(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5月2日(02.05.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/090258 A1

(51) 国際特許分類:
G11B 5/70 (2006.01) *G11B 5/738* (2006.01)
G11B 5/708 (2006.01) *G11B 5/78* (2006.01)
G11B 5/714 (2006.01) *G11B 5/84* (2006.01)
G11B 5/73 (2006.01) *G11B 23/037* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/037333

(22) 国際出願日： 2023年10月16日(16.10.2023)

(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 2022-172384 2022年10月27日(27.10.2022) 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).

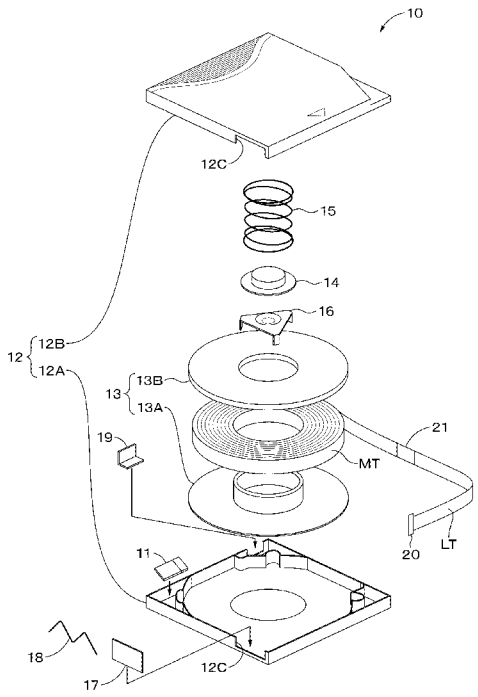
(72) 発明者:山鹿 実(**YAMAGA Minoru**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニーストレージメディアソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP). 高山 貴広(**TAKAYAMA Takahiro**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニーストレージメディアソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP). 関口 昇(**SEKIGUCHI Noboru**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニーストレージメディアソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP). 佐々木 太(**SASAKI Futoshi**); 〒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).

(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,

(54) **Title:** MAGNETIC RECORDING CARTRIDGE

(54) 発明の名称： 磁気記録カートリッジ



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to provide a magnetic recording cartridge suitable for storage and running under high-temperature environments. This magnetic recording cartridge comprises a cartridge case, a reel, and a magnetic recording medium. When the amount of a change in the width of the magnetic recording medium is measured in a state in which the magnetic recording medium is wound around the reel, the sign of a width change amount Δout on the winding outer side is different from the sign of a width change amount Δin on the winding inner side. When the entire length of the magnetic recording medium is equally divided into four areas, the width change amount is 0 ppm at a position in either of the two areas on both sides of the center line of the entire length. The magnetic recording medium comprises a magnetic layer. The magnetic layer has an uneven shape on a magnetic surface. The uneven shape has a height range ΔH of 3.00 nm ≤ ΔH ≤ 6.00 nm, and a slope range ΔA of 3.80 degrees ≤ ΔA ≤ 9.00 degrees. The magnetic recording medium has a base layer.

WO 2024/090258 A1

［続葉有］

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))

(57) 要約:高温環境下での保存および走行に適した磁気記録カートリッジを提供することを目的とする。カートリッジケースと、リールと、磁気記録媒体と、を有し、磁気記録媒体がリールに巻かれた状態で、磁気記録媒体の幅変化量を測定したときに、巻外側の幅変化量Δoutの符号が巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ、幅変化量が、磁気記録媒体の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍであり、且つ、磁気記録媒体は、磁性層を備え、磁性層は、凹凸形状を磁性面に有し、凹凸形状の高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであり、凹凸形状の勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であり、磁気記録媒体は、ベース層を有する、磁気記録カートリッジ。

明　細　書

発明の名称 ： 磁気記録カートリッジ

技術分野

[0001]　本技術は、磁気記録カートリッジに関する。

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。また、テープ状の磁気記録媒体における幅変化に対処するため、特許文献２では、データライドヘッドをテープ状の磁気記録媒体の幅方向に対して傾けて配置することが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０２０－１７３８８２号公報

特許文献2：特開２００５－２５９１９８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本技術は、高温環境下での保存および走行に適した磁気記録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

[0006] 本技術は、

カートリッジケースと、

リールと、

前記リールに巻かれた状態で前記カートリッジケース内に収容された磁気記録媒体と、を有し、

前記磁気記録媒体が前記リールに巻かれた状態で、６５℃で３６０時間保存後に全長にわたって前記磁気記録媒体の幅変化量を測定したときに、

前記磁気記録媒体の巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気記録媒体の巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ、

前記幅変化量が、前記磁気記録媒体の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍであり、且つ、

前記磁気記録媒体は、磁性層を備え、

前記磁性層は、凹凸形状を磁性面に有し、

前記凹凸形状の高さの統計情報から求められた高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであり、

前記凹凸形状の勾配の統計情報から求められた勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であり、

前記磁気記録媒体は、６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であるベース層を有する、

磁気記録カートリッジを提供する。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δinが正の値であり、且つ、前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δoutが負の値でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁気記録媒体の長手

方向の全長を１００％としたときに、前記磁気記録媒体の巻外側端部から２５％～７５％の位置において、６５℃で３６０時間保存後における前記磁気記録媒体の幅変化量Δが０ｐｐｍでありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁気記録媒体は、（前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δin）－（前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δout）が、８００ｐｐｍ以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記ベース層の６５℃における貯蔵弾性率が８．０ＧＰａ以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記ベース層が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）、又はＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）から形成されうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁気記録媒体の平均厚みｔ$_T$が５．４μｍ以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記ベース層の平均厚みｔ$_B$が４．６μｍ以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁性層が磁性粉を含みうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁性層は、磁性粒子、導電性を有する第１粒子および研磨効果のある第２粒子を含み、前記凹凸形状は、前記第１粒子により形成された第１突起と、前記第２粒子により形成された第２突起とを含み、前記第１突起の平均高さＨ１と前記第２突起の平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２が、Ｈ１／Ｈ２≦２．３でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記比Ｈ１／Ｈ２が、１．０≦Ｈ１／Ｈ２≦１．７以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦４．００ｎｍでありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記第１突起の平均高さＨ１が、５．０ｎｍ以上１２．０ｎｍ以下であり、前記第２突起の平均高さ

Ｈ２が、２．０ｎｍ以上７．０ｎｍ以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記第１粒子が、カーボン粒子でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記第２粒子が、アルミナ粒子でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁性層の平均厚みは、８０ｎｍ以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁気記録媒体は、さらに、平均厚みが０．９μｍ以下である下地層を有しうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁性粒子の平均粒子体積が、１６００ｎｍ^{3}以下でありうる。

本技術に従う、磁気記録カートリッジにおいて、前記磁性層は、磁性粒子、カーボン粒子および研磨剤を含み、前記凹凸形状は、前記カーボン粒子により形成された第１突起と、前記研磨剤により形成された第２突起とを含み、前記第１突起の平均高さＨ１と前記第２突起の平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２が、Ｈ１／Ｈ２≦２．３でありうる。

本技術は、

磁気記録カートリッジのリールに巻かれた状態で当該磁気記録カートリッジのカートリッジケース内に収容された磁気記録媒体であって、

前記磁気記録媒体が前記リールに巻かれた状態で、６５℃で３６０時間保存後に全長にわたって前記磁気記録媒体の幅変化量を測定したときに、

前記磁気記録媒体の巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気記録媒体の巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ、

前記幅変化量が、前記磁気記録媒体の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍであり、且つ、

前記磁気記録媒体は、磁性層を備え、

前記磁性層は、凹凸形状を磁性面に有し、

前記凹凸形状の高さの統計情報から求められた高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであり、

前記凹凸形状の勾配の統計情報から求められた勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であり、

前記磁気記録媒体は、６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であるベース層を有する、

磁気記録媒体を提供する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]第１の実施形態に係る磁気記録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]カートリッジメモリの構成の一例を示すブロック図である。

[図3]磁気テープの構成の一例を示す断面図である。

[図4]粒子の形状の一例を示す斜視図である。

[図5]磁性層のＴＥＭ写真の一例を示す図である。

[図6]磁性層のＴＥＭ写真の一例を示す図である。

[図7]データ記録再生装置を用いたサーボバンドピッチの測定方法を説明する図である。

[図8]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9]磁気テープを側方から見た模式図である。

[図10]磁気テープを上方（磁性層側）から見た模式図である。

[図11]データ記録再生装置を示す図である。

[図12]データライトヘッドを下方（バック層側）から見た概略図である。

[図13]データライトヘッドのアジマス角の角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°と、アジマス損失Ｌθとの関係を示す図である（記録波長：０．１μｍ）。

[図14]データライトヘッドのアジマス角θにおける角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°と、磁気テープの幅変動に基づくサーボバンドピッチ差に対する補正量との関係を示す図である。

[図15]磁気テープの幅変動に基づくサーボバンドピッチ差に対する補正量を

示す図である。

[図16]データライトヘッドのアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°と、アジマス損失Ｌθとの関係を示す図である（記録波長：０．０７μｍ）。

[図17]サーボ記録再生装置を示す図である。

[図18]実施形態Ａに係るサーボライトヘッド及びサーボライトヘッドに入力されるパルス信号を示す図である。

[図19]実施形態Ａに係るサーボライトヘッドが有するサーボ素子の拡大図である。

[図20]実施形態Ａに係るサーボライトヘッドにより磁気テープにサーボパターンが書き込まれるときの様子を示す図である。

[図21]実施形態Ｂに係るサーボライトヘッド及びサーボライトヘッドが有するサーボ素子の拡大図である。

[図22]実施形態Ｂに係るサーボライトヘッドにより磁気テープにサーボパターンが書き込まれるときの様子を示す図である。

[図23]実施形態Ｂにおいて、サーボライトヘッドの座標系を基準としてサーボライトヘッドを表した図である。

[図24]第１対照例、第２対照例及び第１の実施形態において、データライトヘッドのサーボリード部によりサーボパターンを読み取ったときの様子を示す図である。

[図25]図２１の右側の図の拡大図であって、第１のサーボ素子及び第２のサーボ素子における具体的な寸法の一例を示す図である（ＸＹＺ座標系基準）。

[図26]図２３の右側の図の拡大図であって、第１のサーボ素子及び第２のサーボ素子における具体的な寸法の一例を示す図である（Ｘ”Ｙ”Ｚ”座標系基準）。

[図27]磁気テープがデータライトヘッド傾斜タイプのデータ記録再生装置に用いられる磁気テープであるかどうかを確認する方法における第１の例を示す図である。

[図28]磁気テープがデータライトヘッド傾斜タイプのデータ記録再生装置に用いられる磁気テープであるかどうかを確認する方法における第２の例を示す図である。

[図29]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30]スパッタ装置の構成を示す概略図である。

[図31]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32]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33]磁気テープ全長を４等分して４つの領域に分割した様子を示す図である。

[図34]実施例１に関する、６５℃、３６０時間保存後の磁気テープの長手方向における幅変化量を示す図である。

[図35]実施例２ａに関する、６５℃、３６０時間保存後の磁気テープの長手方向における幅変化量を示す図である。

[図36]実施例３に関する、６５℃、３６０時間保存後の磁気テープの長手方向における幅変化量を示す図である。

[図37]比較例１ａに関する、６５℃、３６０時間保存後の磁気テープの長手方向における幅変化量を示す図である。

[図38]比較例２に関する、６５℃、３６０時間保存後の磁気テープの長手方向における幅変化量を示す図である。

[図39]比較例３に関する、６５℃、３６０時間保存後の磁気テープの長手方向における幅変化量を示す図である。

[図40]比較例４に関する、６５℃、３６０時間保存後の磁気テープの長手方向における幅変化量を示す図である。

[図41]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。

[図42]磁性面の構成の一例を示す断面図である。

[図43]磁性層の表面のＦＥ－ＳＥＭ像の一例を示す図である。

[図44]ＡＦＭ像とＦＥ－ＳＥＭ像を重ね合わせた合成画像の一例を示す図である。

[図45]ＡＦＭ像とＦＥ－ＳＥＭ像を重ね合わせた合成画像の一例を示す拡大図である。

[図46]図４５中のライン１（Ｌｉｎｅ１）における断面プロファイルの一例を示す図である。

[図47]標準偏差σＰＥＳの経時変化の第１の例を示すグラフである。

[図48]標準偏差σＰＥＳの経時変化の第２の例を示すグラフである。

[図49]標準偏差σＰＥＳの経時変化の第３の例を示すグラフと、磁性層の表面における第２突起の状態の変化を摸式的に示す断面図である。

[図50]第１突起および第２突起と、データライトヘッドとの関係を摸式的に示す図である。

[図51]ＰＥＳの測定法を説明するために使用するサーボバンドの構成の一例を示す拡大図である。

[図52]ＰＥＳの測定法を説明するための図である。

[図53]磁気テープの幅方向の動きの補正を説明するためのグラフである。

[図54]図５４Ａは、フィルター作用後の２次元表面プロファイル像の一例を示す図である。図５４Ｂは、高さζ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスの一例を示す図である。

[図55]相対高さＺ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスの一例を示す図である。

[図56]各点（Ｌ，Ｗ）における勾配G_L（Ｌ，Ｗ）、G_W（Ｌ，Ｗ）を算出する方法を説明するための図である。

[図57]図５７Ａは、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスの一例を示す図である。図５７Ｂは、勾配G_W（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスの一例を示す図である。

[図58]図５８Ａは、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）の計算方法を示す図である。図５８Ｂは、勾配G_W（Ｌ，Ｗ）の計算方法を示す図である。

[図59]相対高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_L（Ｌ，Ｗ）のデータの統計処理を説明するための図である。

[図60]相対高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_W（Ｌ，Ｗ）のデータの統計処理を説明するための図である。

[図61]相対高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_L（Ｌ，Ｗ）と勾配G_W（Ｌ，Ｗ）のデータの統計処理を説明するための図である。

[図62]データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスから分布図を作成する手順を説明する図である。

[図63]高さ範囲ΔＨの算出方法を説明するための図である。

[図64]高さ範囲ΔＨの算出方法を説明するための図である。

[図65]勾配範囲ΔＡの算出方法を説明するための図である。

[図66]勾配範囲ΔＡの算出方法を説明するための図である。

発明を実施するための形態

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

[0009] 本技術について、以下の順序で説明を行う。

１．本技術の説明

２．第１の実施形態（塗布型の磁気テープを含む磁気記録カートリッジの例）

（１）磁気記録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）磁気テープのデータバンドおよびサーボバンドの説明

（５）作用効果

３．第２の実施形態（真空薄膜型の磁気テープを含む磁気記録カートリッジの例）

（１）磁気記録カートリッジの構成

（２）磁気テープの構成
（３）スパッタ装置の構成
（４）磁気テープの製造方法
（５）作用効果
４．第３の実施形態（真空薄膜型の磁気テープを含む磁気記録カートリッジの例）
（１）磁気記録カートリッジの構成
（２）磁気テープの構成
（３）作用効果
５．変形例
６．実施例

[0010] １．本技術の説明

[0011] 磁気記録カートリッジ１つ当たりの記録容量をさらに増やすことが求められている。例えば、記録容量を増やすために、磁気記録カートリッジに含まれる磁気記録媒体（以下、「磁気テープ」という）をより薄くして（全厚を低減して）、磁気記録カートリッジ１つ当たりのテープ長を増加させることが考えられる。

しかしながら、磁気記録媒体がより薄くなることによって、トラック幅方向の寸法変化が起こり易くなりうる。幅方向の寸法変化は、例えばオフトラック現象など、磁気記録にとって望ましくない現象を引き起こしうる。オフトラック現象は、磁気ヘッドが読み取るべきトラック位置に対象のトラックが存在しないこと、又は、磁気ヘッドが間違ったトラック位置を読み取ることをいう。

磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープはＨＤＤより使用可能な温度範囲が狭く、４５℃までの温度領域で使用されてきた。磁気記録カートリッジをＨＤＤと同様の６０℃以上の高温環境で使用可能とすることで、クラウドシステム等のデータストレージシステムに磁気記録カートリッジを組み込むに際しての温度環境管理が容易になり、テープストレージシステムの使用

範囲が大きく広がることが期待される。

しかしながら、磁気記録カートリッジのリールに巻かれている磁気テープは、６０℃以上の高温環境下での保存により、巻内側の高い巻き応力を受ける部分は、磁気テープの幅方向に広がり、磁気テープにかかる張力で長手方向に引っ張られる巻外側の部分は、クリープ現象により幅方向に狭くなり、巻内側と巻外側での幅の差が大きくなる傾向がある。

[0012] 従来は、磁気テープの寸法変化抑制のために、例えば磁気テープの寸法変化抑制のための層を追加するなどの手法が行われていた。

しかしながら、当該層の追加は磁気テープの厚みを高める場合があり、前記カートリッジ製品１つ当たりのテープ長を増加させない。

[0013] 以上の状況を踏まえ、本発明者らは、カートリッジ１つ当たりの記録容量が高い磁気記録カートリッジについて検討した。その結果、本発明者らは、特定の構成を有する磁気記録カートリッジが、記録容量が高く、且つ、６０℃以上の高温環境下で保存してもテープシステムの走行張力調整や巻き方向を変更することで長手方向における幅修正が可能であることを見出した。なお、巻き方向を変更するためには、例えば、１リールのカートリッジでは、磁気テープをドライブ側のリールに巻き込んでおくことにより実現され、２リールのカートリッジでは、保存された状態と反対のリールに巻き替えることにより実現され得る。例えば、左リールに巻かれた状態で保存されていたものであれば、右リールに巻き替えることにより実現され得る。

すなわち、本技術は、カートリッジケースと、リールと、前記リールに巻かれた状態で前記カートリッジケース内に収容された磁気テープと、を有する磁気記録カートリッジを提供する。前記磁気テープは、６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であるベース層を備える。前記磁気テープは、前記リールに巻き取られた状態で、６５℃で３６０時間保存後に前記磁気テープの全長にわたって前記磁気テープの幅変化量を測定したときに、前記磁気テープの巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気テープの巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ前記幅変化量が、前記磁気テープの全長を４

等分して４つの領域に分割した場合の前記磁気テープの全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍである。前記磁気テープの幅変化量の測定方法は、以下２．の（２）において説明する。

[0014] 本技術の磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープのベース層の６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下、好ましくは０．３５ＧＰａ以下、より好ましくは０．３０ＧＰａ以下、さらに好ましくは０．２５ＧＰａ以下、さらにより好ましくは０．２０ＧＰａ以下であってもよい。前記磁気テープのベース層の６５℃における損失弾性率が上記数値範囲内にあることによって、６０℃以上の高温環境下で保存してもテープシステムの走行張力調整や巻き方向を変えることで長手方向における幅修正が可能である。

また、前記ベース層の６５℃における損失弾性率の下限は、特に限定されるものではないが、例えば、好ましくは０．０１ＧＰａ以上、より好ましくは０．０２ＧＰａ以上、さらに好ましくは０．０３ＧＰａ以上であってよい。前記ベース層の６５℃における損失弾性率の測定方法は、以下２．の（２）において説明する。

[0015] 本技術の磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープのベース層の６５℃における貯蔵弾性率が好ましくは８．０ＧＰａ以下、より好ましくは７．０ＧＰａ以下、さらに好ましくは６．０ＧＰａ以下であってもよい。前記磁気テープのベース層の６５℃における貯蔵弾性率が上記数値範囲内にあることによって高温環境下で保存後もテープシステムの走行張力調整や巻き方向を変更することで磁気テープの長手方向における幅修正が可能な磁気記録カートリッジを提供することができる。

また、前記ベース層の６５℃における貯蔵弾性率の下限は、特に限定されるものではないが、例えば、好ましくは０．０１ＧＰａ以上、より好ましくは０．０２ＧＰａ以上、さらに好ましくは０．０３ＧＰａ以上であってよい。前記ベース層の６５℃における貯蔵弾性率の測定方法は、以下２．の（２）において説明する。

[0016] 本技術の磁気記録カートリッジは、前記磁気テープが、リールに巻き取ら

れており、且つ、６５℃で３６０時間保存後に前記磁気テープの全長にわたって前記磁気テープの幅変化量を測定したときに、前記磁気テープの巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気テープの巻内側の幅変化量Δinの符号と異なる。なお、前記幅変化量Δは、下記式で表現され得る。

幅変化量Δ＝（６５℃３６０℃保存後幅変化量－初期状態幅変化量）／（初期状態幅変化量）

前記幅変化量Δが負の値の場合、初期状態の幅よりも保存後の幅が狭くなっていることを示し、前記幅変化量Δが正の値の場合、初期状態の幅よりも保存後の幅が広くなっていることを示す。

[0017] 磁気記録カートリッジはカートリッジ内に１つのリールを有するものと、２つのリールを有するものがある。いずれのタイプの磁気記録カートリッジにおいても、リールに磁気テープが巻き取られて、当該磁気テープが前記磁気カートリッジ内に収容されている。磁気カートリッジ製造時に磁気テープがリールに巻き取られるにつれて、前記磁気テープが積層され、当該磁気テープの積層体が形成される。本明細書において、磁気テープの巻内側とは、磁気カートリッジに最初のデータ記録が行われる前の、一つのリールに巻き取られて一つのリール上で積層体を形成している状態における、前記磁気テープの積層体の最内層側の領域をいい、磁気テープの巻外側とは、前記磁気テープの積層体の最外層側の領域をいう。より具体的には、磁気テープの巻内側とは、前記磁気テープの２つの端部のうち、磁気記録カートリッジ内のリール（磁気カートリッジに最初のデータ記録が行われる前に磁気テープが巻き取られるリール）に取り付けられる端部（以下「内側端部」（ＥＯＴ）ともいう）を起点として、当該位置から、当該内側端部と反対側の端部（以下「外側端部」（ＢＯＴ）ともいう）の方向へ所定距離進んだ位置までの領域をいう。

図１に示す１つのリールを有する磁気記録カートリッジでは、磁気テープの巻内側とは、最初のデータ記録が行われる前のリール１３に取り付けられる端部（以下「内側端部」（ＥＯＴ）ともいう）を起点として、当該位置か

ら、当該内側端部と反対側の端部（以下「外側端部」（ＢＯＴ）ともいう）の方向へ所定距離進んだ位置までの領域をいう。磁気テープの巻外側とは、前記磁気テープの２つの端部のうち、当該外側端部を起点として、当該位置から当該内側端部の方向へ所定距離進んだ位置までの領域をいう。

図１８に示す２つのリールを有する磁気記録カートリッジでは、磁気テープの巻内側とは、最初のデータ記録が行われる前のリール３０７に取り付けられる端部（以下「内側端部」（ＥＯＴ）ともいう）を起点として、当該位置から、当該内側端部と反対側の端部（以下「外側端部」（ＢＯＴ）ともいう）の方向へ所定距離進んだ位置までの領域をいう。磁気テープの巻外側とは、前記磁気テープの２つの端部のうち、当該外側端部を起点として、当該位置から当該内側端部の方向へ所定距離進んだ位置までの領域をいう。

[0018] 図３３を参照して磁気テープにおける巻内側及び巻外側についてより具体的に説明する。図３３は、磁気テープ全長を巻内側端部（ＥＯＴ）から巻外側端部（ＢＯＴ）まで均等に４等分して４つの領域に分割した様子を示す摸式図である。図３３に示すように、ＥＯＴからＢＯＴに向けて、順にＤ領域、Ｃ領域、Ｂ領域、Ａ領域の４つの領域にテープ全長が分割されている。本明細書では、図３３におけるＡ領域を巻外側とし、Ｄ領域を巻内側とする。

[0019] 本技術の磁気記録カートリッジは、前記幅変化量が、前記磁気テープの全長を４等分して４つの領域に分割した場合の前記磁気テープの全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍである。これについて図３３を参照して説明する。図３３は、磁気テープ全長を巻内側端部（ＥＯＴ）から巻外側端部（ＢＯＴ）まで均等に４等分して４つの領域に分割した様子を示す摸式図である。図３３に示すように、ＥＯＴからＢＯＴに向けて、順にＤ領域、Ｃ領域、Ｂ領域、Ａ領域の４つの領域にテープ全長が分割されている。図３３に示すように、磁気テープの全長の中心線はＢ領域とＣ領域の間に位置して、当該Ｂ領域とＣ領域を区切る境界線であり、当該中心線を挟む２つの領域は、Ｂ領域とＣ領域である。本技術の磁気記録カートリッジは、前記幅変化量がＢ領域又はＣ領域のいずれかの位置において０ｐｐ

ｍとなる。

[0020] 本技術の磁気記録カートリッジは磁気テープの巻内側の幅変化量Δinが正の値であってもよい。ここで磁気テープの巻内側の幅変化量Δinとは、磁気テープの巻内側の幅変化量の最大値を意味する。磁気テープの巻内側の幅変化量Δinが正の値であるとは、巻内側では初期状態の幅よりも保存後の幅が広くなっていることを示す。

本技術の磁気記録カートリッジは磁気テープの巻外側の幅変化量Δoutが負の値であってもよい。ここで磁気テープの巻外側の幅変化量Δoutとは、磁気テープの巻外側の幅変化量の最小値を意味する。磁気テープの巻外側の幅変化量Δoutが負の値であるとは、巻外側では初期状態の幅よりも保存後の幅が狭くなっていることを示す。

また、前記磁気テープの長手方向の全長を１００％としたときに、好ましくは磁気テープの巻外側端部（ＢＯＴ）から２５％～７５％の位置において、６５℃で３６０時間保存後における前記磁気テープの幅変化量Δは０ｐｐｍであってもよい。図３３に示す磁気テープにおいては、磁気テープの巻外側端部（ＢＯＴ）から２５％～７５％の位置に相当するＢ領域、Ｃ領域のいずれかの位置において６５℃で３６０時間保存後における前記磁気テープの幅変化量Δは０ｐｐｍであってよい。

また、図３３に示すように全長を４等分して４つの領域に分割した磁気テープにおいて、好ましくは磁気テープの巻外側の１／４部分に相当するＡ領域における幅変化量Δの平均値が負の値であり、磁気テープの巻内側の１／４部分に相当するＤ領域における幅変化量Δの平均値が正の値であってもよい。

また、前記磁気テープにおいて、（磁気テープの巻内側の幅変化量Δin）－（磁気テープの巻外側の幅変化量Δout）は、８００ｐｐｍ以下であってもよい。

[0021] 本技術の磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープは、好ましくは長尺状の磁気テープであり、例えば磁気記録テープ（特には長尺状の磁気記録テ

ープ）でありうる。

[0022] 本技術の磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープは、磁性層、ベース層、及びバック層を備えていてもよく、これらの層に加えて、他の層を含んでいてよい。当該他の層は、磁気テープの種類に応じて適宜選択されてよい。前記磁気テープは、例えば塗布型の磁気テープであってよく又は真空薄膜型の磁気テープであってよい。前記塗布型の磁気テープについて、以下２．においてより詳細に説明する。真空薄膜型の磁気テープについて、以下３．においてより詳細に説明する。上記３つの層以外に前記磁気テープに含まれる層については、これらの説明を参照されたい。

[0023] 本技術の磁気記録カートリッジに含まれる磁気テープは、例えば少なくとも一つのデータバンドと少なくとも二つのサーボバンドとを有しうる。データバンドの数は例えば２～１０であり、特には３～６、より特には４又は５でありうる。サーボバンドの数は、例えば３～１１であり、特には４～７であり、より特には５又は６でありうる。これらサーボバンド及びデータバンドは、例えば長尺状の磁気テープの長手方向に延びるように、特には略平行となるように配置されていてよい。前記データバンド及び前記サーボバンドは、前記磁性層に設けられうる。このようにデータバンド及びサーボバンドを有する磁気テープとして、ＬＴＯ（Linear Tape-Open）規格に従う磁気記録テープを挙げることができる。すなわち、前記磁気テープは、ＬＴＯ規格に従う磁気記録テープであってよい。例えば、前記磁気テープは、ＬＴＯ９又はそれ以降の規格（例えばＬＴＯ１０、ＬＴＯ１１、又はＬＴＯ１２など）に従う磁気記録テープであってよい。

前記長尺状の磁気テープ（特には磁気記録テープ）の幅は、例えば５ｍｍ～３０ｍｍであり、特には７ｍｍ～２５ｍｍであり、より特には１０ｍｍ～２０ｍｍ、さらにより特には１１ｍｍ～１９ｍｍでありうる。長尺状の磁気テープの長さは、例えば５００ｍ～１５００ｍでありうる。例えばＬＴＯ８規格に従うテープ幅は１２．６５ｍｍであり、長さは９６０ｍである。

[0024] ２．第１の実施形態（塗布型の磁気テープを含む磁気記録カートリッジの例

）

[0025] （１）磁気記録カートリッジの構成

[0026] ［磁気記録カートリッジ］

まず図１を参照して、本技術に従う磁気記録カートリッジの構成を説明する。図１は、本技術の従う磁気記録カートリッジ１０の一例を示す分解斜視図である。本技術の説明では、磁気記録カートリッジ１０として、ＬＴＯ規格に準拠する磁気記録カートリッジを例に挙げて説明する。

[0027] 磁気記録カートリッジ１０は、１リールタイプのカートリッジであり、下シェル１２Ａと上シェル１２Ｂとで構成されるカートリッジケース１２の内部に、テープ状の磁気テープＭＴが巻かれた1つのリール１３と、リール１３の回転をロックするためのリールロック１４およびリールスプリング１５と、リール１３のロック状態を解除するためのスパイダ１６と、下シェル１２Ａと上シェル１２Ｂに跨ってカートリッジケース１２に設けられたテープ引出口１２Ｃを開閉するスライドドア１７と、スライドドア１７をテープ引出口１２Ｃの閉位置に付勢するドアスプリング１８と、誤消去を防止するためのライトプロテクト１９と、カートリッジメモリ１１とを備える。磁気テープＭＴを巻くためのリール１３は、中心部に開口を有する略円盤状であって、プラスチック等の硬質の材料からなるリールハブ１３Ａとフランジ１３Ｂとにより構成される。磁気テープＭＴの外周側の端部には、リーダーテープＬＴが接続されている。リーダーテープＬＴの先端には、リーダーピン２０が設けられている。

[0028] 磁気記録カートリッジ１０は、ＬＴＯ（Linear Tape-Open）規格に準拠した磁気テープカートリッジであってもよいし、ＬＴＯ規格とは別の規格に準拠した磁気テープカートリッジであってもよい。

[0029] カートリッジメモリ１１は、磁気記録カートリッジ１０の１つの角部の近傍に設けられている。磁気記録カートリッジ１０が記録再生装置にロードされた状態において、カートリッジメモリ１１は、記録再生装置のリーダライタと対向するようになっている。カートリッジメモリ１１は、ＬＴＯ規格に

準拠した無線通信規格で記録再生装置、具体的にはリーダライタと通信を行う。

[0030] ［カートリッジメモリ］

図２は、カートリッジメモリ１１の構成の一例を示すブロック図である。カートリッジメモリ１１は、規定の通信規格でリーダライタと通信を行うアンテナコイル（通信部）３１と、アンテナコイル３１により受信した電波から、誘導起電力を用いて発電、整流して電源を生成する整流・電源回路３２と、アンテナコイル３１により受信した電波から、同じく誘導起電力を用いてクロックを生成するクロック回路３３と、アンテナコイル３１により受信した電波の検波およびアンテナコイル３１により送信する信号の変調を行う検波・変調回路３４と、検波・変調回路３４から抽出されるデジタル信号から、コマンドおよびデータを判別し、これを処理するための論理回路等で構成されるコントローラ（制御部）３５と、情報を記憶するメモリ（記憶部）３６とを備える。また、カートリッジメモリ１１は、アンテナコイル３１に対して並列に接続されたキャパシタ３７を備え、アンテナコイル３１とキャパシタ３７により共振回路が構成される。

[0031] メモリ３６は、磁気記録カートリッジ１０に関連する情報等を記憶する。メモリ３６は、不揮発性メモリ（Non Volatile Memory：ＮＶＭ）である。メモリ３６の記憶容量は、好ましくは約３２ＫＢ以上である。

[0032] メモリ３６は、第１の記憶領域３６Ａと第２の記憶領域３６Ｂとを有していてもよい。第１の記憶領域３６Ａは、第１の情報を記憶するための領域である。第１の情報は、例えば、磁気記録カートリッジ１０の製造情報（例えば磁気記録カートリッジ１０の固有番号）および磁気記録カートリッジ１０の使用履歴（例えば磁気テープＭＴの引出回数（Thread Count））等からなる群より選ばれた少なくとも１種を含む。第２の記憶領域３６Ｂは、第２の情報を記憶するための領域である。第２の情報は、例えば、テンション調整情報、管理台帳データ、Index情報およびサムネイル情報等からなる群より選ばれた少なくとも１種を含む。

[0033] テンション調整情報は、磁気テープＭＴの長手方向にかかるテンションを調整するための情報である。テンション調整情報は、例えば、サーボバンド間の幅を磁気テープＭＴの長手方向に間欠的に測定して得られる情報、記録再生装置のテンション情報、および記録再生装置の温度と湿度の情報等からなる群より選ばれた少なくとも１種の情報を含む。これらの情報は、磁気記録カートリッジ１０の使用状況に関する情報等と連携して管理されることもある。テンション調整情報は、磁気テープＭＴに対するデータ記録時、もしくはデータ記録前に取得されることが好ましい。記録再生装置のテンション情報とは、磁気テープＭＴの長手方向にかかるテンションの情報を意味する。

[0034] 管理台帳データは、磁気テープＭＴに記録されているデータファイルの容量、作成日、編集日および保管場所等のうちの少なくとも１種を含むデータである。Index情報は、データファイルの内容を検索するためのメタデータ等である。サムネイル情報は、磁気テープＭＴに記憶された動画または静止画のサムネイルである。以下の説明において、第１の記憶領域３６Ａに記憶される情報を「第１の情報」といい、第２の記憶領域３６Ｂに記憶される情報を「第２の情報」ということがある。

[0035] メモリ３６は、複数のバンクを有していてもよい。この場合、複数のバンクうちの一部のバンクにより第１の記憶領域３６Ａが構成され、残りのバンクにより第２の記憶領域３６Ｂが構成されてもよい。

[0036] アンテナコイル３１は、電磁誘導により誘起電圧を誘起する。コントローラ３５は、アンテナコイル３１を介して、規定の通信規格で記録再生装置と通信を行う。具体的には例えば、相互認証、コマンドの送受信またはデータのやり取り等を行う。

[0037] コントローラ３５は、アンテナコイル３１を介して記録再生装置から受信した情報をメモリ３６に記憶する。例えば、アンテナコイル３１を介して記録再生装置から受信したテンション調整情報をメモリ３６の第２の記憶領域３６Ｂに記憶する。コントローラ３５は、記録再生装置の要求

に応じて、メモリ３６から情報を読み出し、アンテナコイル３１を介して記録再生装置に送信する。例えば、記録再生装置の要求に応じて、メモリ３６の第２の記憶領域３６Ｂからテンション調整情報を読み出し、アンテナコイル３１を介して記録再生装置に送信する。

[0038] （２）磁気テープの構成

[0039] 図３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、長尺状のベース層４１と、ベース層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、ベース層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、垂直記録型の磁気テープであってもよいし、長手記録型の磁気テープであってもよい。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。

[0040] 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、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。

[0041] 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、１５００ｎｍ以下または１０００ｎｍ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。

[0042] ［ベース層］

ベース層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。ベース層４１は、長尺のフィルム状を有する。ベース層４１の平均厚みの上限値は、例えば好ましくは４．６μｍ以下、より好ましくは４．４μｍ以下、４．２μｍ以下、４．０μｍ以下、さらにより好ましくは３．８μｍ以下、特に好ましくは３．６μｍ以下、最も好ましくは３．４μｍ以下である。ベース層４１の平均厚みの上限値が４．６μｍ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。ベース層４１の平均厚みの下限値は、好ましくは３．０μｍ以上、より好ましくは３．２μｍ以上である。ベース層４１の平均厚みの下限値が３．０μｍ以上であると、ベース層４１の強度低下を抑制することができる。

[0043] ベース層４１の平均厚みは以下のようにして求められる。まず、磁気記録カートリッジ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。

[0044] 続いて、各サンプルのベース層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（LGH-110C）を用いて、各サンプル（ベース層４１）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、ベース層４１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。

[0045] ベース層４１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の少なくとも１種を含む。ベース層４１が上記材料のうちの２種以上を含む場合、それらの２種以上の材料は混合されていてもよいし、共重合されていてもよいし、積層されていてもよい。

[0046] ベース層４１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。ベース層４１がポリエステル類を含むことで、ベース層４１の長手方向の貯蔵弾性率Ｅ’を、好ましくは９．０ＧＰａ以下、より好ましくは７．５ＧＰａ以下、さらにより好ましくは６．０ＧＰａ以下、特に好ましくは５．５ＧＰａ以下、最も好ましくは４．５ＧＰａ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。ベース層４１の長手方向の貯蔵弾性率Ｅ’の測定方法については後述する。

[0047] 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の少なくとも１種を含む。ベース層４１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。ベース層４１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。

[0048] ベース層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、磁気記録カートリッジ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、サンプルのベース層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（ベース層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、ベース層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。

[0049] 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。

[0050] 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（ポリエーテルサルフォン）、ＰＥＩ（ポリエーテルイミド）、ＰＳＦ（ポリスルフォン）、ＰＰＳ（ポリフェニレンスルフィド）、ＰＣ（ポリカーボネート）、ＰＡＲ（ポリアリレート）およびＰＵ（ポリウレタン）のうちの少なくとも１種を含む。

[0051] ベース層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。ベース層４１に含まれる高分子樹脂は、ベース層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。

[0052] ［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。

[0053] 磁性層４３は、データが書き込まれる複数のデータバンドと、サーボパターンが書き込まれる複数のサーボバンドと、を有している。データバンドおよびサーボバンドの詳細については後述する。

[0054] 磁性層４３は、データバンドに複数のデータトラックを形成可能に構成されている。データトラック幅の平均値の上限値は、トラック記録密度を向上し、高記録容量を確保する観点から、好ましくは１１００ｎｍ以下、より好ましくは１０００ｎｍ以下、さらにより好ましくは８００ｎｍ以下、特に好ましくは６００ｎｍ以下ある。データトラック幅Wの平均値の下限値は、磁性粒子サイズを考慮すると、好ましくは２０ｎｍ以上である。

[0055] データトラック幅の平均値は以下のようにして求められる。まず、データが磁気テープＭＴの全面に記録された磁気記録カートリッジ１０を準備し、この磁気記録カートリッジ１０から磁気テープ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、各サンプルの磁性層４３のデータバンド部分のデータ記録パターンを磁気力顕微鏡（Magnetic Force Microscope：ＭＦＭ）を用いて観察し、ＭＦＭ像を得る。ＭＦＭとしてはDigital Instruments社製Dimension3100とその解析ソフトが用いられる。当該ＭＦＭ像の測定領域は１０μｍ×１０μｍとし、当該１０μｍ×１０μｍの測定領域は５１２×５１２（＝２６２，１４４）個の測定点に分割される。各サンプルにおいて１０μｍ×１０μｍ測定領域についてＭＦＭによる測定が行われ、すなわち３つのＭＦＭ像が得られる。得られた３つのＭＦＭ像から、Dimension3100に付属の解析ソフトを用

いて、トラック幅を１０ヶ所測定し平均値（単純平均である）をとる。当該平均値が、データトラック幅の平均値である。なお、上記ＭＦＭの測定条件は掃引速度：１Ｈｚ、使用チップ：ＭＦＭＲ－２０、リフトハイト：２０ｎｍ、補正：Flatten order 3である。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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、磁気記録カートリッジ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。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。

[0059] 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

[0060] 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。

[0061] ［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。

[0062] ［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種をさらに含んでいてもよい。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１種をさらに含んでいてもよい。

[0063] 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のうちの少なくとも１種の金属、好ましくはＢａおよびＳｒのうちの少なくとも１種の金属である。Ｍが、Ｂａと、Ｓｒ、Ｐｂ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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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、磁気記録カートリッジ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。

[0067] 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４参照）を測定できる粒子を５０個抽出できる枚数準備する。

[0068] 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４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。

[0069] 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。

[0070] 図５、図６にＴＥＭ写真の一例を示す。図５、図６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個選び出す。例えば、図５、図６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。

[0071] 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５００ｎｍ^{3}以上２５００ｎｍ^{3}以下、より好ましくは５００ｎｍ^{3}以上１６００ｎｍ^{3}以下、さらに好ましくは５００ｎｍ^{3}以上１５００ｎｍ^{3}以下、特に好ましくは６００ｎｍ^{3}以上１２００ｎｍ^{3}以下、最も好ましくは６００ｎｍ^{3}以上１０００ｎｍ^{3}以下である。磁性粉の平均粒子体積が２５００ｎｍ^{3}以下であると、磁性粉の平均粒子サイズを２２ｎｍ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５００ｎｍ^{3}以上であると、磁性粉の平均粒子サイズを１３ｎｍ以上とする場合と同様の効果が得られる。

[0072] 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。

[0073] [数1]

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

[0074] ［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。

[0075] 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σｓ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。

[0076] 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－Ｆｅ$_2$Ｏ$_3$結晶を主相とするものが好ましく、単相のε－Ｆｅ$_2$Ｏ$_3$からなるものがより好ましい。

[0077] 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。

[0078] 軟磁性を有する部分（ε酸化鉄より飽和磁化量σｓ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。

[0079] また、軟磁性を有する部分は、例えば、Fe_3O_4、γ－Fe_2O_3、またはスピネルフェライト等を含んでいてもよい。

[0080] 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Ｈｃを記録に適した保磁力Ｈｃに調整できる。

[0081] 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Ｈｃを記録に適した保磁力Ｈｃ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。

[0082] 具体的には、添加剤を含むε酸化鉄は、ε－$Fe_{2-x}M_xO_3$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。

[0083] 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１０ｎｍ以上２０ｎｍ以下、より好ましくは１０ｎｍ以上１８ｎｍ以下、さらにより好ましくは１０ｎｍ以上１６ｎｍ以下、特に好ましくは１０ｎｍ以上１５ｎｍ以下、最も好ましくは１０ｎｍ以上１４ｎｍ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２０ｎｍ以下であると、高記録密度の磁気テープＭＴ（例えば４０ｎｍ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１０ｎｍ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。

[0084] 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。

[0085] 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、磁気記録カートリッジ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。

[0086] 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ＤＳとは、粒子の長軸（ＤＬ）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ＤＬを単純に平均（算術平均）して平均長軸長$ＤＬ_{ave}$を求める。このようにして求めた平均長軸長$ＤＬ_{ave}$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ＤＳを単純に平均（算術平均）して平均短軸長$ＤＳ_{ave}$を求める。そして、平均長軸長$ＤＬ_{ave}$および平均短軸長$ＤＳ_{ave}$から粒子の平均アスペクト比（$ＤＬ_{ave}$／$ＤＳ_{ave}$）を求める。

[0087] 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５００ｎｍ^{3}以上４０００ｎｍ^{3}以下、より好ましくは５００ｎｍ^{3}以上３０００ｎｍ^{3}以下、さらにより好ましくは５００ｎｍ^{3}以上２０００ｎｍ^{3}以下、特に好ましくは６００ｎｍ^{3}以上１６００ｎｍ^{3}以下、最も好ましくは６００ｎｍ^{3}以上１３００ｎｍ^{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４０００ｎｍ^{3}以下であると、磁性粒子の平均粒子サイズを２０ｎｍ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５００ｎｍ^{3}以上であると、磁性粒子の平均粒子サイズを１０ｎｍ以上とする場合と同様の効果が得られる。

[0088] 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DL_{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。

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

[0089] 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、磁気記録カートリッジ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。

[0090] 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。

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

[0091] ［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。

[0092] 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。

$Co_xM_yFe_2O_Z$

（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≦ｘ≦１．０の範囲内の値である。ｙは、０≦ｙ≦０．３の範囲内の値である。但し、ｘ、ｙは（ｘ＋ｙ）≦１．０の関係を満たす。ｚは３≦ｚ≦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。）

[0093] 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８ｎｍ以上１６ｎｍ以下、より好ましくは８ｎｍ以上１３ｎｍ以下、さらにより好ましくは８ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。磁性粉の平均粒子サイズが１６ｎｍ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８ｎｍ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。

[0094] 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。

[0095] 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５００ｎｍ^{3}以上４０００ｎｍ^{3}以下、より好ましくは６００ｎｍ^{3}以上２０００ｎｍ^{3}以下、さらにより好ましくは６００ｎｍ^{3}以上１０００ｎｍ^{3}以下である。磁性粉の平均粒子体積が４０００ｎｍ^{3}以下であると、磁性粉の平均粒子サイズを１６ｎｍ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５００ｎｍ^{3}以上であると、磁性粉の平均粒子サイズを８ｎｍ以上とする場合と同様の効果が得られる。磁性分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。

[0096] ［第１粒子］

磁性層はその一部が磁性面から突出する第１粒子を含んでいてもよい。

図４２に示すように、磁性層４３に含まれる第１粒子９１Ａのうちの一部の粒子は、磁性面から突出し、第１突起９１Ｂを形成している。データライトヘッド６０と磁気テープＭＴの摺動時に、第１突起９１Ｂは、データライトヘッド６０と接触する。

[0097] 第１粒子９１Ａは、導電性を有する。第１粒子９１Ａは、帯電防止剤であり、かつ、固体潤滑剤であることが好ましい。第１粒子９１Ａは、カーボンを含む粒子である。カーボンを含む粒子としては、例えば、カーボン粒子、およびハイブリッド粒子からなる群より選ばれた少なくとも１種を用いることができ、カーボン粒子を用いることが好ましい。

[0098] カーボン粒子としては、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種以上を用いることができ、これらのカーボン粒子のうちでもカーボンブラックを用いることが好ましい。カーボンブラックとしては、例えば、東海カーボン社製のシーストＴＡ、旭カーボン社の旭＃１５、＃１５ＨＳ等を用いることができる。

[0099] ハイブリッド粒子は、カーボンとカーボン以外の材料とを含む。カーボン以外の材料は、例えば、有機材料または無機材料である。ハイブリッド粒子は、無機粒子表面にカーボンが付着されたハイブリッド粒子であってもよい。具体的には例えば、シリカ粒子表面にカーボンが付着されたハイブリッドカーボンであってもよい。

[0100] ［第２粒子］

磁性層はその一部が磁性面から突出する第２粒子を含んでいてもよい。

図４２に示すように、磁性層４３に含まれる第２粒子９２Ａのうちの一部の粒子は、磁性面から突出し、第２突起９２Ｂを形成している。データライトヘッド６０と磁気テープＭＴの摺動時に、第２突起９２Ｂは、データライトヘッド６０と接触する。

[0101] 第２粒子９２Ａは、研磨剤であってもよい。第２粒子９２Ａのモース硬度の下限値は、データライトヘッド６０との接触による変形を抑制する観点から、７．０以上、好ましくは７．５以上、より好ましくは８．０以上、さらにより好ましくは８．５以上である。第２粒子９２Ａのモース硬度の上限値は、データライトヘッド６０の摩耗を抑制する観点から、好ましくは９．５以下である。

[0102] 第２粒子９２Ａは、無機粒子であることが好ましい。無機粒子としては、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－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、ダイヤモンド粉末等が挙げられる。無機粒子としては、α－アルミナ、β－アルミナ、γ－アルミナ等のアルミナ粒子、炭化ケイ素を用いることが好ましい。第２粒子９２Ａは、針状、球状、サイコロ状等のいずれの形状でもよいが、形状の一部に角を有するものが、高いアブラシビティを有するので好ましい。

[0103] ［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、セルロース誘導体（セルロースアセテートブチレート、セルロースダイアセテート、セルローストリアセテート、セルロースプロピオネート、ニトロセルロース）、スチレンブタジエン共重合体、ポリウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、アミノ樹脂、合成ゴム等が挙げられる。

[0104] 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。

[0105] 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、－ＳＯ$_3$Ｍ、－ＯＳＯ$_3$Ｍ、－ＣＯＯＭ、Ｐ＝Ｏ（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、－ＮＲ１Ｒ２、－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。

[0106] ［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、特には磁性層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。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] 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）に示される化合物のいずれか一方若しくは両方と、又は一般式（５）に示される化合物を含むことによって、磁気テープＭＴを繰り返しの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。

[0110] $CH_3(CH_2)_kCOOH$ ・・・（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。）

[0111] $CH_3(CH_2)_nCH=CH(CH_2)_mCOOH$ ・・・（２）

（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。）

[0112] $CH_3(CH_2)_pCOO(CH_2)_qCH_3$ ・・・（３）

（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。）

[0113] $CH_3(CH_2)_rCOO-(CH_2)_sCH(CH_3)_2$ ・・・（４）

（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。）

[0114] $CH_3(CH_2)_tCOO-(CH)(CH_3)CH_2(CH_3)_u$ ・・・（５）

（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。）

[0115] ［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。

[0116] ［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。

[0117] ［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。

[0118] ［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。

[0119] ［下地層］

下地層４２は、ベース層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いてもよい。

[0120] 下地層４２の平均厚みの上限値は、好ましくは１．０μｍ以下、より好ましくは０．９μｍ以下、さらにより好ましくは０．８μｍ以下、特により好ましくは０．７μｍ以下、最も好ましくは０．６μｍ以下である。下地層４２の平均厚みの上限値が１．０μｍ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１．０μｍ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０．３μｍ以上である。下地層４２の平均厚みの下限値が０．３μｍ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。

[0121] ［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て用いてもよい。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。

[0122] 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いてもよい。

[0123] ［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。

[0124] ［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。

[0125] ［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いてもよい。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。

[0126] バック層４４の平均厚みt_b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t_b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やベース層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t_b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。

[0127] 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、磁気記録カートリッジ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。

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

[0128] ［磁気テープの幅変化量Δ］

６５℃で３６０時間保存後に前記磁気テープの全長にわたって前記磁気テープの幅変化量Δを測定したときに、磁気テープの巻外側の幅変化量Δoutの符号が磁気テープの巻内側の幅変化量Δinの符号と異なる。磁気テープの巻外側の幅変化量Δoutの符号が磁気テープの巻内側の幅変化量Δinの符号と異なることにより、高温環境下で保存を行っても優れた走行安定性を得ることができる。また、前記幅変化量Δが、前記磁気テープの全長を４等分して４つの領域に分割した場合の前記磁気テープの全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍである。このように磁気テープの長手方向における特定の領域で幅変化量Δが０ｐｐｍとなることにより、高温環境下で保存を行っても優れた走行安定性を得ることができる。さらに、磁気テープの長手方向において、４つの領域のうちのいずれかの領域においても幅変化量Δが好ましくは３００ｐｐｍ以下、より好ましくは２５０ｐｐｍ以下、さらに好ましくは２００ｐｐｍ以下、さらにより好ましくは１５０ｐｐｍ以下である。

