

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-9520

(P2020-9520A)

(43) 公開日 令和2年1月16日 (2020.1.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/70 (2006.01)	G 1 1 B 5/70	5 D 0 0 6
G 1 1 B 5/78 (2006.01)	G 1 1 B 5/78	5 D 0 4 2
G 1 1 B 5/584 (2006.01)	G 1 1 B 5/584	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 55 頁)

(21) 出願番号	特願2019-100043 (P2019-100043)	(71) 出願人	306037311
(22) 出願日	令和1年5月29日 (2019.5.29)		富士フイルム株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2018-125570 (P2018-125570)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(32) 優先日	平成30年6月29日 (2018.6.29)	(74) 代理人	110000109
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		特許業務法人特許事務所サイクス
		(72) 発明者	小沢 栄貴
			神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
		(72) 発明者	笠田 成人
			神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
		(72) 発明者	武者 敦史
			神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
		Fターム (参考)	5D006 BA19 EA01 FA09
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気テープ装置

(57) 【要約】

【課題】再生品質の向上が可能な磁気テープ装置の提供。

【解決手段】磁気テープを真空加熱する前後に磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は0nm超15.0nm以下であり、真空加熱した後と前に磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシングの差分は0nm超12.0nm以下であり、読取素子ユニットは磁気テープに含まれるトラック領域のうちの読取対象トラックを含む特定トラック領域からデータをリニアスキャン方式で各々読み取る複数の読取素子を有し、抽出部は読取素子毎の読取結果の各々に対して磁気テープと読取素子ユニットとの位置のずれ量に応じた波形等化処理を施すことにより読取結果から読取対象トラックに由来するデータを抽出する磁気テープ装置。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気テープと、
読取素子ユニットと、
抽出部と、
を含み、

前記磁気テープは、非磁性支持体上に強磁性粉末、結合剤および脂肪酸エステルを含む磁性層を有し、

前記磁気テープを真空加熱する前に前記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

前記磁気テープを真空加熱した後に前記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

前記磁気テープを真空加熱した後に前記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{after} と、前記磁気テープを真空加熱する前に前記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{before} との差分、 $S_{after} - S_{before}$ は、0 nm 超 12.0 nm 以下であり、

前記読取素子ユニットは、前記磁気テープに含まれるトラック領域のうちの読取対象トラックを含む特定トラック領域からデータをリニアスキャン方式で各々読み取る複数の読取素子を有し、

前記抽出部は、前記読取素子毎の読取結果の各々に対して、前記磁気テープと前記読取素子ユニットとの位置のずれ量に応じた波形等化処理を施すことにより、前記読取結果から、前記読取対象トラックに由来するデータを抽出する、磁気テープ装置。

【請求項 2】

前記複数の読取素子の互いの一部は、前記磁気テープの走行方向で重なっている、請求項 1 に記載の磁気テープ装置。

【請求項 3】

前記特定トラック領域は、前記読取対象トラックと前記読取対象トラックに隣接している隣接トラックとを含む領域であり、

前記複数の読取素子の各々は、前記磁気テープとの位置関係が変化した場合に、前記読取対象トラックおよび前記隣接トラックの双方に対して、共に跨っている、請求項 2 に記載の磁気テープ装置。

【請求項 4】

前記複数の読取素子は、前記磁気テープの幅方向に、近接した状態で並べて配置されている、請求項 1 に記載の磁気テープ装置。

【請求項 5】

前記磁気テープの幅方向において、前記複数の読取素子は、前記読取対象トラック内に収まっている、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

【請求項 6】

前記波形等化処理は、前記ずれ量に応じて定められるタップ係数を用いて行われる、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

【請求項 7】

前記複数の読取素子の各々について、前記読取対象トラックとの重複領域と前記読取対象トラックに隣接している隣接トラックとの重複領域との比が前記ずれ量から特定され、特定された前記比に応じて前記タップ係数が定められる、請求項 6 に記載の磁気テープ装置。

【請求項 8】

前記ずれ量は、前記磁気テープに予め付与されたサーボパターンをサーボ素子が読み取ることにより得られた結果に応じて定められる、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

【請求項 9】

前記サーボ素子により行われる読取動作に同期して、前記読取素子ユニットの読取動作が行われる、請求項 8 に記載の磁気テープ装置。

【請求項 10】

前記抽出部は、2 次元 F I R フィルタを有し、

前記 2 次元 F I R フィルタは、前記読取素子毎の読取結果の各々に対して前記波形等化処理を施すことにより得られた各結果を合成することによって、前記読取結果から前記読取対象トラックに由来するデータを抽出する、請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

【請求項 11】

前記複数の読取素子是一对の読取素子である、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

10

【請求項 12】

前記磁気テープを真空加熱する前に前記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、2.0 nm 以上 15.0 nm 以下である、請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

【請求項 13】

前記磁気テープを真空加熱した後に前記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、2.0 nm 以上 15.0 nm 以下である、請求項 1 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

【請求項 14】

前記差分、 $S_{after} - S_{before}$ 、は、1.0 nm 以上 12.0 nm 以下である、請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の磁気テープ装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気テープ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気記録媒体へのデータの記録および／または記録されたデータの読み取り（再生）を行う磁気記録再生装置は、磁気ディスク装置と磁気テープ装置に大別される。磁気ディスク装置の代表例は HDD (Hard Disk Drive) である。磁気ディスク装置では、磁気記録媒体として磁気ディスクが使用される。一方、磁気テープ装置では、磁気記録媒体として磁気テープが使用される。

30

【0003】

磁気ディスク装置および磁気テープ装置のいずれにおいても、記録トラック幅を狭小化することは記録容量を高めるため（高容量化）に好ましい。他方、記録トラック幅を狭小化するほど、再生時に読取対象トラックの信号に隣接トラックの信号が混入し易くなるため、SNR (Signal-to-Noise Ratio) 等の再生品質を維持することは困難になる。この点に関し、近年、複数の読取素子（「再生素子」とも呼ばれる。）によって記録トラックの信号を二次元的に読み取ることにより、再生品質の向上を図ることが提案されている（例えば特許文献 1 ～ 3 参照）。こうして再生品質を向上できれば、記録トラック幅を狭小化しても再生品質を維持することができるため、記録トラック幅の狭小化により記録容量を高めることが可能となる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2016-110680 号公報

【特許文献 2】特開 2011-134372 号公報

【特許文献 3】米国特許第 7755863 号明細書

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1および2では、磁気ディスク装置に関する検討が行われている。一方、磁気テープは、近年、大容量のデータを長期間保存するためのデータストレージメディアとして注目されている。しかし、磁気テープ装置は、一般に、磁気テープと読取素子とが接触し摺動することによってデータ読取（再生）が行われる摺動型の装置である。そのため、再生時に読取素子と読取対象トラックとの相対位置が変動し易く、再生品質の向上は、磁気ディスク装置と比べてより困難な傾向がある。特許文献3には、磁気テープ装置（テープドライブ）に関する記載はあるものの、磁気テープ装置における再生品質向上のための具体的な手段は示されていない。

10

【0006】

本発明の一態様は、再生品質の向上が可能な磁気テープ装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様は、
磁気テープと、
読取素子ユニットと、
抽出部と、
を含み、

上記磁気テープは、非磁性支持体上に強磁性粉末、結合剤および脂肪酸エステルを含む磁性層を有し、

上記磁気テープを真空加熱する前に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅（以下、「 $FWHM_{before}$ 」とも記載する。）は、 0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

上記磁気テープを真空加熱した後に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅（以下、「 $FWHM_{after}$ 」とも記載する。）は、 0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

上記磁気テープを真空加熱した後に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{after} と、上記磁気テープを真空加熱する前に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{before} との差分（ $S_{after} - S_{before}$ ）（以下、単に「差分（ $S_{after} - S_{before}$ ）」とも記載する。）は、 0 nm 超 12.0 nm 以下であり、

20

30

上記読取素子ユニットは、上記磁気テープに含まれるトラック領域のうちの読取対象トラックを含む特定トラック領域からデータをリニアスキャン方式で各々読み取る複数の読取素子を有し、

上記抽出部は、上記読取素子毎の読取結果の各々に対して、上記磁気テープと上記読取素子ユニットとの位置のずれ量に応じた波形等化処理を施すことにより、上記読取結果から、上記読取対象トラックに由来するデータを抽出する、磁気テープ装置、

に関する。

【0008】

一態様では、上記複数の読取素子の互いの一部は、上記磁気テープの走行方向で重なっていることができる。

40

【0009】

一態様では、上記特定トラック領域は、上記読取対象トラックと上記読取対象トラックに隣接している隣接トラックとを含む領域であることができ、上記複数の読取素子の各々は、上記磁気テープとの位置関係が変化した場合に、上記読取対象トラックおよび上記隣接トラックの双方に対して、共に跨っていることができる。

【0010】

一態様では、上記複数の読取素子は、上記磁気テープの幅方向に、近接した状態で並べて配置されていることができる。

50

【0011】

一態様では、上記磁気テープの幅方向において、上記複数の読取素子は、上記読取対象トラック内に収まっていることができる。

【0012】

一態様では、上記波形等化処理は、上記ずれ量に応じて定められるタップ係数を用いて行われ得る。

【0013】

一態様では、上記複数の読取素子の各々について、上記読取対象トラックとの重複領域と上記読取対象トラックに隣接している隣接トラックとの重複領域との比が上記ずれ量から特定され得て、特定された上記比に応じて上記タップ係数が定められ得る。

10

【0014】

一態様では、上記ずれ量は、上記磁気テープに予め付与されたサーボパターンをサーボ素子が読み取ることにより得られた結果に応じて定められ得る。

【0015】

一態様では、上記サーボ素子により行われる読取動作に同期して、上記読取素子ユニットの読取動作が行われ得る。

【0016】

一態様では、上記抽出部は、2次元FIR (Finite Impulse Response) フィルタを有することができ、上記2次元FIRフィルタは、上記読取素子毎の読取結果の各々に対して上記波形等化処理を施すことにより得られた各結果を合成することによって、上記読取結果から上記読取対象トラックに由来するデータを抽出することができる。

20

【0017】

一態様では、上記複数の読取素子是一对の読取素子であることができる。

【0018】

一態様では、上記磁気テープを真空加熱する前に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、2.0nm以上15.0nm以下であることができる。

【0019】

一態様では、上記磁気テープを真空加熱した後に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、2.0nm以上15.0nm以下であることができる。

30

【0020】

一態様では、上記差分 (S a f t e r - S b e f o r e) は、1.0nm以上12.0nm以下であることができる。

【発明の効果】

【0021】

本発明の一態様によれば、磁気テープに記録されたデータを高い再生品質で再生可能な磁気テープ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0022】

【図1】磁気テープ装置の全体構成の一例を示す概略構成図である。

【図2】磁気テープ装置に含まれる読取ヘッドと磁気テープとの平面視の概略構成の一例を示す概略平面図である。

【図3】読取素子ユニットと磁気テープとの平面視の概略構成の一例を示す概略平面図である。

【図4】トラック領域と読取素子対との平面視の概略構成の一例を示す概略平面図である。

【図5】単一読取素子データと第1条件下での第1合成データとの各々に関するS N Rとトラックオフセットとの相関の一例を示すグラフである。

50

【図 6】単一読取素子データと第 2 条件下での第 2 合成データとの各々に関する S N R とトラックオフセットとの相関の一例を示すグラフである。

【図 7】磁気テープ装置の電気系のハードウェアの要部構成の一例を示すブロック図である。

【図 8】ずれ量の算出方法の説明に供する概念図である。

【図 9】磁気テープ読取処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 10】抽出部の 2 次元 F I R フィルタで行われる処理の説明に供する概念図である。

【図 11】読取素子ユニットが読取対象トラックと第 2 のノイズ混入源トラックとに跨っている状態の一例を示す概略平面図である。

【図 12】読取素子ユニットの第 1 の変形例を示す概略平面図である。

【図 13】読取素子ユニットの第 2 の変形例を示す概略平面図である。

【図 14】L T O (L i n e a r - T a p e - O p e n) U l t r i u m フォーマットテープのサーボパターン配置例を示す。

【図 15】実施例で用いた振動付与装置の概略構成図である。

【図 16】第 1 の従来例の説明に供する概念図である。

【図 17】第 2 の従来例の説明に供する概念図である。

【図 18】単一読取素子から得られる再生信号の 2 次元像の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明の一態様にかかる磁気テープ装置は、磁気テープと、読取素子ユニットと、抽出部と、を含む。

【0024】

磁気テープからのデータの読み取りに関して、図 16 に示す従来例では、長尺状の読取ヘッド 200 が、長手方向に沿って複数の読取素子 202 を備えている。磁気テープ 204 には、複数のトラック 206 が形成されている。読取ヘッド 200 は、長手方向が磁気テープ 204 の幅方向に一致するように配置されている。また、複数の読取素子 202 の各々は、複数のトラック 206 の各々に対して 1 対 1 の関係で割り当てられており、対向する位置のトラック 206 からデータを読み取る。

【0025】

しかし、磁気テープ 204 は、通常、経時、環境、およびテンションの変動等に起因して伸縮する。磁気テープ 204 の幅方向に磁気テープが伸縮すると、読取ヘッド 200 において、長手方向の両端に配置された読取素子 202 の中心は、トラック 206 の中心からずれてしまう。磁気テープ 204 が幅方向に伸縮することにより変形すると、特に、複数の読取素子 202 のうち、読取ヘッド 200 の両端に近い読取素子 202 ほど、オフトラックの影響を大きく受けてしまう。オフトラックの影響を小さくするためには、例えば、トラック 206 の幅に余裕を持たせるという方法が考えられる。しかし、トラック 206 の幅を広げるほど、磁気テープ 204 の記録容量は小さくなってしまう。

【0026】

また、一例として図 17 に示す従来例のように、読取ヘッド 200 には、通常、サーボ素子 208 が設けられている。磁気テープ 204 に対して、磁気テープ 204 の走行方向に沿って予め付与されたサーボパターンは、サーボ素子 208 によって読み取られる。そして、サーボ素子 208 によってサーボパターンが読み取られて得られたサーボ信号から、制御装置（図示省略）によって、例えば、一定の時間間隔で、読取素子 202 が磁気テープ 204 上のどの位置を走行しているかが特定される。これにより、磁気テープ 204 の幅方向の P E S (P o s i t i o n E r r o r S i g n a l) が制御装置によって検出される。

【0027】

このように、制御装置により読取素子 202 の走行位置が特定されると、特定された走行位置に基づいて、制御装置により、読取ヘッド用のアクチュエータ（図示省略）に対して帰還制御が行われることにより、磁気テープ 204 の幅方向のトラッキングが実現され

10

20

30

40

50

る。

【0028】

しかし、トラッキングが行われたとしても、急峻な振動およびジッタの高周波成分等は、PESが増大する要因となり、読取対象トラックから読み取られたデータの再生品質の低下に繋がってしまう。

これに対し、本発明の一態様にかかる磁気テープ装置において、読取素子ユニットは、磁気テープに含まれるトラック領域のうちの読取対象トラックを含む特定トラック領域からデータをリニアスキャン方式で各々読み取る複数の読取素子を有し、上記抽出部は、上記読取素子毎の読取結果の各々に対して、上記磁気テープと上記読取素子ユニットとの位置のずれ量に応じた波形等化処理を施すことにより、上記読取結果から、上記読取対象トラックに由来するデータを抽出する。これにより、上記磁気テープ装置によれば、読取対象トラックからリニアスキャン方式で単一の読取素子のみによってデータが読み取られる場合に比べ、読取対象トラックから読み取られるデータの再生品質を高めることができる。その結果、良好な再生品質を確保できるずれ量（トラックオフセット量）の許容量を大きくすることができる。

10

また、上記のずれ量は、通常、サーボパターンの読み取りにより検出される。しかし実際には、サーボパターンが形成されている周期より小さな周期で位置変動が発生する場合がある。そのような小さな周期の位置変動が発生している箇所を読み取られた読取結果に対しては、上記のずれ量に応じた波形等化処理は、必ずしも最適な波形等化処理とは言えない場合がある。これに対し、上記の小さな周期の位置変動を抑制することができれば、各箇所を読み取られた読取結果に対して、より適した波形等化処理を施すことが可能となる。その結果、上記の波形等化処理によって良好な再生品質を確保できるずれ量の許容量を大きくすることができる。

20

以上のように、良好な再生品質を確保できるずれ量の許容量を大きくできることは、トラックマージン（記録トラック幅－再生素子幅）を小さくしても高い再生品質（例えば高SNR、低エラーレート等）での再生を可能にすることに寄与し得る。そしてトラックマージンを小さくできることは、記録トラック幅を小さくして磁気テープの幅方向に配置可能な記録トラック数を増すこと、即ち高容量化に寄与し得る。

以上の点に関して、上記磁気テープ装置においてデータの読み取りが行われる磁気テープが、上記範囲内のFWHM_{before}、FWHM_{after}および差分（S_{after}－S_{before}）を有することは、磁気テープと読取素子との貼り付きの発生を抑制しつつ、読取素子と磁気テープとの摺動性を向上させることにつながると考えられる。このことが、上記の小さな周期の位置変動を抑制することに寄与すると推察される。この点については更に後述する。

30

【0029】

以下、上記磁気テープ装置について、更に詳細に説明する。以下では、上記磁気テープ装置について図面を参照して説明することがある。ただし上記磁気テープ装置は、図面に示す態様に限定されるものではない。

【0030】

〔磁気テープ装置の構成および磁気テープ読取処理〕

40

一例として図1に示すように、磁気テープ装置10は、磁気テープカートリッジ12、搬送装置14、読取ヘッド16、および制御装置18を備えている。

【0031】

磁気テープ装置10は、磁気テープカートリッジ12から磁気テープMTを引き出し、引き出した磁気テープMTから読取ヘッド16を用いてデータをリニアスキャン方式で読み取る装置である。データの読み取りとは、データの再生とも言うことができる。

【0032】

制御装置18は、磁気テープ装置10の全体を制御する。一態様では、制御装置18により行われる制御は、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）によって実現され得る。また、一態様では、制御装置1

50

8により行われる制御は、FPGA (Field-Programmable Gate Array) によって実現され得る。また、制御装置18により行われる制御は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、およびRAM (Random Access Memory)を含むコンピュータによって実現されてもよい。また、AISC、FPGA、およびコンピュータのうちの2つ以上の組み合わせにより、上記制御が実現されてもよい。

【0033】

搬送装置14は、磁気テープMTを順方向および逆方向に選択的に搬送する装置であり、送出モータ20、巻取リール22、巻取モータ24、複数のガイドローラGR、および制御装置18を備えている。

10

【0034】

磁気テープカートリッジ12内には、カートリッジリールCRが設けられている。カートリッジリールCRには磁気テープMTが巻き掛けられている。送出モータ20は、制御装置18の制御下で、磁気テープカートリッジ12内のカートリッジリールCRを回転駆動させる。制御装置18は、送出モータ20を制御することで、カートリッジリールCRの回転方向、回転速度、および回転トルク等を制御する。

【0035】

磁気テープMTが巻取リール22によって巻き取られる場合には、制御装置18によって、磁気テープMTを順方向に走行させるように送出モータ20を回転させる。送出モータ20の回転速度および回転トルク等は、巻取リール22によって巻き取られる磁気テープMTの速度に応じて調整される。

20

【0036】

巻取モータ24は、制御装置18の制御下で、巻取リール22を回転駆動させる。制御装置18は、巻取モータ24を制御することで、巻取リール22の回転方向、回転速度、および回転トルク等を制御する。

【0037】

磁気テープMTが巻取リール22によって巻き取られる場合には、制御装置18によって、磁気テープMTを順方向に走行させるように巻取モータ24を回転させる。巻取モータ24の回転速度および回転トルク等は、巻取リール22によって巻き取られる磁気テープMTの速度に応じて調整される。

30

【0038】

このようにして送出モータ20および巻取モータ24の各々の回転速度および回転トルク等が調整されることで、磁気テープMTに既定範囲内の張力が付与される。ここで、既定範囲内とは、例えば、磁気テープMTから読取ヘッド16によってデータが読取可能な張力の範囲として、コンピュータシミュレーションおよび／または実機試験等により得られた張力の範囲を指す。

