

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6860115号  
(P6860115)

(45) 発行日 令和3年4月14日(2021.4.14)

(24) 登録日 令和3年3月30日(2021.3.30)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>G 11 B</b>	<b>5/70</b>	<b>(2006.01)</b>	G 11 B	5/70
<b>G 11 B</b>	<b>5/706</b>	<b>(2006.01)</b>	G 11 B	5/706
<b>G 11 B</b>	<b>5/714</b>	<b>(2006.01)</b>	G 11 B	5/714
<b>G 11 B</b>	<b>5/73</b>	<b>(2006.01)</b>	G 11 B	5/73
<b>G 11 B</b>	<b>5/735</b>	<b>(2006.01)</b>	G 11 B	5/735

請求項の数 55 (全 50 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2020-210080 (P2020-210080)  
 (22) 出願日 令和2年12月18日 (2020.12.18)  
 (62) 分割の表示 特願2020-542169 (P2020-542169)  
 の分割  
 原出願日 令和2年7月20日 (2020.7.20)  
 審査請求日 令和3年2月10日 (2021.2.10)  
 (31) 優先権主張番号 特願2020-62425 (P2020-62425)  
 (32) 優先日 令和2年3月31日 (2020.3.31)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100112874  
 弁理士 渡邊 眞  
 (72) 発明者 榎本 泰啓  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニース  
 トレイジメディアソリューションズ株式会  
 社内  
 (72) 発明者 寺川 潤  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニース  
 トレイジメディアソリューションズ株式会  
 社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

磁性粉を含む磁性層と、  
 下地層、  
 ベース層、  
 及びバック層をこの順に有する層構造を有する磁気記録媒体であり、  
 前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.6 \mu m$  以下であり、  
 (前記磁性層の平均厚み + 前記下地層の平均厚み + 前記バック層の  
 平均厚み) / (磁気記録媒体の平均厚み) の比が  $0.19$  以上であり、  
 前記ベース層は、ポリエステル類を含み、  
 前記磁気記録媒体の熱安定性  $K_{uV_{act}} / k_B T$  が  $63$  以上であり、  
 前記磁性粉の平均粒子体積が  $500 nm^3$  以上  $2300 nm^3$  以下であり、  
 前記磁性層の下記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 $-0.362$   
 $M = -0.22$  である、磁気記録媒体。

$$M = \{ I_d(H) + 2 I_r(H) - I_r(0) \} / I_r(0) \quad \dots \dots (1)$$

[式(1)中、 $I_d(H)$  は直流消磁して測定される残留磁化であり、 $I_r(H)$  は交  
 流消磁して測定される残留磁化であり、 $I_r(0)$  は印加磁界を  $6 kOe$  として測定され  
 る残留磁化である。]

## 【請求項 2】

前記磁性粉が垂直配向させられた、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

10

20

## 【請求項 3】

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、-0.35 M である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4】

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、-0.3 M である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 5】

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1600 \text{ nm}^3$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 6】

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.3 \mu\text{m}$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

10

## 【請求項 7】

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.2 \mu\text{m}$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 8】

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.8 \mu\text{m}$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

。

## 【請求項 9】

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.4 \mu\text{m}$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

20

## 【請求項 10】

前記ベース層がP E T(ポリエチレンテレフタレート)又はP E N(ポリエチレンナフタレート)から形成されている、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 11】

前記記録媒体の長手方向における飽和磁化量  $M_s$  が以下の関係を満たしている、請求項1に記載の磁気記録媒体。

$$3.0 \times 10^{-3} \text{ emu} \quad M_s$$

## 【請求項 12】

前記磁性層の平均厚みが  $8.0 \text{ nm}$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

30

## 【請求項 13】

前記磁性層の平均厚みが  $7.0 \text{ nm}$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 14】

前記磁性層の平均厚みが  $6.0 \text{ nm}$  以下である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 15】

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $6.5\%$  以上である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 16】

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $6.7\%$  以上である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

40

## 【請求項 17】

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $7.0\%$  以上である、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 18】

前記磁性層、下地層、及びベース層をこの順に有する層構造を有する、請求項1に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 19】

(前記磁性層の平均厚み + 前記下地層の平均厚み) / (前記ベース層の平均厚み) の比が  $0.16$  以上である、請求項18に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 20】

50

前記磁気記録媒体の S N R が 0 . 3 d B 以上である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 2 1】