[0129] 磁気テープの幅変化量Δは、以下のようにして測定される。

[0130] まず、データ記録再生装置５０を用いて、６５℃で３６０時間保存前の初期状態にある磁気テープの長手方向におけるサーボバンドピッチを測定する

。なお、サーボバンドピッチとは、サーボバンドの配列間隔を意味する。

なお、サーボバンドピッチの測定に際し、磁気テープＭＴを０．５５Ｎのテンションで磁気記録カートリッジ１０に巻き込んだ状態で、３２℃、５５ＲＨ％の環境下、磁気記録カートリッジ１０内に収容されている磁気テープＭＴを、データ記録再生装置５０へと巻き込むように走行させながら（いわゆる順方向に走行させながら）、磁気テープＭＴの全長にわたって磁気テープＭＴの長手方向の各位置におけるサーボバンドピッチの測定が行われる。当該測定において、磁気テープＭＴにかかるテンションは０．５５Ｎであり、且つ、走行速度は３～６ｍ／ｓである。

[0131] 次に、磁気テープＭＴを０．５５Ｎのテンションで磁気記録カートリッジ１０に巻き込んだ状態で、６５℃、４０ＲＨ％で２４時間保存後、３２℃、５５ＲＨ％の環境下で、データ記録再生装置５０において０．５５Ｎのテンションで１往復走行させ、再び６５℃、４０ＲＨ％環境で２４時間保存した後に３２℃、５５ＲＨ％の環境下で、データ記録再生装置５０において０．５５Ｎのテンションで１往復走行することを繰り返し、合計３６０時間保存する。

[0132] 磁気テープＭＴの長手方向の各位置における保存後のサーボバンドピッチと初期状態の長手方向における対応する位置（長手方向における対応する位置は、全長における同じ長さ比率となる位置を意味する。）のサーボバンドピッチの比を幅変化量Δとする。幅変化量Δが最小になる部分と幅変化量Δが最大になる部分を特定し、さらに幅変化量最大値Δ_{max}と幅変化量最小値Δ_{min}との差を求める。

[0133] サーボバンドピッチの測定方法について、以下により具体的に説明する。

ここでは、図７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をデータライトヘッド６０がトラッキングする例について説明する。

[0134] データ記録再生装置５０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、データ記録再生装置５０によって磁気テープＭＴを全長にわたっ

て走行させ、２つのサーボリード部６２の各サーボバンド上でのサーボトレースラインＴのサーボパターン４７に対する相対位置を表す数値をそれぞれ測定し、測定した各サーボトレースラインＴのサーボパターン４７に対する相対位置からサーボバンドピッチを算出する。図７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（データライトヘッド６０の２つのサーボリード部６２の配置間隔である第１のピッチＰ１）を示している。また、図７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。

[0135] 図８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。データ記録再生装置５０は、サーボパターン４７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。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バースト及び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バースト及びＢバースト間の距離ＡＢとを算出し、下記［数１］式で各サーボリード部６２のサーボトレースラインＴのサーボパターン４７に対する相対位置を表す数値を算出する。なお、θは、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。

[0136] [数2]

$$\frac{\Sigma AB\ Time}{\Sigma AC\ Time} \times AC[um] \times \frac{1}{2\tan\theta} \quad \cdots \text{（数１式）}$$

[0137] ここで、距離ＡＣは、ＡバーストおよびＣバーストの第１傾斜部同士の間の距離ＡＣ１でもよいし、それらの第２傾斜部同士の間の距離ＡＣ２でもよいし、それらの第３傾斜部同士の間の距離ＡＣ３でもよいし、それらの第４傾斜部同士の間の距離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。

[0138] 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傾斜部同士の間の距離ＡＢ１でもよいし、それらの第２傾斜部同士の間の距離ＡＢ２でもよいし、それらの第３傾斜部同士の間の距離ＡＢ３でもよいし、それらの第４傾斜部同士の間の距離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。

[0139] そして、［数１］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。

[0140] 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４７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。

[0141] 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２］式でサーボトレースラインＴの位置を測定してもよい。

[0142]

[数3]

$$\frac{\Sigma CD\ Time}{\Sigma CA\ Time} \times CA[um] \times \frac{1}{2\tan\theta} \quad \cdots \text{（数２式）}$$

[0143] 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。

[0144] 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。

[0145] さらに、サーボバンドピッチの測定には、［数１］式を用いた測定値と［数２］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１］式における距離ＡＣ，ＡＢおよび［数２］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１］式における距離ＡＣ，ＡＢおよび［数２］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。

[0146] 図７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ｓ２においては距離ＡＢが３８．５μｍ、距離ＡＣが７６μ

ｍ、サーボバンドｓ３においては距離ＡＢが３７．５μｍ、距離ＡＣが７６μｍであるとする。

サーボバンドｓ２においては、

（３８．５／７６）×（７６／２ｔａｎ１２°）＝９０．５６４１［μｍ］

サーボバンドｓ３においては、

（３７．５／７６）×（７６／２ｔａｎ１２°）＝８８．２１１８［μｍ］

となる。これらの値の差分は、

８８．２１１８－９０．５６４１＝－２．３５２３［μｍ］

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Ｐ２は、サーボリードヘッドピッチＰ１より、２．３５２３μｍだけ広い値として求められる。

[0147] なお、図７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ｓ２およびサーボバンドｓ３のいずれにおいても距離ＡＢが３８μｍ、距離ＡＣが７６μｍとなる。この場合、サーボバンドｓ２およびサーボバンドｓ３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Ｐ１と同一を意味する。

[0148] ［テンション制御］

データ記録再生装置５０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Ｐ１と同一となるように磁気テープＭＴのテンションを制御してもよい。

[0149] 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Ｐ１よりも広いか狭いかを判定してもよい。サーバンドピッチがサーボリードヘッドピッチＰ１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Ｐ１よりも狭い場合にはテンションを低くしてもよい。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。

[0150] データ記録再生装置５０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１１へ記録してもよい。データ記録再生装置５０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してもよい。

[0151] なお、磁気テープＭＴの長手方向における幅変化量は、例えば、以下のとおりに調整することができる。磁気テープＭＴに生じるひずみやクリープを減少させるために、ベース層の材質と、ベース層の縦横強度（縦横延伸条件）、磁性層種類（塗布型磁性層、真空薄膜型磁性層）、塗布層の場合は、結合剤のＴｇ、硬化剤の量などを適宜選択してもよい。また、ひずみ緩和のために磁気テープＭＴの裁断前に、６５℃以上の温度で長時間保管してもよく、さらにサーボライト前に、５５℃以上の温度で長時間保管してもよい。

[0152] ［損失弾性率、貯蔵弾性率］

ベース層４１の６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下、好ましくは０．３５ＧＰａ以下、より好ましくは０．３０ＧＰａ以下、さらに好ましくは０．２５ＧＰａ以下、好ましくは０．２０ＧＰａ以下でありうる。損失弾性率が当該範囲内であることにより、６０℃以上の高温環境下で保存を行っても、テープシステムの走行張力の調整や巻き方向を変更することで磁気テープの長手方向における幅修正が可能な磁気記録カートリッジを提供することができる。

[0153] ベース層４１の６５℃における貯蔵弾性率が好ましくは８．０ＧＰａ以下

、より好ましくは７．０ＧＰａ以下、さらに好ましくは６．０ＧＰａ以下でありうる。貯蔵弾性率が上記数値範囲内にあることによって高温環境下で保存後もテープシステムの走行張力調整や巻き方向を変更することで磁気テープの長手方向における幅修正が可能な磁気記録カートリッジを提供することができる。

また、前記ベース層の６５℃における貯蔵弾性率の下限は、特に限定されるものではないが、例えば、好ましくは０．０１ＧＰａ以上、より好ましくは０．０２ＧＰａ以上、さらに好ましくは０．０３ＧＰａ以上でありうる。

[0154] 損失弾性率及び貯蔵弾性率は、動的粘弾性測定によって測定される。前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。

[0155] 磁気記録カートリッジ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１０ｍから２０ｍ、３０ｍから４０ｍ、及び５０ｍから６０ｍの３か所の位置からそれぞれ２５０ｍｍの長さに切り出し、切り出された磁気テープＭＴを打ち抜き器にて測定テープ長２２．０ｍｍ、幅４．０ｍｍに切り出し、サンプルを作製する。サンプルのベース層４１以外の層（すなわち非磁性層（下地層）４２、磁性層４３およびバック層４４）をアセトンまたはエタノール等で除去する。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インスツルメンツ社製）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。ｎ数３で各サンプルについて５点の位置で測定し、それらの測定値（合計１５点）を単純に平均（算術平均）して、損失弾性率及び貯蔵弾性率を算出する。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。

測定温度範囲：－１０℃～１８０℃

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」

Ｍｅａｓｕｒｍｅｎｔ　Ｔｙｐｅ：「Ｄｙｎａｍｉｃ」

装置が置かれる環境：温度２５℃、湿度５０ＲＨ％

測定部の湿度コントロール：無し

測定Ｎ数：３

前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、前記測定において、張力が０以下になることがないように張力が調整され、且つ、ひずみがトランスデューサーの下限値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（張力が0以下になることがないように張力を調整するための設定）

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（ひずみがトランスデューサーの下限を下回らないように調整するための設定）

Max Applied Strain 0.1%

Max Allowed Force 100.0g

Min allowed Force 2.0g

Strain Adjustment 3.0%

Meas Ops: Default setting

[0156] 以上で説明した前記動的粘弾性測定をベース層４１に対して行うことによって、測定温度６５℃における損失弾性率及び貯蔵弾性率の値が得られる。

[0157] ベース層４１の損失弾性率及び貯蔵弾性率は、例えばベース層を形成する材料の種類及びベース層の長手方向と幅方向の延伸状態及び／又は塗布乾燥工程、カレンダー工程、硬化工程、Ａｇｉｎｇ工程などによって調整することができる。

[0158] 例えば、ベース層を形成する材料としてＰＥＮ、ＰＥＴ、又はＰＥＥＫを用いることによって、他の材料と比べて損失弾性率及び貯蔵弾性率を小さくすることができる。

[0159] ［算術平均粗さＲａ］

磁性面の算術平均粗さＲａは、好ましくは２．５ｎｍ以下、より好ましくは２．０ｎｍ以下である。Ｒａが２．５ｎｍ以下であると、より優れたＳＮＲを得ることができる。

[0160] 上記の算術平均粗さＲａは以下のようにして求められる。まず、ＡＦＭ（Atomic Force Microscope）（ブルカー製、Dimension Icon）を用いて磁性層４３が設けられている側の表面を観察して、断面プロファイルを取得する。次に、取得した断面プロファイルから、ＪＩＳ Ｂ０６０１：２００１に準拠して算術平均粗さＲａを求める。

[0161] ［磁気テープの平均厚みｔ$_T$］

磁気テープＭＴの平均厚みｔ$_T$は、好ましくは５．６μｍ以下、より好ましくは５．４μｍ以下、さらに好ましくは５．０μｍ以下、特に好ましくは４．６μｍ以下でありうる。磁気テープＭＴの平均厚みｔ$_T$がｔ$_T$≦５．６μｍ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従来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、３．５μｍ≦ｔ$_T$である。

[0162] 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、磁気記録カートリッジ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１０ｍから２０ｍ、３０ｍから４０ｍ、及び５０ｍから６０ｍの３か所の位置からそれぞれ２５０ｍｍの長さに切り出し、サンプルを作製する。次に、測定装置としてMitutoyo社製レーザーホロゲージ（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１５点）を単純に平均（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。

[0163] ［第１突起の平均高さＨ１と第２突起の平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２］

第１突起９１Ｂの平均高さＨ１と第２突起９２Ｂの平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２（以下「突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２」という。）の上限値は、Ｈ１／Ｈ２≦２．３、好ましくはＨ１／Ｈ２≦２．０、より好ましくはＨ１／Ｈ２≦１．７、さらにより好ましくはＨ１／Ｈ２≦１．５である。突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２がＨ１／Ｈ２≦２．３であると、第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０との接触面積を適切な範囲に調整することができると共に、第２突起９２Ｂとデータライトヘッド６０との接触機会を適切な範囲に調整することができるので、磁気テープＭＴの走行に伴う第１突起９１Ｂの摩耗を抑制することができる。したがって、多数回走行による磁性面の摩擦上昇を抑制することができる。よって、多数回走行によるＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳの上昇を抑制することができる。

[0164] 突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２の下限値は、好ましくは１．０≦Ｈ１／Ｈ２、より好ましくは１．１≦Ｈ１／Ｈ２、さらに好ましくは１．２≦Ｈ１／Ｈ２である。磁性面のカレンダー処理の際に、第２突起９２Ｂは第１突起９１Ｂに比べて押しつぶされやすいため、第２突起９２Ｂの平均高さＨ２は、第１突起９１Ｂの平均高さＨ１に比べて低くなる。したがって、カレンダー処理後の磁性面における突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２をＨ１／Ｈ２＜１．０に調整することは困難である。

[0165] ［第１突起の平均高さＨ１］

第１突起９１Ｂの平均高さＨ１の上限値は、好ましくは１２．０ｎｍ以下、より好ましくは１１．５ｎｍ以下、さらにより好ましくは１０．５ｎｍ以下、９．５ｎｍ以下または８．５ｎｍ以下である。第１突起９１Ｂの平均高さＨ１が１２．０ｎｍを超えると、データライトヘッド６０と磁気テープＭＴとの間のスペーシング量が大きくなり、所定の電磁変換特性を得ることができなくなる虞がある。

[0166] 第１突起９１Ｂの平均高さＨ１の下限値は、特に限定されるものではないが、好ましくは５．０ｎｍ以上、より好ましくは５．５ｎｍ以上、さらに好ましくは６．０ｎｍ以上である。

[0167] ［第２突起の平均高さＨ２］

第２突起９２Ｂの平均高さＨ２の上限値は、好ましくは７．０ｎｍ以下、より好ましくは６．５ｎｍ以下、さらにより好ましくは６．０ｎｍ以下、５．５ｎｍ以下または５．３ｎｍ以下である。第２突起９２Ｂの平均高さＨ２が７．０ｎｍを超えると、データライトヘッド６０と磁気テープＭＴとの間のスペーシング量が大きくなり、所定の電磁変換特性を得ることができなくなる虞がある。

[0168] 第２突起９２Ｂの平均高さＨ２の下限値は、特に限定されるものではないが、好ましくは２．０ｎｍ以上、より好ましくは２．５ｎｍ以上、さらに好ましくは３．０ｎｍ以上である。

[0169] ［第１突起の平均高さＨ１、第２突起の平均高さＨ２および突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２の測定方法］

第１突起９１Ｂの平均高さＨ１、第２突起９２Ｂの平均高さＨ２および突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２は、以下に説明するとおり、原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope：ＡＦＭ）によるＡＦＭ像と、電界放射型走査電子顕微鏡（Field-Emission Scanning Electron Microscope：ＦＥ－ＳＥＭ）によるＦＥ－ＳＥＭ像を測定サンプルの同一箇所において取得し、これらのＡＦＭ像とＦＥ－ＳＥＭ像と対応付けることにより求められる。

[0170] ＡＦＭにより、各突起の高さを測定することができ、且つ、ＦＥ－ＳＥＭにより、各突起が第１粒子９１Ａおよび第２粒子９２Ａのいずれによって形成されたものであるかを特定することができる。同一箇所についてのＡＦＭにより得られた画像とＦＥ－ＳＥＭにより得られた画像とを重ね合わせて合成画像を得て、得られた合成画像から、各突起を形成する粒子の種類（第１粒子９１Ａおよび第２粒子９２Ａのいずれであるか）と各突起の高さとを対応付けることができる。

[0171] 以下、（Ａ）測定サンプルの作製およびＡＦＭ像の取得、（Ｂ）ＦＥ－ＳＥＭを用いた突起を形成する粒子の種類の特定方法、（Ｃ）突起の高さと突起を形成する粒子の種類との対応付け方法、（Ｄ）ＡＦＭを用いた突起の高さの測定方法、および（Ｅ）第１突起の平均高さＨ１、第２突起の平均高さＨ２および突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２の算出方法について順次説明する。

[0172] （Ａ）測定サンプルの作製およびＡＦＭ像の取得

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の位置で磁気テープＭＴをＡＦＭ観察用試料台およびＳＥＭ観察用試料台に乗るサイズに切り出し、測定サンプルを作製する。次に、測定サンプルの中央部を避けて、測定サンプル表面にマーキングする。マーキング法としては、マニュピレーターやナインデンター等にて線状または点状に磁気テープＭＴ上に凹みを形成する方法、銀ペースト等で磁気テープＭＴ上に凸部を形成する方法等が挙げられる。なお、ＡＦＭでは、マーキング部をプローブで走査するため、マーキング部の状態によってはプローブ先端が汚れて正確なＡＦＭ像が得られない場合があるので、プローブが汚染されないようにマーキングは小さく、浅くすることが好ましい。

[0173] 次に、測定サンプル表面のマーキング部をＡＦＭによって形状解析する。マーキングされたマーキング部は凹んでいるか、もしくは突出しているので、マーキング部が視野のできるだけ端となるようにＡＦＭにて５μｍ×５μｍの視野角で測定サンプル表面を測定する。なお、マーキング部の周辺部の

突起は測定対象外とする。具体的には、１０μｍ×１０μｍの視野角で測定し、目印となる部分を決定し、その目印となる部分に合せて、マーキングのない部分を５μｍ×５μｍの視野角で測定サンプル表面を測定する。上記形状解析のための測定条件は以下に記載されたとおりである。

[0174] ＜ＡＦＭ測定条件＞

測定装置：AFM Dimension 3100 顕微鏡（NanoscopeIV コントローラを有する）（Digital Instruments社製）

測定モード：タッピング

チューニング時のタッピング周波数：２００ｋＨｚ以上４００ｋＨｚ以下

カンチレバー：ＳＮＬ－１０（Ｂｒｕｋｅｒ社製）

Scan size：５μｍ×５μｍ

Scan rate：１Ｈｚ

Scan line：２５６

[0175] ＜突起高さを算出する際の基準面の算出方法＞

ＡＦＭ像を２５６×２５６（＝６５，５３６）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６５，５３６）を測定し、測定した各測定点の高さＺ（ｉ）を単純に平均（算術平均）して平均高さ（基準面）Z_{ave}（＝（Ｚ（１）＋Ｚ（２）＋・・・＋Ｚ（６５，５３６））／６５，５３６）を求める。

[0176] （Ｂ）ＦＥ－ＳＥＭを用いた突起を形成する粒子の種類の特定方法

上記測定サンプルの上記マーキング部を、ＦＥ－ＳＥＭを用いて、以下に記載されたＦＥ－ＳＥＭ測定条件で撮像して、ＦＥ－ＳＥＭ画像を得る。図４３中のＡ図はＦＥ－ＳＥＭ画像の一例である。得られたＦＥ－ＳＥＭ像から、第１粒子９１Ａおよび第２粒子９２Ａのそれぞれの２次電子放出量の差異による輝度差を利用し、突起を形成する粒子の種類を特定することができる。当該特定のための画像処理については後述する。また、ＦＥ－ＳＥＭ像中の第１粒子９１Ａと第２粒子９２Ａのそれぞれによって形成された突起の位置を識別する。

[0177] ＜ＦＥ－ＳＥＭ測定条件＞

測定装置：HITACHI S-4800（株式会社日立ハイテクノロジーズ製）

視野角：５．１μｍ×３．８μｍ

加速電圧：５ｋＶ

測定倍率：２５０００倍

[0178] 得られたＦＥ－ＳＥＭ像（図４３中のＡ図）を、画像処理ソフトＩｍａｇｅ Ｊを用いて、以下に記載した２つの処理条件のそれぞれで二値化処理を行う。二値化処理によって得られた画像から、第１粒子９１Ａ、第２粒子９２Ａのそれぞれによって形成された第１突起９１Ｂ、第２突起９２Ｂについて、突起の個数の情報が得られる。なお、二値化処理に際しては、輝度の高い第２粒子９２Ａ（図４３中のＡ図における白色箇所）と輝度の低い第１粒子９１Ａ（図４３中のＡ図における黒色箇所）とで下記のとおり条件を変更する。

[0179] ＜第１粒子に関する情報を得るための二値化処理条件＞

ソフトウエア：Ｉｍａｇｅ Ｊ Ｖｅｒ １．４４ｐ

二値化閾値：Ｔｈｒｅｓｈｏｌｄ（０．６５）

二値化対象サイズ：０．００２μｍ－ｉｎｆｉｎｉｔｙ

[0180] ＜第２粒子に関する情報を得るための二値化処理条件＞

ソフトウエア：Ｉｍａｇｅ Ｊ Ｖｅｒ １．４４ｐ

二値化閾値：Ｔｈｒｅｓｈｏｌｄ（２２０，２５５）

二値化対象サイズ：０．００１μｍ－ｉｎｆｉｎｉｔｙ

[0181] 図４３中のＢ図は、図４３中のＡ図のＦＥ－ＳＥＭ像を第２粒子（アルミナ粒子）９２Ａの二値化処理条件で二値化処理することにより得られたる画像、すなわち、第２粒子（アルミナ粒子）９２Ａによって形成された第２突起９２Ｂの位置分布を示す画像である。得られた画像から第２粒子９２Ａに関する以下の情報が得られる。

[0182] ＜得られた第２粒子に関する情報＞

個数：５８個

[0183] 図４３中のＣ図は、図４３中のＡ図のＦＥ－ＳＥＭ像を第１粒子（カーボンブラック粒子）９１Ａの二値化処理条件で二値化処理することにより得られたる画像、すなわち、第１粒子（カーボンブラック粒子）９１Ａによって形成された第１突起９１Ｂの位置分布を示す画像である。得られた画像から第１粒子９１Ａに関する以下の情報が得られる。

[0184] ＜得られた第１粒子に関する情報＞

個数：５５個

[0185] （Ｃ）突起の高さと突起を形成する粒子の種類との対応付け方法

得られたＡＦＭ像と二値化処理前のＦＥ－ＳＥＭ像を重ね合わせて合成画像を得る。合成された画像を用いて、各突起を形成する粒子が、第１粒子９１Ａおよび第２粒子９２Ａのいずれかであるかを特定する。

[0186] 例えば、図４４中のＣ図は、ＡＦＭ像（Ｂ図）とＦＥ－ＳＥＭ像（Ａ図）とを、それぞれの対応する突起の位置が一致するように重ね合わせた合成画像である。画像合成前のＦＥ－ＳＥＭ像（図４４中のＡ図）には、上記二値化処理によって判別された第１突起９１Ｂの位置と第２突起９２Ｂの位置とを判別できるように、それぞれの位置において異なる印（「○」印または「□」印）が付けられている。同様に画像合成前のＡＦＭ像（図４４中のＢ図）には、上記二値化処理によって判別された第１突起９１Ｂの位置と第２突起９２Ｂの位置とを判別できるように、それぞれの位置において異なる印（「○」印または「□」印）が付けられている。ＡＦＭ像（Ｂ図）とＦＥ－ＳＥＭ像（Ａ図）とを、それぞれの対応する突起の位置が一致するように重ね合わせた合成画像（Ｃ図）から、各突起が第１粒子９１Ａまたは第２粒子９２Ａのいずれの粒子から形成されたかを判別する。なお、図４４中のＢ図は、マーキング部をＡＦＭにて１０μｍ×１０μｍの視野角で測定し、その後、マーキングのない部分を５μｍ×５μｍの視野角で測定しているので、マーキングが画像内に存在しない。

[0187] （Ｄ）ＡＦＭを用いた突起の高さの測定方法

ＡＦＭ解析ソフト（Dimension 3100用Software version 5.12 Rev.B Veeco

社製）を用いて、合成画像中の２０個の第１突起９１Ｂの高さを計測すると共に、２０個の第２突起９２Ｂの高さを計測する。

[0188] 例えば図４５は、ＡＦＭ像とＦＥ－ＳＥＭ像を重ね合わせた合成画像の拡大図である。図４６は、図４５中において任意の位置に設定されたライン１（Ｌｉｎｅ１）についてのＡＦＭによる分析結果（突起高さの測定結果）を示す図である。図４６に示されるとおり、ライン１上に存在する第１粒子（カーボンブラック粒子）９１Ａ、第２粒子（アルミナ粒子）９２Ａそれぞれによって形成された第１突起９１Ｂ、第２突起９２Ｂの高さを特定することができる。このように、合成画像とＡＦＭ分析結果とから、第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂの高さが特定される。

[0189] 第１突起９１Ｂと第２突起９２Ｂのそれぞれについて、１つの測定サンプルからＡＦＭの１視野で２０個以上の突起を特定できる場合には、ＡＦＭにて１視野を測定する。第１突起９１Ｂと第２突起９２Ｂのそれぞれについて、ＡＦＭの１視野で特定できる突起が２０個に満たない場合、１つの測定サンプルから複数（例えば、３から５）の視野を測定する。これにより、第１突起９１Ｂと第２突起９２Ｂのそれぞれについて、上記の二値化処理によって第１突起９１Ｂと第２突起９２Ｂと特定されるポイントを２０個確保する。なお、上記のように１つの測定サンプルから複数の視野を測定する場合には、それらの複数の視野は１つの測定サンプから無作為に選ばれるものとする。

[0190] （Ｅ）第１突起の平均高さＨ１、第２突起の平均高さＨ２および突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２の算出方法

上記のとおりに得られた２０個の第１突起９１Ｂの高さを単純に平均（算術平均）して平均値を求め、第１突起の平均高さＨ１とする。同様に、上記のとおりに得られた２０個の第２突起９２Ｂの高さを単純に平均（算術平均）して平均値を求め、第２突起の平均高さＨ２とする。このようにして求められた第１突起９１Ｂの平均高さＨ１および第２突起９２Ｂの平均高さＨ２を用いて、突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２を算出する。

[0191] ［ＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳ］

磁気テープＭＴのＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳは、好ましくは４０ＦＶｎｕｍｂｅｒ以内にσＰＥＳが５０ｎｍ未満であり、より好ましくは４０ｎｍ以下であり、さらにより好ましくは３０ｎｍ以下であり、特に好ましくは２５ｎｍ以下である。

[0192] ＰＥＳ（Position Error Signal）は、データ記録再生装置によりサーボパターンが再生される際（読み取られる際）の該サーボパターンの磁気テープＭＴの幅方向における読み取り位置のずれ量（誤差）を示す。磁気テープＭＴの長手方向のテンションの調整を精度良く行うためには、データ記録再生装置によりサーボパターンが読み取られる際のサーボバンドの直線性ができるだけ高いこと、すなわち上記読み取り位置のずれ量を示すＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳができるだけ低いことが好ましい。磁気テープＭＴのＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳは上記のとおり低い値であると、サーボバンドの直線性が高く、磁気テープＭＴのテンション調整を精度よく行うことができる。また、標準偏差σＰＥＳは、磁性面の摩擦に関係しており、磁性面の摩擦が上昇すると、標準偏差σＰＥＳが上昇する傾向がある。

[0193] 図４７は、磁気テープＭＴの走行に伴うＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳの経時変化の第１の例を示す図である。図４７に示されるように、４０ＦＶ ｎｕｍｂｅｒ以内にσＰＥＳが５０ｎｍ未満であると、トラックずれが発生しない。また、磁性面の摩擦上昇が抑制され、ほぼ一定に保たれる。図４８は、磁気テープＭＴの走行に伴うＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳの経時変化の第２の例を示す図である。図４８に示されるように、４０ＦＶ ｎｕｍｂｅｒ以内にσＰＥＳが５０ｎｍを超えると、トラックずれが多発するため磁気テープＭＴの走行が停止する。また、磁性面の摩擦が上昇する。

[0194] 図４９中の上図は、磁気テープＭＴの走行に伴う、標準偏差σＰＥＳの経時変化の第３の例を示す図である。図４９中の下左図は、上記上図のσＰＥＳがほぼ一定値である領域Ａ（摩擦安定）における第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂと、データライトヘッド６０との関係を摸式的に示す断面図で

ある。同図中における破線は、第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０の表面との接触位置を示す仮想線である。図４９中の下右図は、上記上図のσＰＥＳが上昇傾向にある、領域Ｂ（摩擦上昇）における第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂと、データライトヘッド６０との関係を摸式的に示す断面図である。同図中における破線は、第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０の表面との接触位置を示す仮想線である。

[0195] 図４９に示されるように、領域Ａでは標準偏差σＰＥＳがほぼ一定であるのに、領域Ｂでは標準偏差σＰＥＳが上昇するのは、領域Ａでは第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０の表面との接触面積が小さく、摩擦が一定であるのに対し、領域Ｂでは磁気テープＭＴの走行に伴い、磁気テープＭＴによって第１粒子９１Ａ（カーボン粒子）が磨耗し、第１突起９１Ｂが徐々に崩れ、第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０の表面との接触面積が大きくなり、摩擦が上昇するためであると推測される。

[0196] 図５０は、磁性面における第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂと、データライトヘッド６０との関係を摸式的に示す断面図である。図５０中における破線は、磁性面における第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０の表面との接触位置を示す仮想線である。

[0197] 図５０中の上図は、磁気テープＭＴの走行前の第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂと、データライトヘッド６０との関係を摸式的に示す図である。図５０中の上図に示されるように磁気テープＭＴの走行前は、第１突起９１Ｂの高さが第２突起９２Ｂの高さより大きく、データライトヘッド６０と磁気テープＭＴとの間のスペーシング量が大となり、第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０との接触面積が小さく、また、第２突起９２Ｂとデータライトヘッド６０との接触機会が少ないと推測される。

[0198] 図５０中の中図は、磁気テープＭＴの走行後の第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂと、データライトヘッド６０との関係を摸式的に示す図である。図５０中の中図に示されるように磁気テープＭＴの走行後は、磁気テープＭＴとの接触により第１突起９１Ｂが次第に削られ、第１突起９１Ｂの高さが

第２突起９２Ｂの高さより高くなるか、または等しくなり、データライトヘッド６０と磁気テープＭＴとの間のスペーシング量が小となり、第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０との接触面積が大きくなり、また、第２突起９２Ｂとデータライトヘッド６０との接触機会が多くなると推測される。この状態は摩擦が高く、標準偏差σＰＥＳが悪化することになる。

[0199] 図５０中の下図は、本実施形態における第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂと、データライトヘッド６０との関係を摸式的に示す図である。図５０中の下図に示されるように、第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂの高さの関係を本実施形態における形状（突起の平均高さ比Ｈ１／Ｈ２≦２．３の凹凸形状）とすることにより、第１突起９１Ｂとデータライトヘッド６０との接触面積を小さくすると共に、第２突起９２Ｂとデータライトヘッド６０との接触機会を多くすることで、磁気テープＭＴの走行に伴う第１突起９１Ｂの摩耗を抑制し、結果、標準偏差σＰＥＳの上昇を抑制するものと推測される。

[0200] 以下、標準偏差σＰＥＳの測定方法について、図５１および図５２を参照して説明する。標準偏差σＰＥＳを求めるためにＰＥＳ値が測定される。ＰＥＳ値の測定のために、例えば図５２に示されるＰＥＳ測定用データライトヘッド６０を用意する。データライトヘッド６０として、ＨＰＥ（Hewlett Packard Enterprise）社製のＬＴＯ２用ヘッド（ＬＴＯ２規格に従うヘッド）が用いられる。データライトヘッド６０は、磁気テープＭＴの長手方向に沿って並べて配置される２つのデータライトヘッド部６０Ａ、６０Ｂを有する。各ヘッド部は、磁気テープＭＴにデータ信号を記録するための複数のデータライト部６４と、磁気テープＭＴに記録されているデータ信号を再生するための複数のデータリード部６５と、磁気テープＭＴに記録されているサーボ信号を再生するための複数のサーボリード部６２とを備える。なお、データライトヘッド６０をＰＥＳ値の測定のみに用いる場合は、データライト部６４およびデータリード部６５は、データライトヘッドに含まれていなくてもよい。

[0201] ここで、図５１を参照して、ＰＥＳを測定する方法を説明するためのサーボバンドを説明する。サーボバンドには、図５１に示すように、磁気テープＭＴの幅方向に対して傾斜した複数のサーボストライプ（線状の磁化領域）１１３０からなるサーボパターンが形成されている。

[0202] サーボバンドは、複数のサーボフレーム１１００を含んでいる。各サーボフレーム１１００は、１８本のサーボストライプ１１３０から構成されている。具体的には、各サーボフレーム１１００は、サーボサブフレーム１（１１１０）およびサーボサブフレーム２（１１２０）から構成される。

[0203] サーボサブフレーム１（１１１０）は、Ａバースト１１１０ＡおよびＢバースト１１１０Ｂから構成される。Ｂバースト１１１０Ｂは、Ａバースト１１１０Ａに隣接して配置されている。Ａバースト１１１０Ａは、磁気テープＭＴの幅方向に対して所定角度φで傾斜し規定間隔隔てて形成された５本のサーボストライプ１１３０を備えている。図５１中では、これらの５本のサーボストライプ１１３０に磁気テープＭＴのＥＯＴ（End Of Tape）からＢＯＴ（Beginning Of Tape）に向って符号Ａ１、Ａ２、Ａ３、Ａ４、Ａ５を付して示している。Ｂバースト１１１０Ｂは、Ａバースト１１１０Ａと同様に、磁気テープＭＴの幅方向に対して所定角度φで傾斜し規定間隔隔てて形成された５本のサーボストライプを備えている。図５１中では、これらの５本のサーボストライプに磁気テープＭＴのＥＯＴからＢＯＴに向って符号Ｂ１、Ｂ２、Ｂ３、Ｂ４、Ｂ５を付して示している。Ｂバースト１１１０Ｂのサーボストライプ１１３０は、Ａバースト１１１０Ａのサーボストライプ１１３０とは逆向きに傾斜している。すなわち、Ａバースト１１１０Ａのサーボストライプ１１３０とＢバースト１１１０Ｂのサーボストライプ１１３０はハの字状に配置されている。

[0204] サーボサブフレーム２（１１２０）は、Ｃバースト１１２０ＣおよびＤバースト１１２０Ｄから構成される。Ｄバースト１１２０Ｄは、Ｃバースト１１２０Ｃに隣接して配置されている。Ｃバースト１１２０Ｃは、テープ幅方向に対して所定角度φで傾斜し規定間隔隔てて形成された４本のサーボスト

ライプ１１３０を備えている。図５１中では、これらの４本のサーボストライプ１１３０に磁気テープＭＴのＥＯＴからＢＯＴに向って符号Ｃ１、Ｃ２、Ｃ３、Ｃ４を付して示している。Ｄバースト１１２０Ｄは、Ｃバースト１１２０Ｃと同様に、テープ幅方向に対して所定角度φで傾斜し規定間隔隔てて形成された４本のサーボストライプを備えている。図５１中では、これらの４本のサーボストライプ１１３０に磁気テープＭＴのＥＯＴからＢＯＴに向って符号Ｄ１、Ｄ２、Ｄ３、Ｄ４を付して示している。Ｄバースト１１２０Ｄのサーボストライプ１１３０は、Ｃバースト１１２０Ｃのサーボストライプ１１３０とは逆向きに傾斜している。すなわち、Ｃバースト１１２０Ｃのサーボストライプ１１３０とＤバースト１１２０Ｄのサーボストライプ１１３０はハの字状に配置されている。

[0205] Ａバースト１１１０Ａ、Ｂバースト１１１０Ｂ、Ｃバースト１１２０Ｃ、Ｄバースト１１２０Ｄにおけるサーボストライプ１１３０の上記所定角度φは、例えば１１°以上４０°以下、好ましくは１１°以上３６°以下、より好ましくは１１°以上２５°以下、さらにより好ましくは１７°以上２５°以下でありうる。

[0206] サーボバンドをデータライトヘッド６０で読み取ることにより、テープ速度およびデータライトヘッド６０の縦方向の位置を取得するための情報が得られる。テープ速度は、４つのタイミング信号（Ａ１－Ｃ１、Ａ２－Ｃ２、Ａ３－Ｃ３、Ａ４－Ｃ４）間の時間から計算される。ヘッド位置は、前述の４つのタイミング信号間の時間および別の４つのタイミング信号（Ａ１－Ｂ１、Ａ２－Ｂ２、Ａ３－Ｂ３、Ａ４－Ｂ４）間の時間から計算される。サーボパターンは、平行な２本の線を含む形状でもよい。

[0207] 図５１に示すように、サーボパターン（すなわち複数のサーボストライプ１１３０）は、磁気テープＭＴの長手方向に向って直線的に配列されていることが好ましい。すなわち、サーボバンドは、磁気テープＭＴの長手方向に直線状を有していることが好ましい。

[0208] 以下、図５２を参照して標準偏差σＰＥＳの測定方法について詳細に説明

する。先ず、データライトヘッド６０を用いて、磁気テープＭＴに設けられる所定のサーボバンド内のサーボパターンの再生（読み取り）を行う。この際、所定のサーボバンドの各サーボパターンに対して、データライトヘッド部６０Ａのサーボリード部６２とデータライトヘッド部６０Ｂのサーボリード部６２とが順次対向し、これら２つのサーボリード部６２により該サーボパターンの再生を順次行う。この際、磁気テープＭＴに記録されたサーボパターンにおけるサーボリード部６２に対向した部分が読み取られ、サーボ信号として出力される。

[0209] ヘッド部毎のＰＥＳ値の値は、図５１に示すように、１サーボフレーム毎に、以下の計算式によって算出される。

[0210] [数4]

$$PES\ [\mu m] = \frac{X[\mu m] - \left[\begin{array}{l}(B_{a1}-A_{a1})+(B_{a2}-A_{a2})+(B_{a3}-A_{a3})+(B_{a4}-A_{a4}) \\ +(D_{a1}-C_{a1})+(D_{a2}-C_{a2})+(D_{a3}-C_{a3})+(D_{a4}-C_{a4}) \\ \hline (C_{a1}-A_{a1})+(C_{a2}-A_{a2})+(C_{a3}-A_{a3})+(C_{a4}-A_{a4}) \\ +(A'_{a1}-C_{a1})+(A'_{a2}-C_{a2})+(A'_{a3}-C_{a3})+(A'_{a4}-C_{a4})\end{array}\right] \times Y[\mu m]}{2 \times \tan\varphi}$$

[0211] ここで、図５１に示すセンターラインは、サーボバンドの中心線である。Ｘ［μｍ］は、図５１に示すセンターライン上におけるサーボパターンＡ１とサーボパターンＢ１との距離であり、Ｙ［μｍ］は、図５１に示すセンターライン上におけるサーボパターンＡ１とサーボパターンＣ１との距離である。ＸおよびＹは、磁気テープＭＴをフェリコロイド現像液で現像し、万能工具顕微鏡（TOPCON TUM-220ES）およびデータ処理装置（TOPCON CA-1B）を用いて求められる。テープ長さ方向の任意の箇所において、５０個のサーボフレームを選択し、各々のサーボフレームにおいてＸおよびＹを求め、５０個のデータを単純平均したものを、上記計算式において用いるＸおよびＹとする。

[0212] 上記差分（$B_{a1}-A_{a1}$）は、対応する２つのサーボパターンＢ１とサーボパターンＡ１との間のアクチュアルパス上における時間［ｓｅｃ］を示す。

同様に、他の差分の項も、対応する２つのサーボパターン間のアクチュアルパス上における時間［ｓｅｃ］を示す。これらの時間は、サーボ信号の波形から得られるタイミング信号間の時間とテープ走行速度とから求められる。本明細書内において、アクチュアルパスは、データライトヘッドがサーボ信号上を実際に走行する位置を意味する。φは、アジマス角である。φは、磁気テープＭＴをフェリコロイド現像液で現像し、万能工具顕微鏡（TOPCON TUM-220ES）およびデータ処理装置（TOPCON CA-1B）を用いて求められる。

[0213] 本技術において、ＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳは、テープの横方向の動きを補正したサーボ信号を用いて算出される。また、当該サーボ信号は、ヘッドの追従性を反映するためにHigh Pass Filter処理が行われる。本技術において、標準偏差σＰＥＳは、サーボ信号に対して上記補正および上記High Pass Filter処理を行って得られた信号を用いて求められるものであり、所謂Written in PESσである。以下で、ＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳの測定方法を説明する。

[0214] まず、磁気テープＭＴのうちデータ記録エリアの任意の１ｍ分の範囲について、データライトヘッド６０によりサーボ信号の読み取りを行う。データライトヘッド部６０Ａおよび６０Ｂによりそれぞれ取得された信号を、図５３に示されるように引き算して、磁気テープＭＴの横方向の動きを補正したサーボ信号が得られる。そして、当該補正されたサーボ信号に対して、High PassFilter処理を行う。実際に磁気テープＭＴをドライブで走行させる際は、当該ドライブに搭載されているデータライトヘッドがアクチュエーターにより、サーボ信号に追従するように磁気テープＭＴの幅方向に動く。Written in PESσは、このヘッドの幅方向の追従性を加味した後のノイズ値であることから、上記High Pass Filter処理が必要となる。したがって、High Pass Filterとしては、特に限定されないが、上記データライトヘッドの幅方向追従性を再現できる関数とする必要がある。当該High Pass Filter処理によって得られた信号を用いて、サーボフレーム毎に、上記計算式に従いＰＥＳの値を算出する。上記１ｍ分にわたって算出されたＰＥＳの値の標準偏差（Writt

en in PESσ）が、本技術におけるＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳである。

[0215] ［高さ範囲ΔＨ、勾配範囲ΔＡ］

磁性面における凹凸形状の高さの統計情報（分布）から求められた高さ範囲ΔＨ（図６２参照）が、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍ、好ましくは３．００ｎｍ≦ΔＨ≦４．００ｎｍ、より好ましくは３．００ｎｍ≦ΔＨ≦３．５０ｎｍである。高さ範囲ΔＨがΔＨ＜３．００ｎｍであると、摩擦が高くデータライトヘッド６０が磁気テープＭＴに張り付くため、磁気テープＭＴの走行が困難になる。一方、高さ範囲ΔＨが６．００ｎｍ＜ΔＨであると、スペーシングロスにより電磁変換特性（例えばＳＮＲ）が低下する。

[0216] 磁性面における凹凸形状の勾配の統計情報（分布）から求められた勾配範囲ΔＡ（図６２参照）が、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度、好ましくは４．００度≦ΔＡ≦９．００度である。勾配範囲ΔＡがΔＡ＜３．８０度であると、磁性面における突起（第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂ等を含む突起）の勾配がならだかになりすぎ、摩擦が上昇する。したがって、ＰＥＳ値の標準偏差σＰＥＳが上昇する。一方、勾配範囲ΔＡが９．００度＜ΔＡであると、磁性面における突起（第１突起９１Ｂおよび第２突起９２Ｂ等を含む突起）の勾配が急峻になりすぎ、磁気テープＭＴの走行時に突部が削れるため、粉落ちする。

[0217] 高さ範囲ΔＨおよび勾配範囲ΔＡの算出方法について以下の順序で説明する。

（Ａ）表面プロファイル計測（ＡＦＭ）

（Ｂ）各点における相対高さの算出

（Ｃ）各点における勾配の算出

（Ｄ）高さ、勾配のデータの統計処理

（Ｅ）高さ範囲ΔＨの算出

（Ｆ）勾配範囲ΔＡの算出

[0218] （Ａ）表面プロファイル計測（ＡＦＭ）

磁気テープＭＴの磁性面の２次元表面プロファイルを測定することにより

、フィルター作用後の２次元表面プロファイル像から高さζ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスを得る。なお、測定条件は以下のとおりである。

・測定装置:AFM（装置名:Digital Instruments 社製Nanoscope Dimension 3100）

・測定範囲:10μｍ×10μｍ

・測定ポイント数:256 points×256 points

・スキャンレート:1Hz

・フィルター条件:[Flatten] order 2

[Plane Fit] 行わない

[0219] 図５４Ａは、フィルター作用後の２次元表面プロファイル像の一例を示す図である。図５４Ｂは、各点（Ｌ，Ｗ）における高さζ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスの一例を示す図である。座標Ｌは、磁気テープＭＴの長手方向における座標を示し、座標Ｗは、磁気テープＭＴの幅方向における座標を示す。数値データマトリクスの各セル内には、各点（Ｌ，Ｗ）における高さζ（Ｌ，Ｗ）が記載されている。図５４Ｂに示す例では、例えば測定点（１，３）における高さζ（１，３）は“０．５０”となっている。数値データ（すなわち高さζ（Ｌ，Ｗ））の数は、全部で２５６×２５６＝６５，５３６個である。

[0220] （Ｂ）各点における相対高さの算出

高さζ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスから、各点（Ｌ，Ｗ）における相対高さＺ（Ｌ，Ｗ）（以下単に「高さＺ（Ｌ，Ｗ）」という。）を算出し、高さＺ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスを得る。各点（Ｌ，Ｗ）における高さＺ（Ｌ，Ｗ）は、具体的には、以下のようにして求められる。すなわち、全ての高さζ（Ｌ，Ｗ）を単純に平均（算術平均）して平均値を求め、平均中心高さζ_{ave}とする。そして、各点（Ｌ，Ｗ）における高さζ（Ｌ，Ｗ）を、平均中心高さζ_{ave}を基準とする相対的な高さに換算し、各点（Ｌ，Ｗ）における高さＺ（Ｌ，Ｗ）を得る。高さＺ（Ｌ，Ｗ）の算出方法を式で表すと、以下のとおりである。図５５は、高さＺ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリク

スの一例を示す図である。

[0221] [数5]

$$\zeta_{ave} = \frac{\sum_{W=1}^{256}\sum_{L=1}^{256}\zeta(L,W)}{256\times 256}$$

[0222] [数6]

$$Z(L,W) = \zeta(L,W) - \zeta_{ave}$$

[0223] （Ｃ）各点における勾配の算出

図５６は、各点（Ｌ，Ｗ）における勾配G_L（Ｌ，Ｗ）、G_W（Ｌ，Ｗ）を算出する方法を説明するための図である。ここで、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）は、磁気テープＭＴの長手方向における勾配を示し、勾配G_W（Ｌ，Ｗ）は、磁気テープＭＴの幅方向における勾配を示す。

[0224] 高さζ（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスから、各点（Ｌ，Ｗ）において２方向の勾配G_L（Ｌ，Ｗ）、G_W（Ｌ，Ｗ）を算出することにより、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）、G_W（Ｌ，Ｗ）それぞれの数値データマトリクスを得る。図５７Ａは、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスの一例を示す図である。図５７Ｂは、勾配G_W（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスの一例を示す図である。

[0225] 勾配G_L（Ｌ，Ｗ）は、以下のようにして算出される。勾配G_L（Ｌ，Ｗ）は、或る点（Ｌ，Ｗ）における高さζ（Ｌ，Ｗ）と、その点（Ｌ，Ｗ）と磁気テープＭＴの長手方向に隣接する点（Ｌ＋１，Ｗ）における高さζ（Ｌ＋１，Ｗ）を用いて算出される。図５６に示すように、例えば勾配G_L（２，２）は、点（２，２）の高さζ（２，２）（＝０．３０）と点（３，２）の高さζ（３，２）（＝０．１０）を用いて算出される。

[0226] 勾配G_W（Ｌ，Ｗ）は、以下のようにして算出される。勾配G_W（Ｌ，Ｗ）は、或る点（Ｌ，Ｗ）における高さζ（Ｌ，Ｗ）と、その点（Ｌ，Ｗ）と磁気テープＭＴの幅方向に隣接する点（Ｌ，Ｗ＋１）における高さζ（Ｌ，Ｗ＋１）を用いて算出される。図５６に示すように、例えば勾配G_W（２，２）は、点（２，２）の高さζ（２，２）（＝０．３０）と点（２，３）の高さζ（２，３）（＝０．１０）を用いて算出される。

[0227] 上記のように、各点（Ｌ，Ｗ）におけるG_L（Ｌ，Ｗ）の算出に際し使用される“隣接点”は、点（Ｌ＋１，Ｗ）である。逆方向の隣接点、すなわち点（Ｌ－１，Ｗ）を使用してはいけない。同様に、各点（Ｌ，Ｗ）におけるG_W（Ｌ，Ｗ）の算出に際し使用される“隣接点”は、点（Ｌ，Ｗ＋１）である。逆方向の隣接点、すなわち点（Ｌ，Ｗ－１）を使用してはいけない。

[0228] 図５６に示すように、数値データマトリクスのＬ＝２５６（すなわち図５６中の最右列）の各点（２５６，Ｗ）では、勾配G_L（２５６，Ｗ）を算出することができない。このため、図５７Ａに示すように、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスでは、Ｌ＝２５６の各点（２５６，Ｗ）は、値を持たない。一方、図５６に示すように、数値データマトリクスのＷ＝２５６（すなわち図５６中の最下行）の各点（Ｌ，２５６）では、勾配G_W（Ｌ，２５６）を算出することができない。このため、図５７Ｂに示すように、勾配G_W（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスでは、Ｗ＝２５６の各点（Ｌ，２５６）は、値を持たない。

[0229] 但し、図５６に示すように、数値データマトリクスのＬ＝２５６，Ｗ＝２５６（最右下列、かつ、最下行）の点（Ｌ，Ｗ）では、勾配G_L（２５６，２５６）および勾配G_W（２５６，２５６）何れも算出できないため、点（２５６，２５６）は、勾配G_L（２５６，２５６）および勾配G_W（２５６，２５６）の何れの勾配も持たないことになる。

[0230] 図５８Ａは、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）の計算方法を示す図である。図５８Ｂは、勾配G_W（Ｌ，Ｗ）の計算方法を示す図である。勾配G_L（Ｌ，Ｗ）、G_W（Ｌ，Ｗ）の計算方法を式で表すと、以下のとおりである。

[0231] [数7]

$$G_L(L,W)\ [°] = \tan^{-1}\left(\frac{|\ \zeta(L+1,W) - \zeta(L,W)\ |}{39.0625}\right)$$

[0232] [数8]

$$G_W(L,W)\ [°] = \tan^{-1}\left(\frac{|\ \zeta(L,W+1) - \zeta(L,W)\ |}{39.0625}\right)$$

[0233] （Ｄ）高さ、勾配のデータの統計処理

図５９、図６０、図６１は、高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_L（Ｌ，Ｗ）と勾配G_W（Ｌ，Ｗ）のデータの統計処理を説明するための図である。上記のようにして得られた高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_L（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスを整理し、高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_L（Ｌ，Ｗ）の関係を示す表（図５９参照）を作成する。但し、勾配G_L（２５６，Ｗ）は存在しないため、作成された表中のデータ総数は、２５５×２５６＝６５，２８０個である。

[0234] また、高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_W（Ｌ，Ｗ）の数値データマトリクスを整理し、高さＺ（Ｌ，Ｗ）と勾配G_W（Ｌ，Ｗ）の関係を示す表（図６０参照）を作成する。但し、G_W（Ｌ，２５６）は存在しないため、作成された表中のデータ総数は、２５６×２５５＝６５，２８０個である。

[0235] 作成された２つの表の全てのデータ（すなわち１３０，５６０個＝６５，２８０＋６５，２８０）を集計し、図６１に示すように、データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスを作成する。データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスの各セルの数値を全て足すと、総データ数である１３０，５６０となる。

[0236] 図６１では、データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスの列に並んで、高さＺ（Ｌ，Ｗ）の範囲とその代表値Ｈが記載されている。また、デー

タ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスの行に並んで、勾配Ｇ（Ｌ，Ｗ）の範囲とその代表値Ａが記載されている。なお、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）と勾配G_W（Ｌ，Ｗ）を特に区別しない場合には、勾配G_L（Ｌ，Ｗ）と勾配G_W（Ｌ，Ｗ）を総称して勾配Ｇ（Ｌ，Ｗ）という。