【0039】

磁気テープMTをカートリッジリールCRに巻き戻す場合には、制御装置18によって、磁気テープMTを逆方向に走行させるように送出モータ20および巻取モータ24を回転させる。

40

【0040】

一態様では、送出モータ20および巻取モータ24の回転速度および回転トルク等が制御されることにより磁気テープMTの張力が制御されている。また、一態様では、磁気テープMTの張力は、ダンサローラを用いて制御されてもよいし、バキュームチャンバに磁気テープMTを引き込むことによって制御されてもよい。

【0041】

複数のガイドローラGRの各々は、磁気テープMTを案内するローラである。磁気テープMTの走行経路は、複数のガイドローラGRが磁気テープカートリッジ12と巻取リール22との間において読取ヘッド16を跨ぐ位置に分けて配置されることによって定められている。

50

【0042】

読取ヘッド16は、読取部26およびホルダ28を備えている。読取部26は、走行中の磁気テープMTに接触するようにホルダ28によって保持されている。

【0043】

一例として図2に示すように、磁気テープMTは、トラック領域30およびサーボパターン32を備えている。サーボパターン32は、磁気テープMTに対する読取ヘッド16の位置の検出に用いられるパターンである。サーボパターン32は、テープ幅方向の両端部に、第1既定角度（例えば、95度）の第1斜線32Aと、第2既定角度（例えば、85度）の第2斜線32Bとが磁気テープMTの走行方向に沿って一定のピッチ（周期）で交互に配置されたパターンである。ここで言う「テープ幅方向」とは、磁気テープMTの幅方向を指す。

10

【0044】

トラック領域30は、読取対象とされるデータが書き込まれた領域であり、磁気テープMTのテープ幅方向の中央部に形成されている。ここで言う「テープ幅方向の中央部」とは、例えば、磁気テープMTのテープ幅方向の一端部のサーボパターン32と他端部のサーボパターン32との間の領域を指す。以下では、説明の便宜上、「磁気テープMTの走行方向」を単に「走行方向」と称する。

【0045】

読取部26は、サーボ素子対36および複数の読取素子ユニット38を備えている。ホルダ28は、テープ幅方向に長尺状に形成されており、ホルダ28の長手方向の全長は、磁気テープMTの幅よりも長い。サーボ素子対36は、ホルダ28の長手方向の両端部に配置されており、複数の読取素子ユニット38は、ホルダ28の長手方向の中央部に配置されている。

20

【0046】

サーボ素子対36は、サーボ素子36Aおよび36Bを備えている。サーボ素子36Aは、磁気テープMTのテープ幅方向の一端部のサーボパターン32に対向する位置に配置されており、サーボ素子36Bは、磁気テープMTのテープ幅方向の他端部のサーボパターン32に対向する位置に配置されている。

【0047】

ホルダ28において、サーボ素子36Aとサーボ素子36Bとの間には、複数の読取素子ユニット38がテープ幅方向に沿って配置されている。トラック領域30は、複数のトラックをテープ幅方向に等間隔に備えており、磁気テープ装置10がデフォルトの状態では、複数の読取素子ユニット38の各々がトラック領域30内の各トラックに対向して配置されている。

30

【0048】

よって、読取部26と磁気テープMTとが磁気テープMTの長手方向に沿って直線状に相対移動することにより、トラック領域30内の各トラックのデータは、複数の読取素子ユニット38のうちの位置が対応する読取素子ユニット38の各々によってリニアスキャン方式で読み取られる。また、リニアスキャン方式では、読取素子ユニット38の読取動作と同期して、サーボ素子対36によってサーボパターン32が読み取られる。すなわち、リニアスキャン方式の一態様では、複数の読取素子ユニット38とサーボ素子対36によって磁気テープMTに対する読み取りが並行して行われる。

40

【0049】

ここで、上記の「トラック領域30内の各トラック」とは、「磁気テープに含まれるトラック領域のうちの読取対象トラックを各々含む複数の特定トラック領域の各々」に含まれるトラックを指す。

【0050】

上記の「磁気テープ装置10がデフォルトの状態」とは、磁気テープMTが変形することなく、かつ、磁気テープMTと読取ヘッド16との位置関係が正しい位置関係にある状態を指す。ここで、「正しい位置関係」とは、例えば、磁気テープMTのテープ幅方向の

50

中心と読取ヘッド 16 の長手方向の中心とが一致する位置関係を指す。

【0051】

一態様において、複数の読取素子ユニット 38 の各々は同じ構成である。以下では、説明の便宜上、複数の読取素子ユニット 38 のうちの 1 つを例に挙げて説明する。一例として図 3 に示すように、読取素子ユニット 38 は、一对の読取素子を備えている。図 3 に示す例において、「一对の読取素子」とは、第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 を指す。第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 の各々は、トラック領域 30 のうち読取対象トラック 30A を含む特定トラック領域 31 からデータを読み取る。

【0052】

図 3 に示す例では、説明の便宜上、1 つの特定トラック領域 31 を示している。実際には、通常、トラック領域 30 には、複数の特定トラック領域 31 が存在し、各々の特定トラック領域 31 に読取対象トラック 30A が含まれている。そして、複数の特定トラック領域 31 の各々に対して読取素子ユニット 38 が 1 つずつ割り当てられている。具体的には、複数の特定トラック領域 31 の各々の読取対象トラック 30A に対して読取素子ユニット 38 が 1 つずつ割り当てられている。

10

【0053】

特定トラック領域 31 とは、隣接する 3 つのトラックを指す。隣接する 3 つのトラックのうちの 1 つ目のトラックは、トラック領域 30 のうちの読取対象トラック 30A である。隣接する 3 つのトラックのうちの 2 つ目のトラックは、読取対象トラック 30A に隣接する隣接トラックの 1 つである第 1 のノイズ混入源トラック 30B である。隣接する 3 つのトラックのうちの 3 つ目のトラックは、読取対象トラック 30A に隣接する隣接トラックの 1 つである第 2 のノイズ混入源トラック 30C である。読取対象トラック 30A は、トラック領域 30 において読取素子ユニット 38 に対向する位置のトラックである。すなわち、読取対象トラック 30A とは、換言すると、読取素子ユニット 38 のデータの読取対象とされたトラックを指す。

20

【0054】

第 1 のノイズ混入源トラック 30B は、読取対象トラック 30A に対してテープ幅方向の一側方に隣接しており、読取対象トラック 30A から読み取られたデータに混入するノイズの混入源となるトラックである。第 2 のノイズ混入源トラック 30C は、読取対象トラック 30A に対してテープ幅方向の他側方に隣接しており、読取対象トラック 30A から読み取られたデータに混入するノイズの混入源となるトラックである。以下では、説明の便宜上、第 1 のノイズ混入源トラック 30B と第 2 のノイズ混入源トラック 30C とを区別して説明する必要がない場合、符号を付さずに「隣接トラック」と称する。

30

【0055】

一態様では、トラック領域 30 内において、テープ幅方向に一定の間隔で複数の特定トラック領域 31 が配置されている。例えば、トラック領域 30 内において、テープ幅方向に一定の間隔で 32 個の特定トラック領域 31 が配置されており、各特定トラック領域 31 に対して読取素子ユニット 38 が 1 つずつ割り当てられている。

【0056】

第 1 読取素子 40 と第 2 読取素子 42 とは、走行方向で近接した状態で、かつ、走行方向で一部が重なる位置に配置されている。磁気テープ装置 10 のデフォルトの状態では、第 1 読取素子 40 は、読取対象トラック 30A と第 1 のノイズ混入源トラック 30B とを跨ぐ位置に配置されている。磁気テープ装置 10 のデフォルトの状態では、第 2 読取素子 42 は、読取対象トラック 30A と第 1 のノイズ混入源トラック 30B とを跨ぐ位置に配置されている。

40

【0057】

磁気テープ装置 10 のデフォルトの状態では、平面視において、第 1 読取素子 40 のうちの読取対象トラック 30A に対向している部分の面積は、第 1 読取素子 40 のうちの第 1 のノイズ混入源トラック 30B に対向している部分の面積よりも大きい。一方、磁気テープ装置 10 のデフォルトの状態では、平面視において、第 2 読取素子 42 のうちの第 1 のノ

50

イズ混入源トラック30Bと対向している部分の面積は、第1読取素子40のうちの読取対象トラック30Aと対向している部分の面積よりも大きい。

【0058】

第1読取素子40によって読み取られたデータに対しては後述の第1等化器70（図7参照）によって波形等化处理が施される。第2読取素子42によって読み取られたデータに対しては後述の第2等化器72（図7参照）によって波形等化处理が施される。第1等化器70および第2等化器72の各々によって波形等化处理が施されて得られた各データは、加算器44によって加算されることで合成される。

【0059】

図3では、読取素子ユニット38が第1読取素子40および第2読取素子42を有する態様を例に説明している。ただし、例えば、一对の読取素子のうちの1つの読取素子のみ（以下、単一読取素子とも称する）を用いても、読取素子ユニット38から得られる再生信号に相当する信号が得られる。

【0060】

この場合、例えば、一例として図8に示すように、単一読取素子から得られる再生信号を、再生信号と同期してサーボ素子対36によって取得されたサーボ信号から算出されるトラック上の平面位置に割り当てる。そして、これをテープ幅方向に単一読取素子を移動させながら繰り返すことで、再生信号の2次元像（以下、単に「2次元像」と称する）を得る。ここで、2次元像、または、2次元像の一部を構成する再生信号（例えば、複数のトラックの位置に相当する再生信号）は、読取素子ユニット38から得られる再生信号に相当する信号である。

【0061】

図18には、ループ状にした磁気テープMT（以下、「ループテープ」とも称する）を、ループテストを用いて得た再生信号の2次元像の一例が示されている。ここで、ループテストとは、例えば、ループテープを単一読取素子に対して繰り返し接触させた状態で搬送させる装置を指す。ループテストと同様に2次元像を得るためには、リールテストを用いてもよいし、実際のテープドライブを用いてもよい。ここで言う「リールテスト」とは、例えば、磁気テープMTをリール形態で搬送させる装置を指す。

【0062】

このように、近接した位置に複数の読取素子を搭載した読取素子ユニットを有しない従来型の磁気テープ用ヘッドを用いたとしても、本明細書に記載の技術に係る効果を定量的に評価することができる。本明細書に記載の技術に係る効果を定量的に評価するための指標の一例として、SNR、エラーレート等が挙げられる。

【0063】

図4～図6には、本発明者らが実験して得られた結果が示されている。一例として図4に示すように、トラック領域49上には読取素子対50が配置されている。トラック領域49は、テープ幅方向に隣接する第1トラック49A、第2トラック49B、および第3トラック49Cを含む。読取素子対50は、第1読取素子50Aおよび第2読取素子50Bからなる。第1読取素子50Aと第2読取素子50Bとは、テープ幅方向で近接する位置に配置されている。また、第1読取素子50Aは、読取対象トラックである第2トラック49Bに対向し、かつ、第2トラック49Bに収まるように配置されている。また、第2読取素子50Bは、第2トラック49Bの一侧方に隣接する第1トラック49Aに対向し、かつ、第1トラック49Aに収まるように配置されている。

【0064】

図5には、単一読取素子データと第1条件下での第1合成データとの各々に関するSNRとトラックオフセットとの相関の一例が示されている。また、図6には、単一読取素子データと第2条件下での第2合成データとの各々に関するSNRとトラックオフセットとの相関の一例が示されている。

【0065】

ここで、単一読取素子データとは、図3に示す第1読取素子40と同様に、第1読取素

10

20

30

40

50

子 50 A によって読み取られたデータに対して波形等化処理が施されて得られたデータを指す。第 1 条件とは、読取素子ピッチが 700 nm (ナノメートル) との条件を指す。第 2 条件とは、読取素子ピッチが 500 nm との条件を指す。読取素子ピッチとは、一例として図 4 に示すように、第 1 読取素子 50 A と第 2 読取素子 50 B とのテープ幅方向のピッチを指す。トラックオフセットとは、一例として図 4 に示すように、第 2 トラック 49 B のテープ幅方向の中心と第 1 読取素子 50 A のトラック幅方向の中心とのずれ量を指す。

【0066】

第 1 合成データとは、第 1 条件下で各々得られた第 1 波形等化処理済みデータと第 2 波形等化処理済みデータとが加算されることで合成されたデータを指す。第 1 波形等化処理済みデータとは、図 3 に示す第 1 読取素子 40 と同様に、第 1 読取素子 50 A によって読み取られたデータに対して波形等化処理が施されて得られたデータを指す。第 2 波形等化処理済みデータとは、図 3 に示す第 2 読取素子 42 と同様に、第 2 読取素子 50 B によって読み取られたデータに対して波形等化処理が施されて得られたデータを指す。第 2 合成データとは、第 2 条件下で各々得られた第 1 波形等化処理済みデータと第 2 波形等化処理済みデータとが加算されることで合成されたデータを指す。

【0067】

図 5 に示す第 1 合成データの SNR と図 6 に示す第 2 合成データの SNR とを比較すると、第 1 合成データの SNR は、トラックオフセットが $-0.4 \mu\text{m}$ (マイクロメートル) $\sim 0.2 \mu\text{m}$ 辺りで急激に下落してグラフの途中で溝が生じているのに対し、第 2 合成データの SNR は、第 1 合成データの SNR のグラフのように途中で急激に下落することはない。第 1 合成データの SNR および第 2 合成データの SNR の各々は、単一読取素子データの SNR よりも高く、特に、第 2 合成データの SNR は、トラックオフセットの全範囲において、単一読取素子データの SNR よりも高い。

【0068】

本発明者らは、図 5 および図 6 に示す実験結果から、第 1 読取素子 50 A のみによりデータの読み取りが行われる場合に比べ、第 1 読取素子 50 A と第 2 読取素子 50 B とをテープ幅方向に近接させた状態でデータの読み取りを行わせることが好ましいことを知見した。ここで言う「近接させた状態」とは、例えば、第 1 読取素子 50 A と第 2 読取素子 50 B とが、接触することなく、トラックオフセットの全範囲において、単一読取素子データの SNR よりも SNR が高くなるようにテープ幅方向に並べて配置された状態を指す。

【0069】

一態様では、一例として図 3 に示すように、読取素子ユニット 38 において、第 1 読取素子 40 と第 2 読取素子 42 とが走行方向に対して互いの一部をオーバーラップさせることで磁気テープ MT に含まれるトラックの高密度化を実現している。

【0070】

一例として図 7 に示すように、磁気テープ装置 10 は、アクチュエータ 60、抽出部 62、A/D (Analog/Digital) 変換器 64、66、68、復号部 69、およびコンピュータ 73 を備えている。

【0071】

制御装置 18 は、サーボ素子対 36 に対して A/D (Analog-to-digital) 変換器 68 を介して接続されている。A/D 変換器 68 は、サーボ素子対 36 に含まれるサーボ素子 36 A および 36 B によってサーボパターン 32 が読み取られて得られたアナログ信号をデジタル信号に変換することで得たサーボ信号を制御装置 18 に出力する。

【0072】

制御装置 18 は、アクチュエータ 60 に接続されている。アクチュエータ 60 は、読取ヘッド 16 に取り付けられており、制御装置 18 の制御下で、動力を読取ヘッド 16 に付与することにより、読取ヘッド 16 をテープ幅方向に変動させる。アクチュエータ 60 は、例えば、ボイスコイルモータを含んでおり、読取ヘッド 16 に付与される動力は、磁石

10

20

30

40

50

のエネルギーを媒体として、コイルに流れる電流に基づく電気エネルギーが運動エネルギーに変換されることによって得られる動力である。

【0073】

ここでは、アクチュエータ60にボイスコイルモータが搭載されている態様を挙げている。ただし、上記磁気テープ装置は、かかる態様に限定されず、例えば、ボイスコイルモータに代えて圧電素子を採用することも可能である。また、ボイスコイルモータおよび圧電素子を併用することも可能である。

【0074】

磁気テープMTと読取素子ユニット38との位置のずれ量は、サーボパターン32をサーボ素子対36が読み取って得た結果であるサーボ信号に応じて定められる。制御装置18は、アクチュエータ60を制御することにより、磁気テープMTと読取素子ユニット38との位置のずれ量に応じた動力を読取ヘッド16に付与することによって、読取ヘッド16をテープ幅方向に変動させ、読取ヘッド16の位置を正常な位置に調整する。ここで、正常な位置とは、例えば、図3に示すように、磁気テープ装置10がデフォルトの状態での読取ヘッド16の位置を指す。

【0075】

ここでは、磁気テープMTと読取素子ユニット38との位置のずれ量を、サーボパターン32をサーボ素子対36が読み取って得た結果であるサーボ信号に応じて定める態様を例示している。ただし上記磁気テープ装置は、かかる例示に限定されない。例えば、磁気テープMTと読取素子ユニット38との位置のずれ量として、サーボ素子36Aと磁気テープMTの予め定められた基準位置とのずれ量を採用してもよいし、読取ヘッド16の端面と磁気テープMTに含まれる特定のトラックの中心位置とのずれ量を採用してもよい。磁気テープMTと読取素子ユニット38との位置のずれ量は、このように、読取対象トラック30Aのテープ幅方向の中心と読取ヘッド16のテープ幅方向の中心とのずれ量に相当するずれ量であればよい。以下では、説明の便宜上、磁気テープMTと読取素子ユニット38との位置のずれ量を単に「ずれ量」と称する。

【0076】

ずれ量は、例えば、図8に示すように、距離Bに対する距離Aの割合に基づいて算出される。距離Aとは、隣接する第1斜線32Aと第2斜線32Bとがサーボ素子36Aによって読み取られることで得た結果から算出された距離を指す。距離Bとは、隣接する2つの第1斜線32Aがサーボ素子36Aによって読み取られることで得た結果から算出された距離を指す。

【0077】

抽出部62は、制御装置18および2次元FIRフィルタ71を備えている。2次元FIRフィルタ71は、加算器44、第1等化器70、および第2等化器72を備えている。

【0078】

第1等化器70は、A/D変換器64を介して第1読取素子40に接続されている。また、第1等化器70は、制御装置18および加算器44の各々に接続されている。第1読取素子40によって特定トラック領域31から読み取られたデータはアナログ信号であり、A/D変換器64は、第1読取素子40によって特定トラック領域31から読み取られたデータをデジタル信号に変換することで得た第1読取信号を第1等化器70に出力する。

【0079】

第2等化器72は、A/D変換器66を介して第2読取素子42に接続されている。また、第2等化器72は、制御装置18および加算器44の各々に接続されている。第2読取素子42によって特定トラック領域31から読み取られたデータはアナログ信号であり、A/D変換器66は、第2読取素子42によって特定トラック領域31から読み取られたデータをデジタル信号に変換することで得た第2読取信号を第2等化器72に出力する。なお、第1読取信号および第2読取信号は、「読取素子毎の読取結果」の一例である。

【0080】

第1等化器70は、入力された第1読取信号に対して、波形等化処理を施す。例えば、第1等化器70は、入力された第1読取信号に対して、タップ係数を畳み込み演算し、演算処理後の信号である第1の演算処理済み信号を出力する。

【0081】

第2等化器72は、入力された第2読取信号に対して、波形等化処理を施す。例えば、第2等化器72は、入力された第2読取信号に対して、タップ係数を畳み込み演算し、演算処理後の信号である第2の演算処理済み信号を出力する。

【0082】

第1等化器70および第2等化器72の各々は、第1の演算処理済み信号および第2の演算処理済み信号を加算器44に出力する。加算器44は、第1等化器70から入力された第1の演算処理済み信号と、第2等化器72から入力された第2の演算処理済み信号とを加算することで合成し、合成して得た合成データを復号部69に出力する。

【0083】

第1等化器70および第2等化器72の各々は、1次元FIRフィルタである。

【0084】

一態様では、FIRフィルタ自体は、正負を含む実数値の系列であり、系列の行数はタップ数と称され、数値自体はタップ係数と称される。また、一態様では、波形等化とは、読取信号に対して、上記の実数値の系列、すなわち、タップ係数を畳み込み演算（積和算）する処理を指す。ここで言う「読取信号」とは、第1読取信号および第2読取信号の総称を指す。また、一態様では、等化器とは、読取信号またはその他の入力信号に対し、タップ係数を畳み込み演算し、演算処理後の信号を出力する処理を実行する回路を指す。また、一態様では、加算器とは、単純に2つの系列を加算する回路を指す。2つの系列の重み付けは、第1等化器70および第2等化器72で用いられるFIRフィルタの数値、すなわち、タップ係数に反映される。

