方向の走行テンションの調整により上記幅変化を補正することが困難になる。本明細書において、高温環境とは、35℃以上50℃以下の環境のことをいう。

[0113] 従来の磁気テープでは、高温環境下において、クリープ特性による形状変化が大きくなる。このため、磁気テープの走行テンションの調整により磁気テープの幅変化を補正することは困難である。これに対して、第1の実施形態に係る磁気テープMTでは、磁気テープMTの平均幅変化量 ΔA の絶対値が170ppm以下であるため、環境に起因する磁気テープMTの変形に加えて、高温環境下でのクリープ変形を低減することができる。したがって、磁気テープMTの走行テンションの調整により磁気テープMTの幅変化を補正することができる。

[0114] 平均幅変化量 ΔA の絶対値は、基体41および下地層42の少なくとも一方の選択により所望の値に設定されてもよい。例えば、平均幅変化量 ΔA の絶対値は、基体41の厚みおよび基体41の材料の少なくとも一方を選択することにより所望の値に設定されてもよい。また、平均幅変化量 ΔA の絶対

値は、基体 4 1 の幅方向および長手方向の延伸強度を調整することによって、所望の値に設定されてもよい。また、平均幅変化量 ΔA の絶対値は、磁性層 4 3 の種類を塗布膜およびスパッタ膜のうちから選択することによって、所望の値に設定されてもよい。

[0115] また、平均幅変化量 ΔA の絶対値は、カレンダー工程後、裁断工程前にひずみ緩和工程を備え、当該ひずみ緩和工程における環境温度および保管時間を調整（例えば温度 65℃ の環境下に 48 時間保管）することによって、所望の値に設定されてもよい。また、平均幅変化量 ΔA の絶対値は、消磁工程後、サーボパターンの書き込み工程前にひずみ緩和工程を備え、当該ひずみ緩和工程における環境温度および保管時間を調整（例えば温度 55℃ の環境下に 48 時間保管）することによって、所望の値に設定されてもよい。

[0116] なお、上記の複数の選択例のうちの 1 つを選択することによって、平均幅変化量 ΔA の絶対値が所望の値に設定されてもよいし、2 以上を選択することによって、平均幅変化量 ΔA の絶対値が所望の値に設定されてもよい。

[0117] 磁気テープ MT の平均幅変化量 ΔA の絶対値は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ 10 に収容された 1 / 2 インチ幅の磁気テープ MT を巻き出し、磁気テープ MT とリーダーテープ LT との接続部 21 から長手方向に 10 m から 20 m の範囲、30 m から 40 m の範囲、50 m から 60 m の範囲それぞれから磁気テープ MT を 250 mm の長さに切り出し、3 つのサンプルを取得する。

[0118] 次に、上記の 3 つのサンプルの幅変化量 ΔA の絶対値をそれぞれに以下のようにして求める。まず、測定装置としてキーエンス社製のデジタル寸法測定器 LS-7000 を組み込んだ、図 9 に示す測定装置を準備し、この測定装置にサンプル 10 S をセットする。具体的には、長尺状のサンプル（磁気テープ MT）10 S の一端を固定部 231 により固定する。次に、図 9 に示されるとおり、サンプル 10 S を、5 本の略円柱状且つ棒状の支持部材 232₁ ~ 232₅ に乗せる。サンプル 10 S は、そのバック面が 5 本の支持部材 232₁ ~ 232₅ に接するように、これら支持部材 232₁ ~ 232₅ に乗せられ

る。5本の支持部材232₁~232₅(特にその表面)はいずれもステンレス鋼SUS304から形成されており、その表面粗さR_z(最大高さ)は0.15μmから0.3μmである。

[0119] 5本の棒状の支持部材232₁~232₅の配置を、図9を参照しながら説明する。図9に示されるとおり、サンプル10Sは、5本の支持部材232₁~232₅に乗せられている。5本の支持部材232₁~232₅について、以下では、固定部231に最も近いほうから「第1支持部材232₁」、「第2支持部材232₂」、「第3支持部材232₃」(スリット232Aを有する)、「第4支持部材232₄」、および「第5支持部材232₅」(重り233に最も近い)という。これら5本の第1~第5支持部材232₁~232₅の直径はいずれも、7mmである。第1支持部材232₁と第2支持部材232₂との距離d₁(特にこれら支持部材の中心軸の間の距離)は20mmである。第2支持部材232₂と第3支持部材232₃との距離d₂は30mmである。第3支持部材232₃と第4支持部材232₄との距離d₃は30mmである。第4支持部材232₄と第5支持部材232₅との距離d₄は20mmである。

[0120] また、サンプル10Sのうち第2支持部材232₂、第3支持部材232₃、および第4支持部材232₄の間に乗っている部分が、重力方向に対して略垂直な平面を形成するように、これら3つの支持部材232₂~232₄は配置されている。また、サンプル10Sが、第1支持部材232₁と第2支持部材232₂の間では、上記略垂直の平面に対してθ₁=30°の角度を形成するように、第1支持部材232₁および第2支持部材232₂は配置されている。さらに、サンプル10Sが、第4支持部材232₄と第5支持部材232₅の間では、上記の略垂直な平面に対してθ₂=30°の角度を形成するように、第4支持部材232₄および第5支持部材232₅は配置されている。また、5本の第1~第5支持部材232₁~232₅のうち、第3支持部材232₃は回転しないように固定されているが、その他の4本の第1、第2、第4、第5支持部材232₁、232₂、232₄、232₅は全て回転可能である。上記のように支持部材232₃は回転しないように固定されているため、支持体23

2₃とサンプル10Sとの摩擦の低減を考慮して、支持体232₃とサンプル10Sとの接触角を浅くしている。

[0121] サンプル10Sは、支持部材232₁~232₅上でサンプル10Sの幅方向に移動しないように保持される。なお、支持部材232₁~232₅のうち、発光器234および受光器235の間に位置し、かつ、固定部231と荷重をかける部分とのほぼ中心に位置する支持部材232₃にはスリット232Aが設けられている。スリット232Aを介して発光器234から受光器235に光Lが照射されるようになっている。スリット232Aのスリット幅は1mmであり、光Lは、スリット232Aの枠に遮られることなく、当該スリット232Aを通り抜けられる。

[0122] 続いて、室温環境（温度25℃、相対湿度50%RH）にあるチャンバ内に測定装置を収容したのち、サンプル10Sの他端に、サンプル10Sの幅1/2インチあたり0.55Nの荷重をかけるための重り233を取り付ける。すなわち、サンプル10Sにかけられる荷重は、幅が1/2インチの場合は0.55Nに設定され、幅が1/2インチではない場合は幅に比例した荷重が設定される。重り233を取り付けた後、サンプル10Sを上記室温環境下に30分間静置する。30分間静置後、チャンバ内を昇温し、チャンバ内が規定環境（温度50℃、相対湿度40%RH）になった時点からサンプル10Sの幅の測定を開始する。チャンバ内を上記規定環境（温度50℃、相対湿度40%RH）に維持しながら、上記測定開始から40時間を超えるまでサンプル10Sの幅の測定を継続する。

[0123] 上記測定装置は、上記規定環境にて0.55Nの荷重が加えられた状態で、発光器234から受光器235に向けて光Lを照射し、長手方向に荷重が加えられたサンプル10Sの幅を測定する。当該幅の測定は、サンプル10Sがカールしていない状態で行われる。発光器234および受光器235は、デジタル寸法測定器LS-7000に備えられているものである。

[0124] 次に、上記のようにして取得されたサンプル10Sの幅の測定結果を用いて、上記測定開始の時点から1時間経過後（すなわち、チャンバ内が上記規

定環境になった時点から1時間経過後)におけるサンプル10Sの幅を基準として、上記測定開始の時点から40時間経過後におけるサンプル10Sの幅変化量 ΔA の絶対値を算出する。すなわち、40時間経過後におけるサンプル10Sの幅から、1時間経過後におけるサンプル10Sの幅を差し引いて、サンプル10Sの幅変化量 ΔA の絶対値を求める。サンプル10Sの幅変化量 ΔA の値の正負は、幅変化の方向を意味する。幅変化量 ΔA が正の場合はサンプル10Sの幅が広がる方向に変化したことを表し、負の場合はサンプル10Sの幅が狭まる方向に変化したことを表す。次に、上記のようにして算出された3つのサンプル10Sの幅変化量 ΔA の絶対値を算術平均し、磁気テープMTの平均幅変化量 ΔA の絶対値を得る。

[0125] [平均テンション応答性 ΔW]

温度50℃、相対湿度40%RHの環境下における、長手方向のテンションに対する平均テンション応答性 ΔW の下限値が、700ppm/N以上、好ましくは715ppm/N以上、より好ましくは750ppm/N以上、さらにより好ましくは800ppm/N以上である。平均テンション応答性 ΔW が700ppm/N未満であると、高温環境下における平均テンション応答性 ΔW が低いため、カートリッジ10に巻き取られた磁気テープMTが高温環境下に長期間保管されたときの磁気テープMTのクリープ変化、および磁気テープMTが高温環境下で長期間走行されたときの磁気テープMTのクリープ変化を、走行テンションの調整により補正することが困難になる。上記のように、本明細書において、高温環境とは、35℃以上50℃以下の環境のことをいう。

[0126] 平均テンション応答性 ΔW の上限値は、好ましくは20000ppm/N以下、15000ppm/N以下、より好ましくは8000ppm/N以下、5000ppm/N以下、4000ppm/N以下、3000ppm/N以下、または2000ppm/N以下である。平均テンション応答性 ΔW が15000ppm/N以下であると、記録再生装置のテンションコントロールにばらつきがある場合にも、当該ばらつきに対する磁気テープMTの幅の

変化量を低減することができる。

[0127] 平均テンション応答性 ΔW は、基体41および下地層42の少なくとも一方の選択により所望の値に設定されてもよい。例えば、平均テンション応答性 ΔW は、基体41の厚みおよび基体41の材料の少なくとも一方を選択することにより所望の値に設定されてもよい。また、平均テンション応答性 ΔW は、基体41の幅方向および長手方向の延伸強度を調整することによって、所望の値に設定されてもよい。例えば、基体41の幅方向における延伸を強めることによって、平均テンション応答性 ΔW は低下し、反対に、基体41の長手方向における延伸を強めることによって、平均テンション応答性 ΔW は上昇する。また、平均テンション応答性 ΔW は、磁性層43の種類を塗布膜およびスパッタ膜のうちから選択することによって、所望の値に設定されてもよい。

[0128] また、平均テンション応答性 ΔW は、カレンダー工程後、裁断工程前にひずみ緩和工程を備え、当該ひずみ緩和工程における環境温度および保管時間を調整（例えば温度65℃の環境下に48時間保管）することによって、所望の値に設定されてもよい。また、平均テンション応答性 ΔW は、消磁工程後、サーボパターンの書き込み工程前にひずみ緩和工程を備え、当該ひずみ緩和工程における環境温度および保管時間を調整（例えば温度55℃の環境下に48時間保管）することによって、所望の値に設定されてもよい。

[0129] なお、上記の複数の選択例のうちの1つを選択することによって、平均テンション応答性 ΔW が所望の値に設定されてもよいし、2以上を選択することによって、平均テンション応答性 ΔW が所望の値に設定されてもよい。

[0130] 平均テンション応答性 ΔW は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に収容された1/2インチ幅の磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、及び50mから60mの範囲それぞれから250mmの長さに新たに切り出し、サンプルを3つ作製する。すなわち、平均幅変化量 ΔA の測定に際し、切り出したサンプルとは別のサンプルを新た

に切り出す。測定に使用する測定装置は、上記磁気記録媒体の平均幅変化量 ΔA の測定で使用するものと同じである。

[0131] 次に、3つのサンプルのテンション応答性 ΔW を以下のようにして求める。サンプル 10 S の長手方向に 0.2 N、0.6 N、1.0 N の順で荷重をかけ、0.2 N、0.6 N、および 1.0 N の荷重におけるサンプル 10 S の幅を測定する。続いて、以下の式よりテンション応答性 ΔW を求める。なお、0.6 N の荷重をかけた場合の測定は、測定において異常が生じていないかを確認するため（特にこれら3つの測定結果が直線的になっていることを確認するため）に行われるものであり、その測定結果は以下の式において用いられない。

[0132] [数2]

$$\Delta W [\text{ppm/N}] = \frac{D(0.2\text{N}) [\text{mm}] - D(1.0\text{N}) [\text{mm}]}{D(0.2\text{N}) [\text{mm}]} \times \frac{1,000,000}{(1.0[\text{N}]) - (0.2[\text{N}])}$$

(但し、式中、 $D(0.2\text{N})$ および $D(1.0\text{N})$ はそれぞれ、サンプル 10 S の長手方向に 0.2 N および 1.0 N の荷重をかけたときのサンプル 10 S の幅を示す。)

[0133] 次に、上記のようにして求められた3つのサンプルのテンション応答性 ΔW を算術平均することにより、平均テンション応答性 ΔW を求める。なお、上記の説明において、サンプル 10 S にかかる荷重の値は、磁気テープ MT (サンプル 10 S) の幅が 1/2 インチの場合における値である。磁気テープ MT (サンプル 10 S) の幅が 1/2 インチではない場合、幅に比例した荷重がかけられる。すなわち、幅に比例した荷重をかけた条件下で3つのサンプルのテンション応答性 ΔW を求め、それらを算術平均することにより平均テンション応答性 ΔW を算出する。

[0134] 各荷重をかけたときのサンプル 10 S の幅は以下のようにして測定される。まず、測定装置としてキーエンス社製のデジタル寸法測定器 LS-7000 を組み込んだ、図 9 に示す測定装置を準備し、この測定装置にサンプル 1

0 Sをセットする。測定装置の具体的な構成は、上記の平均幅変化量 ΔA の絶対値の測定方法と同様である。また、測定装置に対するサンプル10 Sの具体的なセットの手順も、上記の平均幅変化量 ΔA の絶対値の測定方法と同様である。

[0135] 続いて、温度50℃、相対湿度40%RHの一定環境下に制御されたチャンバ内に測定装置を収容したのち、サンプル10 Sの他端に、0.2 Nの荷重をかけるための重り233を取り付け、サンプル10 Sを上記環境内に2時間静置する。2時間置静置後に、サンプル10 Sの幅を測定する。次に、0.2 Nの荷重をかけるための重りを、0.6 Nの荷重をかけるための重り233に変更し、当該変更の5分後にサンプル10 Sの幅を測定する。最後に、1.0 Nの荷重をかけるための重り233に変更し、当該変更の5分後にサンプル10 Sの幅を測定する。

[0136] 以上のとおり、重り233の重さを調整することによりサンプル10 Sの長手方向に加わる荷重を変化させることができる。なお、磁気テープMTの幅が1/2インチでないときは磁気テープMTの幅に比例して荷重を調整する。温度50℃、相対湿度40%RHの一定環境下において各荷重が加えられた状態で、発光器234から受光器235に向けて光Lを照射し、長手方向に荷重が加えられたサンプル10 Sの幅を測定する。当該幅の測定は、サンプル10 Sがカールしていない状態で行われる。発光器234および受光器235は、デジタル寸法測定器LS-7000に備えられているものである。

[0137] [基体の長手方向の平均貯蔵弾性率]

温度50℃の環境下における基体41の長手方向の平均貯蔵弾性率の上限値は、好ましくは9.0 GPa以下、より好ましくは7.5 GPa以下、さらにより好ましくは6.0 GPa以下、特に好ましくは5.5 GPa以下、最も好ましくは4.5 GPa以下である。貯蔵弾性率の上限値が9.0 GPa以下であると、高温環境下において、長手方向のテンションに対する磁気テープMTの伸縮性が高くなるため、平均テンション応答性 ΔW を向上する

ことができる。

- [0138] 温度 50℃ の環境下における基体 41 の長手方向の平均貯蔵弾性率の下限値は、好ましくは 3.0 GPa 以上、より好ましくは 3.5 GPa 以上である。貯蔵弾性率の上限値が 3.0 GPa 以上であると、長手方向のテンションに対する磁気テープ MT の伸縮性が過度に高くなることを抑制することができる。したがって、走行安定性の低下を抑制することができる。
- [0139] 磁気テープ MT の長手方向の平均貯蔵弾性率は、外力による磁気テープ MT の長手方向における伸縮のし難さを示す値であり、この値が大きいほど外力により磁気テープ MT は長手方向に伸縮し難く、この値が小さいほど外力により磁気テープ MT は長手方向に伸縮しやすい。
- [0140] なお、磁気テープ MT の長手方向の平均貯蔵弾性率は、磁気テープ MT の長手方向に関する値であるが、磁気テープ MT の幅方向の伸縮のし難さとも相関がある。つまり、この値が大きいほど磁気テープ MT は外力により幅方向に伸縮し難く、この値が小さいほど磁気テープ MT は外力により幅方向に伸縮しやすい。したがって、テンション調整の観点から、磁気テープ MT の長手方向の平均貯蔵弾性率は、上記のように小さく、9.0 GPa 以下であることが有利である。
- [0141] 磁気テープ MT の長手方向の平均貯蔵弾性率は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ 10 に収容された 1/2 インチ幅の磁気テープ MT を巻き出し、磁気テープ MT とリーダーテープ LT との接続部 21 から長手方向に 10 m から 20 m の範囲、30 m から 40 m の範囲、50 m から 60 m の範囲それぞれから磁気テープ MT を規定サイズに打ち抜き、3 つのサンプルを取得する。次に、上記の 3 つのサンプルについて、温度 50℃ の環境下における基体 41 の長手方向の貯蔵弾性率 E' をそれぞれ測定する。次に、測定された 3 つのサンプルの貯蔵弾性率 E' を算術平均することにより、温度 50℃ の環境下における基体 41 の長手方向の平均貯蔵弾性率を求める。
- [0142] 上記の貯蔵弾性率 E' は、動的粘弾性測定によって測定される。上記動的粘弾性測定は温度依存性測定であり、具体的には以下のとおりにして行われる

。打ち抜き器により磁気テープMTを打ち抜き、テープ長手方向の長さ22.0mmおよび幅方向の幅4.0mmを有するサンプルを取得する。当該サンプルの長手方向の両端が、動的粘弾性測定装置（RSA II、TAインストルメンツ社製）の測定部にクランプされる。そして、以下の測定条件で、動的粘弾性測定を行う。

[0143] 測定温度範囲：-10℃以上140℃以下

昇温速度：2℃/分

振幅：テープ初期長に対して0.1%の振幅で伸び縮みさせる

測定周波数：10Hz

Test Type：「Strain-Controlled」

Measurement Type：「Dynamic」

装置が置かれる環境：温度25℃、相対湿度50RH%

測定部の湿度コントロール：無し

上記装置の測定条件に関するより詳細な設定は以下のとおりである。すなわち、以下に記載されるとおり、上記測定において、テンションが0以下になることがないようにテンションが調整され、且つ、ひずみがトランスデューサーの下限值を下回らないように調整される。これらの調整のための測定条件は当業者により適宜設定されてよいが、上記動的粘弾性測定装置について例えば以下のとおりの設定が採用されてよい。

Option設定

Delay Before Test：OFF

Auto Tension

Mode Static Force Tracking Dynamic Force

Auto Tension Direction Tension

Initial Static Force 10.0g

Static>Dynamic Force by 5.0%

Minimum Static Force 1.0g

Auto Tension Sensitivity 1.0g

Auto Strain

Max Applied Strain 0.1%

Max Allowed Force 100.0g

Min allowed Force 2.0g

Strain Adjustment 3.0%

Meas Ops: Default setting

- [0144] 以上で説明した上記動的粘弾性測定を上記サンプルに対して行うことによって、各測定温度における貯蔵弾性率 E' の値が得られる。測定温度 50°C における貯蔵弾性率 E' も得られる。各測定温度にて得られた貯蔵弾性率 E' の値を用いて、測定温度に対してプロットすることによって、温度変化に伴う貯蔵弾性率 E' の変化の傾向を読み取ることができる。
- [0145] 磁気テープMTの貯蔵弾性率 E' は、例えば基体41を形成する材料の種類および／または磁性層43、下地層42、およびバック層44（特には、これら3つの層のうち最も厚くなることが多い下地層42）の組成およびこれらの組合せを変更することによって調整することができる。
- [0146] 例えば、基体41を形成する材料としてPEN、PET、またはPEEKを用いることによって、貯蔵弾性率 E' を調整することができる。また、これら樹脂の選択によって、温度変化に対して貯蔵弾性率 E' をプロットしたグラフの形状が変更されうる。
- [0147] また、例えば磁性層43、下地層42、およびバック層44（特には下地層42）を形成する塗料に含まれる樹脂成分の種類の変更および／または樹脂組成の調整によって、貯蔵弾性率 E' を調整することができる。例えばこれらの層に含まれる結着剤のガラス転移温度 T_g を調整することによって、貯蔵弾性率 E' を調整することができる。ガラス転移温度 T_g の調整のしやすさの観点から、当該結着剤は、例えばポリウレタン系樹脂を含む。より好ましくは、下地層42がポリウレタン系樹脂を含み、これにより貯蔵弾性率 E' を調整しやすくなる。さらにより好ましくは、下地層42に含まれるポリウレタン系樹脂のガラス転移温度 T_g は、好ましくは 10°C 以上 140°C 以下

、より好ましくは30℃以上130℃以下、さらにより好ましくは30℃以上120℃以下、特に好ましくは55℃以上120℃以下である。ガラス転移温度 T_g が低すぎる場合、高温での保存時に粘着が発生する可能性が生じうる。ガラス転移温度 T_g が高すぎる場合、表面平滑化（カレンダー）での処理が困難になりうる。

[0148] [磁気テープの平均厚み]

磁気テープMTの平均厚み（平均全厚） t_T の上限値が、好ましくは5.3 μm 以下、より好ましくは5.1 μm 以下、さらにより好ましくは4.9 μm 以下、特に好ましくは4.6 μm 以下、最も好ましくは4.4 μm 以下である。磁気テープMTの平均厚み t_T が5.3 μm 以下であると、1データカートリッジ内に記録できる記録容量を一般的な磁気テープよりも高めることができる。磁気テープMT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 μm 以上である。

[0149] 磁気テープMTの平均厚み t_T は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に收容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTを250mmの長さに切り出し、3つのサンプルを作製する。次に、測定装置としてMitutoyo社製レーザーホロゲージ（LGH-110C）を用いて、各サンプルの厚みを5点の位置で測定し、それらの測定値（合計で15点のサンプルの厚み）を算術平均して、平均厚み t_T [μm] を算出する。なお、上記5点の測定位置は、磁気テープMTの長手方向においてそれぞれ異なる位置となるように、各サンプルから無作為に選ばれるものとする。

[0150] [磁性層の表面の算術平均粗さ R_a]

磁性層43の表面の算術平均粗さ R_a の平均値は、1.9 nm以下、好ましくは1.6 nm以下、より好ましくは1.3 nm以下である。算術平均粗さ R_a の平均値が1.9 nm以下であると、スペーシングロスによる出力低下を抑制することができるため、優れた電磁変換特性を得ることができる。磁

性層43の表面の算術平均粗さ R_a の平均値の下限值は、好ましくは1.0nm以上、より好ましくは1.2nm以上である。磁性層43の表面の算術平均粗さ R_a の平均値の下限值が1.0nm以上であると、摩擦の増大による走行性の低下を抑制することができる。

[0151] 算術平均粗さ R_a の平均値は次のようにして求められる。まず、カートリッジ10に收容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTを250mmの長さに切り出し、3つのサンプルを作製する。次に、各サンプルの磁性層43の表面をAFM (Atomic Force Microscope) 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、Nano Scope IIIa D3100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、200Hzから400Hzのチューニングにて測定を行う。次に、各AFM像を $512 \times 512 (= 262, 144)$ 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、 $i = 1$ から $262, 144$)を測定し、測定した各測定点の高さ $Z(i)$ を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 order2、ならびに、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) $= 125\mu\text{m}$

次に、3つサンプルの算術平均粗さ R_a を算術平均して、算術平均粗さ R_a の平均値を算出する。

[0152] [バック面の表面粗度 R_b]

バック面の表面粗度(バック層44の表面粗度) R_b の平均値が、 $R_b \leq 6.$

0 [nm] であることが好ましい。バック面の表面粗度 R_b の平均値が上記範囲であると、さらに優れた電磁変換特性を得ることができる。

[0153] バック面の表面粗度 R_b の平均値は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ 10 に收容された磁気テープ MT を巻き出し、磁気テープ MT とリーダーテープ LT との接続部 21 から長手方向に 10 m から 20 m の範囲、30 m から 40 m の範囲、50 m から 60 m の範囲それぞれから磁気テープ MT を 100 mm の長さに切り出し、3 つのサンプルを作製する。次に、サンプルの被測定面（磁性層側の表面）が上になるようにスライドグラスに乗せ、サンプルの端部をメンディングテープで固定する。測定装置として VertScan を用いて表面形状を測定し、ISO 25178 の規格に基づいて以下の式からバック面の表面粗度 R_b を求める。

[0154] 測定条件は以下のとおりである。

装置：光干渉を用いた非接触粗度計

（株式会社菱化システム製非接触表面・層断面形状計測システム VertScan R5500GL-M100-AC）

対物レンズ：20倍

測定領域：640×480ピクセル（視野：約237 μm×178 μm視野）

測定モード：phase

波長フィルター：520 nm

CCD：1/3インチ

ノイズ除去フィルター：スムージング3×3

面補正：2次多項式近似面にて補正

測定ソフトウェア：VS-Measure Version5.5.2

解析ソフトウェア：VS-viewer Version5.5.5

[0155] [数3]

$$S_a = \frac{1}{A} \iint_A |z(x, y)| dx dy$$

[0156] 各サンプルについて、上記のようにして、磁気テープMTの長手方向に5点の位置にて面粗度を測定したのち、各位置で得られた表面プロファイルから自動計算されたそれぞれの算術平均粗さ S_a (nm)の平均値をバック面の表面粗度 R_b (nm)とする。なお、上記5点の測定位置は、磁気テープMTの長手方向においてそれぞれ異なる位置となるように、各サンプルから無作為に選ばれるものとする。次に、3つサンプルから求めた表面粗度 R_b を算術平均して、表面粗度 R_b の平均値を算出する。

[0157] [保磁力 H_c2 の平均値]

磁気テープMTの長手方向における磁性層43の保磁力 H_c2 の平均値の上限値が、好ましくは30000e以下、より好ましくは20000e以下、さらにより好ましくは19000e以下、特に好ましくは18000e以下である。磁気テープMTの長手方向における磁性層43の保磁力 H_c2 の平均値が30000e以下であると、高記録密度であっても十分な電磁変換特性を有することができる。

[0158] 磁気テープMTの長手方向に測定した磁性層43の保磁力 H_c2 の平均値の下限値が、好ましくは10000e以上である。磁気テープMTの長手方向に測定した磁性層43の保磁力 H_c2 の平均値が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。

[0159] 上記の保磁力 H_c2 の平均値は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に收容された磁気テープMTを巻き出され、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTが250mmの長さに切り出される。切り出された各磁気テープMTは、磁気テープMTの長手方向の向きが同じになるように、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、磁気テープMT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

テープMTの長手方向（走行方向）に対応する測定サンプル（磁気テープMT全体）のM-Hループが測定される。次に、上記で切り出した磁気テープMTの塗膜（下地層42、磁性層43およびバック層44等）を、アセトンまたはエタノール等を用いて払拭し、基体41のみを残す。そして、得られた基体41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を用いて基体41の長手方向（磁気テープMTの長手方向）に対応する補正用サンプル（基体41）のMHループが測定される。

[0160] 測定サンプル（磁気テープMTの全体）のM-Hループ、補正用サンプル（基体41）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。

[0161] 測定サンプル（磁気テープMTの全体）のM-Hループおよび補正用サンプル（基体41）のM-Hループが得られた後、測定サンプル（磁気テープMTの全体）のM-Hループから補正用サンプル（基体41）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_c2 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ループの測定はいずれも、 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $50\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ の環境にて行われるものとする。また、M-Hループを磁気テープMT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。次に、3つサンプルの保磁力 H_c2 を算術平均して、保磁力 H_c2 の平均値を算出する。

[0162] [角形比S 1、S 2の平均値]

磁気テープMTの垂直方向における磁性層4 3の角形比S 1の平均値が、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75%以上、特に好ましくは80%以上、最も好ましくは85%以上である。角形比S 1の平均値が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、さらに優れた電磁変換特性を得ることができる。

[0163] 磁気テープMTの垂直方向における角形比S 1の平均値は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に収容された磁気テープMTを巻き出され、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTが250mmの長さに切り出される。切り出された各磁気テープMTは、磁気テープMTの長手方向の向きが同じになるように、両面テープで3枚重ね合わされた後、φ6.39mm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、磁気テープMT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を用いて磁気テープMTの垂直方向（厚み方向）に対応する測定サンプル（磁気テープMTの全体）のM-Hループが測定される。次に、上記で切り出した磁気テープMTの塗膜（下地層42、磁性層43およびバック層44等）を、アセトンまたはエタノール等を用いて払拭し、基体41のみを残す。そして、得られた基体41が両面テープで3枚重ね合わされた後、φ6.39mm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を用いて基体41の垂直方向（磁気テープMTの垂直方向）に対応する補正用サンプル（基体41）のM-Hループが測定される。

[0164] 測定サンプル（磁気テープMTの全体）のM-Hループ、補正用サンプル（基体41）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：15kOe、磁界ステップ：40bit、Tim

e constant of Locking amp : 0. 3 s e c、Waiting time : 1 s e c、MH
平均数 : 2 0 とされる。

[0165] 測定サンプル（磁気テープMTの全体）のM-Hループおよび補正用サンプル（基体41）のM-Hループが得られた後、測定サンプル（磁気テープMTの全体）のM-Hループから補正用サンプル（基体41）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。

[0166] 得られたバックグラウンド補正後のM-Hループの飽和磁化量 M_s (e m u) および残留磁化 M_r (e m u) が以下の式に代入されて、角形比 S_1 (%) が計算される。なお、上記のM-Hループの測定はいずれも、 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $50\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ の環境にて行われるものとする。また、M-Hループを磁気テープMT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、「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。

$$\text{角形比 } S_1 (\%) = (M_r / M_s) \times 100$$

次に、3つサンプルの角形比 S_1 を算術平均して、角形比 S_1 の平均値を算出する。

[0167] 磁気テープMTの長手方向（走行方向）における磁性層43の角形比 S_2 の平均値が、好ましくは35%以下、より好ましくは30%以下、さらにより好ましくは25%以下、特に好ましくは20%以下、最も好ましくは15%以下である。角形比 S_2 の平均値が35%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、さらに優れた電磁変換特性を得ることができる。

[0168] 磁気テープMTの長手方向における角形比 S_2 の平均値は、M-Hループを磁気テープMTおよび基体41の長手方向（走行方向）に測定すること以外は角形比 S_1 の平均値と同様にして求められる。

[0169] [磁気テープの長手方向の平均ヤング率]

磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率の上限値は、好ましくは9.0 GPa以下、より好ましくは8.0 GPa以下、さらにより好ましくは7.5 GPa以下、特に好ましくは7.1 GPa以下である。磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率が9.0 GPa以下であると、外力による磁気テープMTの伸縮性がさらに高くなるため、テンション調整による磁気テープMTの幅の調整がさらに容易となる。したがって、オフトラックをさらに適切に抑制することができ、磁気テープMTに記録されたデータをさらに正確に再生することが可能となる。磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率の下限値は、好ましくは3.0 GPa以上、より好ましくは4.0 GPa以上である。磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率の下限値が3.0 GPa以上であると、走行安定性の低下を抑制することができる。

[0170] 磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率は、外力による磁気テープMTの長手方向における伸縮のし難さを示す値であり、この値が大きいほど外力により磁気テープMTは長手方向に伸縮し難く、この値が小さいほど外力により磁気テープMTは長手方向に伸縮しやすい。

[0171] なお、磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率は、磁気テープMTの長手方向に関する値であるが、磁気テープMTの幅方向の伸縮のし難さとも相関がある。つまり、この値が大きいほど磁気テープMTは外力により幅方向に伸縮し難く、この値が小さいほど磁気テープMTは外力により幅方向に伸縮しやすい。したがって、テンション調整の観点から、磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率は、上記のように小さく、9.0 GPa以下であることが有利である。

[0172] 磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率は以下のようにして求められる。まず、カートリッジ10に收容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTを180mmの長さに切り出し3つのサンプルを取得する

。次に、3つのサンプルそれぞれの長手方向のヤング率を測定し、それらの測定値を算術平均することにより、磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率を求める。

[0173] 各サンプルのヤング率は、引っ張り試験機（島津製作所製、AG-100D）を用いて以下のようにして測定される。引っ張り試験機にテープの幅（1 / 2インチ）を固定できる治具を取り付け、テープ幅の上下を固定する。距離（チャック間のテープの長さ）は100mmにする。テープサンプルをチャック後、サンプルを引っ張る方向（サンプル長手方向）に応力を徐々にかけていく。引っ張り速度は0.1mm/minとする。この時の応力の変化と伸び量から、以下の式を用いてヤング率を計算する。

$$[0174] \quad E \text{ (GPa)} = \left((\Delta N / S) / (\Delta x / L) \right) \times 10^{-3}$$

ΔN : 応力の変化 (N)

S : 試験片の断面積 (mm²)

Δx : 伸び量 (mm)

L : つかみ治具間距離 (mm)

[0175] 上記測定サンプルの断面積 S は、引張動作前の断面積であり、測定サンプルの幅（1 / 2インチ）と測定サンプルの厚さとの積で求められる。測定を行う際の引張応力の範囲は、磁気テープMTの厚み等に応じて線形領域の引張応力の範囲を設定する。ここでは、応力の範囲としては0.5Nから1.0Nとし、この時の応力変化（ ΔN ）と伸び量（ Δx ）を計算に使用する。なお、上記のヤング率の測定は、25℃±2℃、50%RH±5%RHにて行われるものとする。

[0176] [基体の長手方向の平均ヤング率]

基体41の長手方向の平均ヤング率は、好ましくは7.8GPa以下、より好ましくは7.0GPa以下、さらにより好ましくは6.6GPa以下、特に好ましくは6.4GPa以下である。基体41の長手方向の平均ヤング率が7.8GPa以下であると、外力による磁気テープMTの伸縮性がさらに高くなるため、テンション調整による磁気テープMTの幅の調整がさらに

容易となる。したがって、オフトラックをさらに適切に抑制することができ、磁気テープMTに記録されたデータをさらに正確に再生することが可能となる。基体41の長手方向の平均ヤング率の下限值は、好ましくは2.5 GPa以上、より好ましくは3.0 GPa以上である。基体41の長手方向の平均ヤング率の下限值が2.5 GPa以上であると、走行安定性の低下を抑制することができる。

[0177] 上記の基体41の長手方向の平均ヤング率は、次のようにして求められる。まず、カートリッジ10に収容された磁気テープMTを巻き出し、磁気テープMTとリーダーテープLTとの接続部21から長手方向に10mから20mの範囲、30mから40mの範囲、50mから60mの範囲それぞれから磁気テープMTを180mmの長さに切り出し、3つのサンプルを作製する。続いて、切り出した各サンプルから下地層42、磁性層43およびバック層44を除去し、基体41を得る。これらの3つのサンプルの基体41を用いて、上記の磁気テープMTの長手方向の平均ヤング率と同様の手順で基体41の長手方向の平均ヤング率を求める。