前記磁性粉が六方晶フェライトを含む、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 2 2】

請求項 1 に記載のテープ状の磁気記録媒体と、

記録再生装置と通信を行う通信部と、

記憶部と、

通信部を介して記録再生装置から受信した情報を記憶部に記憶し、かつ、記録再生装置の要求に応じて、記憶部から情報を読み出し、通信部を介して記録再生装置に送信する制御部と、を備え、

10

前記情報は、磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を含むテープカートリッジ。

【請求項 2 3】

前記磁性粉の平均粒子体積が 1 5 0 0 n m <sup>3</sup> 以下である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 2 4】

前記磁性粉の平均粒子体積が 1 4 0 0 n m <sup>3</sup> 以下である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

20

【請求項 2 5】

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が 4 . 2  $\mu m$  以下である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 2 6】

前記磁性層の平均厚みが 5 0 n m 以下である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 2 7】

請求項 1 に記載された前記磁気記録媒体を備えるカートリッジ。

【請求項 2 8】

前記磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を書き込む領域を有する記憶部をさらに備える請求項 2 7 に記載のカートリッジ。

【請求項 2 9】

前記磁性層の上記式 (1) により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 - 0 . 2 7 30 である、請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 3 0】

磁性粉を含む磁性層と、

下地層、

及びベース層をこの順に有する層構造を有する磁気記録媒体であり、

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が 5 . 6  $\mu m$  以下であり、

前記ベース層は、ポリエステル類を含み、

前記磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  が 6 3 以上であり、

前記磁性粉の平均粒子体積が 5 0 0 n m <sup>3</sup> 以上 1 5 0 0 n m <sup>3</sup> 以下であり、

前記磁性層の下記式 (1) により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 - 0 . 3 6 2

$M = \{ I_d (H) + 2 I_r (H) - I_r (\_) \} / I_r (\_) \dots (1)$

式 (1) 中、  $I_d (H)$  は直流消磁して測定される残留磁化であり、  $I_r (H)$  は交流消磁して測定される残留磁化であり、  $I_r (\_)$  は印加磁界を 6 k Oe として測定される残留磁化である。 ]

40

【請求項 3 1】

前記磁性粉が垂直配向させられた、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 3 2】

前記磁性層の上記式 (1) により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 - 0 . 3 5 M である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

50

## 【請求項 3 3】

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、-0.3 M である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 3 4】

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.3 \mu m$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 3 5】

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.2 \mu m$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 3 6】

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.8 \mu m$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 3 7】

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.4 \mu m$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 3 8】

前記ベース層が PET (ポリエチレンテレフタレート) 又は PEN (ポリエチレンナフタレート) から形成されている、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 3 9】

前記記録媒体の長手方向における飽和磁化量  $M_s$  が以下の関係を満たしている、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

$$3.0 \times 10^{-3} \text{ emu} \text{ Ms}$$

## 【請求項 4 0】

前記磁性層の平均厚みが  $80 nm$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 1】

前記磁性層の平均厚みが  $70 nm$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 2】

前記磁性層の平均厚みが  $60 nm$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 3】

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $65\%$  以上である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 4】

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $67\%$  以上である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 5】

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $70\%$  以上である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 6】

前記磁気記録媒体の S N R が  $0.3 dB$  以上である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 7】

前記磁性粉が六方晶フェライトを含む、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 8】

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1500 nm^3$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4 9】

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1400 nm^3$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 5 0】

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.2 \mu m$  以下である、請求項 3 0 に記載の磁気記録媒

10

20

30

40

50

体。

【請求項 5 1】

前記磁性層の平均厚みが 50 nm 以下である、請求項 30 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 5 2】

前記磁性層の上記式 (1) により算出される磁気的相互作用 M が、 M - 0 . 27 である、請求項 30 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 5 3】

請求項 30 に記載のテープ状の磁気記録媒体と、

記録再生装置と通信を行う通信部と、

記憶部と、

通信部を介して記録再生装置から受信した情報を記憶部に記憶し、かつ、記録再生装置の要求に応じて、記憶部から情報を読み出し、通信部を介して記録再生装置に送信する制御部と、を備え、

前記情報は、磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を含むテープカートリッジ。

【請求項 5 4】

請求項 30 に記載された前記磁気記録媒体を備えるカートリッジ。

【請求項 5 5】

前記磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を書き込む領域を有する記憶部をさらに備える請求項 5 4 に記載のカートリッジ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、磁気記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