[0237] データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスの各セルの数値（図６１参照）は、規定の高さＺ（Ｌ，Ｗ）の範囲に該当し、かつ、規定の勾配Ｇ（Ｌ，Ｗ）（具体的には勾配G_L（Ｌ，Ｗ）または勾配G_W（Ｌ，Ｗ））の範囲に該当するデータ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）を表す。例えば、Ｚ（Ｌ，Ｗ）ｖｓ．G_L（Ｌ，Ｗ）の表の１行目のデータは、Ｍ（Ｈ，Ａ）中の（Ｈ，Ａ）＝（０．０，０．００）セルにカウントされる。また、Ｚ（Ｌ，Ｗ）ｖｓ．G_W（Ｌ，Ｗ）の表の６５２７８番目のデータは、Ｍ（Ｈ，Ａ）中の（Ｈ，Ａ）＝（－０．５，０．００）セルにカウントされる。

[0238] 上記のようにして得られた数値データマトリクスＭ（Ｈ，Ａ）（図６１参照）を横軸Ａ、縦軸Ｈの分布図として描くと、図６２のようになる。

[0239] （Ｅ）高さ範囲ΔＨの算出

図６３、図６４は、高さ範囲ΔＨの算出方法を説明するための図である。高さ範囲ΔＨの算出の際には、データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスのうち、０≦Ｈ、０．００≦Ａ≦１．２０の範囲の成分（セル）のみが用いられる。高さＨに関しては０≦Ｈの範囲の成分のみが用いられるのは、磁性面の凸部のみを考慮するためである。すなわち、磁性面の凹部は、電磁変換特性や摩擦に影響しないと考えられるためである。一方、勾配Ａに関しては０．００≦Ａ≦１．２０の範囲の成分のみが用いられるのは、この範囲さえ演算に用いれば、分布（図６２参照）の大凡の輪郭を規定するのに十分であると考えられるためである。

[0240] 図６３に示すように、データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスの各行（高さＨ）における平均値をM_{ave}（Ｈ）とし、平均値M_{ave}（０）から平均値M_{ave}（４０．０）へ向けて、順番に計算して行く。但し、平均値M_{ave}（Ｈ）の算出には、列（角度Ａ）は、０．００≦Ａ≦１．２０の範囲の列（角度Ａ

）の成・BR>ェのみが用いられる。

[0241] 平均値M_{ave}（Ｈ）が閾値（但し、閾値は“２”に設定される。）を初めて下回った際の高さＨを高さH_{high}とし、その際の平均値M_{ave}（Ｈ）を平均値M_{ave}（H_{high}）とする。さらに、その一つ前の高さＨを高さH_{low}とし、その際の平均値M_{ave}（Ｈ）を平均値M_{ave}（H_{low}）とする。閾値を“１”に設定すると再現性が悪くなる。すなわち、偶然の要素が大きく影響する。したがって、再現性を確保できる最も少ない頻度である“２”を閾値とする。

[0242] 図６３の例では、高さH_{high}、平均値M_{ave}（H_{high}）、高さH_{low}、平均値M_{ave}（H_{low}）は、以下のとおりである。

H_{high}＝１１．５、M_{ave}（H_{high}）＝１．９

H_{low}＝１１．０、M_{ave}（H_{low}）＝４．２

[0243] 図６４に示すように、上記４つの値を用い、M_{ave}（Ｈ）＝閾値＝２となる際の高さＨを算出し、高さ範囲ΔＨと定義する。なお、高さＨの算出の際には、２点間直線近似が用いられる。

[0244] （Ｆ）勾配範囲ΔＡの算出

図６５、図６６は、勾配範囲ΔＡの算出方法を説明するための図である。勾配範囲ΔＡの算出の際には、データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスのうち、０≦Ｈ≦ΔＨ、０．００≦Ａ≦１６．００の範囲の成分（セル）のみが用いられる。ΔＨは、上記の“（５）高さ範囲ΔＨの算出”にて求められた値が使用される。勾配Ａに関しては０．００≦Ａ≦１６．００の範囲の成分のみが用いられるのは、通常、勾配Ａは０．００≦Ａ≦１６．００であり、当該範囲さえ演算に用いれば十分であると考えられるためである。

[0245] 図６５に示すように、データ個数Ｍ（Ｈ，Ａ）の数値データマトリクスの各列（角度Ａ）におけるＭ（Ｈ，Ａ）の平均値をM_{ave}（Ａ）とし、平均値M_{ave}（０）から平均値M_{ave}（１６．００）へ向けて、順番に計算して行く。但し、平均値M_{ave}（Ａ）の算出には、行（高さＨ）は、０．００≦Ｈ≦ΔＨの範囲の行（高さＨ）の成分のみが用いられる。

[0246] 高さ範囲ΔＨが０．５の倍数でない場合には、平均値M_{ave}（Ａ）の算出には

、高さ範囲ΔＨの計算で使用した高さ$Ｈ_{low}$までの範囲の行（高さＨ）の成分が用いられる。例えば、図６５に示すように、高さ範囲ΔＨが１１．０と１１．５の間に存在するような場合には、０．００≦Ｈ≦１１．０の範囲の行（高さＨ）の成分が用いられる。

[0247] 平均値$Ｍ_{ave}$（Ａ）が閾値（但し、閾値は“２”に設定される。）を初めて下回った際のＡを$Ａ_{high}$とし、その際の平均値$Ｍ_{ave}$（Ａ）を平均値$Ｍ_{ave}$（$Ａ_{high}$）とする。さらに、その一つ前の角度Ａを角度$Ａ_{low}$とし、その際の平均値$Ｍ_{ave}$（Ａ）を平均値$Ｍ_{ave}$（$Ａ_{low}$）とする。平均値$Ｍ_{ave}$（Ａ）の閾値を“２”に設定する理由は、平均値$Ｍ_{ave}$（Ｈ）の閾値を“２”に設定する理由と同様である。

[0248] 図６５の例では、$Ａ_{high}$、$Ｍ_{ave}$（$Ａ_{high}$）、$Ａ_{low}$、$Ｍ_{ave}$（$Ａ_{low}$）は、以下のとおりである。

$Ａ_{high}$＝３．５、$Ｍ_{ave}$（$Ａ_{high}$）＝１．９

$Ａ_{low}$＝３．４、$Ｍ_{ave}$（$Ａ_{low}$）＝２．２

[0249] 図６６に示すように、上記４つの値を用い、$Ｍ_{ave}$（Ａ）＝閾値＝２となる際の角度Ａを算出し、勾配範囲ΔＡと定義する。なお、角度Ａの算出の際には、２点間直線近似が用いられる。

[0250] （３）磁気テープの製造方法

[0251] 次に、上述の構成を有する磁気テープＭＴの製造方法について説明する。まず、非磁性粉及び結着剤などを溶剤に混練及び／又は分散させることにより、下地層形成用塗料を調製する。次に、磁性粉及び結着剤などを溶剤に混練及び／又は分散させることにより、磁性層形成用塗料を調製する。磁性層形成用塗料及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、及び混練装置を用いることができる。

[0252] 上述の塗料調製に用いられる溶剤としては、例えばアセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、及びシクロヘキサノンなどのケトン系溶媒；例えばメタノール、エタノール、及びプロパノールなどのアルコール系溶媒；例えば酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ブチル、酢酸プロピル、乳酸エチル、及びエチレングリコールアセテートなどのエステル系溶媒；ジエチ

レングリコールジメチルエーテル、２－エトキシエタノール、テトラヒドロフラン、及びジオキサンなどのエーテル系溶媒；ベンゼン、トルエン、及びキシレンなどの芳香族炭化水素系溶媒；並びに、メチレンクロライド、エチレンクロライド、四塩化炭素、クロロホルム、及びクロロベンゼンなどのハロゲン化炭化水素系溶媒などが挙げられる。これらのうちの１つが用いられてもよく、又は、２以上の混合物が用いられてもよい。

[0253] 上述の塗料調製に用いられる混練装置としては、例えば連続二軸混練機、多段階で希釈可能な連続二軸混練機、ニーダー、加圧ニーダー、及びロールニーダーなどの混練装置を用いることができるが、特にこれらの装置に限定されるものではない。また、上述の塗料調製に用いられる分散装置としては、例えばロールミル、ボールミル、横型サンドミル、縦型サンドミル、スパイクミル、ピンミル、タワーミル、パールミル（例えばアイリッヒ社製「ＤＣＰミル」など）、ホモジナイザー、及び超音波分散機などの分散装置を用いることができるが、特にこれらの装置に限定されるものではない。

[0254] 次に、下地層形成用塗料をベース層４１の一方の主面に塗布して乾燥させることにより、非磁性層（以下、下地層ともいう）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、磁性粉をベース層４１の厚み方向に磁場配向させる。また、乾燥の際に、例えばソレノイドコイルにより、磁性粉をベース層４１の長手方向（走行方向）に磁場配向させたのちに、ベース層４１の厚み方向に磁場配向させるようにしてもよい。磁性層４３の形成後、ベース層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。

[0255] その後、得られた磁気テープＭＴを大径コアに巻き直し、硬化処理を行う。最後に、磁気テープＭＴに対してカレンダー処理を行った後、所定の幅（例えば１／２インチ幅）に裁断する。以上により、目的とする細長い長尺状の磁気記録テープＭＴが得られる。

[0256] （４）磁気テープのデータバンドおよびサーボバンドの説明

[0257] 磁気テープＭＴにおいては、サーボ記録再生装置７０（サーボ記録装置）（図１７参照）が、データ記録再生装置５０（データ記録装置）（図１１参照）のデータライトヘッド６０により正確に読み取ることが可能なサーボパターン４７を磁気テープＭＴ（図１０参照）のサーボバンドｓ上に書き込むように構成されている。

[0258] データ記録再生装置５０のデータライトヘッド６０は、磁気テープＭＴの幅方向に対して傾斜して配置される（図１２参照）。このため、本実施形態では、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４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）がサーボバンドｓに書き込まれる（図１０参照）。

[0259] 以下、データ記録再生装置５０の構成、サーボ記録再生装置７０の構成の順番で説明する。

[0260] ［データバンドおよびサーボバンドの概要］

図９は、磁気テープＭＴを側方から見た模式図であり、図１０は、磁気テープＭＴを上方（磁性層４３側）からみた模式図である。図９及び図１０に示すように、磁気テープＭＴは、長手方向（Ｘ軸方向）に長く、幅方向（Ｙ軸方向）に短く、厚さ方向（Ｚ軸方向）に薄いテープ状に構成されている。

[0261] 図１０に示すように、磁性層４３は、データが書き込まれる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４７が書き込まれる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。複数のデータバンドｄ及び複数のサーボバンドｓは、それぞれ、長手方向（Ｘ軸方向）に長く、幅方向（Ｙ軸方向）に短い形状を有している。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。

[0262] 図１０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、５＋４ｎ（但し、ｎは０以上の整数である

。）以上であり、好ましくは５以上、より好ましくは９以上である。サーボバンドｓの本数が５以上であると、磁気テープＭＴの幅方向の寸法変化によるサーボ信号への影響を抑制し、よりオフトラックが少ない安定した記録再生特性を確保できる。サーボバンドＳＢの本数の上限値は特に限定されるものではないが、例えば３３以下である。

[0263] サーボバンド幅の平均値の上限値は、高記録容量を確保する観点から、好ましくは９８μｍ以下、より好ましくは６０μｍ以下、さらにより好ましくは３０μｍ以下である。サーボバンド幅ＷＳＢの平均値の下限値は、好ましくは１０μｍ以上である。１０μｍ未満のサーボバンド幅のサーボ信号を読み取り可能なヘッドユニット５６は製造が困難である。

[0264] 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、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９６μｍ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。

[0265] 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４６を含む。１本のデータバンドｄに含まれる記録トラック４６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４６に沿って、記録トラック４６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。

[0266] また、記録トラック４６の幅（トラックピッチ：Ｙ軸方向）は、例えば、２．０μｍ以下とされる。なお、このような記録トラック幅は、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。

[0267] 若しくは、記録トラック幅の測定方法として、データライトヘッド６０（

後述の図１２参照）を利用した方法が用いられてもよい。この場合、磁気テープＭＴ走行時の変動を無視するため、データライトヘッド６０を記録及び再生状態とし、データライトヘッド６０のアジマス角θを変化させた場合の出力変化から記録トラック幅を測定することができる。（IEEE_Sept1996_Crosstrack Profiles of Thin Film MR Tape Heads Using the Azimuth Displacement Method）

[0268] サーボバンドｓは、後述するサーボ記録再生装置７０（図１７参照）によって記録される所定形状のサーボパターン４７を含む。サーボパターン４７は、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）を含む。

[0269] なお、本明細書中において、第１のサーボパターン４７ａ及び第２のサーボパターン４７ｂにおける、「／」、「＼」の符号は、磁気テープＭＴを下方（バック層側）から見た場合のサーボパターンの傾斜方向を示す符号として用いられる。従って、第１のサーボパターン４７ａ及び第２のサーボパターン４７ｂにおける、「／」、「＼」の符号は、図１０において、磁性層側から見た場合とは逆になる。一方、後述の図１８～図２６等では、ヘッド摺動面において、第１のサーボパターン４７a（「／」）を書き込む第１のサーボ素子８２ａ（「／」）、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）を書き込む第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）と、前記サーボ素子８２ａ、８２ｂによって磁性層に記録されるサーボパターン４７ａ、４７ｂとを、バック層側から見た様子として示している。

[0270] 本実施形態において、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して非対称となるようにサーボバンドｓに書き込まれている。なお、一般的なサーボパターンの場合、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して対称（線対称）となるようにサーボバンドｓに書き込まれている。

[0271] 第１のサーボパターン４７ａ（「／」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対

して第１の角度θｓ１で傾斜し、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して、第１の角度θｓ１とは逆向きに、第１の角度θｓ１とは異なる第２の角度θｓ２で傾斜する（後述の図１９、図２１を参照）。

[0272] １群の第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び１群の第２サーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの長手方向で交互に配置される。１群の第１のサーボパターン４７ａ（「／」）に含まれる第１のサーボパターン４７ａ（「／」）の数は、典型的には、４本又は５本とされ、同様に、１群の第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）に含まれる第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）の数は、典型的には、４本又は５本とされる。

[0273] サーボパターン４７の形状については、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。

[0274] なお、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）の詳細については、このサーボパターン４７を書き込むサーボ記録再生装置７０のサーボライトヘッド８０の説明箇所において説明する。

[0275] 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４６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４６の数が３８４本であったが、ＬＴＯ－２からＬＴＯ－９では記録トラック４６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、８９６０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－９ではそれぞれ順に、２００ＧＢ、４００ＧＢ、８００ＧＢ、１．５ＴＢ（テラバイト）、２．５ＴＢ、６．０ＴＢ、１２ＴＢ、１８ＴＢである。

[0276] 本実施形態では、記録トラック４６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４６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に本技術が適用されると有利である。

[0277] ［データ記録再生装置］

図１１は、データ記録再生装置５０を示す図である。データ記録再生装置５０は、磁気テープＭＴにデータを記録することが可能とされており、また、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とされている。

[0278] データ記録再生装置５０は、磁気記録カートリッジ１０を装填可能に構成されている。磁気記録カートリッジ１０は、巻回された磁気テープＭＴをその内部において回転可能に収容可能に構成されている。データ記録再生装置５０は、１つの磁気記録カートリッジ１０を装填可能に構成されていてもよいし、複数の磁気記録カートリッジ１０を同時に装填可能に成されてもよい。

[0279] データ記録再生装置５０は、スピンドル５１と、巻取りリール５２と、スピンドル駆動装置５３と、リール駆動装置５４と、データライトヘッド６０と、制御装置５５と、幅測定部５６と、角度調整部５７と、複数のガイドローラ５８とを備えている。

[0280] スピンドル５１は、その回転により、磁気記録カートリッジ１０内部に収容された磁気テープＭＴを回転させることが可能に構成されている。スピンドル駆動装置５３は、制御装置５５からの指令に応じて、スピンドル５１を回転させる。

[0281] 巻取りリール５２は、テープローディング機構（不図示）を介して磁気記録カートリッジ１０から引き出された磁気テープＭＴの先端を固定可能に構成されている。リール駆動装置５４は、制御装置５５からの指令に応じて、巻取りリール５２を回転させる。

[0282] 複数のガイドローラ５８は、磁気記録カートリッジ１０と巻取りリール５２との間に形成される搬送経路がデータライトヘッド６０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。

[0283] データライトヘッド６０は、磁気テープＭＴがデータライトヘッド６０の下側を通過するときに、制御装置５５からの指令に応じて、磁気テープＭＴのデータバンドｄ（記録トラック４６）に対して、データを記録することが可能に構成されており、また、記録したデータを再生することが可能に構成されている。

[0284] データライトヘッド６０により磁気テープ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５３及びリール駆動装置５４により、スピンドル５１及び巻取りリール５２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１１において矢印Ａ１で示す順方向（スピンドル５１側から巻取りリール５２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５２側からスピンドル５１側へ巻き戻す方向）での往復が可能とされている。

[0285] データライトヘッド６０は、磁気テープＭＴの順方向での走行及び逆方向での走行の両方向において、データの記録／再生が可能とされている。

[0286] 特に、本実施形態では、データライトヘッド６０は、データライトヘッド６０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（第１のヘッドアジマス角θ）傾斜して配置される（後述の図１２参照）。

[0287] 本実施形態の説明において、データライトヘッド６０の長手方向（Ｙ’軸方向）が、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度を、データライトヘッド６０のアジマス角θと呼ぶ。なお、データライトヘッド６０の構成についての詳細は、図１２等を参照して後述する。

[0288] 幅測定部５６は、幅測定部５６の下側を磁気テープＭＴが通過するときの磁気テープＭＴの幅を測定することが可能に構成されている。つまり、幅測定部５６は、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴに対してデータの記録／再生を行うときの磁気テープＭＴの幅を測定することが可能に構成されている。幅測定部５６は、磁気テープＭＴの幅を測定して制御装置５５へと

送信する。

[0289] 幅測定部５６は、例えば、光センサ等のような各種のセンサにより構成される。幅測定部５６は、磁気テープＭＴの幅を測定可能なセンサであればどのようなセンサが用いられてもよい。なお、磁気テープＭＴの幅は、それぞれ隣接するサーボパターン４７を読み取り、位置信号の差分を求めることで、予測することもできる。この場合、幅測定部５６は省略することができる。

[0290] 角度調整部５７は、データライトヘッド６０を上下方向の軸（Ｚ軸）周りに回動可能に保持することが可能に構成されている。角度調整部５７は、制御装置５５からの指令に応じて、データライトヘッド６０のアジマス角θを調整することが可能に構成されている。

[0291] 制御装置５５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、データ記録再生装置５０の各部を統括的に制御する。

[0292] 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。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。

[0293] 特に、本実施形態では、制御装置５５（制御部）は、幅測定部５６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５７によりデータライトヘッド６０のアジマス角θ（図１２参照）を調整する。

[0294] 本実施形態では、データライトヘッド６０のアジマス角θを調整することで、磁気テープＭＴの幅の変動に対応している。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、データライトヘッド６０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、データライトヘッド６０のアジマス角θは大きくされる。

[0295] 磁気テープＭＴの幅は、例えば、温度、湿度、磁気テープＭＴの長手方向に加えられるテンション等、様々な理由で変動する場合がある。

[0296] ［データライトヘッド］

次に、データライトヘッド６０の構成について詳細に説明する。図１２は、データライトヘッド６０を下方（バック層側）から見た概略図である。

[0297] データライトヘッド６０の説明では、データライトヘッド６０の長手方向をＹ’軸方向とし、データライトヘッド６０の幅方向をＸ’軸方向とし、データライトヘッド６０の上下方向をＺ’軸方向とする。また、磁気テープＭＴの長手方向（走行方向）をＸ軸方向とし、磁気テープＭＴの幅方向をＹ軸方向とし、磁気テープＭＴの厚さ方向をＺ軸方向とする。なお、磁気テープＭＴの方向は、データライトヘッド６０の下側を通過するときの磁気テープＭＴの方向が基準である。

[0298] 図１２に示すように、データライトヘッド６０は、第１のデータライトヘッド６０ａと、第２のデータライトヘッド６０ｂとを含む。なお、本明細書中の説明において、２つのデータライトヘッド６０を特に区別しない場合には、これらをまとめて単にデータライトヘッド６０と呼び、２つのデータライトヘッド６０を特に区別する場合に、これらを第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂと呼ぶ。

[0299] 第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂは、データライトヘッド６０の幅方向（Ｙ’軸方向）で対称に構成されているが、基本的に同様の構成である。第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂは、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に一体的に移動可能とされており、これにより、全てのデータバンドｄ０～ｄ３のうちいずれかのデータバンドｄに対してデータを書き込むことができる。

[0300] 第１のデータライトヘッド６０ａは、磁気テープＭＴが順方向（図１１においてＡ１方向）に走行しているときに使用されるヘッドである。一方、第

２のデータライトヘッド６０ｂは、磁気テープＭＴが逆方向（図１１においてＡ２方向）に走行しているときに使用されるヘッドである。

[0301] データライトヘッド６０は、磁気テープＭＴに対向する対向面６１を有している。対向面６１は、データライトヘッド６０の長手方向（Ｙ’軸方向）に長くデータライトヘッド６０の幅方向（Ｘ’軸方向）に短い形状を有している。対向面６１には、２つのサーボリード部６２と、複数のデータライト／リード部６３が設けられている。

[0302] サーボリード部６２は、データライトヘッド６０の長手方向（Ｙ’軸方向）の両端側にそれぞれ１つずつ設けられる。サーボリード部６２は、磁気テープＭＴのサーボバンドｓに記録されたサーボパターン４７による磁界を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。

[0303] ＭＲ素子としては、例えば、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）などが用いられる。

[0304] データライト／リード部６３は、データライトヘッド６０の長手方向（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／リード部６３は、２つのサーボリード部６２に挟み込まれる位置に配置されている。データライト／リード部６３の数は、例えば、２０個～４０個程度とされるが、この個数ついては特に限定されない。

[0305] データライト／リード部６３は、データライト部６４と、データリード部６５とを含む。データライト部６４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に対してデータを記録することが可能に構成されている。

[0306] また、データリード部６５は、磁気テープＭＴのデータバンドｄに記録されたデータによる磁界を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）などが用いられる。

[0307] 第１のデータライトヘッド６０ａにおいては、データライト部６４が、データリード部６５の左側（磁気テープＭＴが順方向に流れる場合の上流側）に配置される。一方、第２のデータライトヘッド６０ｂにおいては、データライト部６４が、データリード部６５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。

[0308] データリード部６５は、そのデータリード部６５と組とされるデータライト部６４が磁気テープＭＴにデータを書き込んだ直後に、そ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のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂのうち、一方のデータライトヘッド６０のデータライト部６４で書き込まれたデータが他方のデータライトヘッド６０のデータリード部６５で再生されてもよい。

[0309] 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、第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂにより、記録トラック４６に対してデータが記録される。

[0310] 角度調整部５７（図１１参照）は、第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂを上下方向の軸（Ｚ’軸）回りに回動可能に保持することが可能とされている。また、角度調整部５７は、第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂを、上下方向の軸回りに個別に回動させることが可能とされている。

[0311] 角度調整部５７は、第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂの長手方向が、磁気テープＭＴの幅方向に対して、アジマス角θ傾斜して配置されるように、第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂの角度を調整する。

[0312] ここで、第１のデータライトヘッド６０ａのサーボリード部６２及びデータライト／リード部６３におけるＹ軸方向（磁気テープＭＴの幅方向）の位置と、第２のデータライトヘッド６０ｂのサーボリード部６２及びデータラ

イト／リード部６３のＹ軸方向の位置は、同じである。これらの位置関係は、第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂがＺ軸回りに回動しても変わらない。

[0313] つまり、角度調整部５７は、第１のデータライトヘッド６０ａのサーボリード部６２及びデータライト／リード部６３におけるＹ軸方向（磁気テープＭＴの幅方向）の位置と、第２のデータライトヘッド６０ｂのサーボリード部６２及びデータライト／リード部６３のＹ軸方向の位置とが同じとなるように、第１のデータライトヘッド６０ａ及び第２のデータライトヘッド６０ｂを個別に回動可能とされる。

[0314] 本実施形態では、データライトヘッド６０のアジマス角θに対して、基準となる基準角Ｒｅｆθが設定されており、また、データライトヘッド６０のアジマス角θは、基準角Ｒｅｆθ±ｘ°で表される角度範囲が設定されている。

[0315] 図１２に示す例では、基準角Ｒｅｆθが、磁気テープＭＴの幅方向に対して時計回り（下側：磁気テープＭＴ側から見て）の方向に設定されている場合の一例が示されている。一方、基準角Ｒｅｆθは、磁気テープＭＴの幅方向に対して反時計回り（下側：磁気テープＭＴ側から見て）の方向に設定されていてもよい。

[0316] ［基準角Ｒｅｆθ及び角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°等］

次に、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける基準角Ｒｅｆθ、並びに、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°について説明する。

[0317] 図１３は、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°と、アジマス損失L_θとの関係を示す図である（記録波長：０．１μｍ）。図１３において、横軸は、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°におけるｘの値を示しており、縦軸は、アジマス損失L_θを示している。

[0318] アジマス損失L_θ［ｄＢ］は、以下の式により表される。

$L_\theta = -20\log_{10}[\sin\{(\pi W/\lambda)\tan\theta\}/(\pi W/\lambda)\tan\theta]$　式中、Wは、再生トラック幅であり、λは、データの記録波長であり、θは、データライトヘッド６０のアジマス角である。

[0319] 図１３では、再生トラック幅Wが、それぞれ、０．８μｍ、０．５μｍ、０．４μｍ、０．３μｍ、０．２μｍとされた場合の５つのグラフが示されている。図１３では、記録波長λは、０．１μｍとされた。ここで、再生トラック幅Wが０．８μｍとされたグラフは、ＬＴＯ－９に対応しており、再生トラック幅Wが０．５μｍ、０．４μｍ、０．３μｍ、０．２μｍとされたグラフは、ＬＴＯ－１０以降（推定値）に対応している。

[0320] 図１３から理解されるように、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°が同じ場合、再生トラック幅Wが狭い方がアジマス損失L_θが小さいことが分かる。

[0321] これは、つまり、本実施形態のように、データライトヘッド６０のアジマス角θの調整により、磁気テープＭＴの幅の変動に対処する形態の場合、アジマス損失L_θの観点からは記録トラック４６の数が多く、再生トラック幅Wが狭い磁気テープＭＴ（例えば、ＬＴＯ－１０以降）であるほど有利であることを意味している。

[0322] ここで、アジマス損失L_θを許容することができる値が、０．０５［ｄＢ］以下であると仮定する。また、磁気テープＭＴにおける再生トラック幅Wが０．５μｍ以下であると仮定する（ＬＴＯ－１０以降（推定値））。

[0323] この場合、図１３の点線で示されているように、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける角度範囲は、最大でＲｅｆθ±０．７°とされる。このため、本実施形態では、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける角度範囲において、Ｒｅｆθ±ｘ°のｘの値は、典型的には０．７°以下とされる。

[0324] 図１４は、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°と、磁気テープＭＴの幅変動に基づくサーボバンドピッチ差に対する補正量との関係を示す図である。

[0325] 図１４において、横軸は、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°におけるｘの値を示しており、縦軸は、磁気テープＭＴの幅変動に基づくサーボバンドピッチ差に対する補正量を示している。

[0326] 図１５は、磁気テープＭＴの幅変動に基づくサーボバンドピッチ差に対する補正量を示す図である。図１５に示すように、この補正量は、ａ－ｂで表される。

[0327] ここで、ａの値は、データライトヘッド６０のアジマス角θがＲｅｆθ－ｘ°とされた場合における、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）での２つのサーボリード部６２間の距離である。一方、ｂの値は、データライトヘッド６０のアジマス角θがＲｅｆθ＋ｘ°とされた場合における、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）での２つのサーボリード部６２間の距離である。

[0328] 図１４に戻り、図１４では、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける基準角Ｒｅｆθが、２．５°、５°、７．５°、１０°、１２．５°、１５°で変化された場合における６つのグラフが示されている。

[0329] 図１４から、角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°が同じであれば、基準角Ｒｅｆθが大きくなるほど補正量が大きくなることが分かる。

[0330] ここで、上述のように、アジマス損失L_θが０．０５［ｄＢ］以下であり、再生トラック幅Ｗが０．５μｍ以下であるとすると、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける角度範囲は、最大でＲｅｆθ±０．７°である（図１４の縦の破線参照）。この条件に加えて、さらに、上記補正量が１０μｍ以上であるとする（図１４の横の破線参照）。

[0331] 図１４から理解されるように、これらの条件を満たすためには、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθが７．５°では若干不足であり、基準角Ｒｅｆθが１０°であれば十分であることが分かる。つまり、上記条件を満たすためには、基準角Ｒｅｆθは、８°以上とされる。

[0332] なお、ここでの説明は、本実施形態において、基準角Ｒｅｆθを８°以上にしなければならないといった趣旨ではない。つまり、本実施形態においては、基準角Ｒｅｆθは、２．５°以上、５°以上、７．５°以上、８°以上

、１０°以上、１２．５°以上、１５°以上等、適宜設定することができる。

[0333] 図１６は、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°と、アジマス損失L_θとの関係を示す図である（記録波長：０．０７μｍ）。図１６において、横軸は、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°におけるｘの値を示しており、縦軸は、アジマス損失L_θを示している。図１６では、データの記録波長λが、０．０７μｍとされた。

[0334] 図１３及び図１６の違いは、図１３では、データの記録波長λが０．１μｍとされていたのに対して、図１６では、データの記録波長λが０．０７μｍとされている点である。なお、ＬＴＯ－１０以降では、データの記録波長λは、０．１μｍ以下、０．０７μｍ以下等とされることが推定される。

[0335] 図１３及び図１６の比較から理解されるように、データの記録波長λが小さくなるほどアジマス損失は増加することが分かる。

[0336] 図１６において、再生トラック幅Wが０．５μｍであるグラフに着目する。データの記録波長λが０．０７μｍであり、かつ、再生トラック幅Wが０．５μｍである場合において、アジマス損失を０．０５［ｄＢ］以下とするためには、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°におけるｘの値を０．４８°以下とすればよい。

[0337] 図１４において、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±ｘ°におけるｘの値が０．４８°である箇所に着目する（図１４の横軸参照）。データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲が、Ｒｅｆθ±０．４８°である場合において、上記補正量を１０μｍ以上とする場合、基準角Ｒｅｆθを１２．５°以上とすればよいことが分かる。

[0338] また、図１６において、再生トラック幅Wが０．４μｍであるグラフに着目する。データの記録波長λが０．０７μｍであり、かつ、再生トラック幅Wが０．４μｍである場合において、アジマス損失を０．０５［ｄＢ］以下とするためには、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆ

θ±x°におけるxの値を０．６°以下とすればよい。

[0339] 図１４において、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±x°におけるxの値が０．６°である箇所に着目する（図１４の横軸参照）。データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲が、Ｒｅｆθ±０．６°である場合において、上記補正量を１０μｍ以上とする場合、基準角Ｒｅｆθを１０°以上とすればよいことが分かる。

[0340] なお、ここでの説明から理解されるように、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±x°は、データの記録波長λが小さくなるほど小さくなる。また、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±x°は、再生トラック幅Wが小さくなるほど大きくなる（図１３、図１６参照）。

[0341] また、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける基準角Ｒｅｆθは、データの記録波長λが小さくなるほど大きくなる。また、データライトヘッド６０のアジマス角θにおける基準角Ｒｅｆθは、再生トラック幅Wが小さくなるほど小さくなる（図１４参照）。

[0342] ここで、ＬＴＯの規格が、ＬＴＯ－９からＬＴＯ－１０、ＬＴＯ－１１、・・・と世代が進むに従って、データの記録波長λが順次小さくなることが予測され、また、再生トラック幅Wも順次小さくなることが予測される。これに応じて、データライトヘッド６０のアジマス角θの角度範囲Ｒｅｆθ±x°におけるxの値を適切な値に設定し（例えば、０．７°以下、０．６°以下、０．５°以下、０．４°以下・・・等）、また、データライトヘッド６０のアジマス角θの基準角Ｒｅｆθを適切な値に設定すればよい（例えば、２．５°以上、５°以上、７．５°以上、８°以上、１０°以上、１２．５°以上、１５°以上・・・等）。

[0343] ［サーボ記録再生装置］

次に、サーボ記録再生装置７０について説明する。図１７は、サーボ記録再生装置７０を示す図である。

[0344] 図１７に示すように、サーボ記録再生装置７０は、送り出しローラ７１、

消磁部７２、サーボライトヘッド８０、サーボリードヘッド７５、巻き取りローラ７６及び４対のキャプスタンローラ７７を備えている。

[0345] 送り出しローラ７１は、ロール状の磁気テープＭＴ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７１は、モータ等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。

[0346] 巻き取りローラ７６は、ロール状の磁気テープＭＴ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７６は、モータ等の駆動に応じて回転し、回転に応じて磁気テープＭＴを巻き取っていく。

[0347] ４対のキャプスタンローラ７７は、それぞれ、磁気テープＭＴを上下方向の両側から挟み込むことが可能とされている。４対のキャプスタンローラ７７は、モータ等の駆動に応じて回転し、回転に応じて磁気テープＭＴを搬送経路において搬送する。

[0348] 送り出しローラ７１、巻き取りローラ７６及び４対のキャプスタンローラ７７は、搬送経路内において磁気テープＭＴを一定の速度で搬送させることが可能とされている。

[0349] サーボライトヘッド８０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８０は、矩形波のパルス信号に応じて所定のタイミングでサーボバンドｓに磁場を印加し、サーボバンドｓにサーボパターン４７を記録する。

[0350] サーボライトヘッド８０は、サーボライトヘッド８０の下側を磁気テープＭＴが通過するときに、全てのサーボバンドｓ（ｓ０～ｓ４）に対してそれぞれサーボパターン４７を記録することが可能とされている。なお、サーボライトヘッド８０の構成についての詳細は、図１８～図２３を参照して後述する。

[0351] 消磁部７２は、例えば、サーボライトヘッド８０よりも上流側において、磁気テープＭＴの下側（ベース層４１側）に配置される。消磁部７２は、例えば、２つの永久磁石７３、７４により構成される。永久磁石７３、７４は、サーボライトヘッド８０によってサーボパターン４７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の全体を消磁する。

[0352] サーボリードヘッド７５は、サーボライトヘッド８０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。サーボリードヘッド７５は、磁気テープＭＴに記録されたサーボパターン４７から発生する磁界を読み取ることで、サーボパターン４７の情報を再生可能に構成されている。

[0353] サーボリードヘッド７５は、サーボリードヘッド７５の下側を磁気テープＭＴが通過するときに、全てのサーボバンドｓ（ｓ０～ｓ４）からサーボパターン４７を読み取ることが可能とされている。サーボリードヘッド７５によって読み取られたサーボパターン４７の情報は、サーボパターン４７が正確に記録されたかどうかの確認のために用いられる。

[0354] サーボリードヘッド７５のタイプは、例えば、インダクティブ型、ＭＲ型（Magneto Resistive）、ＧＭＲ型（Giant Magneto Resistive）、ＴＭＲ型（Tunnel Magneto Resistive）等である。

[0355] 図示は省略しているが、サーボ記録再生装置７０は、サーボ記録再生装置７０の各部を統括的に制御する制御装置を備えている。

[0356] 制御装置は、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、サーボ記録再生装置７０の各部を統括的に制御する。

[0357] 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。通信部は、例えば、ＰＣや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。

[0358] ［サーボライトヘッド］

次に、サーボライトヘッド８０の構成について詳細に説明する。上述のように、データ記録再生装置５０におけるデータライトヘッド６０は、磁気テープＭＴの幅方向に対して傾いて配置される。従って、データライトヘッド６０が正確にサーボパターン４７を読み取ることができるように、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して非対称となるように書き込まれる。この非対称のサーボパターン４７の書き込みは、サーボライヘッド８０により実行される。

[0359] サーボライトヘッド８０の形態について、実施形態Ａ及び実施形態Ｂの２種類が存在する。実施形態Ａでは、サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向）が、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して平行に配置される（後述の図１８～図２０参照）。一方、実施形態Ｂでは、サーボライトヘッド８０ｂ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傾斜して配置される（後述の図２１～図２３参照）。

[0360] （実施形態Ａ）

まず、サーボライトヘッド８０の実施形態Ａについて説明する。図１８は、サーボライトヘッド８０ａと、サーボライトヘッド８０ａに入力されるパルス信号とを示す図である。図１９は、サーボライトヘッド８０ａが有するサーボ素子８２の拡大図である。図２０は、サーボライトヘッド８０ａにより磁気テープＭＴにサーボパターン４７が書き込まれるときの様子を示す図である。なお、図１８～図２０では、サーボライトヘッド８０ａの磁気テープＭＴと対向する面が示されている。

[0361] これらの図に示すように、サーボライトヘッド８０ａは、長手方向（Ｙ”軸方向）に長く、幅方向（Ｘ”軸方向）に短い形状を有している。なお、図１８～図２０では、サーボライトヘッド８０ａの長手方向がＹ”軸方向とされ、サーボライトヘッド８０ａの幅方向がＸ”軸方向とされ、サーボライトヘッド８０ａの上下方向がＺ”軸方向とされている。また、磁気テープＭＴの長手方向

（搬送方向）がＸ軸方向とされ、磁気テープＭＴの幅方向がＹ軸方向とされ、磁気テープＭＴの厚さ方向がＺ軸方向とされている。なお、これについては、図２１～図２３においても同様である。

[0362] 実施形態Ａでは、サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向）が磁気テープＭＴの方向（Ｙ軸方向）に一致しており、サーボライトヘッド８０ａの幅方向（Ｘ”軸方向）が磁気テープＭＴの長手方向（Ｘ軸方向）に一致している。

[0363] サーボライトヘッド８０ａは、磁気テープＭＴに対向する対向面８１を有している。対向面８１は、長手方向（Ｙ”軸方向）に長く、幅方向（Ｘ”軸方向）に短い形状を有している。

[0364] サーボライトヘッド８０ａは、対向面８０ａ上において、５対のサーボ素子８２（磁気ギャップ）を有している。５対のサーボ素子８２は、サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向）において、所定の間隔（サーボ素子ピッチ：ＳＰ）を開けて配置される。

[0365] サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向）（磁気テープＭＴの幅方向：Ｙ軸方向）において、互いに隣接する２対のサーボ素子８２の間隔（サーボ素子ピッチ）は、例えば、２８５８．８±４．６μｍとされる。なお、この値は、磁気テープＭＴにおいて、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）で互いに隣接する２本のサーボバンドｓの間隔（サーボバンドピッチ：ＳＰ）に対応する。

[0366] 一対のサーボ素子８２は、サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向）（磁気テープＭＴの幅方向：Ｙ軸方向）に対して非対称に構成された第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）を含む（特に、図１９参照）。

[0367] 第１のサーボ素子８２ａ（「／」）は、サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向）（磁気テープＭＴの幅方向：Ｙ軸方向）に対して、第１の角度θｓ１で傾斜する。第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）は、サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向）（磁気テープＭＴの幅方向：Ｙ軸方

向）に対して、第１の角度θｓ１とは逆向きに第２の角度θｓ２で傾斜する。

[0368] 第１の角度θｓ１及び第２の角度θｓ２は、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθと関連しており、それぞれ以下の式により表される。

θｓ１＝Ｒｅｆθ＋θａ

θｓ２＝Ｒｅｆθ－θａ

ここで、Ｒｅｆθは、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθであり、θａは、サーボアジマス角である。

[0369] 仮に、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθが１０°とされ、サーボアジマス角θａが１２°とされた場合、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の第１の角度θｓ１は、２２°とされ、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の第２の角度θｓ２は、２°とされる。

[0370] サーボライトヘッド８０ａの幅方向（Ｘ”軸方向）（磁気テープＭＴの長手方向：Ｘ軸方向）において、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の間隔は、例えば、サーボ素子の長さの幅方向成分ＳＬの１／２の位置において３８μｍとされる。

[0371] ここで、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）において、第１の角度θｓ１に沿う方向（磁気テープＭＴの幅方向に対して２２°の方向）を第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向とする。また、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）において、第２の角度θｓ２に沿う方向（磁気テープＭＴの幅方向に対して－２°の方向）を第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向とする。

[0372] 第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向における長さは、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向における長さとは異なっており、ここでの例では、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向での長さは、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向での長さよりも長い。

[0373] 一方、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向の長さにおける、磁気テープＭＴの幅方向の成分ＳＬ（Ｙ軸方向）と、第２のサーボ素子８２ｂ

（「＼」）の長手方向の長さにおける、磁気テープＭＴの幅方向の成分ＳＬ（Ｙ軸方向）とは同じである。サーボ素子８２の長さの幅方向成分ＳＬは、例えば、９６±３μｍとされる。

[0374] 図１８には、５対のサーボ素子８２に対してそれぞれ入力されるパルス信号が示されている。また、図２０には、そのパルス信号が５対のサーボ素子８２に入力されることにより、磁気テープＭＴのサーボバンドｓに書き込まれたサーボパターン４７が示されている。

[0375] ここで、上述のように、データライトヘッド６０は、磁気テープＭＴの幅方向に対して、アジマス角θ傾斜して配置される。この場合において、５対のサーボ素子８２に対して、同時刻に同位相のパルス信号が入力され、磁気テープＭＴの幅方向に平行な位置に同位相のサーボパターン４７が書き込まれた場合を想定する。この場合、傾斜して配置されたデータライトヘッド６０の２つのサーボリード部６２により同時刻に読み取られるサーボパターン４７の位相が異なってしまうことになる。

[0376] そこで、実施形態Ａでは、５対のサーボ素子８２に同時刻に入力されるパルス信号の位相を異ならせることで、同位相のサーボパターン４７を磁気テープＭＴの幅方向に対して非平行に書き込むこととしている。

[0377] サーボライトヘッド８０ａの長手方向（Ｙ”軸方向：磁気テープＭＴの幅方向）で互いに隣接する２対のサーボ素子８２に対して入力されるパルス信号の位相差は、ＳＰ×ｔａｎ（Ｒｅｆθ）に対応する。ここで、ＳＰ（サーボバンドピッチ＝サーボ素子ピッチ）は、互いに隣接する２つのサーボバンドｓにおける磁気テープＭＴの幅方向での間隔、または、互いに隣接する２対のサーボ素子８２における磁気テープＭＴの幅方向での間隔である。また、Ｒｅｆθは、データライトヘッド６０における基準角である。

[0378] 仮に、ＳＰの値が２８５８．８μｍであるとし、データライトヘッド６０における基準角Ｒｅｆθが１０°であるとする。この場合、互いに隣接する２対のサーボ素子８２に対して入力されるパルス信号の位相差は、２８５８．８μｍ×ｔａｎ１０°＝５０４．０８μｍに対応する。

[0379] ここで、サーボバンドｓ４のサーボ素子８２の入力パルスを基準としたサーボバンドｓ３、サーボバンドｓ２、サーボバンドｓ１、サーボバンドｓ０のサーボ素子８２の入力パルスの位相差は、順番に、５０４．０８μｍ、１００８．１７μｍ、１５１２．２５μｍ、２０１６．３３μｍに対応する位相とされる。

[0380] ５本のサーボバンドｓに対応する５対のサーボ素子８２に対して、同時刻に入力されるパルス信号の位相について、最も先に進んだ位相の入力パルスが入力されるのは、サーボバンドｓ０のサーボ素子８２である。入力パルスの位相の順番は、次いで、サーボバンドｓ１のサーボ素子８２、サーボバンドｓ２のサーボ素子８２、サーボバンドｓ３のサーボ素子８２、サーボバンドｓ４のサーボ素子８２の順番である。

[0381] 例えば、サーボバンドｓ０のサーボ素子８２及びサーボバンドｓ１のサーボ素子８２で説明すると、同時刻において、サーボバンドｓ０のサーボ素子８２には、サーボバンドｓ１のサーボ素子８２よりも５０４．０８μｍに対応する位相分、先の位相のパルス信号が入力される。

[0382] 同様に、磁気テープＭＴの幅方向で互いに隣接する２つのサーボバンドｓに書き込まれるサーボパターン４７の、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）での位相差は、ＳＰ×ｔａｎ（Ｒｅｆθ）で表される。

[0383] 仮に、ＳＰの値が２８５８．８μｍであるとし、データライトヘッド６０における基準角Ｒｅｆθが１０°であるとする。この場合、互いに隣接する２つのサーボバンドｓに書きこまれるサーボパターン４７における、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）での位相差は、２８５８．８μｍ×ｔａｎ１０°＝５０４．０８μｍに対応する。

[0384] サーボバンドｓ４のサーボパターン４７を基準としたサーボバンドｓ３、サーボバンドｓ２、サーボバンドｓ１、サーボバンドｓ２のサーボパターン４７の位相差は、順番に、５０４．０８μｍ、１００８．１７μｍ、１５１２．２５μｍ、２０１６．３３μｍに対応する位相とされる。

[0385] ５本のサーボバンドｓにそれぞれ書き込まれたサーボパターン４７につい

て、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）で、最も先に進んだ位相となるのは、サーボバンドｓ０のサーボパターン４７である。位相の順番は、次いで、サーボバンドｓ１のサーボパターン４７、サーボバンドｓ２、のサーボパターン４７、サーボバンドｓ３のサーボパターン４７、サーボバンドｓ４のサーボパターン４７の順番である。

[0386] 例えば、サーボバンドｓ０のサーボパターン４７及びサーボバンドｓ１のサーボパターン４７で説明すると、磁気テープＭＴの幅方向で、サーボバンドｓ０のサーボパターン４７の位相は、サーボバンドｓ１のサーボパターン４７よりも５０４．０８μｍに対応する位相分、先の位相とされる。

[0387] 磁気テープＭＴにおいて、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対してデータライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθ（１０°）の方向では、５本のサーボバンドｓに書きこまれたサーボパターン４７の位相は、同位相とされる。

[0388] （実施形態Ｂ）

次に、サーボライトヘッド８０の実施形態Ｂについて説明する。図２１は、実施形態Ｂに係るサーボライトヘッド８０ｂ及びサーボライトヘッド８０ｂが有するサーボ素子８２の拡大図である。図２２は、実施形態Ｂに係るサーボライトヘッド８０ｂにより磁気テープＭＴにサーボパターン４７が書き込まれるときの様子を示す図である。図２１及び図２２では、サーボライトヘッド８０ｂの磁気テープＭＴと対向する面が示されている。なお、後述の図２３～図２６についても同様に、サーボライトヘッド８０の磁気テープＭＴと対向する面が示されている。

[0389] これらの図に示すように、サーボライトヘッド８０ｂは、長手方向（Ｙ”軸方向）に長く、幅方向（Ｘ”軸方向）に短い形状を有している。

[0390] 実施形態Ｂでは、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）が磁気テープＭＴの幅方向に対して所定の角度（第２のヘッドアジマス角）傾斜して配置される。サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度は、データライトヘ

ッド６０の基準角Ｒｅｆθと関連しており、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθと一致している（例えば、１０°）。

[0391] サーボライトヘッド８０ｂは、磁気テープＭＴに対向する対向面８１を有している。対向面８１は、長手方向（Ｙ”軸方向）に長く、幅方向（Ｘ”軸方向）に短い形状を有している。

[0392] サーボライトヘッド８０ｂは、対向面８１上において、５対のサーボ素子８２（磁気ギャップ）を有している。５対のサーボ素子８２は、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）において、所定の間隔（サーボ素子ピッチ：ＳＰ１）を開けて配置される。

[0393] 互いに隣接する２対のサーボ素子８２における、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）での間隔（サーボ素子ピッチ：ＳＰ１）は、例えば、２８５８．８±４．６μｍとされる。なお、この値は、磁気テープＭＴにおいて、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）で互いに隣接する２本のサーボバンドｓの間隔（サーボバンドピッチ：ＳＰ１）に対応する。

[0394] また、互いに隣接する２対のサーボ素子８２において、磁気テープＭＴの長手方向（Ｘ軸方向）での位置の差は、ＳＰ１×ｔａｎ（Ｒｅｆθ）で表される。ここで、ＳＰ１（サーボバンドピッチ＝サーボ素子ピッチ）は、互いに隣接する２つのサーボバンドｓにおける磁気テープＭＴの幅方向での間隔、または、互いに隣接する２対のサーボ素子８２における磁気テープＭＴの幅方向での間隔である。また、Ｒｅｆθは、データライトヘッド６０における基準角である。

[0395] 仮に、ＳＰ１の値が２８５８．８μｍであるとし、データライトヘッド６０における基準角Ｒｅｆθが１０°であるとする。この場合、互いに隣接する２対のサーボ素子８２において、磁気テープの長手方向（Ｘ軸方向）での位置の差は、２８５８．８μｍ×ｔａｎ１０°＝５０４．０８μｍである。

[0396] 一対のサーボ素子８２は、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して非対称に構成された第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）を含む（特に、図２１の右側参照）。

[0397] 第１のサーボ素子８２ａ（「／」）は、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して、第１の角度θｓ１で傾斜する。第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して、第１の角度θｓ１とは逆向きに第２の角度θｓ２で傾斜する。

[0398] 第１の角度θｓ１及び第２の角度θｓ２は、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθと関連しており、それぞれ以下の式により表される。

θｓ１＝Ｒｅｆθ＋θａ

θｓ２＝Ｒｅｆθ－θａ

ここで、Ｒｅｆθは、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθであり、θａは、サーボアジマス角である。

[0399] 仮に、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθが１０°とされ、サーボアジマス角θａが１２°とされた場合、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の第１の角度θｓ１は、２２°とされ、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の第２の角度θｓ２は、２°とされる。

[0400] 磁気テープＭＴの長手方向（Ｘ軸方向）において、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の間隔は、例えば、サーボ素子８２の長さの幅方向成分ＳＬの１／２の位置において、３８μｍとされる。

[0401] ここで、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）において、第１の角度θｓ１に沿う方向（磁気テープＭＴの幅方向に対して２２°の方向）を第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向とする。また、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）において、第２の角度θｓ２に沿う方向（磁気テープＭＴの幅方向に対して－２°の方向）を第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向とする。

[0402] 第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向における長さは、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向における長さとは異なっており、ここでの例では、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向での長さは、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向での長さよりも長い。

[0403] 一方、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向の長さにおける、磁気テープＭＴの幅方向の成分（Ｙ軸方向）ＳＬ１と、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向の長さにおける、磁気テープＭＴの幅方向の成分（Ｙ軸方向）ＳＬ１とは同じである。サーボ素子８２の長さの幅方向成分ＳＬ１は、例えば、９６±３μｍとされる。

[0404] 図２５は、図２１の右側の図の拡大図であって、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）における具体的な寸法の一例を示す図である（ＸＹＺ座標系基準）。

[0405] 図２５に示すように、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向における長さは、１０３．５３９３μｍ（＝９６μｍ／ｃｏｓ２２°）とされる。また、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向における長さは、９６．０５８５μｍ（＝９６μｍ／ｃｏｓ２°）とされる。