[0178] 基体41の厚みは、磁気テープMTの全体の厚みの半分以上を占めている。したがって、基体41の長手方向の平均ヤング率は、外力による磁気テープMTの伸縮し難さと相関があり、この値が大きいほど磁気テープMTは外力により幅方向に伸縮し難く、この値が小さいほど磁気テープMTは外力により幅方向に伸縮しやすい。

[0179] なお、基体41の長手方向の平均ヤング率は、磁気テープMTの長手方向に関する値であるが、磁気テープMTの幅方向の伸縮のし難さとも相関がある。つまり、この値が大きいほど磁気テープMTは外力により幅方向に伸縮し難く、この値が小さいほど磁気テープMTは外力により幅方向に伸縮しやすい。したがって、テンション調整の観点から、基体41の長手方向の平均ヤング率は、上記のように小さく、7.8 GPa以下であることが有利である。

[0180] (3) 磁気テープの製造方法

次に、上記の構成を有する磁気テープMTの製造方法の一例について説明する。

[0181] [塗料の調製工程]

まず、非磁性粉および結着剤等を溶剤に混練、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、結着剤、潤滑剤およびカーボン等を溶剤に混練、分散させることにより、磁性層形成用塗料を調製する。磁性層形成用塗料および下地層形成用塗料の調製には、例えば、以下の溶剤、分散装置および混練装置を用いることができる。

[0182] 上記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、シクロヘキサノン等のケトン系溶媒、メタノール、エタノール、プロパノール等のアルコール系溶媒、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、エチレングリコールアセテート等のエステル系溶媒、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、ジオキサン等のエーテル系溶媒、ベンゼン、トルエン、キシレン等の芳香族炭化水素系溶媒、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、クロロベンゼン等のハロゲン化炭化水素系溶媒等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、適宜混合して用いてもよい。

[0183] 上記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、ロールニーダー等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、上記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」等）、ホモジナイザー、超音波分散機等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。

[0184] [塗布工程]

次に、下地層形成用塗料を基体41の一方の主面に塗布して乾燥させるこ

とにより、下地層42を形成する。続いて、この下地層42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43を下地層42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、磁性粉を基体41の厚み方向に磁場配向させてもよい。また、乾燥の際に、例えばソレノイドコイルにより、磁性粉を基体41の走行方向（長手方向）に磁場配向させたのちに、基体41の厚み方向に磁場配向させるようにしてもよい。このように長手方向に磁性粉を一旦配向させる処理を施すことで、磁性粉の垂直配向度（すなわち角形比S1）をさらに向上することができる。磁性層43の形成後、基体41の他方の主面にバック層44を形成する。これにより、磁気テープMTが得られる。

[0185] 角形比S1、S2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、磁性層形成用塗料中における固形分の濃度、磁性層形成用塗料の塗膜の乾燥条件（乾燥温度および乾燥時間）を調整することにより所望の値に設定される。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S1をさらに高めるためには（すなわち角形比S2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S1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S1、S2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。

[0186] [硬化工程]

次に、磁気テープMTをロール状に巻き取ったのち、この状態で磁気テープMTに加熱処理を行うことにより、下地層42および磁性層43を硬化させる。

[0187] [カレンダー工程]

次に、得られた磁気テープMTにカレンダー処理を行い、磁性層43の表面を平滑化する。

[0188] [裁断工程]

次に、磁気テープMTを所定の幅（例えば1 / 2インチ幅）に裁断する。
以上により、磁気テープMTが得られる。

[0189] [消磁工程およびサーボパターンの書き込み工程]

次に、必用に応じて、磁気テープMTの消磁を行ったのち、磁気テープMTの磁性層43に磁気テープMT幅方向に隣接する複数のサーボパターンを書き込んでもよい。なお、磁気テープMTを走行させ、サーボライトヘッドの複数の記録部の温度を個別に整理し、前記複数の記録部によって磁性層43に複数のサーボパターンを書き込んでもよい。

[0190] (4) テープドライブ装置の構成

図10は、テープドライブ装置30を示す図である。テープドライブ装置30は、磁気テープMTにデータを記録し、又は、磁気テープMTに記録されたデータを再生することが可能なデータ記録／再生装置である。

[0191] 図10に示すように、テープドライブ装置30は、カートリッジ10を装填可能に構成されている。テープドライブ装置30は、1つのカートリッジ10を装填可能に構成されるが、複数のカートリッジ10を同時に装填可能に構成されてもよい。

[0192] テープドライブ装置30は、スピンドル31と、巻取りリール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、ドライブヘッド36と、リーダライタ37と、制御装置38とを備える。テープドライブ装置30は、温度計39、湿度計40などをさらに備えてもよい。

[0193] スピンドル31は、カートリッジ10の下シェル11bに形成された開口部14を介してテープリール13のチャッキングギヤに係合するヘッド部を有する。スピンドル31は、リールスプリング16の付勢力に抗してテープリール13を所定距離上昇させ、リールロック部材17によるリールロック機能を解除する。これによりテープリール13は、スピンドル31によりカートリッジケース11の内部において回転可能に支持される。

- [0194] スピンドル駆動装置 33 は、制御装置 38 からの指令に応じて、スピンドル 31 を回転させる。巻取りリール 32 は、テープローディング機構（不図示）を介してカートリッジ 10 から引き出された磁気テープ MT の先端（リーダーピン 22）を固定可能に構成される。
- [0195] 複数のガイドローラ 35 は、カートリッジ 10 と巻取りリール 32 との間に形成されるテープパスがドライブヘッド 36 に対して所定の相対位置関係となるように磁気テープ MT の走行をガイドする。リール駆動装置 34 は、制御装置 38 からの指令に応じて、巻取りリール 32 を回転させる。
- [0196] 磁気テープ MT に対してデータの記録／再生が行われるとき、スピンドル駆動装置 33 及びリール駆動装置 34 により、スピンドル 31 及び巻取りリール 32 が回転し、磁気テープ MT が走行する。磁気テープ MT の走行方向は、図 10 において矢印 A1 で示す順方向（テープリール 13 側から巻取りリール 32 側へ巻き出す方向）、及び、矢印 A2 で示す逆方向（巻取りリール 32 側からテープリール 13 側へ巻き戻す方向）での往復が可能とされている。
- [0197] なお、本実施形態では、スピンドル駆動装置 33 によるスピンドル 31 の回転、及びリール駆動装置 34 による巻取りリール 32 の回転の制御により、データ記録／再生時における磁気テープ MT の長手方向（X 軸方向）でのテンションが調整可能とされる。磁気テープ MT のテンションの調整は、スピンドル 31、巻取りリール 32 の回転の制御に代えて（あるいは、この制御に加えて）、ガイドローラ 35 の移動の制御、ダンサーローラを含むテンション制御ユニット等により行われてもよい。
- [0198] 磁気テープ MT の走行時のテンションは、典型的には、後述するサーボパターン記録装置 100 によって磁気テープ MT へサーボパターン 6 を記録したときのテンションと同じ値（以下、基準テンションともいう）に設定される。また、テープドライブ装置 30 がテンション調整可能に構成されることで、磁気テープ MT の内部歪や経時変化に起因する磁気テープ MT の幅寸法の変化にも対応可能となる。具体的には、磁気テープ MT の幅寸法が広がる

方向に変化した場合にはテンションを基準テンションよりも高く調整し、サーボバンドピッチが狭まる方向に変化した場合にはテンションを基準テンションよりも低く調整する。サーボパターン記録時の基準テンションや基準テンション時における磁気テープMTの幅寸法等に関する情報は、カートリッジメモリ9に格納される。

[0199] リーダライタ37は、制御装置38からの指令に応じて、カートリッジメモリ9に対して管理情報を記録することが可能に構成されている。また、リーダライタ37は、制御装置38からの指令に応じて、カートリッジメモリ9から管理情報を読み出すことが可能に構成されている。管理情報としては、テープカートリッジ10及び磁気テープMTの製品情報、使用履歴情報、磁気テープMTに記録されている情報の概要などが挙げられる。製品情報には、製造情報、磁気テープMTの記録トラック5の数、ID等の固有情報が含まれる。使用履歴情報としては、アクセス日時、アドレス情報、リーダライタ37との通信履歴、テープドライブ装置30に対するローディング／アンローディング時の異常の有無等が含まれる。リーダライタ37とカートリッジメモリ9との間の通信方式としては、例えば、ISO14443方式が採用される。

[0200] 制御装置38は、例えば、制御部、記憶部、通信部などを含む。制御部は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 等により構成されており、記憶部に記憶されたプログラムに従い、テープドライブ装置30の各部を統括的に制御する。

[0201] 記憶部は、各種のデータや各種のプログラムが記録される不揮発性のメモリと、制御部の作業領域として用いられる揮発性のメモリとを含む。上記各種のプログラムは、光ディスク、半導体メモリ等の可搬性の記録媒体から読み取られてもよいし、ネットワーク上のサーバ装置からダウンロードされてもよい。記憶部は、リーダライタ37から読み出されたカートリッジメモリ9の情報、温度計39及び湿度計40の出力等を一時的に又は非一時的に記憶する。通信部は、PC (Personal Computer)、サーバ装置等の他の装置と

の間で互いに通信可能に構成されている。

[0202] ドライブヘッド36は、制御装置38からの指令に応じて、磁気テープMTに対してデータを記録することが可能に構成されている。また、ドライブヘッド36は、制御装置38からの指令に応じて、磁気テープMTに書き込まれたデータを再生することが可能に構成されている。

[0203] ドライブヘッド36は、例えば、2つのサーボリードヘッド、複数のデータライト／リードヘッド等を有するヘッドユニットで構成される。図11は、ドライブヘッド36を下側（テープ走行面）から見た概略図である。

[0204] 図11に示すように、ドライブヘッド36は、第1のドライブヘッド部36aと、第2のドライブヘッド部36bとを含む。第1のドライブヘッド部36a及び第2のドライブヘッド部36bは、X'軸方向（磁気テープMTの走行方向（図3においてX軸方向））で対称に構成されている。第1のドライブヘッド部36a及び第2のドライブヘッド部36bは、Y'軸方向（磁気テープMTの幅方向（図3においてY軸方向））に移動可能に構成されている。

[0205] 第1のドライブヘッド部36aは、磁気テープMTが順方向（図10においてA1方向）に走行しているときに使用されるドライブヘッドである。一方、第2のドライブヘッド部36bは、磁気テープMTが逆方向（図10においてA2方向）に走行しているときに使用されるドライブヘッドである。第1のドライブヘッド部36a及び第2のドライブヘッド部36bは、基本的に同様の構成であるため、第1のドライブヘッド部36aについて代表的に説明する。

[0206] 第1のドライブヘッド部36aは、ヘッド本体131と、2つのサーボリードヘッド132と、複数のデータライト／リードヘッド133とを有する。

[0207] サーボリードヘッド132は、磁気テープMTのサーボバンドsに記録された磁気的情報から発生する磁束をMR素子（MR：Magneto Resistive effect）などにより読み取ることで、サーボ信号を再生可能に構成されている。

つまり、サーボリードヘッド132により、サーボバンドs上に記録されたサーボパターン6が読み取られることで、サーボ信号が再生される。

[0208] サーボリードヘッド132は、ヘッド本体131における幅方向（図11においてY'軸方向）の両端側にそれぞれ1つずつ設けられる。MR素子としては、異方性磁気抵抗効果素子（AMR：Anisotropic Magneto Resistive effect）、巨大磁気抵抗効果素子（GMR：Giant Magneto Resistive effect）、トンネル磁気抵抗効果素子（TMR：Tunnel Magneto Resistive effect）などを含む。2つのサーボリードヘッド132の幅方向（Y'軸方向）における間隔であるサーボリードヘッドピッチP1は、磁気テープMTにおける隣接する2つのサーボバンドs間の距離（サーボバンドピッチ）の規格値の中心値（2858.8 μ m）に設定される。

[0209] データライト／リードヘッド133は、幅方向（Y'軸方向）に沿って、等間隔に配置されている。また、データライト／リードヘッド133は、2つのサーボリードヘッド132に挟み込まれる位置に配置されている。データライト／リードヘッド133の数は、例えば、20個～40個程度とされるが、この個数については特に限定されず、本実施形態では、32個（32チャンネル）である。

[0210] データライト／リードヘッド133は、データライトヘッド134と、データリードヘッド135とを含む。データライトヘッド134は、磁気ギャップから発生する磁界によって、磁気テープMTのデータバンドdに対してデータ信号を記録することが可能に構成されている。また、データリードヘッド135は、磁気テープMTのデータバンドdに記録された磁気的情報から発生する磁界をMR素子などにより読み取ることで、データ信号を再生可能に構成されている。MR素子としては、異方性磁気抵抗効果素子（AMR）、巨大磁気抵抗効果素子（GMR）、トンネル磁気抵抗効果素子（TMR）などを含む。

[0211] 第1のドライブヘッド部36aにおいては、データライトヘッド134が、データリードヘッド135の左側（磁気テープ1が順方向に流れる場合の

上流側)に配置される。一方、第2のドライブヘッド部36bにおいては、データライトヘッド134が、データリードヘッド135の右側(磁気テープMTが逆方向に流れる場合の上流側)に配置される。なお、データリードヘッド135は、データライトヘッド134が磁気テープMTにデータ信号を書き込んだ直後に、このデータ信号を再生可能とされている。なお上記に代えて、第1のドライブヘッド部36aのデータライトヘッド134で書き込まれたデータ信号が、第2のドライブヘッド部36bのデータリードヘッド135で再生されてもよい。

[0212] 図12は、第1のドライブヘッド部36aがデータ信号の記録/再生を行っているときの様子を示す図である。なお、図12に示す例では、磁気テープMTが順方向(A1方向)に走行しているときの様子が示されている。

[0213] 図12に示すように、第1のドライブヘッド部36aがデータ信号の記録/再生を行うとき、2つのサーボリードヘッド132のうち一方のサーボリードヘッド132は、隣接する2つのサーボバンドsのうち一方のサーボバンドs上に位置し、このサーボバンドs上のサーボパターン6を読み取る。また、2つのサーボリードヘッド132のうち他方のサーボリードヘッド132は、隣接する2つのサーボバンドsのうち他方のサーボバンドs上に位置し、このサーボバンドs上のサーボパターン6を読み取る。

[0214] 制御装置38は、サーボパターン6の再生波形に基づいて、サーボリードヘッド132が、目的とするサーボトレースラインT(図5参照)上を正確にトレースしているかどうかを判定する。

[0215] この原理について説明する。図5に示すように、サーボパターン6における第1のストライプ群61と、第2のストライプ群62とでは、幅方向(Y軸方向)に対して傾斜する方向が逆となっている。このため、上側のサーボトレースラインTでは、第1のストライプ群61と第2のストライプ群62との間の長手方向(X軸方向)での距離は、相対的に狭くなっている。一方、下側のサーボトレースラインT上では、第1のストライプ群61と、第2のストライプ群62との間の長手方向(X軸方向)での距離は、相対的に広

くなっている。このため、第1のストライプ群61の再生波形が検出された時刻と、第2のストライプ群62の再生波形が検出された時刻との差を求めれば、サーボリードヘッド132が磁気テープMTに対して幅方向（Y軸方向）で、現在どの位置に位置するかが分かる。

[0216] 従って、制御装置38は、サーボパターン6の再生波形に基づいて、目的とするサーボトレースラインT上をサーボリードヘッド132が正確にトレースしているかどうかを判定することができる。そして、制御装置38は、目的とするサーボトレースラインT上をサーボリードヘッド132が正確にトレースしていない場合には、ドライブヘッド36を幅方向（Y'軸方向）に移動させて、ドライブヘッド36の位置あるいはトラッキングを調整する。なお、サーボリードヘッド132がトレースするサーボトレースラインTの測定方法については後述する（図16，17参照）。

[0217] 図12に戻り、データライト／リードヘッド133は、磁気テープMTの走行時に磁気テープMTが幅方向に変動した場合、サーボトレースラインTに沿うように位置を調整し、記録トラック5内にデータ信号を記録する。

[0218] 磁気テープMTがテープカートリッジ10から全て引き出されると、今度は、逆方向（A2方向）に磁気テープMTが走行される。このとき、ドライブヘッド36として、第2のドライブヘッド部36bが使用される。サーボトレースラインTは、先ほどのサーボトレースラインTに隣接するサーボトレースラインTが使用される。この場合、ドライブヘッド36は、幅方向（Y'軸方向）において、サーボトレースラインTの間隔Ps分（＝記録トラック幅Wd分）、移動される。この場合、先ほどデータ信号が記録された記録トラック5に隣接する記録トラック5に対して、第2のドライブヘッド部36bのデータライトヘッド134によってデータ信号が記録される。

[0219] このように、磁気テープMTは、順方向及び逆方向に走行方向が変えられて何往復もされながら、記録トラック5に対してデータ信号が記録される。例えば、サーボトレースラインTの本数が、100本であり、第1のドライブヘッド部36a（あるいは、第2のドライブヘッド部36b）に含まれる

データライト／リードヘッド133の数が32個の場合を想定する。この場合、1本のデータバンドdに含まれる記録トラック5の本数は、 100×32 で3200本であり、この記録トラック5すべてにデータ信号を記録するためには、磁気テープMTを50往復させることになる。

[0220] [サーボパターン]

続いて、サーボパターン6の詳細について説明する。サーボパターン6は、「ECMA-319規格」に準拠したデータ構造を有する。図13(A)はサーボパターン6の配置例を示す概略平面図、図13(B)はその再生波形を示す図である。

[0221] タイミングベースサーボ方式のヘッドトラッキングサーボでは、サーボパターンは、2種以上の異なる形状の複数の方位角傾斜 (azimuthal slope) パターンを含む。異種の形状の2つの傾斜パターンを読み取った時間間隔と、同種の形状の2つの傾斜パターンを読み取った時間間隔とにより、サーボリードヘッド132の位置を認識する。こうして認識されたサーボリードヘッド132の位置に基づき、磁気テープMTの幅方向 (Y軸方向) におけるドライブヘッド36の位置が制御される (図11, 12参照)。

[0222] 図13(A)に示すように、サーボパターン6は、第1サーボサブフレームSSF1と、第2サーボサブフレームSSF2とを有するサーボフレームSFを形成する。サーボフレームSFは、テープ長手方向に沿って所定の間隔をおいて磁気テープMTの長手方向に配列される。各サーボフレームSFは、「1」又は「0」の一つのビットを符号化する。つまり、1つのサーボフレームSFは、1ビットに相当する。

[0223] 第1サーボサブフレームSSF1は、Aバースト6aとBバースト6bとにより構成される。Aバースト6aは、テープ長手方向に対して第1の方向に傾斜した5本の直線パターン (図5における第1のストライプ群61に相当) からなり、Bバースト6bは、テープ長手方向に上記第1の方向とは逆の第2の方向に傾斜した5本の直線パターン (図5における第2のストライプ群62に相当) からなる。

- [0224] 一方、第2サーボサブフレームSSF2は、Cバースト6cとDバースト6dとにより構成される。Cバースト6cは、上記第1の方向に傾斜した4本の直線パターン（図5における第1のストライプ群61に相当）からなり、Dバースト6dは、上記第2の方向に傾斜した4本の直線パターン（図5における第2のストライプ群62に相当）からなる。
- [0225] サーボフレームSF及び各サーボサブフレームSSF1、SSF2の長さ、各バースト6a～6dを傾斜する傾斜部の配列間隔等は、磁気テープの種類や仕様等に応じて任意に設定可能である。
- [0226] サーボパターン6の再生波形は、典型的には図13（B）に示すようなバースト波形を示し、信号S6aはAバースト6aに、信号S6bはBバースト6bに、信号S6cはCバースト6cに、そして、信号S6dはDバースト6dに、それぞれ相当する。
- [0227] タイミングベースサーボ方式のヘッドトラッキングサーボでは、一のデータバンドに隣接する2つのサーボバンド上のサーボパターン6を読み取ることで、位置誤差信号（PES：Position Error Signal）を生成し、当該データバンド内の記録トラックに対する記録再生ヘッドを適切に位置決めする。典型的には、所定速度で走行する磁気テープMTからサーボパターン6を読み取り、互いに同種形状の傾斜パターンの配列体であるAバースト6aとCバースト6cとの間の距離（時間間隔）ACと、互いに異種形状の傾斜パターンの配列体であるAバースト6aとBバースト6bとの間の距離（時間間隔）ABとの比（あるいは、Cバースト6cとAバースト6aとの距離CAと、Cバースト6cとDバースト6dとの距離CDとの比）を算出し、その値が記録トラックごとに定められた設定値となるようにドライブヘッド36をテープ幅方向（Y'軸方向）に移動させる（図12参照）。
- [0228] [データバンドの特定]
- 各サーボバンドs（s0～s4）には、各データバンドについて異なる組み合わせのサーボバンド識別情報が書き込まれる。例えば、データバンドd0に隣接する2つのサーボバンドs2、s3から得られるサーボバンド識別

情報の組み合わせは、データバンドd 1に隣接するサーボバンドs 1, s 2から得られるサーボバンド識別情報の組み合わせと、データバンドd 2に隣接するサーボバンドs 3, s 4から得られるサーボバンド識別情報の組み合わせと、データバンドd 3に隣接する2つのサーボバンドs 0, s 1から得られるサーボバンド識別情報の組み合わせと、それぞれ異なる。このように、一のデータバンドに隣接する2つのサーボバンドから得られるサーボバンド識別情報を、他のデータバンドに隣接する2つのサーボバンドから得られるサーボバンド識別情報と異ならせることにより、個々のデータバンドの特定が可能となる。

[0229] 本実施形態においては、記録再生すべきデータバンドd 0～d 4を特定するために、2種類のサーボバンドが用いられる。上述のように、サーボバンドには、サーボバンド識別情報が埋め込まれる。サーボバンド識別情報は、複数ビットの情報であり、典型的には、4ビットであるが、8ビットであってもよいし、4ビット及び8ビット以外の他の複数ビットであってもよい。

[0230] 本実施形態において、上記2種類のサーボバンドは、第1のサーボバンド識別情報が記録される第1のサーボバンドと、第2のサーボバンド識別情報が記録される第2のサーボバンドとを有する。第1のサーボバンド識別情報は、4ビットの情報（例えば「1001」）であり、第2のサーボバンド識別情報は、第1のサーボバンド識別情報とは異なる4ビットの情報（例えば「0111」）である。

[0231] 第1及び第2のサーボバンド識別情報を構成する符号「0」、「1」の組み合わせは、サーボパターン6の再生波形から識別される。つまり、サーボパターン6の再生波形は、符号「0」、「1」の変調波に相当し、当該再生波形を復調し、且つ、例えば4ビット組み合わせることで、第1及び第2のサーボバンド識別情報が読み出される。以下、第1及び第2のサーボバンド識別情報について、図14及び図15を参照して説明する。

[0232] 図14(A), (B)は、第1のサーボバンド識別情報が埋め込まれるサ

ーボパターン（以下、第1のサーボパターン601ともいう）及び第2のサーボバンド識別情報が埋め込まれるサーボパターン（以下、第2のサーボパターン602ともいう）の構成例を示す概略図である。同図に示すように、第1のサーボパターン601及び第2のサーボパターン602はいずれも、一方の符号（例えば「1」）を表すサーボフレームSF1と、他方の符号（例えば「0」）を表すサーボフレームSF0とを含む2種のサーボフレームSFの組み合わせからなる。各サーボフレームSF1, SF0は、第1サーボサブフレームSSF1及び第2サーボサブフレームSSF2からなるサーボフレームSFを構成単位とする点で共通するが、第1サーボサブフレームSSF1（Aバースト6a及びBバースト6b）が相互に異なる。

[0233] 図14（A）に示すように、符号「1」を表すサーボフレームSF1においては、Aバースト6a及びBバースト6bをそれぞれ構成する5本の傾斜パターンを図中左側から順に第1傾斜部、第2傾斜部、第3傾斜部、第4傾斜部及び第5傾斜部としたとき、第2、第4傾斜部がそれぞれ第1、第5傾斜部側に偏った位置に配置される。これに対して、図14（B）に示すように、符号「0」を表すサーボフレームSF0においては、Aバースト6a及びBバースト6bを構成する傾斜パターンの一部の配列間隔がサーボフレームSF1と異なっている。図示の例では、Aバースト6a及びBバースト6bをそれぞれ構成する5本の傾斜パターンは、第2、第4傾斜部がそれぞれ第3傾斜部側に偏った位置に配置される。このため、サーボフレームSF0におけるAバースト6a及びBバースト6bについては、第2傾斜部と第3傾斜部、並びに第3傾斜部と第4傾斜部との間隔が最も小さく、第1傾斜部と第2傾斜部、並びに第4傾斜部と第5傾斜部との間隔が最も大きくなっている。

[0234] 図15（A）,（B）は、第1のサーボパターン601及び第2のサーボパターン602の再生波形SP1, SP2をそれぞれ示している。各サーボフレームSF1, SF0の再生波形は、各バースト部6a~6d各々の傾斜部に対応する位置にピークを有するバースト信号で構成される。上述のよう

に、サーボフレームSF0については、Aバースト6a及びBバースト6bの構成がサーボフレームSF1のAバースト6a及びBバースト6bと異なるため、その異なる傾斜部の間隔に対応してバースト信号S6a及びS6bのピーク位置にずれが生じる。したがって、このピーク位置のずれが生じている部位とそのずれ量、ずれ方向を検出することにより、サーボフレームSFに書き込まれた情報の読み出しが可能となる。ここでは例えば、図15(A)に示すサーボフレームSF1が1つのビット「1」を表し、図15(B)に示すサーボフレームSF0が他の1つのビット「0」を表す。これら2つのサーボフレームSF1, SF0を任意に例えば4ビット組み合わせることで、第1及び第2のサーボバンド識別情報を構成することができる。

[0235] [サーボバンドピッチの測定方法]

続いて、磁気テープMTのサーボバンドピッチの測定方法について説明する。ここで、サーボバンドピッチとは、1つのデータバンド（例えば、データバンドd0）に隣接する2つのサーボバンド（サーボバンドs2、s3）間の距離を示す指標である。より詳細には、サーボバンドピッチとは、上記2つのサーボバンドのうち一方のサーボバンドに記録されたサーボパターンの中心と他方のサーボバンドに記録されたサーボパターンの中心との間の距離をいう。また以下の説明では、サーボバンドピッチを、サーボリードヘッドピッチP1（図11参照）との差分という意味で用いる場合もある。本実施形態においては、複数のサーボバンドにおいて隣接する2つのサーボバンドピッチの磁気テープMT全長にわたる差の平均値が100nm以下であり、好ましくは95nm以下であり、より好ましくは90nm以下であり、さらに好ましくは85nm以下である。

[0236] サーボバンドピッチは、テープドライブ装置30により測定される。ここでは図16に示すように、サーボバンドs2とサーボバンドs3との間に挟まれたデータバンドd0をドライブヘッド36がトラッキングする例について説明する。

[0237] テープドライブ装置30を用いたサーボバンドピッチの測定方法は、上述

のように、テープドライブ装置30によって磁気テープMTを走行させ、2つのサーボリードヘッド132の各サーボバンド上でのサーボトレースラインTをそれぞれ測定し、測定した各サーボトレースラインTのサーボパターン6に対する相対位置からサーボバンドピッチを測定する。

[0238] 図16において実線で示すサーボトレースラインTの間隔は、磁気テープMTの幅が変化していないときのサーボバンドピッチ（ドライブヘッド36の2つのサーボリードヘッド132の配置間隔であるサーボリードヘッドピッチP1）を示している。また、図16において破線で示すサーボトレースラインTの間隔は、磁気テープMTの幅が広がったときのサーボバンドピッチ（P2）に相当する。

[0239] 図17は、サーボトレースラインTの測定方法を説明する図である。テープドライブ装置30は、サーボパターン6に対するサーボトレースラインTの位置に応じた波形のサーボ再生信号を出力する（図15参照）。典型的には、互いに同種形状の傾斜パターンの配列体であるAバーストおよびCバースト間の距離ACと、互いに異種形状の傾斜パターンの配列体であるAバーストおよびBバースト間の距離ABとを算出し、下記[数4]式で各サーボリードヘッド132のサーボトレースラインTの位置を測定する。なお、 θ は、図5における角度 α に相当する上記各傾斜パターンのアジマス角であり、本例では、 12° とする。

[0240] [数4]

$$\frac{\sum AB \text{ Time}}{\sum AC \text{ Time}} \times AC[\mu\text{m}] \times \frac{1}{2 \tan \theta}$$

[0241] ここで、距離ACは、AバーストおよびCバーストの第1傾斜部同士の間隔の距離AC1でもよいし、それらの第2傾斜部同士の間隔の距離AC2でもよいし、それらの第3傾斜部同士の間隔の距離AC3でもよいし、それらの第4傾斜部同士の間隔の距離AC4でもよい。これらの距離AC（AC1～AC4

)は、サーボ再生波形における振幅の正の最大値を示す位置(上ピーク位置)間の距離をいう。

[0242] 距離ABについても同様に、AバーストおよびBバーストの第1傾斜部同士の間距離AB1でもよいし、それらの第2傾斜部同士の間距離AB2でもよいし、それらの第3傾斜部同士の間距離AB3でもよいし、それらの第4傾斜部同士の間距離AB4でもよい。典型的には、距離AC1が採用される場合は距離AB1が採用され、距離AC2が採用される場合は距離AB2が採用され、距離AC3が採用される場合は距離AB3が採用され、距離AC4が採用される場合は距離AB4が採用される。

[0243] そして、上記[数4]式を用いて算出された、距離ABおよび距離ACの割合から求められるサーボパターン上の各サーボトレースラインTの位置を表す数値の差分から、サーボバンドピッチを求める。ここでは、測定する2つのサーボバンドのうち、テープエッジ側のサーボバンド(サーボバンドs3)の測定値からの、テープ中央側のサーボバンド(サーボバンドs2)の測定値の差分をとる。その値の正負は、テープ幅の変化の方向を意味し、正の場合はサーボバンドピッチが狭まったことに相当し、負の場合はサーボバンドピッチが広がったことに相当する。上記差分がゼロの場合は、テープ幅の変動が無いことを意味する。

[0244] サーボバンドピッチは、多数のサーボフレームの差分から求めることが好ましく、例えば、100~100000個のサーボフレームの差分から計算される測定値の平均値であってもよい。測定時におけるテープテンションは、サーボパターン6の記録時のテンション(基準テンション、例えば、0.55N)とし、磁気テープMTの全長にわたって一定のテンションで測定を行う。

[0245] なお、サーボトレースラインTの測定方法は上記の例に限られず、例えば、CバーストおよびAバースト間の距離CAと、CバーストおよびDバースト間の距離CDとを算出し、下記[数5]式でサーボトレースラインTの位置を測定してもよい。

[0246] [数5]

$$\frac{\sum CD \text{ Time}}{\sum CA \text{ Time}} \times CA[\mu\text{m}] \times \frac{1}{2 \tan \theta}$$

[0247] ここで、距離CAは、CバーストおよびAバーストの第1傾斜部同士の間の距離CA1でもよいし、それらの第2傾斜部同士の間の距離CA2でもよいし、それらの第3傾斜部同士の間の距離CA3でもよいし、それらの第4傾斜部同士の間の距離CA4でもよい。これらの距離CA（CA1～CA4）は、サーボ再生波形における振幅の正の最大値を示す位置間の距離をいう。

[0248] 距離CDについても同様に、CバーストおよびDバーストの第1傾斜部同士の間の距離CD1でもよいし、それらの第2傾斜部同士の間の距離CD2でもよいし、それらの第3傾斜部同士の間の距離CD3でもよいし、それらの第4傾斜部同士の間の距離CD4でもよい。典型的には、距離CA1が採用される場合は距離CD1が採用され、距離CA2が採用される場合は距離CD2が採用され、距離CA3が採用される場合は距離CD3が採用され、距離CA4が採用される場合は距離CD4が採用される。

[0249] さらに、サーボバンドピッチの測定には、[数4]式を用いた測定値と[数5]式を用いた測定値との平均値が用いられてもよい。さらに、[数4]式における距離AC、ABおよび[数5]式における距離CA、CDとして、サーボ再生波形における振幅の負の最大値を示す位置（下ピーク位置）間の距離が採用されてもよい。あるいは、[数4]式における距離AC、ABおよび[数5]式における距離CA、CDとして、サーボ再生波形における振幅の正の最大値を示す位置（上ピーク位置）間の距離と負の最大値を示す位置（下ピーク位置）間の距離との平均値が採用されてもよい。

[0250] 図16に示すように、サーボトレースラインTが破線で示す位置にある場

合、サーボバンドs 2においては距離ABが38.5 μm、距離ACが76 μm、サーボバンドs 3においては距離ABが37.5 μm、距離ACが76 μmであるとする。

サーボバンドs 2においては、

$$(38.5 / 76) \times (76 / 2 \tan 12^\circ) = 90.5641 \text{ } [\mu\text{m}]$$

サーボバンドs 3においては、

$$(37.5 / 76) \times (76 / 2 \tan 12^\circ) = 88.2118 \text{ } [\mu\text{m}]$$

となる。これらの値の差分は、

$$88.2118 - 90.5641 = -2.3523 \text{ } [\mu\text{m}]$$

となる。

したがって、この場合におけるサーボバンドピッチP 2は、サーボリードヘッドピッチP 1より、2.3523 μmだけ広い値として求められる。

[0251] なお、図16に示すように、サーボトレースラインTが実線で示す位置にある場合、サーボバンドs 2およびサーボバンドs 3のいずれにおいても距離ABが38 μm、距離ACが76 μmとなる。この場合、サーボバンドs 2およびサーボバンドs 3のいずれにおいても89.3880 [μm]であり、それらの差分は0 [μm]となる。つまり、この場合のサーボバンドピッチは、サーボリードヘッドピッチP 1と同一を意味する。

[0252] [テンション制御]

テープドライブ装置30は、上述のようにして測定されたサーボパターンピッチに基づき、測定されたサーボパターンピッチがサーボリードヘッドピッチP 1と同一となるように磁気テープMTのテンションを制御する。

[0253] 本実施形態では、磁気テープMTへのデータの記録あるいは磁気テープMTからのデータの再生に先立って、データを記録あるいは再生する1つのデータバンドを挟む2つのサーボバンドからサーボ信号を読み取り、読み取った各サーボ信号からこれら2つのサーボバンドピッチがサーボリードヘッドピッチP 1よりも広いか狭いかを判定する。サーボバンドピッチがサーボリー

ドヘッドピッチ P_1 よりも広い場合にはテンションを高くし、サーボバンドピッチがサーボリードヘッドピッチ P_1 よりも狭い場合にはテンションを低くする。このようにサーボバンドピッチの大きさに応じてテンションの大きさを調整することで、当該データバンドについて所望とするトラッキング制御を安定に行うことができる。

[0254] テープドライブ装置30は、1つのデータバンドについてのサーボバンドピッチとテンションとの関係を1往復のテープ走行により取得し、その取得データをカートリッジメモリ9へ記録する。テープドライブ装置30は、上記1つのデータバンドについて測定したサーボバンドピッチとテンションとの関係を、他のデータバンドに対するデータの記録再生時にも同様に適用する。

[0255] [ヘッドアジマス角制御]