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

【0003】

磁気記録媒体に関して、これまでに種々の技術が提案されている。例えば、磁気記録媒体に含まれる磁性粉に関する技術として、下記特許文献 1 には、少なくとも、非磁性支持体上に、強磁性粉末と結合剤とを含有する磁性塗料を塗布することによって形成された磁性層を有する磁気記録媒体であって、上記磁性層中に、カルボキシル基と、少なくとも 1 以上のヒドロキシル基とを分子中に有し、芳香環が 2 個以上の場合には縮合環である芳香族化合物を、上記強磁性粉末 100 [重量部] に対し、0 . 4 [重量部] ~ 10 [重量部] 含有してなることを特徴とする磁気記録媒体が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 373413 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、優れた熱安定性及び電磁変換特性を有する磁気記録媒体を提供することを主な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本技術は、磁性粉を含む磁性層と、  
下地層、

10

20

30

40

50

ベース層、

及びバック層をこの順に有する層構造を有する磁気記録媒体であり、

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.6 \mu\text{m}$  以下であり、

(前記磁性層の平均厚み + 前記下地層の平均厚み + 前記ベース層の

平均厚み) / (磁気記録媒体の平均厚み) の比が 0.19 以上であり、

前記ベース層は、ポリエステル類を含み、

前記磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  が 63 以上であり、

前記磁性粉の平均粒子体積が  $500 \text{ nm}^3$  以上  $2300 \text{ nm}^3$  以下であり、

前記磁性層の下記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 -0.362

$M = -0.22$  である、磁気記録媒体を提供する。

$$M = \{ I_d(H) + 2 I_r(H) - I_r(0) \} / I_r(6 \text{ kOe}) \quad \dots \dots \dots (1)$$

[式(1)中、  $I_d(H)$  は直流消磁して測定される残留磁化であり、  $I_r(H)$  は交流消磁して測定される残留磁化であり、  $I_r(0)$  は印加磁界を  $6 \text{ kOe}$  として測定される残留磁化である。]

前記磁性粉は垂直配向させられたものであります。

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  は、 -0.35  $M$  であります。

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  は、 -0.3  $M$  であります。

前記磁性粉の平均粒子体積は  $1600 \text{ nm}^3$  以下であります。

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  は  $5.3 \mu\text{m}$  以下であります。

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  は  $5.2 \mu\text{m}$  以下であります。

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  は  $4.8 \mu\text{m}$  以下であります。

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  は  $4.4 \mu\text{m}$  以下であります。

前記ベース層は PET (ポリエチレンテレフタレート) 又は PEN (ポリエチレンナフタレート) から形成されているものであります。

前記記録媒体の長手方向における飽和磁化量  $M_s$  は以下の関係を満たすものであります。

$$3.0 \times 10^{-3} \text{ emu} \quad M_s$$

前記磁性層の平均厚みは  $80 \text{ nm}$  以下であります。

前記磁性層の平均厚みは  $70 \text{ nm}$  以下であります。

前記磁性層の平均厚みは  $60 \text{ nm}$  以下であります。

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比は 65 % 以上であります。

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比は 67 % 以上であります。

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比は 70 % 以上であります。

前記磁気記録媒体は、前記磁性層、下地層、及びベース層をこの順に有する層構造を有します。

(前記磁性層の平均厚み + 前記下地層の平均厚み) / (前記ベース層の平均厚み) の比が 0.16 以上であります。

前記磁気記録媒体は、前記磁性層、下地層、ベース層、及びバック層をこの順に有する層構造を有します。

(前記磁性層の平均厚み + 前記下地層の平均厚み + 前記バック層の平均厚み) / (磁気記録媒体の平均厚み) の比が 0.19 以上であります。

前記磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  は 63 以上であります。

前記磁気記録媒体の SNR は  $0.3 \text{ dB}$  以上であります。

前記磁性粉は六方晶フェライトを含みます。

本技術は、前記テープ状の磁気記録媒体と、

記録再生装置と通信を行う通信部と、

記憶部と、

通信部を介して記録再生装置から受信した情報を記憶部に記憶し、かつ、記録再生装置

10

20

30

40

50

の要求に応じて、記憶部から情報を読み出し、通信部を介して記録再生装置に送信する制御部と、を備え、

前記情報は、磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を含むテープカートリッジを提供する。

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1500\text{ nm}^3$  以下でありうる。

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1400\text{ nm}^3$  以下でありうる。

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.2\text{ }\mu\text{m}$  以下でありうる。

前記磁性層の平均厚みが  $50\text{ nm}$  以下でありうる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