[0406] また、第１のサーボ素子８２ａの上端部と、第２のサーボ素子８２ｂの上端部との間の間隔（Ｘ軸方向）は、１６．９３０６μｍ（＝３８μｍ－４８μｍ×ｔａｎ２２°－４８μｍ×ｔａｎ２°＝３８μｍ－１９．３９３２μｍ－１．６７６２μｍ）である。

[0407] また、第１のサーボ素子８２ａの下端部と、第２のサーボ素子８２ｂの下端部との間の間隔（Ｘ軸方向）は、５９．０６９５μｍ（＝９６μｍ×ｔａｎ２２°＋１６．９３０６μｍ＋９６μｍ×ｔａｎ２°＝３８．７８６５μｍ＋１６．９３０６μｍ＋３．３５２４μｍ）である。

[0408] ここで、上述の実施形態Ａでは、５対のサーボ素子８２に対してそれぞれ入力されるパルス信号に位相差が設定されていた。一方、実施形態Ｂにおいては、サーボライトヘッド８０ｂが傾けて配置されているので、パルス信号に対して位相差を設定する必要はない。つまり、５対のサーボ素子８２に対しては、同時刻に同位相に対応するパルス信号がそれぞれ入力される。

[0409] 図２２には、５対のサーボ素子８２によって５本のサーボバンドｓにそれぞれ書き込まれたサーボパターン４７が示されている。

[0410] 磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）で互いに隣接する２つのサーボバン

ドｓに書き込まれるサーボパターン４７の、磁気テープＭＴの幅方向での位相差は、ＳＰ１×ｔａｎ（Ｒｅｆθ）で表される。

[0411] 仮に、ＳＰ１の値が２８５８．８μｍであるとし、データライトヘッド６０における基準角Ｒｅｆθが１０°であるとする。この場合、互いに隣接する２つのサーボバンドｓに書きこまれるサーボパターン４７の位相差は、２８５８．８μｍ×ｔａｎ１０°＝５０４．０８μｍとされる。

[0412] なお、サーボバンドｓ４のサーボパターン４７を基準としたサーボバンドｓ３、サーボバンドｓ２、サーボバンドｓ１、サーボバンドｓ１のサーボパターン４７の位相差は、順番に、５０４．０８μｍ、１００８．１７μｍ、１５１２．２５μｍ、２０１６．３３μｍに対応する位相とされる。

[0413] ５本のサーボバンドｓにそれぞれ書き込まれたサーボパターン４７について、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）で、最も先に進んだ位相となるのは、サーボバンドｓ０のサーボパターン４７である。位相の順番は、次いで、サーボバンドｓ１のサーボパターン４７、サーボバンドｓ２、のサーボパターン４７、サーボバンドｓ３のサーボパターン４７、サーボバンドｓ４のサーボパターン４７の順番である。

[0414] 例えば、サーボバンドｓ０のサーボパターン４７及びサーボバンドｓ１のサーボパターン４７で説明すると、磁気テープＭＴの幅方向で、サーボバンドｓ０のサーボパターン４７の位相は、サーボバンドｓ１のサーボパターン４７よりも５０４．０８μｍに対応する位相分、先の位相とされる。

[0415] 磁気テープＭＴにおいて、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対してデータライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθ（１０°）の方向では、５本のサーボバンドｓに書きこまれたサーボパターン４７の位相は、同位相とされる。

[0416] 以上の説明では、磁気テープＭＴの座標系（ＸＹＺ座標系）を基準したサーボライトヘッド８０ｂの構成について説明した。以降では、サーボライトヘッド８０ｂの座標系（X”Y”Z”座標系）を基準したサーボライトヘッド８０ｂの構成について説明する。

[0417] 図２３は、実施形態Ｂにおいて、サーボライトヘッド８０ｂの座標系を基準としてサーボライトヘッド８０ｂを表した図である。

[0418] 図２３に示すように、５対のサーボ素子８２は、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）において、所定の間隔（サーボ素子ピッチ：ＳＰ２）を開けて配置される。サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）において、互いに隣接する２対の－１サーボ素子８２の間隔（サーボ素子ピッチ：ＳＰ２）は、ＳＰ１×ｃｏｓ（Ｒｅｆθ）で表される。

[0419] 例えば、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）において、互いに隣接する２対のサーボ素子８２の間隔（サーボ素子ピッチ：ＳＰ１）が、２８５８．８μｍであり、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθが１０°であるとする。この場合、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）において、互いに隣接する２対のサーボ素子８２の間隔（サーボ素子ピッチ：ＳＰ２）は、２９０２．９μｍとなる。

[0420] ここで、上述の実施形態Ａでは、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の対称軸は、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に非平行とされており、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）に対しても非平行とされていた。一方、実施形態Ｂでは、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の対称軸は、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して非平行とされ、一方でサーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）に対しては平行とされている。

[0421] 第１のサーボ素子８２ａ（「／」）は、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）に対して、サーボアジマス角θａで傾斜する。一方、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）は、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）に対して、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）とは逆向きに、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）と同じサーボアジマス角θａで傾斜する。

[0422] ここで、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）において、サーボアジマス角θａに沿う方向（サーボライトヘッド８０ｂの長手方向に対して＋１２°の

方向）を第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向とする。また、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）において、サーボアジマス角θａに沿う方向（サーボライトヘッド８０ｂの長手方向に対して－１２°の方向）を第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向とする。

[0423] 第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向における長さは、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向における長さとは異なっており、ここでの例では、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向での長さは、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向での長さよりも長い。

[0424] さらに、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向の長さにおける、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向成分ＳＬ２１（Ｙ”軸方向）、及び、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長手方向の長さにおける、サーボライトヘッド８０ｂ長手方向成分ＳＬ２２（Ｙ”軸方向）も異なっている。

[0425] 図２６は、図２３の右側の図の拡大図であって、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）における具体的な寸法の一例を示す図である（Ｘ”Ｙ”Ｚ”座標系基準）。

[0426] 仮に、サーボ素子８２の長さにおける、磁気テープＭＴの幅方向成分ＳＬ１（Ｙ軸方向）が、９６μｍであり、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθが１０°であり、サーボアジマス角θａが１２°であるとする。この場合、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長さにおける、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向成分ＳＬ２１（Ｙ”軸方向）は、１０１．２７６７μｍ（＝１０３．５０９３μｍ×ｃｏｓ１２°）である。また、この場合、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長さにおける、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向成分ＳＬ２２（Ｙ”軸方向）は、９３．９５９μｍ（＝９６．０５８５μｍ×ｃｏｓ１２°）である。

[0427] また、サーボライトヘッド８０ｂの幅方向（Ｘ”軸方向）において、第１のサーボ素子８２ａの上端部と、第２のサーボ素子８２ｂの上端部との間の間隔は、１６．６７３μｍ（＝１６．９３０６μｍ×ｃｏｓ１０°）である。また、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Ｙ”軸方向）において、第１の

サーボ素子８２ａ（「／」）の上端部の位置と、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の上端部の位置との差は、２．９４μｍ（＝１６．９３０６μｍ×ｓｉｎ１０°）である。

[0428] また、サーボライトヘッド８０ｂの幅方向（X”軸方向）において、第１のサーボ素子８２ａの下端部と、第２のサーボ素子８２ｂの下端部との間の間隔は、５８．１７２１μｍ（＝５９．０６９５μｍ×ｃｏｓ１０°）である。また、サーボライトヘッド８０ｂの長手方向（Y”軸方向）において、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の下端部の位置と、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の下端部の位置との差は、１０．２５７３μｍ（＝５９．０６９５μｍ×ｓｉｎ１０°）である。

[0429] また、サーボライトヘッド８０ｂの幅方向（X”軸方向）において、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の間隔（中央）は、例えば、３８．５８６２８２５３μｍ（３８μｍ×ｃｏｓ１０°＋（３８μｍ×ｓｉｎ１０°）×ｔａｎ１０２°＝３７．４２２７μｍ＋６．５９８６μｍ×ｔａｎ１０２°＝３７．４２２７μｍ＋１．１６３５４０２６μｍ）である。

[0430] （実施形態Ａ及び実施形態Ｂの比較）

次に、実施形態Ａ及び実施形態Ｂの比較について説明する。

[0431] 図２０の右側には、実施形態Ａに係るサーボライトヘッド８０ａにより書き込まれたサーボパターン４７を、データライトヘッド６０の２つのサーボリード部６２により読み取っているときの様子が示されている。

[0432] 上述のように、実施形態Ａに係るサーボライトヘッド８０ａでは、サーボライトヘッド８０ａを磁気テープＭＴの幅方向に対して傾けずに配置し、サーボ素子８２に入力されるパルス信号の位相を調整することでサーボパターン４７を書き込むといった方法が用いられている。

[0433] ここで、サーボライトヘッド８０ａによって磁気テープＭＴに対してサーボパターン４７を書き込むとき、磁気テープＭＴが幅方向（Ｙ軸方向に）に微動する場合がある。

[0434] 仮に、実施形態Ａのサーボライトヘッド８０ａにおいて、サーボバンドｓ０のサーボ素子８２が、サーボバンドｓ０に対して、或る時刻ｔ１に或る位相ｐｈ１のサーボパターン４７を書き込んだとする。その後の時刻ｔ２（磁気テープＭＴが搬送方向に５０４．０８μｍ搬送された時刻）に、サーボバンドｓ１のサーボ素子８２が、サーボバンドｓ１に対して、その位相ｐｈ１のサーボパターン４７を書き込んだとする。

[0435] この場合において、時刻ｔ１から時刻ｔ２の間に、磁気テープＭＴが幅方向に微動してしまった場合を想定する。この場合、サーボバンドｓ０での位相ｐｈ１のサーボパターン４７の位置と、サーボバンドｓ１での位相ｐｈ１のサーボパターン４７の位置との間隔（基準角Ｒｅｆθ（１０°）の方向）が、既定の値（２つのサーボリード部６２の間隔：基準角Ｒｅｆθ（１０°）の方向）とは異なってしまうことになる。

[0436] これが原因で誤差が生じ、データライトヘッド６０がサーボパターン４７を正確にサーボトレースできない場合がある。

[0437] 一方、図２２の右側には、実施形態Ｂに係るサーボライトヘッド８０ｂにより書き込まれたサーボパターン４７を、データライトヘッド６０の２つのサーボリード部６２により読み取っているときの様子が示されている。

[0438] 実施形態Ｂに係るサーボライトヘッド８０ｂでは、サーボライトヘッド８０ｂを磁気テープＭＴの幅方向に対して・BR>Xけて配置し、サーボ素子８２に入力されるパルス信号の位相を同位相としてサーボパターン４７を書き込むといった方法が用いられている。

[0439] 仮に、実施形態Ｂのサーボライトヘッド８０ｂにおいて、サーボバンドｓ０のサーボ素子８２及びサーボバンドｓ１のサーボ素子８２が、サーボバンドｓ０及びサーボバンドｓ１に対して、同時刻ｔ１に同位相ｐｈ１のサーボパターン４７を書き込んだとする。

[0440] その後、サーボバンドｓ０のサーボ素子８２及びサーボバンドｓ１のサーボ素子８２が、サーボバンドｓ０及びサーボバンドｓ１に対して、同時刻ｔ２に同位相ｐｈ２のサーボパターン４７を書き込んだとする。

[0441] この場合において、時刻ｔ１から時刻ｔ２の間に、磁気テープＭＴが幅方向に微動してしまった場合を想定する。この場合、サーボバンドｓ０での位相ｐｈ１のサーボパターン４７の位置と、サーボバンドｓ１での位相ｐｈ１のサーボパターン４７の位置との間隔（基準角Ｒｅｆθ（１０°）の方向）は、サーボバンドｓ０での位相ｐｈ２のサーボパターン４７の位置と、サーボバンドｓ１での位相ｐｈ２のサーボパターン４７の位置との間隔と同じである。これらの間隔は、既定の値（２つのサーボリード部６２の間隔：基準角Ｒｅｆθ（１０°）の方向）と同じであり、一定である。

[0442] つまり、実施形態Ｂでは、サーボパターン４７書き込み時の磁気テープＭＴの幅方向への微動によらず、互いに隣接するサーボバンドｓにおける同位相のサーボパターン４７の間隔（基準角Ｒｅｆθの方向）を一定にすることができる。これにより、データライトヘッド６０がサーボパターン４７を正確にサーボトレースすることができる。

[0443] ここでの説明から理解されるように、サーボパターン４７書き込み時の磁気テープＭＴの幅方向への微動の観点からは、実施形態Ａよりも実施形態Ｂの方が有利である。但し、これは、実施形態Ａによる方法を採用することができないといった趣旨ではなく、実施形態Ａについても本技術の一例として含まれる。例えば、サーボパターン４７書き込み時の磁気テープＭＴの幅方向への微動が無視できるレベルであったり、あるいは、サーボパターン４７書き込み時の磁気テープＭＴの幅方向への微動を無視できる程度に抑制することができたりするのであれば、実施形態Ａによる方法が採用されてもよい。

[0444] ［作用等］

以上説明したように、本実施形態では、サーボライトヘッド８０により、各サーボバンドｓ０～ｓ４に対して、磁気テープＭＴの幅方向に対して非対称な第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）をそれぞれ書き込むことができる。これにより、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向に対して傾いて配置された場合に、そ

のデータライトヘッド６０により、サーボパターン４７を正確に読み取ることができる。

[0445] 図２４は、第１対照例、第２対照例及び第１の実施形態において、データライトヘッド６０のサーボリード部６２によりサーボパターン４７を読み取ったときの様子を示す図である。

[0446] 図２４の左側を参照して、第１対照例では、磁気テープＭＴにおいて、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して対称とされている。また、データライトヘッド６０の長手方向は、磁気テープＭＴの幅方向に対して平行とされている。

[0447] 第１対照例では、データライトヘッド６０のサーボリード部６２に対するサーボパターン４７のアジマス損失は、サーボパターン４７群毎に同じである。従って、サーボライトヘッド８０のサーボリード部６２によりそのサーボパターン４７を読み取ったとき、そのサーボ信号の出力は、サーボパターン４７群に対応するサーボバースト毎に同じとなる。

[0448] 図２４の中央を参照して、第２対照例では、磁気テープＭＴにおいて、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して対称とされている。一方、データライトヘッド６０の長手方向は、磁気テープＭＴの幅方向に対して傾斜して配置されている。

[0449] 第２対照例では、データライトヘッド６０のサーボリード部６２に対するサーボパターン４７のアジマス損失は、サーボパターン４７群毎に異なる。従って、サーボライトヘッド８０のサーボリード部６２によりそのサーボパターン４７を読み取ったとき、そのサーボ信号において、アジマス損失が少ないサーボパターン４７群に対応するサーボバーストの出力は大きくなり、一方で、アジマス損失が大きいサーボパターン４７群に対応するサーボバーストの出力は小さくなる。このため、トラッキング基準位置に誤差が生じてしまう可能性がある。

[0450] 図２４の右側を参照して、本実施形態では、磁気テープＭＴにおいて、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して非対称とされている。また、データライトヘッド６０の長手方向は、磁気テープＭＴの幅方向に対して非平行とされている。

[0451] 第１の実施形態では、データライトヘッド６０のサーボリード部６２に対するサーボパターン４７のアジマス損失は、サーボパターン４７群毎に同じである。従って、サーボライトヘッド８０のサーボリード部６２によりそのサーボパターン４７を読み取ったとき、そのサーボ信号の出力は、サーボパターン４７群に対応するサーボバースト毎に同じとなる。

[0452] このように、第１の実施形態では、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）が磁気テープＭＴの幅方向に対して非対称とされているので、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向に対して傾いて配置された場合に、そのデータライトヘッド６０により、サーボパターン４７を正確に読み取ることができる。

[0453] また、第１の実施形態では、データ記録再生装置５０におけるデータライトヘッド６０の長手方向が、磁気テープＭＴの幅方向に対してアジマス角θ傾斜して配置され、そのアジマス角θが調整される。これにより、磁気テープＭＴの幅の変動に対応することができる。

[0454] また、第１の実施形態では、データ記録再生装置５０におけるデータライトヘッド６０において、データライトヘッド６０のアジマス角θは、基準角Ｒｅｆθ±ｘ°の範囲で調整される。

[0455] このとき、ｘの値を０．７°以下とすることで、再生トラック幅Wが小さな磁気テープＭＴ（例えば、０．５μｍ以下）に対応しつつ、アジマス損失Ｌθを小さくすることができる。また、このとき、基準角Ｒｅｆθを８°以上とすることで、上記補正量を大きくすることができる（例えば、１０μｍ以上）。

[0456] また、第１の実施形態では、サーボ記録再生装置７０において、第１のサ

ーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して非対称となるようにサーボライトヘッド８０に設けられる。これにより、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）により、磁気テープＭＴの幅方向に対して非対称なサーボパターン４７を適切に書き込むことができる。

[0457] また、第１の実施形態では、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して第１の角度θｓ１で傾斜し、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）は、磁気テープＭＴの幅方向に対して、第１の角度θｓ１とは逆向きに、第１の角度θｓ１とは異なる第２の角度θｓ２で傾斜する。

[0458] そして、第１の実施形態では、この第１の角度θｓ１及び第２の角度θｓ２が、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθと関連している。これにより、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）により、データライトヘッド６０が正確に読み取ることが可能な非対称なサーボパターン４７を適切に書き込むことができる。

[0459] また、第１の実施形態では、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向における長さと、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長手方向における長さとは異なっているが、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）の長さにおける磁気テープＭＴの幅方向の成分と、第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）の長さにおける磁気テープＭＴの幅方向の成分とは同じである。これにより、第１のサーボ素子８２ａ（「／」）及び第２のサーボ素子８２ｂ（「＼」）により書き込まれる第１のサーボパターン４７ａ（「／」）及び第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）について、磁気テープＭＴの幅方向の長さを揃えることができる。

[0460] また、第１の実施形態おいて、サーボライトヘッド８０の長手方向が、磁気テープＭＴの幅方向に対して所定の角度傾斜するように配置されてもよく（実施形態Ｂ参照）、この場合、サーボパターン４７書き込み時における磁気テープＭＴの幅方向への微動に適切に対応することができる。

[0461] また、第１の実施形態において、サーボライトヘッド８０の長手方向が、

磁気テープＭＴの幅方向に対して傾斜する角度は、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθと関連していてもよく、また、この角度は、データライトヘッド６０の基準角Ｒｅｆθと一致していてもよい。これにより、傾斜して配置されたデータライトヘッド６０が正確に読み取ることが可能な非対称なサーボパターン４７を適切に書き込むことができる。

[0462] また、第１の実施形態に係る磁気テープＭＴでは、互いに隣接するサーボバンドｓにおけるサーボパターン４７の、磁気テープＭＴの幅方向での位相差が、サーボライトヘッド８０の基準角Ｒｅｆθと関連しており、ＳＰ×ｔａｎ（Ｒｅｆθ）で表される。これにより、傾斜して配置されたデータライトヘッド６０により、サーボパターン４７を正確に読み取ることができる。

[0463] ［磁気テープがデータライトヘッド傾斜タイプのデータ記録再生装置に用いられる磁気テープであるかどうかの確認方法］

次に、磁気テープＭＴが、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜して配置されるタイプのデータ記録再生装置５０に用いられる磁気テープＭＴであるかどうかを確認するための方法について説明する。

[0464] ［確認方法：第１の例］

図２７は、磁気テープＭＴがデータライトヘッド傾斜タイプのデータ記録再生装置５０に用いられる磁気テープＭＴであるかどうかを確認する方法における第１の例を示す図である。第１の例では、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（第１の角度θｓ１）、及び、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）が磁気テープの幅方向に対して傾斜する角度（第２の角度θｓ２）等に基づいて、下記確認が行われる。

[0465] なお、図２７では、磁気テープＭＴを上側（磁性層側）から見た様子が示されている（従って、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）において、「／」「＼」の符号は、見た目とは逆になる）。

[0466] 図２７に示すように、まず、磁気テープＭＴの磁性層４３に対して、フェリコロイド現像液（例えば、シグマハイケミカル社製のシグマーカＱ（登録商標））等の現像液を塗布して現像を行う。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、サーボパターン４７の形状を確認する。

[0467] このとき、まず、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）の上端部及び下端部、並びに、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）の上端部及び下端部が測定点として測定される。そして、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）において、サーボパターン４７の上端部と、下端部との間の距離ａ（サーボバンド幅に対応）が測定される。

[0468] また、磁気テープＭＴの長手方向（Ｘ軸方向）において、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）の上端部と、下端部との間の距離ｂが測定される。また、磁気テープＭＴの長手方向（Ｘ軸方向）において、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）の上端部と、下端部との間の距離ｃが測定される。

[0469] この場合、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）が、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（第１の角度θｓ１）は、ｔａｎ$^{-1}$（ｂ／ａ）により求められる。また、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）が、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（第２の角度θｓ２）は、ｔａｎ$^{-1}$（ｃ／ａ）により求められる。

[0470] 例えば、ａの値が９６μｍであり、ｂの値が３９μｍであり、ｃの値が３μｍであったとする。この場合、第１のサーボパターン４７ａ（「／」）が、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（第１の角度θｓ１）は、ｔａｎ$^{-1}$（３９／９６）＝２１．５９°で、約２２°である。また、第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）が、磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（第２の角度θｓ２）は、ｔａｎ$^{-1}$（３／９６）＝１．７９°で、約２°である。

[0471] 次に、（第１のサーボパターン４７ａ（「／」）の傾斜角（第１の角度θｓ１）－第２のサーボパターン４７ｂ（「＼」）の傾斜角（第２の角度θｓ

２））／２により、所定の角度を求める（（２２－２）／２＝１０°）。このとき求められる角度は、第１のサーボパターン４７ａ及び第２のサーボパターン４７ｂの対称軸が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度に対応する。

[0472] （第１の角度θｓ１－第２の角度θｓ２）／２により求められた角度が、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（基準角）と一致したとする（θｓ１－θｓ２）／２＝ｒｅｆθ）（ある程度の誤差を含んでいてもよい）。

[0473] この場合、図２４の右側を参照して既に説明したように、データライトヘッド６０のサーボリード部６２に対するサーボパターン４７のアジマス損失が、サーボパターン４７群毎に同じとなる。これにより、サーボライトヘッド８０のサーボリード部６２によりそのサーボパターン４７を読み取ったとき、そのサーボ信号の出力は、サーボパターン４７群に対応するサーボバースト毎に同じとなる。

[0474] 従って、（θｓ１－θｓ２）／２により求められた角度が、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（基準角）と一致した場合、この磁気テープＭＴは、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜して配置されるタイプのデータ記録再生装置５０に用いられる磁気テープＭＴであると見做すことができる。

[0475] ［確認方法：第２の例］

図２８は、磁気テープＭＴがデータライトヘッド傾斜タイプのデータ記録再生装置５０に用いられる磁気テープＭＴであるかどうかを確認する方法における第２の例を示す図である。第２の例では、互いに隣接するサーボバンドにおけるサーボパターン４７における位相差に基づいて、上記確認が行われる。

[0476] この第２の例では、データ記録再生装置が用いられるが、このデータ記録再生装置では、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方

向）に対して平行に配置される。

[0477] まず、データライトヘッド６０の２つのサーボリード部６２により、互いに隣接するサーボバンドにおけるサーボパターン４７がそれぞれ読み取られ、サーボ信号がそれぞれ再生される。

[0478] 下側のサーボリード部６２により再生されるサーボ信号の位相は、上側のサーボリード部６２により再生されるサーボ信号の位相よりも先であり、位相差が生じる。このとき、下側のサーボリード部６２により再生されるサーボ信号と、上側のサーボリード部６２により再生されるサーボ信号との間で、同じＬＰＯＳ（Longitudinal Position）情報を読み取った時刻の差が求められる。そして、この時刻の差が、距離に換算されて、磁気テープの長さ方向における位相差ｄが求められる（例えば、０．５０５μｍ）。

[0479] 次に、求められた位相差ｄ（例えば、０．５０５μｍ）と、サーボバンドピッチＳＰ（既知）（例えば、２．８５８８μｍ）とに基づいて、ｔａｎ$^{-1}$（ｄ／ＳＰ）により、所定の角度が求められる（ｔａｎ$^{-1}$（０．５０５／２．８５８８）＝１０．０１７°）。

[0480] このとき求められる角度は、一方のサーボバンドのサーボパターン４７と、他方のサーボバンドのサーボパターン４７とで同位相の情報が書き込まれた位置を結ぶ直線が、磁気テープの幅方向に対して成す角度に対応する。

[0481] ｔａｎ$^{-1}$（ｄ／ＳＰ）により求められた角度が、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜する角度（基準角）と一致したとする（ｔａｎ$^{-1}$（ｄ／ＳＰ）＝ｒｅｆθ）（ある程度の誤差を含んでいてもよい）。この場合、この磁気テープＭＴは、データライトヘッド６０が磁気テープＭＴの幅方向（Ｙ軸方向）に対して傾斜して配置されるタイプのデータ記録再生装置５０に用いられる磁気テープＭＴであると見做すことができる。

[0482] （５）作用効果

[0483] 上記２．の（２）において説明したとおり、第１の実施形態に係る磁気テープＭＴでは、６５℃で３６０時間保存後に磁気テープＭＴの全長にわたっ

て磁気テープＭＴの幅変化量Δを測定したときに、前記磁気テープＭＴの巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気テープＭＴの巻内側の幅変化量Δinの符号と異なる。磁気テープＭＴの巻外側の幅変化量Δoutの符号が磁気テープＭＴの巻内側の幅変化量Δinの符号と異なることにより、高温環境下で保存を行っても優れた走行安定性を得ることができる。また、前記幅変化量Δが、前記磁気テープＭＴの全長を４等分して４つの領域に分割した場合の前記磁気テープＭＴの全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍである。これにより、高温環境下で保存を行っても優れた走行安定性を得ることができる。さらに、磁気テープの長手方向において、４つの領域のうちのいずれの領域においても幅変化量Δが３００ｐｐｍ以下であってもよい。これにより、磁気テープＭＴの幅が高温環境下で変化した場合にも、データライトヘッドのアジマス角θを調整することにより、温湿度変化による形状変化に対応することができる。

[0484] 上記２．の（４）において説明したとおり、第１の実施形態に係る磁気テープＭＴは、前記磁気テープＭＴの幅方向に対して非対称な第１のサーボパターン４７ａおよび第２のサーボパターン４７ｂを含むサーボパターン４７がそれぞれ書き込まれた複数のサーボバンドｓを有し、且つ、互いに隣接するサーボバンドｓにおけるサーボパターン４７は位相差を有していてもよい。そのため、第１の実施形態に係る磁気テープＭＴは、データライトヘッド６０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データ記録再生装置５０において用いられうる。データ記録再生装置５０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、データライトヘッド６０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、データライトヘッド６０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４７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、データライトヘッド６０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。

[0485] 以上述べたとおり、第１の実施形態に係る磁気テープＭＴによれば、高温環境下で起こりうる幅変化に対処可能である。したがって、第１の実施形態に係る磁気テープＭＴは、高温環境下での保存および走行に適している。

[0486] ３．第２の実施形態（真空薄膜型の磁気テープを含む磁気記録カートリッジの例）

[0487] （１）磁気記録カートリッジの構成

[0488] 本実施形態の磁気記録カートリッジは、塗布型の磁気テープＭＴの代わりに真空薄膜型の磁気テープＭＴ１を含むこと以外は、上記２．の「（１）磁気カートリッジの構成」において述べた磁気記録カートリッジ１０と同じである。以下で、真空薄膜型の磁気テープＭＴ１について説明する。

[0489] （２）磁気テープの構成

[0490] 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。

[0491] 図２９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、フィルム状のベース層１１１と、軟磁性裏打ち層（Soft magnetic underlayer、以下「ＳＵＬ」という。）１１２と、第１のシード層１１３Ａと、第２のシード層１１３Ｂと、第１の下地層１１４Ａと、第２の下地層１１４Ｂと、記録層としての磁性層１１５とを備える。ＳＵＬ１１２、第１、第２のシード層１１３Ａ、１１３Ｂ、第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂおよび磁性層１１５は、例えば、スパッタ膜等の真空薄膜である。

[0492] ＳＵＬ１１２、第１、第２のシード層１１３Ａ、１１３Ｂおよび第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂは、ベース層１１１の一方の主面（以下「表面」という。）と磁性層１１５との間に設けられ、ベース層１１１から磁性

層１１５の方向に向かってＳＵＬ１１２、第１のシード層１１３Ａ、第２のシード層１１３Ｂ、第１の下地層１１４Ａ、第２の下地層１１４Ｂの順序で積層されている。

[0493] 磁気テープＭＴ１が、必要に応じて、磁性層１１５上に設けられた保護層１１６と、保護層１１６上に設けられた潤滑層１１７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、ベース層１１１の他方の主面（以下「裏面」という。）上に設けられたバック層１１８をさらに備えるようにしてもよい。

[0494] 以下では、磁気テープＭＴ１の長手方向（ベース層１１１の長手方向）をＭＤ（Machine Direction、機械方向）方向という。ここで、ＭＤ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。

[0495] 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／ｉｎ^{2}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。

[0496] 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１１５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１１５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。

[0497] 第２の実施形態における磁気テープＭＴ１の平均厚みｔ$_T$、幅変化量、および損失弾性率等は、第１の実施形態におけるものと同様である。

[0498] ［ベース層］

ベース層１１１は、第１の実施形態におけるベース層４１と同様である。

[0499] ［ＳＵＬ］

ＳＵＬ１１２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。

[0500] ＳＵＬ１１２は、単層のＳＵＬであり、ベース層１１１に直接設けられている。ＳＵＬ１１２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。

[0501] ＳＵＬ１１２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、ＳＵＬ１１２以外の層の平均厚み（すなわち、第１、第２のシード層１１３Ａ、１１３Ｂ、第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂおよび磁性層１１５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。

[0502] ［第１、第２のシード層］

第１のシード層１１３Ａ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１１３Ａを成膜する際に、第１のシード層１１３Ａ内に微量に含まれる不純物酸素であってもよい。

[0503] 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。

[0504] 第１のシード層１１３Ａ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１１３Ａ上に形成される第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂの配向性が低下する虞がある。

[0505] 上記Ｔｉの原子比率は次のようにして求められる。磁性層１１５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１１３Ａ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。

[0506] 第１のシード層１１３ＡがＴｉ、ＣｒおよびＯを含む場合、第１のシード層１１３Ａ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１１３Ａ上に形成される第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂ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１１４Ａ、１１４Ｂ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。

[0507] 第１のシード層１１３Ａ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。

[0508] 第１のシード層１１３Ａ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。

[0509] 第２のシード層１１３Ｂ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１１３Ｂ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。

[0510] 第１、第２のシード層１１３Ａ、１１３Ｂは、第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂ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１１３Ａ、１１３Ｂのアモルファス状態によって第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂの垂直配向性を向上するシード層である。

[0511] ［第１、第２の下地層］

第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂは、磁性層１１５と同様の結晶構造を有していることが好ましい。磁性層１１５がＣｏ系合金を含む場合には、第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂ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１１５の配向性を高め、かつ、第２の下地層１１４Ｂと磁性層１１５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－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。

[0512] 上記のように、第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂ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１１４Ａ、１１４Ｂ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１１４Ｂについてはその上層となる磁性層１１５のグラニュラ構造を促進する膜構造であり、第１の下地層１１４Ａ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１１４Ａ、１１４Ｂ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ことが好ましい。

[0513] 第１の下地層１１４Ａ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１１４Ｂ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。

[0514] ［磁性層］

磁性層１１５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１１５は、スパッタ膜等の真空薄膜であってもよい。磁性層１１５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ラ磁性層であることが好ましい。このグラニュラ磁性層は、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気的に分離する非磁性粒界（例えばSiO_2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気的に分離した構造を有する磁性層１１５を構成することができる。

[0515] 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。

[0516] 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SiO_2）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、SiO_2、Cr_2O_3、ＣｏＯ、Al_2O_3、TiO_2、Ta_2O_5、ZrO_2またはHfO_2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。

[0517] 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（５）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。

$$(Co_xPt_yCr_{100-x-y})_{100-z}-(SiO_2)_z \quad \cdots (5)$$

（但し、式（５）中において、ｘ、ｙ、ｚはそれぞれ、６９≦Ｘ≦７５、１０≦ｙ≦１６、９≦Ｚ≦１２の範囲内の値である。）

[0518] 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１１５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１１５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。

[0519] 磁性層１１５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１１５の平均厚みの下限値は、好ましくは９ｎｍ以上である。磁性層１１５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。

[0520] 磁性層１１５は、データが書き込まれる複数のデータバンドと、サーボパ

ターンが書き込まれる複数のサーボバンドと、を有している。磁性層１１５のデータバンドおよびサーボバンドの詳細については、上記１．（２）において述べた第１の実施形態におけるデータバンドおよびサーボバンドに関する説明が当てはまる。そのため、磁性層１１５のデータバンドおよびサーボバンドについての説明は省略する。

[0521] ［保護層］

保護層１１６は、例えば、炭素材料または二酸化ケイ素（SiO_2）を含み、保護層１１６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。

[0522] ［潤滑層］

潤滑層１１７は、少なくとも１種の潤滑剤を含む。潤滑層１１７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いてもよい。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。

[0523] 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１１７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１１５および保護層１１６等の層に含まれ、保有されていてもよい。

[0524] ［バック層］

バック層１１８は、第１の実施形態におけるバック層４４と同様である。

[0525] （３）スパッタ装置の構成

[0526] 以下、図３０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１２０の構成の一例について説明する。このスパッタ装置１２０は、ＳＵＬ１１２、第１のシード層１１３Ａ、第２のシード層１１３Ｂ、第１の下地層１

１４Ａ、第２の下地層１１４Ｂおよび磁性層１１５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１２１と、金属キャン（回転体）であるドラム１２２と、カソード１２３ａ～１２３ｆと、供給リール１２４と、巻

き取りリール１２５と、複数のガイドロール１２７ａ～１２７ｃ、１２８ａ～１２８ｃとを備える。スパッタ装置１２０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。

[0527] 成膜室１２１は、排気口１２６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１２１内の雰囲気が所定の真空度に設定される。成膜室１２１の内部には、回転可能な構成を有するドラム１２２、供給リール１２４および巻き取りリール１２５が配置されている。成膜室１２１の内部には、供給リール１２４とドラム１２２との間におけるベース層１１１の搬送をガイドするための複数のガイドロール１２７ａ～１２７ｃが設けられていると共に、ドラム１２２と巻き取りリール１２５との間におけるベース層１１１の搬送をガイドするための複数のガイドロール１２８ａ～１２８ｃが設けられている。スパッタ時には、供給リール１２４から巻き出されたベース層１１１が、ガイドロール１２７ａ～１２７ｃ、ドラム１２２およびガイドロール１２８ａ～１２８ｃを介して巻き取りリール１２５に巻き取られる。ドラム１２２は円柱状の形状を有し、長尺状のベース層１１１はドラム１２２の円柱面状の周面に沿わせて搬送される。ドラム１２２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１２１の内部には、ドラム１２２の周面に対向して複数のカソード１２３ａ～１２３ｆが配置されている。これらのカソード１２３ａ～１２３ｆ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１２３ａ、１２３ｂ、１２３ｃ、１２３ｄ、１２３ｅ、１２３ｆにはそれぞれ、ＳＵＬ１１２、第１のシード層１１３Ａ、第２のシード層１１３Ｂ、第１の下地層１１４Ａ、第２の下地層１１４Ｂ、磁性層１１５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１２３ａ～１２３ｆにより複数の種類の膜、すなわちＳＵＬ１１２、第１のシード層１１３Ａ、第２のシード層１１３Ｂ、第１の下地層１１４Ａ、第２の下地層１１４Ｂおよび磁性層１１５が同時に成膜される。

[0528] 上記の構成を有するスパッタ装置１２０では、ＳＵＬ１１２、第１のシード層１１３Ａ、第２のシード層１１３Ｂ、第１の下地層１１４Ａ、第２の下地層１１４ＢおよびＲｏｌｌ ｔｏ Ｒｏｌｌ法により連続成膜することができる。

[0529] （４）磁気テープの製造方法

[0530] 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。

[0531] まず、図３０に示したスパッタ装置１２０を用いて、ＳＵＬ１１２、第１のシード層１１３Ａ、第２のシード層１１３Ｂ、第１の下地層１１４Ａ、第２の下地層１１４ＢおよびＲｏｌｌ ｔｏ Ｒｏｌｌ法により連続成膜することができる。

[0532] スパッタ時の成膜室１２１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。ＳＵＬ１１２、第１のシード層１１３Ａ、第２のシード層１１３Ｂ、第１の下地層１１４Ａ、第２の下地層１１４Ｂおよび磁性層１１５の膜厚および特性は、ベース層１１１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。

[0533] 次に、磁性層１１５上に保護層１１６を成膜する。保護層１１６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。

[0534] 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、ベース層１１１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１１８をベース層１１１の裏面上に成膜する。

[0535] 次に、例えば潤滑剤を保護層１１６上に塗布し、潤滑層１１７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２９に示した磁気テープＭＴ１が得られる。

[0536] （５）作用効果

上記２．の（５）において述べた作用効果に関する説明が、第２の実施形態についても当てはまる。すなわち、第１の実施形態と同様に、第２の実施形態に係る磁気テープＭＴ１によれば、高温環境下で起こりうる幅変化に対処可能である。したがって、第２の実施形態に係る磁気テープＭＴ１は、高温環境下での保存および走行に適している。

[0537] ４．第３の実施形態（真空薄膜型の磁気テープを含む磁気記録カートリッジの例）

[0538] （１）磁気記録カートリッジの構成

[0539] 本実施形態の磁気記録カートリッジは、塗布型の磁気テープＭＴの代わりに真空薄膜型の磁気テープＭＴ２を含むこと以外は、上記２．の「（１）磁気カートリッジの構成」において述べた磁気記録カートリッジ１０と同じである。以下で、真空薄膜型の磁気テープＭＴ２について説明する。

[0540] （２）磁気テープの構成

[0541] 図３１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、ベース層１１１と、ＳＵＬ１１２と、シード層１３１と、第１の下地層１３２Ａと、第２の下地層１３２Ｂと、磁性層１１５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。

[0542] ＳＵＬ１１２、シード層１３１、第１、第２の下地層１３２Ａ、１３２Ｂ

は、ベース層１１１の一方の主面と磁性層１１５との間に設けられ、ベース層１１１から磁性層１１５の方向に向かってＳＵＬ１１２、シード層１３１、第１の下地層１３２Ａ、第２の下地層１３２Ｂの順序で積層されている。

[0543] ［シード層］

シード層１３１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）面がベース層１１１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θ－２θ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θ－２θ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。

[0544] シード層１３１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１３１のＸ線回折の強度比率は、シード層１３１のＸ線回折の強度Ｉ（ｃｐｓ）をシード層１３１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。

[0545] シード層１３１に含まれるＣｒ、ＮｉおよびＦｅは、以下の式（６）で表される平均組成を有することが好ましい。

$$Cr_X(Ni_YFe_{100-Y})_{100-X} \quad \cdots (6)$$

（但し、式（６）中において、Ｘは１０≦Ｘ≦４５、Ｙは６０≦Ｙ≦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。

[0546] シード層１３１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１３１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１３１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１３１の厚みに応じて適宜調整される。

[0547] ［第１、第２の下地層］

第１の下地層１３２Ａ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１３２Ａでは、Ｒｕを含む第２の下地層１３２Ｂ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１３２Ａ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。

[0548] 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１１５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１３２Ａのカラム構造の傾きの影響で、磁性層１１５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１１５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１１５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１１５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１３２Ａ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。

[0549] 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１３２Ａ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１３２Ａ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。

[0550] 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１１５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。

[0551] 第１の下地層１３２Ａ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１３２Ａの平均厚みが１０ｎｍ以上であると、第１の下地層１３２Ａ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１３２Ａ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１３２Ａ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１３２Ａの厚みに応じて適宜調整される。

[0552] 第２の下地層１３２Ｂは、磁性層１１５と同様の結晶構造を有していることが好ましい。磁性層１１５がＣｏ系合金を含む場合には、第２の下地層１３２Ｂ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１１５の配向性を高め、かつ、第２の下地層１３２Ｂと磁性層１１５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。

[0553] 第２の下地層１３２Ｂ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１３２Ｂの下に上記の構成を有するシード層１３１および第１の下地層１３２Ａを設けているので、第２の下地層１３２Ｂ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１３２Ｂ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１３２Ｂの厚みに応じて適宜調整される。

[0554] 第３の実施形態における磁気テープＭＴ２の平均厚みt_T、幅変化量およびベース層１１１の損失弾性率等は、第１の実施形態におけるものと同様である。

[0555] 第３の実施形態における磁性層１１５のデータバンドおよびサーボバンドは、第１の実施形態におけるものと同様である。すなわち、第３の実施形態における磁性層１１５のデータバンドおよびサーボバンドの詳細については、上記２．（２）において述べた説明が当てはまる。

[0556] （３）作用効果

[0557] 上記２．の（５）において述べた作用効果に関する説明が、第３の実施形態についても当てはまる。すなわち、第１の実施形態と同様に、第３の実施形態に係る磁気テープＭＴ２によれば、高温環境下で起こりうる幅変化に対処可能である。したがって、第３の実施形態に係る磁気テープＭＴ２は、高温環境下での保存および走行に適している。

[0558] 第３の実施形態に係る磁気テープＭＴ２は、ベース層１１１と第２の下地層１３２Ｂとの間にシード層１３１および第１の下地層１３２Ａを備えている。シード層１３１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）面がベース層１１１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１３２Ａ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１３２Ｂ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１１５を実現できる。

[0559] 第２の下地層１３２Ｂに含まれるＲｕは、磁性層１１５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１１５の結晶配向性向上とグラニュラ性促進とを両立させる効果がある。また、第２の下地層１３２Ｂ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１３２Ｂの下に第１の下地層１３２Ａおよびシード層１３１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１３２Ｂ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１３２Ａで実現している。このため、第２の下地層１３２Ｂの厚さを薄くできる。また、第１の下地層１３２Ａ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１３１を設けている。

[0560] ５．変形例

[0561] ［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。

[0562] 図３２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を組み合わせてでき

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を組み合わせて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。

[0563] 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。

[0564] 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。

[0565] ［変形例２］

第２の実施形態に係る磁気テープＭＴ１が、ベース層１１１とＳＵＬ１１２との間に下地層をさらに備えるようにしてもよい。ＳＵＬ１１２はアモルファス状態を有するため、ＳＵＬ１１２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、ＳＵＬ１１２の上に形成される第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂ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、ベース層１１１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、ＳＵＬ１１２上に形成される第１、第２の下地層１１４Ａ、１１４Ｂの結晶配向を乱してしまう虞がある。ベース層１１１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、ベース層１１１とＳＵＬ１１２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１１３Ａと同様の構成を採用することができる。

[0566] 磁気テープＭＴ１が、第２のシード層１１３Ｂおよび第２の下地層１１４Ｂ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１１３Ｂおよび第２の下地層１１４Ｂの両方の層を備えることがより好ましい。

[0567] 磁気テープＭＴ１が、単層のＳＵＬに代えて、ＡＰＣ－ＳＵＬ（Antiparallel Coupled ＳＵＬ）を備えるようにしてもよい。

[0568] ６．実施例

[0569] 以下、実施例により本技術を具体的に説明するが、本技術はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

[0570] 以下の実施例及び比較例において、磁気テープのベース層の損失弾性率は、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。

[0571] ［幅変化量］

幅変化量を、第１の実施形態にて説明した測定方法により求めた。

[0572] ［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４１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、高温環境での保存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４１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３５の左側の場合において、Ｃｏｓ１０°＝ＳＰ／ｈである。

図４１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－ΔＳＰ）、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°＋α）が示されている。図４１の右側の場合において、Ｃｏｓ（１０°＋α）＝（ＳＰ－ΔＳＰ）／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。

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

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

[0573] ［巻き直し長期間保存後の走行特性］

６５℃、４０ＲＨ％で磁気記録カートリッジを２週間保存後、磁気テープをデータ記録再生装置５０の巻き取りリール５２に巻き取った状態で巻き外巻き内を逆転させて、さらに２週間保存後、データ記録再生装置５０を用いて磁気テープの全面記録再生を行い、走行特性について、下記３段階の基準に基づいて判定値をそれぞれ付与した。なお、評価「Ｂ、Ｃ」が望ましくない判定結果を示すものとした。磁気テープの全面記録再生を行うことができた場合、磁気テープの幅方向中央部のデータバンドの幅方向における保存前からの幅変化量を測定し、幅が最小になる部分と幅が最大になる部分の差を算出した。

Ａ：何も異常が発生しない（Ｆａｉｌ発生無し）。

Ｂ：数回走行後、サーボが読めず、システムエラーで停止する。

Ｃ：サーボが読めず、システムエラーで即時に停止する。

[0574] ［実施例１］

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

[0575] （第１組成物）

バリウムフェライト（$BaFe_{12}O_{19}$）磁性粉（六角板状、平均アスペクト比３．０、平均粒子体積１６００ｎｍ^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Ｍｎ＝１００００、極性

基としてOSO_3K＝０．０７ｍｍｏｌ／ｇ、２級ＯＨ＝０．３ｍｍｏｌ／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Ｍｎ＝２５０００、ガラス転移温度Ｔｇ＝１１０℃）酸化アルミニウム粉末：７．５質量部（$\alpha-Al_2O_3$、平均粒径８０μｍ）

[0576]（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Ｍｎ＝２５０００、ガラス転移温度Ｔｇ＝１１０℃）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

[0577] 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。

[0578]（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。

[0579]（第３組成物）

針状酸化鉄粉末：１００質量部

（α－Fe_2O_3、平均長軸長０．１１μｍ）

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Ｍｎ＝１００００、極性基としてOSO_3K＝０．０７ｍｍｏｌ／ｇ、２級ＯＨ＝０．３ｍｍｏｌ／ｇを含有する。）

酸化アルミニウム粉末：３質量部（α－Al_2O_3、平均粒径０．１μｍ）

[0580]（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Ｍｎ＝２５０００、ガラス転移温度Ｔｇ＝１１０℃）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

[0581] 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。

[0582]（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

[0583]（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。

[0584] まず、ベース層となる高分子フィルム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０．８２μｍ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４．０μｍの強化ＰＥＴ（商品名「ＳＰＡＬＴＡＮ」（登録商標）、東レ社製）を用いた。

[0585] 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０．０８μｍ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３４％に設定された。

[0586] 続いて、下地層および磁性層が形成された強化ＰＥＴ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０．３μｍ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。

[0587]（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。

[0588]（カレンダー工程）

次に、得られた磁気テープにカレンダー処理を行い、磁性層の表面を平滑化した。

[0589]（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．

３μｍ）が得られた。以上のとおりにして得られた磁気テープは、表１及び表２に示す特性を有した。例えば、当該磁気テープのベース層の６５℃における損失弾性率は０．０７ＧＰａであった。

[0590]（消磁工程およびサーボパターンの書き込み工程）

当該１／２インチ幅の磁気テープをカートリッジケース内に設けられたリールに巻き付けて、磁気記録カートリッジを得た。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。磁気テープを０．５５Ｎのテンションで磁気記録カートリッジに巻き込んだ状態で、６５℃、４０ＲＨ％、３６０時間保存後、磁気記録カートリッジ内に収容されている磁気テープを、磁気記録再生装置へと巻き込むように走行させながら（いわゆる順方向に走行させながら）サーボバンドピッチの測定を行った。また、保存前の初期状態にある磁気記録カートリッジ内に収容されている磁気テープについても同様に長手方向におけるサーボバンドピッチの測定を行い、保存後サーボバンドピッチと初期状態サーボバンドピッチの比で表される幅変化量を算出した。その結果を図３４に示す。図３４において、横軸は、磁気テープの長手方向における位置を示す。図３４では、テープリールに巻回された磁気テープの外周側（巻外側）の端部（ＢＯＴ）の位置を０とし、テープリールに巻回された磁気テープの内周側（巻内側）の端部（以下、ＥＯＴともいう）の位置を８４とし、磁気テープ全長が８４等分された。図３４において、縦軸は、６５℃、４０ＲＨ％、３６０時間保存後の幅変化量を示し、保存後幅／保存前幅を示す。図３４において、幅変化量が負の値を示す場合、保存前よりも保存後、磁気テープの幅が狭くなっていることを意味し、幅変化量が正の値を示す場合、保存前よりも保存後、磁気テープの幅が広くなっていることを意味する。なお、図３５～４０においても横軸及び縦軸については、図３４の説明があてはまる。図３４に示すように、位置０～２０の巻外側の幅変化

量は負の値であり、位置６０～８４の巻内側の幅変化量は正の値であり、位置５５～５６の間で、幅変化量が０ｐｐｍとなった。

[0591] ［実施例２ａ］

ベース層材料として、ポリエチレンナフタレートフィルム（以下「ＰＥＮフィルム」という。）を用いる以外は実施例１と同じ方法で磁気テープを得た。実施例１と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。磁気テープ長手方向における幅変化量の結果を図３５に示す。図３５に示すように、位置０～２０の巻外側の幅変化量は負の値であり、位置６０～８４の巻内側の幅変化量は正の値であり、位置５９～６０の間で、幅変化量が０ｐｐｍとなった。

[0592] ［実施例２ｂ］

磁性層の酸化アルミニウム粉末の添加量を５．０質量部、カレンダー温度を実施例２ａより１０℃高くし処理した点以外は実施例２ａと同じ方法で磁気テープを得た。実施例１と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。

[0593] ［実施例２ｃ］

磁性層の酸化アルミニウム粉末のサイズを５０ｎｍにして、カレンダー温度を実施例２ａより１０℃高くし処理した点以外は実施例２ａと同じ方法で磁気テープを得た。実施例１と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。

[0594] ［実施例２ｄ］

磁性層の酸化アルミニウム粉末の添加量を５．０質量部、カレンダー温度を比較例１ａより５℃低くし処理した点以外は比較例１ａと同じ方法で磁気テープを得た。実施例１と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した

。

[0595] ［実施例３］

ベース層材料として、ポリエーテルエーテルケトンフィルム（以下「ＰＥＥＫフィルム」という。）を用い、バック層の平均厚みが０．４μｍとし、平均全厚みを５．３μｍとする点以外は実施例１と同じ方法で磁気テープを得た。実施例１と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。磁気テープ長手方向における幅変化量の結果を図３６に示す。図３６に示すように、位置０～２０の巻外側の幅変化量は負の値であり、位置６０～８４の巻内側の幅変化量は正の値であり、位置３７～３８の間で、幅変化量が０ｐｐｍとなった。

[0596] ［比較例１ａ］

磁性層の酸化アルミニウム粉末のサイズを５０ｎｍにして、カレンダー温度を比較例１より１０℃低くし処理をした点以外は実施例２ａと同じ方法でテープを得た。磁気テープ長手方向における幅変化量の結果を図３７に示す。図３７に示すように、位置０～２０の巻外側の幅変化量は正の値であり、位置６０～８４の巻内側の幅変化量も正の値であった。

[0597] ［比較例１ｂ］

磁性層の酸化アルミニウム粉末のサイズを５０ｎｍにして添加量を５．０質量部、カレンダー温度を比較例１ａより５℃低くし処理をした点以外は比較例1ａと同じ方法でテープを得た。