【0085】

制御装置18は、第1等化器70および第2等化器72の各々のFIRフィルタに対して、ずれ量に応じたタップ係数を設定することにより、第1等化器70および第2等化器72の各々に対して、ずれ量に応じた波形等化処理を実行させる。

【0086】

制御装置18は、対応テーブル18Aを備えている。対応テーブル18Aでは、第1等化器70および第2等化器72の各々について、タップ係数とずれ量とが対応付けられている。タップ係数とずれ量との組み合わせは、例えば、実機の試験およびシミュレーションのうちの少なくとも一方が実施された結果に基づいて、加算器44によって最良の合成データが得られるタップ係数とずれ量との組み合わせとして予め得られた組み合わせである。ここで言う「最良の合成データ」とは、読取対象トラックデータに相当するデータを指す。

【0087】

ここで、「読取対象トラックデータ」とは、「読取対象トラック30Aに由来するデータ」を指す。「読取対象トラック30Aに由来するデータ」とは、換言すると、読取対象トラック30Aに書き込まれているデータに相当するデータを指す。読取対象トラック30Aに書き込まれているデータに相当するデータの一例としては、読取対象トラック30Aから読み出されたデータであって、隣接トラックからのノイズ成分が混入されていないデータが挙げられる。

【0088】

上記では、対応テーブル18Aを例示している。他の態様では、対応テーブル18Aに代えて、演算式を採用してもよい。ここで言う「演算式」とは、例えば、独立変数をずれ量とし、従属変数をタップ係数とした演算式を指す。

【0089】

上記では、タップ係数とずれ量との組み合わせが規定された対応テーブル18Aからタ

10

20

30

40

50

タップ係数が導出される態様が挙げられている。他の態様では、例えば、タップ係数と比との組み合わせが規定された対応テーブルまたは演算式からタップ係数が導出されてもよい。ここで言う「比」とは、第1読取素子40および第2読取素子42の各々についての、読取対象トラック30Aとの重複領域と隣接トラックとの重複領域との比を指す。比は、制御装置18により、ずれ量から算出されることで特定され、特定された比に応じて、タップ係数が定められる。

【0090】

復号部69は、加算器44から入力された合成データを復号し、復号して得た復号信号をコンピュータ73に出力する。コンピュータ73は、復号部69から入力された復号信号に対して各種処理を施す。

10

【0091】

次に、抽出部62によって実行される磁気テープ読取処理について、図9を参照して説明する。以下では、説明の便宜上、サンプリングの時期が到来すると、サーボ信号が制御装置18に入力されることを前提として説明する。ここで、サンプリングとは、サーボ信号のサンプリングに限らず、読取信号のサンプリングも意味する。すなわち、一態様では、トラック領域30が走行方向に沿ってサーボパターン32と並行して形成されているので、サーボ素子対36の読取動作に同期して読取素子ユニット38の読取動作が行われる。

【0092】

図9に示す処理では、まず、ステップ100で、制御装置18は、サンプリングの時期が到来したか否かを判定する。ステップ100において、サンプリングの時期が到来した場合は、判定が肯定されて、磁気テープ読取処理はステップ102へ移行する。ステップ100において、サンプリングの時期が到来していない場合は、判定が否定されて、ステップ100の判定が再び行われる。

20

【0093】

ステップ102で、第1等化器70は、第1読取信号を取得し、第2等化器72は、第2読取信号を取得し、その後、磁気テープ読取処理はステップ104へ移行する。

【0094】

ステップ104で、制御装置18は、サーボ信号を取得し、取得したサーボ信号からずれ量を算出し、その後、磁気テープ読取処理はステップ106へ移行する。

30

【0095】

ステップ106で、制御装置18は、第1等化器70および第2等化器72の各々の第1～第3タップについて、ステップ104の処理で算出したずれ量に対応するタップ係数を対応テーブル18Aから導出する。すなわち、本ステップ106の処理が実行されることで、第1等化器70の一例である1次元FIRフィルタと第2等化器72の一例である1次元フィルタとの組み合わせとして最適な組み合わせが定められる。ここで言う「最適な組み合わせ」とは、例えば、後述のステップ112の処理が実行されることで出力される合成データを、読取対象トラックデータに相当するデータにする組み合わせを指す。

【0096】

次のステップ108で、制御装置18は、ステップ106の処理で導出したタップ係数を第1等化器70および第2等化器72の各々に対して設定し、その後、磁気テープ読取処理はステップ110へ移行する。

40

【0097】

ステップ110で、第1等化器70は、ステップ102の処理で取得した第1読取信号に対して波形等化処理を施すことで、第1の演算処理済み信号を生成する。第1等化器70は、生成した第1の演算処理済み信号を加算器44に出力する。第2等化器72は、ステップ102の処理で取得した第2読取信号に対して波形等化処理を施すことで、第2の演算処理済み信号を生成する。第2等化器72は、生成した第2の演算処理済み信号を加算器44に出力する。

【0098】

50

次のステップ 1 1 2 で、加算器 4 4 は、一例として図 1 0 に示すように、第 1 等化器 7 0 から入力された第 1 の演算処理済み信号と、第 2 等化器 7 2 から入力された第 2 の演算処理済み信号とを加算することで合成する。そして、加算器 4 4 は、合成して得た合成データを復号部 6 9 に出力する。

【0099】

図 3 に示す例のように読取素子ユニット 3 8 が特定トラック領域 3 1 上に配置されている場合、本ステップ 1 1 2 の処理が実行されることにより、合成データとして、第 1 のノイズ混入源トラック 3 0 B からのノイズ成分が除去された読取対象トラックデータに相当するデータが出力される。つまり、ステップ 1 0 2 ～ステップ 1 1 2 の処理が実行されることにより、抽出部 6 2 によって、読取対象トラック 3 0 A に由来するデータのみが抽出される。

10

【0100】

磁気テープ MT のテープ幅方向が伸縮したり、磁気テープ MT および読取ヘッド 1 6 の少なくとも一方に対して振動が付与されたりした場合に、読取素子ユニット 3 8 が、一例として図 3 に示す位置から図 1 1 に示す位置に変位することがある。図 1 1 に示す例では、第 1 読取素子 4 0 と第 2 読取素子 4 2 とが、読取対象トラック 3 0 A と第 2 のノイズ混入源トラック 3 0 C との双方に対して、共に跨る位置に配置される。この場合、ステップ 1 0 2 ～ステップ 1 1 2 の処理が実行されることで、第 2 のノイズ混入源トラック 3 0 C からのノイズ成分が除去された読取対象トラックデータに相当するデータが合成データとして復号部 6 9 に出力される。

20

【0101】

次のステップ 1 1 4 で、制御装置 1 8 は、磁気テープ読取処理を終了する条件（以下、「終了条件」と称する）を満たしたか否かを判定する。終了条件とは、例えば、磁気テープ MT の全てが巻取リール 2 2 によって巻き取られたとの条件、磁気テープ読取処理を強制終了する指示が外部から与えられたとの条件等を指す。

【0102】

ステップ 1 1 4 において、終了条件を満たしていない場合は、判定が否定されて、磁気テープ読取処理はステップ 1 0 0 へ移行する。ステップ 1 1 4 において、終了条件を満たした場合は、判定が肯定されて、磁気テープ読取処理が終了する。

【0103】

30

以上説明したように、磁気テープ装置 1 0 の一態様では、近接した状態で配置された第 1 読取素子 4 0 および第 2 読取素子 4 2 により、特定トラック領域 3 1 からデータが各々読み取られる。そして、抽出部 6 2 により、第 1 読取素子 4 0 および第 2 読取素子 4 2 の各々に対して、ずれ量に応じた波形等化処理が施されることで、第 1 読取信号および第 2 読取信号から、読取対象トラック 3 0 A に由来するデータが抽出される。従って、磁気テープ装置 1 0 は、読取対象トラック 3 0 A からリニアスキャン方式で単一の読取素子のみによってデータが読み取られる場合に比べ、読取対象トラック 3 0 A からリニアスキャン方式で読み取られるデータの再生品質の低下を抑制することができる。

【0104】

また、磁気テープ装置 1 0 の一態様では、第 1 読取素子 4 0 および第 2 読取素子 4 2 の互いの一部が走行方向で重なっている。従って、磁気テープ装置 1 0 は、複数の読取素子の互いの全体が走行方向で重なっている場合に比べ、読取対象トラック 3 0 A からリニアスキャン方式で読み取られるデータの再生品質を高めることができる。

40

【0105】

また、磁気テープ装置 1 0 の一態様では、特定トラック領域 3 1 は、読取対象トラック 3 0 A、第 1 のノイズ混入源トラック 3 0 B、および第 2 のノイズ混入源トラック 3 0 C を含み、第 1 読取素子 4 0 および第 2 読取素子 4 2 の各々は、磁気テープ MT との位置関係が変化した場合に、読取対象トラック 3 0 A および隣接トラックの双方に対して、共に跨っている。従って、磁気テープ装置 1 0 は、読取対象トラック 3 0 A からリニアスキャン方式で単一の読取素子のみによってデータが読み取られる場合に比べ、テープ幅方向に

50

において読取対象トラック 30 A から隣接トラックに入り込むことにより第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 のうちの一方の読取素子で生じるノイズ成分を、テープ幅方向において読取対象トラック 30 A から隣接トラックに入り込んでいる他方の読取素子の読取結果を利用して低減することができる。

【0106】

また、磁気テープ装置 10 の一態様では、波形等化処理で用いられるタップ係数はずれ量に応じて定められる。従って、磁気テープ装置 10 は、タップ係数がずれ量とは関連性のないパラメータに応じて定められる場合に比べ、テープ幅方向において隣接トラックから読取対象トラック 30 A に入り込むことで生じるノイズ成分を、磁気テープ MT と読取素子ユニット 38 との位置関係の変化に追従して即時的に低減することができる。

10

【0107】

また、磁気テープ装置 10 の一態様では、第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 の各々について、読取対象トラック 30 A との重複領域と隣接トラックとの重複領域との比がずれ量から特定され、特定された比に応じてタップ係数が定められる。これにより、磁気テープ装置 10 は、複数の読取素子の各々についての読取対象トラック 30 A との重複領域と隣接トラックとの重複領域との比とは関連性のないパラメータに応じてタップ係数が定められる場合に比べ、磁気テープ MT と読取素子ユニット 38 との位置関係が変化したとしても、ノイズ成分を正確に低減することができる。

【0108】

また、磁気テープ装置 10 の一態様では、ずれ量は、サーボパターン 32 をサーボ素子対 36 が読み取ることで得た結果に応じて定められる。これにより、磁気テープ装置 10 は、磁気テープ MT にサーボパターン 32 が付与されていない場合に比べ、容易にずれ量を定めることができる。

20

【0109】

また、磁気テープ装置 10 の一態様では、サーボ素子対 36 の読取動作に同期して読取素子ユニット 38 の読取動作が行われる。これにより、磁気テープ装置 10 は、サーボパターンとデータとを同期して読み取ることができない磁気ディスクおよびヘリカルスキャン方式の磁気テープに比べ、磁気テープの幅方向において隣接トラックから読取対象トラックに入り込むことで生じるノイズ成分を即時的に低減することができる。

【0110】

また、磁気テープ装置 10 の一態様では、抽出部 62 が 2 次元 FIR フィルタ 71 を有している。そして、2 次元 FIR フィルタ 71 により、第 1 読取信号および第 2 読取信号の各々に対して波形等化処理が施されることで得られた各結果を合成することで、第 1 読取信号および第 2 読取信号から読取対象トラック 30 A に由来するデータが抽出される。これにより、磁気テープ装置 10 は、1 次元 FIR フィルタのみを用いる場合に比べ、第 1 読取信号および第 2 読取信号から読取対象トラック 30 A に由来するデータを迅速に抽出することができる。また、磁気テープ装置 10 は、行列演算を行う場合に比べ、より少ない演算量での演算を実現することができる。

30

【0111】

また、磁気テープ装置 10 の一態様では、一对の読取素子として第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 が採用されている。これにより、磁気テープ装置 10 は、3 つ以上の読取素子を用いる場合に比べ、読取素子ユニット 38 の小型化に寄与することができる。読取素子ユニット 38 が小型化されることにより、読取部 26 および読取ヘッド 16 も小型化可能となる。また、磁気テープ装置 10 は、隣接する読取素子ユニット 38 同士で接触するという事態の発生も抑制することができる。

40

【0112】

更に、磁気テープ装置 10 の一態様では、複数の読取素子ユニット 38 の各々により、複数の特定トラック領域 31 の各々に含まれる対応する読取対象トラック 30 A からリアスキャン方式でデータが読み取られる。これにより、磁気テープ装置 10 は、複数の読取対象トラック 30 A の各々から単一の読取素子ユニット 38 のみによってデータが読み

50

取られる場合に比べ、複数の読取対象トラック 30 A からのデータの読み取りを迅速に完遂することができる。

【0113】

上記の態様では、磁気テープ装置 10 がデフォルトの状態で、第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 の各々が、読取対象トラック 30 A および第 1 のノイズ混入源トラック 30 B の双方に対して、共に跨るように設けられている、ただし、上記磁気テープ装置は、かかる態様に限定されない。図 12 に示す例では、上記で説明した読取素子ユニット 38 に代えて読取素子ユニット 138 が採用されている。読取素子ユニット 138 は、第 1 読取素子 140 および第 2 読取素子 142 を備えている。磁気テープ装置 10 がデフォルトの状態で、第 1 読取素子 140 のテープ幅方向の中心は、読取対象トラック 30 A のテープ幅方向の中心 CL と一致している。また、磁気テープ装置 10 がデフォルトの状態で、第 1 読取素子 140 および第 2 読取素子 142 は、第 1 のノイズ混入源トラック 30 B および第 2 のノイズ混入源トラック 30 C に食み出すことなく、読取対象トラック 30 A に収まっている。更に、磁気テープ装置 10 がデフォルトの状態で、上記実施形態で説明した第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 と同様に、第 1 読取素子 140 および第 2 読取素子 142 の各々は、走行方向で互いの一部が重なるように設けられている。

【0114】

一例として図 12 に示すように第 1 読取素子 140 および第 2 読取素子 142 が読取対象トラック 30 A から食み出すことなく読取対象トラック 30 A に対面している状態であっても、読取素子ユニット 138 と磁気テープ MT との位置関係が変化することがある。すなわち、読取素子ユニット 138 が読取対象トラック 30 A と第 1 のノイズ混入源トラック 30 B とに跨る場合と読取素子ユニット 138 が読取対象トラック 30 A と第 2 のノイズ混入源トラック 30 C とに跨る場合とがある。これらの場合であっても、上述したステップ 102 〜ステップ 112 の処理が実行されることにより、第 1 のノイズ混入源トラック 30 B または第 2 のノイズ混入源トラック 30 C からのノイズ成分が除去された読取対象トラックデータに相当するデータを得ることが可能となる。

【0115】

また、第 1 読取素子 140 および第 2 読取素子 142 が走行方向で互いの一部が重なる位置に配置されているので、読取対象トラック 30 A のうち、第 1 読取素子 140 では読み取ることができない部分から第 2 読取素子 142 がデータを読み出すことができる。この結果、第 1 読取素子 140 が単一で読取対象トラック 30 A からデータを読み取る場合に比べ、読取対象トラックデータの信頼性を高めることができる。

【0116】

また、一例として図 11 に示すように、磁気テープ装置 10 がデフォルトの状態で、第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 の各々が、読取対象トラック 30 A および第 2 のノイズ混入源トラック 30 C の双方に対して、共に跨る位置に配置されるようにしてもよい。

【0117】

また、上記では、第 1 読取素子 40 および第 2 読取素子 42 を含む読取素子ユニット 38 を例示した。ただし上記磁気テープ装置は、かかる態様に限定されない。図 13 に示す例では、読取素子ユニット 38 に代えて読取素子ユニット 238 が採用されている。読取素子ユニット 238 は、読取素子ユニット 38 に比べ、第 3 読取素子 244 を有する点が異なる。磁気テープ装置 10 がデフォルトの状態で、第 3 読取素子 244 は、第 1 読取素子 40 との間で、走行方向で互いの一部が重なる位置に配置されている。また、磁気テープ装置 10 がデフォルトの状態で、第 3 読取素子 244 は、読取対象トラック 30 A および第 2 のノイズ混入源トラック 30 C に跨る位置に配置されている。

【0118】

この場合、第 1 読取素子 40 に対して第 1 等化器 70 を割り当て、第 2 読取素子 42 に第 2 等化器 72 を割り当てた場合と同様に、第 3 読取素子 244 に対しても第 3 等化器（図示省略）を割り当てる。第 3 等化器も、上記で説明した第 1 等化器および第 2 等化器と

同様の機能を有しており、第3読取素子244によって読み取られて得られた第3読取信号に対して波形等化処理を施す。そして、第3等化器は、第3読取信号に対して、例えばタップ係数を畳み込み演算し、演算処理後の信号である第3の演算処理済み信号を出力する。加算器44は、第1読取信号に対応する第1の演算処理済み信号と、第2読取信号に対応する第2の演算処理済み信号と、第3読取信号に対応する第3の演算処理済み信号とを加算することで合成し、合成して得た合成データを復号部69に出力する。

【0119】

図13に示す例では、磁気テープ装置10がデフォルトの状態、第3読取素子244が読取対象トラック30Aと第2のノイズ混入源トラック30Cとに跨った位置に配置されているが、本開示の技術はこれに限定されない。磁気テープ装置10がデフォルトの状態、第3読取素子244が読取対象トラック30Aから食み出すことなく読取対象トラック30Aに対面する位置に配置されるようにしてもよい。

10

【0120】

また、上記では、読取素子ユニット38を例示した。ただし上記磁気テープ装置は、かかる態様に限定されない。例えば、読取素子ユニット38に代えて、図4に示す読取素子対50が採用されてもよい。この場合、第1読取素子50Aおよび第2読取素子50Bは、テープ幅方向で近接する位置に配置されるようにする。また、第1読取素子50Aと第2読取素子50Bとが、接触することなく、一例として図6に示すように、トラックオフセットの全範囲において、単一読取素子データのSNRよりもSNRが高くなるようにテープ幅方向に並べて配置されるようにする。

20

【0121】

図4に示す例では、例えば、第1読取素子50Aが平面視で第2トラック49B内に納まっており、第2読取素子50Bが平面視で第1トラック49A内に収まっている。

【0122】

また、上記では、サーボ素子対36を例示した。ただし上記磁気テープ装置は、かかる態様に限定されない。例えば、サーボ素子対36に代えて、サーボ素子36Aおよび36Bのうちの1つを採用してもよい。

【0123】

また、上記では、トラック領域30内において、複数の特定トラック領域31がテープ幅方向に一定の間隔で配列されている態様について説明した。ただし上記磁気テープ装置は、かかる態様に限定されない。例えば、複数の特定トラック領域31のうち、隣接する2つの特定トラック領域31において、一方の特定トラック領域31と他方の特定トラック領域31とがテープ幅方向において1トラック分だけ重複するようにテープ幅方向に配列させるようにしてもよい。この場合、一方の特定トラック領域31に含まれる一方の隣接トラック（例えば、第1のノイズ混入源トラック30B）が他方の特定トラック領域31では読取対象トラック30Aになる。また、一方の特定トラック領域31に含まれる読取対象トラック30Aは、他方の特定トラック領域31では隣接トラック領域（例えば、第2のノイズ混入源トラック30C）になる。

30

【0124】

以上説明した磁気テープ装置の構成および磁気テープ読取処理はあくまでも例示である。従って、主旨を逸脱しない範囲内において、不要なステップの削除、新たなステップの追加、処理順序の入れ替え等が可能であることは言うまでもない。

40

また、上記磁気テープ装置は、磁気テープに記録されたデータの読み取り（再生）を行うことができ、更に、磁気テープへのデータの記録を行うための構成を有することもできる。

【0125】

[磁気テープ]