また、テープドライブ装置30において、ドライブヘッド36の長手方向（ Y' 軸方向）が、磁気テープMTの幅方向（ Y 軸方向）に対して、所定の角度 θ （アジマス角 θ ）傾斜して配置されていてもよい。ドライブヘッド36のアジマス角 θ を調整することで、磁気テープMTの幅の変動に対応する。典型的には、磁気テープMTの幅が相対的に広くなったとき、ドライブヘッド36のアジマス角 θ は小さくされ、逆に、磁気テープMTの幅が相対的に狭くなったとき、ドライブヘッド36のアジマス角 θ は大きくされる。制御装置38は、幅測定部（図示しない）から磁気テープMTの幅の情報を取得し（あるいは、サーボ信号から磁気テープMTの幅を予測し）、磁気テープMTの幅の情報に基づいて、角度調整部（図示しない）によりドライブヘッド36のアジマス角 θ を調整する。

[0256] (5) サーボパターン記録装置の構成

続いて、磁気テープMTのサーボバンドsにサーボパターン6を記録するサーボパターン記録装置の構成について説明する。図18は、本技術の一実施形態に係るサーボパターン記録装置100を示す概略正面図である。図19は、サーボパターン記録装置100の一部を示す部分拡大図である。

- [0257] サーボパターン記録装置100は、磁気テープMTの搬送方向の上流側から順番に、送り出しローラ111、前処理部112、サーボライトヘッド113、再生ヘッド部114及び巻き取りローラ115を備えている。サーボパターン記録装置100はさらに、駆動部120及びコントローラ130を備えている。コントローラ130は、サーボパターン記録装置100の各部を統括的に制御する制御部や、制御部の処理に必要な各種のプログラムやデータが記憶された記憶部、データを表示させる表示部、データを入力する入力部などを有する。
- [0258] 送り出しローラ111は、ロール状の磁気テープMT（サーボパターン6記録前）を回転可能に支持することが可能とされている。送り出しローラ111は、モータなどの駆動源の駆動に応じて回転され、回転に応じて磁気テープMTを下流側に向けて送り出す。
- [0259] 巻き取りローラ115は、ロール状の磁気テープMT（サーボパターン6記録後）を回転可能に支持することが可能とされている。巻き取りローラ115は、モータなどの駆動源の駆動に応じて送り出しローラ111と同調して回転し、サーボパターン6が記録された磁気テープMTを回転に応じて巻き取っていく。送り出しローラ111及び巻き取りローラ115は、搬送経路上において磁気テープMTを一定の速度で移動させることが可能とされている。
- [0260] サーボライトヘッド113は、例えば、磁気テープMTの上方側（磁性層43側）に配置される。サーボライトヘッド113は、磁気テープMTの下側（基材41側）に配置されてもよい。サーボライトヘッド113は、矩形波のパルス信号に応じて所定のタイミングで磁界を発生し、磁気テープMTが有する磁性層43（前処理後）の一部に対して磁場を印加する。
- [0261] これにより、サーボライトヘッド113は、第1の方向に磁性層43の一部を磁化させて磁性層43にサーボパターン6を記録する（磁化方向は図19中、黒の矢印参照）。サーボライトヘッド113は、サーボライトヘッド113の下側を磁性層43が通過するとき、5つのサーボバンドs0～s

4に対してそれぞれサーボパターン6を記録することが可能とされている。

[0262] サーボパターン6の磁化方向である第1の方向は、磁性層43の上面に垂直な垂直方向の成分を含む。すなわち、本実施形態では、垂直配向若しくは無配向の磁性粉が磁性層43に含まれるので、磁性層43に記録されるサーボパターン6は、垂直方向の磁化成分を含む。

[0263] 前処理部112は、例えば、サーボライトヘッド113よりも上流側において、磁気テープMTの下側（基材41側）に配置される。前処理部112は、磁気テープMTの上側（磁性層43側）に配置されてもよい。前処理部112は、図15においてY'軸方向（磁気テープMTの幅方向）を回転の中心軸として回転可能な永久磁石112aを含む。永久磁石112aの形状は、例えば、円柱形状や、多角柱形状とされるが、これらに限られない。

[0264] 永久磁石112aは、サーボライトヘッド113によってサーボパターン6が記録される前に、直流磁界によって磁性層43の全体に対して磁場を印加して、磁性層43全体を消磁する。これにより、永久磁石112aは、サーボパターン6の磁化方向とは反対方向の第2の方向に予め磁性層43を磁化させることができる（図19中、白の矢印参照）。このように、2つの磁化方向をそれぞれ反対方向にさせることで、サーボパターン6を読み取ることで得られるサーボ信号の再生波形を上下方向（±）で対称とすることができる。

[0265] なお、上記第2の方向の調整方法としては、例えば、永久磁石112aの回転角度を任意とし、磁性層43全体を消磁後に、磁性層43にサーボパターン6を記録し、その再生波形の傾きに基づいて、磁気テープMTの幅方向を中心とする永久磁石112aの回転角度を調整するようにしてもよい。

[0266] 再生ヘッド部114は、サーボライトヘッド113よりも下流側において、磁気テープMTの上側（磁性層43側）に配置される。再生ヘッド部114は、前処理部112によって前処理され、かつ、サーボライトヘッド113によってサーボパターン6が記録された磁気テープMTの磁性層43から上記サーボパターン6を読み取る。再生ヘッド部114によって読み取られ

たサーボパターン6の再生波形は、表示部の画面上に表示される。典型的には、再生ヘッド部114は、再生ヘッド部114の下側を磁性層43が通過するときに、サーボバンドsの表面から発生する磁束を検出する。このとき検出された磁束がサーボ信号としてのサーボパターン6の再生波形となる。

[0267] 図20は、サーボライトヘッド113の構成を概略的に示す斜視図、図21は、サーボライトヘッド113の要部の概略断面図、図22は、サーボライトヘッド113の要部の概略平面図である。

[0268] 図20および図21に示すように、サーボライトヘッド113は、磁気テープMTの各サーボバンドs0～s4にサーボパターン6を記録するための複数の磁性コアh0～h4と、各磁性コアh0～h4の間を接合する接着層hsとを有する。

[0269] 各磁性コアh0～h4はそれぞれ、センダストやパーマロイ、フェライト等の軟磁性材料で構成されるヘッドブロック402と、ヘッドブロック402に巻回されたコイル70とを有する。各磁性コアh0～h4は、磁気テープMTの各サーボバンドs0～s4に対応して配置された記録部401を構成し、各サーボバンドsにサーボパターン6を記録するための磁気ギャップgを有する。

[0270] 磁気ギャップgは、相互に逆方向に傾斜する一对の直線部（「/」及び「\」）からなり、一方の直線部「/」はAバースト6a及びCバースト6cを、他方の直線部「\」はBバースト6b及びDバースト6dをそれぞれ記録する。各ヘッドブロックh1～h5の磁気ギャップgは、サーボライトヘッド113の長手方向（Y'方向）に平行な軸線上に整列するように配置される。磁気ギャップgの配列間隔は、サーボライトヘッド113の長手方向のパターン幅Pwにおける中心間の距離であり、その大きさは、サーボリードヘッドピッチP1とされる。各磁性コアh0～h4は相互に磁氣的に分離されており、2つ以上のサーボバンドに同時に異なる種類のサーボパターン6を記録可能に構成される。

[0271] 図23は、駆動部120の構成を示すブロック図である。図23に示すよ

うに、駆動部120は、コントローラ130（図18参照）からの出力に基づき、サーボ情報をパルス情報に変換する変換器121と、変換器121の出力に基づいてパルス信号を生成する信号生成部122と、生成されたパルス信号を増幅する増幅器123とを有する。信号生成部122及び増幅器123は、各磁性コアh0～h4に対応して複数ずつ設けられており、各磁性コアh0～h4に巻回されたコイル70へそれぞれ固有のパルス信号を出力することが可能に構成される。

[0272] コントローラ130は、第1のサーボバンド識別情報を記録すべきサーボバンドの位置（本例では、サーボバンドs0, s1, s4）と、第2のサーボバンド識別情報を記録すべきサーボバンドの位置（本例では、サーボバンドs2, s3）とに関するデータを格納したメモリを備える。コントローラ130は、当該メモリに格納されたデータに基づいて、駆動部120を制御する。

[0273] 変換器121は、各サーボバンドs0～s4に記録すべきサーボバンド識別情報に対応する情報を各磁性コアh0～h4に対応する信号生成部122へ個々に出力する。本実施形態では、サーボバンドs0, s1, s4に対応する磁性コアh0, h1及びh4に第1のサーボバンド識別情報を含む第1のサーボパターン601（図14（A））を記録するための第1のパルス信号PS1を出力し、サーボバンドs2, s3に対応するヘッドブロックh2, h3に第2のサーボバンド識別情報を含む第2のサーボパターン602（図14（B））を記録するための第2のパルス信号PS2を出力する。

[0274] 図24（A）,（B）に、第1のパルス信号PS1及び第2のパルス信号PS2における第1サーボサブフレームSSF1の記録信号波形をそれぞれ模式的に示す。同図に示すように、第1及び第2のパルス信号PS1, PS2は、5つのパルス群からなる第1パルス群SPF1と、4つのパルス群からなる第2パルス群SPF2とを含む。第1パルス群SPF1は、Aバースト6aの各傾斜部を記録するための信号であり、第2パルス群SPF2は、Bバースト6bの各傾斜部を記録するための信号である。

[0275] 図24(A), (B)に示すように、第1のパルス信号PS1と第2のパルス信号PS2との間には、第1パルス群SPF1における2番目及び4番目のパルスの立ち上がり時刻が異なっており、パルス信号PS2の方がパルス信号PS1よりも2番目のパルスの立ち上がり時刻が遅く、4番目のパルスの立ち上がり時刻が早い。これにより、図14(A), (B)に示したようなAバースト6aの傾斜部の配列間隔の一部が相互に相違する第1サーボサブフレームSSF1が形成される。

[0276] さらに、第1のパルス信号PS1と第2のパルス信号PS2は、それぞれ同位相(同一のタイミング)で磁性コアh0~h4に送信される。これにより、各磁性コアh0~h4においてサーボバンドs0, s1, s4には第1のサーボパターン601(第1のサーボバンド識別情報)が、サーボバンドs2, s3には第2のサーボパターン602(第2のサーボバンド識別情報)が同位相で記録される。

[0277] <本技術の詳細>

テープドライブ装置30は、上述のように、磁気テープMTの幅寸法の変化に対応するため、磁気テープMTの走行時に加えるテンションを変化させることが可能に構成される。具体的には、磁気テープMTの幅寸法が広がる方向に変化した場合にはテンションを高くし、磁気テープMTの幅寸法が狭まる方向に変化した場合にはテンションを低くする調整が行われる。このように磁気テープMTの幅寸法の変化に応じてテンションの大きさを調整することで、所望とするトラッキング制御を安定に行うことが可能となる。

[0278] そして、磁気テープMTの幅寸法の変動は、各データバンドのサーボバンドピッチについて一様に生じる。一方、テープドライブ装置30におけるテープ走行時間という観点からは、複数のデータバンドのうち1つのデータバンドのサーボバンドピッチについて1往復のテープ走行によりテンションとの関係を取得してカートリッジメモリ9に保持し、その取得したサーボバンドピッチとテンションを基準に残りの他のデータバンドのサーボバンドピッチについても同様に適用する方法が有利である。

- [0279] しかしながら、基準としたサーボバンドピッチと残りの他のサーボバンドピッチとの差が大きい場合、当該他のサーボバンドピッチについては事前に取得したテンションとサーボバンドピッチの関係が異なることになるため、所望とするトラッキング制御を確保することが困難になる。
- [0280] 各データバンドのサーボバンドピッチに差が生じる原因としては、まず、サーボライトヘッド113の各磁性コア $h_0 \sim h_4$ に形成される磁気ギャップ g の位置ズレが挙げられる。磁気ギャップ g は、フォトリソグラフィ技術を用いて形成されるため寸法精度は比較的高いものの、サブミクロン単位の寸法誤差が生じる場合がある。
- [0281] また、各データバンドのサーボバンドピッチに差が生じる他の原因としては、サーボパターン記録時においてテープ走行をガイドするガイドローラの平行度のズレが挙げられる。例えば図25に、サーボパターン記録装置100における磁気テープMTの走行をガイドする一対のガイドローラ141、142を示す。各ガイドローラ141、142の軸心は互いに平行に設置され、これにより磁気テープMTの幅方向に一様なテンションが作用する。しかし、図25において破線で示すようにガイドローラ142の軸心がガイドローラ141の軸心に対して上下方向に角度 θ のずれ（ミスアライメント角）が生じている場合、角度 θ の大きさが1度以下であっても、磁気テープMTの幅方向にテンションの分布が生じることがある。
- [0282] 一例として図26に、同一の磁気テープについて測定した各データバンドのサーボバンドピッチを比較して示す。図中横軸はテープ長、縦軸はサーボバンドピッチである。ここでは、縦軸のサーボバンドピッチは、サーボリードヘッドピッチ P_1 （ $2858.8 \mu\text{m}$ ）を基準値（Ref）とした差分で示している。サーボバンドピッチの測定は、図16および図17を参照して説明したようにテープドライブ装置30を用いて行うことができる。なお図中、 d_0 （ s_2 / s_3 ）は、データバンド d_0 に隣接する2つのサーボバンド s_2 、 s_3 の間隔（サーボバンドピッチ s_2 / s_3 ）を意味し、 d_1 （ s_1 / s_2 ）は、データバンド d_1 に隣接する2つのサーボバンド s_1 、 s_2

の間隔（サーボバンドピッチ s_1 / s_2 ）を意味する。同様に、 d_2 (s_3 / s_4) は、データバンド d_2 に隣接する2つのサーボバンド s_3 、 s_4 の間隔（サーボバンドピッチ s_3 / s_4 ）を意味し、 d_3 (s_0 / s_1) は、データバンド d_0 に隣接する2つのサーボバンド s_0 、 s_1 の間隔（サーボバンドピッチ s_0 / s_1 ）を意味する。

[0283] 図26に示す測定例では、サーボバンドピッチは、データバンド d_3 から d_2 にかけて広がっており、データバンド d_3 のサーボバンドピッチ (s_0 / s_1) を最大値、データバンド d_2 のサーボバンドピッチ (s_3 / s_4) を最小値としたとき、同一テープ長における最大値－最小値の幅（絶対値）で表されるサーボバンドピッチの最大変化量は、平均的に約 $0.13 \mu\text{m}$ あった。

[0284] サーボバンドピッチは、テープテンションに依存することは周知なので、各データバンドにおけるサーボバンドピッチのばらつきは、磁気テープの幅方向のテンション分布が関係している可能性がある。例えば図25に示したガイドローラ141、142の平行度のズレにより、サーボパターン記録時のテンションが、再生時のテンションと比較してデータバンド d_3 付近では低く（再生時にテンションが加わるので幅が狭まる）、データバンド d_2 付近では高い（再生時にはテンションが緩むので幅は広がる）状態であったことが想定される。

[0285] 磁気テープの幅方向のテンション分布は、磁気テープのもつ歪応力の不均一性、サーボライトヘッドの上流側および下流側に位置するガイドローラの平行度の僅かなズレなどが関係していると考えられる。しかし、磁気テープ内のテンション分布を直接測定あるいは把握することは困難であることから、テンション以外の方法でもサーボバンドピッチの変化を起こすパラメータを把握、調整することにより、サーボバンドピッチのばらつきを少なくできることがより好ましい。

[0286] サーボバンドピッチにばらつきが生じると、各データバンドに対する記録再生ヘッドの位置決め精度が低下し、各データバンドに対して安定したトラ

ッキング制御を実現することが困難になる。特に、記録トラックの総数が6500を超えるLTO-8規格の磁気テープMTにおいては、トラックピッチ W_d (図4参照) が $1.56\mu\text{m}$ と非常に小さいだけでなく、今後ますます狭ピッチ化が進むと想定される。そうすると、記録トラックに対する記録再生ヘッドの位置決め精度をさらに高める必要が生じる。具体的には、各データバンドdのトラックピッチ W_d とテープドライブ装置30のデータリードヘッド135の幅との関係を考慮すると、記録トラックに対するデータリードヘッド135の位置合わせマージンを確保するためには、トラック幅方向に $\pm 100\text{nm}$ ($0.1\mu\text{m}$) の精度でサーボパターンピッチのばらつきを低下させる必要がある。

[0287] [サーボパターン記録装置の詳細]

このような問題を解決するため、本実施形態のサーボパターン記録装置100は、図18に示すように温度調整部80をさらに備える。

[0288] (適用例1)

温度調整部80は、サーボライトヘッド113の記録部401を構成する各磁性コア $h_0\sim h_4$ を個別に昇温させることが可能に構成される。本実施形態において温度調整部80は、駆動部120の一部として構成され、コントローラ130からの指令に基づき、サーボライトヘッド113の各記録部401 (磁性コア $h_0\sim h_4$) の温度を所定温度範囲で個別に調整する。本実施形態において温度調整部80は、サーボバンドピッチのテープ全長にわたる差の平均値が所定の値以下 (例えば、 100nm 以下) となるように、各記録部401の温度を個別に調整することが可能に構成される。

[0289] より具体的に、例えば、温度調整部80は、加熱機構を有する。加熱機構としては、各磁性コア $h_0\sim h_4$ のコイル70へ供給する電力を個別に調整可能な電力調整部を含む。この電力調整部としては、各コイル70へサーボ情報であるパルス信号を増幅する増幅器123 (図23) が相当する。

[0290] 本発明者はサーボバンドピッチを変化させるパラメータとして、サーボライトヘッド113の各磁性コア $h_0\sim h_4$ のコイル70へ供給するサーボパ

ターン6の記録電流（コイル70への供給電力）に着目したところ、記録電流の値の変化によりサーボバンドピッチが約100nm弱変化することを確認した。

[0291] 図27は、記録電流値とサーボバンドピッチとの関係を示す一実験結果であり、図26と同様に横軸はテープ長、縦軸はサーボバンドピッチである。同図に示すように、サーボパターン記録時の電流値（記録電流値）によって、サーボバンドピッチが変化する。ここでは、0～200mのテープ長では記録電流値を基準値（Ref（1.8A））とし、200m～400mのテープ長では記録電流値を基準値よりも20%小さい値（-20%）とし、400m～600mのテープ長では記録電流値を基準値より20%大きい値（+20%）とし、それ以後は200mごとに記録電流値を-20%と+20%を交互に繰り返してサーボバンドピッチを記録した。

[0292] 図27に示すように、記録電流値が基準値よりも20%小さいときはサーボバンドピッチが約0.05 μ m狭まり、記録電流値が基準値よりも20%大きいときはサーボバンドピッチが0.05 μ m広がることが確認された。これら最大値と最小値との差であるサーボバンドピッチの最大変化量は、約100nmであった。

[0293] サーボバンドピッチの変化の要因としては、コイル70のジュール熱によるサーボライトヘッド113を構成する各磁性コアh0～h4のヘッドブロック402の熱膨張が挙げられる。ヘッドブロック402の熱膨張により、隣接する他のヘッドブロック402との間で磁気ギャップgの配列間隔が変化する。したがって、ヘッドブロック402の熱膨張量を調整することで、隣接する磁気ギャップg間の配列間隔、つまりサーボバンドピッチをサブミクロンオーダーで調整することが可能となる。

[0294] 本実施形態では、磁性コアh0～h4はフェライト材料で構成される。この場合、その線膨張係数を $11.7 \times 10^{-6} [1/^\circ\text{C}]$ とすると、例えば、3 $^\circ\text{C}$ の温度変化が100nmの寸法変化となることが計算により求められる（ $11.7 \times 10^{-6} \times 3^\circ\text{C} \times 2.8588\text{mm}$ ）。なお、記録電流の基準値（R

e f) が 1.8 A のとき、各磁性コア h0 ~ h4 のヘッドブロック 402 に 7℃ 以上の温度変化が確認された。サーボバンドピッチの最大変化量が約 100 nm である図 27 の結果との相違は、走行する磁気テープ MT との接触によるヘッドブロック 402 の冷却が影響したためと推定される。

[0295] 図 27 の結果より、記録電流の大きさによりサーボバンドピッチが変化することがわかる。記録電流値が大きいほど、サーボバンドピッチの変化量も大きくなる。例えば図 28 に、記録電流の大きさとヘッドブロック 402 の温度変化と磁気テープの走行時間との関係の実験結果を示す。図 28 に示すように、同一のテープ走行時間では記録電流値が大きくなるほどヘッドブロックの温度上昇量が高くなる。また、テープ走行時間が長くなるほどヘッドブロックの温度もわずかに上昇する傾向にある。

[0296] 以上の実験結果より、記録電流値がサーボバンドピッチの変化のパラメータになることが確認された。続いて、サーボバンド s0 及び s1 の組と、サーボバンド s3 及び s4 の組との間で記録電流の大きさを異ならせて上記各サーボバンドにサーボパターン 6 を記録したときのデータバンド d2、d3 についてのサーボバンドピッチの変化を測定した。その測定結果を図 29 に示す。

[0297] 図 29 は、図 27 の実験と同様に、200 m のテープ長範囲でサーボパターン 6 の記録電流を基準電流値より小さい値 (-20%) と記録電流値より高い値 (+20%) で交互に変化させたときのデータバンド d2 及び d3 についてのサーボバンドピッチの変化を示す。図 27 の実験と異なるのは、サーボバンド s0 及び s1 での記録電流値が基準電流値の -20% のときはサーボバンド s3 及び s4 での記録電流値を基準電流値の +20% とし、サーボバンド s0 及び s1 での記録電流値が基準電流値の +20% のときはサーボバンド s3 及び s4 での記録電流値を基準電流値の -20% としたところにある。また実験には、図 26 の実験結果が得られた磁気テープを用いた。

[0298] その結果、図 29 に示すように、2つのデータバンド d2 及び d3 の間でサーボバンドピッチの差分が小さくなるテープ長領域がある。同図の結果で

は、サーボバンドs 0及びs 1での記録電流値を基準電流値の+20%とし、かつ、サーボバンドs 3及びs 4での記録電流値を基準電流値の-20%としたとき、データバンドd 2及びd 3間でのサーボバンドピッチを最小に抑えることができる。これにより、図26に示した実験結果よりも、データバンドd 2及びd 3間のサーボバンドピッチの差を小さくすることが可能になり、その差のテープ全長にわたる平均値は100nm以下であった。

[0299] なおこの場合、データバンドd 2及びd 3以外のデータバンドd 1及びd 4での記録電流値は基準電流値としてもよい。これにより図26に示した値のサーボバンドピッチが得られるため、データバンドd 2及びd 3との間におけるサーボバンドピッチのばらつきを小さくできる。これに限られず、各データバンド間におけるサーボバンドピッチのばらつきをさらに低減するため、データバンドd 1及びd 4についても記録電流の大きさを最適化してもよい。記録電流の大きさの最適化には、磁性コアh 0~h 4のうち少なくとも1つの磁性コアのコイル70に供給される記録電流を、他の磁性コアのコイル70に供給される記録電流よりも大きくすることが含まれる。

[0300] 以上のように本実施形態の適用例1によれば、図26に示すように、サーボパターン6の記録時においてデータバンドd 3側の方がデータバンドd 2側よりもテンションが低くなるようなテンション分布が生じている場合においても、データバンドd 3を挟むサーボバンドs 0及びs 1の組よりも、データバンドd 2を挟むサーボバンドs 3及びs 4の組の記録電流値を大きくすることで、図29に示すようにこれらデータバンドd 3及びd 2の間のサーボバンドピッチのばらつきを小さくすることができる。

[0301] 各サーボバンドsに記録するサーボパターン6の記録電流の決定方法としては、例えば、各サーボバンドsにそれぞれ所定のテープ長（例えば200m以上）にわたって一定の記録電流値（例えば基準電流値）でサーボパターン6を記録し、その後、記録した各データバンドについてのサーボバンドピッチをテープドライブ装置30で測定する。その結果、図26に示すような各データバンドについてサーボパターンピッチのばらつきを確認した後、デ

ータバンド間でのサーボバンドピッチが最小（例えば、100nm以下）となるように磁性コアh0～h4ごとにコイル70へ供給する記録電流値を最適化する。記録電流値は、サーボパターン記録装置100における駆動部120の増幅器123の増幅率を調整することで設定される。その後、調整された記録電流値で、磁気テープMTの各サーボバンドsへサーボパターン6を記録する。

[0302]（適用例2）

温度調整部80は、上記加熱機構に代えて、サーボライトヘッド113の記録部401を構成する各磁性コアh0～h4を個別に冷却することが可能な冷却機構を有してもよい。冷却機構としては、各磁性コアh0～h4のコイル70またはヘッドブロック402を個別に冷却することが可能に構成された送風ユニット90を有する。

[0303] 図30は、送風ユニット90を備えたサーボライトヘッド113の構成を示す概略斜視図である。

[0304] 送風ユニット90は、サーボライトヘッド113の磁気ギャップgが形成される記録面とは反対側に配置された送風ブロック91と、サーボライトヘッド113の長手方向（Y'方向）の両端を支持し、送風ブロック91をサーボライトヘッド113に対して位置決めする一对の位置決めブロック92L、92Rとを有する。

[0305] 送風ブロック91には、各磁性コアh0～h4のコイル70とZ'軸方向に各々対向する複数のガス噴出口91aが設けられる。一对の位置決めブロック92L、92Rのうち一方の位置決めブロック92Lには、冷却ガスを導入可能なガス導入口92aが設けられる。ガス導入口92aは、位置決めブロック92Lの内部および送風ブロック92の内部を通して複数のガス噴出口91aに連通している。これにより、各磁性コアh0～h4のコイル70がガス噴出口92aから噴出される冷却ガスにより冷却されるため、コイル70のジュール熱によるヘッドブロック402の昇温による熱膨張が抑制される。

- [0306] 冷却ガスは典型的にはエアであるが、窒素などのガスが用いられてもよい。冷却ガスの温度は典型的には室温であるが、室温以下に冷却されたガスであってもよい。また、各ガス噴出口92aと各コイル70が個々に対応するように、ガス噴出願92aにはガス噴出方向に指向性をもたせたノズルが付加されてもよい。また、ガス噴出口92aから噴出される冷却ガスがヘッドブロック402を回り込んでサーボライトヘッド113の記録部401（図30参照）を走行する磁気テープMTへ吹き付けられるのを防ぐために、ヘッドブロック402の周囲に風除けのためのシールド板93が配置されてもよい。
- [0307] 送風ユニット90は、各磁性コアh0～h4のコイル70を一様に冷却するように構成されてもよいが、各磁性コアh0～h4に温度勾配をもたせるように各コイル70へのガス噴出量を個別に調整可能に構成されてもよい。
- [0308] この場合、送風ユニット90はさらに、各ガス噴出口91aから噴出する冷却ガスの量を個別に調整可能な弁機構94を有する。弁機構94は、ガス導入口92aから導入される冷却ガスを個々に分流して各ガス噴出口92aから噴出させるとともに、ガス噴出口91aごとに冷却ガスの噴出量を調整することが可能に構成される。弁機構94による冷却ガス噴出量の調整は、サーボパターン記録装置100のコントローラ130によって実行される。
- [0309] 図31は、冷却ガス（エア）の導入の有無によるサーボパターンピッチの変化の様子を示す一実験結果であり、横軸はテープ長、縦軸はサーボバンドピッチの基準値（P1：2858.8 μ m）からの変化量を示している。ここでは、データバンドd2に隣接する2つのサーボバンドs3及びs4の間のサーボバンドピッチを測定した。
- [0310] 図31に示すように、冷却ガスを導入しない場合と比較して、冷却ガスを導入した場合の方が、サーボバンドピッチが0.05 μ m（50nm）狭くなることが確認された。この結果より、発熱源である磁性コアh0～h4のコイル70へ吹き付けられる冷却ガスの流量を調整することにより、各磁性コアh0～h4に温度勾配を持たせることで、各データバンドについてのサ

ーボバンドピッチのばらつきを少なくすることが可能となる。冷却ガスの流量の調整には、磁性コアh0～h4のうち少なくとも1つの磁性コアのコイル70に供給される冷却ガスの流量を、他の磁性コアのコイル70に供給される冷却ガスの流量よりも大きくすることが含まれる。

[0311] 図32～図34は、各磁性コアh0～h4のコイル70へ一定の記録電流を供給して各サーボバンドへサーボパターン6を記録した磁気テープMTを作製し、隣接する2つのサーボバンド間の間隔であるサーボバンドピッチの最大値(max)および最小値(min)、ならびにこれら最大値と最小値との差分(サーボバンドピッチ差:SBD)を示す実験結果である。

[0312] ここで、図32は、サーボライトヘッド113を冷却ガスで冷却せずにサーボパターンを記録したときの実験結果を示し、図33は、3L/minの流量の冷却ガスでサーボライトヘッド113を冷却しながらサーボパターンを記録したときの実験結果を示している。また、図34は、10L/minの流量の冷却ガスでサーボライトヘッド113を冷却しながらサーボパターンを記録したときの実験結果を示している。なお各図において、横軸はテープ長、左側の縦軸は、サーボパターンピッチの最大値および最小値の基準値(P1:2858.8 μ m)からの変化量を示している。また、右側の縦軸は、サーボパターンピッチのサーボバンドピッチの差を示している。

[0313] 実験の結果、サーボライトヘッド113を冷却せずにサーボパターンを記録したときの各サーボバンドピッチのテープ全長にわたる差の平均値は0.141 μ mであった(図32)。このサーボバンドピッチの差は、各磁性コアh0～h4へ記録電流を流したときに生じるコイル70のジュール熱によるヘッドブロック402の線膨張を原因とする磁性コア(磁気ギャップg)間の距離の変化が一因として挙げられる。

[0314] これに対し、3L/minの流量の冷却ガスでサーボライトヘッド113を冷却しながらサーボパターンを記録したときの各サーボバンドピッチのテープ全長にわたる差の平均値は0.090 μ mであった(図33)。また、10L/minの流量の冷却ガスでサーボライトヘッド113を冷却しながら

らサーボパターンを記録したときの各サーボバンドピッチのテープ全長にわたる差の平均値は $0.057\mu\text{m}$ であった（図34）。

[0315] 以上のように、各磁性コア $h0\sim h4$ のコイル70を冷却ガスで冷却することにより、コイル70のジュール熱に起因するヘッドブロック402の熱膨張を抑え、サーボバンドピッチの差を $0.1\mu\text{m}$ （ 100nm ）以下に抑えることが可能となる。また、冷却ガスの流量を大きくするほど上記効果が顕著に現れることから、冷却前のサーボバンドピッチの差を考慮して冷却ガスの流量の最適化を図ることができる。

[0316] さらに本実施形態の適用例によれば、サーボパターン記録時の磁気テープの幅方向に沿ったテンション分布による影響の改善も図ることができる。この場合、テンションが高いサーボバンド領域には冷却ガスの流量を高めるようにして磁性コア $h0\sim h4$ の間に温度勾配をもたせることで、テープドライブ装置30における再生時において上記サーボバンド間の広がりを抑制し、各サーボバンドピッチの差の減少させる手法が採用可能である。

[0317] この場合、冷却ガスの流量の決定方法としては、例えば、各サーボバンド s にそれぞれ所定のテープ長（例えば 200m 以上）にわたって一定の記録電流値（例えば基準電流値）でサーボパターン6を記録し、その後、記録した各データバンドについてのサーボバンドピッチをテープドライブ装置30で測定する。その結果、図26に示すような各データバンドについてサーボパターンピッチのばらつきを確認した後、データバンド間でのサーボバンドピッチが最小（例えば、 100nm 以下）となるように磁性コア $h0\sim h4$ ごとにコイル70へ供給する冷却ガスの流量を最適化する。その後、設定された冷却ガスの流量となるように弁機構94で各ガス噴出口92aからの冷却ガスの噴出量を調整した状態で、磁気テープMTの各サーボバンド s へサーボパターン6を記録する。

[0318] 送風ユニット90によるサーボライトヘッド113の冷却効果を高めるため、サーボライトヘッド113の記録部401に複数の溝部が設けられてもよい。図35は、上記複数の溝部を有するサーボライトヘッド113Aの概

略平面図である。

- [0319] サーボライトヘッド113Aは、各磁気コア $h_0 \sim h_4$ の磁気ギャップ g により磁気テープMTにサーボパターンを記録する記録部401を有する。記録部401は、長さ方向（ Y' 方向、磁気テープMTの幅方向）において磁気ギャップ g が設けられる位置に対応する第1の領域411と、上記長さ方向において磁気ギャップ g が設けられていない位置に対応する第2の領域412とを有する。第2の領域412は、上記長さ方向に直交する幅方向（ X' 方向、磁気テープMTの長さ方向）の一端から上記幅方向の他端に架けて横切る複数の溝部95が設けられている。
- [0320] 第2の領域412は、第1の領域411を有する各磁性コア $h_0 \sim h_4$ の間に位置し、溝部95は、各磁性コア $h_0 \sim h_4$ の磁気ギャップ g の間に形成される。図36は、溝部95の詳細を示す拡大斜視図である。
- [0321] 本実施形態において複数の溝部95は、記録部401の長さ方向（ Y' 軸方向）に間隔をおいて配列されるとともに、記録部401の幅方向（ X' 軸方向）に平行に直線的に形成される。図36に示すように溝部95は、平坦な底部を有する角溝G1で形成される。隣接する2つの角溝G1の間には平坦な頂部T1が形成される。この例では、角溝G1の深さは約 $1 \mu\text{m}$ 、角溝G1の底部の溝幅は約 $5 \mu\text{m}$ 、頂部T1の幅（top）は約 $5 \mu\text{m}$ 、角溝G1の配列ピッチ（pitch）は約 $10 \mu\text{m}$ とされる。なお、各部の大きさは上記の例に限られず、例えば、角溝G1の底部の溝幅は $5 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ 、角溝G1の配列ピッチは $10 \mu\text{m} \sim 25 \mu\text{m}$ の間で適宜設定可能である。
- [0322] サーボライトヘッド113Aは、第2の領域412に複数の溝部95が設けられているため、磁気テープMTの走行時に、第2の領域412を流れる空気の量を増やして磁気テープMTを第2の領域412から浮上させることができる。これにより、磁気ギャップ g を有する第1の領域411に磁気テープMTを安定に接触させつつ、磁気テープMTを第2の領域412とはほぼ非接触で走行させることができるため、記録部401と磁気テープMTとの間の摩擦を低減し、サーボパターン7の記録の精度を向上させることがで

きる。

[0323] また、磁気テープMTを第2の領域412から浮上させることができるため、磁気テープMTとの接触摩擦熱によるサーボライトヘッド113Aの昇温が抑えられる。さらに、複数の溝部95の間を流れる空気により第2の領域412の冷却効果が得られるため、磁気ギャップgを有する第1の領域411の放熱効果を得ることができる。これにより、サーボバンドピッチのはらつきを小さくすることができる。

[0324] 図37は、図35の変形例を示すサーボライトヘッド113Bの概略平面図である。このサーボライトヘッド113Bは、第2の領域412に幅方向(X'軸方向)に対向する2つの切欠き部96が設けられている点で、図35のサーボライトヘッド113Aと異なる。