[0598] ［比較例２］

ベース層の平均厚みを４．０μｍ、磁性層と下地層の平均厚みを１．２μｍ、バック層の平均厚みを０．４μｍとし、平均全厚みを５．６μｍとし、磁性層形成用塗料と下地層形成用塗料に配合するポリウレタン系樹脂として、Ｔｇが７０℃のものを使用し、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）１．７質量部、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）０．７５質量部添加する以外は、実施例１と同じ方法で磁気テープを製造した。実施例１と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。磁気テープ長手方向における幅変化量の結果を図３８に示す。図３８に示すように、位置０～２０の巻外側の幅変化量は正の値であり、位置６０～８４の巻内側の幅変化量も正の値であった。

[0599] ［比較例３］

磁性層形成用塗料と下地層形成用塗料に配合するポリウレタン系樹脂として、Ｔｇが７０℃のものを使用し、下地層形成用塗料に硬化剤としてポリイソシアネートを添加しない以外は、実施例２ａと同じ方法で磁気テープを得た。実施例２ａと同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。磁気テープ長手方向における幅変化量の結果を図３９に示す。図３９に示すように、位置０～２０の巻外側の幅変化量は負の値であり、位置６０～８４の巻内側の幅変化量も負の値であった。

[0600] ［比較例４］

ベース層としてアラミドフィルム（以下「ＡＲＡＭＩＤフィルム」という。）を用い、磁性層形成用塗料と下地層形成用塗料に配合するポリウレタン系樹脂として、Ｔｇが７０℃のものを使用し、下地層形成用塗料に硬化剤としてポリイソシアネートを添加しない以外は、実施例２ａと同じ方法で磁気テープを得た。実施例２と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。磁気テープ長手方向における幅変化量の結果を図４０に示す。

[0601] ［比較例５］

ベース層の平均厚みを４．０μｍ、磁性層と下地層の平均厚みを１．２μｍ、バック層の平均厚みを０．４μｍとし、平均全厚みを５．６μｍとし、磁性層形成用塗料と下地層形成用塗料に配合するポリウレタ・BR>東N樹脂として、Ｔｇが７０℃のものを使用し、下地層形成用塗料に硬化剤としてポリ

イソシアネートを添加しない以外は、実施例２ａと同じ方法で磁気テープを得た。実施例２と同じように、当該磁気テープを用いて磁気記録カートリッジを製造し、そして、当該磁気テープにサーボパターンを記録した。

[0602] 表１及び表２は、実施例１～３及び比較例１ａ～５の磁気テープの構成及び評価結果を示す。また、図３４～４０は、実施例１～３及び比較例１ａ～４の磁気テープのそれぞれの長手方向における幅変化量を示す図である。

[0603]

[表1]

	ベース厚（μm）	磁性層厚、下地層厚（μm）	バック厚（μm）	全厚（μm）	磁性粉サイズ（nm^3）	ベース層65℃損失弾性率（Gpa）	65℃360時間保存後幅変化量Δ				まき直し長期間保存後の走行特性
							巻外側（最小幅ppm）	巻内側（最大幅ppm）	最大幅－最小幅	幅変化0位置全長4分割	Fail発生有り無し（最大－最小差）
実施例1	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.07	-136	49	185	C領域	A(98ppm)
実施例2a	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.36	-134	194	328	B領域	A(240ppm)
実施例2b	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.36	-134	194	328	B領域	A(240ppm)
実施例2c	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.36	-134	194	328	B領域	A(240ppm)
実施例2d	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.36	-134	194	328	B領域	A(240ppm)
実施例3	4.0	0.9	0.4	5.3	1600	0.04	-194	335	529	B領域	A(272ppm)
比較例1a	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.36	-134	194	328	B領域	-
比較例1b	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.36	-134	194	328	B領域	-
比較例2	4.0	1.2	0.4	5.6	1600	0.07	0	91	91	0位置無	B
比較例3	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.36	-1657	-26	1631	0位置無	C
比較例4	4.0	0.9	0.3	5.2	1600	0.45	-397	508	905	C領域	B
比較例5	4.0	1.2	0.4	5.6	1600	0.36	-34	196	230	A領域	B

[0604]

[表2]

	カーボンサイズ(nm)	カーボン量	アルミナサイズ(nm)	アルミナ量	カレンダー温度	カレンダー圧力				表面凹凸		評価結果	
							カーボン/アルミナ突起高さ比	カーボンC突起平均高さH1(nm)	アルミナA突起平均高さH2(NM)	ΔH(nm)	ΔA(°)	SNR(dB)	摩擦上昇(PES上昇)(NM)
実施例1	70	2.0	80	7.5	基準	基準	1.1	7.5	6.8	4.80	5.00	1.4	24
実施例2a	70	2.0	80	7.5	低温	基準	2.2	11.2	5.0	5.70	8.07	1.5	40
実施例2b	70	2.0	80	5.0	基準	基準	2.0	10.4	5.1	5.56	5.53	1.3	43
実施例2c	70	2.0	50	7.5	高温	基準	1.7	11.3	6.5	3.51	4.22	2.0	37
実施例2d	70	2.0	80	5.0	基準	基準	3.0	14.7	4.9	4.46	4.99	1.8	60
実施例3	70	2.0	80	7.5	基準	基準	1.5	7.6	5.0	5.77	5.13	1.5	33
比較例1a	70	2.0	50	7.5	低温	低圧	1.8	11.5	6.4	4.50	9.50	粉落ち	粉落ち
比較例1b	70	2.0	50	5.0	基準	基準	2.2	13.8	6.3	2.82	7.30	張り付き	張り付き
比較例2	70	2.0	80	7.5	基準	基準	2.2	11.3	5.1	6.33	5.90	0.0	-
比較例3	70	2.0	80	7.5	高温	基準	2.1	10.3	5.0	4.50	3.85	-	-
比較例4	70	2.0	80	5.0	基準	基準	1.9	11.8	6.1	6.28	5.75	0.5	-
比較例5	70	2.0	80	5.0	基準	基準	2.4	12.2	5.1	9.58	7.01	-0.8	-

[0605] 表１に示される結果より、以下のことが分かる。

[0606] 実施例１～３の磁気テープはいずれも、６５℃、４０ＲＨ％環境下で２週間保存後、巻外、巻内を逆転させるようにまき直し、さらに前記環境下で２週間保存後、磁気記録再生装置で全面再生を行ったところ、走行特性の評価がＡであり、Ｆａｉｌが発生せず、良好な走行特性を示していた。よって、本技術に従う磁気記録カートリッジは、６０℃以上の高温環境下での保存、使用に適していることがわかる。

[0607] 実施例１及び比較例２ａについての磁気テープの長手方向におけるテープ幅の変化量の結果より、巻外側の幅変化量Δoutの符号が巻内側の幅変化量Δinの符号と異なることによって、当該磁気テープは、前記まき直し長期間保存による走行特性を向上させることができることが分かる。

[0608] 実施例２ａと比較例３との比較から、６５℃、３６０時間保存後の（磁気テープの巻内側の幅変化量Δin）－（磁気テープの巻外側の幅変化量Δout）が、８００ｐｐｍ以下であると前記まき直し長期間保存による走行特性を向上させることができることが分かる。

[0609] 実施例１と比較例３との比較から、磁気テープの長手方向の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の磁気テープの全長の中心線を挟む２つの領域であるＣ領域において、６５℃で３６０時間保存後における前記磁気テープの幅変化量Δが０ｐｐｍであることにより、前記まき直し長期間保存による走行特性を向上させることができることが分かる。

[0610] 実施例２ａと比較例４との比較から、ベース層の６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であることにより、前記まき直し長期間保存による走行特性を向上させることができることが分かる。

[0611] 実施例２ｃと比較例１ｂとの比較から、高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであることにより、電磁変換特性に優れ、摩擦上昇を抑制できることが分かる。

[0612] 実施例２ａと比較例１ａとの比較から、勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であることにより、電磁変換特性に優れ、摩擦上昇を抑制できることが分かる。

[0613] 以上、本技術の実施形態及び実施例について具体的に説明したが、本技術は、上述の実施形態及び実施例に限定されるものではなく、本技術の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

[0614] 例えば、上述の実施形態及び実施例において挙げた構成、方法、工程、形状、材料、及び数値等はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる構成、方法、工程、形状、材料、及び数値等を用いてもよい。また、化合物等の化学式は代表的なものであって、同じ化合物の一般名称であれば、記載された価数等に限定されない。

[0615] また、上述の実施形態及び実施例の構成、方法、工程、形状、材料、及び数値等は、本技術の主旨を逸脱しない限り、互いに組み合わせることが可能である。

[0616] また、本明細書において、「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に記載される数値をそれぞれ最小値及び最大値として含む範囲を示す。本明細書に段階的に記載されている数値範囲において、ある段階の数値範囲の上限値または下限値は、他の段階の数値範囲の上限値または下限値に置き換えてもよい。本明細書に例示する材料は、特に断らない限り、１種を単独でまたは２種以上を組み合わせて用いることができる。

[0617] なお、本技術は、以下のような構成をとることもできる。

〔１〕

カートリッジケースと、

リールと、

前記リールに巻かれた状態で前記カートリッジケース内に収容された磁気記録媒体と、を有し、

前記磁気記録媒体が前記リールに巻かれた状態で、６５℃で３６０時間保存後に全長にわたって前記磁気記録媒体の幅変化量を測定したときに、

前記磁気記録媒体の巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気記録媒体の巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ、

前記幅変化量が、前記磁気記録媒体の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍであり、且つ、

前記磁気記録媒体は、磁性層を備え、

前記磁性層は、凹凸形状を磁性面に有し、

前記凹凸形状の高さの統計情報から求められた高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであり、

前記凹凸形状の勾配の統計情報から求められた勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であり、

前記磁気記録媒体は、６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であるベース層を有する、

磁気記録カートリッジ。

〔２〕

前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δinが正の値であり、且つ、前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δoutが負の値である、〔１〕に記載の磁気記録カートリッジ。

〔３〕

前記磁気記録媒体の長手方向の全長を１００％としたときに、前記磁気記録媒体の巻外側端部から２５％～７５％の位置において、６５℃で３６０時間保存後における前記磁気記録媒体の幅変化量Δが０ｐｐｍである、〔１〕又は〔２〕に記載の磁気記録カートリッジ。

〔４〕

前記磁気記録媒体は、（前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δin）－（前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δout）が、８００ｐｐｍ以下である、〔１〕～〔３〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔５〕

前記ベース層の６５℃における貯蔵弾性率が８．０ＧＰａ以下である、〔１〕～〔４〕のいずれか１つ請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

〔６〕

前記ベース層が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）、又はＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）から形成されている、〔１〕～〔５〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔７〕

前記磁気記録媒体の平均厚みt_Tが５．４μｍ以下である、〔１〕～〔６〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔８〕

前記ベース層の平均厚みt_Bが４．６μｍ以下である、〔１〕～〔７〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔９〕

前記磁性層が磁性粉を含む、〔１〕～〔８〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１０〕

前記磁性層は、磁性粒子、導電性を有する第１粒子および研磨効果のある第２粒子を含み、前記凹凸形状は、前記第１粒子により形成された第１突起と、前記第２粒子により形成された第２突起とを含み、前記第１突起の平均高さＨ１と前記第２突起の平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２が、Ｈ１／Ｈ２≦２．３である、〔１〕～〔９〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１１〕

前記比Ｈ１／Ｈ２が、１．０≦Ｈ１／Ｈ２≦１．７以下である、〔１０〕に記載の磁気記録カートリッジ。

〔１２〕

前記高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦４．００ｎｍである、〔１〕

～〔１１〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１３〕

前記第１突起の平均高さＨ１が、５．０ｎｍ以上１２．０ｎｍ以下であり、前記第２突起の平均高さＨ２が、２．０ｎｍ以上７．０ｎｍ以下である、〔１０〕～〔１２〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１４〕

前記第１粒子が、カーボン粒子である、〔１０〕～〔１３〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１５〕

前記第２粒子が、アルミナ粒子である、〔１０〕～〔１４〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１６〕

前記磁性層の平均厚みは、８０ｎｍ以下である、〔１〕～〔１５〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１７〕

前記磁気記録媒体は、さらに、平均厚みが０．９μｍ以下である下地層を有する、〔１〕～〔１６〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１８〕

前記磁性粒子の平均粒子体積が、１６００ｎｍ^{3}以下である、〔１０〕～〔１７〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。

〔１９〕

前記磁性層は、磁性粒子、カーボン粒子および研磨剤を含み、前記凹凸形状は、前記カーボン粒子により形成された第１突起と、前記研磨剤により形成された第２突起とを含み、前記第１突起の平均高さＨ１と前記第２突起の平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２が、Ｈ１／Ｈ２≦２．３である、〔１〕～〔１８〕のいずれか１つに記載の磁気記録カートリッジ。〔２０〕

磁気記録カートリッジのリールに巻かれた状態で当該磁気記録カートリッジのカートリッジケース内に収容された磁気記録媒体であって、

前記磁気記録媒体が前記リールに巻かれた状態で、６５℃で３６０時間保存後に全長にわたって前記磁気記録媒体の幅変化量を測定したときに、

前記磁気記録媒体の巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気記録媒体の巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ、

前記幅変化量が、前記磁気記録媒体の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍであり、且つ、

前記磁気記録媒体は、磁性層を備え、

前記磁性層は、凹凸形状を磁性面に有し、

前記凹凸形状の高さの統計情報から求められた高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであり、

前記凹凸形状の勾配の統計情報から求められた勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であり、

前記磁気記録媒体は、６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であるベース層を有する、

磁気記録媒体。

符号の説明

[0618] ＭＴ　磁気テープ

１０　磁気記録カートリッジ

１３　リール

４１　ベース層

４２　下地層

４３　磁性層

４４　バック層

請求の範囲

[請求項1] カートリッジケースと、

リールと、

前記リールに巻かれた状態で前記カートリッジケース内に収容された磁気記録媒体と、を有し、

前記磁気記録媒体が前記リールに巻かれた状態で、６５℃で３６０時間保存後に全長にわたって前記磁気記録媒体の幅変化量を測定したときに、

前記磁気記録媒体の巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気記録媒体の巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ、

前記幅変化量が、前記磁気記録媒体の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍであり、且つ、

前記磁気記録媒体は、磁性層を備え、

前記磁性層は、凹凸形状を磁性面に有し、

前記凹凸形状の高さの統計情報から求められた高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであり、

前記凹凸形状の勾配の統計情報から求められた勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であり、

前記磁気記録媒体は、６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であるベース層を有する、

磁気記録カートリッジ。

[請求項2] 前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δinが正の値であり、且つ、前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δoutが負の値である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項3] 前記磁気記録媒体の長手方向の全長を１００％としたときに、前記磁気記録媒体の巻外側端部から２５％～７５％の位置において、６５℃で３６０時間保存後における前記磁気記録媒体の幅変化量Δが０ｐ

ｐｍである、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項4] 前記磁気記録媒体は、（前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δin）－（前記磁気記録媒体の前記幅変化量Δout）が、８００ｐｐｍ以下である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項5] 前記ベース層の６５℃における貯蔵弾性率が８．０ＧＰａ以下である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項6] 前記ベース層が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）、又はＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）から形成されている、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項7] 前記磁気記録媒体の平均厚みt_Tが５．４μｍ以下である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項8] 前記ベース層の平均厚みt_Bが４．６μｍ以下である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項9] 前記磁性層が磁性粉を含む、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項10] 前記磁性層は、磁性粒子、導電性を有する第１粒子および研磨効果のある第２粒子を含み、前記凹凸形状は、前記第１粒子により形成された第１突起と、前記第２粒子により形成された第２突起とを含み、前記第１突起の平均高さＨ１と前記第２突起の平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２が、Ｈ１／Ｈ２≦２．３である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項11] 前記比Ｈ１／Ｈ２が、１．０≦Ｈ１／Ｈ２≦１．７以下である、請求項１０に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項12] 前記高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦４．００ｎｍである、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項13] 前記第１突起の平均高さＨ１が、５．０ｎｍ以上１２．０ｎｍ以下であり、前記第２突起の平均高さＨ２が、２．０ｎｍ以上７．０ｎｍ

以下である、請求項１０に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項14] 前記第１粒子が、カーボン粒子である、請求項１０に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項15] 前記第２粒子が、アルミナ粒子である、請求項１０に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項16] 前記磁性層の平均厚みは、８０ｎｍ以下である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項17] 前記磁気記録媒体は、さらに、平均厚みが０．９μｍ以下である下地層を有する、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項18] 前記磁性粒子の平均粒子体積が、１６００ｎｍ^{3}以下である、請求項１０に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項19] 前記磁性層は、磁性粒子、カーボン粒子および研磨剤を含み、前記凹凸形状は、前記カーボン粒子により形成された第１突起と、前記研磨剤により形成された第２突起とを含み、前記第１突起の平均高さＨ１と前記第２突起の平均高さＨ２の比Ｈ１／Ｈ２が、Ｈ１／Ｈ２≦２．３である、請求項１に記載の磁気記録カートリッジ。

[請求項20] 磁気記録カートリッジのリールに巻かれた状態で当該磁気記録カートリッジのカートリッジケース内に収容された磁気記録媒体であって、

前記磁気記録媒体が前記リールに巻かれた状態で、６５℃で３６０時間保存後に全長にわたって前記磁気記録媒体の幅変化量を測定したときに、

前記磁気記録媒体の巻外側の幅変化量Δoutの符号が前記磁気記録媒体の巻内側の幅変化量Δinの符号と異なり、且つ、

前記幅変化量が、前記磁気記録媒体の全長を４等分して４つの領域に分割した場合の全長の中心線を挟む２つの領域のいずれかの位置において、０ｐｐｍであり、且つ、

前記磁気記録媒体は、磁性層を備え、

前記磁性層は、凹凸形状を磁性面に有し、

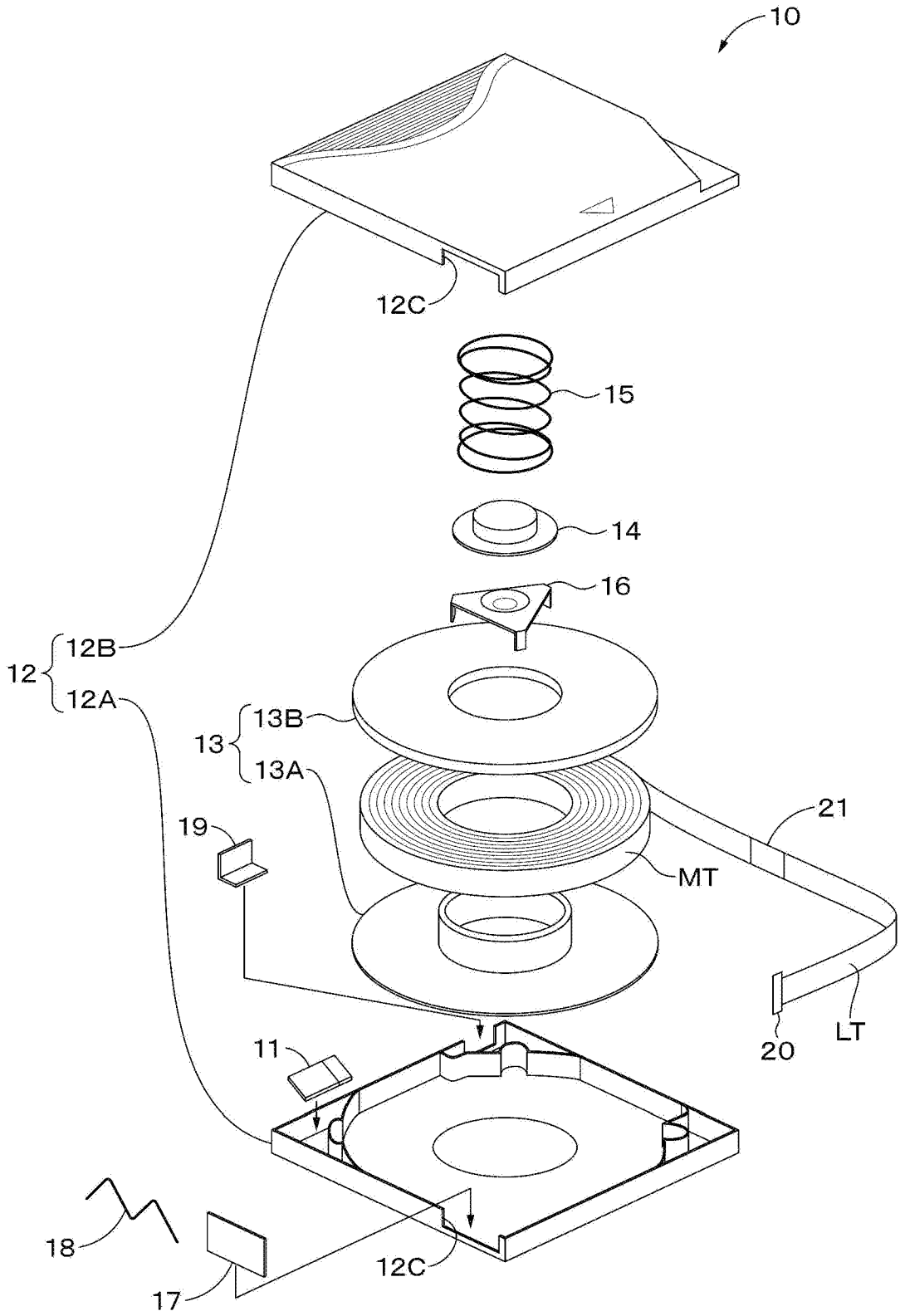
前記凹凸形状の高さの統計情報から求められた高さ範囲ΔＨが、３．００ｎｍ≦ΔＨ≦６．００ｎｍであり、

前記凹凸形状の勾配の統計情報から求められた勾配範囲ΔＡが、３．８０度≦ΔＡ≦９．００度であり、

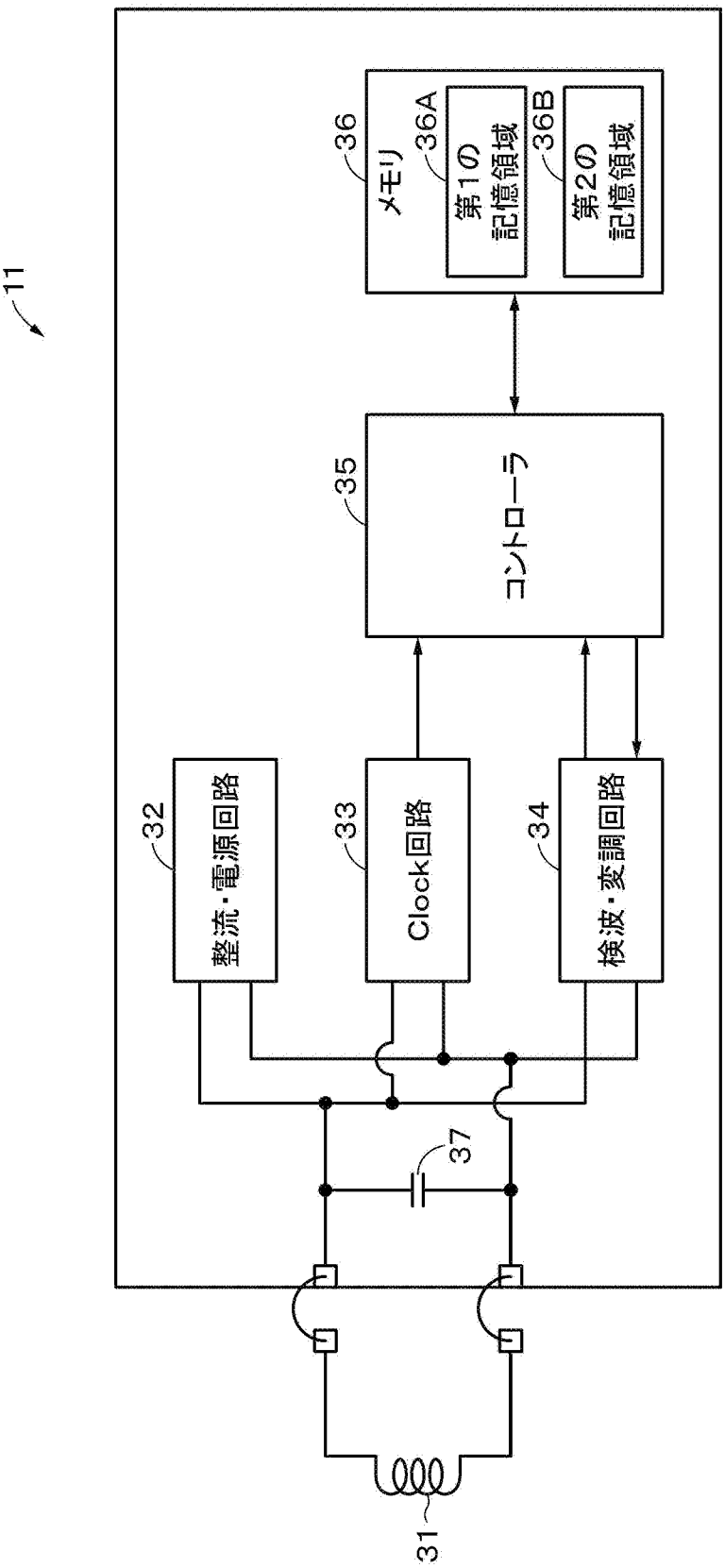
前記磁気記録媒体は、６５℃における損失弾性率が０．４０ＧＰａ以下であるベース層を有する、

磁気記録媒体。

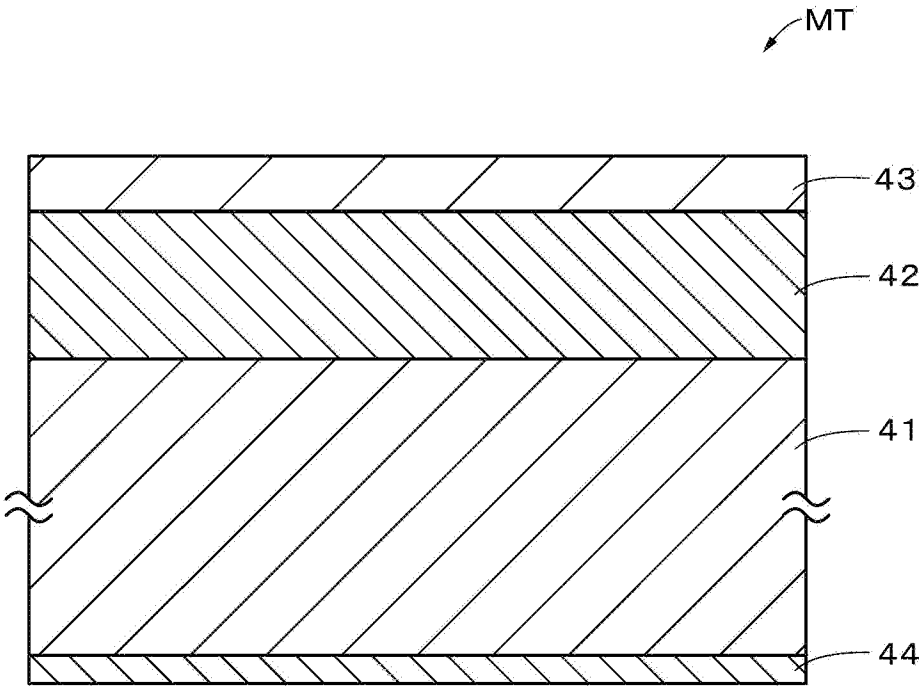
[図1]



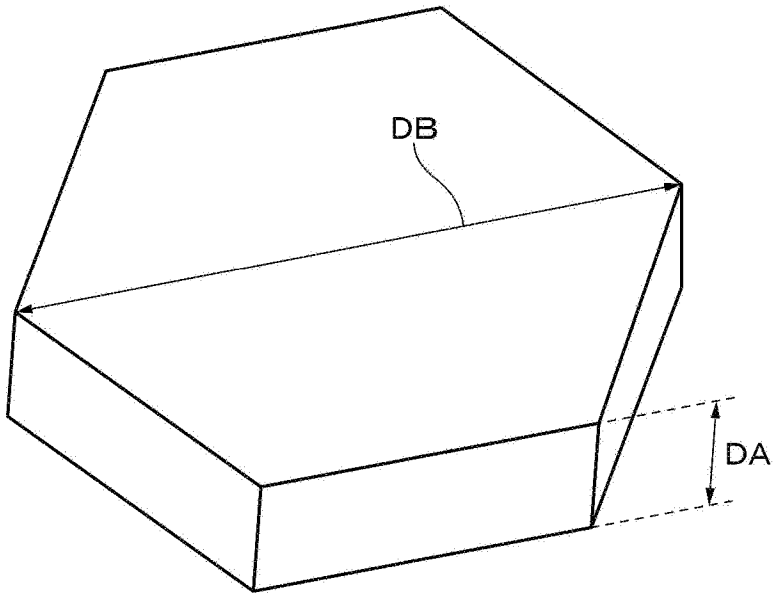
[図2]


11
36
メモリ
36A
第1の記憶領域
36B
第2の記憶領域
35
コントローラ
32
整流・電源回路
33
Clock回路
34
検波・変調回路
37
31

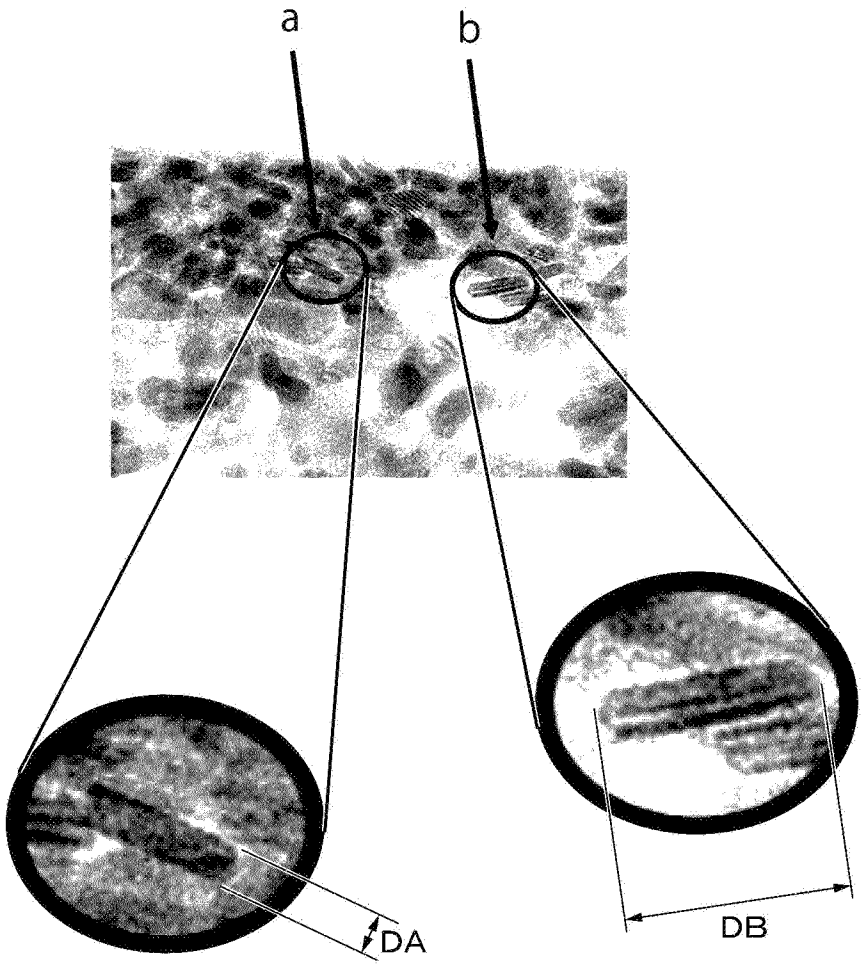
[図3]



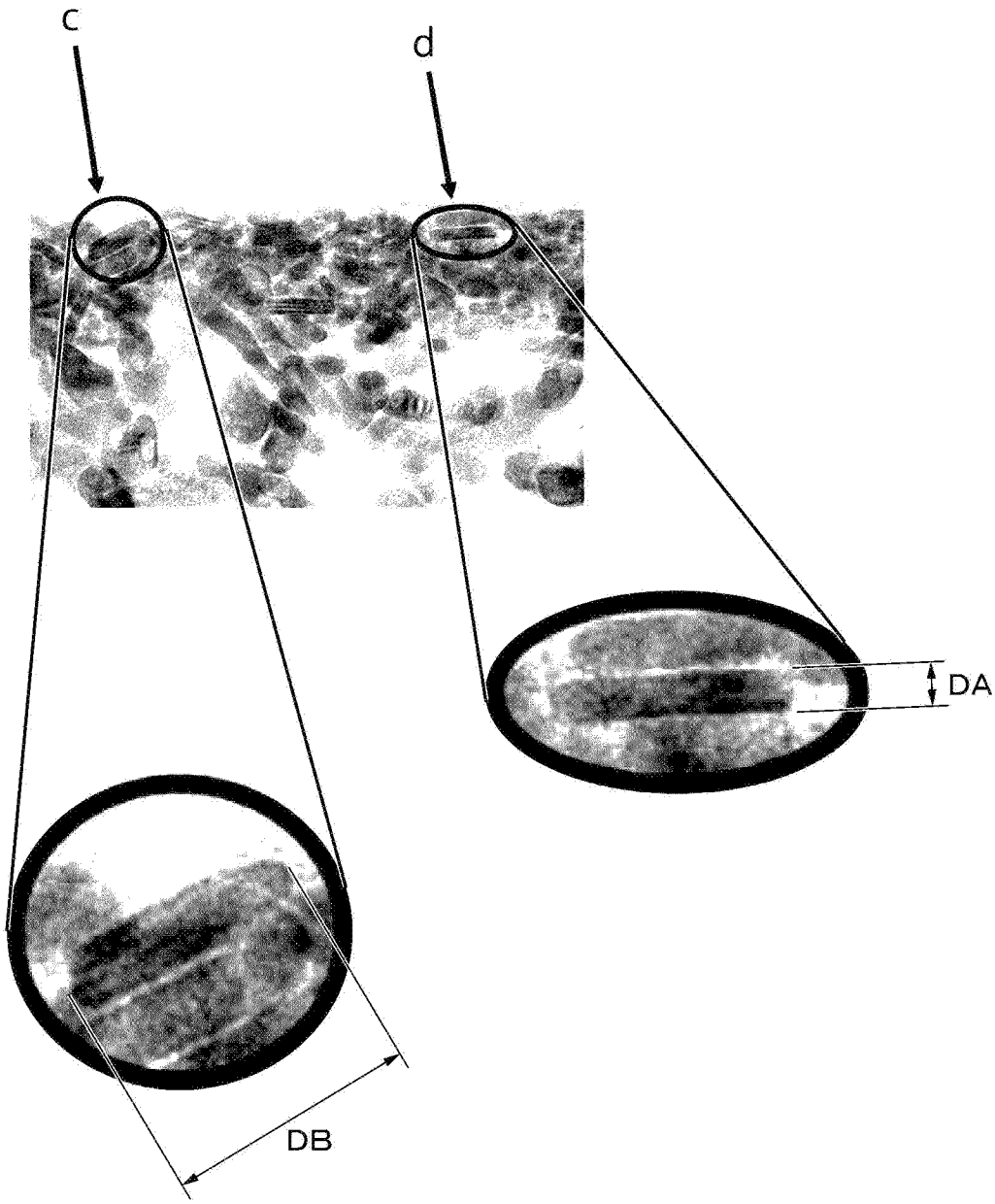
[図4]



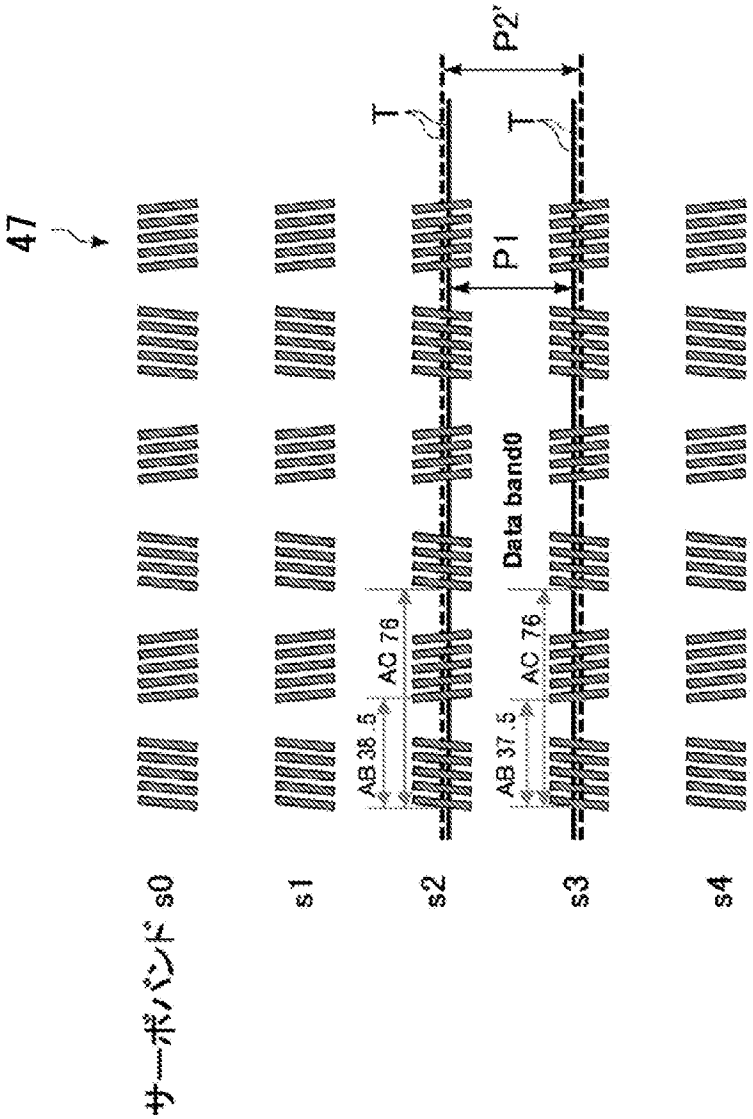
[図5]



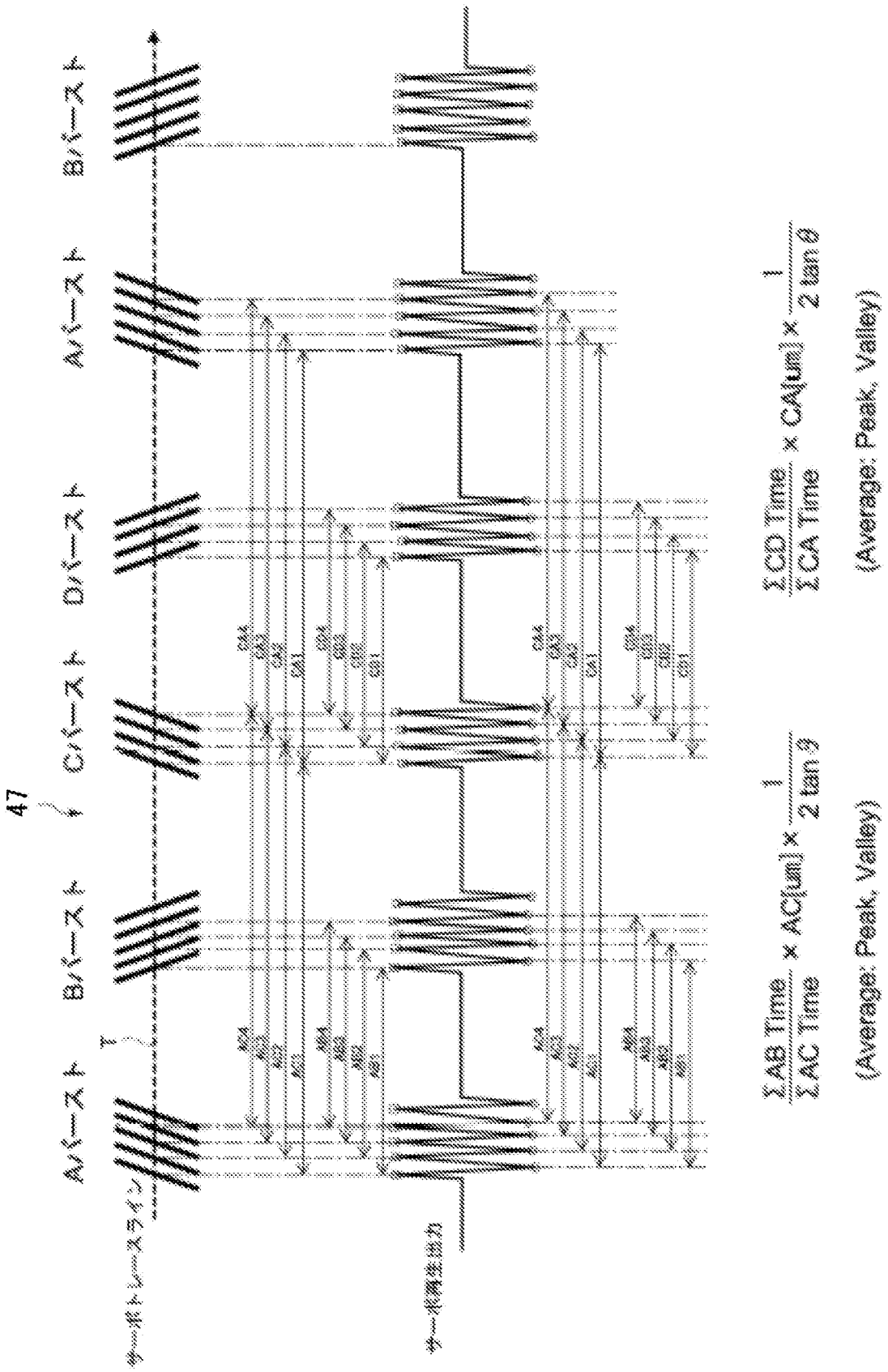
[図6]



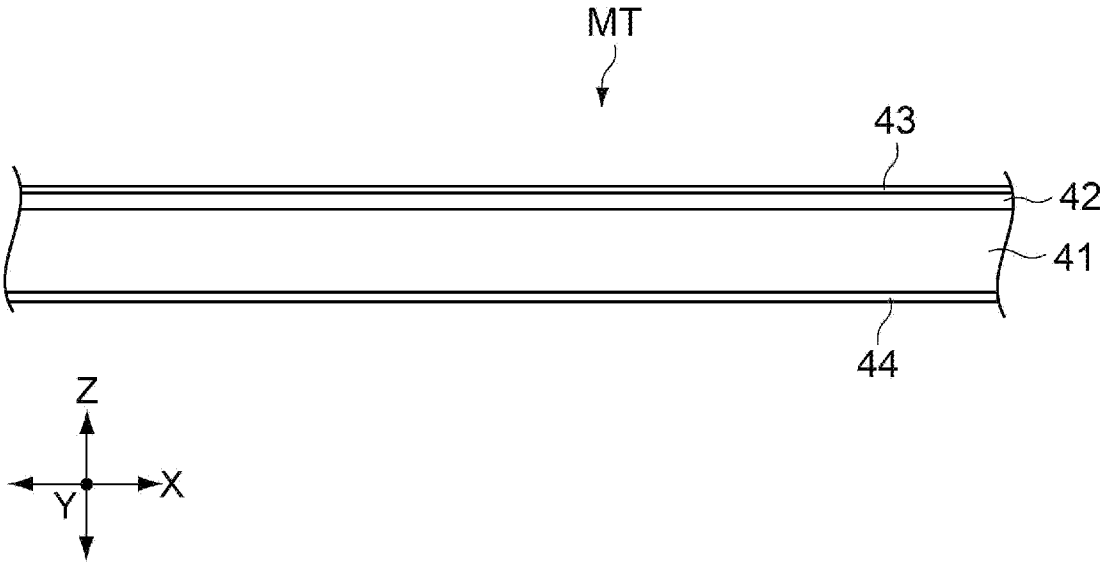
[図7]


47
サーボバンド
s0
s1
s2
s3
s4
AB 38.5
AC 76
AB 37.5
AC 76
Data band0
P1
P2'
T
T

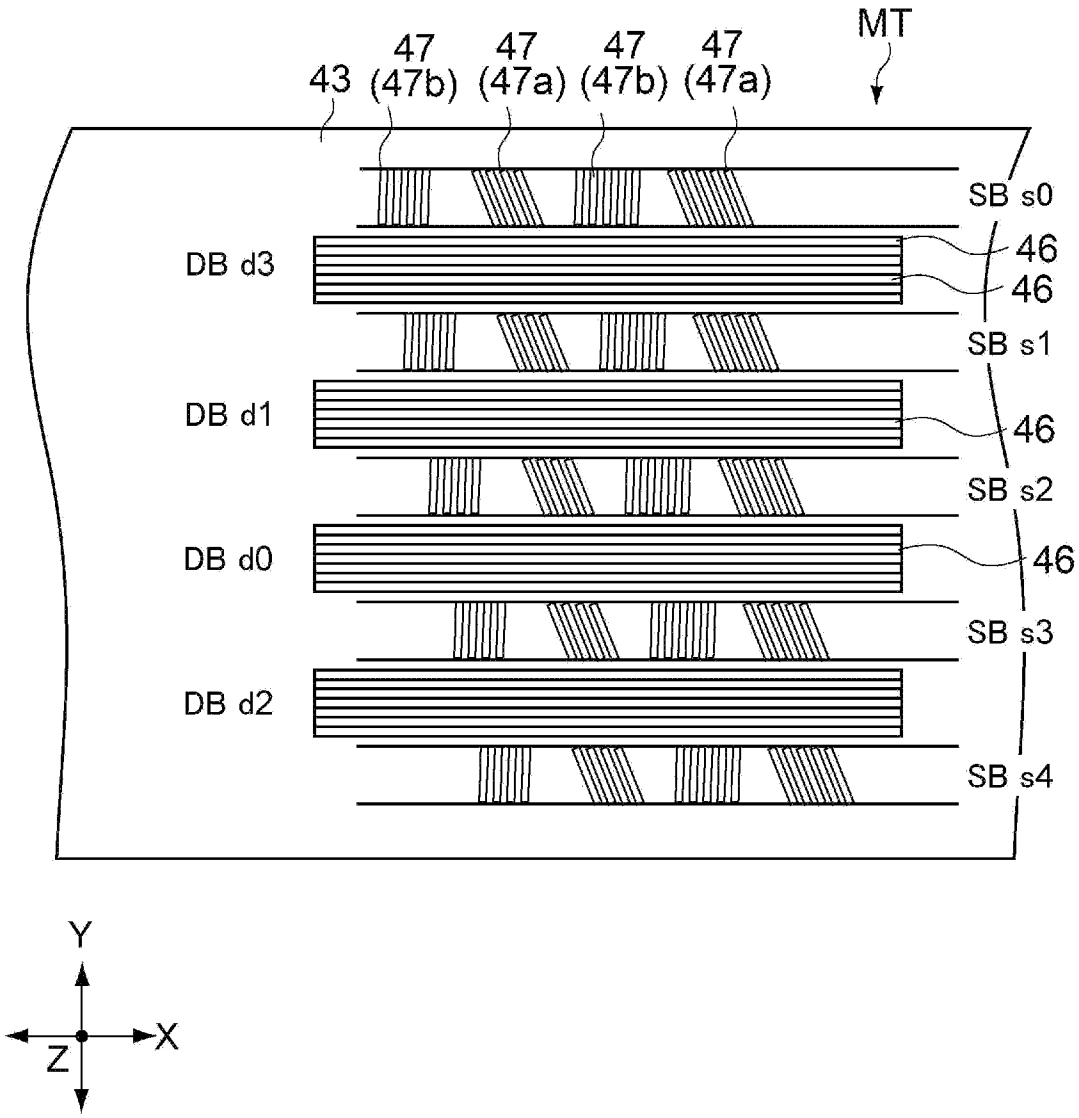
[図8]


47
T
Aバースト
Bバースト
Cバースト
Dバースト
Aバースト
Bバースト
サーボトレースライン
サーボ信号出力
ΣAB Time / ΣAC Time × AC[um] × 1 / 2 tan θ
(Average: Peak, Valley)
ΣCD Time / ΣCA Time × CA[um] × 1 / 2 tan θ
(Average: Peak, Valley)

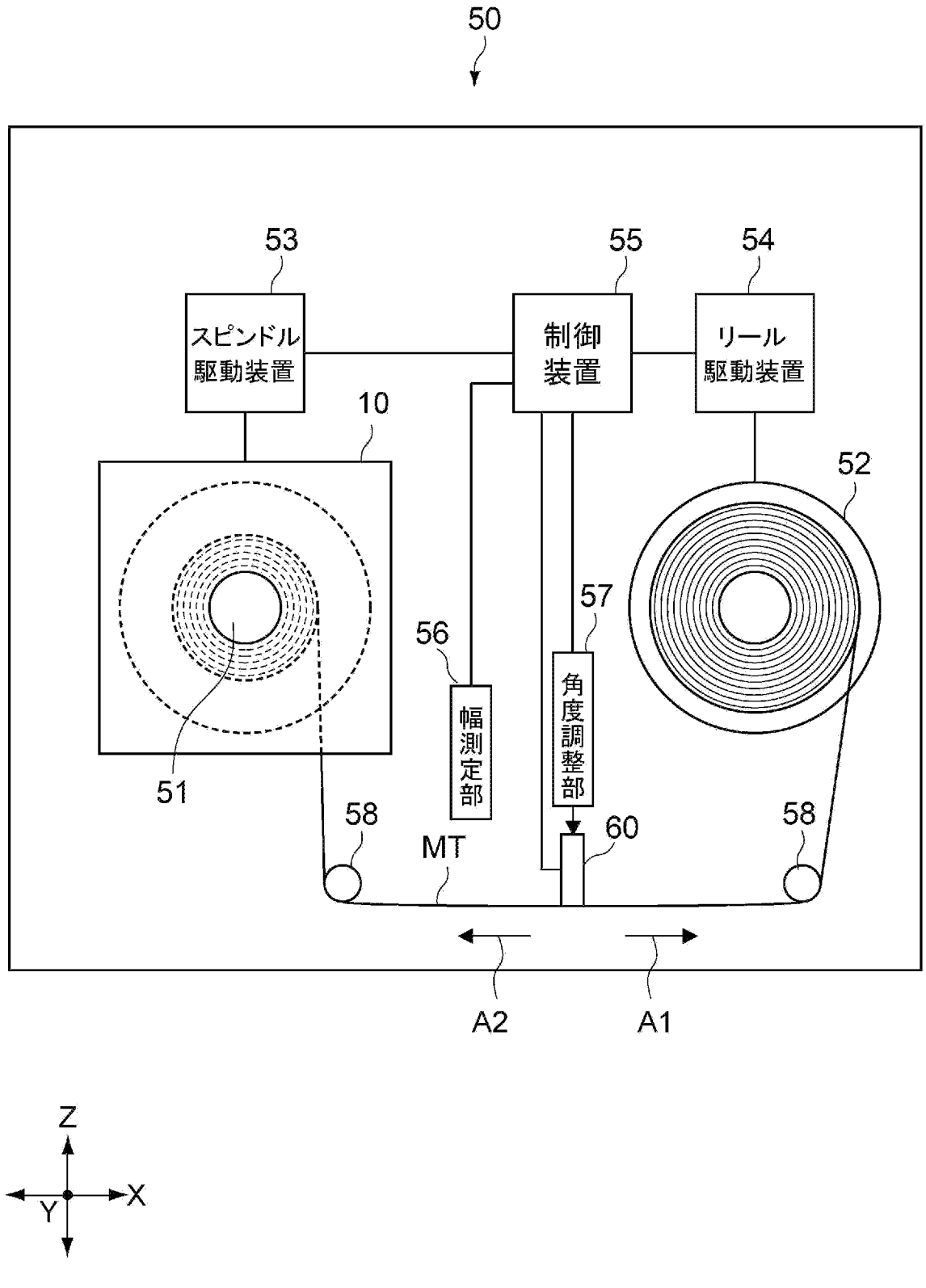
[図9]