次に、上記磁気テープ装置においてデータの読み取りが行われる磁気テープの詳細について説明する。

【0126】

50

本発明および本明細書において、磁気テープの「真空加熱」とは、磁気テープを200 Pa以上0.01 MPa以下の圧力かつ70～90℃の雰囲気温度の環境下に24時間保持することにより行われる。

【0127】

本発明および本明細書において、磁気テープの磁性層表面において光学干渉法により測定されるスペーシングとは、以下の方法により測定される値とする。また、本発明および本明細書において、磁気テープの「磁性層（の）表面」とは、磁気テープの磁性層側表面と同義である。

磁気テープと透明な板状部材（例えばガラス板等）を、磁気テープの磁性層表面が透明な板状部材と対向するように重ね合わせた状態で、磁気テープの磁性層側とは反対側から5.05×10⁴ N/m（0.5 atm）の圧力で押圧部材を押しつける。この状態で、透明な板状部材を介して磁気テープの磁性層表面に光を照射し（照射領域：150000～200000 μm²）、磁気テープの磁性層表面からの反射光と透明な板状部材の磁気テープ側表面からの反射光との光路差によって発生する干渉光の強度（例えば干渉縞画像のコントラスト）に基づき、磁気テープの磁性層表面と透明な板状部材の磁気テープ側表面との間のスペーシング（距離）を求める。ここで照射される光は特に限定されるものではない。照射される光が、複数波長の光を含む白色光のように、比較的広範な波長範囲にわたり発光波長を有する光の場合には、透明な板状部材と反射光を受光する受光部との間に、干渉フィルタ等の特定波長または特定波長域以外の光を選択的にカットする機能を有する部材を配置し、反射光の中の一部の波長または一部の波長域の光を選択的に受光部に入射させる。照射させる光が単一の発光ピークを有する光（いわゆる単色光）の場合には、上記の部材は用いなくてもよい。受光部に入射させる光の波長は、一例として、例えば500～700 nmの範囲にあることができる。ただし、受光部に入射させる光の波長は、上記範囲に限定されるものではない。また、透明な板状部材は、この部材を介して磁気テープに光を照射し干渉光が得られる程度に、照射される光を透過する透明性を有する部材であればよい。

以上の測定は、例えばMicro Physics社製Tape Spacing Analyzer等の市販のテープスペーシングアナライザー（TSA；Tape Spacing Analyzer）を用いて行うことができる。実施例におけるスペーシング測定は、Micro Physics社製Tape Spacing Analyzerを用いて実施した。

また、本発明および本明細書におけるスペーシング分布の半値全幅とは、上記スペーシングの測定により得られる干渉縞画像を300000ポイントに分割して各ポイントのスペーシング（磁気テープの磁性層表面と透明な板状部材の磁気テープ側表面との間の距離）を求め、これをヒストグラムとし、このヒストグラムをガウス分布でフィッティングしたときの半値全幅（FWHM；Full Width at Half Maximum）である。

また、差分（S_{after}－S_{before}）は、上記300000ポイントにおける真空加熱後の最頻値から真空加熱前の最頻値を差し引いた値をいうものとする。

【0128】

磁性層表面には、通常、再生時に磁気テープと読取素子とが摺動する際に読取素子と主に接触（いわゆる真実接触）する部分（突起）と、この部分より低い部分（以下、「素地部分」と記載する。）とが存在する。上記のスペーシングは、磁気テープと読取素子とが摺動する際の読取素子と素地部分との距離の指標になる値であると推察される。ただし磁性層に含まれる潤滑剤が磁性層表面に液膜を形成していると、素地部分と読取素子との間に液膜が存在することにより、液膜の厚み分、スペーシングは狭くなると考えられる。

ところで、潤滑剤は、一般に流体潤滑剤と境界潤滑剤とに大別される。上記磁気テープの磁性層に含まれる脂肪酸エステルは、流体潤滑剤として機能し得る成分と言われている。流体潤滑剤は、それ自体が磁性層表面に液膜を形成することにより、磁性層表面を保護する役割を果たすことができると考えられる。磁性層表面に脂肪酸エステルの液膜が存在

することが、磁気テープと読取素子とが円滑に摺動すること（摺動性の向上）に寄与すると考えられる。ただし、脂肪酸エステルが磁性層表面に過剰に存在すると、脂肪酸エステルにより磁性層表面と読取素子との間にメニスカス（液架橋）が形成されて貼り付きの原因になり摺動性が低下すると考えられる。

以上の点に関して、脂肪酸エステルは真空加熱により揮発する性質を有する成分であり、真空加熱後（脂肪酸エステルの液膜が揮発し除去された状態）と真空加熱前（脂肪酸エステルの液膜が存在している状態）のスペーシングの差分（ $S_{after} - S_{before}$ ）は、磁性層表面における脂肪酸エステルにより形成される液膜の厚みの指標となり得ると推察される。この値が0 nm超12.0 nm以下となるように磁性層表面に脂肪酸エステルの液膜を存在させることが、貼り付きの発生を抑制しつつ、読取素子と磁気テープとの摺動性を向上させることにつながると推察される。

10

一方、上記のスペーシング分布の半値全幅は、この値が小さいほど、磁性層表面の各部において測定されるスペーシングの値にばらつきが少ないことを意味する。磁気テープと読取素子とを円滑に摺動させるためには、磁性層表面に存在する突起の高さの均一性を高め、かつ脂肪酸エステルの液膜の厚みの均一性を高めることにより、磁性層表面と読取素子との接触状態の均一性を高めることが有効であると考えられる。

この点に関し、上記のスペーシングの値がばらつく要因は、磁性層表面の突起の高さのばらつきと、脂肪酸エステルの液膜の厚みのばらつきにあると考えられる。真空加熱前、即ち磁性層表面に脂肪酸エステルの液膜が存在する状態で測定されるスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{before}$ は、突起の高さのばらつきと脂肪酸エステルの液膜の厚みのばらつきが大きいほど大きくなり、中でも脂肪酸エステルの液膜の厚みのばらつきが大きく影響すると推察される。これに対し、真空加熱後、即ち磁性層表面から脂肪酸エステルの液膜が除去された状態で測定されるスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{after}$ は、突起の高さのばらつきが大きいほど大きくなると考えられる。即ち、スペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{before}$ および $FWHM_{after}$ がともに小さいほど、磁性層表面の脂肪酸エステルの液膜の厚みのばらつきも突起の高さのばらつきも小さいことを意味すると推察される。そしてスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{before}$ および $FWHM_{after}$ がともに0 nm超15.0 nm以下となるように、突起の高さおよび脂肪酸エステルの液膜の厚みの均一性を高めることが、磁気テープと読取素子とを円滑に摺動させることに寄与すると考えられる。

20

30

そして以上のように磁気テープと読取素子との摺動性を向上させることにより、先に記載した小さな周期の位置変動を抑制することができると考えられる。このことが、各箇所を読み取られた読取結果に対して、より適した波形等化処理を施すことを可能とすることに寄与すると推察される。

ただし以上の推察は、本発明を何ら限定するものではない。

【0129】

<スペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{before}$ 、 $FWHM_{after}$ >

上記磁気テープにおいて測定される真空加熱前のスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{before}$ 、および真空加熱後のスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{after}$ は、ともに0 nm超15.0 nm以下である。先に記載したように、このことが、各箇所を読み取られた読取結果に対して、より適した波形等化処理を施すことを可能とすることに寄与すると推察される。以上の観点から、 $FWHM_{before}$ および $FWHM_{after}$ は、14.0 nm以下であることが好ましく、13.0 nm以下であることがより好ましく、12.0 nm以下であることが更に好ましく、11.0 nm以下であることが一層好ましく、10.0 nm以下であることが更に一層好ましい。 $FWHM_{before}$ および $FWHM_{after}$ は、例えば0.5 nm以上、1.0 nm以上、2.0 nm以上、または3.0 nm以上であることができる。ただし、値が小さいほど上記観点から好ましいため、上記の例示した値を下回ってもよい。

40

真空加熱前のスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{before}$ は、主に脂肪酸エステルの液膜の厚みのばらつきを低減することにより小さくすることができる。具体的な手段

50

の一例は後述する。一方、真空加熱後のスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{after}$ は、磁性層表面の突起の高さのばらつきを低減することにより小さくすることができる。そのためには、磁性層に含まれる粉末成分、例えば詳細を後述する非磁性フィラーの磁性層における存在状態を制御することが好ましい。具体的な手段の一例は後述する。

【0130】

<差分 ($S_{after} - S_{before}$)>

上記磁気テープにおいて測定される真空加熱前後のスペーシングの差分 ($S_{after} - S_{before}$) は、0 nm 超 12.0 nm 以下である。このことも、先に記載したように、各箇所を読み取られた読取結果に対して、より適した波形等化処理を施すことを可能とすることに寄与すると推察される。以上の観点から、差分 ($S_{after} - S_{before}$) は、0.1 nm 以上であることが好ましく、1.0 nm 以上であることがより好ましく、1.5 nm 以上であることが更に好ましく、2.0 nm 以上であることが一層好ましく、2.5 nm 以上であることがより一層好ましい。また、同様の観点から、差分 ($S_{after} - S_{before}$) は、11.0 nm 以下であることが好ましく、10.0 nm 以下であることがより好ましく、9.0 nm 以下であることが更に好ましく、8.0 nm 以下であることが一層好ましく、7.0 nm 以下であることがより一層好ましく、6.0 nm 以下であることが更に一層好ましく、5.0 nm 以下であることが更により一層好ましく、4.0 nm 以下であることが更になお一層好ましい。差分 ($S_{after} - S_{before}$) は、磁性層形成用組成物に添加する脂肪酸エステル量によって制御することができる。また、非磁性支持体と磁性層との間に非磁性層を有する磁気テープについては、非磁性層形成用組成物に添加する脂肪酸エステル量によっても制御することができる。非磁性層は、潤滑剤を保持し磁性層に供給する役割を果たすことができ、非磁性層に含まれる脂肪酸エステルは磁性層に移行し磁性層表面に存在し得るからである。

【0131】

次に、上記磁気テープに含まれる磁性層等について、更に詳細に説明する。

【0132】

<磁性層>

(強磁性粉末)

磁性層に含まれる強磁性粉末としては、各種磁気記録媒体の磁性層において通常用いられる強磁性粉末を使用することができる。強磁性粉末として平均粒子サイズの小さいものを使用することは、磁気テープの記録密度向上の観点から好ましい。この点から、強磁性粉末の平均粒子サイズは50 nm 以下であることが好ましく、45 nm 以下であることがより好ましく、40 nm 以下であることが更に好ましく、35 nm 以下であることが一層好ましく、30 nm 以下であることがより一層好ましく、25 nm 以下であることが更に一層好ましく、20 nm 以下であることがなお一層好ましい。一方、磁化の安定性の観点からは、強磁性粉末の平均粒子サイズは5 nm 以上であることが好ましく、8 nm 以上であることがより好ましく、10 nm 以上であることが更に好ましく、15 nm 以上であることが一層好ましく、20 nm 以上であることがより一層好ましい。

【0133】

－六方晶フェライト粉末－

強磁性粉末の好ましい具体例としては、六方晶フェライト粉末を挙げることができる。六方晶フェライト粉末の詳細については、例えば、特開2011-225417号公報の段落0012～0030、特開2011-216149号公報の段落0134～0136、特開2012-204726号公報の段落0013～0030および特開2015-127985号公報の段落0029～0084を参照できる。

【0134】

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

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

【0135】

以下に、六方晶フェライト粉末の一態様である六方晶ストロンチウムフェライト粉末について、更に詳細に説明する。

【0136】

六方晶ストロンチウムフェライト粉末の活性化体積は、好ましくは $800 \sim 1600 \text{ nm}^3$ の範囲である。上記範囲の活性化体積を示す微粒子化された六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、優れた電磁変換特性を発揮する磁気テープの作製のために好適である。六方晶ストロンチウムフェライト粉末の活性化体積は、好ましくは 800 nm^3 以上であり、例えば 850 nm^3 以上であることもできる。また、電磁変換特性の更なる向上の観点から、六方晶ストロンチウムフェライト粉末の活性化体積は、 1500 nm^3 以下であることがより好ましく、 1400 nm^3 以下であることが更に好ましく、 1300 nm^3 以下であることが一層好ましく、 1200 nm^3 以下であることがより一層好ましく、 1100 nm^3 以下であることが更により一層好ましい。六方晶バリウムフェライト粉末の活性化体積についても、同様である。

【0137】

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

$$Hc = 2Ku / Ms \{ 1 - [(kT / KuV) \ln (At / 0.693)]^{1/2} \}$$

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

【0138】

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

【0139】

六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、希土類原子を含んでいてもよく、含まなくてもよい。六方晶ストロンチウムフェライト粉末が希土類原子を含む場合、鉄原子100原子%に対して、0.5～5.0原子%の含有率（バルク含有率）で希土類原子を含むことが好ましい。希土類原子を含む六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、一態様では、希土類原子表層部偏在性を有することができる。本発明および本明細書における「希土類原子表層部偏在性」とは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を酸により部分溶解して得られた溶解液中の鉄原子100原子%に対する希土類原子含有率（以下、「希土類原子表層部含有率」または希土類原子に関して単に「表層部含有率」と記載する。）が、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を酸により全溶解して得られた溶解液中の鉄原子100原子%に対する希土類原子含有率（以下、「希土類原子バルク含有率」または希土類原子に関して単に「バルク含有率」と記載する。）と、

希土類原子表層部含有率／希土類原子バルク含有率 >1.0

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

【0140】

六方晶フェライト粉末が希土類原子を含む場合、希土類原子含有率（バルク含有率）は、鉄原子100原子%に対して0.5～5.0原子%の範囲であることが好ましい。上記範囲のバルク含有率で希土類原子を含み、かつ六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部に希土類原子が偏在していることは、繰り返し再生における再生出力の低下を抑制することに寄与すると考えられる。これは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末が上記範囲のバルク含有率で希土類原子を含み、かつ六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部に希土類原子が偏在していることにより、異方性定数 K_u を高めることができるためと推察される。異方性定数 K_u は、この値が高いほど、いわゆる熱揺らぎと呼ばれる現象の発生を抑制すること（換言すれば熱的安定性を向上させること）ができる。熱揺らぎの発生が抑制されることにより、繰り返し再生における再生出力の低下を抑制することができる。六方晶ストロンチウムフェライト粉末の粒子表層部に希土類原子が偏在することが、表層部の結晶格子内の鉄（Fe）のサイトのスピンを安定化することに寄与し、これにより異方性定数 K_u が高まるのではないかと推察される。

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

繰り返し再生における再生出力の低下をより一層抑制する観点および／または走行耐久性の更なる向上の観点からは、希土類原子含有率（バルク含有率）は、0.5～4.5原子%の範囲であることがより好ましく、1.0～4.5原子%の範囲であることが更に好ましく、1.5～4.5原子%の範囲であることが一層好ましい。

【0141】

上記バルク含有率は、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を全溶解して求められる含有率である。なお本発明および本明細書において、特記しない限り、原子について含有率とは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を全溶解して求められるバルク含有率をいうものとする。希土類原子を含む六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、希土類原子として一種の希土類原子のみ含んでもよく、二種以上の希土類原子を含んでもよい。二種以上の希土類原子を含む場合の上記バルク含有率とは、二種以上の希土類原子の合計について求められる。この点は、本発明および本明細書における他の成分についても同様である。即ち、特記しない限り、ある成分は、一種のみ用いてもよく、二種以上用いてもよい。二種以上用いられる場合の含有量または含有率とは、二種以上の合計についていうものとする。

10

【0142】

六方晶ストロンチウムフェライト粉末が希土類原子を含む場合、含まれる希土類原子は、希土類原子のいずれか一種以上であればよい。繰り返し再生における再生出力の低下をより一層抑制する観点から好ましい希土類原子としては、ネオジム原子、サマリウム原子、イットリウム原子およびジスプロシウム原子を挙げることができ、ネオジム原子、サマリウム原子およびイットリウム原子がより好ましく、ネオジム原子が更に好ましい。

【0143】

希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末において、希土類原子は六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部に偏在していればよく、偏在の程度は限定されるものではない。例えば、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末について、後述する溶解条件で部分溶解して求められた希土類原子の表層部含有率と後述する溶解条件で全溶解して求められた希土類原子のバルク含有率との比率、「表層部含有率／バルク含有率」は1.0超であり、1.5以上であることができる。「表層部含有率／バルク含有率」が1.0より大きいことは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子において、希土類原子が表層部に偏在（即ち内部より多く存在）していることを意味する。また、後述する溶解条件で部分溶解して求められた希土類原子の表層部含有率と後述する溶解条件で全溶解して求められた希土類原子のバルク含有率との比率、「表層部含有率／バルク含有率」は、例えば、10.0以下、9.0以下、8.0以下、7.0以下、6.0以下、5.0以下、または4.0以下であることができる。ただし、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末において、希土類原子は六方晶ストロンチウムフェライト粉末を構成する粒子の表層部に偏在していればよく、上記の「表層部含有率／バルク含有率」は、例示した上限または下限に限定されるものではない。

20

30

【0144】

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

40

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

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

50

試料粉末 12 mg および 1 mol/L 塩酸 10 ml を入れた容器（例えばビーカー）を、設定温度 70 °C のホットプレート上で 1 時間保持する。得られた溶解液を 0.1 μm のメンブレンフィルタでろ過する。こうして得られたろ液の元素分析を誘導結合プラズマ（ICP; Inductively Coupled Plasma）分析装置によって行う。こうして、鉄原子 100 原子% に対する希土類原子の表層部含有率を求めることができる。元素分析により複数種の希土類原子が検出された場合には、全希土類原子の合計含有率を、表層部含有率とする。この点は、バルク含有率の測定においても、同様である。

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

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

【0145】

磁気テープに記録された情報を再生する際の再生出力を高める観点から、磁気テープに含まれる強磁性粉末の質量磁化 σ_s が高いことは望ましい。この点に関して、希土類原子を含むものの希土類原子表層部偏在性を持たない六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、希土類原子を含まない六方晶ストロンチウムフェライト粉末と比べて σ_s が大きく低下する傾向が見られた。これに対し、そのような σ_s の大きな低下を抑制するうえでも、希土類原子表層部偏在性を有する六方晶ストロンチウムフェライト粉末は好ましいと考えられる。一態様では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末の σ_s は、 $45 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以上であることができ、 $47 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以上であることもできる。一方、 σ_s は、ノイズ低減の観点からは、 $80 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以下であることが好ましく、 $60 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以下であることがより好ましい。 σ_s は、振動試料型磁束計等の磁気特性を測定可能な公知の測定装置を用いて測定することができる。本発明および本明細書において、特記しない限り、質量磁化 σ_s は、磁場強度 1194 kA/m (15 kOe) で測定される値とする。

【0146】

六方晶フェライト粉末の構成原子の含有率（バルク含有率）に関して、ストロンチウム原子含有率は、鉄原子 100 原子% に対して、例えば 2.0 ~ 15.0 原子% の範囲であることができる。一態様では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、この粉末に含まれる二価金属原子がストロンチウム原子のみであることができる。また他の一態様では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、ストロンチウム原子に加えて一種以上の他の二価金属原子を含むこともできる。例えば、バリウム原子および／またはカルシウム原子を含むことができる。ストロンチウム原子以外の他の二価金属原子が含まれる場合、六方晶ストロンチウムフェライト粉末におけるバリウム原子含有率およびカルシウム原子含有率は、それぞれ、例えば、鉄原子 100 原子% に対して、0.05 ~ 5.0 原子% の範囲であることができる。

【0147】

六方晶フェライトの結晶構造としては、マグネトプランバイト型（「M型」とも呼ばれる。）、W型、Y型およびZ型が知られている。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、いずれの結晶構造を取るものであってもよい。結晶構造は、X線回折分析によって確認することができる。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、X線回折分析によって、単一の結晶構造または二種以上の結晶構造が検出されるものであることができる。例えば一態様では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、X線回折分析によってM型の結晶構造のみが検出されるものであることができる。例えば、M型の六方晶フェライトは、 $\text{AFe}_{12}\text{O}_{19}$ の組成式で表される。ここでAは二価金属原子を表し、六方晶ストロンチウムフェライト粉末がM型である場合、Aはストロンチウム原子（Sr）のみであるか、またはAとして複数の二価金属原子が含まれる場合には、上記の通り原子%基準で最も多くをストロンチウム原子（Sr）が占める。六方晶ストロンチウムフェライト粉末の二価金属原子含有率は、通常、六方晶フェライトの結晶構造の種類により定まるものであり、特