[0325] 各切欠き部96は、第2の領域412の幅方向(X'軸方向)の端部を円弧状に切り欠くようにして形成される。切欠き部96の形状は円弧状に限られず、矩形状あるいは三角形状などであってもよい。複数の溝部95は、上記幅方向に切欠き部96によって挟まれるようにして第2の領域412の表面に形成される。

[0326] 第2の領域412は、切欠き部96によって上記幅方向の寸法が狭められる。特に、切欠き部96が円弧状である関係で、第2の領域412はその長さ方向(Y'軸方向)の中央で括れた形状に形状される。これにより、テープ走行方向の上流側に位置する切欠き部96から第2の領域412へ空気が流れ込みやすくなり、第2の領域412と磁気テープMTとの間を空気が通過しやすくなる。このため、磁気テープMTが第2の領域412から浮上しやすくなり、サーボライトヘッド113Bの冷却効果をより一層高めることができる。

[0327] (6) 作用効果

上記のように、第1の実施形態に係る磁気テープMTでは、0.55Nのテンションが長手方向に加えた状態で温度50℃、相対湿度40%RHの環境下に40時間静置される前後の磁気テープMTの平均幅変化量 ΔA が17

0 ppm以下であるので、環境に起因する磁気テープMTの変形に加えて、高温環境下での磁気テープMTのクリープ変形を長期間（例えば10年間）に亘って十分に抑制することができる。これにより、長期間（例えば10年間）に亘って磁気テープMTを高温環境下で保存や走行した場合にも、磁気テープMTの幅変化を抑制することができる。

[0328] また、温度50℃、相対湿度40%RHの環境下における、長手方向のテンションに対する平均テンション応答性が700 ppm/N以上であるので、高温環境下において磁気テープMTの幅変化を良好に補正することができる。

[0329] したがって、長期間（例えば10年間）に亘って磁気テープMTを高温環境下で保存や走行した場合にも、磁気テープMTの走行テンションの調整により磁気テープMTの幅変化を補正することができる。

[0330] また、第1の実施形態に係る磁気テープMTは、ドライブヘッド36のアジマス角 θ を調整することにより磁気テープMTの幅変化に対応可能なテープドライブ装置30において用いられうる。テープドライブ装置30において、典型的には、磁気テープMTの幅が相対的に広くなったとき、ドライブヘッド36のアジマス角 θ は小さくされ、逆に、磁気テープMTの幅が相対的に狭くなったとき、ドライブヘッド36のアジマス角 θ は大きくされる。これにより、磁気テープMTのサーボパターン6は、磁気テープMTの幅が変化した場合にも、正確に読み取られる。したがって、磁気テープMTの幅が高温環境下で変化した場合にも、ドライブヘッド36のアジマス角 θ を調整することにより、幅変化に対応することができる。

[0331] 2. 第2の実施形態

[0332] 上記の第1の実施形態では、磁気テープMTが、下地層および磁性層等が塗布工程（ウエットプロセス）により作製された塗布型の磁気テープである場合について説明したが、下地層および磁性層等がスパッタリング等の真空薄膜の作製技術（ドライプロセス）により作製される真空薄膜型の磁気テープであってもよい。

[0333] (1) 磁気テープの構成

図38は、本技術の第2の実施形態に係る真空薄膜型の磁気テープMT1の構成の一例を示す断面図である。磁気テープMT1は、垂直記録型の磁気記録媒体であり、フィルム状の基体511と、軟磁性裏打ち層 (Soft magnetic underlayer、以下「SUL」という。) 512と、第1のシード層513Aと、第2のシード層513Bと、第1の下地層514Aと、第2の下地層514Bと、記録層としての磁性層515とを備える。SUL512、第1、第2のシード層513A、513B、第1、第2の下地層514A、514Bおよび磁性層515は、例えば、スパッタ膜等の真空薄膜である。

[0334] SUL512、第1、第2のシード層513A、513Bおよび第1、第2の下地層514A、514Bは、基体511の一方の主面 (以下「表面」という。) と磁性層515との間に設けられ、基体511から磁性層515の方向に向かってSUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514Bの順序で積層されている。

[0335] 磁気テープMT1が、必要に応じて、磁性層515上に設けられた保護層516と、保護層516上に設けられた潤滑層517とをさらに備えるようにしてもよい。また、磁気テープMT1が、必要に応じて、基体511の他方の主面 (以下「裏面」という。) 上に設けられたバック層518をさらに備えるようにしてもよい。

[0336] 以下では、磁気テープMT1の長手方向 (基体511の長手方向) をMD (Machine Direction) 方向という。ここで、機械方向とは、磁気テープMT1に対する記録および再生ヘッドの相対的な移動方向、すなわち記録再生時に磁気テープMT1が走行される方向を意味する。

[0337] 第2の実施形態に係る磁気テープMT1は、今後ますます需要が高まることが期待されるデータアーカイブ用ストレージメディアとして用いて好適なものである。この磁気テープMT1は、例えば、現在のストレージ用塗布型磁気記録媒体の10倍以上の面記録密度、すなわち50Gb/in²以上の面

記録密度を実現することが可能である。このような面記録密度を有する磁気テープMT1を用いて、一般のリニア記録方式のデータカートリッジを構成した場合には、データカートリッジ1巻当たり100TB以上の大容量記録が可能になる。

[0338] 第2の実施形態に係る磁気テープMT1は、リング型の記録ヘッドと巨大磁気抵抗効果 (Giant Magnetoresistive : GMR) 型またはトンネル磁気抵抗効果 (Tunneling Magnetoresistive : TMR) 型の再生ヘッドとを有する記録再生装置 (データを記録再生するための記録再生装置) に用いて好適なものである。また、第2の実施形態に係る磁気テープMT1は、サーボ信号書込ヘッドとしてリング型の記録ヘッドが用いられるものであることが好ましい。磁性層515には、例えばリング型の記録ヘッドによりデータ信号が垂直記録される。また、磁性層515には、例えばリング型の記録ヘッドによりサーボ信号が垂直記録される。

[0339] 第2の実施形態における磁気テープMT1の平均厚み t_T 、平均幅変化量 ΔA 、平均テンション応答性は、第1の実施形態におけるものと同様である。

[0340] [基体]

基体511は、第1の実施形態における基体41と同様である。

[0341] [SUL]

SUL512は、アモルファス状態の軟磁性材料を含む。軟磁性材料は、例えば、Co系材料およびFe系材料のうちの少なくとも1種を含む。Co系材料は、例えば、CoZrNb、CoZrTaまたはCoZrTaNbを含む。Fe系材料は、例えば、FeCoB、FeCoZrまたはFeCoTaを含む。

[0342] SUL512は、単層のSULであり、基体511に直接設けられている。SUL512の平均厚みは、好ましくは10nm以上50nm以下、より好ましくは20nm以上30nm以下である。

[0343] SUL512の平均厚みは、第1の実施形態における磁性層43と同様にして求められる。なお、後述する、SUL512以外の層の平均厚み (すな

わち、第1、第2のシード層513A、513B、第1、第2の下地層514A、514Bおよび磁性層515の平均厚み)も、第1の実施形態における磁性層43と同様にして求められる。但し、TEM像の倍率は、各層の厚みに応じて適宜調整される。

[0344] [第1、第2のシード層]

第1のシード層513Aは、TiおよびCrを含む合金を含み、アモルファス状態を有している。また、この合金には、O(酸素)がさらに含まれていてもよい。この酸素は、スパッタリング法等の成膜法で第1のシード層513Aを成膜する際に、第1のシード層513A内に微量に含まれる不純物酸素であってもよい。

[0345] ここで、“合金”とは、TiおよびCrを含む固溶体、共晶体、および金属間化合物等の少なくとも一種を意味する。“アモルファス状態”とは、X線回折または電子線回折法等により、ハローが観測され、結晶構造を特定できないことを意味する。

[0346] 第1のシード層513Aに含まれるTiおよびCrの総量に対するTiの原子比率は、好ましくは30原子%以上100原子%未満、より好ましくは50原子%以上100原子%未満の範囲内である。Tiの原子比率が30%未満であると、Crの体心立方格子(Body-Centered Cubic lattice: bcc)構造の(100)面が配向するようになり、第1のシード層513A上に形成される第1、第2の下地層514A、514Bの配向性が低下する虞がある。

[0347] 上記Tiの原子比率は次のようにして求められる。磁性層515側から磁気テープMT1をイオンミリングしながら、オージェ電子分光法(Auger Electron Spectroscopy、以下「AES」という。)による第1のシード層513Aの深さ方向分析(デプスプロファイル測定)を行う。次に、得られたデプスプロファイルから、膜厚方向におけるTiおよびCrの平均組成(平均原子比率)を求める。次に、求めたTiおよびCrの平均組成を用いて、上記Tiの原子比率を求める。

- [0348] 第1のシード層513AがTi、CrおよびOを含む場合、第1のシード層513Aに含まれるTi、CrおよびOの総量に対するOの原子比率は、好ましくは15原子%以下、より好ましくは10原子%以下である。Oの原子比率が15原子%を超えると、TiO₂結晶が生成することにより、第1のシード層513A上に形成される第1、第2の下地層514A、514Bの結晶核形成に影響を与えるようになり、第1、第2の下地層514A、514Bの配向性が低下する虞がある。上記Oの原子比率は、上記Tiの原子比率と同様の解析方法を用いて求められる。
- [0349] 第1のシード層513Aに含まれる合金が、TiおよびCr以外の元素を添加元素としてさらに含んでいてもよい。この添加元素としては、例えば、Nb、Ni、Mo、AlおよびW等からなる群より選ばれる1種以上の元素が挙げられる。
- [0350] 第1のシード層513Aの平均厚みは、好ましくは2nm以上15nm以下、より好ましくは3nm以上10nm以下である。
- [0351] 第2のシード層513Bは、例えば、NiWまたはTaを含み、結晶状態を有している。第2のシード層513Bの平均厚みは、好ましくは3nm以上20nm以下、より好ましくは5nm以上15nm以下である。
- [0352] 第1、第2のシード層513A、513Bは、第1、第2の下地層514A、514Bに類似した結晶構造を有し、結晶成長を目的として設けられるシード層ではなく、当該第1、第2のシード層513A、513Bのアモルファス状態によって第1、第2の下地層514A、514Bの垂直配向性を向上するシード層である。
- [0353] [第1、第2の下地層]
- 第1、第2の下地層514A、514Bは、磁性層515と同様の結晶構造を有していることが好ましい。磁性層515がCo系合金を含む場合には、第1、第2の下地層514A、514Bは、Co系合金と同様の六方細密充填(hcp)構造を有する材料を含み、その構造のc軸が膜面に対して垂直方向(すなわち膜厚方向)に配向していることが好ましい。磁性層515

の配向性を高め、かつ、第2の下地層514Bと磁性層515との格子定数のマッチングを比較的良好にできるからである。六方細密充填(hcp)構造を有する材料としては、Ruを含む材料を用いることが好ましく、具体的にはRu単体またはRu合金が好ましい。Ru合金としては、例えば、Ru-SiO₂、Ru-TiO₂またはRu-ZrO₂等のRu合金酸化物が挙げられる。

[0354] 上記のように、第1、第2の下地層514A、514Bの材料として同様のものを用いることができる。しかしながら、第1、第2の下地層514A、514Bそれぞれの目的とする効果が異なっている。具体的には、第2の下地層514Bについてはその上層となる磁性層515のグラニューラ構造を促進する膜構造であり、第1の下地層514Aについては結晶配向性の高い膜構造である。このような膜構造を得るためには、第1、第2の下地層514A、514Bそれぞれのスパッタ条件等の成膜条件を異なるものとするのが好ましい。

[0355] 第1の下地層514Aの平均厚みは、好ましくは3nm以上15nm以下、より好ましくは5nm以上10nm以下である。第2の下地層514Bの平均厚みは、好ましくは7nm以上40nm以下、より好ましくは10nm以上25nm以下である。

[0356] [磁性層]

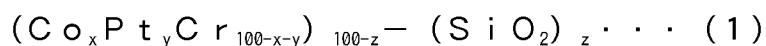
磁性層515は、磁性材料が垂直に配向した垂直磁気記録層である。磁性層515は、スパッタ膜等の真空薄膜であってもよい。磁性層515は、記録密度を向上する観点からすると、Co系合金を含むグラニューラ磁性層であることが好ましい。このグラニューラ磁性層は、Co系合金を含む強磁性結晶粒子と、この強磁性結晶粒子を取り巻く非磁性粒界(非磁性体)とから構成されている。より具体的には、このグラニューラ磁性層は、Co系合金を含むカラム(柱状結晶)と、このカラムを取り囲み、それぞれのカラムを磁氣的に分離する非磁性粒界(例えばSiO₂等の酸化物)とから構成されている。この構造では、それぞれのカラムが磁氣的に分離した構造を有する磁性層

515を構成することができる。

[0357] Co系合金は、六方細密充填(hcp)構造を有し、そのc軸が膜面に対して垂直方向(膜厚方向)に配向している。Co系合金としては、少なくともCo、CrおよびPtを含有するCoCrPt系合金を用いることが好ましい。CoCrPt系合金は、特に限定されるものではなく、CoCrPt合金がさらに添加元素を含んでいてもよい。添加元素としては、例えば、NiおよびTa等からなる群より選ばれる1種以上の元素が挙げられる。

[0358] 強磁性結晶粒子を取り巻く非磁性粒界は、非磁性金属材料を含む。ここで、金属には半金属を含むものとする。非磁性金属材料としては、例えば、金属酸化物および金属窒化物のうちの少なくとも一方を用いることができ、グラニューラ構造をより安定に維持する観点からすると、金属酸化物を用いることが好ましい。金属酸化物としては、Si、Cr、Co、Al、Ti、Ta、Zr、Ce、YおよびHf等からなる群より選ばれる少なくとも1種以上の元素を含む金属酸化物が挙げられ、少なくともSi酸化物(すなわちSiO₂)を含む金属酸化物が好ましい。金属酸化物の具体例としては、SiO₂、Cr₂O₃、CoO、Al₂O₃、TiO₂、Ta₂O₅、ZrO₂またはHfO₂等が挙げられる。金属窒化物としては、Si、Cr、Co、Al、Ti、Ta、Zr、Ce、YおよびHf等からなる群より選ばれる少なくとも1種以上の元素を含む金属窒化物が挙げられる。金属窒化物の具体例としては、SiN、TiNまたはAlN等が挙げられる。

[0359] 強磁性結晶粒子に含まれるCoCrPt系合金と、非磁性粒界に含まれるSi酸化物とが、以下の式(1)に示す平均組成を有していることが好ましい。反磁界の影響を抑え、かつ、十分な再生出力を確保できる飽和磁化量Msを実現でき、これにより、記録再生特性の更なる向上を実現できるからである。



(但し、式(1)中において、x、y、zはそれぞれ、 $69 \leq X \leq 75$ 、 $10 \leq y \leq 16$ 、 $9 \leq Z \leq 12$ の範囲内の値である。)

[0360] なお、上記組成は次のようにして求めることができる。磁性層515側から磁気テープMT1をイオンミリングしながら、AESによる磁性層515の深さ方向分析を行い、膜厚方向におけるCo、Pt、Cr、SiおよびOの平均組成（平均原子比率）を求める。

[0361] 磁性層515の平均厚みの上限値は、例えば90nm以下、好ましくは80nm以下、より好ましくは70nm以下、さらにより好ましくは60nm以下、特に好ましくは50nm以下、20nm以下または15nm以下である。磁性層515の平均厚みの下限値は、好ましくは9nm以上である。磁性層515の平均厚みが9nm以上90nm以下であると、電磁変換特性を向上することができる。

[0362] [保護層]

保護層516は、例えば、炭素材料または二酸化ケイ素（SiO₂）を含み、保護層516の膜強度の観点からすると、炭素材料を含むことが好ましい。炭素材料としては、例えば、グラファイト、ダイヤモンド状炭素（Diamond-Like Carbon：DLC）またはダイヤモンド等が挙げられる。

[0363] [潤滑層]

潤滑層517は、少なくとも1種の潤滑剤を含む。潤滑層517は、必要に応じて各種添加剤、例えば防錆剤をさらに含んでもよい。潤滑剤としては、第1の実施形態における磁性層43と同様のものを例示することができる。

[0364] なお、潤滑剤は、上記のように磁気テープMT1の表面に潤滑層517として保持されるのみならず、磁気テープMT1を構成する磁性層515および保護層516等の層に含まれ、保有されていてもよい。

[0365] [バック層]

バック層518は、第1の実施形態におけるバック層44と同様である。

[0366] (2) スパッタ装置の構成

以下、図39を参照して、第2の実施形態に係る磁気テープMT1の製造に用いられるスパッタ装置620の構成の一例について説明する。このスパ

ッタ装置620は、SUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514Bおよび磁性層515の成膜に用いられる連続巻取式スパッタ装置であり、成膜室621と、金属キャン（回転体）であるドラム622と、カソード623a~623fと、供給リール624と、巻き取りリール625と、複数のガイドロール627a~627c、628a~628cとを備える。スパッタ装置620は、例えばDC（直流）マグネトロンスパッタリング方式の装置であるが、スパッタリング方式はこの方式に限定されるものではない。

[0367] 成膜室621は、排気口626を介して図示しない真空ポンプに接続され、この真空ポンプにより成膜室621内の雰囲気は所定の真空度に設定される。成膜室621の内部には、回転可能な構成を有するドラム622、供給リール624および巻き取りリール625が配置されている。成膜室621の内部には、供給リール624とドラム622との間における基体511の搬送をガイドするための複数のガイドロール627a~627cが設けられていると共に、ドラム622と巻き取りリール625との間における基体511の搬送をガイドするための複数のガイドロール628a~628cが設けられている。スパッタ時には、供給リール624から巻き出された基体511が、ガイドロール627a~627c、ドラム622およびガイドロール628a~628cを介して巻き取りリール625に巻き取られる。ドラム622は円柱状の形状を有し、長尺状の基体511はドラム622の円柱面状の周面に沿わせて搬送される。ドラム622には、図示しない冷却機構が設けられており、スパッタ時には、例えば-20℃程度に冷却される。成膜室621の内部には、ドラム622の周面に対向して複数のカソード623a~623fが配置されている。これらのカソード623a~623fにはそれぞれターゲットがセットされている。具体的には、カソード623a、623b、623c、623d、623e、623fにはそれぞれ、SUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514B、磁性層515を成膜するためのターゲ

ットがセットされている。これらのカソード623a~623fにより複数の種類の膜、すなわちSUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514Bおよび磁性層515が同時に成膜される。

[0368] 上記の構成を有するスパッタ装置620では、SUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514Bおよび磁性層515をRoll to Roll法により連続成膜することができる。

[0369] (3) 磁気テープの製造方法

第2の実施形態に係る磁気テープMT1は、例えば、以下のようにして製造することができる。

[0370] まず、図39に示したスパッタ装置620を用いて、SUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514Bおよび磁性層515を基体511の表面上に順次成膜する。具体的には以下のようにして成膜する。まず、成膜室621を所定の圧力になるまで真空引きする。その後、成膜室621内にArガス等のプロセスガスを導入しながら、カソード623a~623fにセットされたターゲットをスパッタする。これにより、SUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514Bおよび磁性層515が、走行する基体511の表面に順次成膜される。

[0371] スパッタ時の成膜室621の雰囲気は、例えば、 1×10^{-5} Paから 5×10^{-5} Pa程度に設定される。SUL512、第1のシード層513A、第2のシード層513B、第1の下地層514A、第2の下地層514Bおよび磁性層515の膜厚および特性は、基体511を巻き取るテープライン速度、スパッタ時に導入するArガス等のプロセスガスの圧力（スパッタガス圧）、および投入電力等を調整することにより制御可能である。

[0372] 次に、磁性層515上に保護層516を成膜する。保護層516の成膜方法としては、例えば化学気相成長（Chemical Vapor Deposition: CVD）法

または物理蒸着（physical vapor deposition：PVD）法を用いることができる。

[0373] 次に、結着剤、無機粒子および潤滑剤等を溶剤に混練、分散させることにより、バック層成膜用の塗料を調製する。次に、基体511の裏面上にバック層成膜用の塗料を塗布して乾燥させることにより、バック層518を基体511の裏面上に成膜する。

[0374] 次に、例えば潤滑剤を保護層516上に塗布し、潤滑層517を成膜する。潤滑剤の塗布方法としては、例えば、グラビアコーティング、ディップコーティング等の各種塗布方法を用いることができる。次に、必要に応じて、磁気テープMT1を所定の幅に裁断する。以上により、図38に示した磁気テープMT1が得られる。

[0375] （4）作用効果

第2の実施形態に係る磁気テープMT1では、第1の実施形態と同様に、長期間（例えば10年間）に亘って磁気テープMT1を高温環境下で保存や走行した場合にも、磁気テープMT1の走行テンションの調整により磁気テープMT1の幅変化を補正することができる。また、磁気テープMT1の幅が高温環境下で変化した場合にも、ドライブヘッド36のアジマス角 θ を調整することにより、幅変化に対応することができる。

[0376] 3. 第3の実施形態

[0377] （1）磁気テープの構成

図40は、本技術の第3の実施形態に係る真空薄膜型の磁気テープMT2の構成の一例を示す断面図である。磁気テープMT2は、基体511と、SUL512と、シード層731と、第1の下地層732Aと、第2の下地層732Bと、磁性層515とを備える。なお、第3の実施形態において第2の実施形態と同様の箇所には同一の符号を付して説明を省略する。

[0378] SUL512、シード層731、第1、第2の下地層732A、732Bは、基体511の一方の主面と磁性層515との間に設けられ、基体511から磁性層515の方向に向かってSUL512、シード層731、第1の

下地層 732A、第2の下地層 732Bの順序で積層されている。

[0379] [シード層]

シード層 731は、Cr、NiおよびFeを含み、面心立方格子（fcc）構造を有し、この面心立方構造の（111）面が基体511の表面に平行になるように優先配向している。ここで、優先配向とは、X線回折法の $\theta - 2\theta$ スキャンにおいて面心立方格子構造の（111）面からの回折ピーク強度が他の結晶面からの回折ピークより大きい状態、またはX線回折法の $\theta - 2\theta$ スキャンにおいて面心立方格子構造の（111）面からの回折ピーク強度のみが観察される状態を意味する。

[0380] シード層 731のX線回折の強度比率は、SNRの向上の観点から、好ましくは60cps/nm以上、より好ましくは70cps/nm以上、さらにより好ましくは80cps/nm以上である。ここで、シード層 731のX線回折の強度比率は、シード層 731のX線回折の強度I（cps）をシード層 731の平均厚みD（nm）で除算して求められる値（ I/D （cps/nm））である。

[0381] シード層 731に含まれるCr、NiおよびFeは、以下の式（2）で表される平均組成を有することが好ましい。

$$Cr_x(Ni_yFe_{100-y})_{100-x} \dots (2)$$

（但し、式（2）中において、Xは $10 \leq X \leq 45$ 、Yは $60 \leq Y \leq 90$ の範囲内である。）

Xが上記範囲内であると、Cr、Ni、Feの面心立方格子構造の（111）配向が向上し、より良好なSNRを得ることができる。同様にYが上記範囲内であると、Cr、Ni、Feの面心立方格子構造の（111）配向が向上し、より良好なSNRを得ることができる。

[0382] シード層 731の平均厚みは、5nm以上40nm以下であることが好ましい。シード層 731の平均厚みをこの範囲内にすることで、Cr、Ni、Feの面心立方格子構造の（111）配向を向上し、より良好なSNRを得ることができる。なお、シード層 731の平均厚みは、第1の実施形態にお

ける磁性層43と同様にして求められる。但し、TEM像の倍率は、シード層731の厚みに応じて適宜調整される。

[0383] [第1、第2の下地層]

第1の下地層732Aは、面心立方格子構造を有するCoおよびOを含み、カラム（柱状結晶）構造を有している。CoおよびOを含む第1の下地層732Aでは、Ruを含む第2の下地層732Bとほぼ同様の効果（機能）が得られる。Coの平均原子濃度に対するOの平均原子濃度の濃度比（（Oの平均原子濃度）／（Coの平均原子濃度））が1以上である。濃度比が1以上であると、第1の下地層732Aを設ける効果が向上し、より良好なSNRを得ることができる。

[0384] カラム構造は、SNR向上の観点から、傾斜していることが好ましい。その傾斜の方向は、長尺状の磁気テープMT2の長手方向であることが好ましい。このように長手方向が好ましいのは、以下の理由による。本実施形態に係る磁気テープMT2は、いわゆるリニア記録用の磁気記録媒体であり、記録トラックは磁気テープMT2の長手方向に平行となる。また、本実施形態に係る磁気テープMT2は、いわゆる垂直磁気記録媒体でもあり、記録特性の観点からすると、磁性層515の結晶配向軸が垂直方向であることが好ましいが、第1の下地層732Aのカラム構造の傾きの影響で、磁性層515の結晶配向軸に傾きが生じる場合がある。リニア記録用である磁気テープMT2においては、記録時のヘッド磁界との関係上、磁気テープMT2の長手方向に磁性層515の結晶配向軸が傾いている構成が、磁気テープMT2の幅方向に磁性層515の結晶配向軸が傾いている構成に比べて、結晶配向軸の傾きによる記録特性への影響を低減できる。磁気テープMT2の長手方向に磁性層515の結晶配向軸を傾かせるためには、上記のように第1の下地層732Aのカラム構造の傾斜方向を磁気テープMT2の長手方向とすることが好ましい。

[0385] カラム構造の傾斜角は、好ましくは0°より大きく60°以下であることが好ましい。傾斜角が0°より大きく60°以下の範囲では、第1の下地層

732Aに含まれるカラムの先端形状の変化が大きくほぼ三角山状になるため、グラニューラ構造の効果が高まり、低ノイズ化し、SNRが向上する傾向がある。一方、傾斜角が 60° を超えると、第1の下地層732Aに含まれるカラムの先端形状の変化が小さくほぼ三角山状とはなりにくいため、低ノイズ効果が薄れる傾向がある。

[0386] カラム構造の平均粒径は、3nm以上13nm以下である。平均粒径が3nm未満であると、磁性層515に含まれるカラム構造の平均粒径が小さくなるため、現在の磁性材料では記録を保持する能力が低下する虞がある。一方、平均粒径が13nm以下であると、ノイズを抑制し、より良好なSNRを得ることができる。

[0387] 第1の下地層732Aの平均厚みは、10nm以上150nm以下であることが好ましい。第1の下地層732Aの平均厚みが10nm以上であると、第1の下地層732Aの面心立方格子構造の(111)配向が向上し、より良好なSNRを得ることができる。一方、第1の下地層732Aの平均厚みが150nm以下であると、カラムの粒径が大きくなることを抑制できる。したがって、ノイズを抑制し、より良好なSNRを得ることができる。なお、第1の下地層732Aの平均厚みは、第1の実施形態における磁性層43と同様にして求められる。但し、TEM像の倍率は、第1の下地層732Aの厚みに応じて適宜調整される。

[0388] 第2の下地層732Bは、磁性層515と同様の結晶構造を有していることが好ましい。磁性層515がCo系合金を含む場合には、第2の下地層732Bは、Co系合金と同様の六方細密充填(hcp)構造を有する材料を含み、その構造のc軸が膜面に対して垂直方向(すなわち膜厚方向)に配向していることが好ましい。磁性層515の配向性を高め、かつ、第2の下地層732Bと磁性層515との格子定数のマッチングを比較的良好にできるからである。六方細密充填構造を有する材料としては、Ruを含む材料を用いることが好ましく、具体的にはRu単体またはRu合金が好ましい。Ru合金としては、例えば、 $Ru-SiO_2$ 、 $Ru-TiO_2$ または $Ru-ZrO_2$ 等

のRu合金酸化物が挙げられる。

[0389] 第2の下地層732Bの平均厚みは、一般的な磁気記録媒体における下地層（例えばRuを含む下地層）よりも薄くてもよく、例えば、1nm以上5nm以下とすることが可能である。第2の下地層732Bの下に上記の構成を有するシード層731および第1の下地層732Aを設けているので、第2の下地層732Bの平均厚みが上記のように薄くても良好なSNRが得られる。なお、第2の下地層732Bの平均厚みは、第1の実施形態における磁性層43と同様にして求められる。但し、TEM像の倍率は、第2の下地層732Bの厚みに応じて適宜調整される。

[0390] 第3の実施形態における磁気テープMT2の平均厚み t_T 、平均幅変化量 ΔA 、平均テンション応答性は、第1の実施形態におけるものと同様である。

[0391] (2) 作用効果

第3の実施形態に係る磁気テープMT2では、第1の実施形態と同様に、長期間（例えば10年間）に亘って磁気テープMT2高温環境下で保存や走行した場合にも、磁気テープMT2の走行テンションの調整により磁気テープMT2の幅変化を補正することができる。また、磁気テープMT2の幅が高温環境下で変化した場合にも、ドライブヘッド36のアジマス角 θ を調整することにより、幅変化に対応することができる。

[0392] 第3の実施形態に係る磁気テープMT2は、基体511と第2の下地層732Bとの間にシード層731および第1の下地層732Aを備えている。シード層731は、Cr、NiおよびFeを含み、面心立方格子構造を有し、この面心立方構造の(111)面が基体511の表面に平行になるように優先配向している。第1の下地層732Aは、CoおよびOを含み、Coの平均原子濃度に対するOの平均原子濃度の比が1以上であり、平均粒径が3nm以上13nm以下であるカラム構造を有する。これにより、第2の下地層732Bの厚さを薄くして高価な材料であるRuをできるだけ使用せずに、良好な結晶配向を有し、かつ高い抗磁力を有する磁性層515を実現できる。

[0393] 第2の下地層732Bに含まれるRuは、磁性層515の主成分であるCoと同じ六方稠密格子構造を有する。このため、Ruには、磁性層515の結晶配向性向上とグラニューラ性促進とを両立させる効果がある。また、第2の下地層732Bに含まれるRuの結晶配向を更に向上させるために、第2の下地層732Bの下に第1の下地層732Aおよびシード層731を設けている。第3の実施形態に係る磁気テープMT2においては、Ruを含む第2の下地層732Bとほぼ同様の効果（機能）を、面心立方格子構造を有する安価なCoOを含む第1の下地層732Aで実現している。このため、第2の下地層732Bの厚さを薄くできる。また、第1の下地層732Aの結晶配向を高めるために、Cr、NiおよびFeを含むシード層731を設けている。

[0394] (4) 変形例

[0395] <変形例1>

上記の第1の実施形態では、磁気テープカートリッジが、1リールタイプのカートリッジ10である場合について説明したが、2リールタイプのカートリッジであってもよい。

[0396] 図41は、2リールタイプのカートリッジ321の構成の一例を示す分解斜視図である。カートリッジ321は、合成樹脂製の上ハーフ302と、上ハーフ302の上面に開口された窓部302aに嵌合されて固着される透明な窓部材323と、上ハーフ302の内側に固着されリール306、307の浮き上がりを防止するリールホルダー322と、上ハーフ302に対応する下ハーフ305と、上ハーフ302と下ハーフ305を組み合わせることができる空間に収納されるリール306、307と、リール306、307に巻かれた磁気テープMTと、上ハーフ302と下ハーフ305を組み合わせることができるフロント側開口部を閉蓋するフロントリッド309およびこのフロント側開口部に露出した磁気テープMTを保護するバックリッド309Aとを備える。

[0397] リール306、307は、磁気テープMTを巻くためのものである。リー

ル306は、磁気テープMTが巻かれる円筒状のハブ部306aを中央部に有する下フランジ306bと、下フランジ306bとほぼ同じ大きさの上フランジ306cと、ハブ部306aと上フランジ306cの間に挟み込まれたリールプレート311とを備える。リール307はリール306と同様の構成を有している。

[0398] 窓部材323には、リール306、307に対応した位置に、これらリールの浮き上がりを防止するリール保持手段であるリールホルダー322を組み付けるための取付孔323aが各々設けられている。磁気テープMTは、第1の実施形態における磁気テープMTと同様である。

[0399] <変形例2>

第2の実施形態に係る磁気テープMT1が、基体511とSUL512との間に下地層をさらに備えるようにしてもよい。SUL512はアモルファス状態を有するため、SUL512上に形成される層のエピタキシャル成長を促す役割を担わないが、SUL512の上に形成される第1、第2の下地層514A、514Bの結晶配向を乱さないことが求められる。そのためには、軟磁性材料がカラムを形成しない微細な構造を有していることが好ましいが、基体511からの水分等のデガスの影響が大きい場合、軟磁性材料が粗大化し、SUL512上に形成される第1、第2の下地層514A、514Bの結晶配向を乱してしまう虞がある。基体511からの水分等のデガスの影響を抑制するためには、上記のように、基体511とSUL512との間に、TiおよびCrを含む合金を含み、アモルファス状態を有する下地層を設けることが好ましい。この下地層の具体的な構成としては、第2の実施形態の第1のシード層513Aと同様の構成を採用することができる。

[0400] 磁気テープMT1が、第2のシード層513Bおよび第2の下地層514Bのうちの少なくとも1つの層を備えていなくてもよい。但し、SNRの向上の観点からすると、第2のシード層513Bおよび第2の下地層514Bの両方の層を備えることがより好ましい。

[0401] 磁気テープMT1が、単層のSULに代えて、APC-SUL (Antiparal

lel Coupled S U L) を備えるようにしてもよい。

[0402] 5. 実施例

[0403] 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に限定されるものではない。

[0404] 以下の実施例および比較例において、平均幅変化量 ΔA 、平均テンション応答性 ΔW 、基体の平均厚み、磁気テープの平均厚み、磁性層の平均厚み、下地層の平均厚み、バック層の平均厚み、および長手方向における角形比 S_2 等は、第1の実施形態にて説明した測定方法により求められた値である。

[0405] [実施例1]

(S U Lの成膜工程)

まず、以下の成膜条件にて、非磁性支持体としての長尺の高分子フィルムの一方向の主面上に、平均厚み10nmのCoZrNb層(S U L)を成膜した。高分子フィルムとしては、平均厚みが3.8 μ mであり、温度50 $^{\circ}$ Cの環境下における長手方向の平均貯蔵弾性率が5.5GPaであり、長手方向の平均ヤング率が6.3GPaであるPENフィルムが用いられた。

成膜方式：DCマグネトロンスパッタリング方式

ターゲット：CoZrNbターゲット

ガス種：Ar

ガス圧：0.1Pa

[0406] (第1のシード層の成膜工程)

次に、以下の成膜条件にて、CoZrNb層上に平均厚み5nmのTiCr層(第1のシード層)を成膜した。

スパッタリング方式：DCマグネトロンスパッタリング方式

ターゲット：TiCrターゲット

到達真空度： 5×10^{-5} Pa

ガス種：Ar

ガス圧：0.5Pa

[0407] (第2のシード層の成膜工程)