MT
43
42
41
44
Z
X
Y

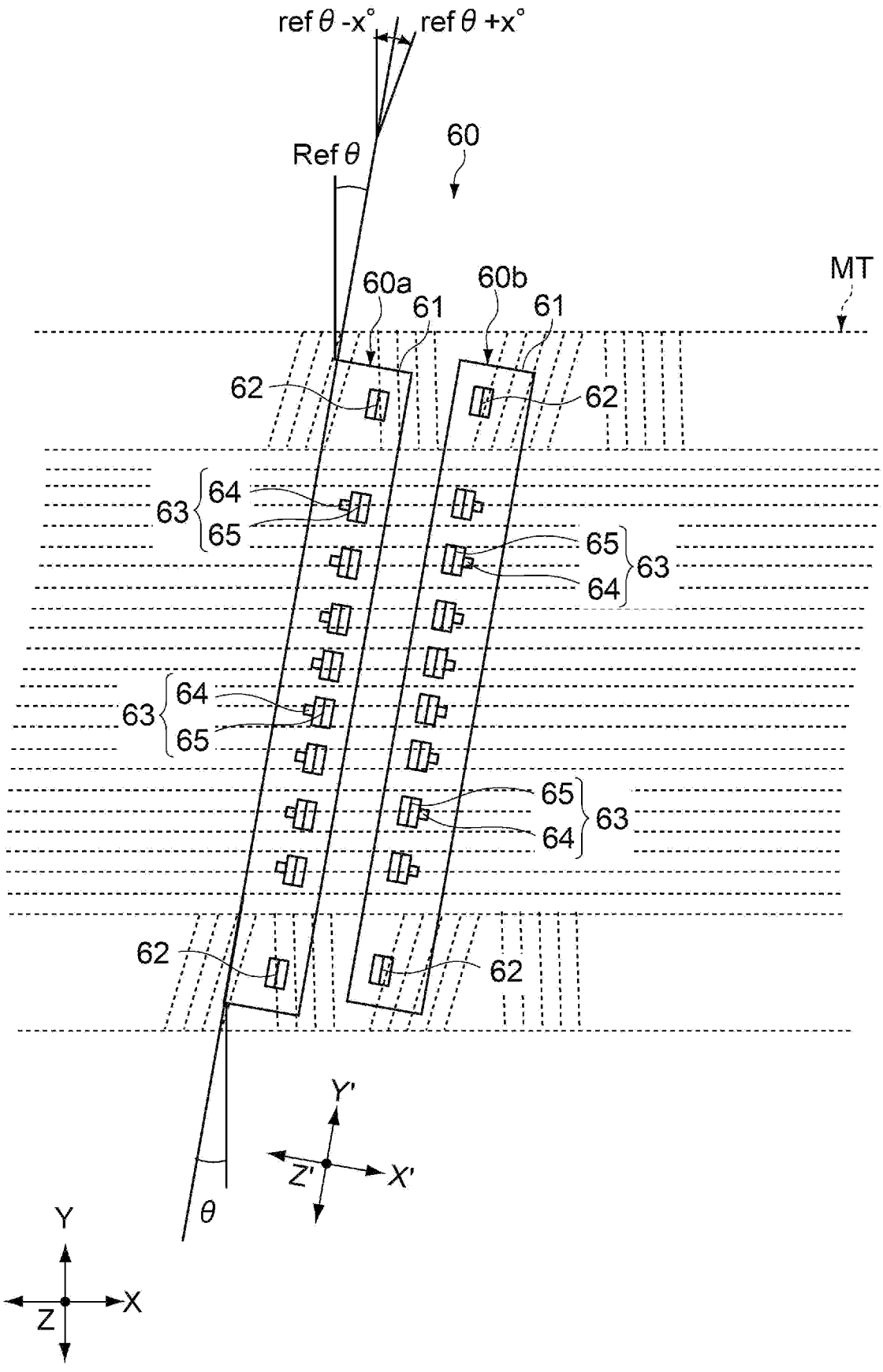
[図10]


MT
43
47 (47b)
47 (47a)
47 (47b)
47 (47a)
SB s0
DB d3
46
46
SB s1
DB d1
46
SB s2
DB d0
46
SB s3
DB d2
SB s4
Y
X
Z

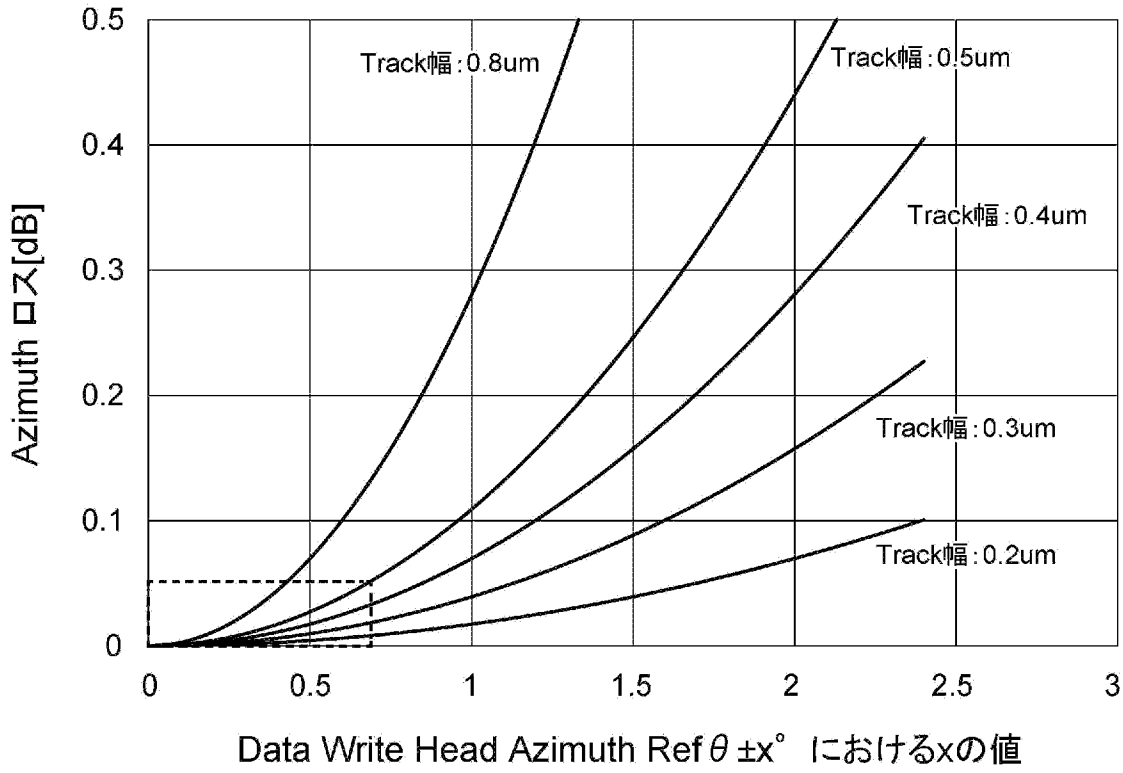
[図11]


50
53
55
54
スピンドル
駆動装置
制御
装置
リール
駆動装置
10
52
57
56
幅測定部
角度調整部
51
58
MT
60
58
A2
A1
Z
X
Y

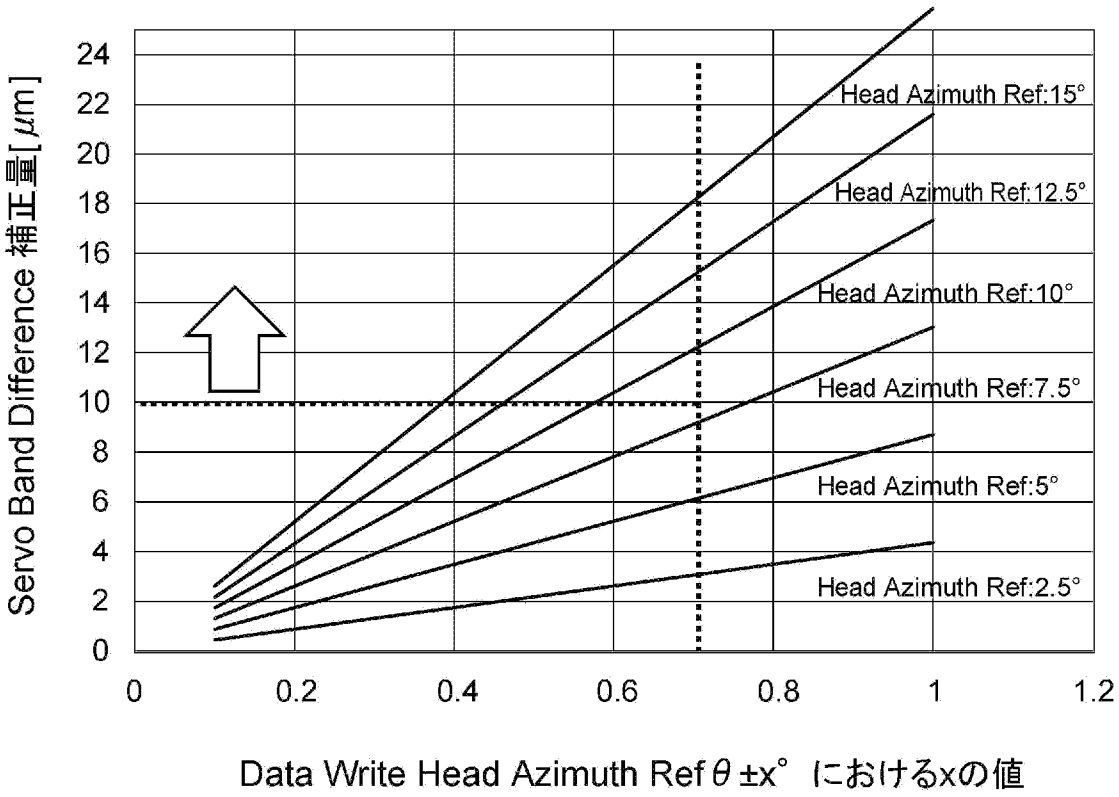
[図12]


ref θ -x°
ref θ +x°
Ref θ
60
MT
60a
60b
61
61
62
62
63
64
65
65
64
63
63
64
65
65
64
63
62
62
Y'
Z'
X'
θ
Y
X
Z

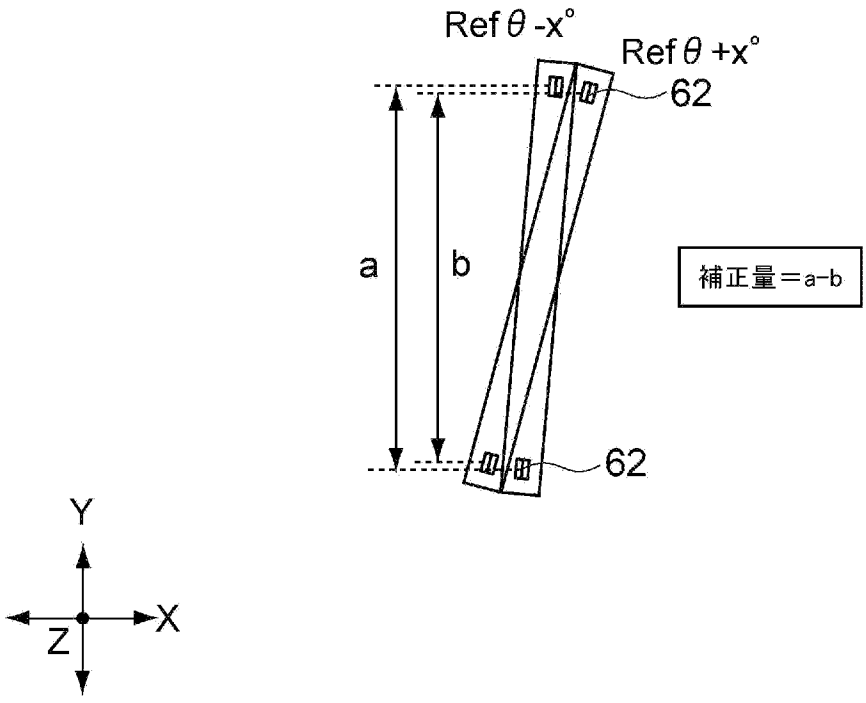
[図13]


0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
Azimuth ロス[dB]
Track幅:0.8um
Track幅:0.5um
Track幅:0.4um
Track幅:0.3um
Track幅:0.2um
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Data Write Head Azimuth Refθ±x°におけるxの値

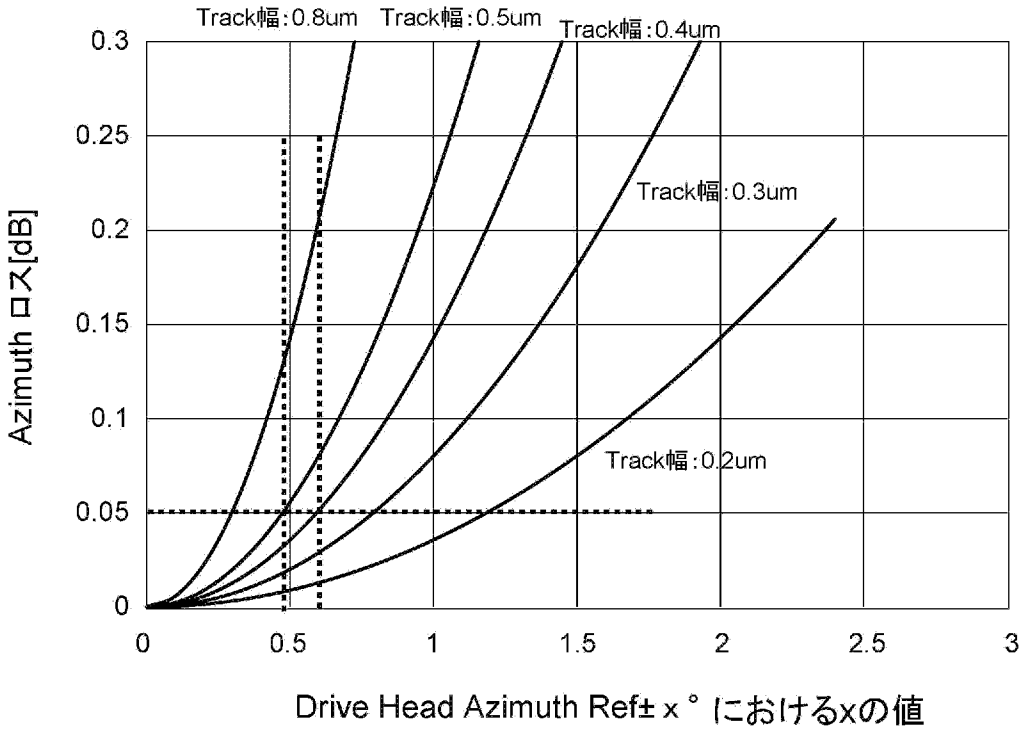
[図14]


Servo Band Difference 補正量[μm]
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
Head Azimuth Ref:15°
Head Azimuth Ref:12.5°
Head Azimuth Ref:10°
Head Azimuth Ref:7.5°
Head Azimuth Ref:5°
Head Azimuth Ref:2.5°
Data Write Head Azimuth Ref θ ±x° におけるxの値

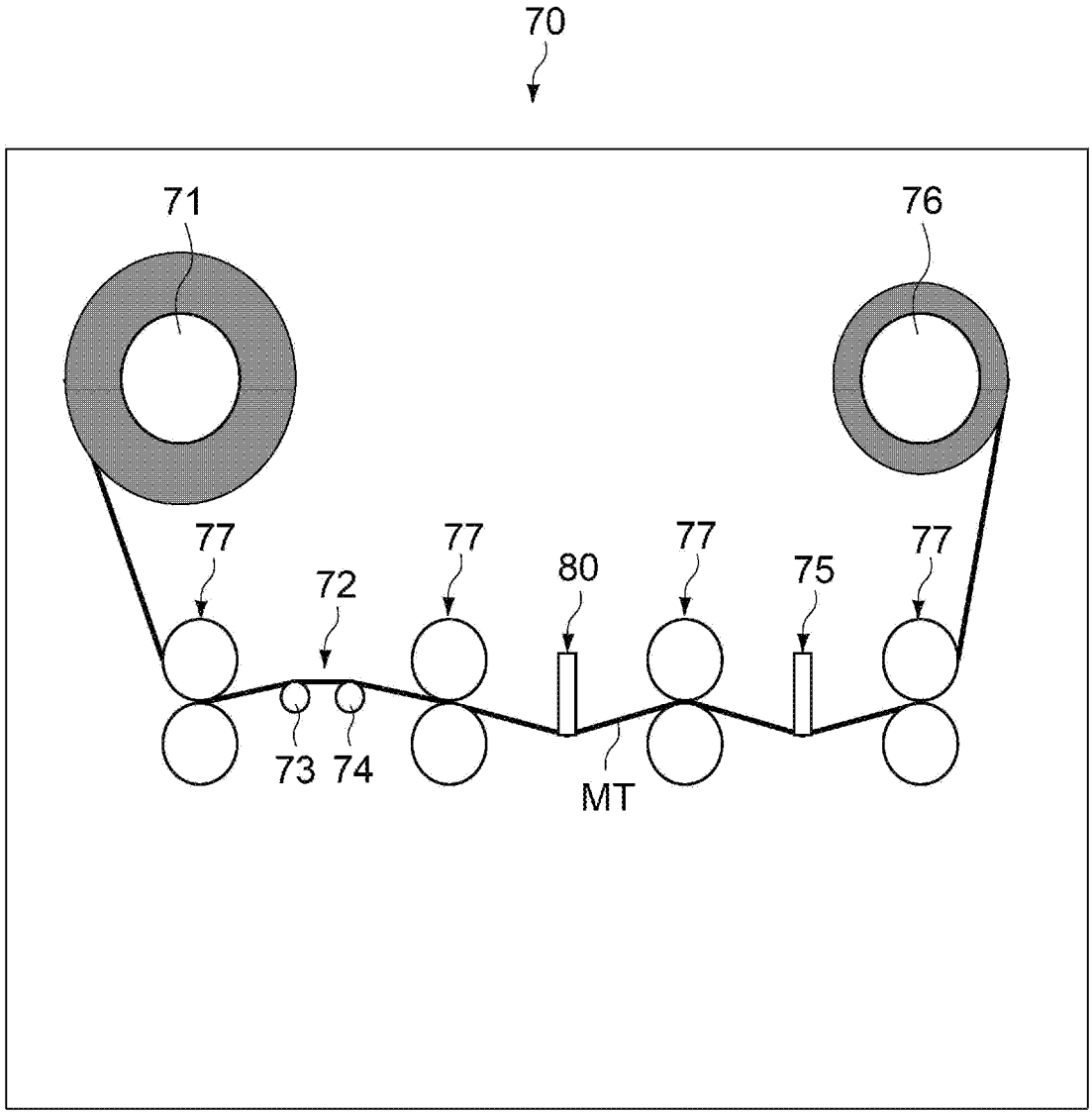
[図15]

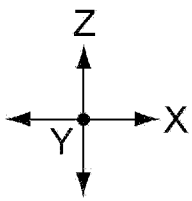

Ref θ -x°
Ref θ +x°
62
a
b
補正量＝a−b
62
Y
X
Z

[図16]

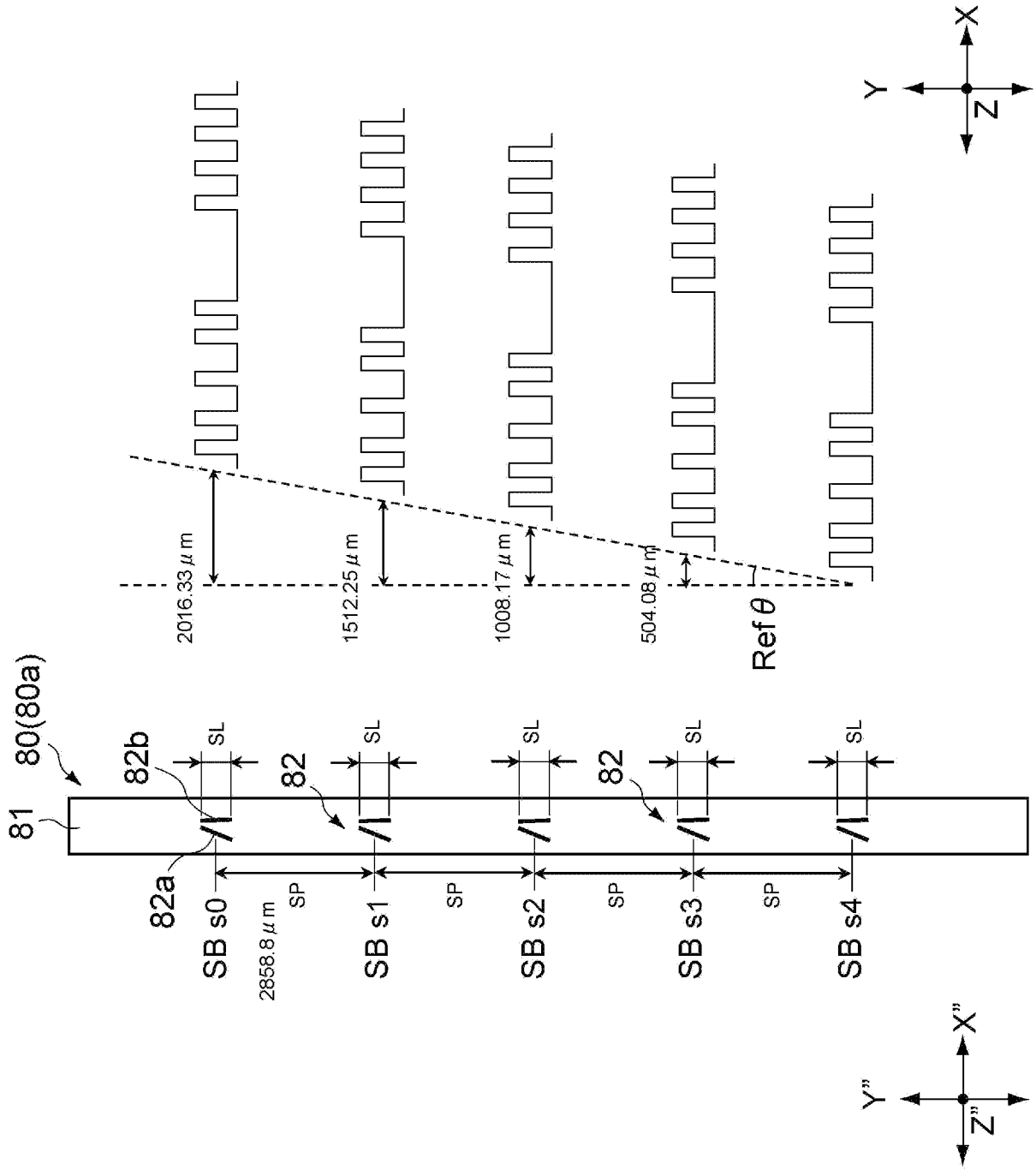

Track幅:0.8um
Track幅:0.5um
Track幅:0.4um
Track幅:0.3um
Track幅:0.2um
Azimuth ロス[dB]
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Drive Head Azimuth Ref± x ° におけるxの値

[図17]

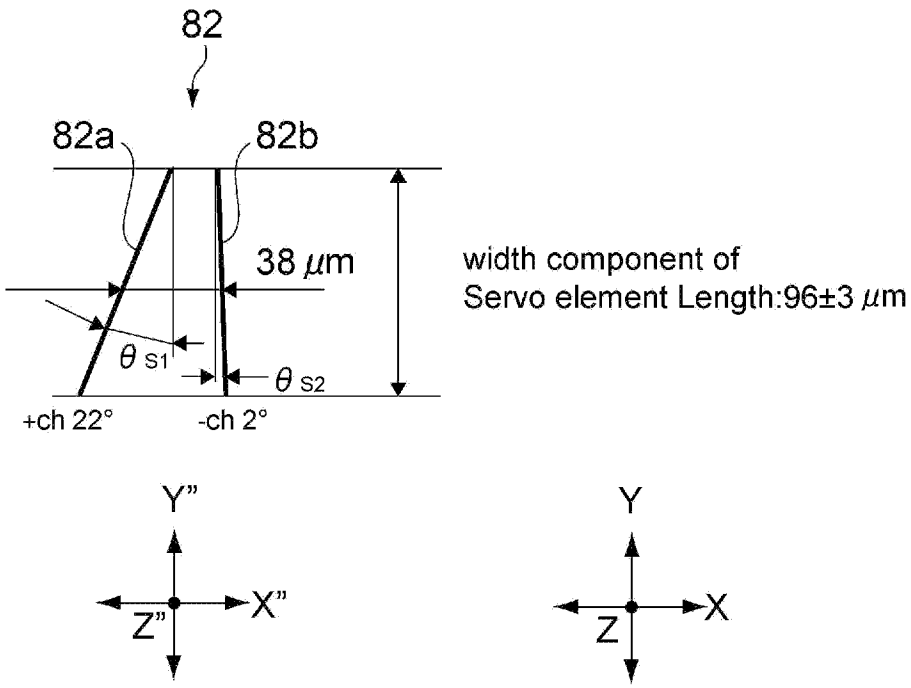




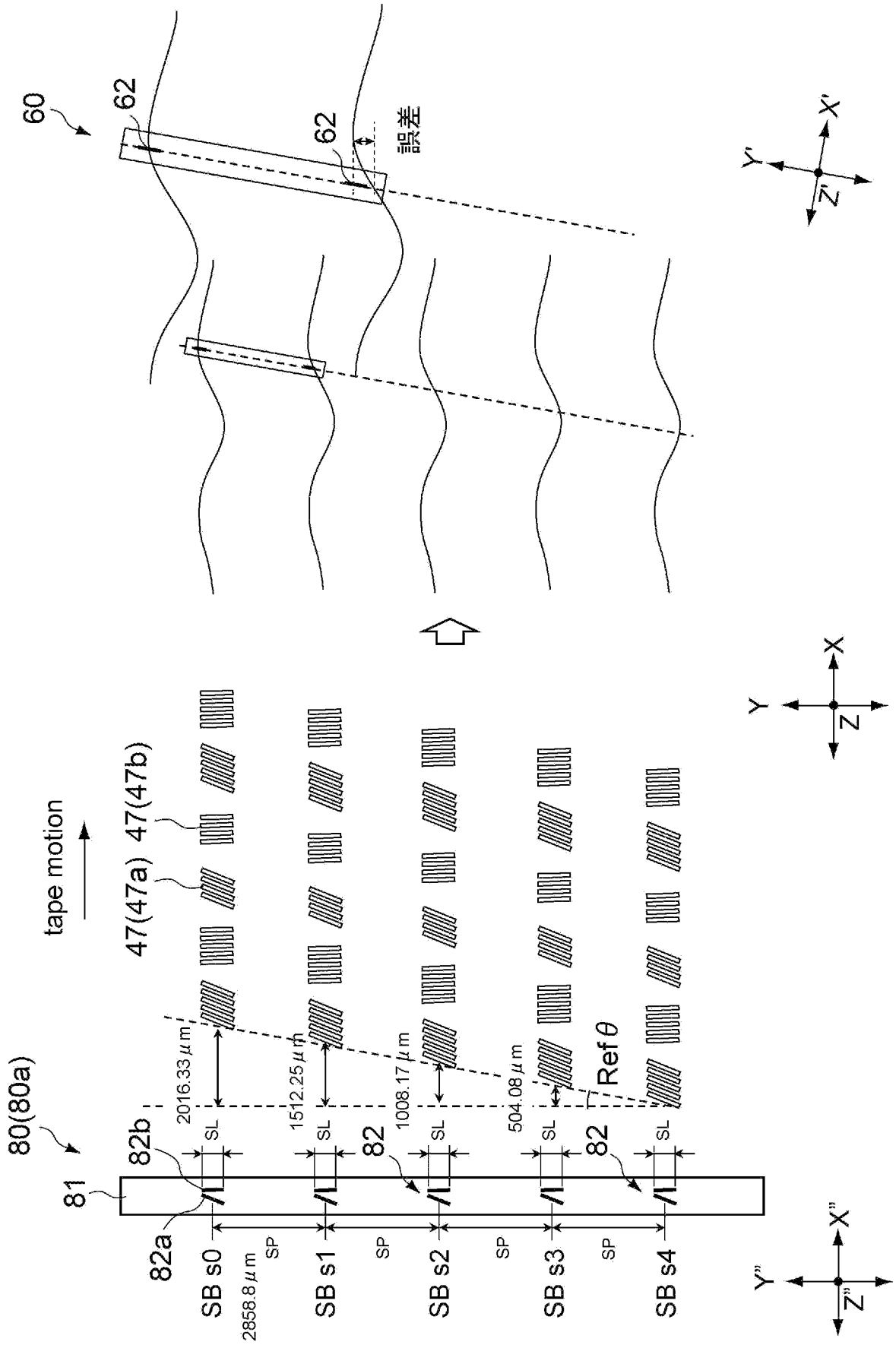
[図18]


X
Y
Z
2016.33 μm
1512.25 μm
1008.17 μm
504.08 μm
Ref θ
80(80a)
81
82b
82
82a
SL
SP
2858.8 μm
SB s0
SB s1
SB s2
SB s3
SB s4
X"
Y"
Z"

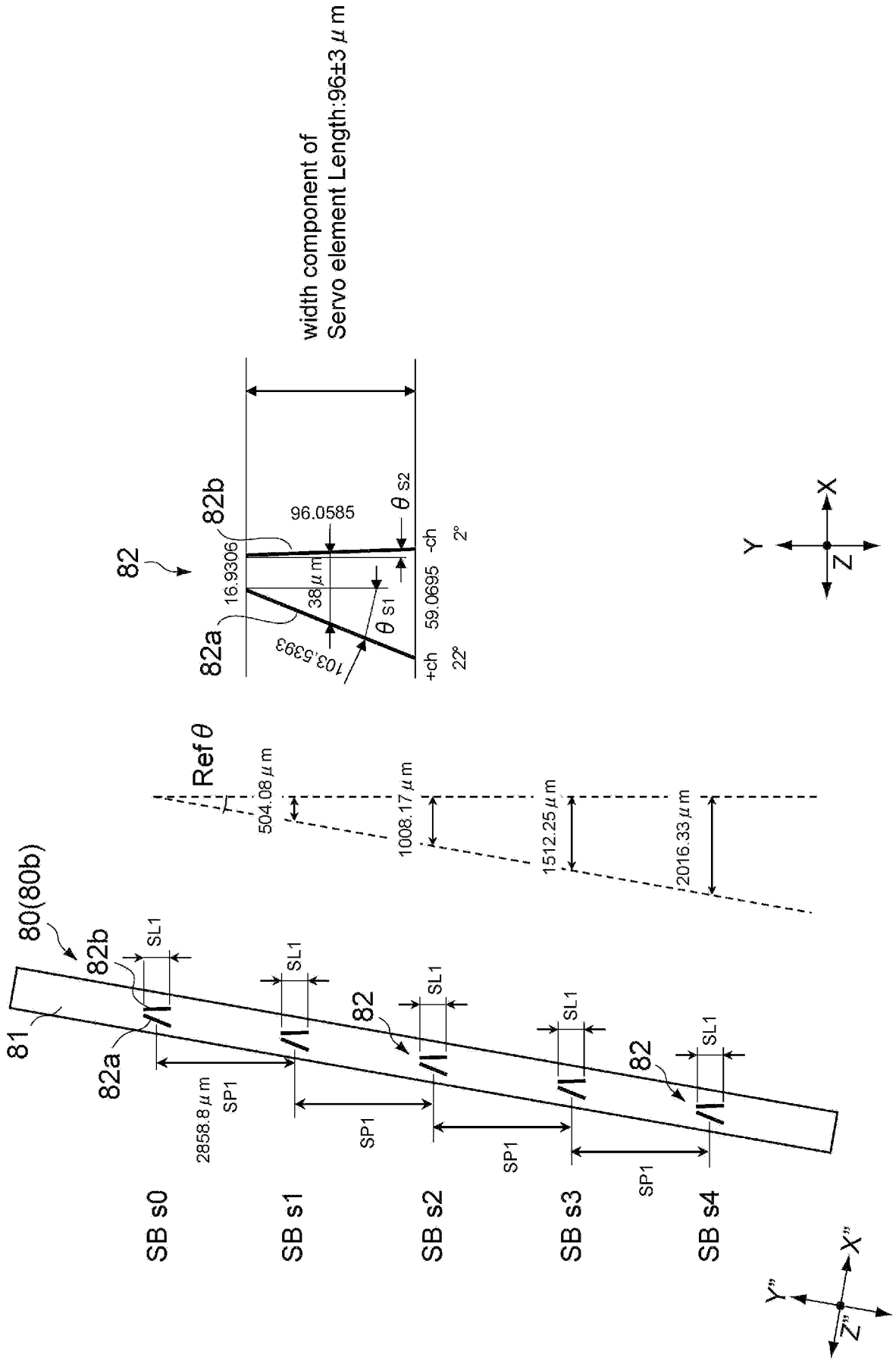
[図19]


82
82a
82b
38 μm
θ S1
θ S2
+ch 22°
-ch 2°
width component of
Servo element Length:96±3 μm
Y”
X”
Z”
Y
X
Z

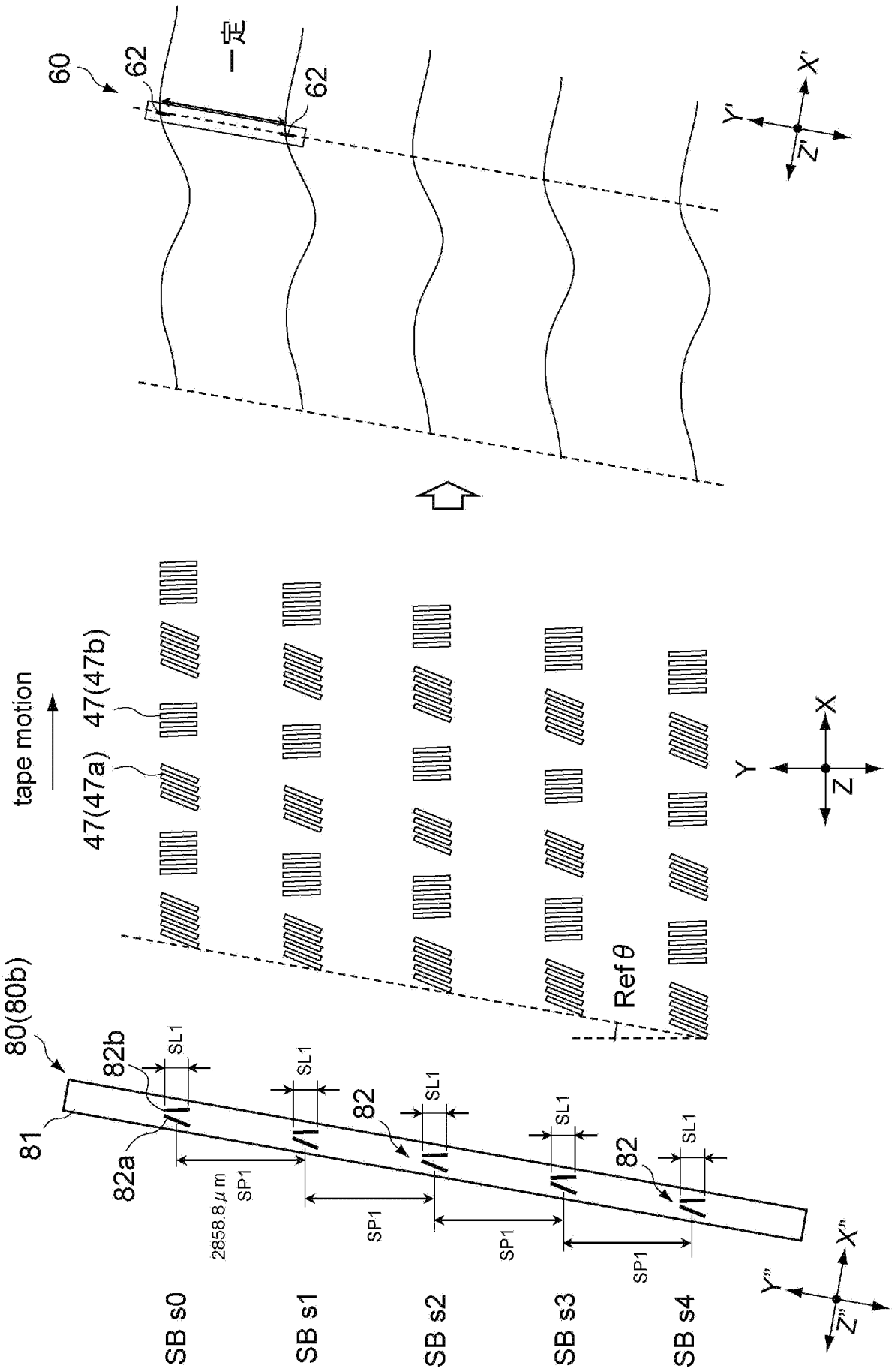
[図20]


60
62
62
誤差
X'
Y'
Z'
X
Y
Z
X"
Y"
Z"
tape motion
80(80a)
81
82a
82b
82
82
47(47a)
47(47b)
SB s0
SB s1
SB s2
SB s3
SB s4
SL
SP
2858.8 μm
2016.33 μm
1512.25 μm
1008.17 μm
504.08 μm
Ref θ

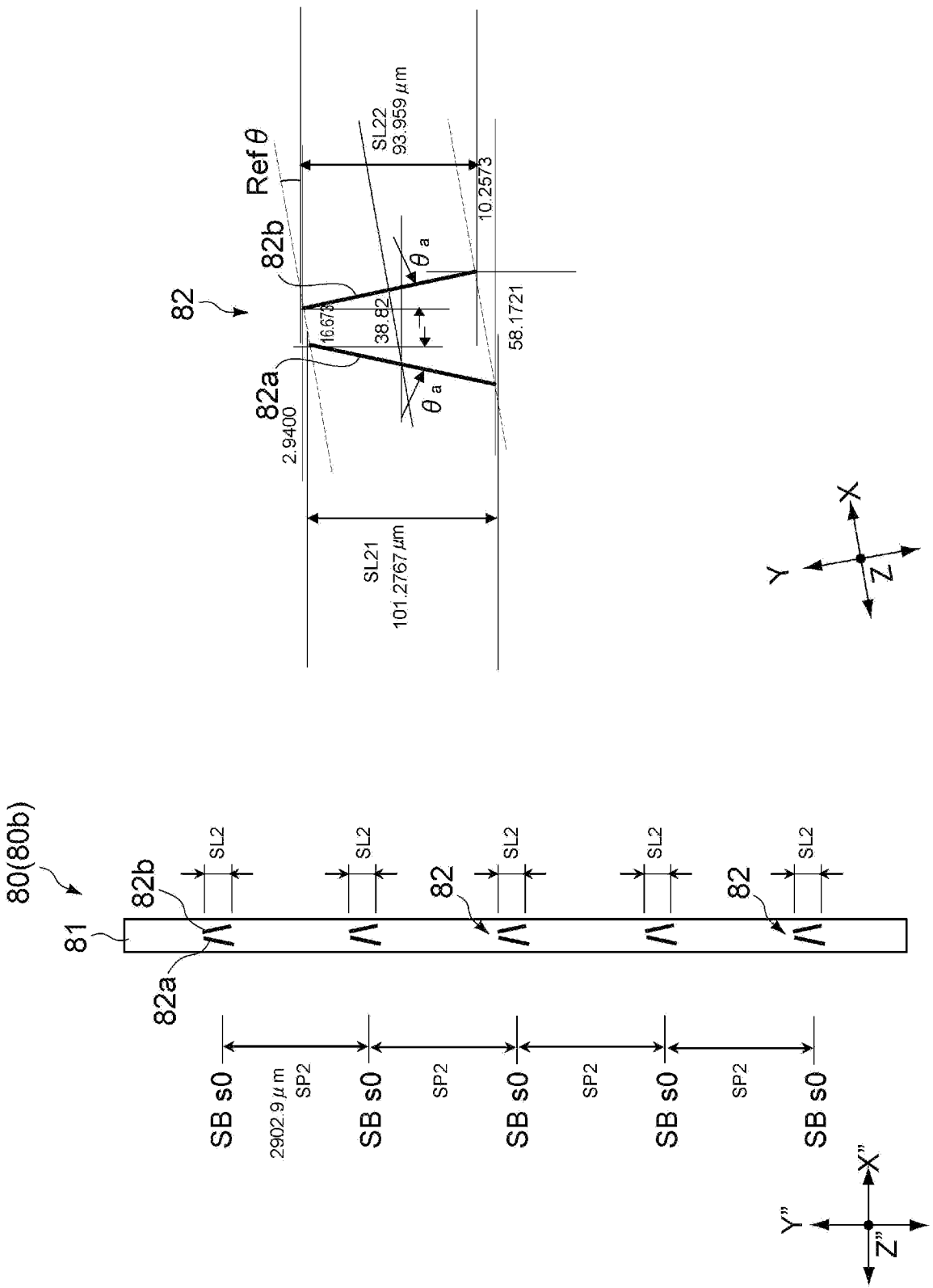
[図21]


width component of
Servo element Length:96±3 μm
82
82b
82a
96.0585
16.9306
38μm
103.5393
θ S2
θ S1
-ch
+ch
2°
59.0695
22°
X
Y
Z
Ref θ
504.08 μm
1008.17 μm
1512.25 μm
2016.33 μm
80(80b)
81
SL1
SP1
2858.8 μm
SB s0
SB s1
SB s2
SB s3
SB s4
X"
Y"
Z"

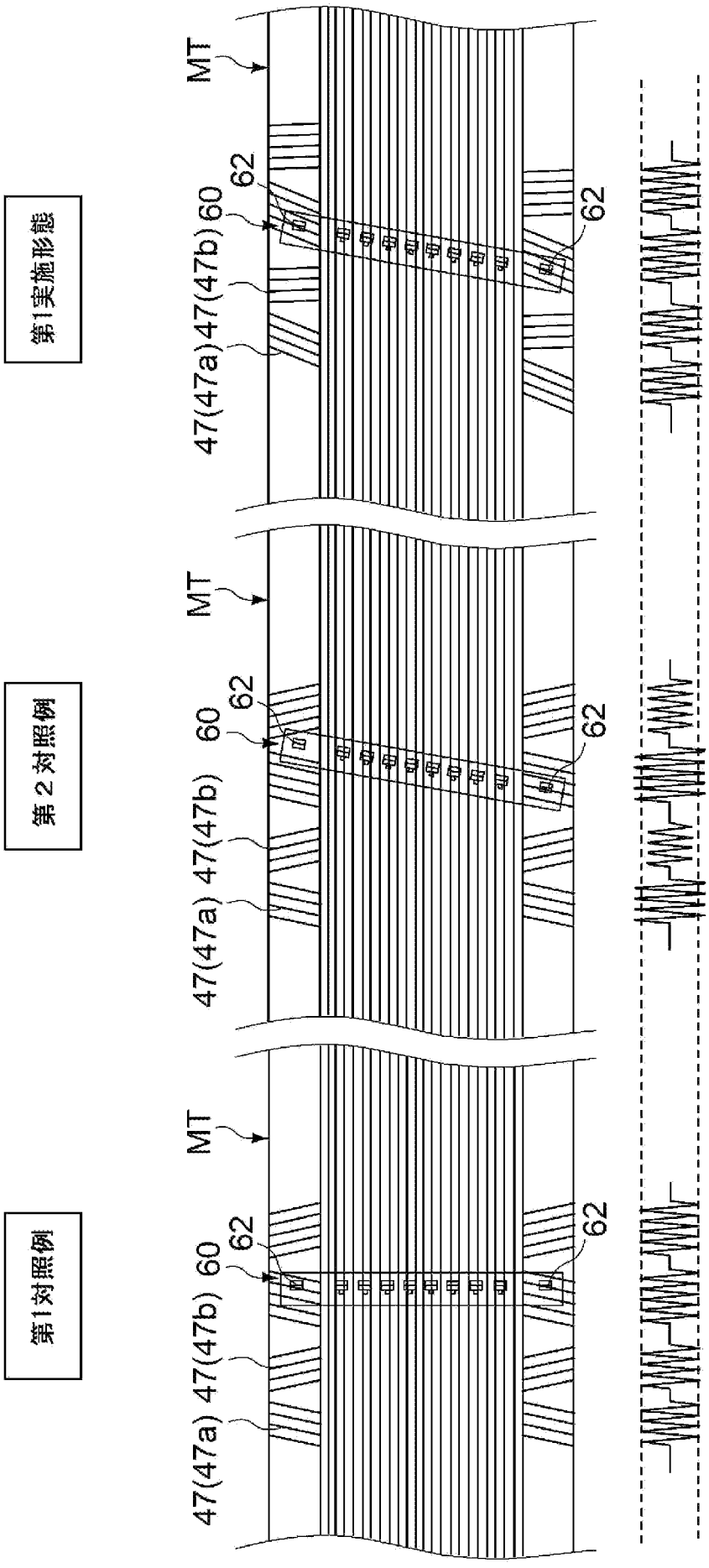
[図22]


60
62
一定
62
X'
Y'
Z'
tape motion
47(47a)
47(47b)
80(80b)
82b
81
82a
SL1
2858.8μm
SP1
82
Ref θ
X
Y
Z
SB s0
SB s1
SB s2
SB s3
SB s4
X"
Y"
Z"

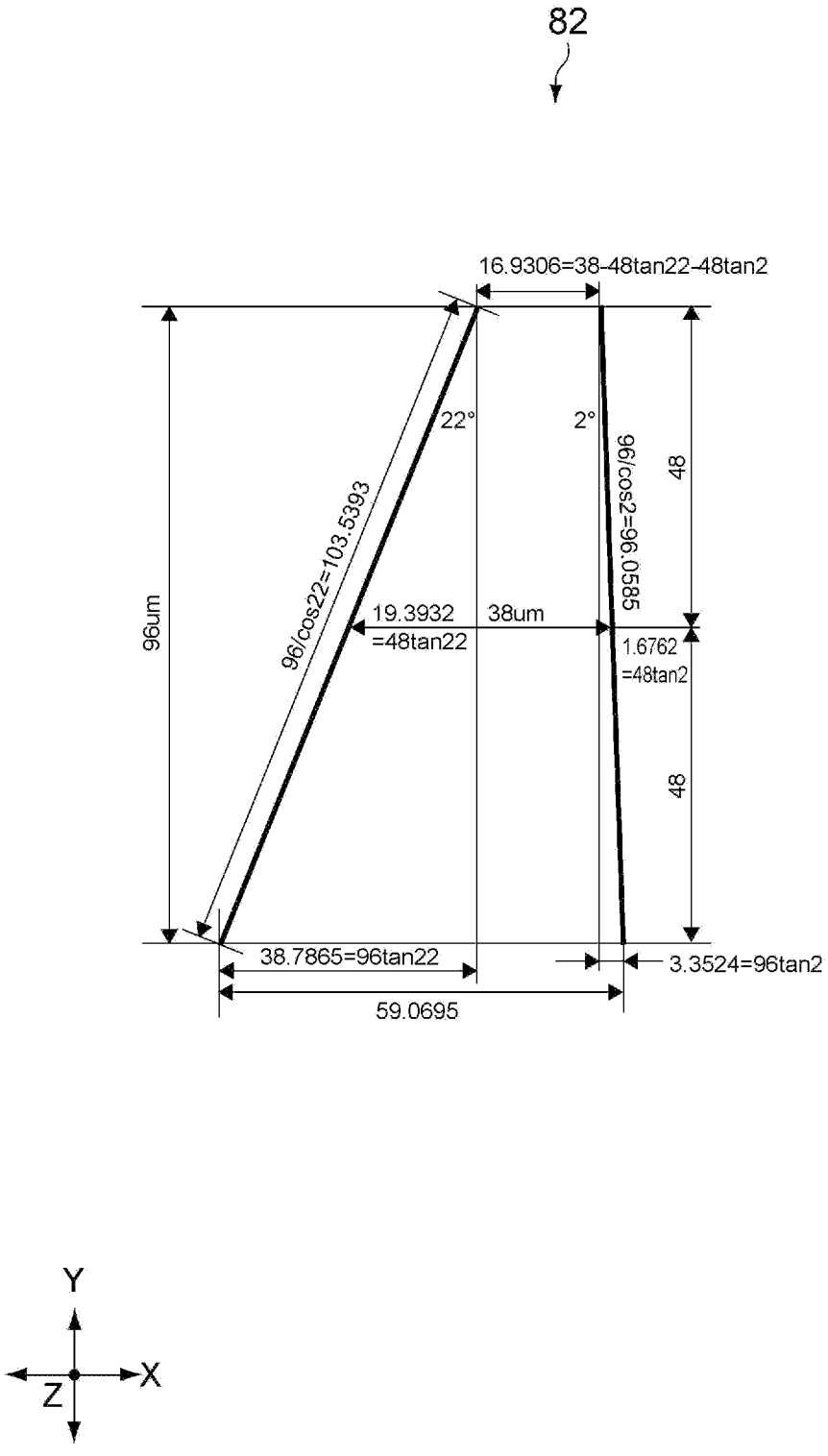
[図23]


82
82b
82a
Ref θ
SL22
93.959 μm
SL21
101.2767 μm
10.2573
58.1721
38.82
16.675
2.9400
θa
θa
X
Y
Z
80(80b)
81
82b
82a
82
82
SL2
SB s0
SP2
2902.9 μm
X"
Y"
Z"