に限定されるものではない。鉄原子含有率および酸素原子含有率についても、同様である。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、少なくとも、鉄原子、ストロンチウム原子および酸素原子を含み、更に希土類原子を含むこともできる。更に、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、これら原子以外の原子を含んでもよく、含まなくてもよい。一例として、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、アルミニウム原子（Al）を含むものであってもよい。アルミニウム原子の含有率は、鉄原子100原子%に対して、例えば0.5～10.0原子%であることができる。繰り返し再生における再生出力低下をより一層抑制する観点からは、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、鉄原子、ストロンチウム原子、酸素原子および希土類原子を含み、これら原子以外の原子の含有率が、鉄原子100原子%に対して、10.0原子%以下であることが好ましく、0～5.0原子%の範囲であることがより好ましく、0原子%であってもよい。即ち、一態様では、六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、鉄原子、ストロンチウム原子、酸素原子および希土類原子以外の原子を含まなくてもよい。上記の原子%で表示される含有率は、六方晶ストロンチウムフェライト粉末を全溶解して求められる各原子の含有率（単位：質量%）を、各原子の原子量を用いて原子%表示の値に換算して求められる。また、本発明および本明細書において、ある原子について「含まない」とは、全溶解してICP分析装置により測定される含有率が0質量%であることをいう。ICP分析装置の検出限界は、通常、質量基準で0.01ppm（parts per million）以下である。上記の「含まない」とは、ICP分析装置の検出限界未満の量で含まれることを包含する意味で用いるものとする。六方晶ストロンチウムフェライト粉末は、一態様では、ビスマス原子（Bi）を含まないものであることができる。

【0148】

－金属粉末－

強磁性粉末の好ましい具体例としては、強磁性金属粉末を挙げることができる。強磁性金属粉末の詳細については、例えば特開2011-216149号公報の段落0137～0141および特開2005-251351号公報の段落0009～0023を参照できる。

【0149】

－ε－酸化鉄粉末－

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

【0150】

ε－酸化鉄粉末の活性化体積は、好ましくは300～1500nm³の範囲である。上記範囲の活性化体積を示す微粒子化されたε－酸化鉄粉末は、優れた電磁変換特性を発揮する磁気テープの作製のために好適である。ε－酸化鉄粉末の活性化体積は、好ましくは300nm³以上であり、例えば500nm³以上であることもできる。また、電磁変換特性の更なる向上の観点から、ε－酸化鉄粉末の活性化体積は、1400nm³以下であることがより好ましく、1300nm³以下であることが更に好ましく、1200nm³以下であることが一層好ましく、1100nm³以下であることがより一層好ましい。

【0151】

熱揺らぎの低減、換言すれば熱的安定性の向上の指標としては、異方性定数 K_u を挙げることができる。 ε -酸化鉄粉末は、好ましくは $3.0 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ 以上の K_u を有することができ、より好ましくは $8.0 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ 以上の K_u を有することができる。また、 ε -酸化鉄粉末の K_u は、例えば $3.0 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 以下であることができる。ただし K_u が高いほど熱的安定性が高いことを意味し、好ましいため、上記例示した値に限定されるものではない。

【0152】

磁気テープに記録された情報を再生する際の再生出力を高める観点から、磁気テープに含まれる強磁性粉末の質量磁化 σ_s が高いことは望ましい。この点に関して、一態様では、 ε -酸化鉄粉末の σ_s は、 $8 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以上であることができ、 $12 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以上であることもできる。一方、 ε -酸化鉄粉末の σ_s は、ノイズ低減の観点からは、 $40 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以下であることが好ましく、 $35 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ 以下であることがより好ましい。

【0153】

本発明および本明細書において、「強磁性粉末」とは、複数の強磁性粒子の集合を意味するものとする。「集合」とは、集合を構成する粒子が直接接触している態様に限定されず、結合剤、添加剤等が、粒子同士の間介在している態様も包含される。以上の点は、本発明および本明細書における非磁性粉末等の各種粉末についても同様とする。本発明および本明細書において、特記しない限り、強磁性粉末等の各種粉末の平均粒子サイズは、透過型電子顕微鏡を用いて、以下の方法により測定される値とする。

粉末を、透過型電子顕微鏡を用いて撮影倍率 100000 倍で撮影し、総倍率 500000 倍になるように印画紙にプリントするか、ディスプレイに表示する等して粉末を構成する粒子の写真を得る。得られた粒子の写真から目的の粒子を選びデジタイザーで粒子の輪郭をトレースし粒子（一次粒子）のサイズを測定する。一次粒子とは、凝集のない独立した粒子をいう。

以上の測定を、無作為に抽出した 500 個の粒子について行う。こうして得られた 500 個の粒子の粒子サイズの算術平均を、粉末の平均粒子サイズとする。上記透過型電子顕微鏡としては、例えば日立製透過型電子顕微鏡 $H-9000$ 型を用いることができる。また、粒子サイズの測定は、公知の画像解析ソフト、例えばカールツァイス製画像解析ソフト $KS-400$ を用いて行うことができる。後述の実施例に示す平均粒子サイズは、特記しない限り、透過型電子顕微鏡として日立製透過型電子顕微鏡 $H-9000$ 型、画像解析ソフトとしてカールツァイス製画像解析ソフト $KS-400$ を用いて測定された値である。

【0154】

粒子サイズ測定のために磁気テープから試料粉末を採取する方法としては、例えば特開 $2011-048878$ 号公報の段落 0015 に記載の方法を採用することができる。

【0155】

本発明および本明細書において、特記しない限り、粉末を構成する粒子のサイズ（粒子サイズ）は、上記の粒子写真において観察される粒子の形状が、

（１）針状、紡錘状、柱状（ただし、高さが底面の最大長径より大きい）等の場合は、粒子を構成する長軸の長さ、即ち長軸長で表され、

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

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

【0156】

また、粉末の平均針状比は、上記測定において粒子の短軸の長さ、即ち短軸長を測定し、各粒子の（長軸長／短軸長）の値を求め、上記 500 個の粒子について得た値の算術平均を指す。ここで、特記しない限り、短軸長とは、上記粒子サイズの定義で（１）の場合

は、粒子を構成する短軸の長さを、同じく（２）の場合は、厚みまたは高さを各々指し、（３）の場合は、長軸と短軸の区別がないから、（長軸長／短軸長）は、便宜上１とみなす。

そして、特記しない限り、粒子の形状が特定の場合、例えば、上記粒子サイズの定義（１）の場合、平均粒子サイズは平均長軸長であり、同定義（２）の場合、平均粒子サイズは平均板径である。同定義（３）の場合、平均粒子サイズは、平均直径（平均粒径、平均粒子径ともいう）である。

【０１５７】

磁性層における強磁性粉末の含有量（充填率）は、好ましくは５０～９０質量％の範囲であり、より好ましくは６０～９０質量％の範囲である。磁性層の強磁性粉末以外の成分は少なくとも結合剤および脂肪酸エステルであり、任意に一種以上の更なる添加剤が含まれ得る。磁性層において強磁性粉末の充填率が高いことは、記録密度向上の観点から好ましい。

【０１５８】

（結合剤）

上記磁気テープは塗布型磁気テープであって、磁性層に、強磁性粉末とともに結合剤を含む。結合剤としては、一種以上の樹脂を使用する。樹脂は、ホモポリマーでもよく、コポリマー（共重合体）でもよい。結合剤としては、塗布型磁気記録媒体の結合剤として通常使用される各種樹脂を用いることができる。例えば、結合剤としては、ポリウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂、塩化ビニル樹脂、スチレン、アクリロニトリル、メチルメタクリレート等を共重合したアクリル樹脂、ニトロセルロース等のセルロース樹脂、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、ポリビニルアセタール、ポリビニルブチラール等のポリビニルアルキラル樹脂等から選ばれる樹脂を単独で用いるか、または複数の樹脂を混合して用いることができる。これらの中で好ましいものはポリウレタン樹脂、アクリル樹脂、セルロース樹脂、および塩化ビニル樹脂である。これらの樹脂は、後述する非磁性層および／またはバックコート層においても結合剤として使用することができる。以上の結合剤については、特開２０１０－２４１１３号公報の段落００２９～００３１を参照できる。また、結合剤は、電子線硬化型樹脂等の放射線硬化型樹脂であってもよい。放射線硬化型樹脂については、特開２０１１－０４８８７８号公報の段落００４４～００４５を参照できる。

結合剤として使用される樹脂の平均分子量は、重量平均分子量として、例えば１０，０００以上２００，０００以下であることができる。本発明および本明細書における重量平均分子量とは、ゲルパーミエーションクロマトグラフィー（GPC）によって測定された値をポリスチレン換算して求められる値である。測定条件としては、下記条件を挙げることができる。後述の実施例に示す重量平均分子量は、下記測定条件によって測定された値をポリスチレン換算して求めた値である。

GPC装置：HLC-8120（東ソー社製）

カラム：TSK gel Multipore HXL-M（東ソー社製、７．８mm ID（inner diameter（内径））×３０．０cm）

溶離液：テトラヒドロフラン（THF）

【０１５９】

また、結合剤とともに硬化剤を使用することもできる。硬化剤は、一態様では加熱により硬化反応（架橋反応）が進行する化合物である熱硬化性化合物であることができ、他の一態様では光照射により硬化反応（架橋反応）が進行する光硬化性化合物であることができる。硬化剤は、磁気テープの製造工程の中で硬化反応が進行することにより、少なくとも一部は、結合剤等の他の成分と反応（架橋）した状態で磁性層に含まれ得る。好ましい硬化剤は、熱硬化性化合物であり、ポリイソシアネートが好適である。ポリイソシアネートの詳細については、特開２０１１－２１６１４９号公報の段落０１２４～０１２５を参照できる。硬化剤は、磁性層形成用組成物中に、結合剤１００．０質量部に対して例えば０～８０．０質量部、磁性層等の各層の強度向上の観点からは好ましくは５０．０～８０

． 0 質量部の量で使用する事ができる。

【0160】

(脂肪酸エステル)

上記磁気テープは、磁性層に脂肪酸エステルを含む。脂肪酸エステルは、一種のみ含まれていてもよく、二種以上が含まれていてもよい。脂肪酸エステルとしては、例えば、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、ベヘン酸、エルカ酸、エライジン酸等のエステルを挙げることができる。具体例としては、例えば、ミリスチン酸ブチル、パルミチン酸ブチル、ステアリン酸ブチル（ブチルステアレート）、ネオペンチルグリコールジオレエート、ソルビタンモノステアレート、ソルビタンジステアレート、ソルビタントリスステアレート、オレイン酸オレイル、ステアリン酸イソセチル、ステアリン酸イソトリデシル、ステアリン酸オクチル、ステアリン酸イソオクチル、ステアリン酸アミル、ステアリン酸ブトキシエチル等を挙げることができる。

10

脂肪酸エステル含有量は、磁性層形成用組成物における含有量として、強磁性粉末 100．0 質量部あたり、例えば 0．1～10．0 質量部であり、好ましくは 1．0～7．0 質量部である。脂肪酸エステルとして二種以上の異なる脂肪酸エステルを使用する場合、含有量とは、それらの合計含有量をいうものとする。この点は、本発明および本明細書において、特記しない限り、他の成分の含有量についても同様である。また、本発明および本明細書において、特記しない限り、ある成分は、一種のみ用いてもよく二種以上用いてもよい。

20

また、上記磁気テープが非磁性支持体と磁性層との間に非磁性層を有する場合、非磁性層形成用組成物における脂肪酸エステル含有量は、非磁性粉末 100．0 質量部あたり、例えば 0～15．0 質量部であり、好ましくは 0．1～10．0 質量部である。

【0161】

(その他の潤滑剤)

上記磁気テープは、少なくとも磁性層に、潤滑剤の一種である脂肪酸エステルを含む。脂肪酸エステル以外の潤滑剤が、任意に磁性層および／または非磁性層に含まれていてもよい。上記の通り、非磁性層に含まれる潤滑剤は、磁性層に移行し磁性層表面に存在し得る。任意に含まれ得る潤滑剤としては、脂肪酸を挙げることができる。また、脂肪酸アミド等を挙げることにもできる。なお脂肪酸エステルは流体潤滑剤として機能することができる成分と言われているのに対し、脂肪酸および脂肪酸アミドは、境界潤滑剤として機能することができる成分と言われている。境界潤滑剤は、粉末（例えば強磁性粉末）の表面に吸着し強固な潤滑膜を形成することで接触摩擦を下げることで潤滑剤と考えられる。

30

脂肪酸としては、例えば、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、ベヘン酸、エルカ酸、エライジン酸等を挙げることができ、ステアリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸が好ましく、ステアリン酸がより好ましい。脂肪酸は、金属塩等の塩の形態で磁性層に含まれていてもよい。

脂肪酸アミドとしては、上記の各種脂肪酸のアミド、例えば、ラウリン酸アミド、ミリスチン酸アミド、パルミチン酸アミド、ステアリン酸アミド等を挙げることができる。

40

脂肪酸と脂肪酸の誘導体（アミドおよびエステル等）については、脂肪酸誘導体の脂肪酸由来部位は、併用される脂肪酸と同様または類似の構造を有することが好ましい。例えば、一例として、脂肪酸としてステアリン酸を用いる場合にステアリン酸エステルおよび／またはステアリン酸アミドを使用することは好ましい。

磁性層形成用組成物における脂肪酸含有量は、強磁性粉末 100．0 質量部あたり、例えば 0～10．0 質量部であり、好ましくは 0．1～10．0 質量部であり、より好ましくは 1．0～7．0 質量部である。磁性層形成用組成物における脂肪酸アミド含有量は、強磁性粉末 100．0 質量部あたり、例えば 0～3．0 質量部であり、好ましくは 0～2．0 質量部であり、より好ましくは 0～1．0 質量部である。

また、上記磁気テープが非磁性支持体と磁性層との間に非磁性層を有する場合、非磁性

50

層形成用組成物における脂肪酸含有量は、非磁性粉末100.0質量部あたり、例えば0～10.0質量部であり、好ましくは1.0～10.0質量部であり、より好ましくは1.0～7.0質量部である。非磁性層形成用組成物における脂肪酸アミド含有量は、非磁性粉末100.0質量部あたり、例えば0～3.0質量部であり、好ましくは0～1.0質量部である。

【0162】

(その他の成分)

磁性層には、上記の各種成分とともに、必要に応じて一種以上の添加剤が含まれていてもよい。添加剤は、所望の性質に応じて市販品を適宜選択して使用することができる。または、公知の方法で合成された化合物を添加剤として使用することもできる。添加剤の一例としては、上記の硬化剤が挙げられる。また、磁性層に含まれ得る添加剤としては、非磁性フィラー、分散剤、分散助剤、防黴剤、帯電防止剤、酸化防止剤等を挙げることができる。非磁性フィラーとは、非磁性粉末と同義である。非磁性フィラーとしては、磁性層表面に適度に突出する突起を形成する突起形成剤として機能することができる非磁性フィラー（以下、「突起形成剤」と記載する。）、および研磨剤として機能することができる非磁性フィラー（以下、「研磨剤」と記載する。）を挙げることができる。

【0163】

ー非磁性フィラーー

非磁性フィラーの一態様である突起形成剤としては、一般に突起形成剤として使用される各種非磁性粉末を用いることができる。これらは、無機物質の粉末であっても有機物質の粉末であってもよい。一態様では、摩擦特性の均一化の観点からは、突起形成剤の粒度分布は、分布中に複数のピークを有する多分散ではなく、単一ピークを示す単分散であることが好ましい。単分散粒子の入手容易性の点からは、突起形成剤は無機物質の粉末（無機粉末）であることが好ましい。無機粉末としては、金属酸化物等の無機酸化物、金属炭酸塩、金属硫酸塩、金属窒化物、金属炭化物、金属硫化物等の粉末を挙げることができ、無機酸化物の粉末であることが好ましい。突起形成剤は、より好ましくはコロイド粒子であり、更に好ましくは無機酸化物コロイド粒子である。また、単分散粒子の入手容易性の観点からは、無機酸化物コロイド粒子は、コロイダルシリカ（シリカコロイド粒子）であることがより好ましい。本発明および本明細書において、「コロイド粒子」とは、少なくとも、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン、トルエンもしくは酢酸エチル、または上記溶媒の二種以上を任意の混合比で含む混合溶媒の少なくとも1つの有機溶媒100mLあたり1g添加した際に、沈降せず分散しコロイド分散体をもたらすことのできる粒子をいうものとする。コロイド粒子については、平均粒子サイズは、特開2011-048878号公報の段落0015に平均粒径の測定方法として記載されている方法により求められる値とする。また、他の一態様では、突起形成剤は、カーボンブラックであることも好ましい。

【0164】

突起形成剤の平均粒子サイズは、例えば30～300nmであり、好ましくは40～200nmである。

【0165】

非磁性フィラーの他の一態様である研磨剤は、好ましくはモース硬度8超の非磁性粉末であり、モース硬度9以上の非磁性粉末であることがより好ましい。なおモース硬度の最大値は、ダイヤモンドの10である。具体的には、アルミナ（ Al_2O_3 ）、炭化ケイ素、ボロンカーバイド（ B_4C ）、 SiO_2 、 TiC 、酸化クロム（ Cr_2O_3 ）、酸化セリウム、酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）、酸化鉄、ダイヤモンド等の粉末を挙げることができる。中でも α -アルミナ等のアルミナ粉末および炭化ケイ素粉末が好ましい。また、研磨剤の平均粒子サイズは、例えば30～300nmの範囲であり、好ましくは50～200nmの範囲である。

【0166】

また、突起形成剤および研磨剤が、それらの機能をより良好に発揮することができると

いう観点から、磁性層における突起形成剤の含有量は、好ましくは強磁性粉末100.0質量部に対して、1.0～4.0質量部であり、より好ましくは1.5～3.5質量部である。一方、研磨剤については、磁性層における含有量は、好ましくは強磁性粉末100.0質量部に対して1.0～20.0質量部であり、より好ましくは3.0～15.0質量部であり、更に好ましくは4.0～10.0質量部である。

【0167】

研磨剤を含む磁性層に使用され得る添加剤の一例としては、特開2013-131285号公報の段落0012～0022に記載の分散剤を、磁性層形成用組成物における研磨剤の分散性を向上させるための分散剤として挙げることができる。また、分散剤については、特開2012-133837号公報の段落0061および0071を参照できる。分散剤は、非磁性層に含まれていてもよい。非磁性層に含まれ得る分散剤については、特開2012-133837号公報の段落0061を参照できる。

10

【0168】

<非磁性層>

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

20

【0169】

非磁性層の結合剤、添加剤等のその他詳細は、非磁性層に関する公知技術が適用できる。また、例えば、結合剤の種類および含有量、添加剤の種類および含有量等に関しては、磁性層に関する公知技術も適用できる。

【0170】

上記磁気テープの非磁性層には、非磁性粉末とともに、例えば不純物として、または意図的に、少量の強磁性粉末を含む実質的に非磁性な層も包含されるものとする。ここで実質的に非磁性な層とは、この層の残留磁束密度が10mT以下であるか、保磁力が7.96kA/m(100Oe)以下であるか、または、残留磁束密度が10mT以下であり、かつ保磁力が7.96kA/m(100Oe)以下である層をいうものとする。非磁性層は、残留磁束密度および保磁力を持たないことが好ましい。

30

【0171】

<非磁性支持体>

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

40

【0172】

<バックコート層>

上記磁気テープは、非磁性支持体の磁性層を有する表面側とは反対の表面側に、非磁性粉末および結合剤を含むバックコート層を有することもできる。バックコート層には、カーボンブラックおよび無機粉末の一方または両方が含有されていることが好ましい。バックコート層に含まれる結合剤、任意に含まれ得る各種添加剤については、バックコート層

50

に関する公知技術を適用することができ、磁性層および／または非磁性層の処方に関する公知技術を適用することもできる。例えば、特開2006-331625号公報の段落0018～0020および米国特許第7,029,774号明細書の第4欄65行目～第5欄38行目の記載を、バックコート層について参照できる。