次に、以下の成膜条件にて、TiCr層上に平均厚み10nmのNiW層（第2のシード層）を成膜した。

スパッタリング方式：DCマグネトロンスパッタリング方式

ターゲット：NiWターゲット

到達真空度： 5×10^{-5} Pa

ガス種：Ar

ガス圧：0.5 Pa

[0408]（第1の下地層の成膜工程）

次に、以下の成膜条件にて、NiW層上に平均厚み10nmのRu層（第1の下地層）を成膜した。

スパッタリング方式：DCマグネトロンスパッタリング方式

ターゲット：Ruターゲット

ガス種：Ar

ガス圧：0.5 Pa

[0409]（第2の下地層の成膜工程）

次に、以下の成膜条件にて、Ru層上に平均厚み20nmのRu層（第2の下地層）を成膜した。

スパッタリング方式：DCマグネトロンスパッタリング方式

ターゲット：Ruターゲット

ガス種：Ar

ガス圧：1.5 Pa

[0410]（磁性層の成膜工程）

次に、以下の成膜条件にて、Ru層上に平均厚み9nmの(CoCrPt) - (SiO₂)層（磁性層）を成膜した。

成膜方式：DCマグネトロンスパッタリング方式

ターゲット：(CoCrPt) - (SiO₂)ターゲット

ガス種：Ar

ガス圧：1.5 Pa

[0411] (保護層の成膜工程)

次に、以下の成膜条件にて、磁性層上に平均厚み 5 nm のカーボン層（保護層）を成膜した。

成膜方式：DC マグネトロンスパッタリング方式

ターゲット：カーボンターゲット

ガス種：Ar

ガス圧：1.0 Pa

[0412] (潤滑層の成膜工程)

次に、潤滑剤を保護層上に塗布し、潤滑層を成膜した。

[0413] (バック層の成膜工程)

次に、高分子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乾燥することにより、平均厚み t_b が $0.3 \mu\text{m}$ のバック層を形成した。これにより、平均厚み t_T が $4.2 \mu\text{m}$ の磁気テープが得られた。

[0414] (裁断の工程)

上記のようにして得られた磁気テープを 1/2 インチ (12.65 mm) 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 $4.2 \mu\text{m}$ ）が得られた。

[0415] (消磁工程およびサーボパターンの書き込み工程)

磁気テープの消磁を行ったのち、磁気テープにサーボパターンを書き込んだ。当該サーボパターンは、磁気テープの幅方向に対して非対称な第 1 のサーボパターンおよび第 2 のサーボパターンを含んでいた。また、互いに隣接するサーボバンドにおけるサーボパターンは位相差を有していた。

[0416] 実施例 1 では、磁性層としてスパッタ膜を用い、高分子フィルムとして PEN フィルムを用い、PEN フィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整することにより、平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW が表 1 に示す値に設定された。

[0417] [実施例 2]

高分子フィルムとして、平均厚みが $3.8 \mu\text{m}$ であり、温度 50°C におけ

る長手方向の平均貯蔵弾性率が3.9 GPaであり、長手方向の平均ヤング率が4.6 GPaである強化PETフィルムを用いた。ここで、強化PETフィルムとは、PETフィルムにポリアミドが添加されることにより強化されたものを意味する。磁性層としてスパッタ膜を用い、高分子フィルムとして強化PETフィルムを用い、強化PETフィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整することにより、平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW を表1に示す値に設定した。

上記以外のことは実施例1と同様にして平均厚み4.2 μm の磁気テープを得た。

[0418] [実施例3]

(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。

[0419] (第1組成物)

バリウムフェライト ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) 磁性粉 (六角板状、平均アスペクト比3.0、平均粒子体積1600 nm^3) : 100質量部

塩化ビニル系樹脂 (シクロヘキサノン溶液30質量%) : 35質量部

(塩化ビニル系樹脂 : 重合度300、数平均分子量 $M_n = 10000$ 、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。)

ポリウレタン樹脂 (樹脂溶液 : ポリウレタン樹脂の配合量30質量%、シクロヘキサノンの配合量70質量%) : 10質量部

(ポリウレタン樹脂 : 数平均分子量 $M_n = 25000$ 、ガラス転移温度 $T_g = 110^\circ\text{C}$) 酸化アルミニウム粉末 : 6質量部 ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、平均粒径0.1 μm)

[0420] (第2組成物)

カーボンブラック：2.0質量部（東海カーボン社製、商品名：シーストS、算術平均粒子径70nm）

ポリウレタン樹脂（樹脂溶液：ポリウレタン樹脂の配合量30質量%、シクロヘキサノンの配合量70質量%）：5.0質量部

（ポリウレタン樹脂：数平均分子量 $M_n = 25000$ 、ガラス転移温度 $T_g = 110^\circ\text{C}$ ）
n-ブチルステアレート：2質量部

メチルエチルケトン：121.0質量部

トルエン：121.0質量部

シクロヘキサノン：116.0質量部

[0421] 上記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、ポリイソシアネート（商品名：コロネートL、東ソー株式会社製）：3.3質量部と、ステアリン酸：2質量部とを添加した。

[0422] (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、さらにダイノミル混合を行い、フィルター処理を行い、下地層形成用塗料を調製した。

[0423] (第3組成物)

針状酸化鉄粉末：100質量部

（ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、平均長軸長0.11 μm ）

塩化ビニル系樹脂（シクロヘキサノン溶液30質量%）：46質量部

（塩化ビニル系樹脂：重合度300、数平均分子量 $M_n = 10000$ 、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：3質量部（ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、平均粒径0.1 μm ）

[0424] (第4組成物)

カーボンブラック：30質量部（旭カーボン社製、商品名：#80）

ポリウレタン樹脂（樹脂溶液：ポリウレタン樹脂の配合量30質量%、シクロヘキサノンの配合量70質量%）：40質量部

（ポリウレタン樹脂：数平均分子量 $M_n = 25000$ 、ガラス転移温度 $T_g = 70^\circ\text{C}$ ） 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：100.0質量部

[0425] 上記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）：1.5質量部と、ステアリン酸：1.5質量部とを添加した。

[0426] （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、ディスパ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。カーボンブラック（旭カーボン株式会社製、商品名：#80）：100質量部

ポリエステルポリウレタン：100質量部

（日本ポリウレタン社製、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

[0427] （成膜工程）

上記のようにして作製した塗料を用いて、非磁性支持体としての長尺の高分子フィルムの一方の主面上に下地層および磁性層を以下のようにして形成した。

[0428] まず、基材上に下地層形成用塗料を塗布し乾燥させることにより、下地層を形成した。この際、塗布条件は、カレンダー処理後の下地層の平均厚みが $0.8\mu\text{m}$ となるように調整された。高分子フィルムとしては、平均厚みが

4. $0\ \mu\text{m}$ のPENを用いた。

[0429] 次に、下地層上に、磁性層形成用塗料を塗布し、乾燥させることにより、下地層上に磁性層を形成した。この際、塗布条件は、カレンダー処理後の磁性層の平均厚みが $0.08\ \mu\text{m}$ となるように調整された。磁性層形成用塗料の乾燥の際に、ネオジム磁石により、磁性粉が高分子フィルムの厚み方向に磁場配向された。磁性層形成用塗料の乾燥条件（乾燥温度および乾燥時間）が調整され、長手方向における角形比が33%に設定された。

[0430] 続いて、下地層および磁性層が形成されたPENフィルムの方の他方の主面上にバック層形成用塗料を塗布し乾燥させることにより、バック層を形成した。この際、塗布条件は、カレンダー処理後のバック層の平均厚みが $0.32\ \mu\text{m}$ となるように調整された。以上により、磁気テープが得られた。

[0431] (硬化工程)

次に、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加熱処理を行うことにより、下地層および磁性層を硬化させた。

[0432] (カレンダー工程)

次に、得られた磁気テープMTにカレンダー処理を行い、磁性層の表面を平滑化した。

[0433] (裁断の工程)

上記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 $5.2\ \mu\text{m}$)が得られた。

[0434] (消磁工程およびサーボパターンの書き込み工程)

磁気テープの消磁を行ったのち、磁気テープにサーボパターンを書き込んだ。当該サーボパターンは、磁気テープの幅方向に対して非対称な第1のサーボパターンおよび第2のサーボパターンを含んでいた。また、互いに隣接するサーボバンドにおけるサーボパターンは位相差を有していた。

[0435] 実施例3では、磁性層として塗布膜を用い、高分子フィルムとしてPENフィルムを用い、PENフィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整

することにより、平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW が表1に示す値に設定された。

[0436] [実施例4]

PENフィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整し、さらにカレンダー工程後にひずみ緩和処理（60℃環境にて48時間保持）を行った。これにより平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW が表1に示す値に設定された。

上記以外のことは実施例3と同様にして平均厚み5.2 μm の磁気テープを得た。

[0437] [比較例1]

高分子フィルムとして、平均厚みが4.8 μm であり、温度50℃の環境下における長手方向の平均貯蔵弾性率が3.9GPaであり、長手方向の平均ヤング率が4.7GPaであるPETフィルムを用いた。磁性層としてスパッタ膜を用い、高分子フィルムとしてPETフィルムを用い、PETフィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整することにより、平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW が表1に示す値に設定された。

上記以外のことは実施例1と同様にして平均厚み5.2 μm の磁気テープを得た。

[0438] [比較例2]

PENフィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整することにより、平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW が表1に示す値に設定された。

上記以外のことは実施例3と同様にして平均厚み5.2 μm の磁気テープを得た。

[0439] [比較例3]

高分子フィルムとして、平均厚みが4.6 μm の強化PETフィルムを用いた。

強化PETフィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整することに

より、平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW が表1に示す値に設定された。

上記以外のことは実施例3と同様にして平均厚み $5.6\ \mu\text{m}$ の磁気テープを得た。

[0440] [比較例4]

高分子フィルムとして、平均厚みが $4.0\ \mu\text{m}$ の強化PETフィルムを用いた。

強化PETフィルムの幅方向および長手方向の延伸強度を調整することにより、平均幅変化量 ΔA および平均テンション応答性 ΔW が表1に示す値に設定された。

上記以外のことは実施例3と同様にして平均厚み $5.2\ \mu\text{m}$ の磁気テープを得た。

[0441] 実施例1～4および比較例1～4の各磁気記録テープについて、評価を行った。具体的には、当該各磁気記録テープについて、平均幅変化量 ΔA 、平均テンション応答性 ΔW 、磁気テープの平均厚み、基体の平均厚み、磁気テープの長手方向における磁性層の角形比 S_2 、及び磁気テープの長手方向の平均ヤング率を測定した。これらは、上記1.(2)において説明した測定方法により求められたものである。これらの測定結果は表1に記載されている。また、図42は、実施例1に係る磁気テープの幅変化量の測定結果を示すグラフである。

[0442] 実施例1～4および比較例1～4の各磁気記録テープについて、上記1.(4)において説明した測定方法によりサーボバンドピッチ差を測定した。また、実施例1～4および比較例1～4の各磁気記録テープについて、10年を想定した幅変化量、10年を想定した幅変化を調整するために必要なテンション、及び傾斜して配置されたドライブヘッドの移動角度を算出した。これらの算出方法について以下で説明する。

[0443] [10年を想定した幅変化量の算出方法]

上記1.(2)において説明した平均幅変化量 ΔA の測定方法に従って、

磁気テープから取得した3つのサンプルについて、幅の測定開始から1時間後の幅変化量と40時間後の幅変化量を測定した。3つのサンプルの1時間後の幅変化量を算術平均し、測定開始から1時間後の平均幅変化量を得た。また、3つのサンプルの40時間後の幅変化量を算術平均し、測定開始から40時間後の平均幅変化量を得た。時間軸Xを対数として、測定開始から1時間後の平均幅変化量（これを初期値0とする）と、40時間後の平均幅変化量から外挿して、10年後の幅変化を想定した。図43は、各実施例および比較例における10年を想定した幅変化量を示すグラフである。

[0444] [10年を想定した幅変化を調整するために必要なテンションの算出方法]

L T O 7 D r i v e の測定環境は32℃55%で固定した。

カートリッジの保存は、0.55Nのテンションでカートリッジに巻き込んだ状態で実施した。なお、測定開始は、各環境下で1時間後から測定した。

測定回数は1回/日で実施し、14日間測定した。

測定バンドは通常のC r e e p 評価ではD B 0部を測定した。

10年後の想定

保存時間とクリープ変化量から、測定開始時の点と、14日後（336時間）の点から近似式にてC r e e p r a t e を算出した。

このC r e e p r a t e から、10年後（87600hrs）を算出した。

10年後のクリープ変化量/張力応答性=10年を想定した幅変化を調整するために必要なテンションとなる。

[0445] [サーボバンドピッチの測定方法]

上記1.（4）において説明した測定方法により、テープドライブ装置によって磁気テープを走行させ、2つのサーボリードヘッドの各サーボバンド上でのサーボトレースラインTをそれぞれ測定し、測定した各サーボトレースラインTのサーボパターンに対する相対位置からサーボバンドピッチを測定した。

[0446] [傾斜して配置されたドライブヘッドの移動角度の算出方法]

図44は、傾斜して配置されたドライブヘッドの移動角度の算出方法を説明するための模式図である。当該移動角度は、10年を想定した幅変化に対処するために必要なドライブヘッドの移動角度である。

図44の左側には、初期（幅変化前）の磁気テープにおける、ドライブヘッドの2つのサーボリードヘッドの間隔（ h ）、サーボバンドピッチ（ SP ）、及びドライブヘッドの傾斜角度（ 10° ）が示されている。図44の左側の場合において、 $\cos 10^\circ = SP/h$ である。

図44の右側には、サーボバンドピッチが狭くなった後（幅変化後）の磁気テープにおける、サーボバンドピッチ（ $SP - \Delta SP$ ）、ドライブヘッドの移動角度（ α ）、及びドライブヘッドの移動後の傾斜角度（ $10^\circ + \alpha$ ）が示されている。図44の右側の場合において、 $\cos (10^\circ + \alpha) = (SP - \Delta SP) / h$ である。この式から、ドライブヘッドの移動角度（ α ）は次のとおり算出される。

$$10^\circ + \alpha = \cos^{-1} [(SP - \Delta SP) / h]$$

$$\alpha = \cos^{-1} [(SP - \Delta SP) / h] - 10^\circ$$

[0447] これらの算出結果は表1に記載されている。

[0448]

[表1]

	50℃ 平均幅変化量 総対値ΔA (ppm)	50℃ 平均テンション 応答性 ΔW (ppm/N)	磁性層種 類	磁気テープ 平均厚み (μm)	基体 平均厚み (μm)	基体 材料	磁手方向 角型比 (%)	サーボバンド ピッチ差(μm)	幅変化を 調整するために必要な テンション (N)	10年を想定した 幅変化量総対値 (ppm)	10年を想定した 調整するために必要な テンション (N)	傾斜して配施された ドライブヘッドの移動角度 (初期傾斜角度10°)
実施例1	97.7	759	スパッタ	4.2	3.8	PEN	4.7	0.095	-0.13	303	-0.40	0.095°
実施例2	138.2	715	スパッタ	4.2	3.8	PET	4.7	0.095	-0.19	428	-0.60	0.140°
実施例3	35.4	715	塗布	5.2	4.0	PEN	33	0.095	-0.04	110	-0.12	0.028°
実施例4	142.8	841	塗布	5.2	4.0	PEN	30	0.095	-0.18	443	-0.56	0.161°
比較例1	206.2	818	スパッタ	5.2	4.8	PET	4.7	0.095	-0.33	839	-1.03	0.208°
比較例2	220.0	759	塗布	5.2	4.0	PEN	37	0.095	-0.29	682	-0.90	0.219°
比較例3	180.7	715	塗布	5.6	4.6	PET	38	0.095	-0.25	560	-0.78	0.181°
比較例4	198.2	802	塗布	5.2	4.0	PET	33	0.095	-0.25	814	-0.77	0.208°

- [0449] 表1に示されるとおり、実施例1～4は、平均幅変化量 ΔA の絶対値が170ppm以下であり、平均テンション応答性 ΔW が700ppm/N以上であり、複数のサーボバンドにおいて隣接する2つのサーボバンドピッチの磁気記録媒体全長にわたる差の平均値が100nm以下の条件を満たす磁気テープである。比較例1～4は当該条件を満たさない磁気テープである。
- [0450] テープドライブ装置において、絶対値が0.75Nを超えるテンションの調整は実際上困難であると考えられる。比較例1～4の場合、10年を想定した幅変化を調整するために必要なテンションの絶対値は、0.75Nを超えている。そのため、比較例1～4の磁気テープの場合、10年後に想定される幅変化をテンションの調整により補正することは困難であると考えられる。一方、実施例1～4の場合、10年を想定した幅変化を調整するために必要なテンションの絶対値は、0.56N以下である。そのため、実施例1～4の磁気テープの場合、10年後に想定される幅変化をテンションの調整により補正可能と考えられる。
- [0451] これらの結果から、平均幅変化量 ΔA の絶対値を170ppm以下とし、平均テンション応答性 ΔW が700ppm/N以上とすることにより、長期間（例えば10年間）に亘って磁気テープを高温環境下で保存または走行した場合にも、テンションの調整により磁気テープの幅変化を補正できると考えられる。
- [0452] 10年を想定した幅変化量の絶対値が500ppmを超えると（幅変化量の絶対値が500ppmを超えると）、幅変化をもたらすクリープ変形以外の要因（例えば温湿度変化など）をすべて考慮した場合に、ドライブヘッドの移動角度が過度に大きくなる虞がある。すなわち、クリープ変形とそれ以外（例えば温湿度変化など）とに起因する10年後の幅変化に対して、ドライブヘッドの角度調整により対応しようとする、ドライブヘッドの移動角度が大きくなり過ぎる虞がある。移動角度が大きくなり過ぎると、ドライブヘッドの追従性が悪化して、磁気テープの幅変化に十分に対応できない可能性がある。

[0453] 実施例1～4の磁気テープの場合、10年を想定した幅変化量の絶対値が500ppmを超えないため、10年後に想定される幅変化に対して、ドライブヘッドの角度調整により対応できると考えられる。したがって、本技術の磁気テープは、長期間（例えば10年間）に亘って磁気テープを高温環境下で保存または走行した場合にも、ドライブヘッドの角度調整により磁気テープの幅変化に対応できると考えられる。

[0454] 以上、本技術の実施形態および変形例について具体的に説明したが、本技術は、上記の実施形態および変形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。例えば、上記の実施形態および変形例において挙げた構成、方法、工程、形状、材料およ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、材料および数値等を用いてもよい。上記の実施形態および変形例の構成、方法、工程、形状、材料および数値等は、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。

[0455] 本技術は、以下のような構成を採用することもできる。

[1]

幅方向に隣接する複数のサーボパターンが記録される複数のサーボバンドを有する磁性層を有するテープ状の磁気記録媒体であって、

前記磁気記録媒体の幅1/2インチあたり0.55Nのテンションが長手方向に加えられた状態で温度50℃、相対湿度40%RHの環境下に40時間静置される前後の磁気記録媒体の平均幅変化量の絶対値が170ppm以下であり、かつ、温度50℃、相対湿度40%RHの環境下における、長手方向のテンションに対する平均テンション応答性が700ppm/N以上であり、

前記複数のサーボバンドにおいて隣接する2つのサーボバンドピッチの磁気記録媒体全長にわたる差の平均値が100nm以下である磁気記録媒体。

[2]

前記平均テンション応答性が、715ppm/N以上15000ppm/

N以下である、[1]に記載の磁気記録媒体。

[3]

前記平均幅変化量の絶対値が、140 ppm以下である、[1]または[2]に記載の磁気記録媒体。

[4]

基体と、下地層と、磁性層とを順次備え、前記基体は、ポリエステル類を含む、[1]～[3]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[5]

前記ポリエステル類は、ポリエチレンテレフタレートおよびポリエチレンナフタレートからなる群より選ばれた少なくとも1種を含む、[1]～[4]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[6]

前記基体の平均厚みは、4.4 μm 以下である、[4]または[5]に記載の磁気記録媒体。

[7]

前記磁性層は、真空薄膜である、[1]～[6]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[8]

前記磁性層は、塗布膜である、[1]～[6]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[9]

前記磁性層は、磁性粉を含む、[8]に記載の磁気記録媒体。

[10]

前記磁性粉は、 ϵ 酸化鉄磁性粉、六方晶フェライト磁性粉またはCo含有スピネルフェライト磁性粉を含む、[9]に記載の磁気記録媒体。

[11]

前記磁性層の平均厚みは、90 nm以下である、[4]～[10]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[12]

前記下地層の平均厚みは、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下である、[4]～[11]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[13]

前記磁気記録媒体の平均厚みは、 $5.3\ \mu\text{m}$ 以下である、[1]～[12]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[14]

前記磁気記録媒体の長手方向における前記磁性層の角形比は、35%以下である、[1]～[13]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[15]

前記磁性層は、5以上のサーボバンドを有する、[1]～[14]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[16]

前記サーボバンドの幅は、 $98\ \mu\text{m}$ 以下である、[15]に記載の磁気記録媒体。

[17]

前記磁性層は、複数のデータトラックを形成可能に構成され、前記データトラックの幅は、 $1100\ \text{nm}$ 以下である、[1]～[16]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[18]

ヤング率は $8\ \text{GPa}$ 以下である、[1]～[17]のいずれか1つに記載の磁気記録媒体。

[19]

磁気記録媒体の磁性層に磁気記録媒体幅方向に隣接する複数のサーボパターンが記録された磁気記録媒体の製造方法であって、前記磁気記録媒体を走行させ、サーボライトヘッドの複数の記録部の温度を個別に調整し、

前記複数の記録部によって前記磁性層に前記複数のサーボパターンを記録する磁気記録媒体の製造方法。

[2 0]

[1] に記載された磁気記録媒体と、前記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書き込み可能に構成された記憶部とを備えるカートリッジ。

符号の説明

[0456]	MT	磁気テープ
	5	記録トラック
	6	サーボパターン
	9	カートリッジメモリ
	10	テープカートリッジ
	10S	サンプル
	11	カートリッジケース
	11a	上シェル
	11b	下シェル
	13	テープリール
	14	開口部
	15	金属プレート
	16	リールスプリング
	17	リールロック部材
	18	スパイダ
	19	テープ引出し口
	20	スライドドア
	21	トーションバネ
	22	リーダーピン
	23	ピン保持部
	24	弾性保持具
	25	セイフティタブ
	30	テープドライブ装置

- 3 1 スピンドル
- 3 2 巻取りリール
- 3 3 スピンドル駆動装置
- 3 4 リール駆動装置
- 3 5 ガイドローラ
- 3 6 ドライブヘッド
- 3 6 a 第1のドライブヘッド
- 3 6 b 第2のドライブヘッド
- 3 7 リーダライタ
- 3 8 制御装置
- 3 9 温度計
- 4 0 湿度計
- 4 1 基体
- 4 2 下地層
- 4 3 磁性層
- 4 4 バック層
- 7 0 コイル
- 8 0 温度調整部
- 9 1 送風ブロック
- 9 1 a ガス噴出口
- 9 2 a ガス噴出口
- 9 2 L 位置決めブロック
- 9 2 R 位置決めブロック
- 9 3 シールド板
- 9 4 弁機構
- 9 5 溝部
- 9 6 切欠き部
- G 1 角溝

T 1	頂部
1 0 0	サーボパターン記録装置
1 1 1	送り出しローラ
1 1 2	前処理部
1 1 2 a	永久磁石
1 1 3	サーボライトヘッド
1 1 4	再生ヘッド部
1 1 5	巻き取りローラ
1 2 0	駆動部
1 2 1	変換器
1 2 2	信号生成部
1 2 3	増幅器
1 3 0	コントローラ
1 3 1	ヘッド本体
1 3 2	サーボリードヘッド
1 3 3	データライト／リードヘッド
1 3 4	データライトヘッド
1 3 5	データリードヘッド
1 4 1	ガイドローラ
1 4 2	ガイドローラ
2 3 1	固定部
2 3 2 ₁	第1支持部材
2 3 2 ₂	第2支持部材
2 3 2 ₃	第3支持部材
2 3 2 ₄	第4支持部材
2 3 2 ₅	第5支持部材
2 3 2 A	スリット
2 3 3	重り

2 3 4	発光器
2 3 5	受光器
L	光
3 2 1	カートリッジ
3 0 2	上ハーフ
3 0 2 a	窓部
3 0 5	下ハーフ
3 0 6	リール
3 0 6 a	ハブ部
3 0 6 b	下フランジ
3 0 6 c	上フランジ
3 0 7	リール
3 0 9	フロントリッド
3 0 9 A	バックリッド
3 1 1	リールプレート
3 2 2	リールホルダー
3 2 3	窓部材
3 2 3 a	取付孔
4 0 1	記録部
4 0 2	ヘッドブロック
4 1 1	第1の領域
4 1 2	第2の領域
5 1 1	基体
5 1 2	S U L
5 1 3 A	第1のシード層
5 1 3 B	第2のシード層
5 1 4 A	第1の下地層
5 1 4 B	第2の下地層

- 5 1 5 磁性層
- 5 1 6 保護層
- 5 1 7 潤滑層
- 5 1 8 バック層
- 6 0 1 第1のサーボパターン
- 6 0 2 第2のサーボパターン
- 6 2 0 スパッタ装置
- 6 2 1 成膜室
- 6 2 2 ドラム
- 6 2 3 a カソード
- 6 2 3 b カソード
- 6 2 3 c カソード
- 6 2 3 d カソード
- 6 2 3 e カソード
- 6 2 3 f カソード
- 6 2 4 供給リール
- 6 2 5 巻き取りリール
- 6 2 6 排気口
- 6 2 7 a ガイドロール
- 6 2 7 b ガイドロール
- 6 2 7 c ガイドロール
- 6 2 8 a ガイドロール
- 6 2 8 b ガイドロール
- 6 2 8 c ガイドロール
- 7 3 1 シード層
- 7 3 2 A 第1の下地層
- 7 3 2 B 第2の下地層

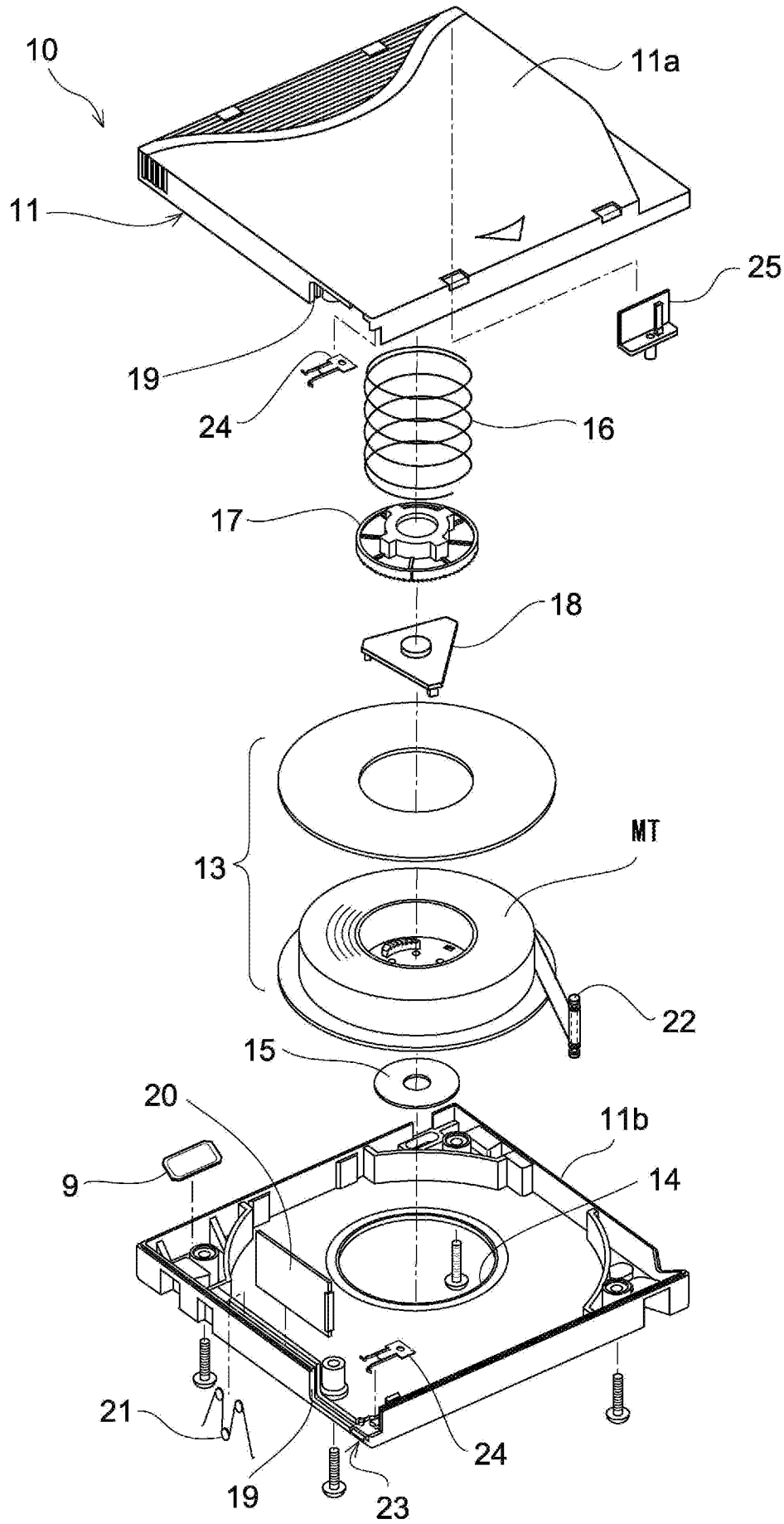
請求の範囲

- [請求項1] 幅方向に隣接する複数のサーボパターンが記録される複数のサーボバンドを有する磁性層を有するテープ状の磁気記録媒体であって、
前記磁気記録媒体の幅1 / 2インチあたり0.55Nのテンションが長手方向に加えられた状態で温度50℃、相対湿度40%RHの環境下に40時間静置される前後の磁気記録媒体の平均幅変化量の絶対値が170ppm以下であり、かつ、温度50℃、相対湿度40%RHの環境下における、長手方向のテンションに対する平均テンション応答性が700ppm/N以上であり、
前記複数のサーボバンドにおいて隣接する2つのサーボバンドピッチの磁気記録媒体全長にわたる差の平均値が100nm以下である磁気記録媒体。
- [請求項2] 前記平均テンション応答性が、715ppm/N以上15000ppm/N以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項3] 前記平均幅変化量の絶対値が、140ppm以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項4] 基体と、下地層と、磁性層とを順次備え、前記基体は、ポリエステル類を含む、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項5] 前記ポリエステル類は、ポリエチレンテレフタレートおよびポリエチレンナフタレートからなる群より選ばれた少なくとも1種を含む、請求項4に記載の磁気記録媒体。
- [請求項6] 前記基体の平均厚みは、4.4μm以下である、請求項4に記載の磁気記録媒体。
- [請求項7] 前記磁性層は、真空薄膜である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項8] 前記磁性層は、塗布膜である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項9] 前記磁性層は、磁性粉を含む、請求項8に記載の磁気記録媒体。
- [請求項10] 前記磁性粉は、ε酸化鉄磁性粉、六方晶フェライト磁性粉またはCo含有スピネルフェライト磁性粉を含む、請求項9に記載の磁気記録

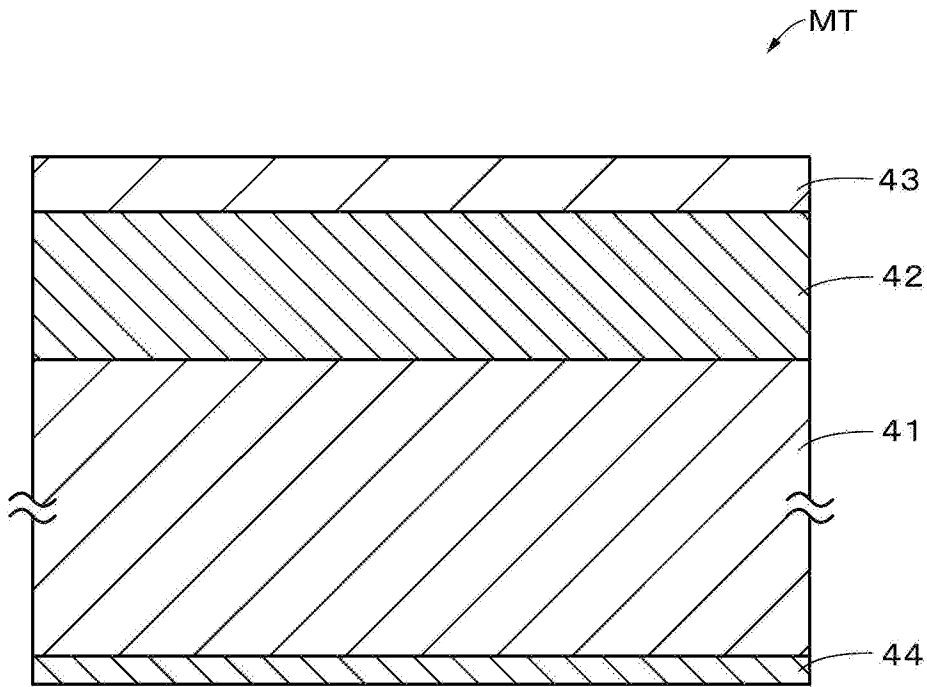
媒体。

- [請求項11] 前記磁性層の平均厚みは、 90 nm 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項12] 前記下地層の平均厚みは、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項4に記載の磁気記録媒体。
- [請求項13] 前記磁気記録媒体の平均厚みは、 $5.3\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項14] 前記磁気記録媒体の長手方向における前記磁性層の角形比は、 35% 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項15] 前記磁性層は、5以上のサーボバンドを有する、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項16] 前記サーボバンドの幅は、 $98\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項17] 前記磁性層は、複数のデータトラックを形成可能に構成され、前記データトラックの幅は、 1100 nm 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項18] ヤング率は 8 GPa 以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [請求項19] 磁気記録媒体の磁性層に磁気記録媒体幅方向に隣接する複数のサーボパターンが記録された磁気記録媒体の製造方法であって、前記磁気記録媒体を走行させ、サーボライトヘッドの複数の記録部の温度を個別に調整し、
前記複数の記録部によって前記磁性層に前記複数のサーボパターンを記録する磁気記録媒体の製造方法。
- [請求項20] 請求項1に記載された磁気記録媒体と、前記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書き込み可能に構成された記憶部とを備えるカートリッジ。

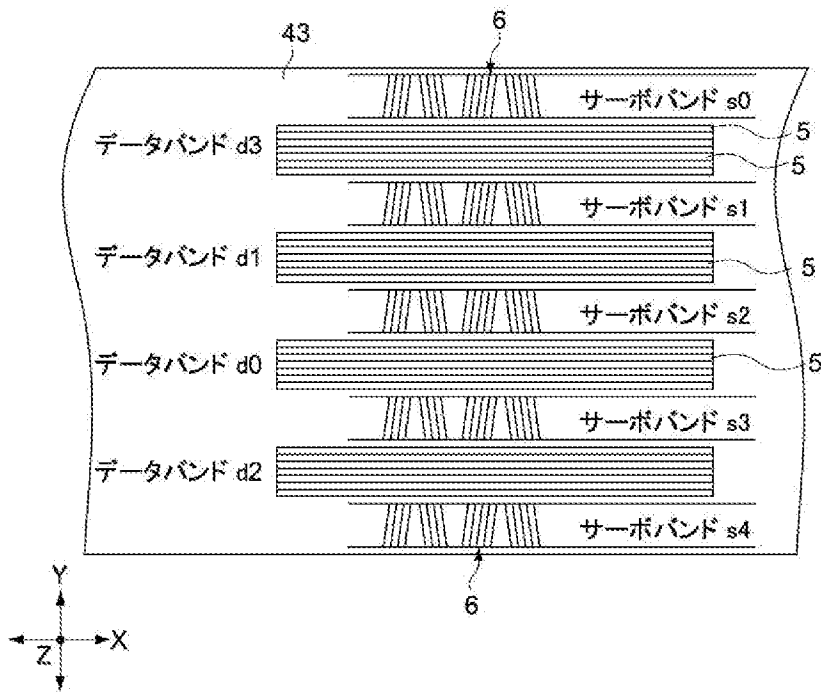
[図1]