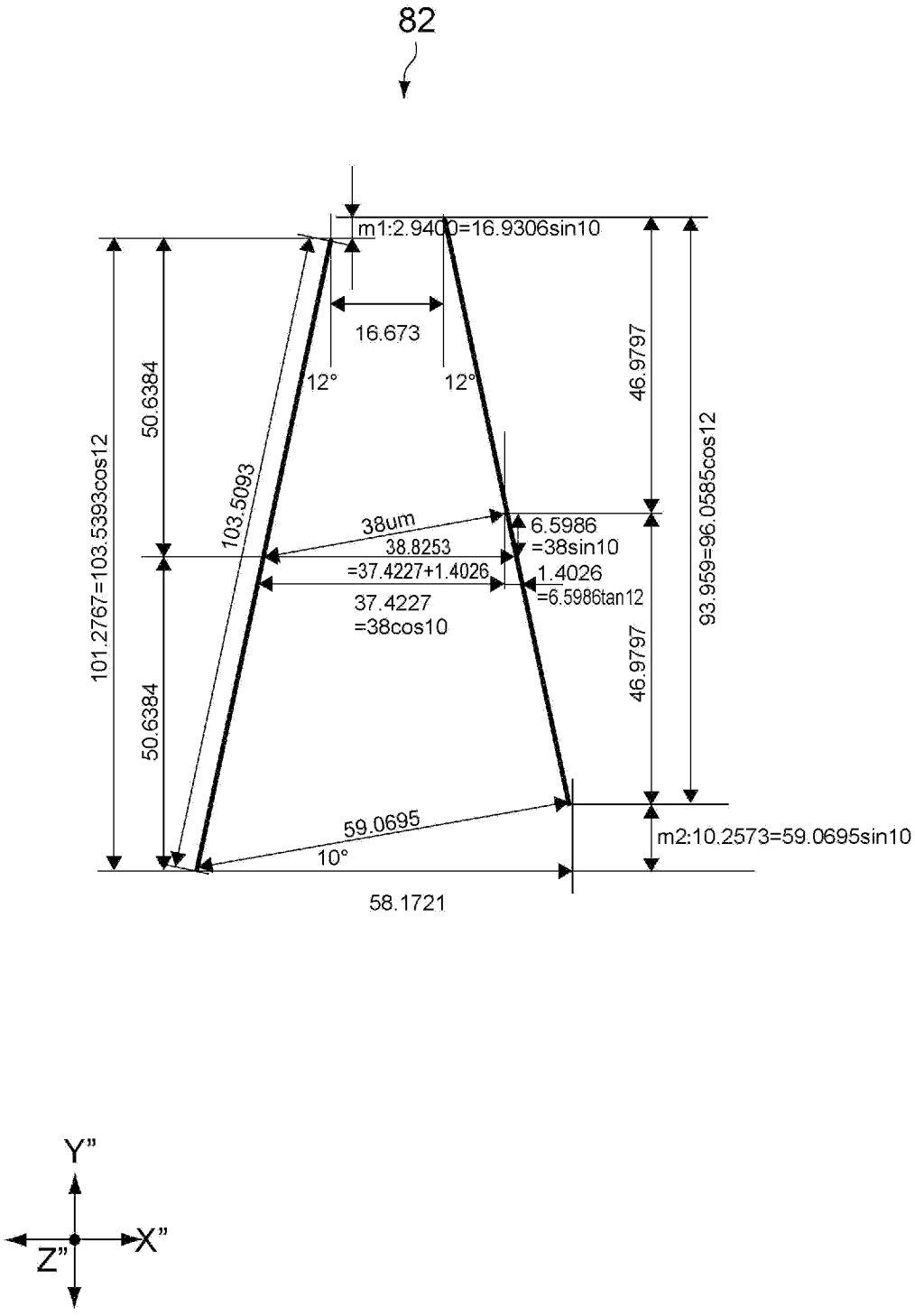
[図24]



[図25]

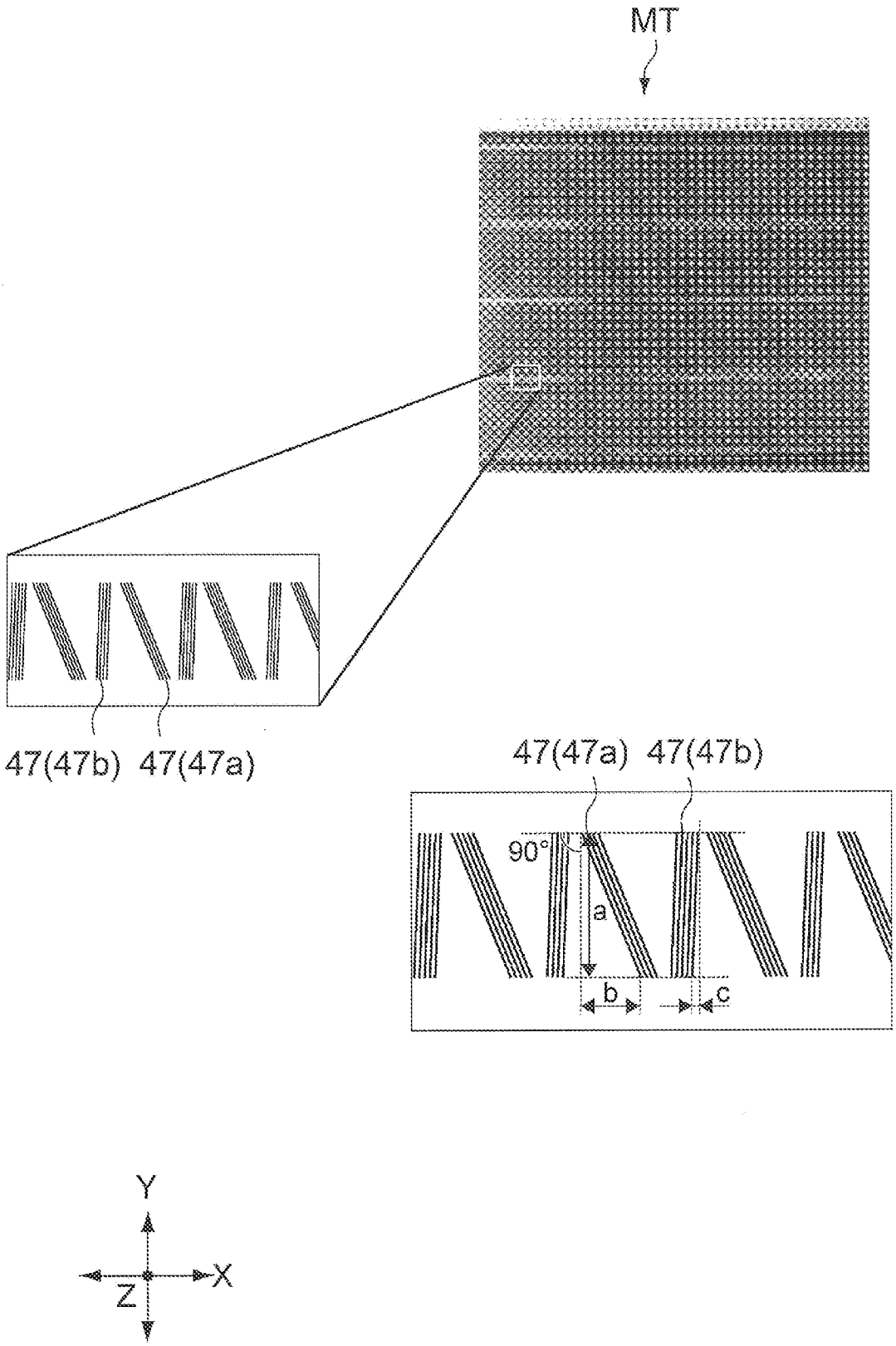

82
16.9306=38-48tan22-48tan2
22°
2°
96/cos22=103.5393
96/cos2=96.0585
48
96um
19.3932
=48tan22
38um
1.6762
=48tan2
48
38.7865=96tan22
3.3524=96tan2
59.0695
Y
X
Z

[図26]

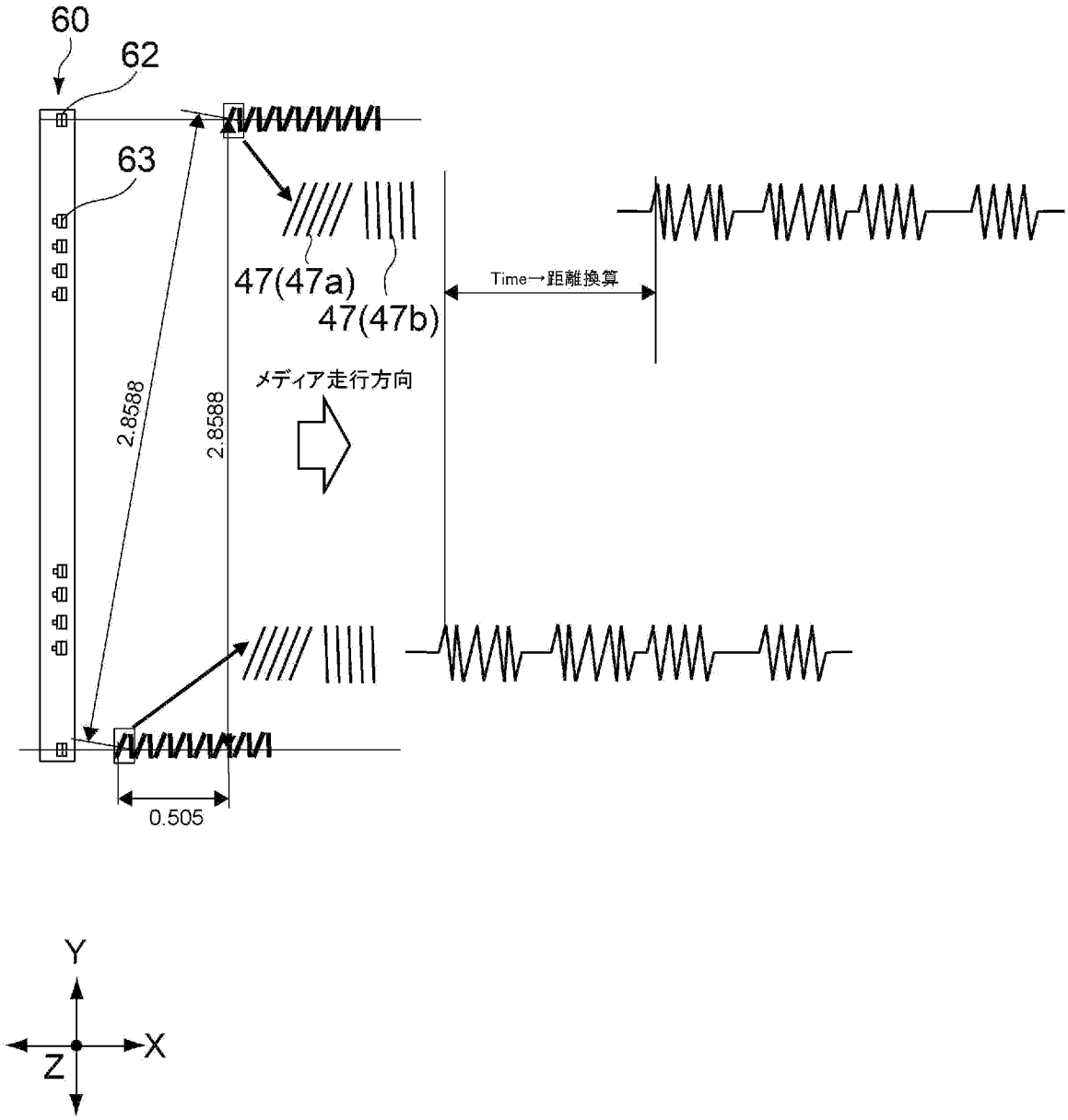

82
m1:2.9400=16.9306sin10
16.673
12°
12°
46.9797
93.959=96.0585cos12
50.6384
101.2767=103.5393cos12
103.5093
38um
38.8253
=37.4227+1.4026
37.4227
=38cos10
6.5986
=38sin10
1.4026
=6.5986tan12
46.9797
50.6384
59.0695
10°
m2:10.2573=59.0695sin10
58.1721

Y"
X"
Z"

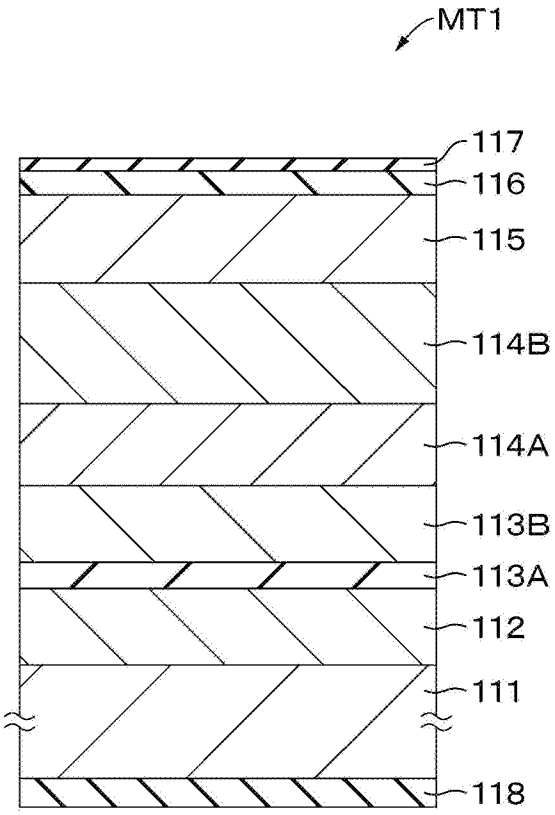
[図27]



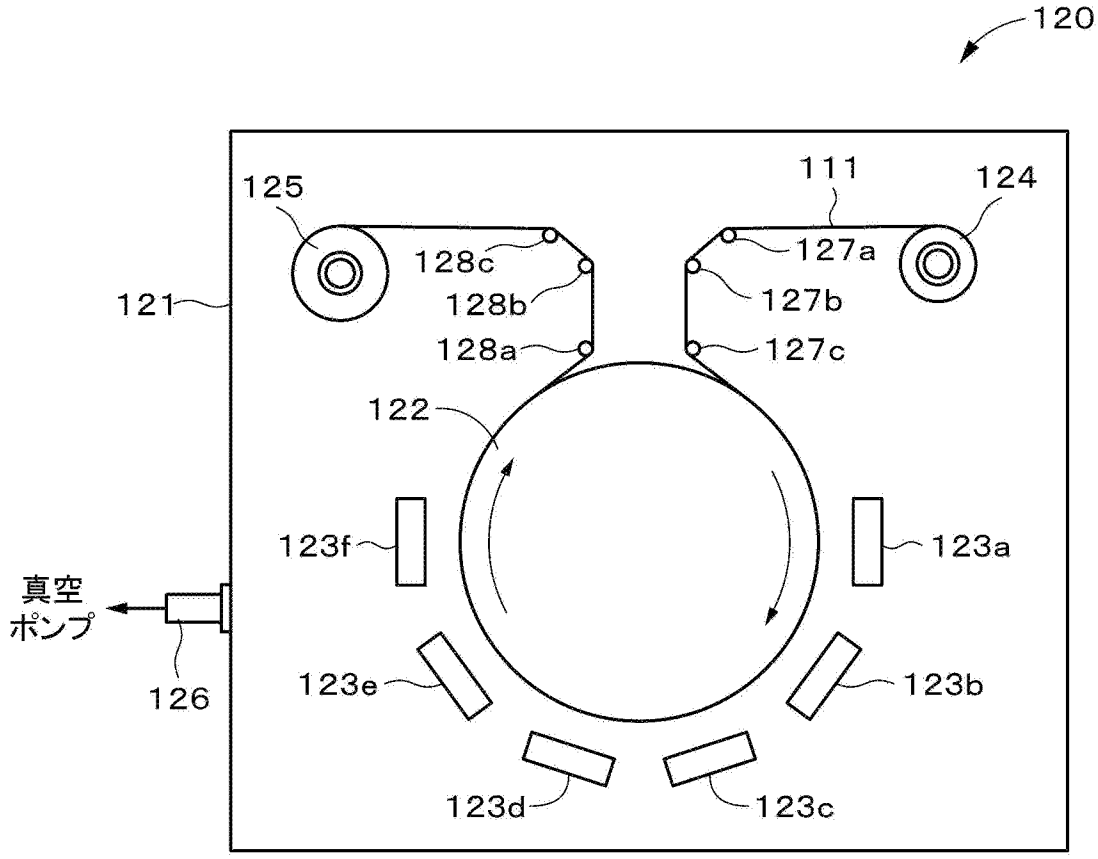
[図28]



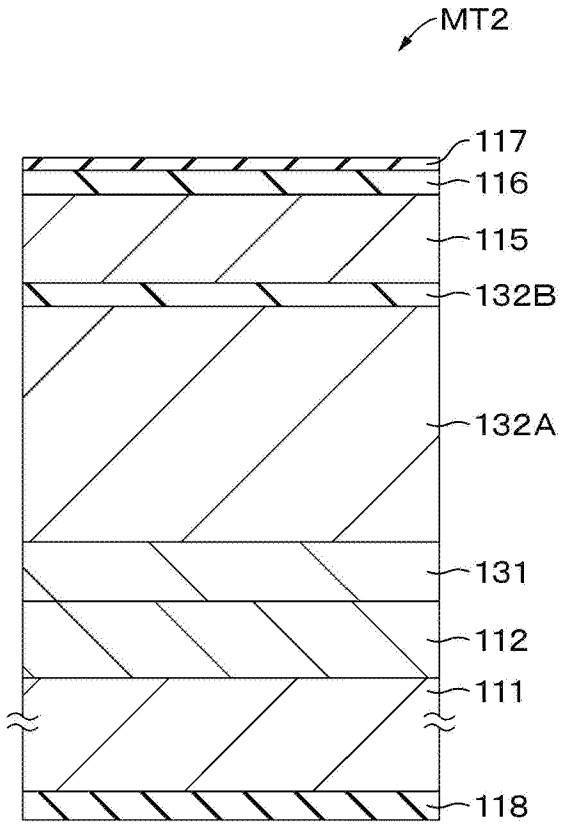
[図29]


MT1
117
116
115
114B
114A
113B
113A
112
111
118

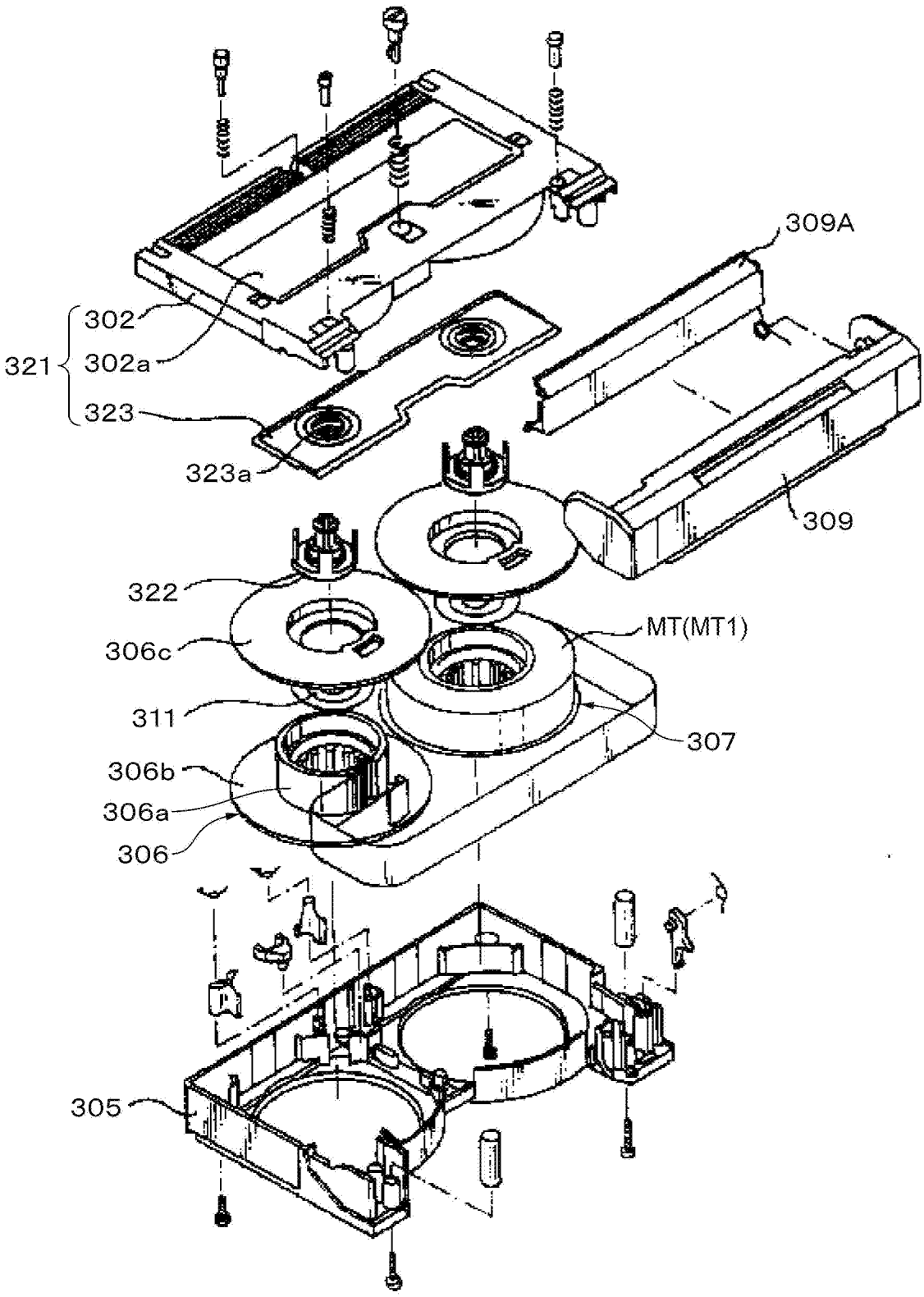
[図30]


120
125
111
124
128c
127a
121
128b
127b
128a
127c
122
123f
123a
真空
ポンプ
123e
123b
126
123d
123c

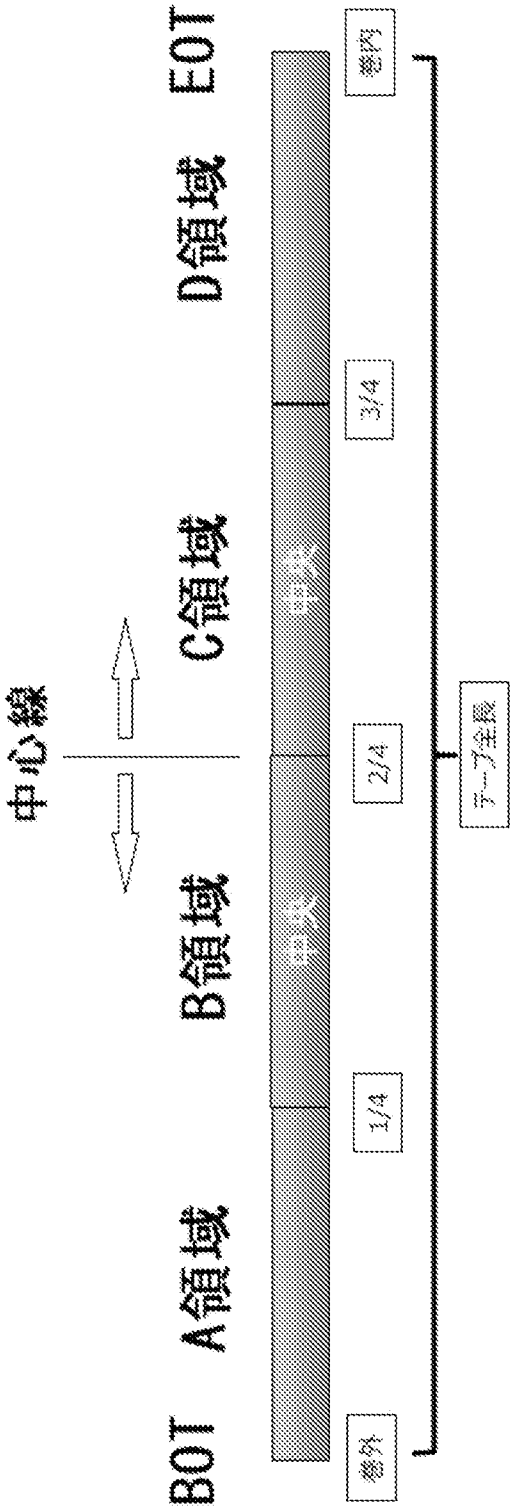
[図31]



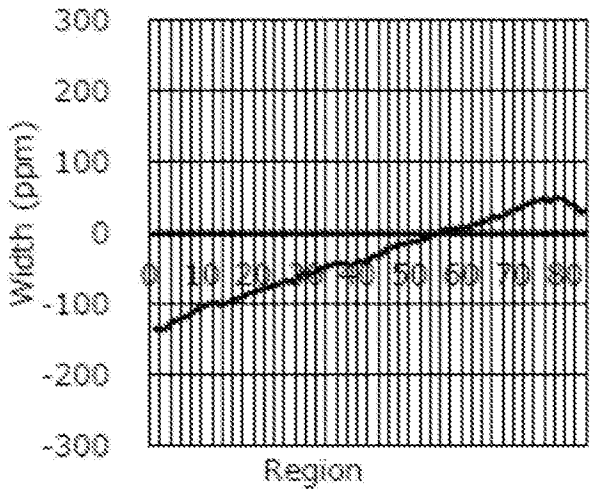
[図32]


309A
302
321
302a
323
323a
309
322
MT(MT1)
306c
311
307
306b
306a
306
305

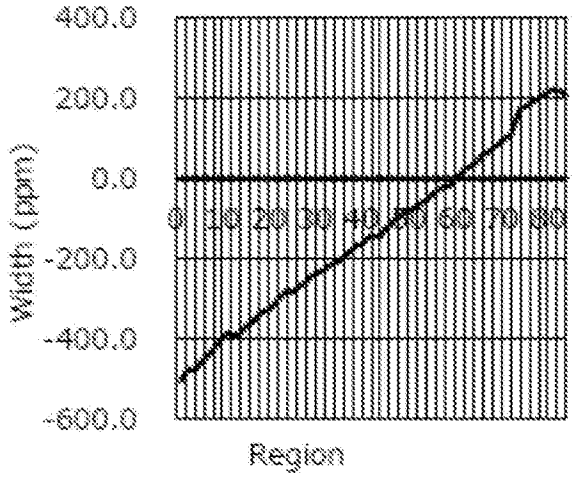
[図33]



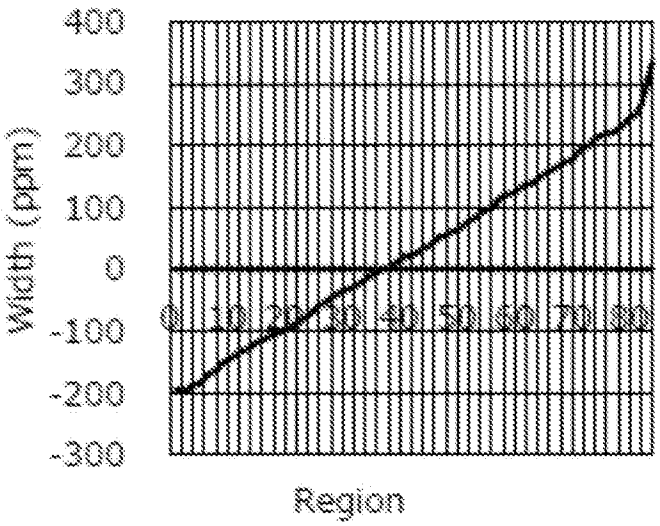
[図34]


300
200
100
0
-100
-200
-300
Width (ppm)
Region

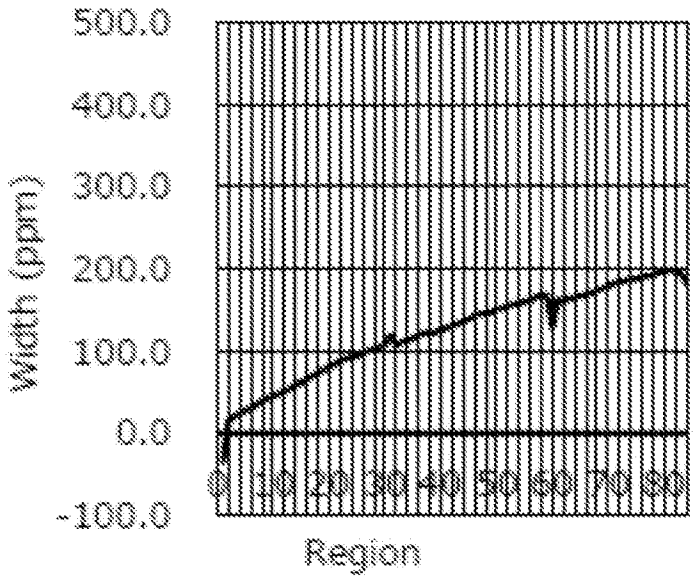
[図35]


400.0
200.0
0.0
-200.0
-400.0
-600.0
Width (ppm)
Region

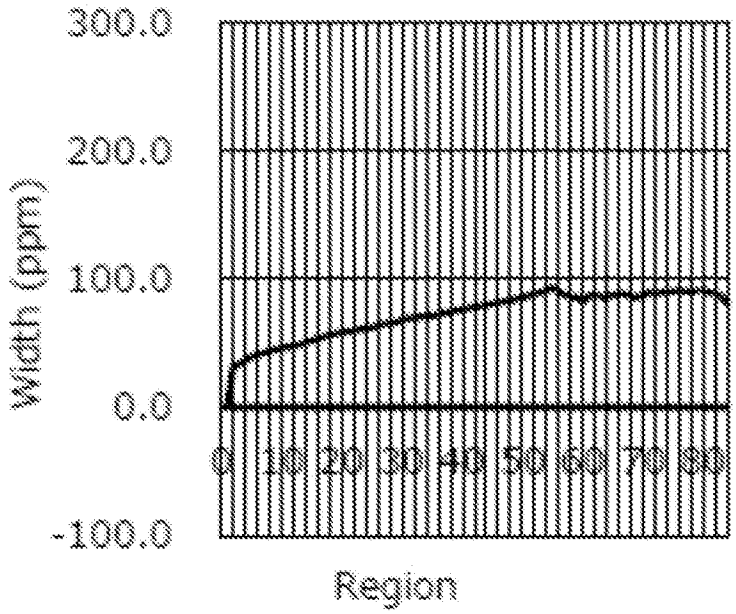
[図36]


400
300
200
100
0
-100
-200
-300
Width (ppm)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Region

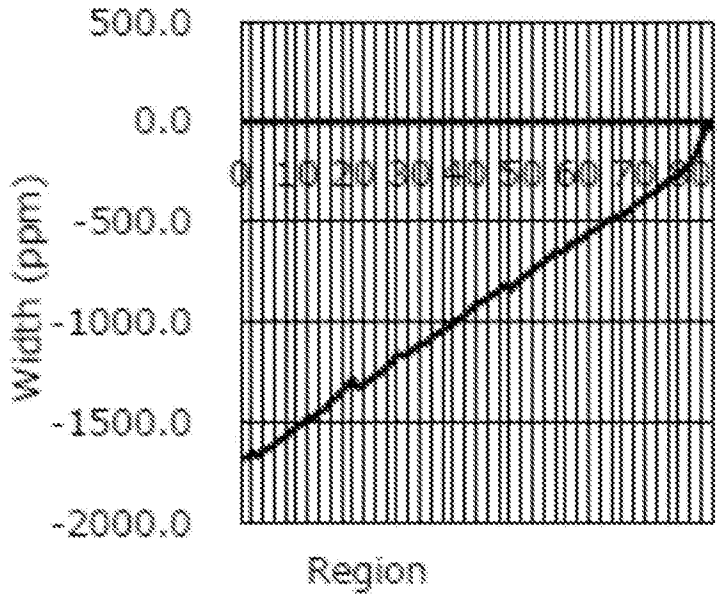
[図37]


500.0
400.0
300.0
200.0
100.0
0.0
-100.0
Width (ppm)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Region

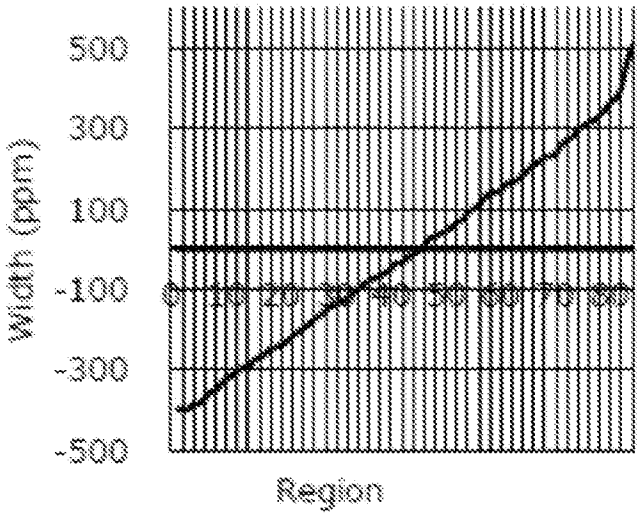
[図38]


300.0
200.0
100.0
0.0
-100.0
Width (ppm)
0 10 20 30 40 50 60 70 80
Region

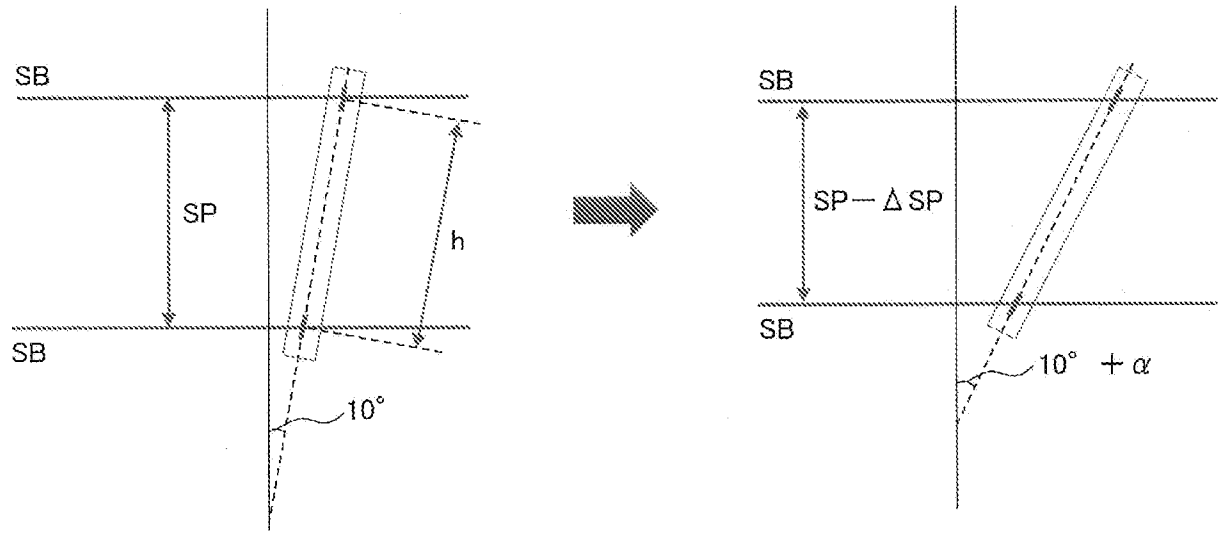
[図39]


500.0
0.0
-500.0
-1000.0
-1500.0
-2000.0
Width (ppm)
0 10 20 30 40 50 60 70 80
Region

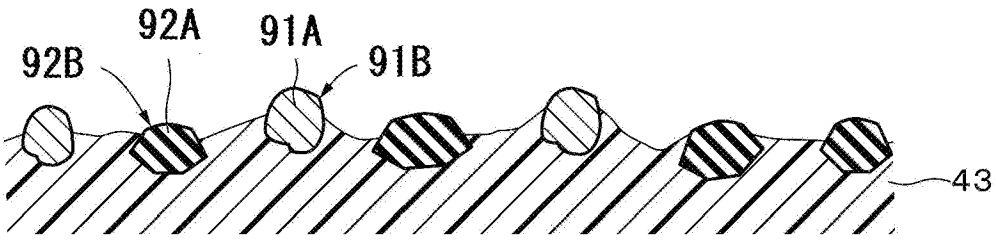
[図40]


500
300
100
-100
-300
-500
Width (ppm)
Region

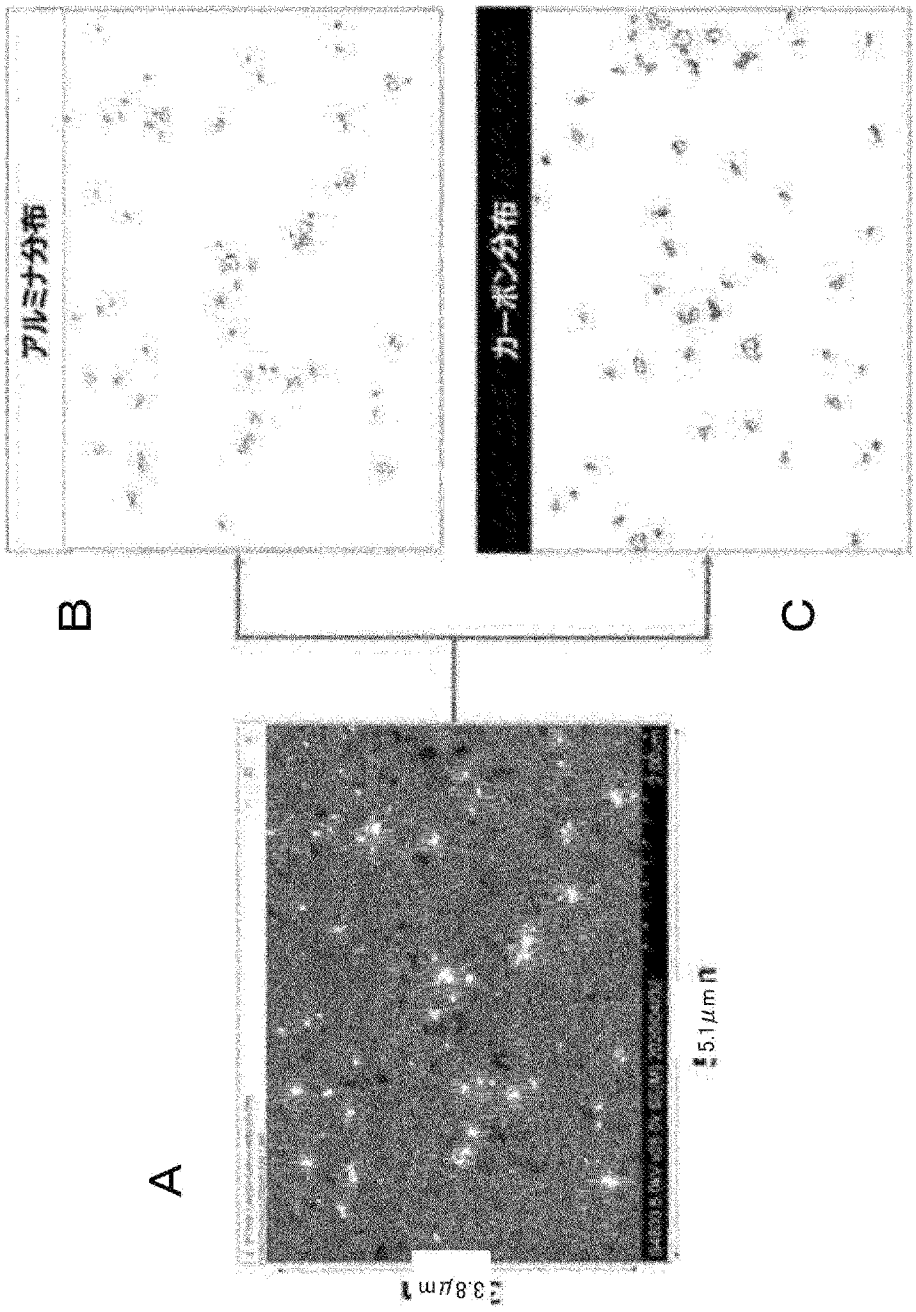
[図41]


SB
SP
h
SB
10°
SB
SP－ΔSP
SB
10° ＋α

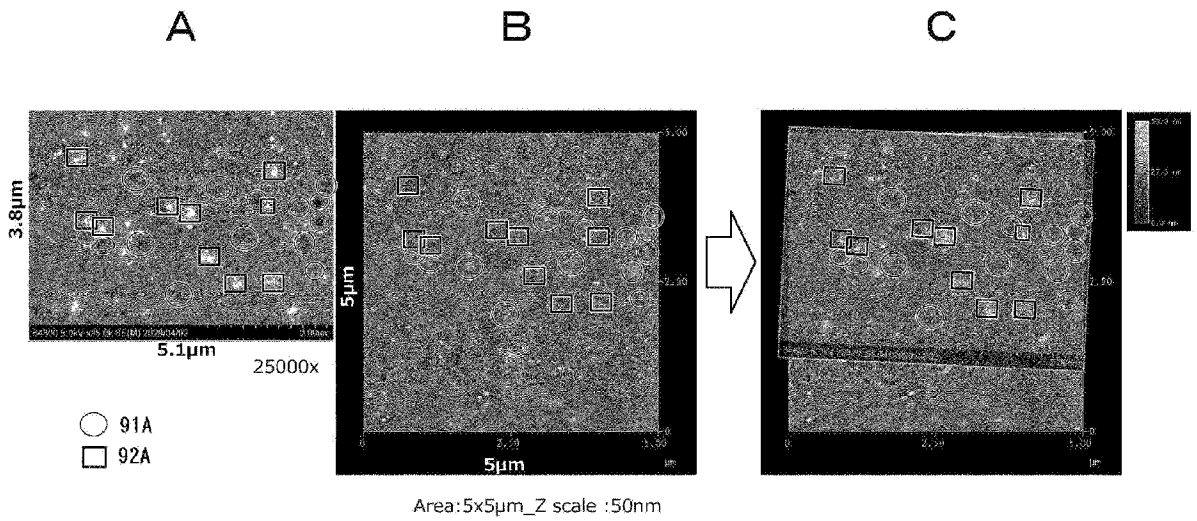
[図42]


92B
92A
91A
91B
43

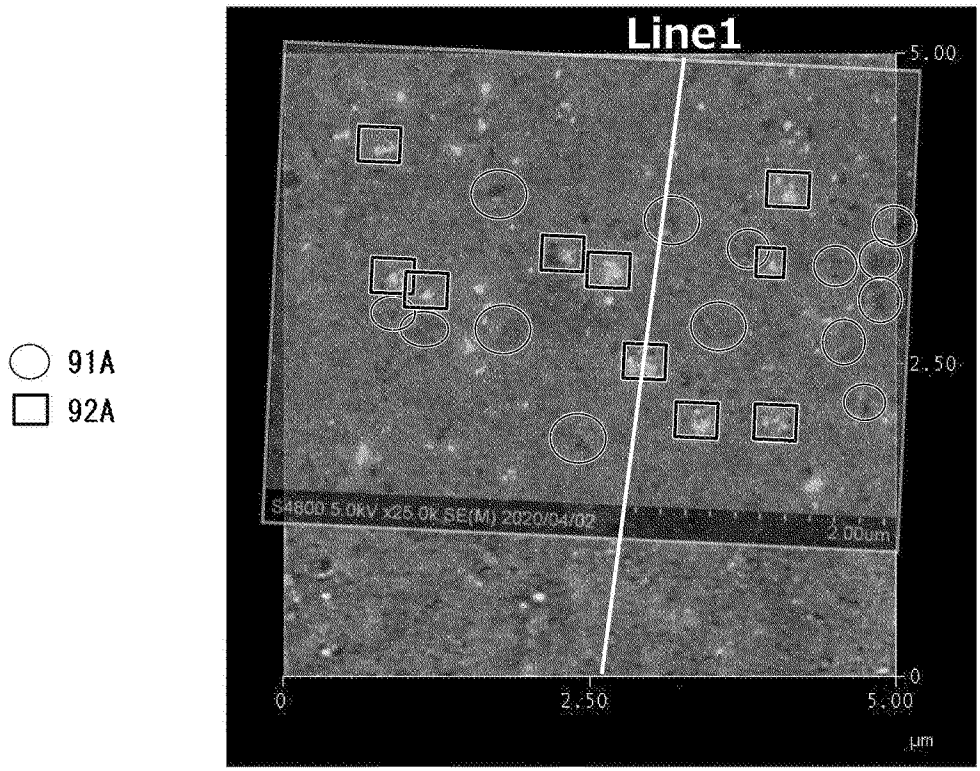
[図43]



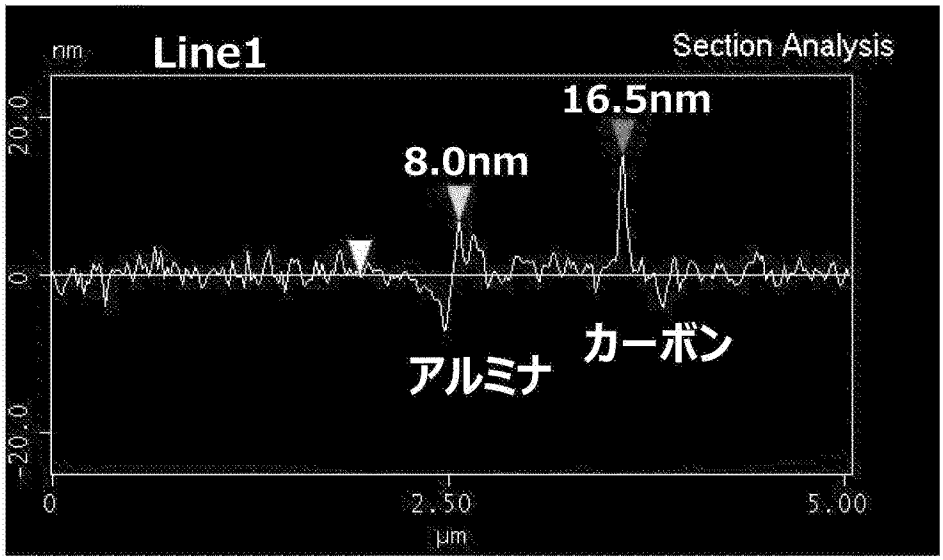
[図44]


A
B
C
3.8μm
5.1μm
25000x
91A
92A
5μm
5μm
Area:5x5μm_Z scale :50nm

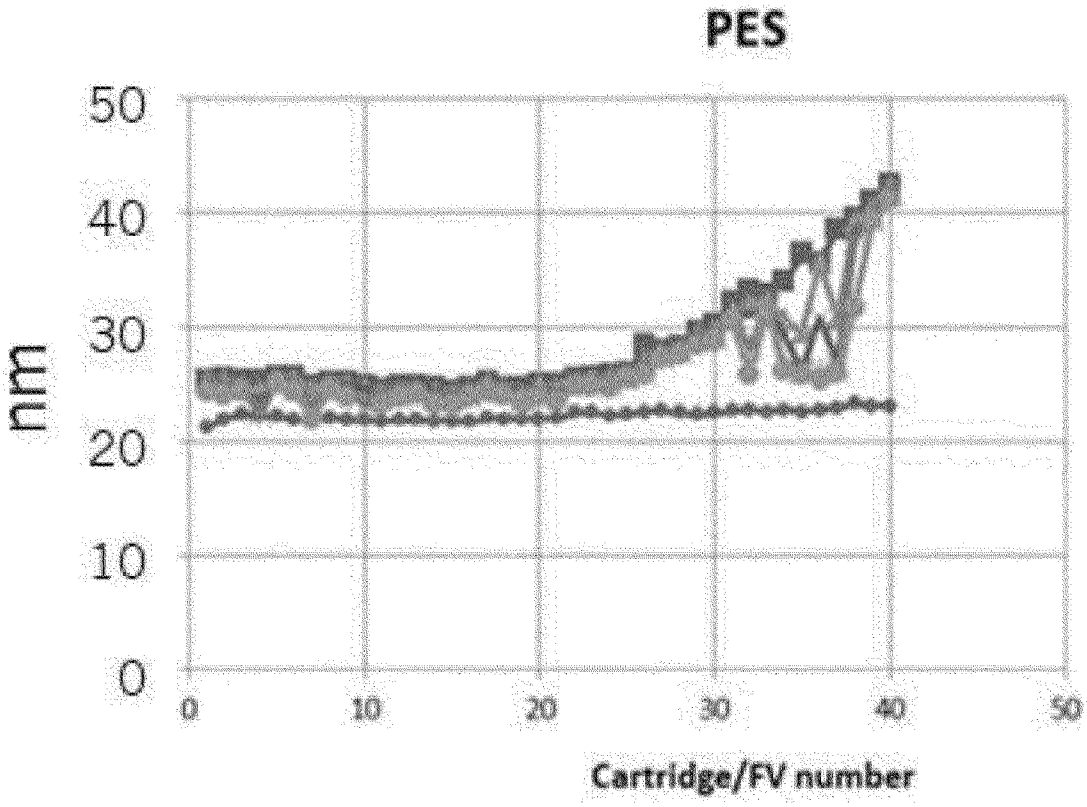
[図45]