【0173】

<各種厚み>

非磁性支持体の厚みは、好ましくは3.0～6.0 μm である。

磁性層の厚みは、近年求められている高密度記録化の観点からは0.15 μm 以下であることが好ましく、0.1 μm 以下であることがより好ましい。磁性層の厚みは、更に好ましくは0.01～0.1 μm の範囲である。磁性層は少なくとも一層あればよく、磁性層を異なる磁気特性を有する2層以上に分離してもかまわず、公知の重層磁性層に関する構成が適用できる。2層以上に分離する場合の磁性層の厚みとは、これらの層の合計厚みとする。

【0174】

非磁性層の厚みは、例えば0.1～1.5 μm であり、0.1～1.0 μm であることが好ましい。

【0175】

バックコート層の厚みは、0.9 μm 以下であることが好ましく、0.1～0.7 μm の範囲であることが更に好ましい。

【0176】

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

【0177】

<製造方法>

(各層形成用組成物の調製)

磁性層、非磁性層またはバックコート層を形成するための組成物は、先に説明した各種成分とともに、通常、溶媒を含む。溶媒としては、塗布型磁気記録媒体を製造するために一般に使用される各種有機溶媒を用いることができる。中でも、塗布型磁気記録媒体に通常使用される結合剤の溶解性の観点からは、各層形成用組成物には、アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、ジイソブチルケトン、シクロヘキサノン、イソホロン、テトラヒドロフラン等のケトン溶媒の一種以上が含まれることが好ましい。各層形成用組成物における溶媒量は特に限定されるものではなく、通常塗布型磁気記録媒体の各層形成用組成物と同様にすることができる。また、各層形成用組成物を調製する工程は、通常、少なくとも混練工程、分散工程、およびこれらの工程の前後に必要な応じて設けた混合工程を含むことができる。個々の工程はそれぞれ2段階以上に分かれていてもかまわない。各層形成用組成物の調製に用いられる成分は、どの工程の最初または途中で添加してもかまわない。また、個々の原料を2つ以上の工程で分割して添加してもかまわない。例えば、結合剤を混練工程、分散工程、および分散後の粘度調整のための混合工程で分割して投入してもよい。磁気テープの製造工程では、従来の公知の製造技術を一部または全部の工程において用いることができる。混練工程では、オープンニーダ、連続ニーダ、加圧ニーダ、エクストルーダ等の強い混練力をもつニーダを使用することが好ましい。これらの混練処理の詳細については特開平1-106338号公報および特開平1-79274号公報に記載されている。また、各層形成用組成物を分散させるために、ガラスビーズおよび／またはその他のビーズを用いることができる。このような分散ビーズとしては、高比重の分散ビーズであるジルコニアビーズ、チタニアビーズ、およびスチールビーズ

が好適である。これら分散ビーズは、ビーズ径と充填率を最適化して用いることが好ましい。分散機は公知のものを使用することができる。各層形成用組成物を、塗布工程に付す前に公知の方法によってろ過してもよい。ろ過は、例えばフィルタろ過によって行うことができる。ろ過に用いるフィルタとしては、例えば孔径0.01~3 μmのフィルタ（例えばガラス繊維製フィルタ、ポリプロピレン製フィルタ等）を用いることができる。

【0178】

（塗布工程）

磁性層は、磁性層形成用組成物を、例えば、非磁性支持体上に直接塗布するか、または非磁性層形成用組成物と逐次もしくは同時に重層塗布することにより形成することができる。配向処理を行う態様では、磁性層形成用組成物の塗布層が湿潤状態にあるうちに、配向ゾーンにおいて塗布層に対して配向処理が行われる。配向処理については、特開2010-24113号公報の段落0052の記載をはじめとする各種公知技術を適用することができる。例えば、垂直配向処理は、異極対向磁石を用いる方法等の公知の方法によって行うことができる。配向ゾーンでは、乾燥風の温度、風量および／または配向ゾーンにおける磁気テープの搬送速度によって塗布層の乾燥速度を制御することができる。また、配向ゾーンに搬送する前に塗布層を予備乾燥させてもよい。

バックコート層は、バックコート層形成用組成物を、非磁性支持体の磁性層を有する（または磁性層が追って設けられる）側とは反対側に塗布することにより形成することができる。各層形成のための塗布の詳細については、特開2010-231843号公報の段落0066を参照できる。

【0179】

（その他の工程）

磁気テープ製造のためのその他の各種工程については、特開2010-231843号公報の段落0067~0070を参照できる。

【0180】

（好ましい製造方法の一態様）

上記磁気テープの好ましい製造方法としては、磁性層表面における脂肪酸エステル液膜の厚みの均一性向上のために、磁性層に振動を加える製造方法を挙げることができる。振動を加えることにより、磁性層表面の脂肪酸エステル液膜が流動し、液膜の厚みの均一性が向上されると推察される。

即ち、上記磁気テープは、非磁性支持体上に、強磁性粉末、結合剤および脂肪酸エステルを含む磁性層形成用組成物を塗布し乾燥させることにより磁性層を形成し、形成した磁性層に振動を加えることを含む製造方法により製造することができる。上記製造方法は、磁性層に振動を加える点以外は、通常の磁気テープの製造方法と同様であり、その詳細は先に記載した通りである。

【0181】

上記振動を加える手段は特に限定されるものではない。例えば、磁性層を形成した非磁性支持体の磁性層とは反対側の面を、振動付与ユニットと接触させることにより、磁性層に振動を加えることができる。磁性層を形成した非磁性支持体を振動付与ユニットと接触させながら走行させてもよい。振動付与ユニットは、例えば、内部に超音波振動子を備えることにより、このユニットと接触した物品に振動を加えることができる。超音波振動子の振動周波数、強度、および／または振動付与ユニットとの接触時間によって、磁性層に加える振動を調整することができる。例えば接触時間は、磁性層を形成した非磁性支持体の振動付与ユニットとの接触中の走行速度によって調整することができる。これらの振動付与条件は特に限定されるものではなく、先に記載したスペーシング分布の半値全幅、特に、真空加熱前のスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{before}$ を制御できるように設定すればよい。振動付与条件の設定のために実製造前に予備実験を行い、条件を最適化することもできる。

【0182】

また、真空加熱後のスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{after}$ は、磁性層形成用

組成物の分散条件を強化する（例えば分散回数を増やす、分散時間を延ばす等）、および／または、ろ過条件を強化する（例えばろ過に用いるフィルタとして孔径の小さいフィルタを用いる、フィルタろ過回数を増やす等）ことによって、小さくなる傾向がある。これらによって、磁性層形成用組成物に含まれる粒状物質、中でも先に記載した突起形成剤として機能し得る非磁性フィラーの分散性および／または粒子サイズの均一性が向上することにより、磁性層表面に存在する突起の高さの均一性が向上するためと推察される。分散条件および／またはろ過条件も、実製造前に予備実験を行い最適化することもできる。

【0183】

更に、カーボンブラックを含む磁性層を有する磁気テープについては、カーボンブラックの分散性を向上させるための分散剤を磁性層成分として用いることは、真空加熱後のスペーシング分布の半値全幅 $FWHM_{after}$ を小さくするために有効である。例えば一例として、カーボンブラックの分散剤としては、有機三級アミンを挙げることができる。有機三級アミンについては、特開2013-049832号公報の段落0011～0018および0021を参照できる。上記有機三級アミンは、より好ましくはトリアルキルアミンである。トリアルキルアミンが有するアルキル基は、好ましくは炭素数1～18のアルキル基である。トリアルキルアミンが有する3つのアルキル基は、同一であっても異なっているいてもよい。アルキル基の詳細については、特開2013-049832号公報の段落0015～0016を参照できる。トリアルキルアミンとしては、トリオクチルアミンが特に好ましい。

【0184】

以上により、上記磁気テープ装置に含まれる磁気テープを得ることができる。ただし上記の製造方法は例示であって、 $FWHM_{before}$ 、 $FWHM_{after}$ および差分 ($S_{after} - S_{before}$) を調整可能な任意の手段によって、 $FWHM_{before}$ 、 $FWHM_{after}$ および差分 ($S_{after} - S_{before}$) をそれぞれ上記範囲に制御することができ、そのような態様も本発明に包含される。

【0185】

上記磁気テープの磁性層には、サーボパターンを形成することができる。磁性層へのサーボパターンの形成は、サーボパターン記録ヘッド（「サーボライトヘッド (servo write head)」とも呼ばれる。）により、磁性層の特定の位置を磁化することにより行われる。トラッキングを可能とするためのサーボパターンの形状および磁性層における配置は公知であり、サーボライトヘッドにより磁化する領域（サーボパターンを形成する位置）は規格により定められている。上記磁気テープの磁性層が有するサーボパターンについては、公知技術を適用することができる。例えば、トラッキングの方式としては、タイミングベースサーボ方式と振幅ベースサーボ方式が知られている。上記磁気テープの磁性層に形成され得るサーボパターンは、いずれの方式のトラッキングを可能とするサーボパターンでもよい。また、タイミングベースサーボ方式でのトラッキングを可能とするサーボパターンと振幅ベースサーボ方式でのトラッキングを可能とするサーボパターンとが磁性層に形成されていてもよい。

【0186】

磁気テープでは、通常、データは磁気テープのデータバンド上に記録される。これによりデータバンドにトラックが形成される。詳しくは、磁気テープには、通常、サーボパターンを有する領域（「サーボバンド」と呼ばれる。）が長手方向に沿って複数本存在する。データバンドは、2本のサーボバンドに挟まれた領域である。例えば、図2中のトラック領域30がデータバンドである。データの記録はデータバンド上で行われ、データバンドには複数のトラックが長手方向に沿って形成される。一例として、例えば、業界標準規格であるLTO Ultriumフォーマットテープには、磁気テープ製造時に、図14に示すようにテープ幅方向に対して傾斜した複数のサーボパターンが、サーボバンド上に形成される。詳しくは、図14中、サーボバンド上のサーボフレームSFは、サーボサブフレーム1 (SSF1) およびサーボサブフレーム2 (SSF2) から構成される。サーボサブフレーム1は、Aバースト（図14中、符号A）およびBバースト（図14中、符

号B)から構成される。AバーストはサーボパターンA1～A5から構成され、BバーストはサーボパターンB1～B5から構成される。一方、サーボサブフレーム2は、Cバースト(図14中、符号C)およびDバースト(図14中、符号D)から構成される。CバーストはサーボパターンC1～C4から構成され、DバーストはサーボパターンD1～D4から構成される。このような18本のサーボパターンが5本と4本のセットで、5、5、4、4、の配列で並べられたサブフレームに配置され、サーボフレームを識別するために用いられる。図14には、説明のために1つのサーボフレームを示した。ただし、実際には、タイミングベースサーボ方式のトラッキングが行われる磁気テープの磁性層では、各サーボバンドに、複数のサーボフレームが走行方向に配置されている。図14中、矢印は走行方向を示している。例えば、LTO Ultriumフォーマットテープは、通常、磁性層の各サーボバンドに、テープ長1mあたり5000以上のサーボフレームを有する。サーボ素子は、磁気テープ装置内で搬送される磁気テープの磁性層表面と接触し摺動しながら、複数のサーボフレームにおいて順次サーボパターンの読み取りを行う。

10

【0187】

例えば、タイミングベースサーボ方式のサーボシステム(タイミングベースサーボシステム)では、例えば、磁気テープの長手方向に連続的に複数配置された、互いに非平行な一対のサーボパターン(「サーボストライプ」とも呼ばれる。)がサーボ素子によって読み取られることにより、サーボ信号が得られる。

【0188】

一態様では、特開2004-318983号公報に示されているように、各サーボバンドには、サーボバンドの番号を示す情報(「サーボバンドID(identification)」または「UDIM(Unique Data Band Identification Method)情報」とも呼ばれる。)が埋め込まれている。このサーボバンドIDは、サーボバンド中に複数ある一対のサーボパターンのうちの特定のものを、その位置が磁気テープの長手方向に相対的に変位するように、ずらすことによって記録されている。具体的には、複数ある一対のサーボパターンのうちの特定のもののずらし方を、サーボバンド毎に変えている。これにより、記録されたサーボバンドIDはサーボバンド毎にユニークなものとなるため、一つのサーボバンドをサーボ素子で読み取るだけで、そのサーボバンドを一意に(uniquely)特定することができる。

20

【0189】

なお、サーボバンドを一意に特定する方法には、ECMA(European Computer Manufacturers Association)-319に示されているようなスタッガード方式を用いたものもある。このスタッガード方式では、磁気テープの長手方向に連続的に複数配置された、互いに非平行な一対のサーボパターン(サーボストライプ)の群を、サーボバンド毎に磁気テープの長手方向にずらすように記録する。隣接するサーボバンド間における、このずらし方の組み合わせは、磁気テープ全体においてユニークなものとなっているため、2つのサーボ素子によりサーボパターンを読み取る際に、サーボバンドを一意に特定することも可能となっている。

30

【0190】

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

40

【0191】

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

50

また、サーボバンドに情報を埋め込む方法としては、上記以外の方法を採用することも可能である。例えば、一对のサーボパターンの群の中から、所定の対を間引くことによって、所定のコードを記録するようにしてもよい。

【0192】

サーボライトヘッドは、上記一对のサーボパターンに対応した一对のギャップを、サーボバンドの数だけ有する。通常、各一对のギャップには、それぞれコアとコイルが接続されており、コイルに電流パルスを供給することによって、コアに発生した磁界が、一对のギャップに漏れ磁界を生じさせることができる。サーボパターンの形成の際には、サーボライトヘッド上に磁気テープを走行させながら電流パルスを入力することによって、一对のギャップに対応した磁気パターンを磁気テープに転写させて、サーボパターンを形成することができる。各ギャップの幅は、形成されるサーボパターンの密度に応じて適宜設定することができる。各ギャップの幅は、例えば、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下、 $1\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上等に設定可能である。

【0193】

磁気テープにサーボパターンを形成する前には、磁気テープに対して、通常、消磁（イレース）処理が施される。このイレース処理は、直流磁石または交流磁石を用いて、磁気テープに一樣な磁界を加えることによって行うことができる。イレース処理には、DC（Direct Current）イレースとAC（Alternating Current）イレースとがある。ACイレースは、磁気テープに印加する磁界の方向を反転させながら、その磁界の強度を徐々に下げることによって行われる。一方、DCイレースは、磁気テープに一方向の磁界を加えることによって行われる。DCイレースには、更に2つの方法がある。第一の方法は、磁気テープの長手方向に沿って一方向の磁界を加える、水平DCイレースである。第二の方法は、磁気テープの厚み方向に沿って一方向の磁界を加える、垂直DCイレースである。イレース処理は、磁気テープ全体に対して行ってもよいし、磁気テープのサーボバンド毎に行ってもよい。

【0194】

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

【0195】

以上説明した磁気テープは、通常、磁気テープカートリッジに収容され、磁気テープカートリッジが磁気テープ装置に装着される。磁気テープカートリッジの構成は公知である。磁気テープカートリッジの一態様については、図1中の磁気テープカートリッジ12に関する先の記載を参照できる。

【0196】

一態様によれば、以下の磁気テープも提供される。

非磁性支持体上に強磁性粉末、結合剤および脂肪酸エステルを含む磁性層を有し、

上記磁気テープを真空加熱する前に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、 0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

上記磁気テープを真空加熱した後に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、 0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

上記磁気テープを真空加熱した後に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{after} と、上記磁気テープを真空加熱する前に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{before} との差分（ S_{after}

10

20

30

40

50

$r - S_{before}$) は、0 nm 超 12.0 nm 以下である磁気テープ。

【0197】

一態様によれば、以下の磁気テープも提供される。

データの記録および記録されたデータの読み取りのために使用される磁気テープであって、

非磁性支持体上に強磁性粉末、結合剤および脂肪酸エステルを含む磁性層を有し、

上記磁気テープを真空加熱する前に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

上記磁気テープを真空加熱した後に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング分布の半値全幅は、0 nm 超 15.0 nm 以下であり、

上記磁気テープを真空加熱した後に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{after} と、上記磁気テープを真空加熱する前に上記磁性層の表面において光学干渉法により測定されるスペーシング S_{before} との差分 ($S_{after} - S_{before}$) は、0 nm 超 12.0 nm 以下である磁気テープ。

一態様では、上記データの読み取りは、読取素子ユニットにより行われ得る。

一態様では、上記読取素子ユニットは、上記磁気テープに含まれるトラック領域のうちの読取対象トラックを含む特定トラック領域からデータをリニアスキャン方式で各々読み取る複数の読取素子を有することができる。

一態様では、上記読取素子毎の読取結果は、抽出部によって抽出され得る。

一態様では、上記抽出部は、上記読取素子毎の読取結果から、上記読取対象トラックに由来するデータを抽出することができる。

一態様では、上記抽出部は、上記読取素子毎の読取結果の各々に対して、上記磁気テープと上記読取素子ユニットとの位置のずれ量に応じた波形等化処理を施すことにより、上記読取結果から、上記読取対象トラックに由来するデータを抽出することができる。

【0198】

上記磁気テープ、読取素子ユニットおよび抽出部が取り得る具体的態様については、先の記載を参照できる。

【実施例】

【0199】

以下に、本発明を実施例に基づき説明する。但し、本発明は実施例に示す態様に限定されるものではない。以下に記載の「部」、「%」の表示は、特に断らない限り、「質量部」、「質量%」を示す。また、以下に記載の工程および評価は、特記しない限り、雰囲気温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の環境において行った。

【0200】

[実施例1]

<磁性層形成用組成物>

(磁性液)

強磁性粉末 (表1参照) : 100.0 部

スルホン酸基含有ポリウレタン樹脂 : 15.0 部

シクロヘキサノン : 150.0 部

メチルエチルケトン : 150.0 部

(研磨剤液)

α -アルミナ (平均粒子サイズ 110 nm) : 9.0 部

塩化ビニル共重合体 (カネカ社製 MR110) : 0.7 部

シクロヘキサノン : 20.0 部

(シリカゾル)

コロイダルシリカ (平均粒子サイズ : 120 nm) : 3.5 部

メチルエチルケトン : 8.2 部

(その他の成分)

ブチルステアレート : 1.0 部

ステアリン酸：１．０部

ポリイソシアネート（東ソー社製コロネート）：２．５部

（仕上げ添加溶媒）

シクロヘキサノン：１８０．０部

メチルエチルケトン：１８０．０部

【０２０１】

<非磁性層形成用組成物>

非磁性無機粉末（ α -酸化鉄）：８０．０部

（平均粒子サイズ：０．１５ μ m、平均針状比：７、BET（Brunauer-E

10

mmett-Teller）比表面積：５２ｍ^２／g）

カーボンブラック（平均粒子サイズ２０nm）：２０．０部

電子線硬化型塩化ビニル共重合体：１３．０部

電子線硬化型ポリウレタン樹脂：６．０部

フェニルホスホン酸：３．０部

シクロヘキサノン：１４０．０部

メチルエチルケトン：１７０．０部

ブチルステアレート：表１参照

ステアリン酸：表１参照

【０２０２】

<バックコート層形成用組成物>

20

非磁性無機粉末（ α -酸化鉄）：８０．０部

（平均粒子サイズ：０．１５ μ m、平均針状比：７、BET比表面積：５２ｍ^２／g）

カーボンブラック（平均粒子サイズ２０nm）：２０．０部

カーボンブラック（平均粒子サイズ１００nm）：３．０部

塩化ビニル共重合体：１３．０部

スルホン酸基含有ポリウレタン樹脂：６．０部

フェニルホスホン酸：３．０部

シクロヘキサノン：１４０．０部

メチルエチルケトン：１７０．０部

30

ステアリン酸：３．０部

ポリイソシアネート（東ソー社製コロネート）：５．０部

メチルエチルケトン：４００．０部

【０２０３】

<各層形成用組成物の調製>

磁性層形成用組成物は、以下の方法によって調製した。

上記磁性液の各種成分をオープンニードにより混練および希釈処理した後、横型ビーズミル分散機により、ビーズ径０．５mmのジルコニア（ZrO₂）ビーズ（以下、「Zrビーズ」と記載する。）を用いて、ビーズ充填率８０体積％およびローター先端周速１０