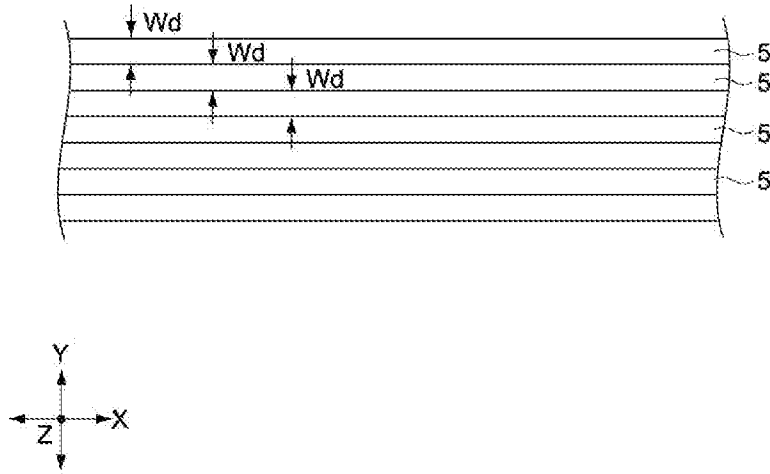
[図2]



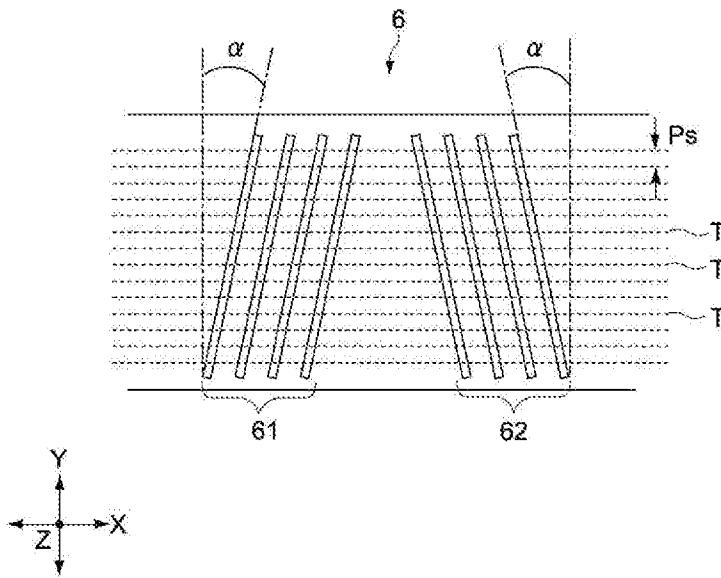
[図3]



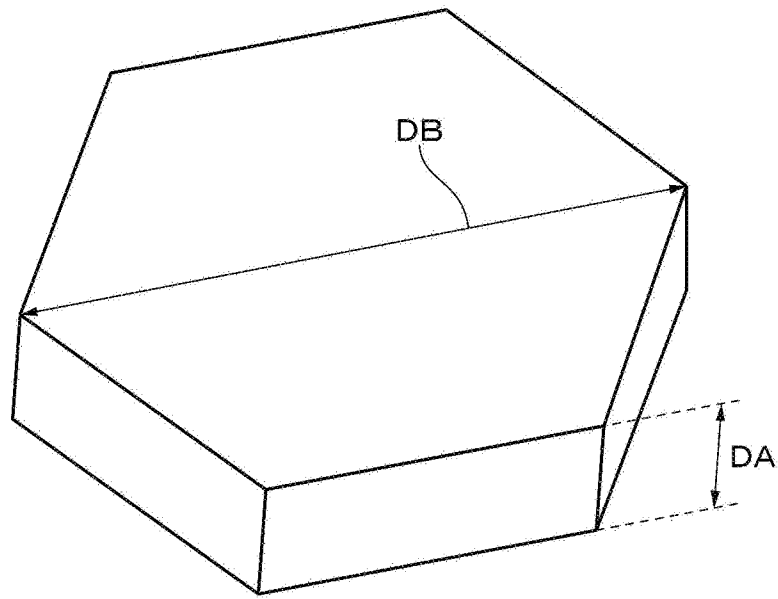
[図4]



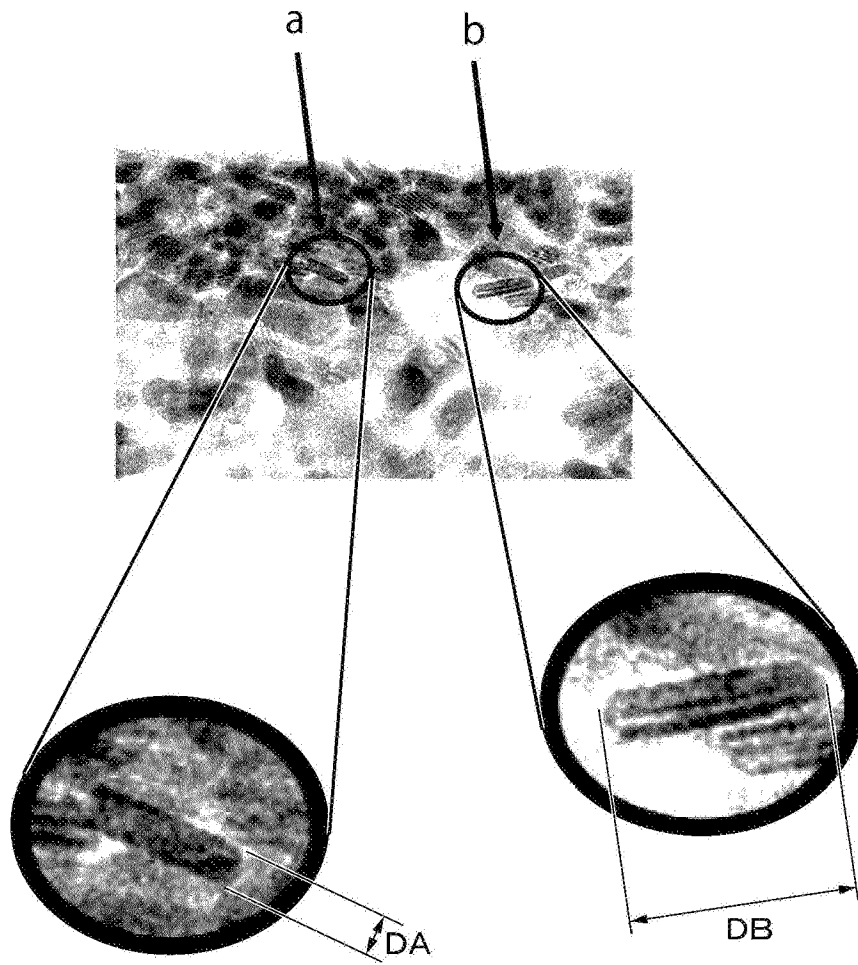
[図5]



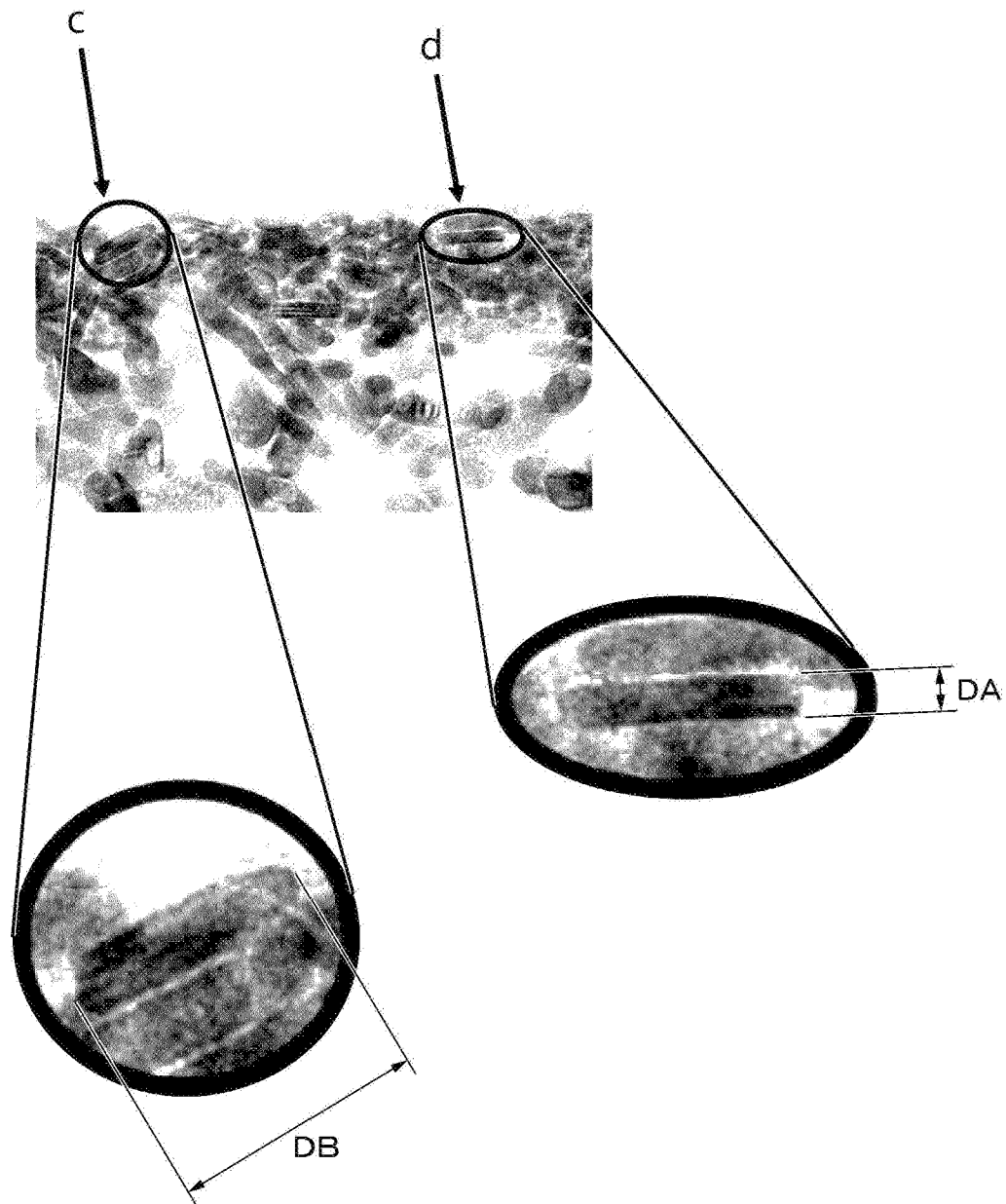
[図6]



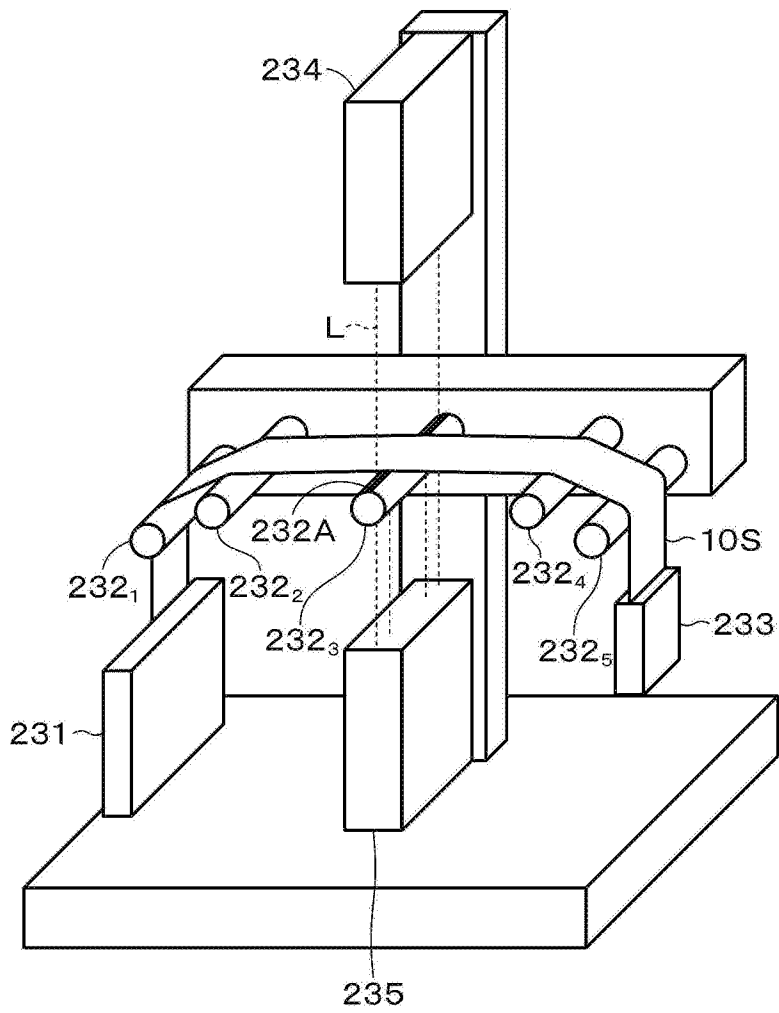
[図7]



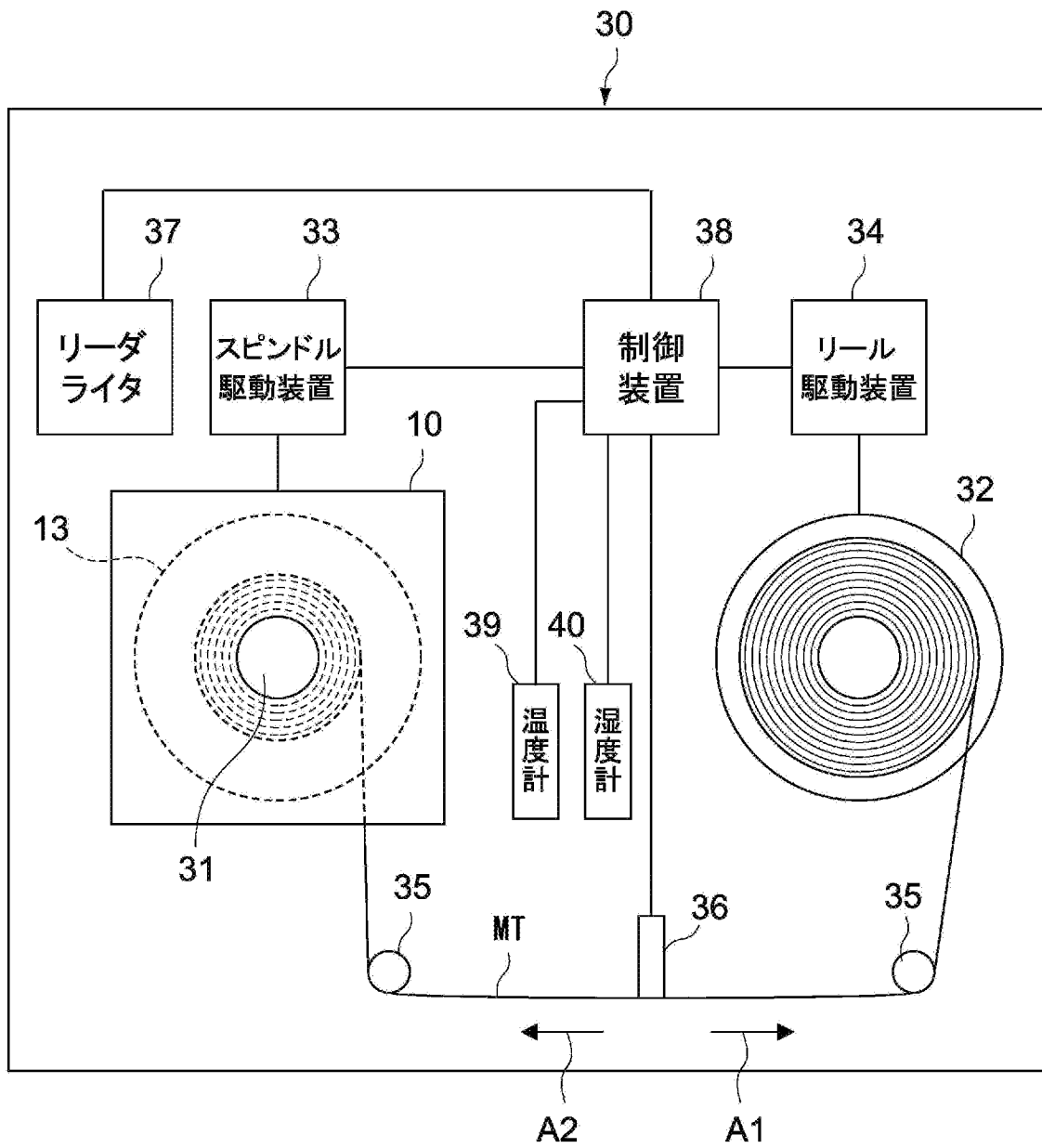
[図8]



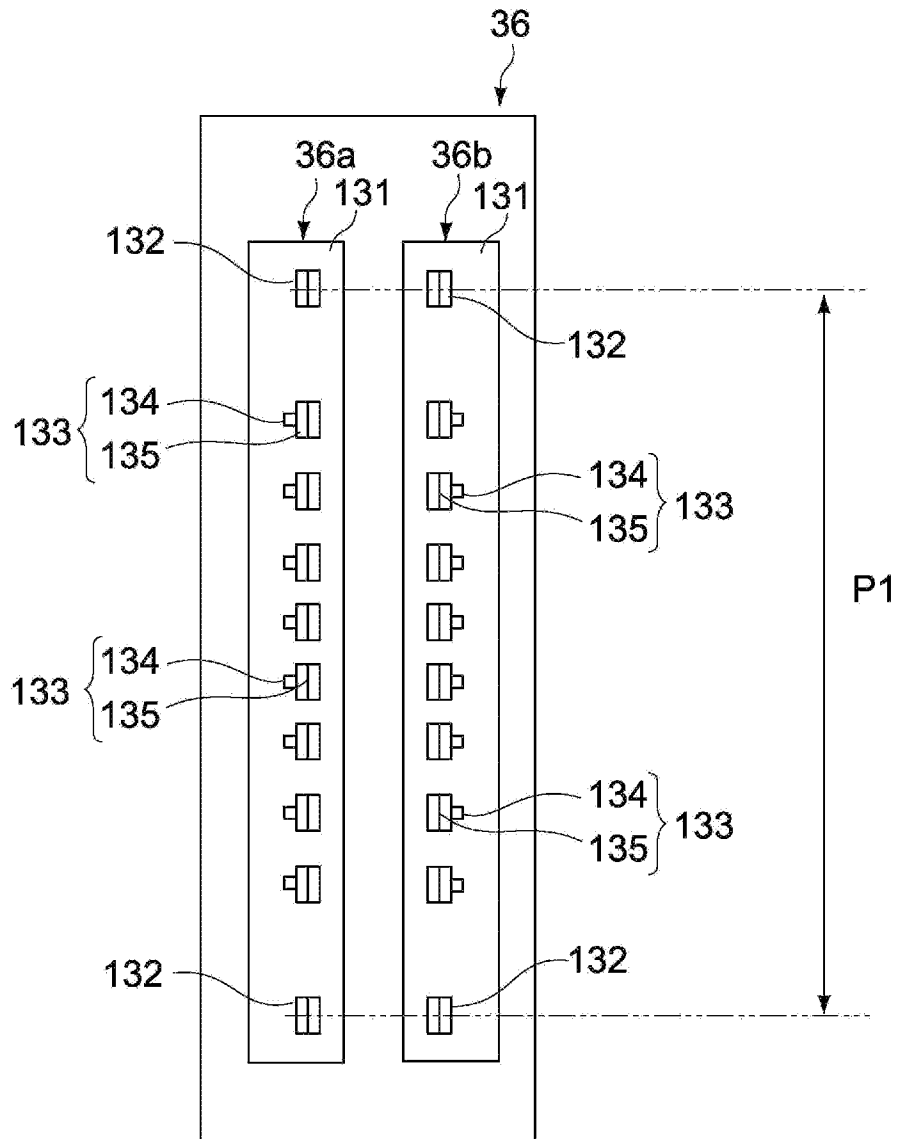
[図9]



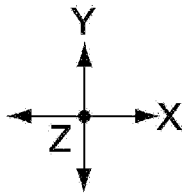
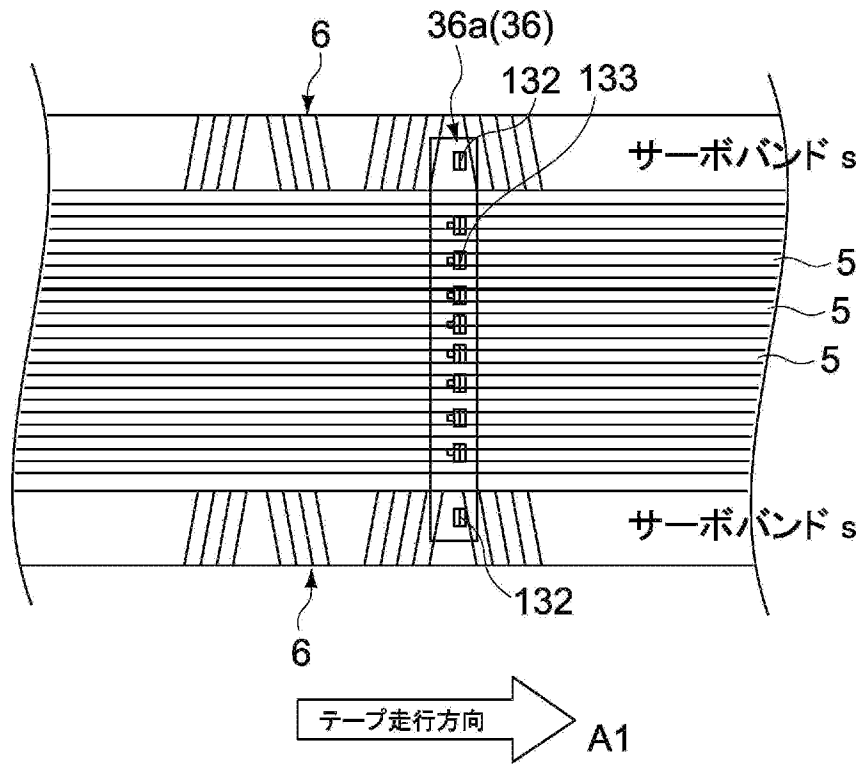
[図10]



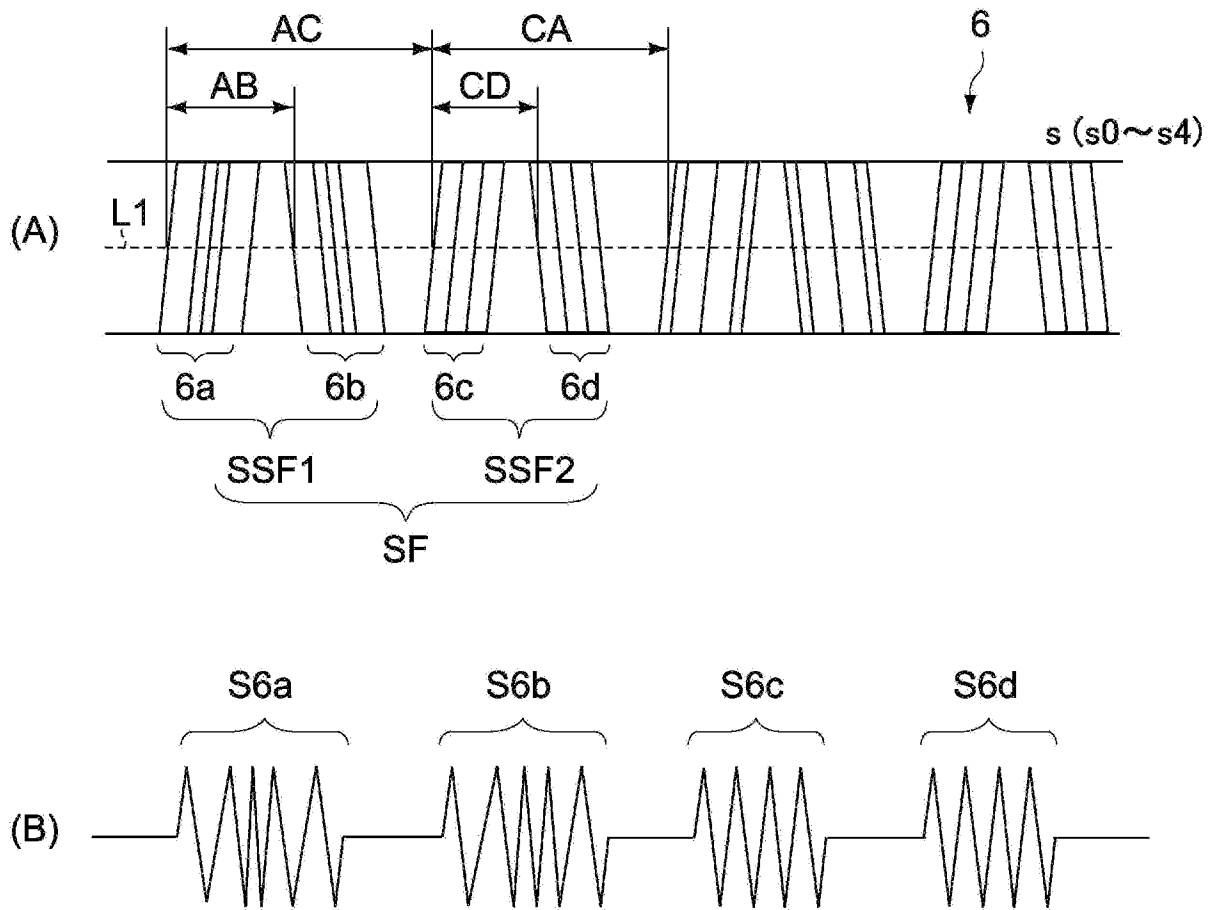
[図11]



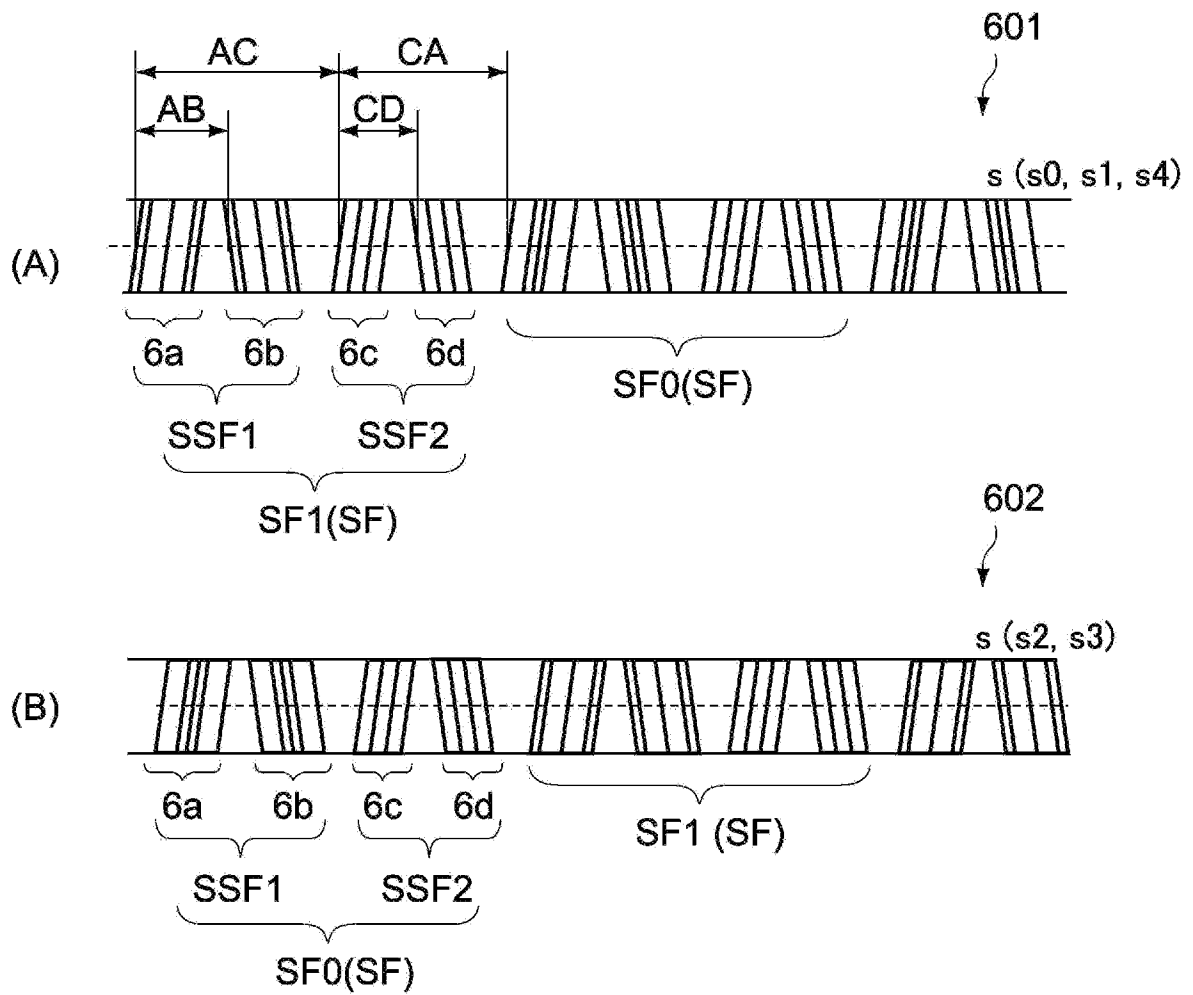
[図12]



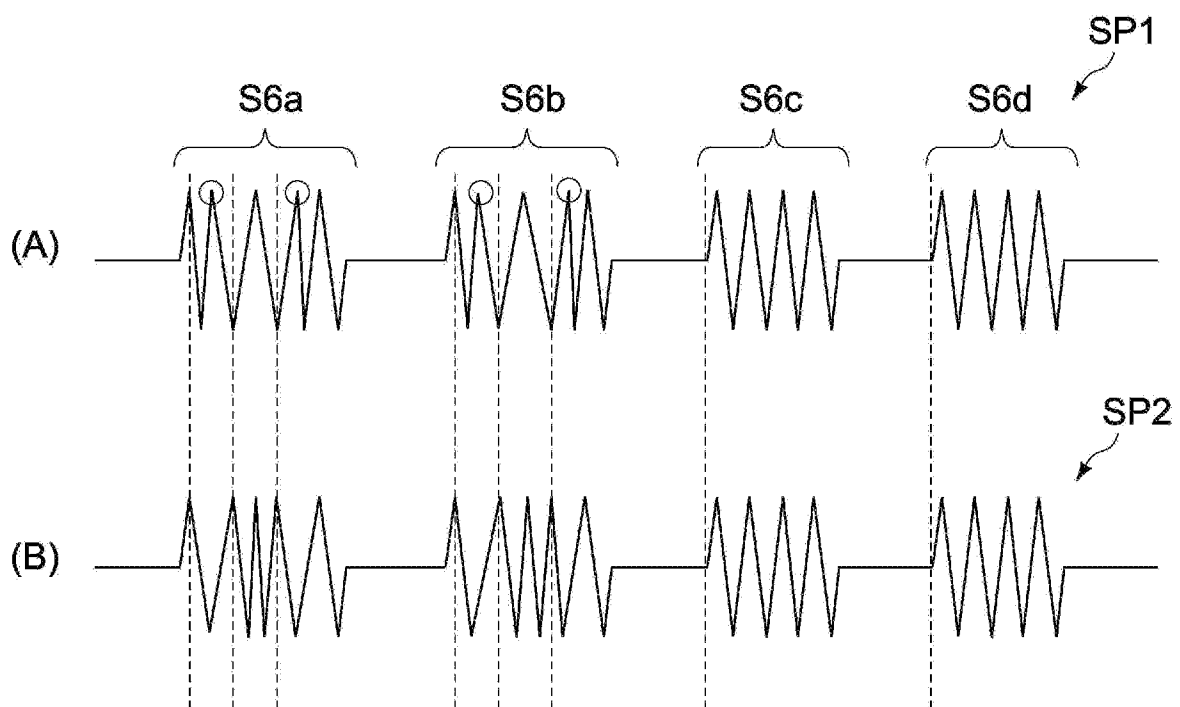
[図13]



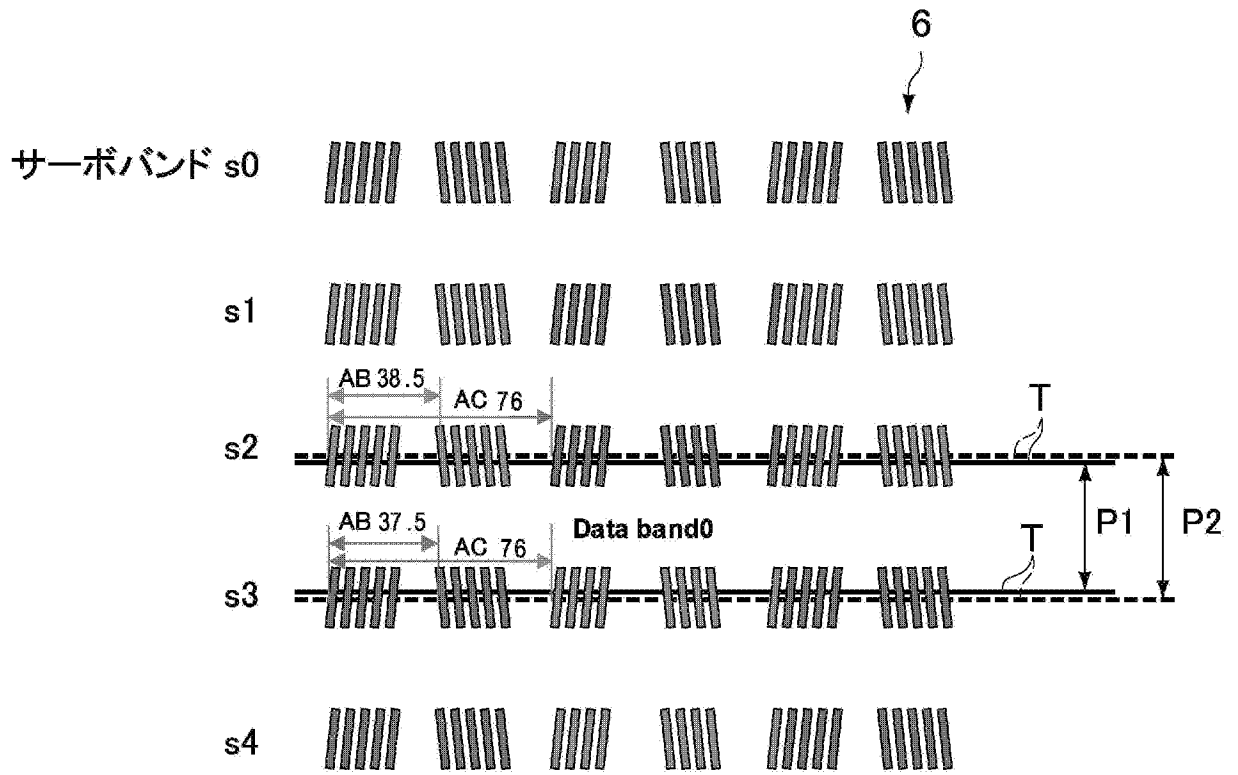
[図14]