Line1
91A
92A
5.00
2.50
0
2.50
5.00
μm

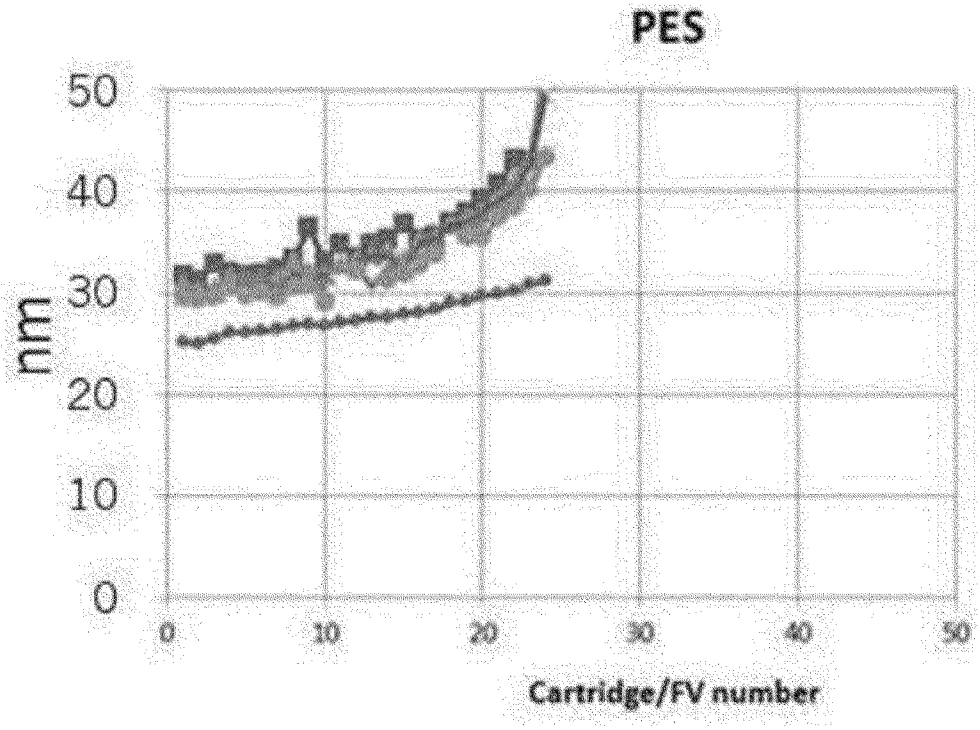
[図46]


nm
Line1
Section Analysis
16.5nm
8.0nm
20.0
0
-20.0
アルミナ
カーボン
0
2.50
5.00
μm

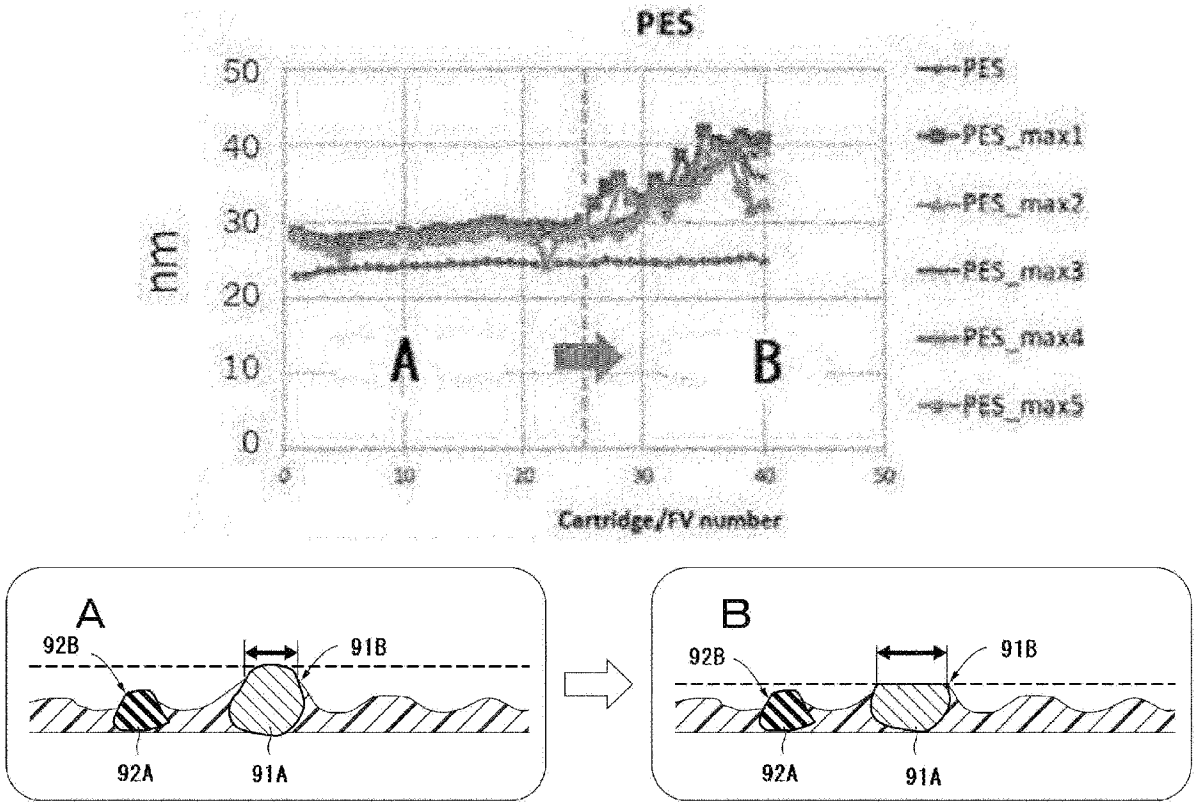
[図47]


PES
50
40
30
20
10
0
nm
0
10
20
30
40
50
Cartridge/FV number

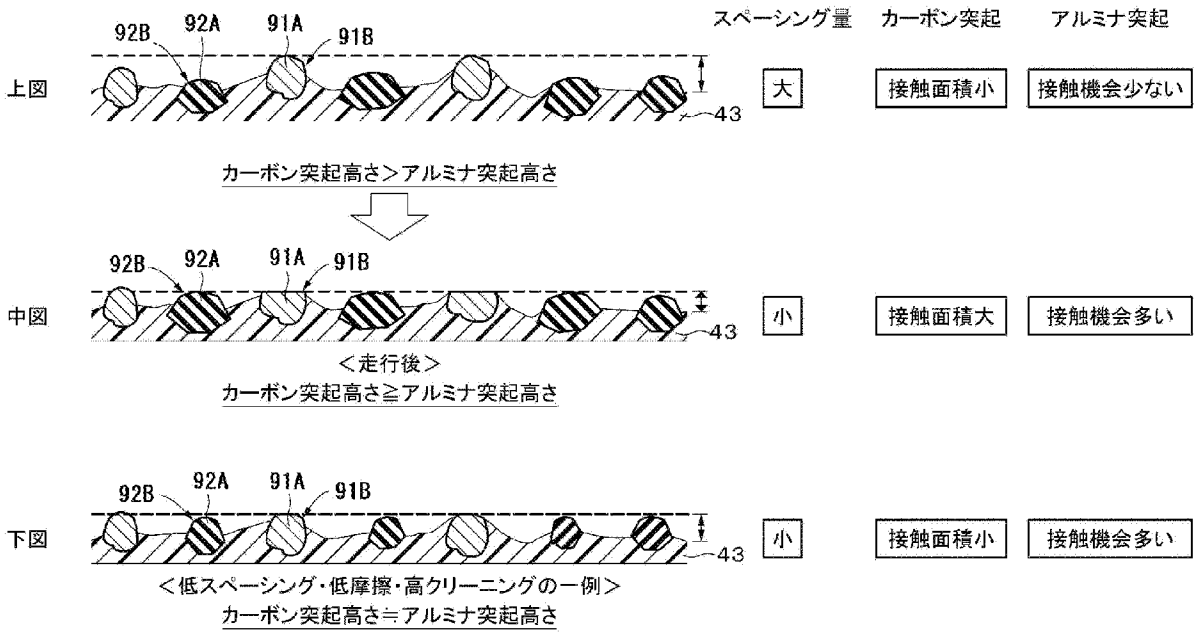
[図48]


PES
50
40
30
20
10
0
nm
0
10
20
30
40
50
Cartridge/FV number

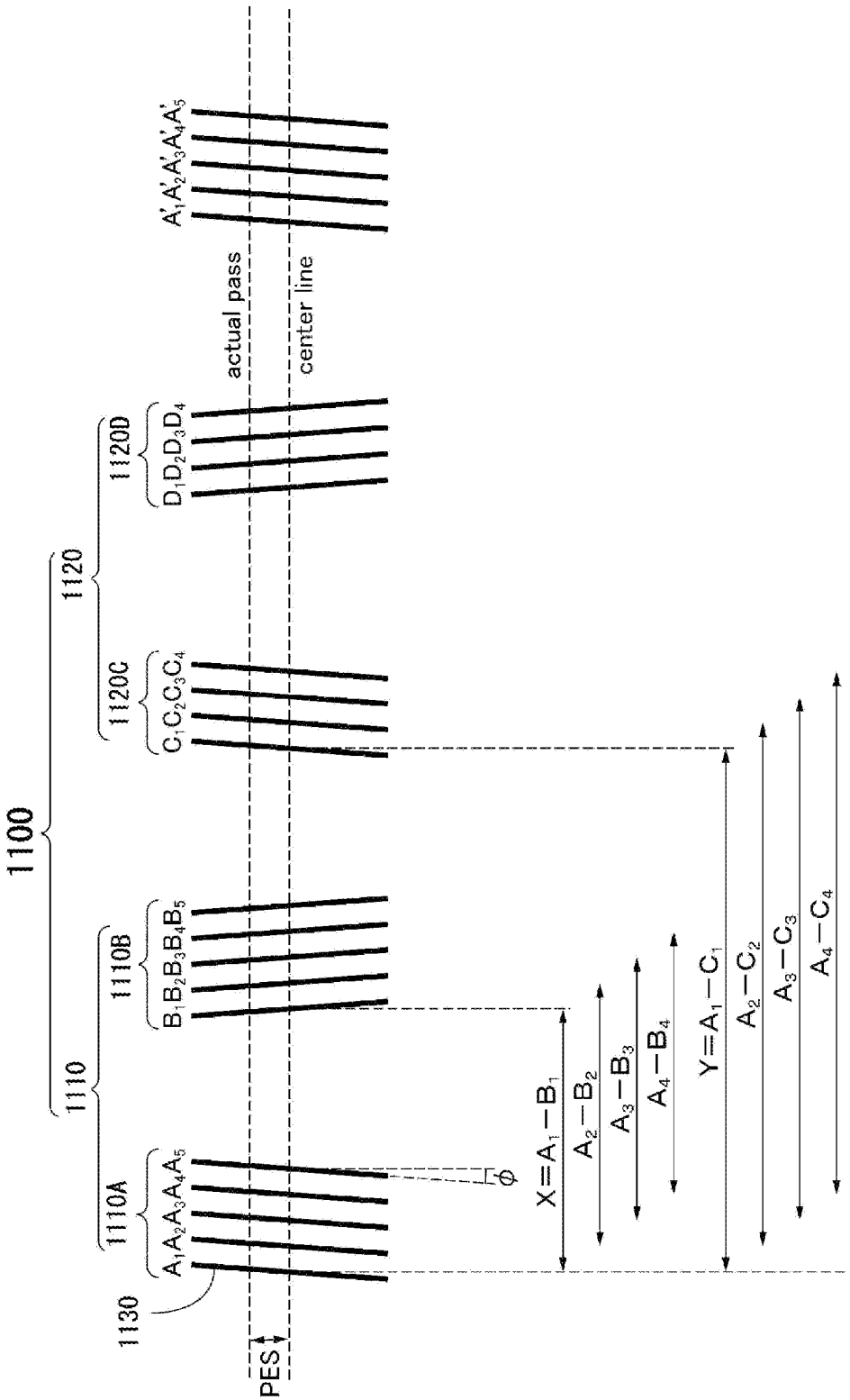
[図49]


PES
50
40
30
20
10
0
nm
A
B
PES
PES_max1
PES_max2
PES_max3
PES_max4
PES_max5
Cartridge/FV number
A
92B
91B
92A
91A
B
92B
91B
92A
91A

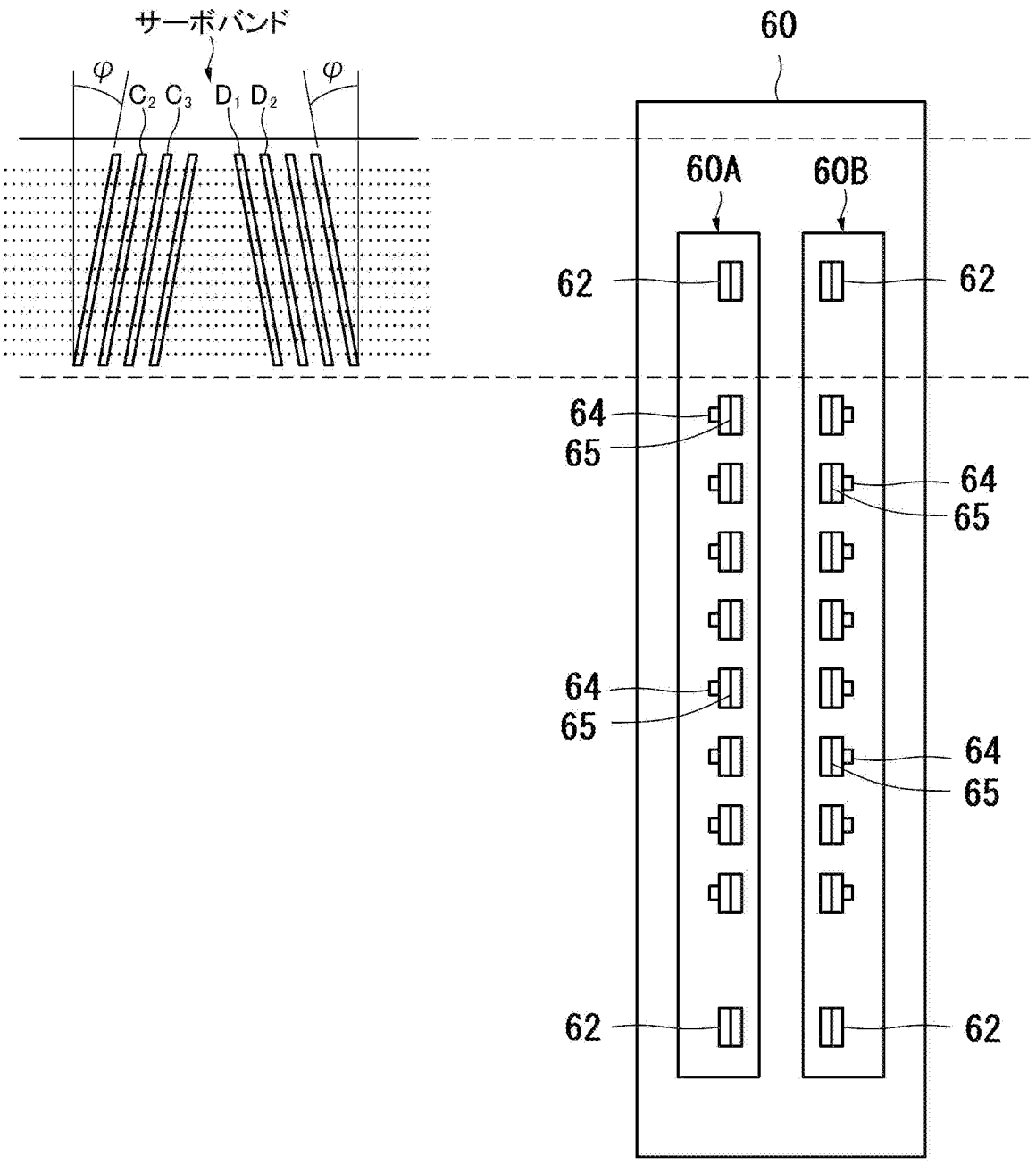
[図50]


スペーシング量
カーボン突起
アルミナ突起
上図
92B
92A
91A
91B
43
大
接触面積小
接触機会少ない
カーボン突起高さ＞アルミナ突起高さ
中図
92B
92A
91A
91B
43
小
接触面積大
接触機会多い
＜走行後＞
カーボン突起高さ≧アルミナ突起高さ
下図
92B
92A
91A
91B
43
小
接触面積小
接触機会多い
＜低スペーシング・低摩擦・高クリーニングの一例＞
カーボン突起高さ≒アルミナ突起高さ

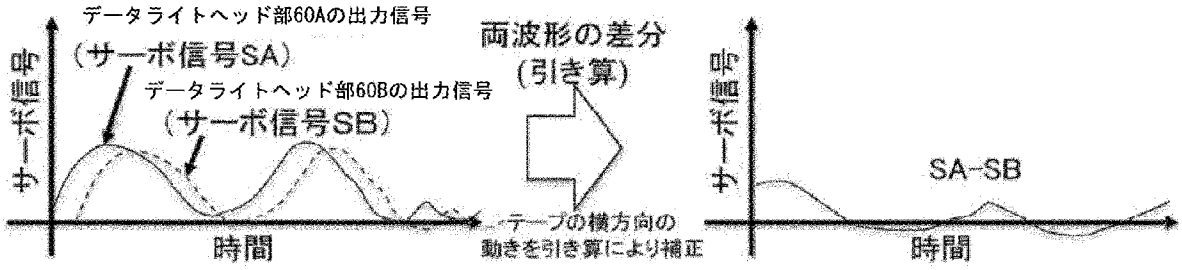
[図51]


1100
1110
1110A
$A_1A_2A_3A_4A_5$
1110B
$B_1B_2B_3B_4B_5$
1120
1120C
$C_1C_2C_3C_4$
1120D
$D_1D_2D_3D_4$
$A'_1A'_2A'_3A'_4A'_5$
1130
PES
actual pass
center line
ϕ
$X=A_1-B_1$
A_2-B_2
A_3-B_3
A_4-B_4
$Y=A_1-C_1$
A_2-C_2
A_3-C_3
A_4-C_4

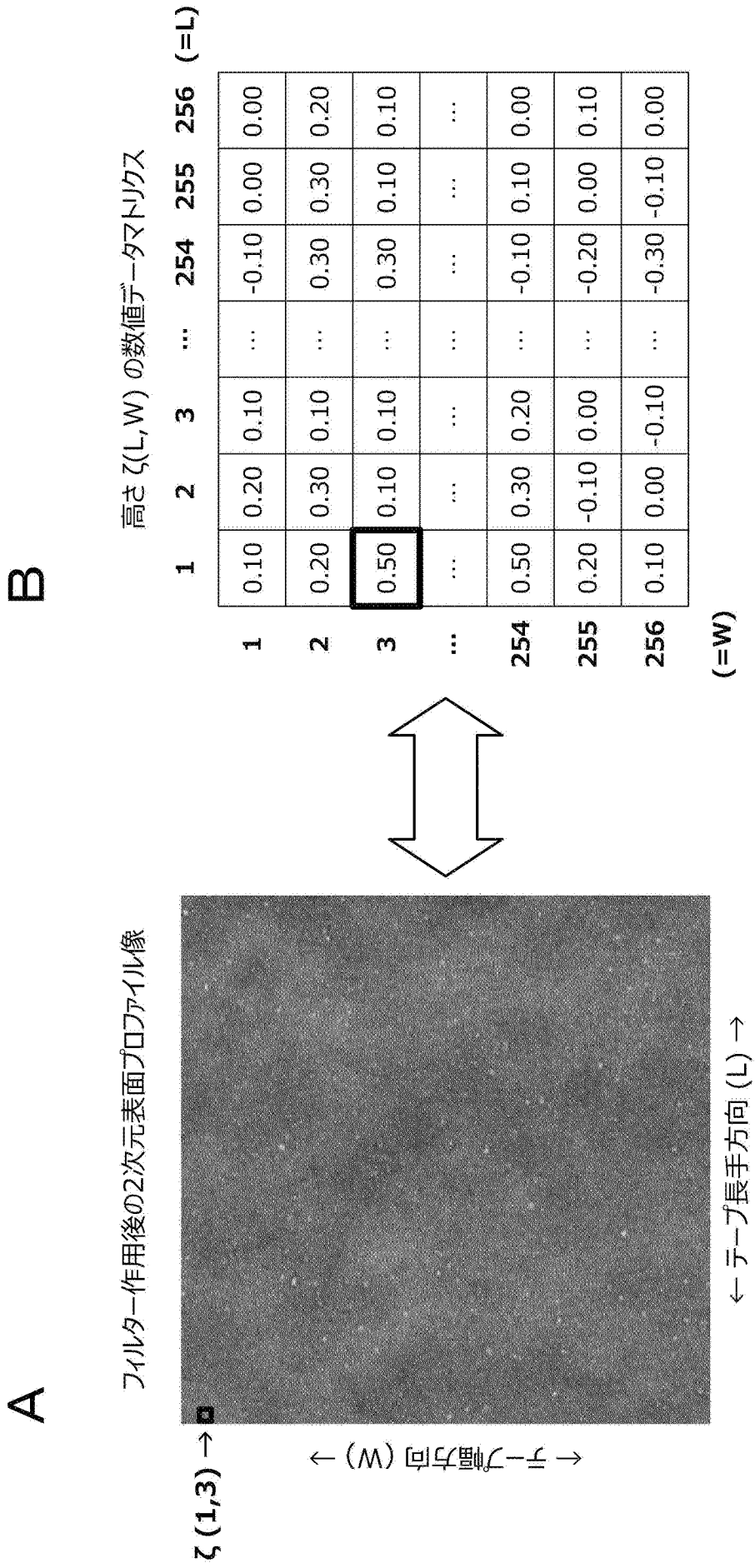
[図52]



[図53]


データライトヘッド部60Aの出力信号
（サーボ信号SA）
データライトヘッド部60Bの出力信号
（サーボ信号SB）
サーボ信号
時間
両波形の差分
（引き算）
テープの横方向の
動きを引き算により補正
サーボ信号
SA−SB
時間

[図54]


A
フィルター作用後の2次元表面プロファイル像
ζ(1,3)
← テープ幅方向 (W) →
← テープ長手方向 (L) →
B
高さ ζ(L,W) の数値データマトリクス
1 2 3 … 254 255 256 (=L)
1 0.10 0.20 0.10 … -0.10 0.00 0.00
2 0.20 0.30 0.10 … 0.30 0.30 0.20
3 0.50 0.10 0.10 … 0.30 0.10 0.10
… … … … … … … …
254 0.50 0.30 0.20 … -0.10 0.10 0.00
255 0.20 -0.10 0.00 … -0.20 0.00 0.10
256 0.10 0.00 -0.10 … -0.30 -0.10 0.00
(=W)

[図55]

高さ Z(L,W) の数値データマトリクス

	1	2	3	…	254	255	256 (=L)
1	0.00	0.10	0.00	…	-0.20	-0.10	-0.10
2	0.10	0.20	0.00	…	0.20	0.20	0.10
3	0.40	0.00	0.00	…	0.20	0.00	0.00
…	…	…	…	…	…	…	…
254	0.40	0.20	0.10	…	-0.20	0.00	-0.10
255	0.10	-0.20	-0.10	…	-0.30	-0.10	0.00
256	0.00	-0.10	-0.20	…	-0.40	-0.20	-0.10

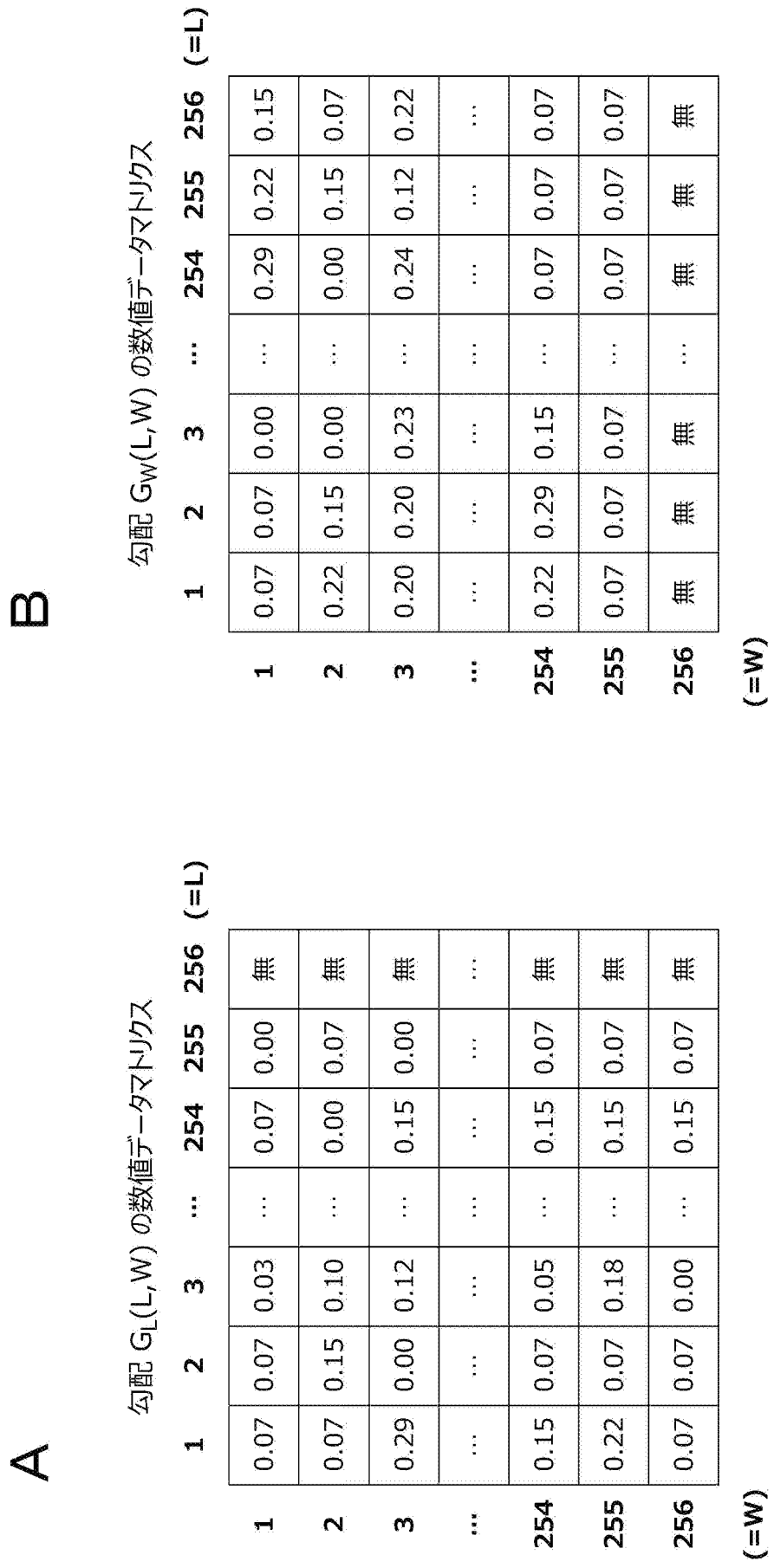
(=W)

[図56]

高さ ζ (L,W) の数値データマトリクス

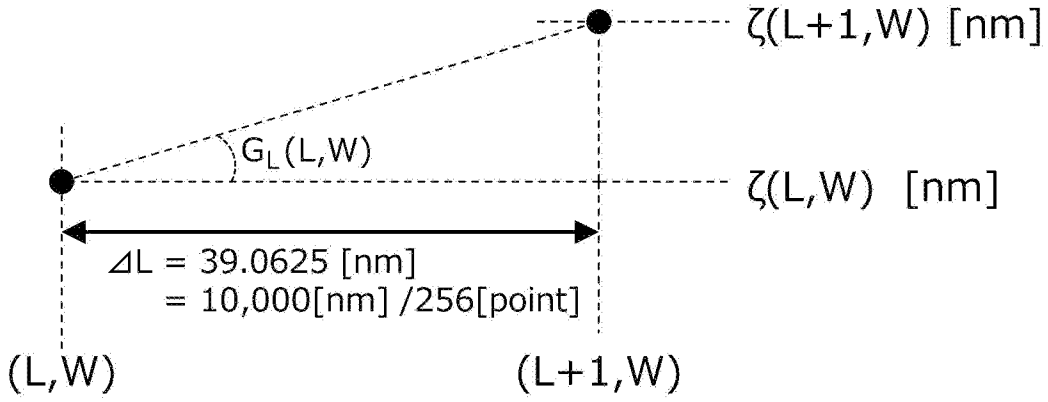
	1	2	3	…	254	255	256 (=L)
1	0.10	0.20	0.10	…	-0.10	0.00	0.00
2	0.20	0.30	0.10	…	0.30	0.30	0.20
3	0.50	0.10	0.10	…	0.30	0.10	0.10
…	…	…	…	…	…	…	…
254	0.50	0.30	0.20	…	-0.10	0.10	0.00
255	0.20	-0.10	0.00	…	-0.20	0.00	0.10
256 (=W)	0.10	0.00	-0.10	…	-0.30	-0.10	0.00

[図57]

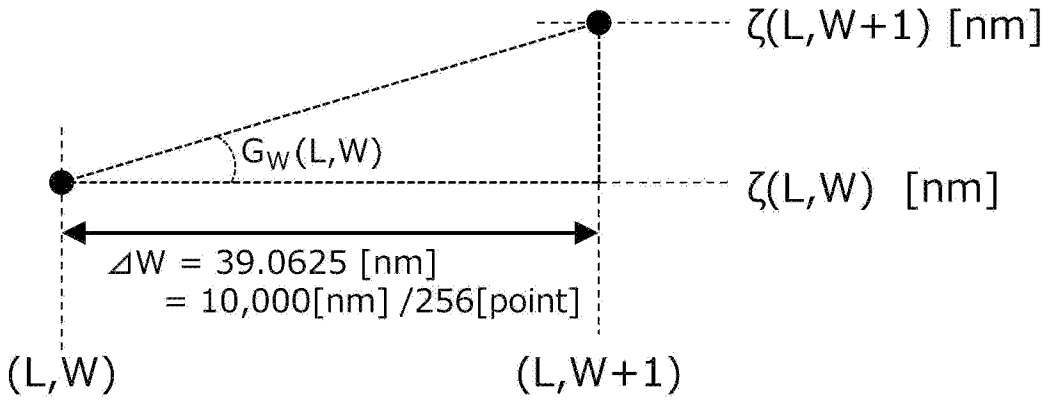

A
勾配 $G_L(L,W)$ のデータマトリクス
1 2 3 … 254 255 256 (=L)
1 0.07 0.07 0.03 … 0.07 0.00 無
2 0.07 0.15 0.10 … 0.00 0.07 無
3 0.29 0.00 0.12 … 0.15 0.00 無
… … … … … … … …
254 0.15 0.07 0.05 … 0.15 0.07 無
255 0.22 0.07 0.18 … 0.15 0.07 無
256 0.07 0.07 0.00 … 0.15 0.07 無
(=W)
B
勾配 $G_W(L,W)$ のデータマトリクス
1 2 3 … 254 255 256 (=L)
1 0.07 0.07 0.00 … 0.29 0.22 0.15
2 0.22 0.15 0.00 … 0.00 0.15 0.07
3 0.20 0.20 0.23 … 0.24 0.12 0.22
… … … … … … … …
254 0.22 0.29 0.15 … 0.07 0.07 0.07
255 0.07 0.07 0.07 … 0.07 0.07 0.07
256 無 無 無 … 無 無 無
(=W)

[図58]

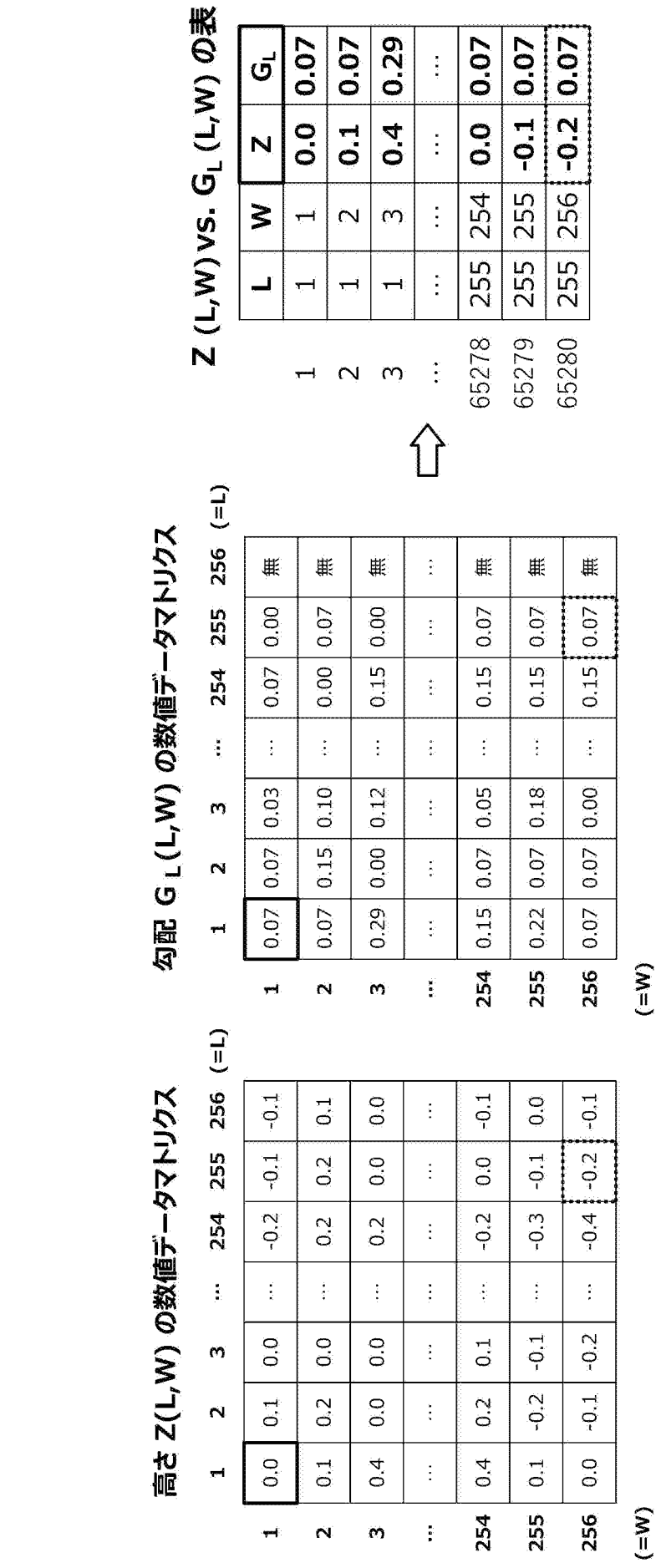
A


ζ(L+1,W) [nm]
G_L(L,W)
ζ(L,W) [nm]
⊿L = 39.0625 [nm]
= 10,000[nm] /256[point]
(L,W)
(L+1,W)

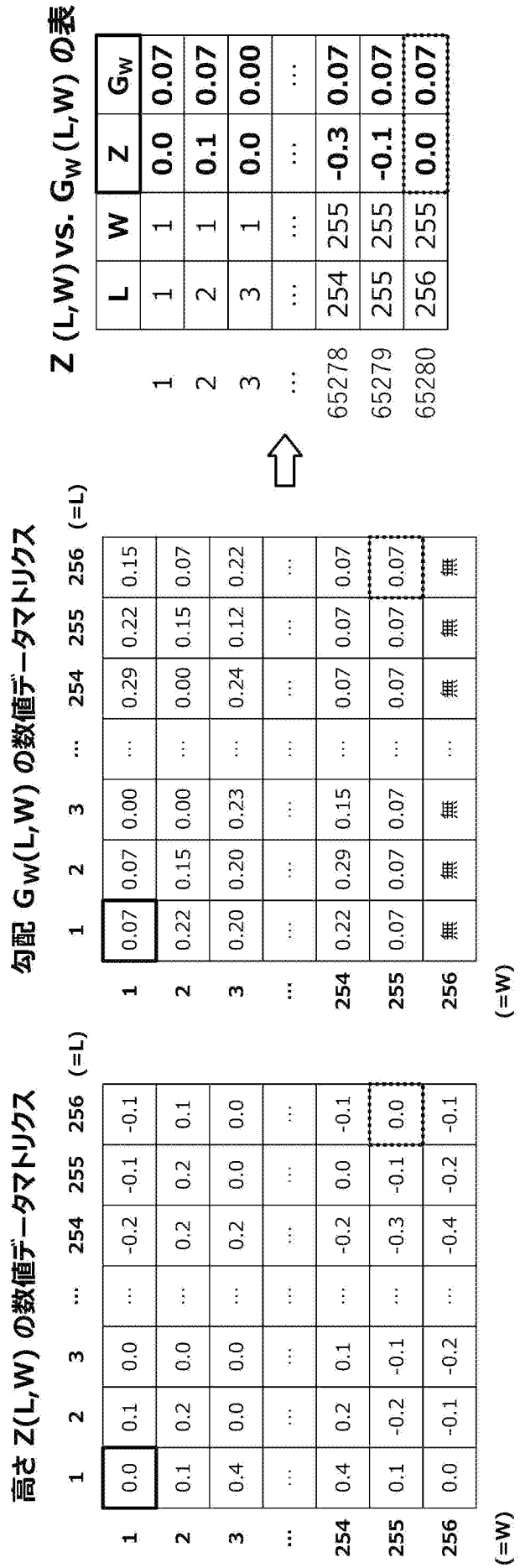
B


ζ(L,W+1) [nm]
G_W(L,W)
ζ(L,W) [nm]
⊿W = 39.0625 [nm]
= 10,000[nm] /256[point]
(L,W)
(L,W+1)

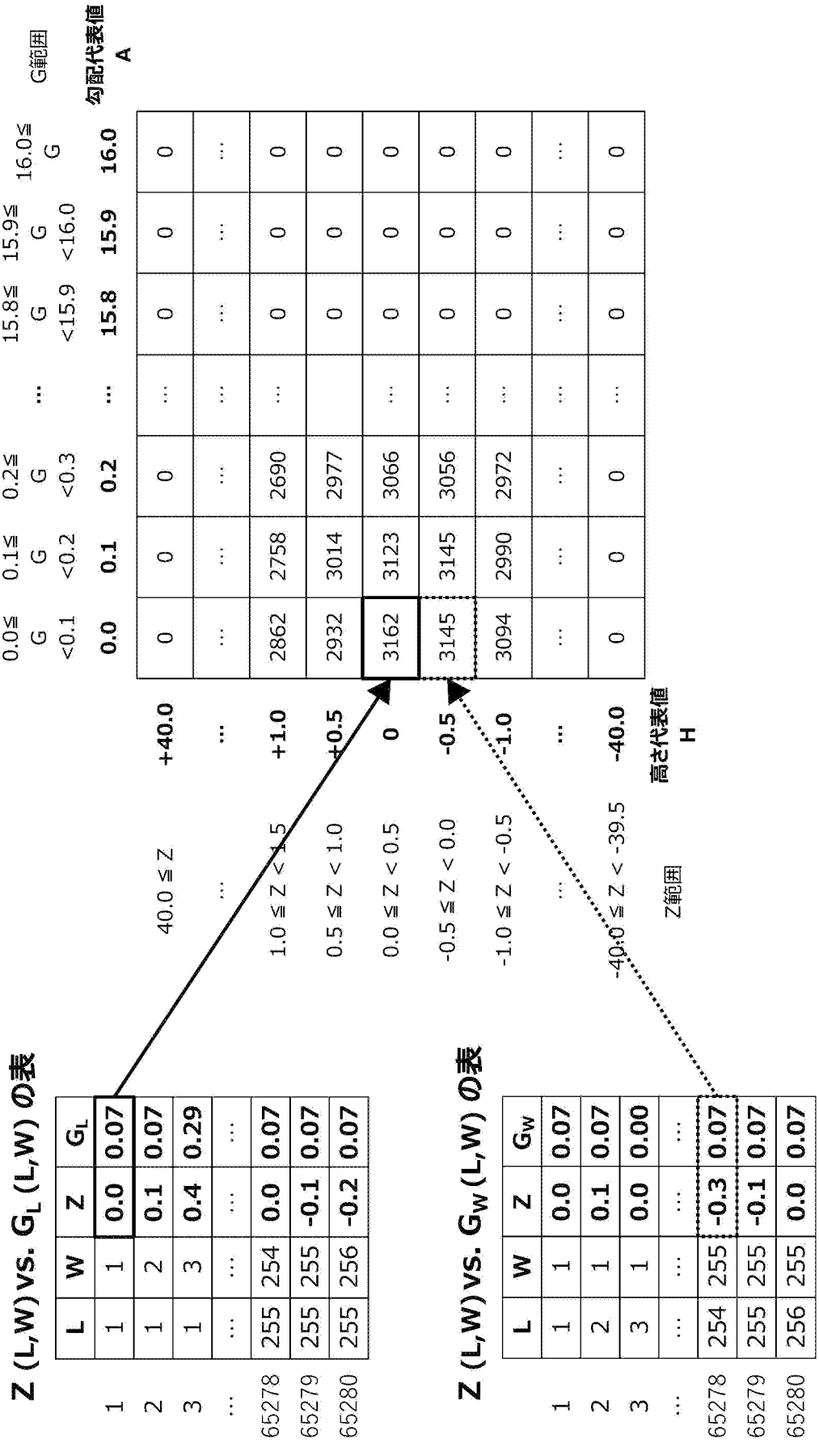
[図59]


高さ Z(L,W) の数値データマトリクス
勾配 G L (L,W) の数値データマトリクス
Z (L,W) vs. G L (L,W) の表
(=L)
(=W)
L
W
Z
G L

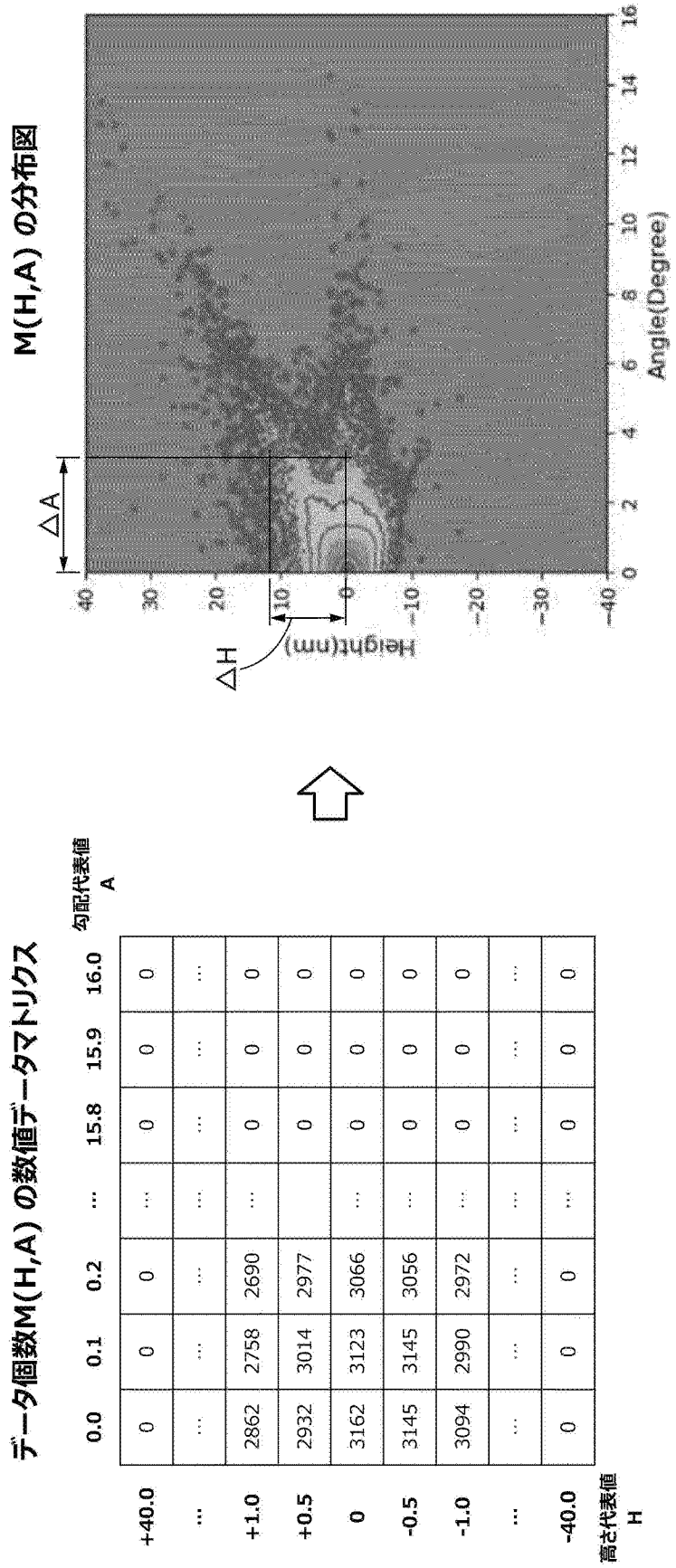
[図60]


高さ Z(L,W) の数値データマトリクス
勾配 G_W(L,W) の数値データマトリクス
Z (L,W) vs. G_W(L,W) の表
(=L)
(=W)
L
W
Z
G_W
無

[図61]


Z (L,W) vs. G_L (L,W) の表
L
W
Z
G_L
Z (L,W) vs. G_W (L,W) の表
L
W
Z
G_W
Z範囲
40.0 ≦ Z
1.0 ≦ Z < 1.5
0.5 ≦ Z < 1.0
0.0 ≦ Z < 0.5
-0.5 ≦ Z < 0.0
-1.0 ≦ Z < -0.5
-40.0 ≦ Z < -39.5
高さ代表値 H
+40.0
+1.0
+0.5
0
-0.5
-1.0
-40.0
0.0≦ G <0.1
0.1≦ G <0.2
0.2≦ G <0.3
15.8≦ G <15.9
15.9≦ G <16.0
16.0≦ G
G範囲
勾配代表値 A
0.0
0.1
0.2
15.8
15.9
16.0

[図62]


M(H,A) の分布図
ΔA
ΔH
Height(nm)
Angle(Degree)
データ個数M(H,A) の数値データマトリクス
勾配代表値 A
高さ代表値 H
0.0
0.1
0.2
...
15.8
15.9
16.0
+40.0
...
+1.0
+0.5
0
-0.5
-1.0
...
-40.0

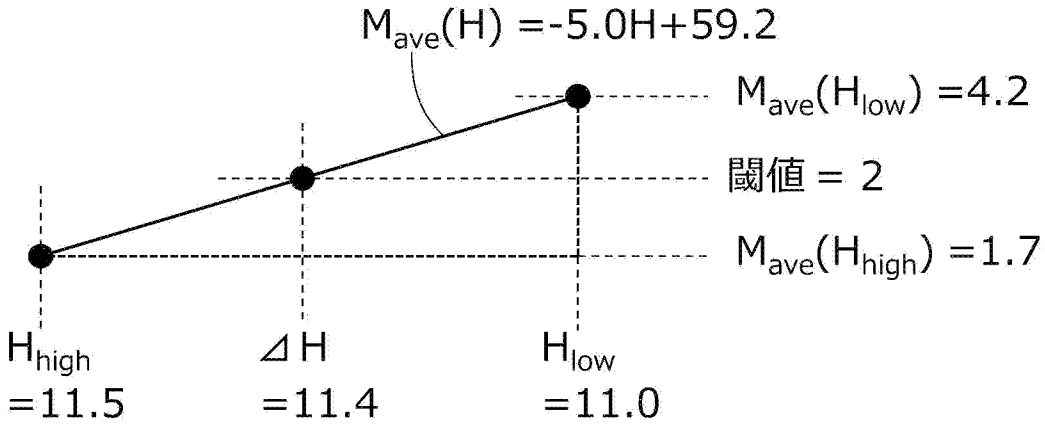
[図63]

データ個数M(H,A) の数値データマトリクス

		0.0	0.1	0.2	…	1.2
						勾配代表値 A
1.7	+11.5	0	2	2	…	2
4.2	+11.0	3	3	7	…	4
…	…	…	…	…	…	…
1844.9	+1.0	2862	2758	2690	…	674
1934.1	+0.5	2932	3014	2977	…	711
2037.1	0	3162	3123	3066	…	711
$M_{ave}(H)$	高さ代表値 H					

平均化

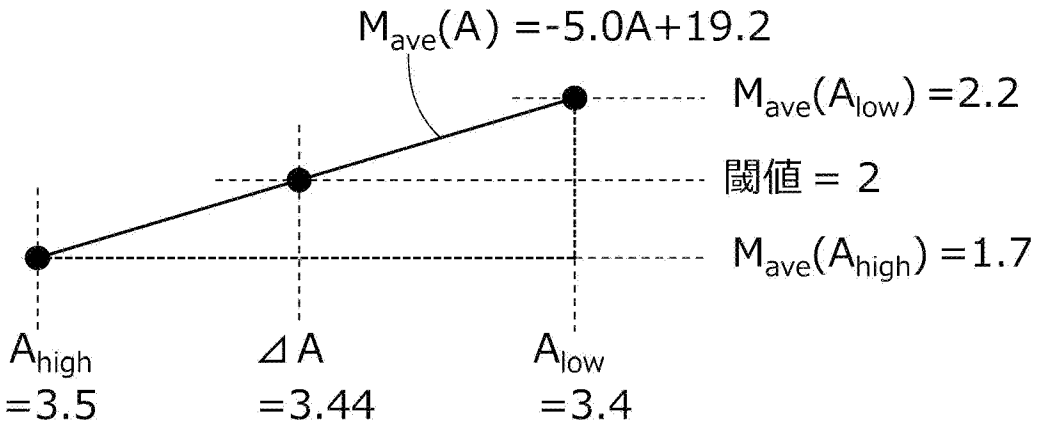
[図64]



[図65]

		916.2	902.5	889.0	…	2.2	1.7	$M_{ave}(A)$
	平均化	0.0	0.1	0.2	…	3.4	3.5	勾配代表値 A
1.7	+11.5	0	2	2	…	1	4	
4.2	+11.0	3	3	7	…	0	2	
…	…	…	…	…	…	…	…	
1844.9	+1.0	2862	2758	2690	…	5	1	
1934.1	+0.5	2932	3014	2977	…	3	2	
2037.1	0	3162	3123	3066	…	5	7	
$M_{ave}(H)$	高さ代表値 H							

[図66]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/037333

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B 5/70(2006.01)i; ***G11B 5/708***(2006.01)i; ***G11B 5/714***(2006.01)i; ***G11B 5/73***(2006.01)i; ***G11B 5/738***(2006.01)i; ***G11B 5/78***(2006.01)i; ***G11B 5/84***(2006.01)i; ***G11B 23/037***(2006.01)i
FI: G11B5/70; G11B5/708; G11B5/714; G11B5/73; G11B5/738; G11B5/78; G11B5/84 C; G11B23/037

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11B5/70; G11B5/708; G11B5/714; G11B5/73; G11B5/738; G11B5/78; G11B5/84; G11B23/037

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-179585 A (FUJIFILM CORP.) 17 October 2019 (2019-10-17) paragraph [0020]	1-20
A	JP 2022-003605 A (SONY GROUP CORP.) 11 January 2022 (2022-01-11) claims 1-3	1-20
A	JP 2000-285450 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 13 October 2000 (2000-10-13) claim 1	1-20
A	JP 2021-064432 A (SONY CORP.) 22 April 2021 (2021-04-22) claim 12	1-20
A	JP 10-134340 A (MITSUBISHI CHEM. CORP.) 22 May 1998 (1998-05-22) claim 1	1-20

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 December 2023	**26 December 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/037333

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-179585 A	17 October 2019	US 2019/0259417 A1 paragraph [0030] US 2020/0243111 A1 EP 3528252 A1 CN 110176255 A	
JP 2022-003605 A	11 January 2022	US 2023/0042175 A1 claims 1-3	
JP 2000-285450 A	13 October 2000	(Family: none)	
JP 2021-064432 A	22 April 2021	US 2022/0254374 A1 claim 12	
JP 10-134340 A	22 May 1998	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/037333

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G11B 5/70(2006.01)i; G11B 5/708(2006.01)i; G11B 5/714(2006.01)i; G11B 5/73(2006.01)i; G11B 5/738(2006.01)i; G11B 5/78(2006.01)i; G11B 5/84(2006.01)i; G11B 23/037(2006.01)i
FI: G11B5/70; G11B5/708; G11B5/714; G11B5/73; G11B5/738; G11B5/78; G11B5/84 C; G11B23/037

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G11B5/70; G11B5/708; G11B5/714; G11B5/73; G11B5/738; G11B5/78; G11B5/84; G11B23/037

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３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

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2019-179585 A (富士フイルム株式会社) 17.10.2019 (2019-10-17) 段落0020	1-20
A	JP 2022-003605 A (ソニーグループ株式会社) 11.01.2022 (2022-01-11) 請求項1-3	1-20
A	JP 2000-285450 A (富士写真フイルム株式会社) 13.10.2000 (2000-10-13) 請求項1	1-20
A	JP 2021-064432 A (ソニー株式会社) 22.04.2021 (2021-04-22) 請求項12	1-20
A	JP 10-134340 A (三菱化学株式会社) 22.05.1998 (1998-05-22) 請求項1	1-20

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
14.12.2023	26.12.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
中野　和彦 5C 3564

電話番号 03-3581-1101 内線 3541

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/037333

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-179585 A	17.10.2019	US 2019/0259417 A1 段落0030 US 2020/0243111 A1 EP 3528252 A1 CN 110176255 A	
JP 2022-003605 A	11.01.2022	US 2023/0042175 A1 請求項1-3	
JP 2000-285450 A	13.10.2000	（ファミリーなし）	
JP 2021-064432 A	22.04.2021	US 2022/0254374 A1 請求項12	
JP 10-134340 A	22.05.1998	（ファミリーなし）	