40

m／秒で、１パスあたりの滞留時間を２分として１２パスの分散処理を行い、磁性液を調製した。

研磨剤液を、上記の各種成分を混合した後、ビーズ径１mmのZrビーズとともに縦型サンドミル分散機に入れ、ビーズ体積／（研磨剤液体積＋ビーズ体積）が６０％になるように調整し、１８０分間サンドミル分散処理を行い、処理後の液を取り出し、フロー式の超音波分散ろ過装置を用いて、超音波分散ろ過処理を施すことにより調製した。

磁性液、シリカゾルおよび研磨剤液と、その他の成分および仕上げ添加溶媒をディゾルバー攪拌機に導入し、周速１０m／秒で３０分間攪拌した。その後、フロー式超音波分散機により流量７．５kg／分で、表１に示すパス回数で処理を行った後に、表１に示す孔径のフィルタで表１に示す回数ろ過して磁性層形成用組成物を調製した。

【０２０４】

50

非磁性層形成用組成物は以下の方法によって調製した。

潤滑剤（ブチルステアレートおよびステアリン酸）を除く上記成分をオープンニードにより混練および希釈処理した後、横型ビーズミル分散機により分散処理を実施した。その後、潤滑剤（ブチルステアレートおよびステアリン酸）を添加して、ディゾルバー攪拌機にて攪拌および混合処理を施して非磁性層形成用組成物を調製した。

【0205】

バックコート層形成用組成物は以下の方法によって作製した。

潤滑剤（ステアリン酸）、ポリイソシアネートおよびメチルエチルケトン（400.0部）を除く上記成分をオープンニードにより混練および希釈処理した後、横型ビーズミル分散機により分散処理を実施した。その後、潤滑剤（ステアリン酸）、ポリイソシアネートおよびメチルエチルケトン（400.0部）を添加して、ディゾルバー攪拌機にて攪拌および混合処理を施し、バックコート層形成用組成物を調製した。

【0206】

<磁気テープの作製>

厚み5.0 μm のポリエチレンナフタレート支持体上に、乾燥後の厚みが1.0 μm になるように非磁性層形成用組成物を塗布し乾燥させた後、125 kVの加速電圧で40 kGyのエネルギーとなるように電子線を照射した。その上に乾燥後の厚みが0.1 μm になるように磁性層形成用組成物を塗布し乾燥させて磁性層形成用組成物の塗布層を形成した。

その後、上記塗布層を形成した支持体を、図15に示す振動付与装置に、上記塗布層を形成した表面とは反対側の表面が振動付与ユニットと接するように設置し、上記塗布層を形成した支持体（図15中、符号1）を搬送速度0.5 m/秒で搬送させて上記塗布層に振動を付与した。図15中、符号2はガイドローラ（符号2は2つのガイドローラの一方に付した）、符号3は振動付与装置（超音波振動子を含む振動付与ユニット）、矢印は搬送方向を示す。上記塗布層を形成した支持体の任意の箇所が振動付与ユニットとの接触を開始してから接触が終了するまでの時間を振動付与時間として、表1に示す。使用した振動付与ユニットは内部に超音波振動子を備えている。超音波振動子の振動周波数および強度を表1に示す値として振動付与を行った。

その後、上記支持体の、非磁性層および磁性層を形成した表面とは反対側の表面上に、バックコート層形成用組成物を乾燥後の厚みが0.5 μm になるように塗布し乾燥させた。

その後、金属ロールのみから構成されるカレンダーロールを用いて、カレンダー処理速度80 m/min、線圧300 kg/cm（294 kN/m）、およびカレンダーロールの表面温度110 $^{\circ}\text{C}$ にて、表面平滑化処理（カレンダー処理）を行った。

その後、雰囲気温度70 $^{\circ}\text{C}$ の環境で36時間加熱処理を行った。加熱処理後、1/2インチ（0.0127メートル）幅にスリットし、スリット品の送り出しおよび巻き取り装置を持った装置に不織布とカミソリブレードが磁性層表面に押し当たるように取り付けたいブクリーニング装置で磁性層の表面のクリーニングを行った。

以上により、磁気テープを作製した。

作製した磁気テープの磁性層を消磁した状態で、サーボライトヘッドによって、LT O U l t r i u mフォーマットにしたがう配置および形状のサーボパターンを磁性層に形成した。これにより、磁性層に、LT O U l t r i u mフォーマットにしたがう配置でデータバンド、サーボバンド、およびガイドバンドを有し、かつサーボバンド上にLT O U l t r i u mフォーマットにしたがう配置および形状のサーボパターンを有する磁気テープを得た。

【0207】

[実施例2～15、比較例1～19]

表1に示す各種項目を表1に示すように変更した点以外、実施例1と同様に磁気テープを得た。

表1中、超音波振動付与条件の欄に「無」と記載されている比較例では、振動付与を行

わない製造工程により磁気テープを作製した。

表1中、磁性層の強磁性粉末の欄に記載の「BaFe」は、六方晶バリウムフェライト粉末（平均粒子サイズ25nm）を示す。

表1中、「SrFe」は、特開2015-127985号公報の実施例14に記載の方法で作製された六方晶ストロンチウムフェライト粉末（平均粒子サイズ18nm）を示す。

表1中、「ε-酸化鉄」は、以下の方法によって作製されたε-酸化鉄粉末（平均粒子サイズ13nm）を示す。

純水90gに、硝酸鉄（III）9水和物6.3g、硝酸ガリウム（III）8水和物5.0g、およびポリビニルピロリドン（PVP）1.5gを溶解させたものを、マグネチックスターラーを用いて攪拌しながら、大気雰囲気中、雰囲気温度25℃の条件下で、濃度25%のアンモニア水溶液4.0gを添加し、雰囲気温度25℃の温度条件のまま2時間攪拌した。得られた溶液に、クエン酸1gを純水9gに溶解させて得たクエン酸溶液を加え、1時間攪拌した。攪拌後に沈殿した粉末を遠心分離によって採集し、純水で洗浄し、炉内温度80℃の加熱炉内で乾燥させた。

乾燥させた粉末に純水800gを加えて再度粉末を水に分散させて分散液を得た。得られた分散液を液温50℃に昇温し、攪拌しながら濃度25%のアンモニア水溶液を40g滴下した。50℃の温度を保ったまま1時間攪拌した後、テトラエトキシシラン（TEOS）14mLを滴下し、24時間攪拌した。得られた反応溶液に、硫酸アンモニウム50gを加え、沈殿した粉末を遠心分離によって採集し、純水で洗浄し、炉内温度80℃の加熱炉内で24時間乾燥させ、強磁性粉末の前駆体を得た。

得られた強磁性粉末の前駆体を、大気雰囲気下、炉内温度1030℃の加熱炉内に装填し、4時間の加熱処理を施した。

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

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

得られた強磁性粉末の組成を高周波誘導結合プラズマ発光分光分析（ICP-OES；Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry）により確認したところ、Ga、CoおよびTi置換型ε-酸化鉄（ε-Ga_{0.28}Co_{0.05}Ti_{0.05}Fe_{1.62}O₃）であった。また、粉末X線回折（XRD；X-ray diffraction）を行い、XRDパターンのピークから、得られた強磁性粉末は、α相およびγ相の結晶構造を含まないε相の単相の結晶構造を有することが確認された。

【0208】

〔物性評価〕

(1) 真空加熱前後のスペーシング分布の半値全幅FWHM_{before}、FWHM_{after}

TSA（Tape Spacing Analyzer（Micro Physics社製））を用いて、以下の方法により、実施例および比較例の各磁気テープについて、真空加熱前後のスペーシング分布の半値全幅FWHM_{before}およびFWHM_{after}を求めた。

磁気テープの磁性層表面上に、TSAに備えられたガラス板を配置した状態で、押圧部材としてTSAに備えられているウレタン製の半球を用いて、この半球を磁気テープのバックコート層表面に、 $5.05 \times 10^4 \text{ N/m}$ （0.5atm）の圧力で押しつけた。この状態で、TSAに備えられているストロボスコープから白色光を、ガラス板を通して磁気テープの磁性層表面の一定領域（ $150000 \sim 200000 \mu\text{m}^2$ ）に照射し、得られる反射光を、干渉フィルタ（波長633nmの光を選択的に透過するフィルタ）を通してCCD（Charge-Coupled Device）で受光することで、この領域

の凹凸で生じた干渉縞画像を得た。

この画像を300000ポイントに分割して各ポイントのガラス板の磁気テープ側の表面から磁気テープの磁性層表面までの距離（スペーシング）を求めこれをヒストグラムとし、ヒストグラムをガウス分布でフィッティングしたときの半値全幅をスペーシング分布の半値全幅とした。

真空加熱は、磁気テープを、200Pa以上0.01MPa以下の真空度の内部雰囲気温度70～90℃の真空定温乾燥機に24時間保存することにより行った。

【0209】

(2) 差分 ($S_{after} - S_{before}$)

上記(1)で得た真空加熱後のヒストグラムの最頻値から、真空加熱前のヒストグラムの最頻値を差し引いて、差分 ($S_{after} - S_{before}$) とした。

【0210】

[性能評価]

(1) 実施例および比較例の各磁気テープの磁性層に対して、IBM社製TS1155テープドライブに搭載されている記録再生ヘッドを用いて、速度：6m/s、線記録密度：600kbp (255bit PRBS) およびトラックピッチ：2μmの記録条件にて、データの記録を行った。上記の単位kbpは、線記録密度の単位 (SI単位系に換算不可) である。上記のPRBSは、Pseudo Random Bit Sequenceの略称である。

上記記録により、各磁気テープの磁性層に、2つの隣接トラックの間、即ち第1のノイズ混入源トラックと第2のノイズ混入源トラックとの間に、読取対象トラックが位置する特定トラック領域が形成される。

(2) 近接した状態で配置された2つの読取素子を有する読取素子ユニットを用いてデータ読取を行うモデル実験として、以下のデータ読取を行った。以下のモデル実験では、磁性層表面と読取素子とが接触し摺動することによってデータ読取が行われた。

単一の読取素子を有する磁気ヘッドを、読取対象トラックのテープ幅方向の中心と読取素子のトラック幅方向の中心とが一致するように配置した状態で読取を開始し、1回目のデータ読取を行った。この1回目のデータ読取中、サーボ素子によってサーボパターンを読み取り、タイミングベースサーボ方式のトラッキングも行った。また、サーボパターン読取動作に同期して読取素子によりデータ読取動作が行われた。

次いで同一の磁気ヘッドをテープ幅方向 (一方の隣接トラック側) に500nmずらして、2回目のデータ読取を1回目のデータ読取と同様に行った。上記の2回のデータ読取は、それぞれ再生素子幅：0.2μm、速度：4m/s、サンプリングレート：ビットレートの1.25倍の読取条件で行った。

1回目のデータ読取で得られた読取信号を等化器に入力し、1回目のデータ読取における磁気テープと磁気ヘッド (読取素子) との位置のずれ量に応じた波形等化処理を施した。この波形等化処理は、次のように行われる処理である。一定周期で形成されているサーボパターンをサーボ素子によって読み取ることにより得られた位置のずれ量から、読取素子と読取対象トラックとの重複領域と、読取素子と隣接トラックとの重複領域との比を特定する。この特定された比から演算式を用いて導出されたタップ係数を読取信号に対して畳み込み演算することにより、波形等化処理を行う。上記演算式は、EPR4 (Extended Partial Response class 4) を基本波形 (ターゲット) とする演算式である。2回目のデータ読取で得られた読取信号についても、同様に波形等化処理を施した。

上記の波形等化処理が施された2つの読取信号の位相合わせ処理 (以下、「2次元信号処理」と記載する。) を行うことにより、近接した状態で配置された2つの読取素子 (読取素子ピッチ=500nm) を有する読取素子ユニットにより得られるであろう読取信号を得た。こうして得られた読取信号について、信号検出点でのSNRを算出した。

(3) 上記の(2)を、1回目のデータ読取開始時の読取素子の位置を、読取対象トラックのテープ幅方向の中心から0.1μm間隔で第1のノイズ混入源トラック側および第2

10

20

30

40

50

のノイズ混入源トラック側にそれぞれトラックオフセットさせながら繰り返し、トラック位置に対するS N Rのエンベロープを得た。

表1中、「2次元信号処理」の欄に「有」と記載されている実施例および比較例については、上記方法によりS N Rのエンベロープを得た。

表1中、「2次元信号処理」の欄に「無」と記載されている比較例については、上記の2回目のデータ読取を行わずに1回目のデータ読取結果（即ち単一素子のみでのデータ読取結果）に関してS N Rのエンベロープを得た。

（4）比較例1のS N Rのエンベロープを参照エンベロープとし、参照エンベロープにおけるトラックセンターのS N RからS N Rが−3 d B低下したところを、S N R下限値として設定した。各エンベロープにおいて、この下限値以上で最大のトラックオフセット量を、許容可能トラックオフセット量とした。実施例および比較例のそれぞれについて、比較例1の許容可能トラックオフセット量に対する許容可能トラックオフセット量の増加率を、「許容可能トラックオフセット量増加率」として求めた。

【0211】

以上の結果を、表1（表1-1～表1-7）に示す。

【0212】

【表 1 - 1】

磁性層 非磁性層形成用 組成物	強磁性粉末 βチルステアレート ステアリン酸	種類 含有量 含有量 付与時間 周波数 強度	単位	実施例				
				1	2	3	4	5
製造条件	磁気層形成用組成物 調製条件	フロー式超音波分散 機パス回数	回	2	30	30	2	2
		ろ過回数	回	1	5	5	1	1
		フィルタ孔径	μm	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0
		$S_{after} - S_{before}$	nm	3.2	3.2	3.2	1.5	11.0
		FWHM _{before}	nm	13.0	7.0	3.7	13.1	13.0
物性	2次元信号処理	FWHM _{after}	nm	12.9	7.2	3.8	12.9	12.9
		-	-	有	有	有	有	有
		許容可能トラッキングオフセット量増加率	%	22	28	32	23	22

【表 1 - 2】

磁性層 非磁性層形成用 組成物	強磁性粉末 ブチルスチレート ステアリン酸	種類 含有量 含有量 付与時間 周波数 強度	単位	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
				SrFe	SrFe	SrFe	SrFe	SrFe
製造条件	磁性層形成用組成物 調製条件	超音波振動付与条件	秒	4.0	4.0	4.0	2.0	15.0
				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
				0.5	3.0	5.0	0.5	0.5
				30	30	30	30	30
				100	100	100	100	100
物性	磁性層形成用組成物 調製条件	フロー式超音波分散 機パス回数 ろ過回数 フィルタ孔径	回	2	30	30	2	2
				1	5	5	1	1
				1.0	0.5	0.5	1.0	1.0
				3.2	3.1	3.1	1.4	11.2
				13.1	6.9	3.8	13.1	13.0
性能	2次元信号処理 許容可能トラッキングオフセット量増加率	FWHM _{before} FWHM _{after}	nm	12.9	7.2	3.7	13.0	12.9
				有	有	有	有	有
				24	30	35	22	23
				%	%	%	%	%

【表 1 - 3】

磁性層 非磁性層形成用 組成物	強磁性粉末	種類	単位	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15
	ブチルスチアレート	含有量	—	ε-酸化鉄	ε-酸化鉄	ε-酸化鉄	ε-酸化鉄	ε-酸化鉄
製造条件	ステアリン酸	含有量	部	4.0	4.0	4.0	2.0	15.0
	超音波振動付与条件	付与時間	秒	0.5	3.0	5.0	0.5	0.5
		周波数	kHz	30	30	30	30	30
		強度	W	100	100	100	100	100
	磁性層形成用組成物 調製条件	フロー式超音波分散 機パス回数	回	2	30	30	2	2
回			1	5	5	1	1	
フィルタ孔径			μm	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0
物性	$S_{\text{after}}-S_{\text{before}}$		nm	3.1	3.2	3.2	1.6	11.2
	$\text{FWHM}_{\text{before}}$		nm	13.0	7.0	3.9	12.9	13.1
	$\text{FWHM}_{\text{after}}$		nm	12.9	7.1	3.8	12.9	12.9
性能	2次元信号処理		-	有	有	有	有	有
	許容可能トラッキングオフセット量増加率		%	26	32	37	22	21

【表 1 - 4】

磁性層 非磁性層形成用 組成物	強磁性粉末 ブチルステアレート ステアリン酸	種類 含有量 含有量 付与時間 周波数 強度	単位	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5
				BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe
製造条件	超音波振動付与条件	フロー式超音波分散 機パス回数 ろ過回数 フィルタ孔径	回	4.0	15.0	4.0	19.0	0.0
				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
				無	無	0.5	0.5	0.5
				kHz	kHz	30	30	30
				W	W	100	100	100
物性	磁性層形成用組成物 調製条件	S _{after} -S _{before} FWHM _{before} FWHM _{after}	回	2	2	1	2	2
				1	1	1	1	1
				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
				3.1	11.0	3.1	14.0	0
				18.2	18.1	13.0	13.0	12.9
性能	2次元信号処理 許容可能トラックオフセット量増加率	-	%	12.8	12.9	17.9	13.0	13.0
				無	無	無	無	無
				0	0	0	-3	-4

【表 1 - 5】

磁性層 非磁性層形成用 組成物	強磁性粉末 ブチルステアレート ステアリン酸	種類 含有量 含有量 付与時間 周波数 強度	単位	比較例6 BaFe	比較例7 BaFe	比較例8 BaFe	比較例9 BaFe	比較例10 BaFe
製造条件	超音波振動付与条件		秒	無	無	0.5 30 100	0.5 30 100	0.5 30 100
	磁性層形成用組成物 調製条件	フロー式超音波分散 機パス回数 ろ過回数 フィルタ孔径	回	2	2	1	2	2
			回	1	1	1	1	1
			μm	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
			nm	3.2	3.2	3.1	14.0	0
物性	$S_{\text{after}} - S_{\text{before}}$		nm	18.0	18.3	13.2	13.2	13.1
	$\text{FWHM}_{\text{before}}$		nm	12.9	12.8	18.0	12.9	12.9
	$\text{FWHM}_{\text{after}}$		-	無	有	有	有	有
性能	2次元信号処理		%	0	14	14	11	10
	許容可能トラッキングオフセット量増加率							

【表 1-6】

磁性層		強磁性粉末	種類	単位	比較例11	比較例12	比較例13	比較例14	比較例15	比較例16
非磁性層形成用組成物		部	含有量	部	BaFe	BaFe	BaFe	SrFe	SrFe	SrFe
		部	含有量	部	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
		秒	付与時間	秒	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		kHz	周波数	kHz	無	0.5	3.0	無	無	0.5
製造条件		W	強度	W	無	30	30	100	無	30
		回	強度	回	2	2	30	2	2	2
		回	フロー式超音波分散機パス回数	回	1	1	5	1	1	1
		回	調整回数	回	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
物性		μm	フィルタ孔径	μm	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
		nm	フィルタ孔径	nm	3.1	3.2	3.2	3.0	3.1	3.1
		nm	FWHM _{before}	nm	18.2	13.2	7.0	18.1	18.1	13.1
		nm	FWHM _{after}	nm	12.8	12.8	7.0	12.8	12.9	12.8
性能	2次元信号処理			-	有	無	無	無	有	無
	許容可能トラフィックセット量増加率			%	14	4	6	2	16	6

【表 1 - 7】

磁性層 非磁性層形成用 組成物	強磁性粉末 ブチルステアレート ステアリン酸	種類 含有量 含有量 付与時間 周波数 強度	単位	比較例17	比較例18	比較例19
				ε-酸化鉄	ε-酸化鉄	ε-酸化鉄
製造条件	超音波振動付与条件	フロー式超音波分散 機パス回数 ろ過回数 フィルタ孔径	回	4.0	4.0	4.0
				1.0	1.0	1.0
				無	無	0.5
				無	無	30
				無	無	100
物性	磁性層形成用組成物 調製条件	S _{after} -S _{before} FWHM _{before} FWHM _{after}	回	2	2	2
				1	1	1
				1.0	1.0	1.0
				3.1	3.0	3.0
性能	2次元信号処理 許容可能トラックオフセット量増加率	-	nm	18.1	18.2	13.1
				12.9	13.0	12.9
				無	有	無
				4	18	8