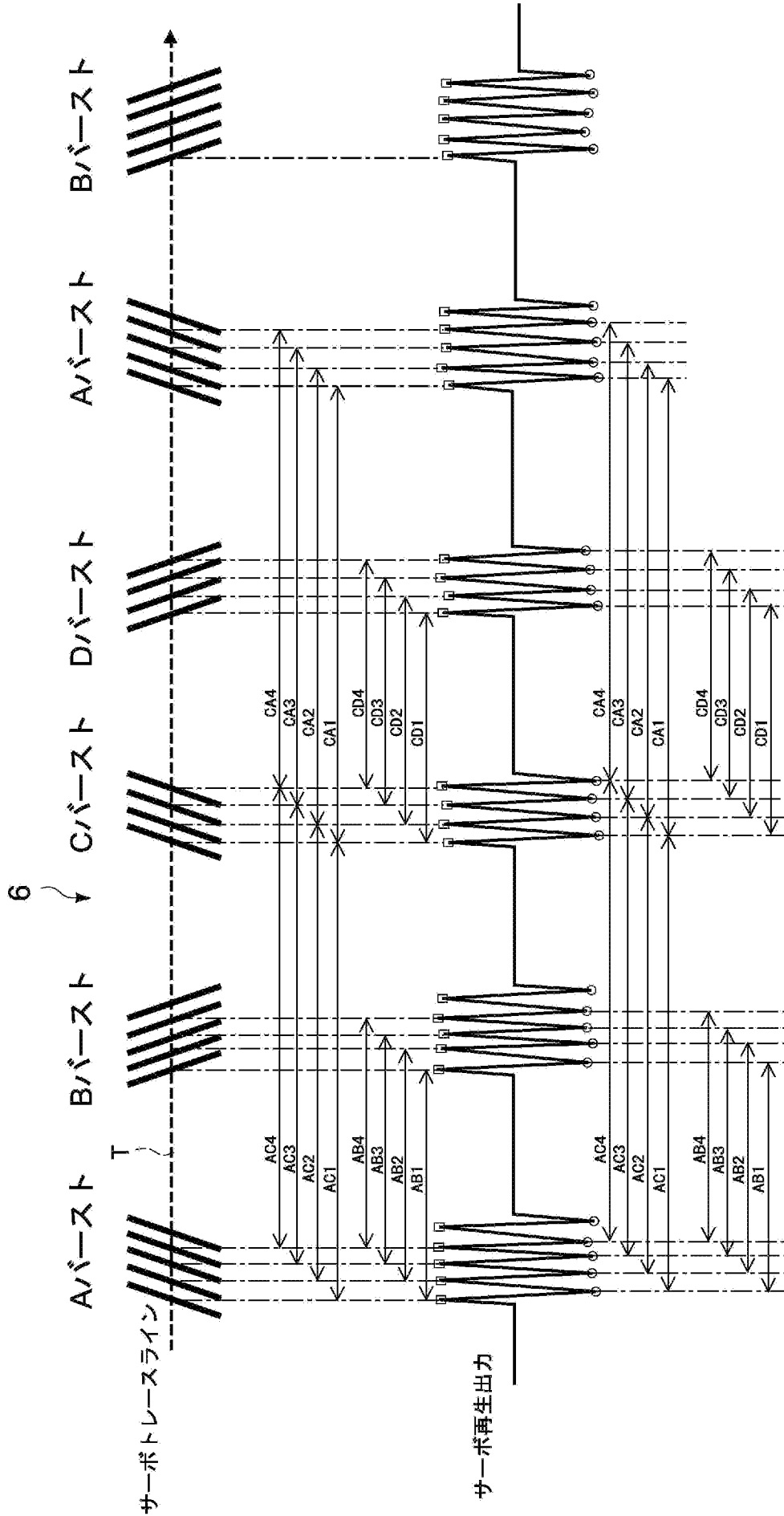
[図15]



[図16]



[図17]



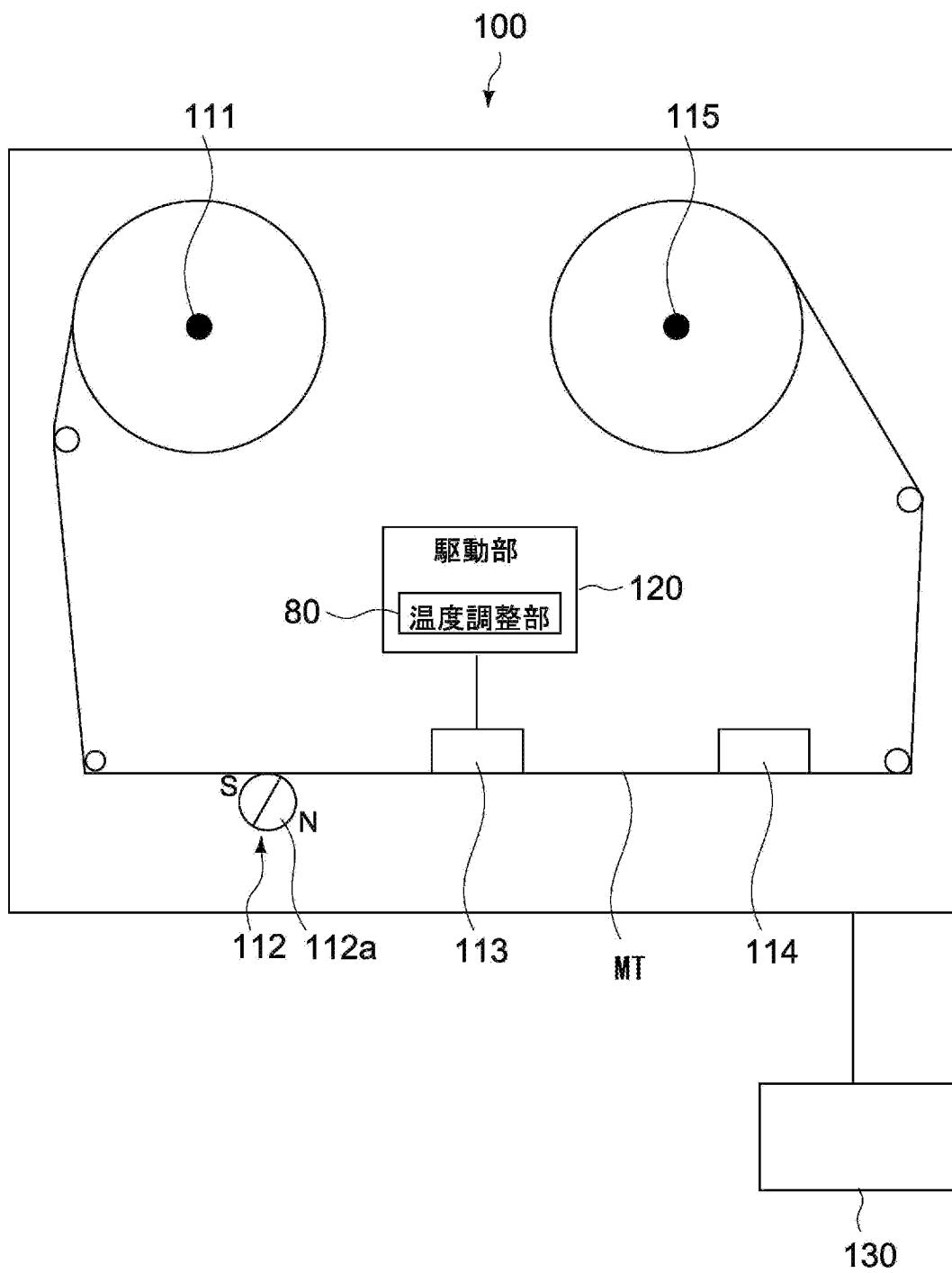
$$\frac{\sum \text{CD Time}}{\sum \text{CA Time}} \times \text{CA}[\mu\text{m}] \times \frac{1}{2 \tan \theta}$$

(Average: Peak, Valley)

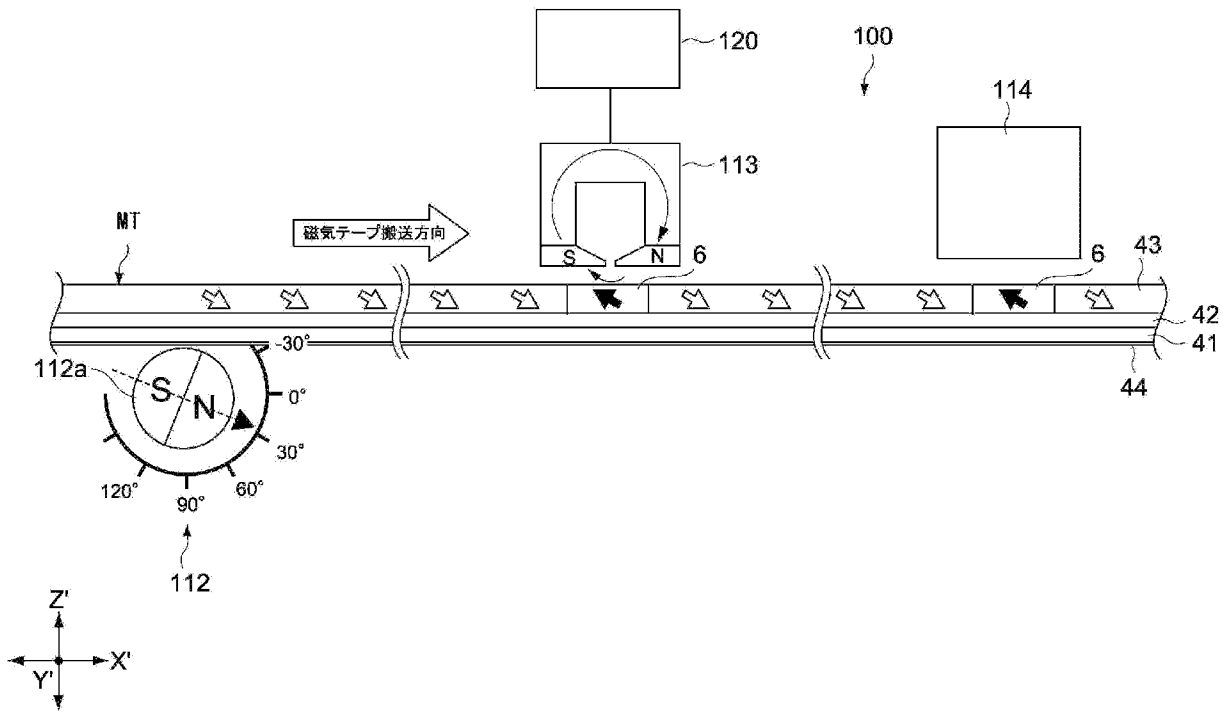
$$\frac{\sum \text{AB Time}}{\sum \text{AC Time}} \times \text{AC}[\mu\text{m}] \times \frac{1}{2 \tan \theta}$$

(Average: Peak, Valley)

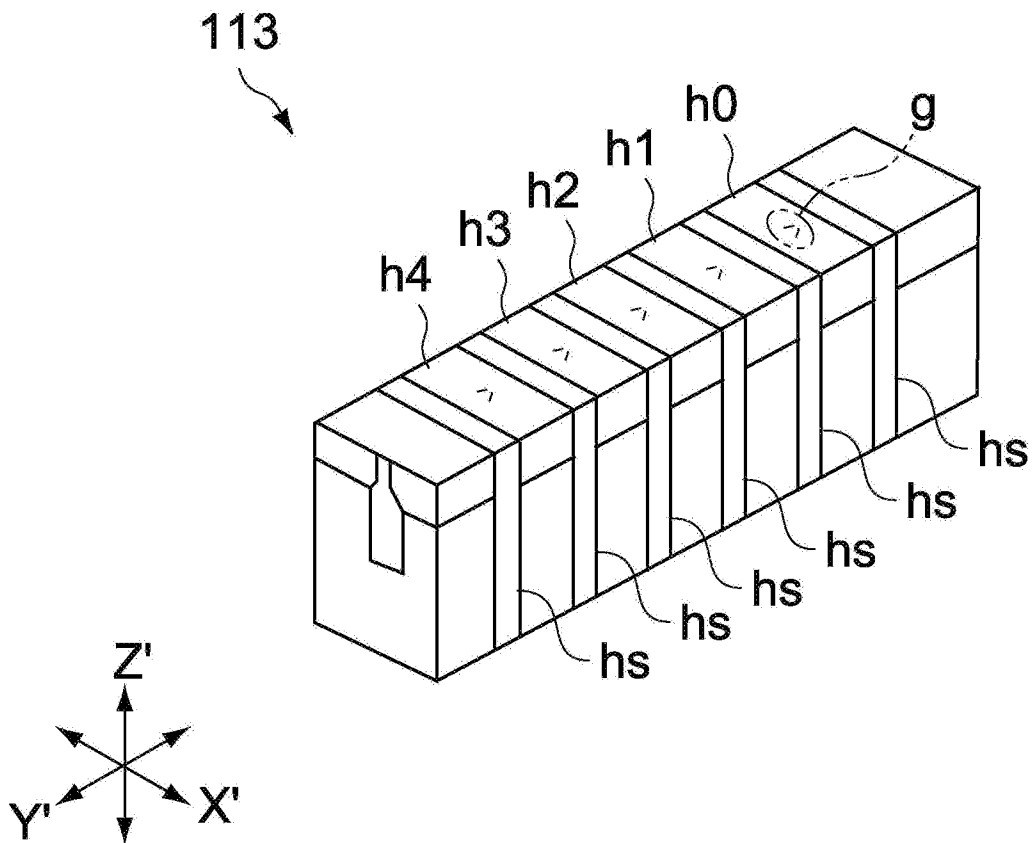
[図18]



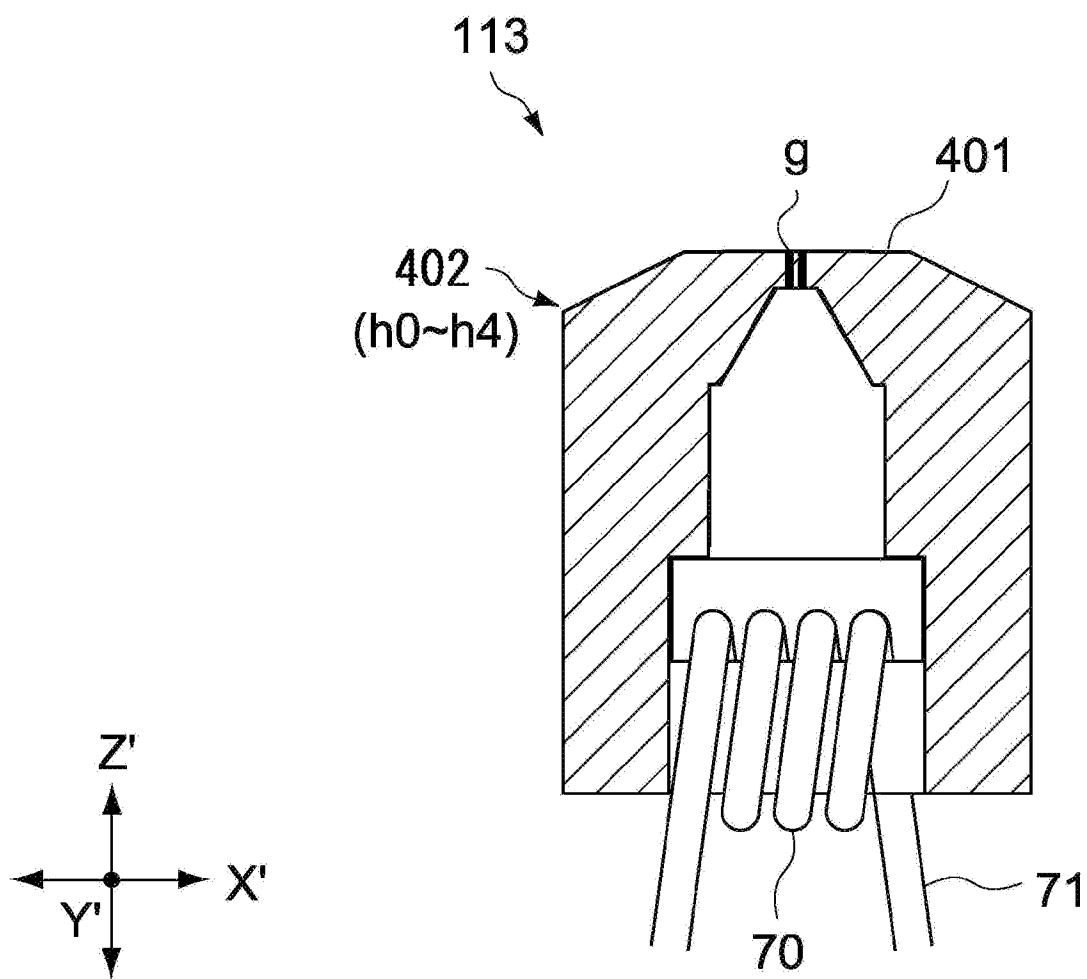
[図19]



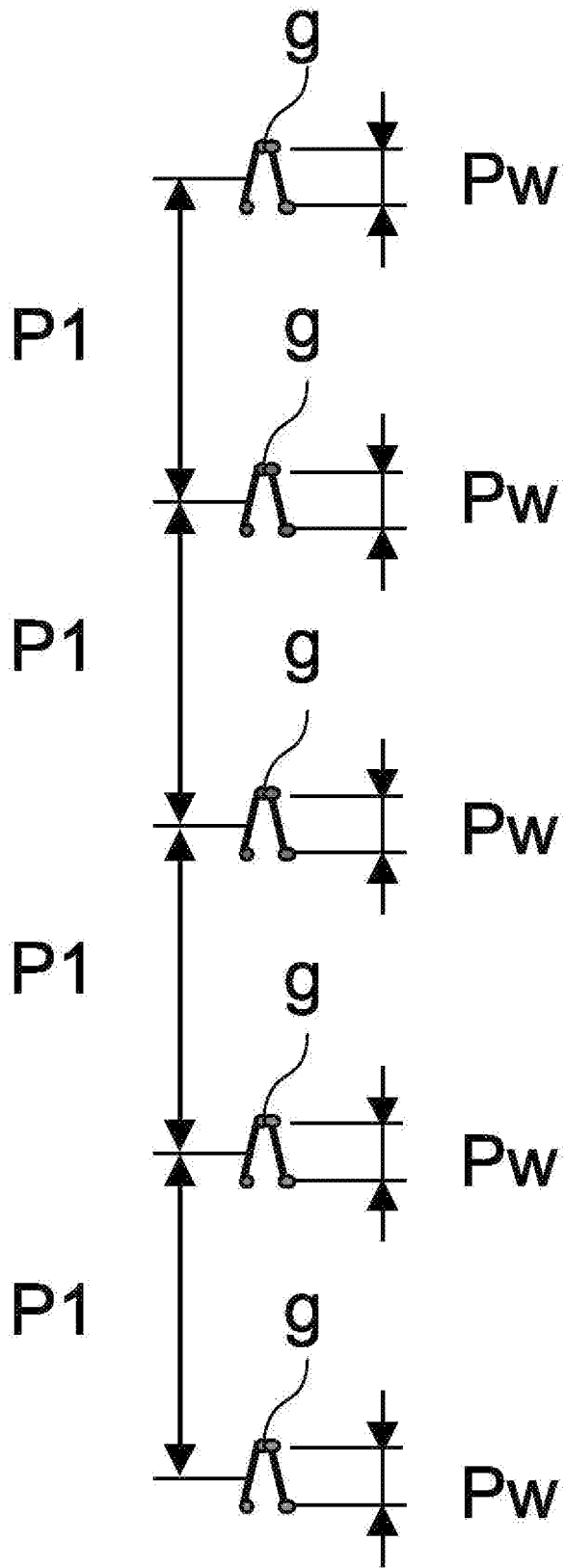
[図20]



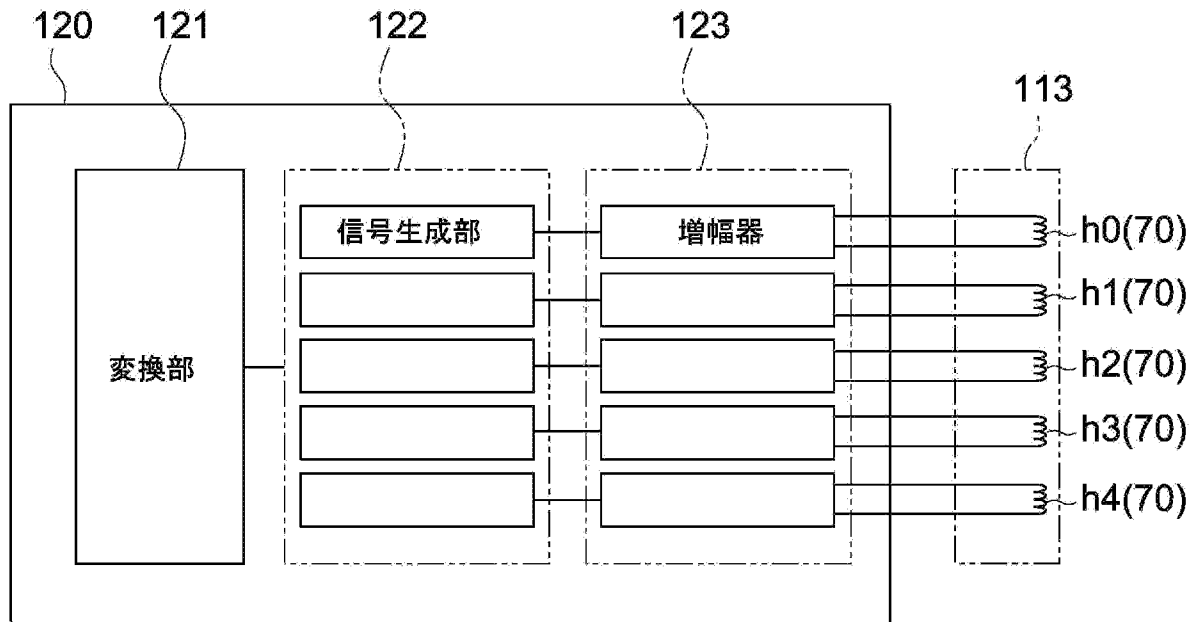
[図21]



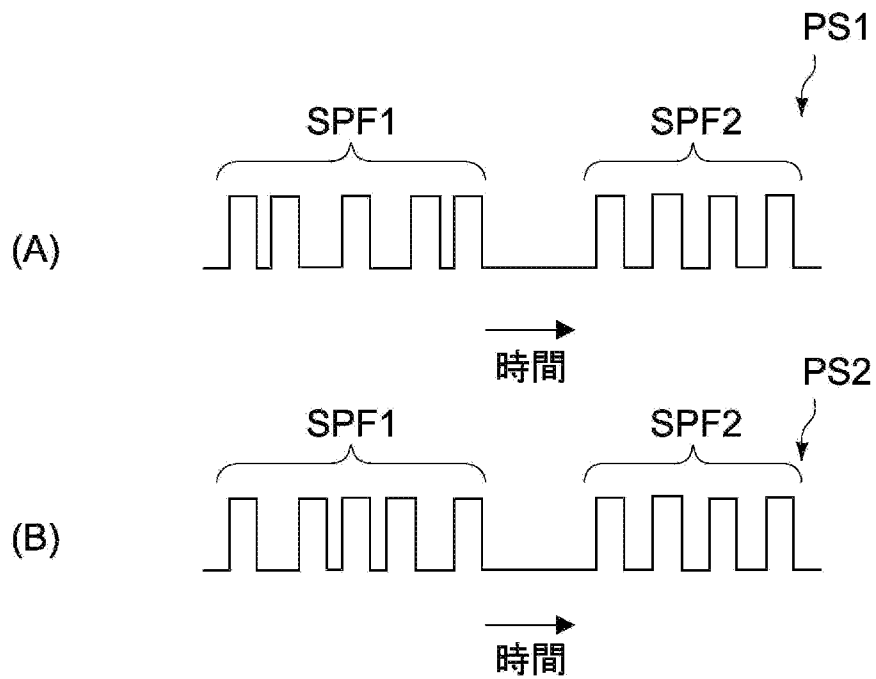
[図22]



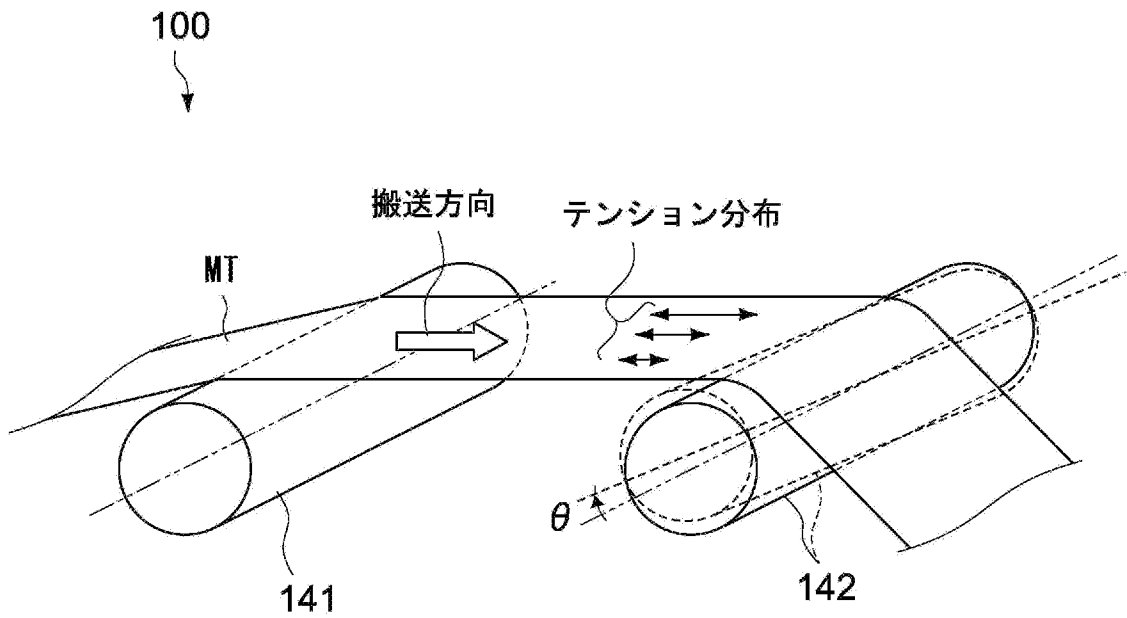
[図23]



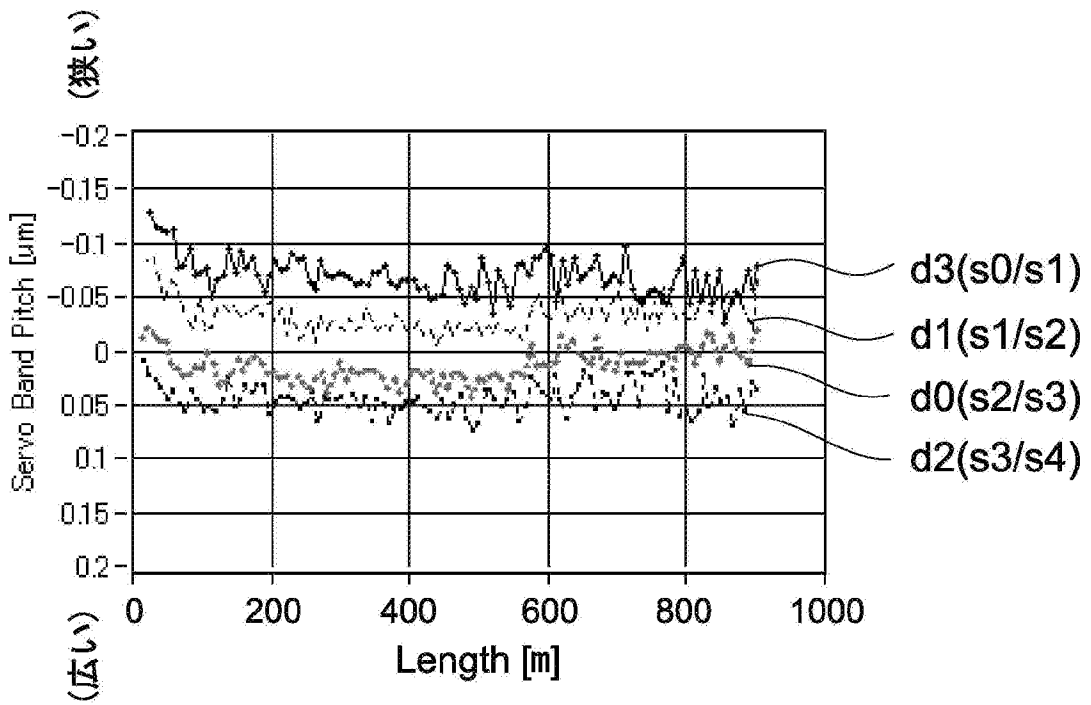
[図24]



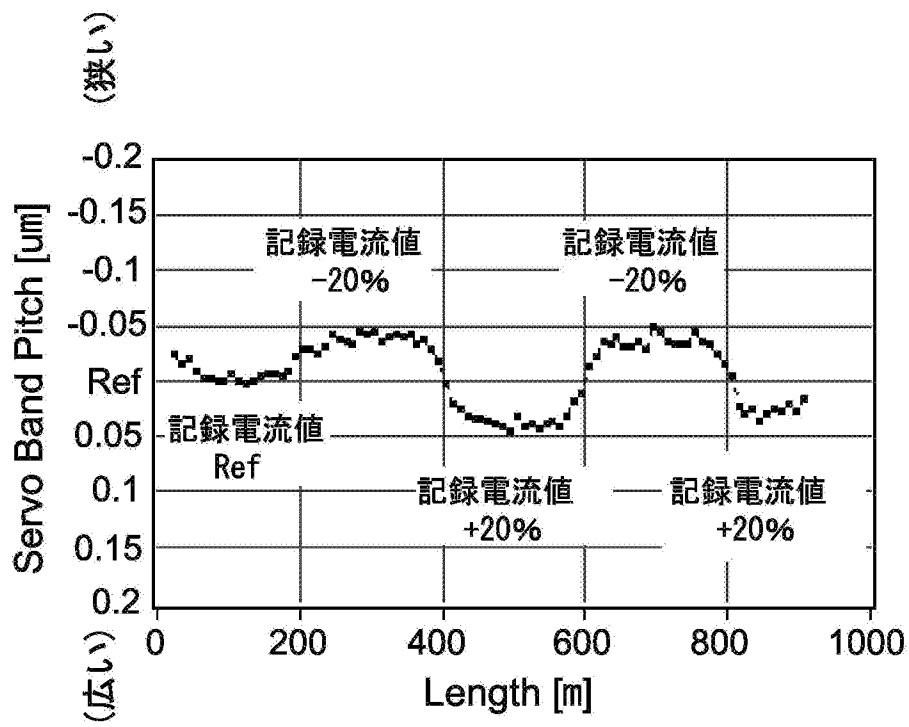
[図25]



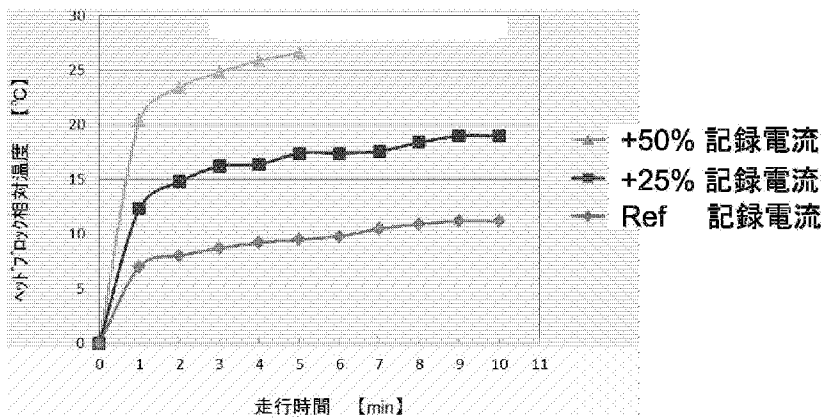
[図26]



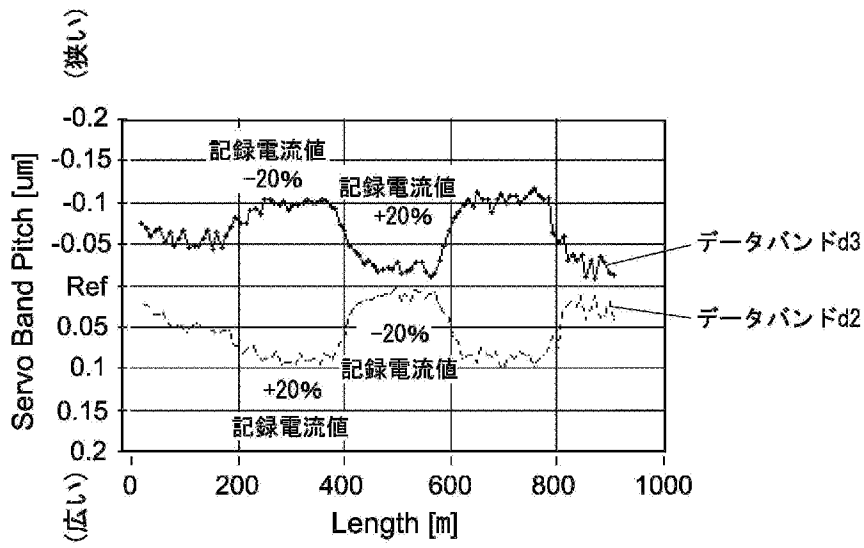
[図27]



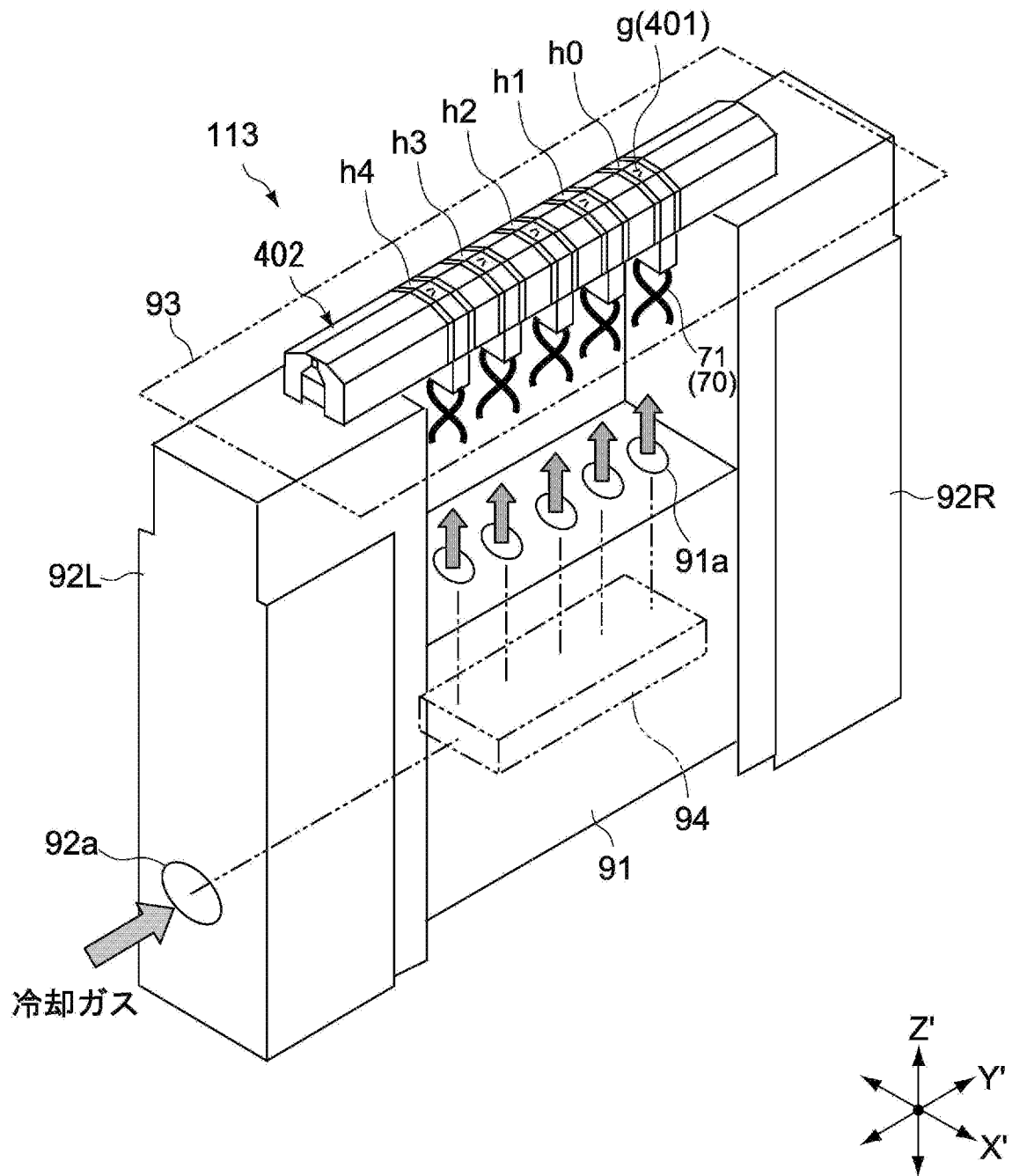
[図28]



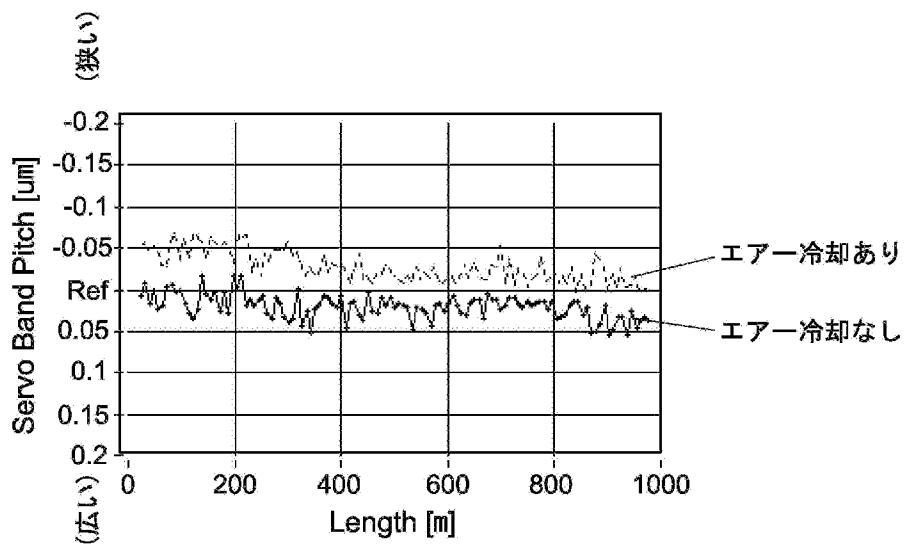
[図29]



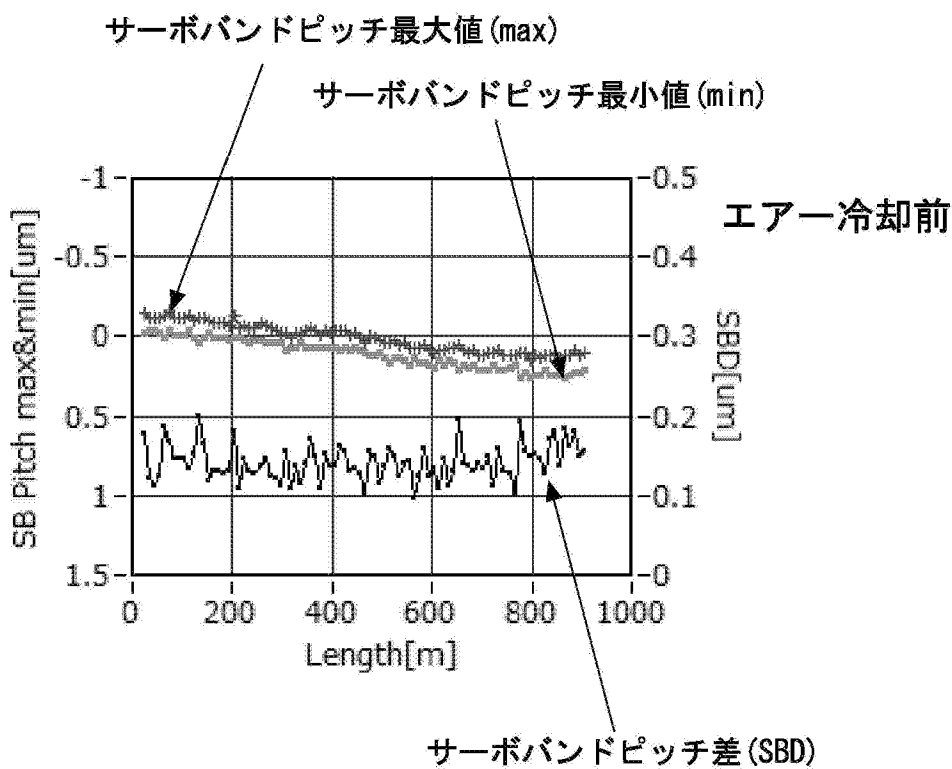
[図30]



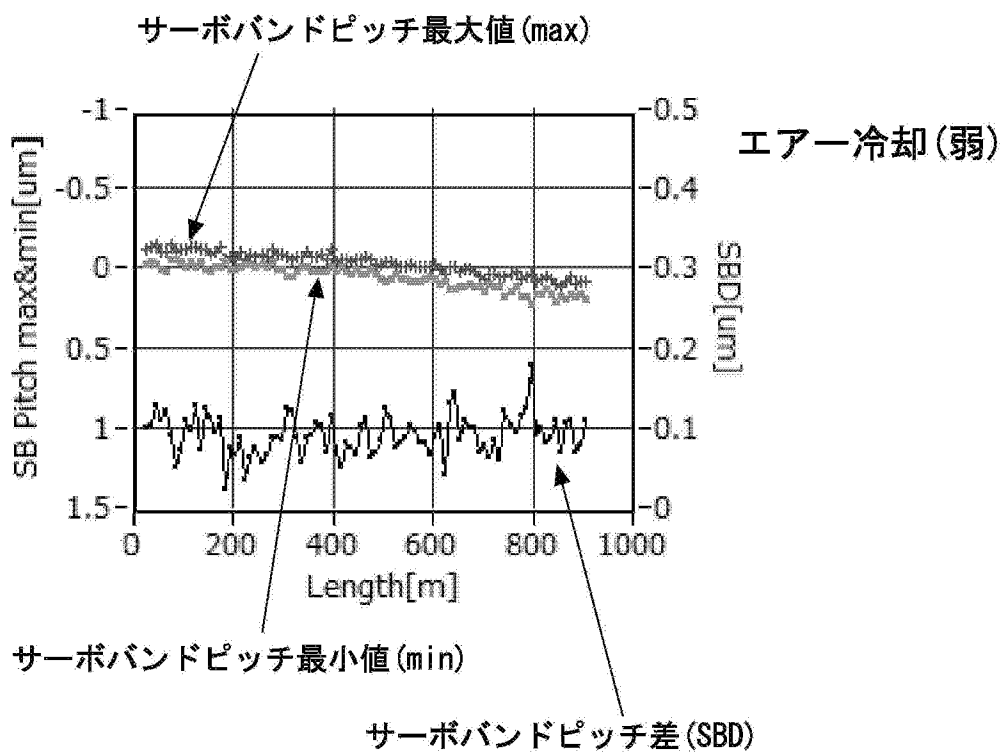
[図31]



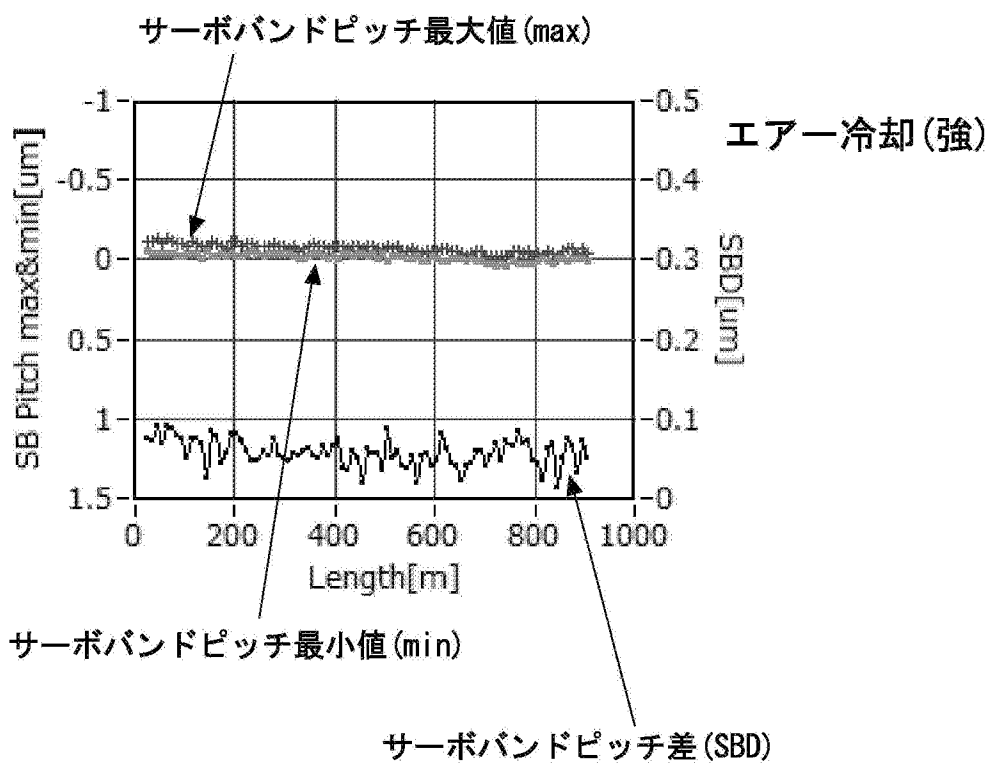
[図32]



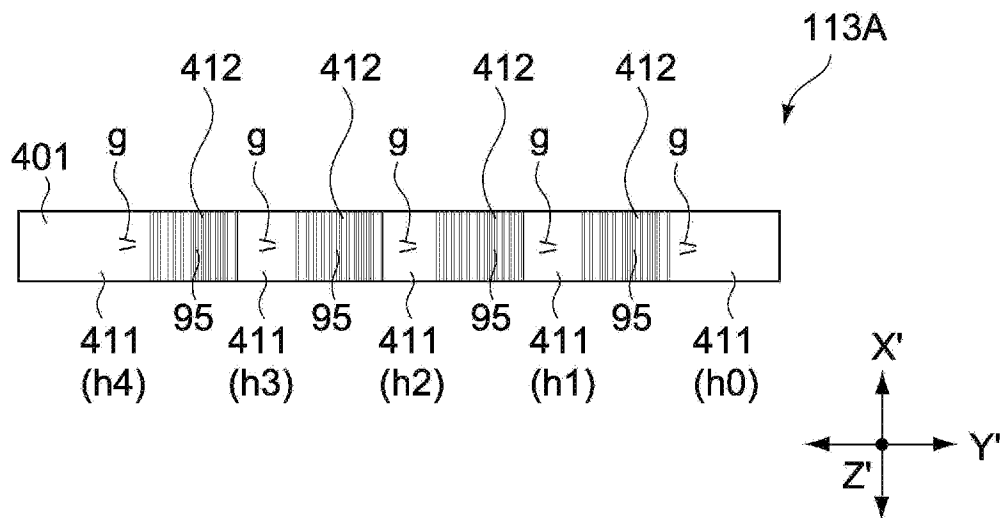
[図33]



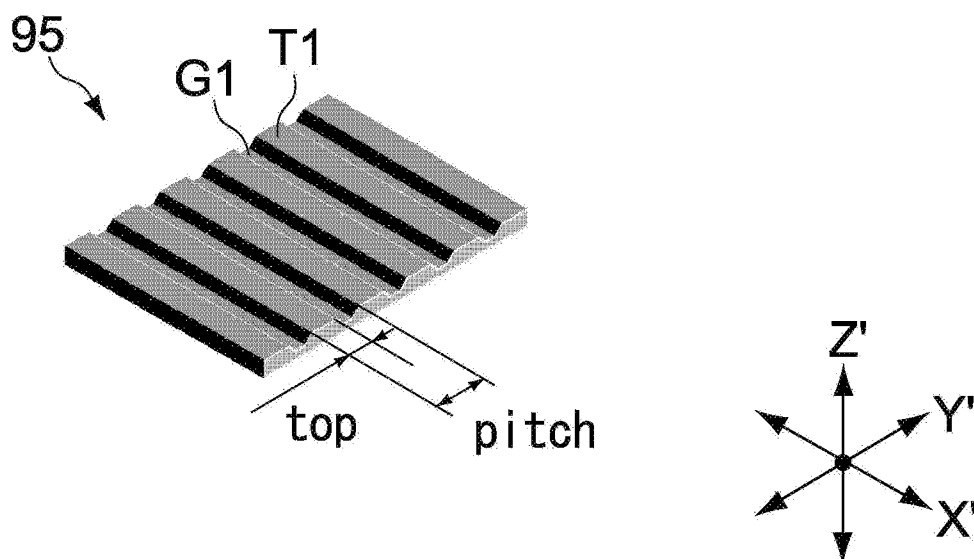
[図34]



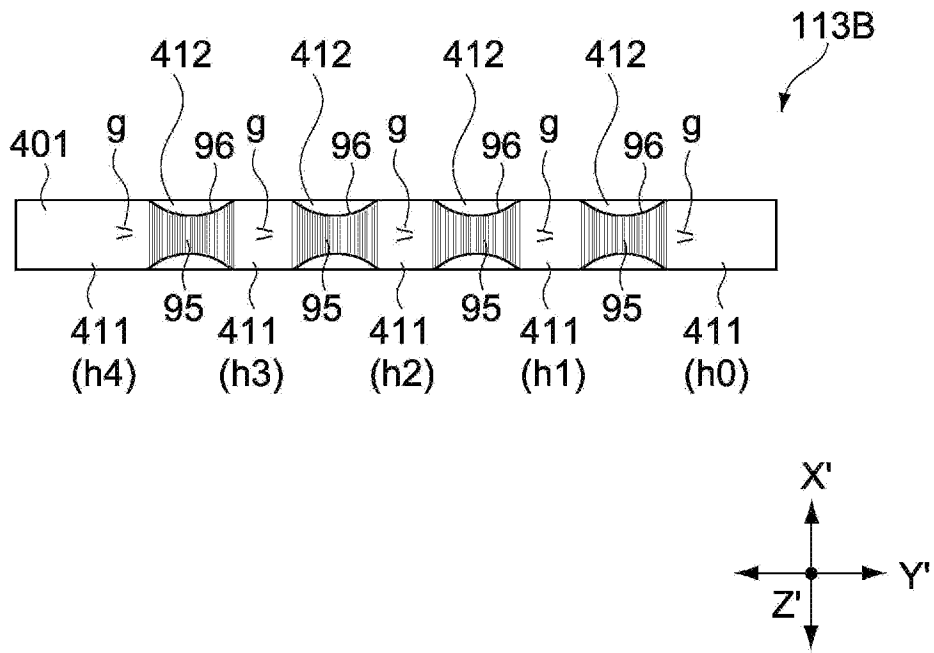
[図35]



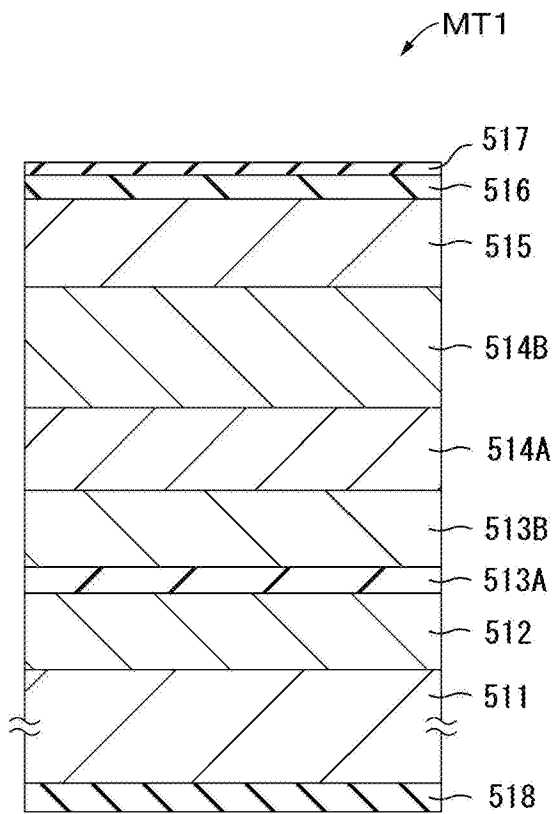
[図36]



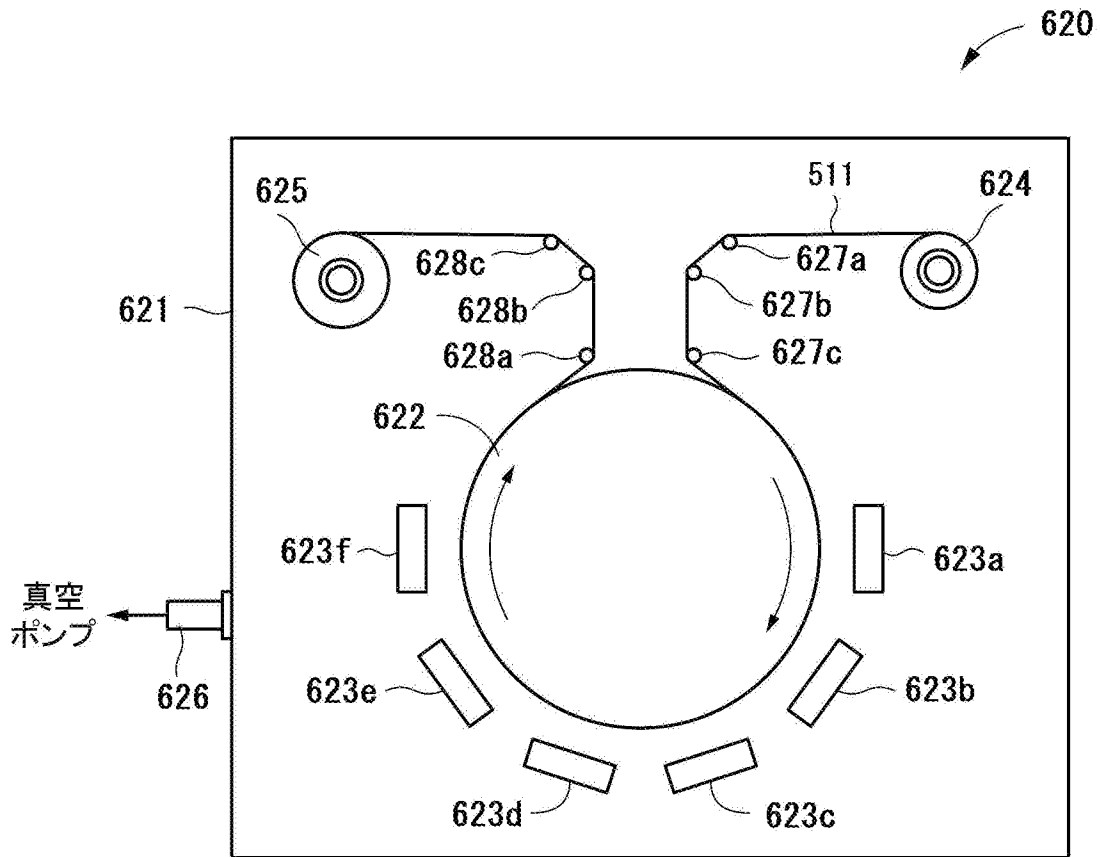
[図37]



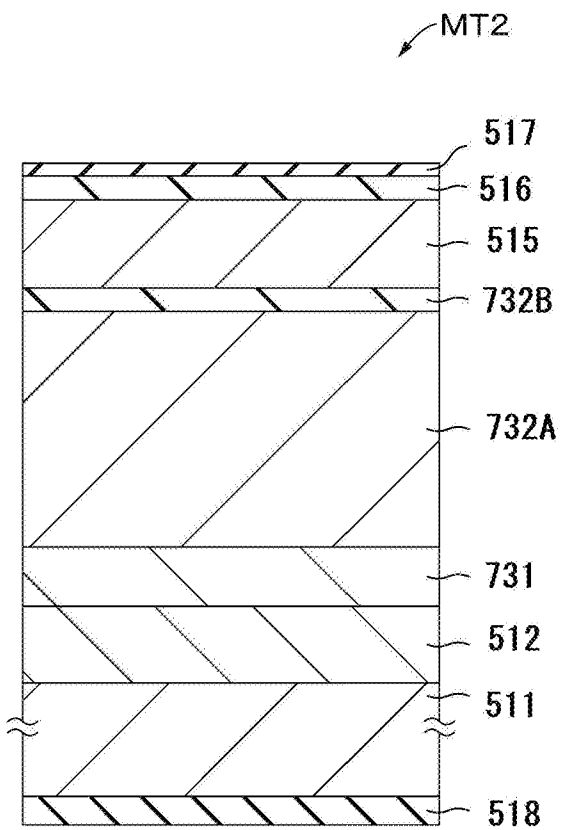
[図38]



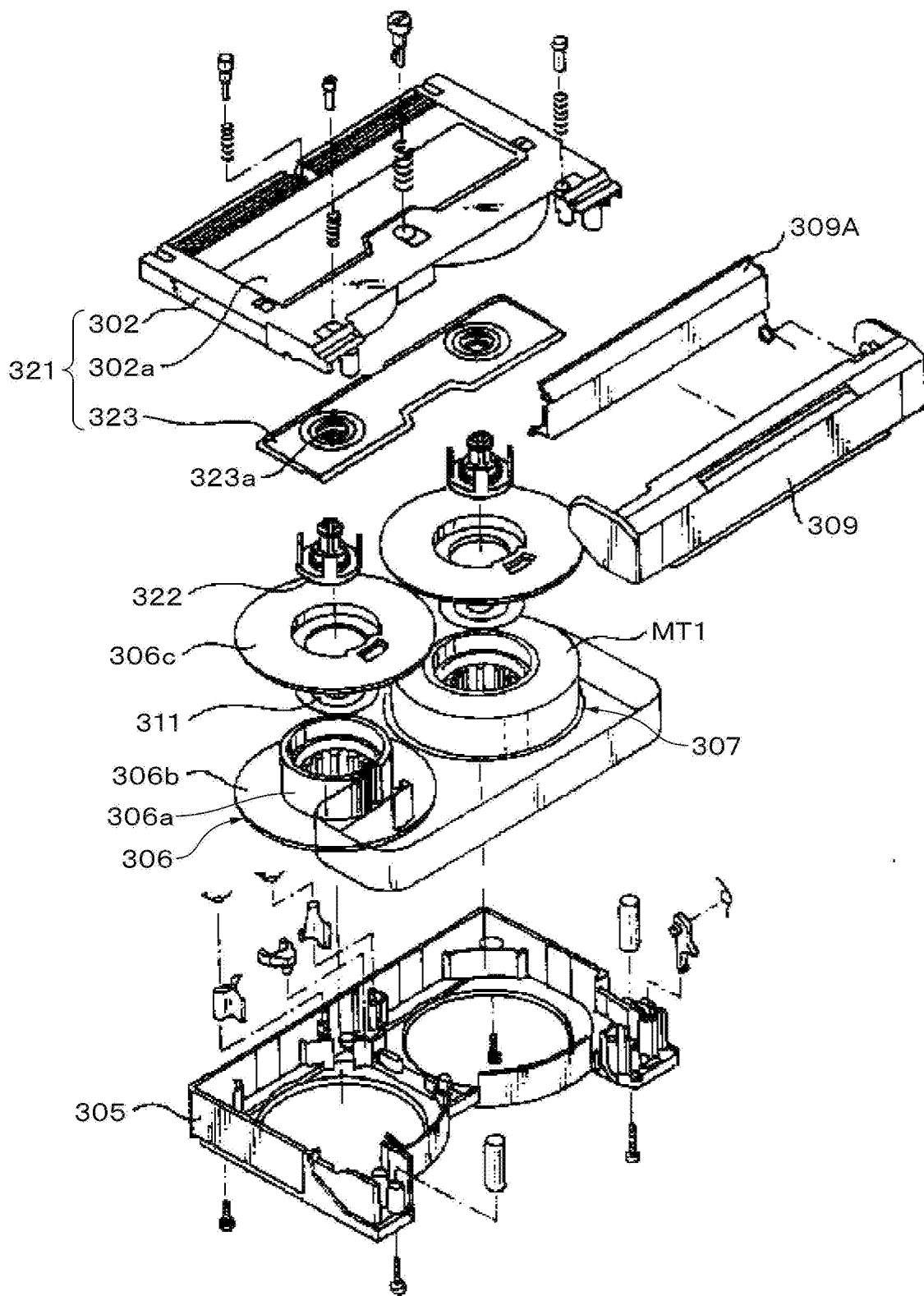
[図39]



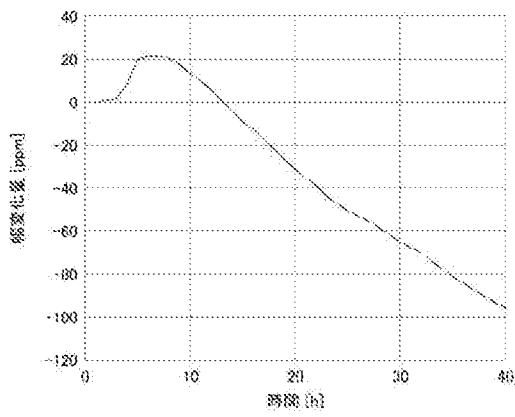
[図40]



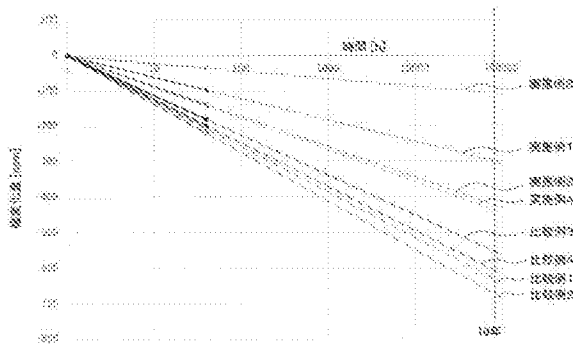
[図41]



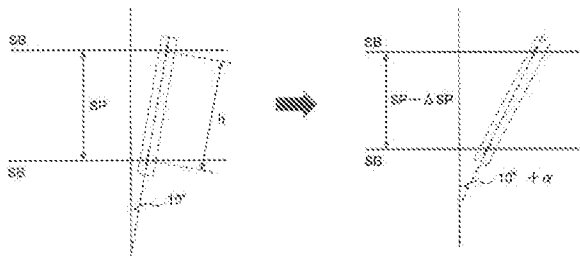
[図42]



[図43]



[図44]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/032607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<p><i>G11B 5/70</i>(2006.01)i; <i>G11B 5/29</i>(2006.01)i; <i>G11B 5/584</i>(2006.01)i; <i>G11B 5/706</i>(2006.01)i; <i>G11B 5/73</i>(2006.01)i; <i>G11B 5/78</i>(2006.01)i; <i>G11B 5/84</i>(2006.01)i; <i>G11B 15/093</i>(2006.01)i; <i>G11B 15/43</i>(2006.01)i; <i>G11B 21/10</i>(2006.01)i; <i>G11B 23/107</i>(2006.01)i; <i>G11B 23/30</i>(2006.01)i</p> <p>FI: G11B5/70; G11B5/29 A; G11B5/584; G11B5/706; G11B5/73; G11B5/78; G11B5/84 C; G11B15/093; G11B15/43; G11B21/10 W; G11B23/107; G11B23/30 Z</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G11B5/70; G11B5/29; G11B5/584; G11B5/706; G11B5/73; G11B5/78; G11B5/84; G11B15/093; G11B15/43; G11B21/10; G11B23/107; G11B23/30		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
<p>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996</p> <p>Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023</p> <p>Registered utility model specifications of Japan 1996-2023</p> <p>Published registered utility model applications of Japan 1994-2023</p>		
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 6816851 B1 (SONY CORP.) 20 January 2021 (2021-01-20) claims 1, 8, 20, fig. 3, 7, 10	1-20
A	JP 2021-064431 A (SONY CORP.) 22 April 2021 (2021-04-22) claims 1-12, fig. 1-7	1-20
A	JP 2005-327392 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 24 November 2005 (2005-11-24) claim 4, paragraphs [0011], [0016]-[0029], fig. 1-3	1-20
A	JP 2006-099919 A (HITACHI MAXELL, LTD.) 13 April 2006 (2006-04-13) claims 1, 2, fig. 4, 5	1-20
P, X	WO 2023/037585 A1 (SONY GROUP CORP.) 16 March 2023 (2023-03-16) claims 1-15, fig. 14	19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
06 November 2023		14 November 2023
Name and mailing address of the ISA/JP		Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/032607

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	6816851	B1	20 January 2021	US 2022/0270643 A1 claims 1, 8, 20, fig. 3, 7, 10	
JP	2021-064431	A	22 April 2021	(Family: none)	
JP	2005-327392	A	24 November 2005	US 2005/0254161 A1 claim 4, paragraphs [0017], [0026]-[0052], fig. 1-3	
JP	2006-099919	A	13 April 2006	US 2006/0072235 A1 claims 1, 2, fig. 4, 5	
				US 2007/0076316 A1	
WO	2023/037585	A1	16 March 2023	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>G11B 5/70(2006.01)i; G11B 5/29(2006.01)i; G11B 5/584(2006.01)i; G11B 5/706(2006.01)i; G11B 5/73(2006.01)i; G11B 5/78(2006.01)i; G11B 5/84(2006.01)i; G11B 15/093(2006.01)i; G11B 15/43(2006.01)i; G11B 21/10(2006.01)i; G11B 23/107(2006.01)i; G11B 23/30(2006.01)i FI: G11B5/70; G11B5/29 A; G11B5/584; G11B5/706; G11B5/73; G11B5/78; G11B5/84 C; G11B15/093; G11B15/43; G11B21/10 W; G11B23/107; G11B23/30 Z</p>																				
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>G11B5/70; G11B5/29; G11B5/584; G11B5/706; G11B5/73; G11B5/78; G11B5/84; G11B15/093; G11B15/43; G11B21/10; G11B23/107; G11B23/30</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年										
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年																			
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年																			
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年																			
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 6816851 B1 (ソニー株式会社) 20.01.2021 (2021 - 01 - 20) 請求項1, 8, 20, 図3, 7, 10</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2021-064431 A (ソニー株式会社) 22.04.2021 (2021 - 04 - 22) 請求項1-12, 図1-7</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2005-327392 A (富士写真フイルム株式会社) 24.11.2005 (2005 - 11 - 24) 請求項4, 段落0011, 0016-0029, 図1-3</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2006-099919 A (日立マクセル株式会社) 13.04.2006 (2006 - 04 - 13) 請求項1, 2, 図4, 5</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>P, X</td> <td>WO 2023/037585 A1 (ソニーグループ株式会社) 16.03.2023 (2023 - 03 - 16) 請求項1-15, 図14</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>			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	JP 6816851 B1 (ソニー株式会社) 20.01.2021 (2021 - 01 - 20) 請求項1, 8, 20, 図3, 7, 10	1-20	A	JP 2021-064431 A (ソニー株式会社) 22.04.2021 (2021 - 04 - 22) 請求項1-12, 図1-7	1-20	A	JP 2005-327392 A (富士写真フイルム株式会社) 24.11.2005 (2005 - 11 - 24) 請求項4, 段落0011, 0016-0029, 図1-3	1-20	A	JP 2006-099919 A (日立マクセル株式会社) 13.04.2006 (2006 - 04 - 13) 請求項1, 2, 図4, 5	1-20	P, X	WO 2023/037585 A1 (ソニーグループ株式会社) 16.03.2023 (2023 - 03 - 16) 請求項1-15, 図14	19
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	JP 6816851 B1 (ソニー株式会社) 20.01.2021 (2021 - 01 - 20) 請求項1, 8, 20, 図3, 7, 10	1-20																		
A	JP 2021-064431 A (ソニー株式会社) 22.04.2021 (2021 - 04 - 22) 請求項1-12, 図1-7	1-20																		
A	JP 2005-327392 A (富士写真フイルム株式会社) 24.11.2005 (2005 - 11 - 24) 請求項4, 段落0011, 0016-0029, 図1-3	1-20																		
A	JP 2006-099919 A (日立マクセル株式会社) 13.04.2006 (2006 - 04 - 13) 請求項1, 2, 図4, 5	1-20																		
P, X	WO 2023/037585 A1 (ソニーグループ株式会社) 16.03.2023 (2023 - 03 - 16) 請求項1-15, 図14	19																		
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																				
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>																				
<p>国際調査を完了した日</p> <p>06.11.2023</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>14.11.2023</p>																			
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>中野 和彦 5C 3564</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3541</p>																			

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/032607

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	6816851	B1	20.01.2021	US 2022/0270643 A1 請求項1, 8, 20, 図3, 7, 10	
JP	2021-064431	A	22.04.2021	(ファミリーなし)	
JP	2005-327392	A	24.11.2005	US 2005/0254161 A1 請求項4, 段落 0017, 0026-0052, 図1-3	
JP	2006-099919	A	13.04.2006	US 2006/0072235 A1 請求項1, 2, 図4, 5 US 2007/0076316 A1	
WO	2023/037585	A1	16.03.2023	(ファミリーなし)	