【0219】

表1に示すように、実施例によれば、20%以上の許容可能トラックオフセット量増加率を実現することができた。

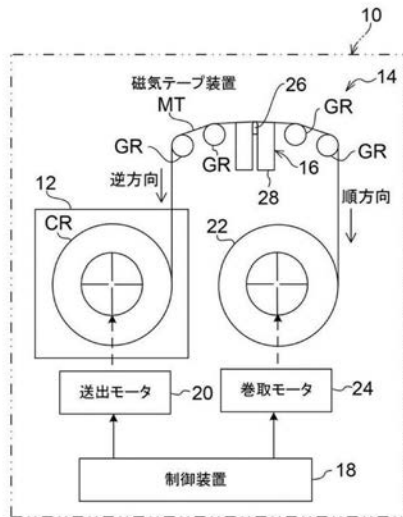
上記方法により求められる許容可能トラックオフセット量が大きいことは、トラックマージンを小さくしても高い再生品質での再生を可能にするうえで有利である。この点から、許容トラックオフセット量増加率が20%以上であることは好ましい。

【産業上の利用可能性】

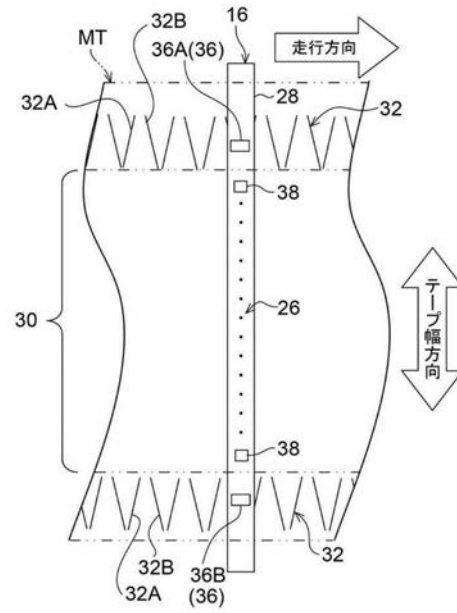
【0220】

本発明の一態様は、高密度記録されたデータを高い再生品質で再生することが望まれる磁気記録用途において有用である。

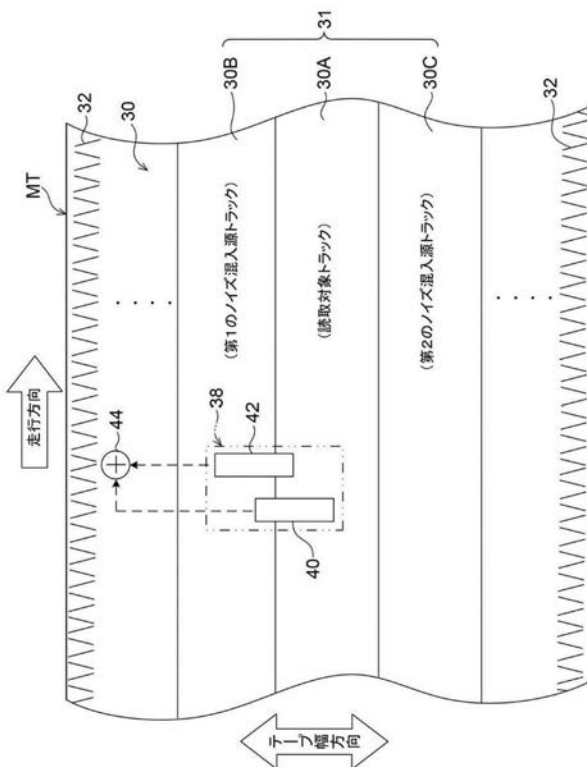
【図 1】



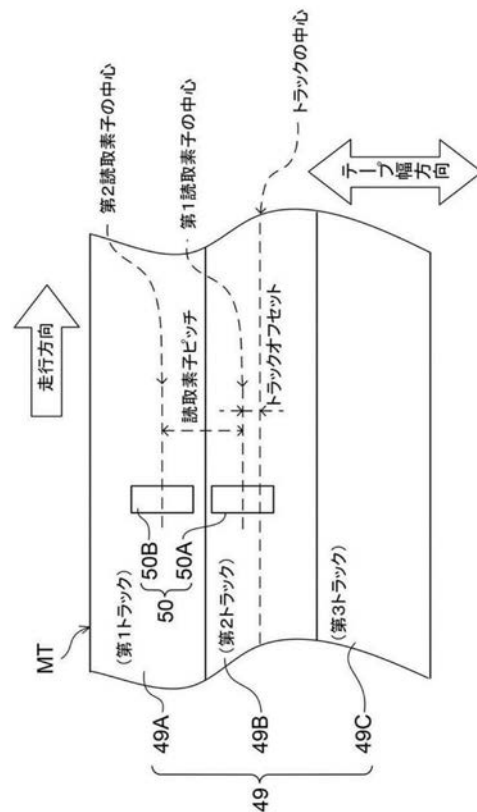
【図 2】



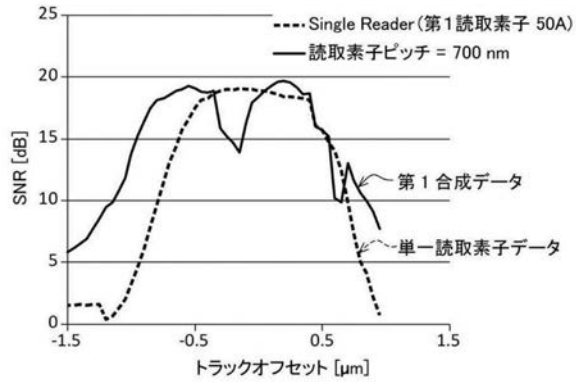
【図 3】



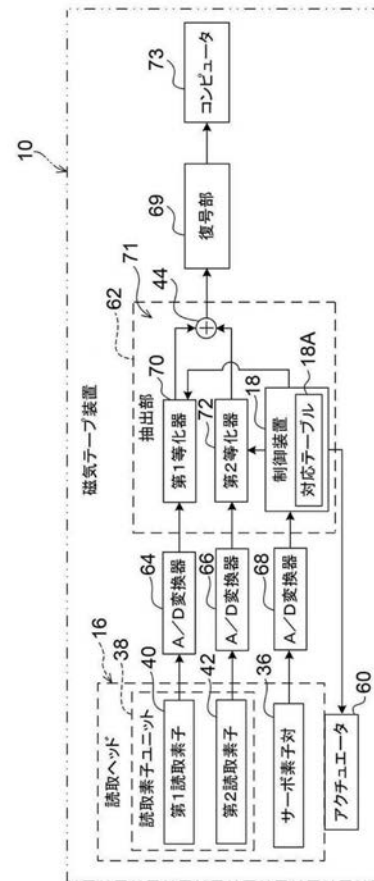
【図 4】



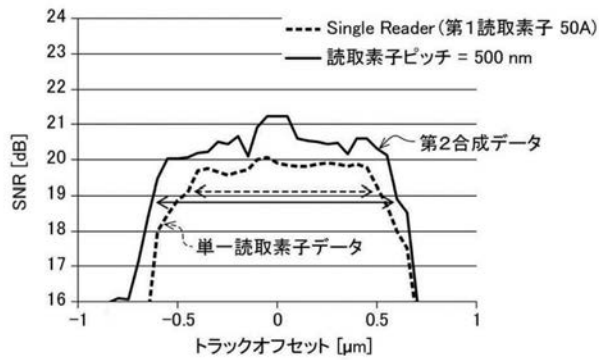
【図 5】



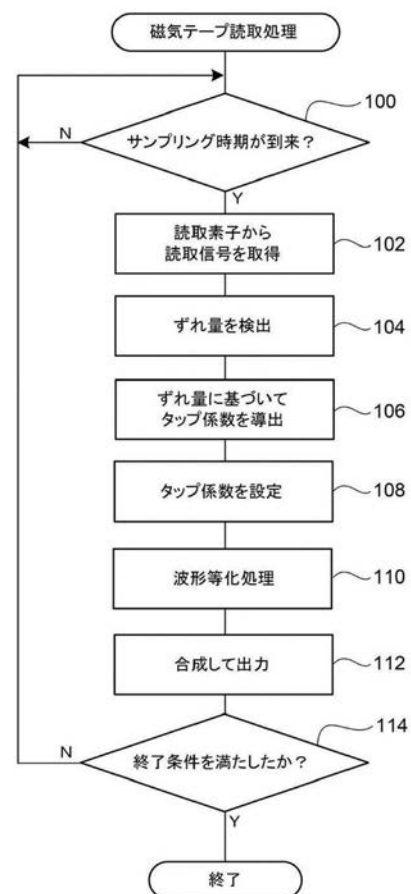
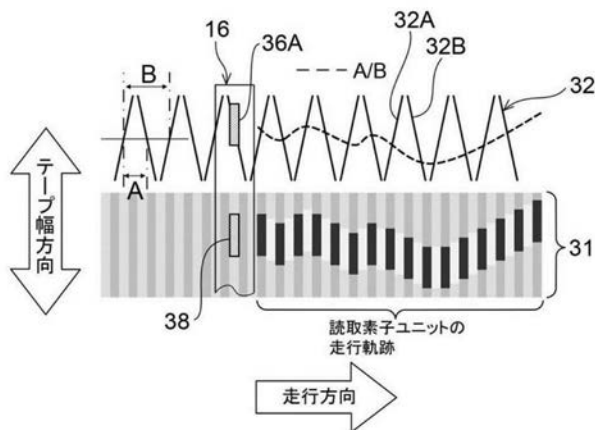
【図 7】



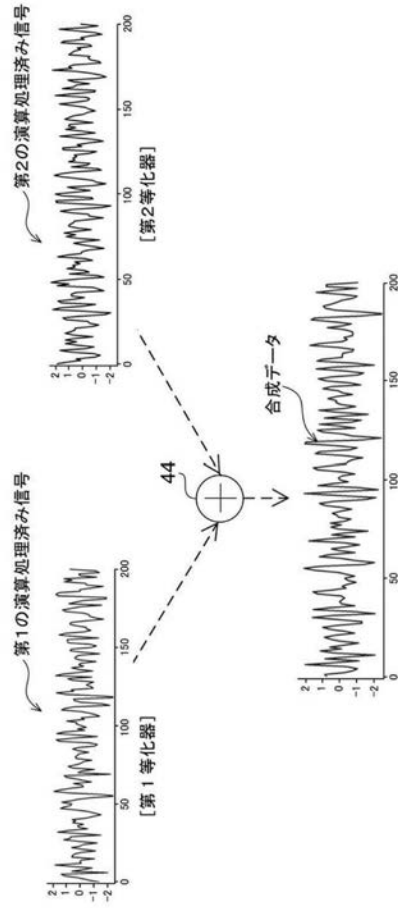
【図 6】



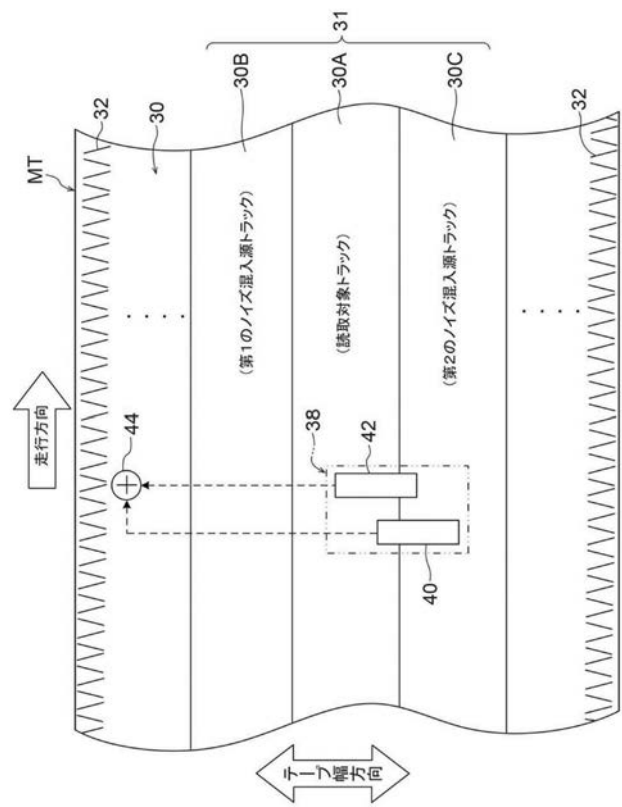
【図 9】



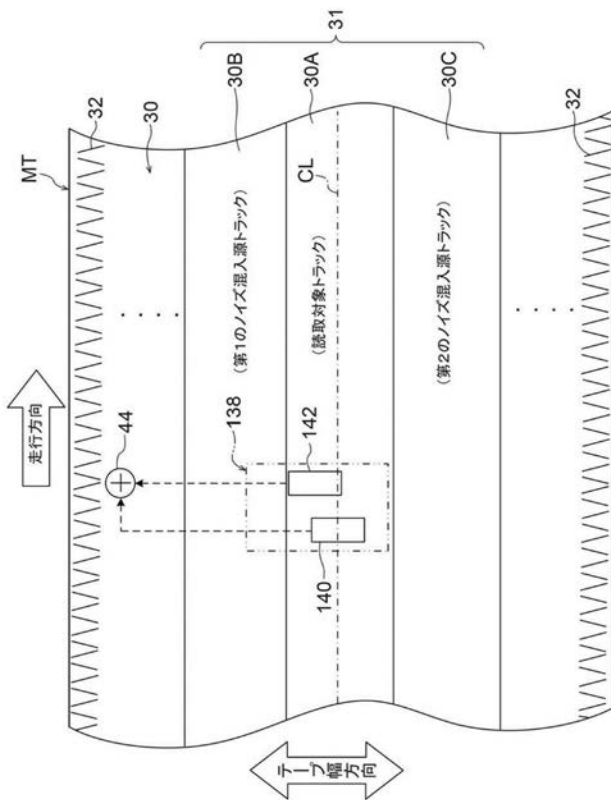
【図 10】



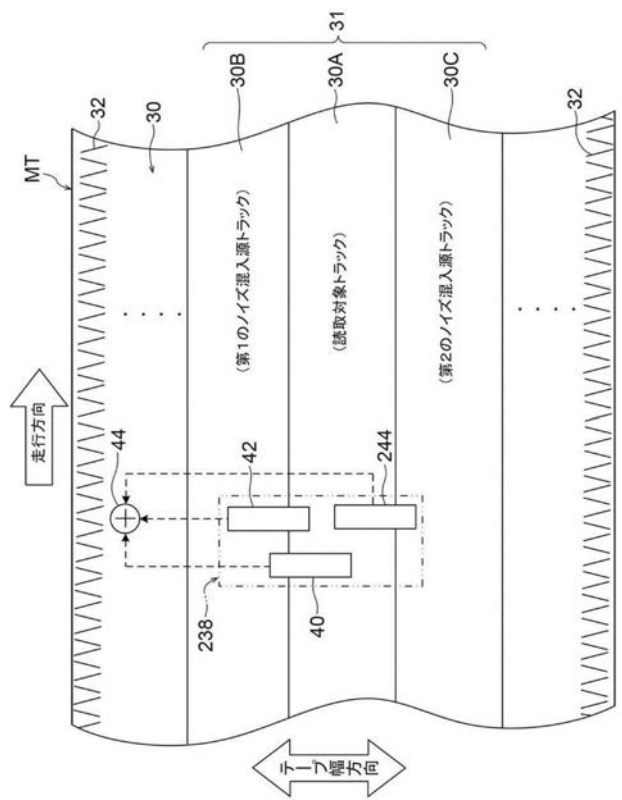
【図 11】



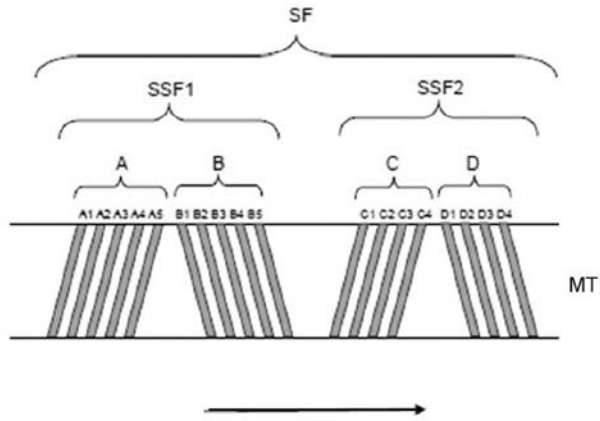
【図 12】



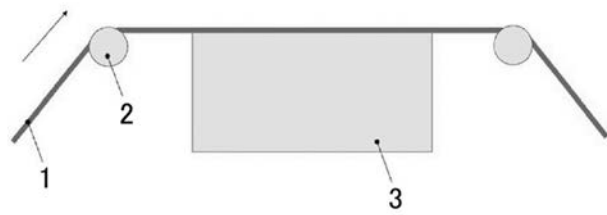
【図 13】



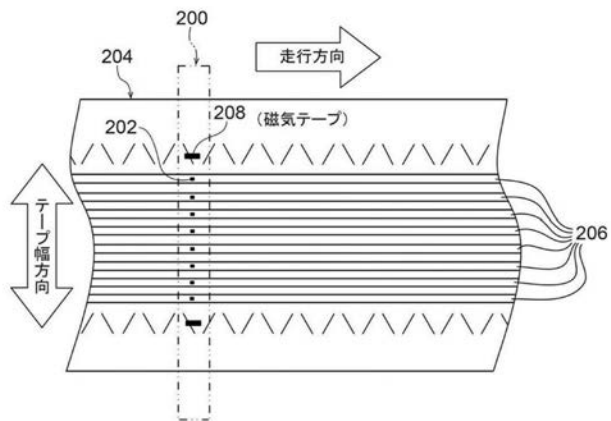
【図 14】



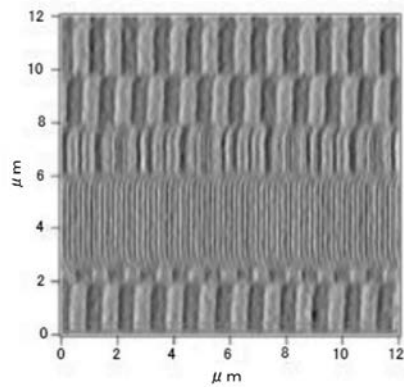
【図 15】



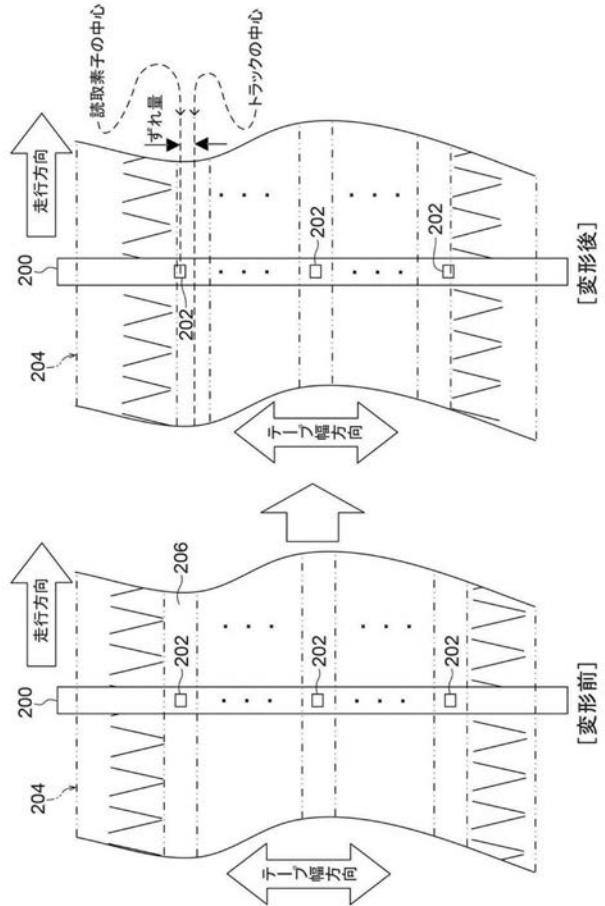
【図 17】



【図 18】



【図 16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D042 AA01 FA05 GA01 HA12 HA18 HB04