10

【図1】残留磁化曲線（DCD曲線、IRM曲線）の例を示す図である。

【図2】残留磁化曲線（Id(H)曲線、Ir(H)曲線）の例を示す図である。

【図3】残留磁化曲線（DCD曲線）の例を示す図である。

【図4】残留磁化曲線（IRM曲線）の例を示す図である。

【図5】残留磁化曲線（DCD曲線、IRM曲線）の例を示す図である。

【図6】磁気的相互作用 M(H)の例を示す図である。

【図7】本技術の一実施形態に係る磁気記録媒体の断面図である。

【図8】図8Aは、データバンドおよびサーボバンドのレイアウトの概略図である。図8Bは、データバンドの拡大図である。

【図9】磁性層のTEM写真の例である。

20

【図10】磁性粒子の構成を示す断面図である。

【図11】変形例における磁性粒子の構成を示す断面図である。

【図12】記録再生装置の概略図である。

【図13】カートリッジの構成の一例を示す分解斜視図である。

【図14】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15】変形例の磁気記録媒体の断面の模式図である。

【図16】磁性層に形成されるデータバンド及びサーボバンドの模式図である。

【図17】カートリッジの変形例の構成の一例を示す分解斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

30

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. 実施形態（塗布型の磁気記録媒体の例）

(1) 磁気記録媒体の構成

(2) 磁気記録媒体の製造方法

(3) 記録再生装置

(4) カートリッジ

(5) カートリッジの変形例

(6) 効果

(7) 変形例

3. 実施例

【0010】

1. 本技術の説明

【0011】

本技術の磁気記録媒体は、特定の粒子体積を有する磁性粉を含む磁性層を有し、前記磁性層における磁気的相互作用 M が特定の数値範囲内にある。これによって、本技術の磁

40

50

気記録媒体は、熱安定性に優れるとともに、電磁変換特性にも優れている。磁気的相互作用  $M$ 、熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  及び電磁変換特性  $SNR$  について、以下でより詳細に説明する。

#### 【0012】

磁気記録媒体には高記録密度化が求められている。高記録密度化を実現し、さらには電磁変換特性を向上させるために、磁性粉を微細化することにより磁性層における磁性粉の充填率を向上させることができると考えられる。

しかし、磁性粉を微細化すると、磁性粉が凝集して磁性層中においてあたかも粗大粒子が存在しているかの状態となりノイズが増加し、 $SNR$  が低下してしまう。このため、磁性粉の分散性を向上させることができると考えられる。

10

#### 【0013】

また、磁性粉の微細化により、前記磁性粉の粒子体積がより小さくなることによって、磁気記録媒体（具体的には磁性層）に記録された磁化が、熱エネルギーによって失われやすくなり、これは、データ信号の減衰をもたらしうる。このように、磁気記録媒体に含まれる磁性粉の粒子体積がより小さくなるにつれて、磁気記録媒体の熱に対する安定性（熱安定性ともいう）が低下し、磁気記録媒体の保存安定性が低下しうる。従って、熱安定性の観点からは、磁性粉の粒子は適度に凝集していることが必要と考えられる。このように、磁性粉の粒子体積の低下は、記録密度の向上及び電磁変換特性の向上をもたらす一方で、熱安定性の低下をもたらすこともある。

#### 【0014】

20

磁気記録媒体の磁性層中の磁性粉の凝集状態に関するパラメータは、以下の式（1）に示される磁気的相互作用  $M$  により表すことができる。

$$M = \{ I_d(H) + 2 I_r(H) - I_r(0) \} / I_r(0) \quad \dots \quad (1)$$

この式（1）において、 $I_d(H)$  は直流消磁して測定される残留磁化であり、 $I_r(H)$  は交流消磁して測定される残留磁化であり、 $I_r(0)$  は印加磁界を  $6 \text{ kOe}$  として測定される残留磁化である。

#### 【0015】

本技術の磁気記録媒体は、磁気的相互作用  $M$  が、 $-0.362 \text{ M} - 0.22$  である。熱安定性を良好なものとする観点から、磁気的相互作用  $M$  が、好ましくは  $M - 0.225$ 、より好ましくは  $M - 0.23$ 、さらに好ましくは  $M - 0.235$ 、さらに好ましくは  $M - 0.27$  であります。また、電磁変換特性を良好なものとする観点から、磁気的相互作用  $M$  が、好ましくは  $-0.35 \text{ M}$ 、より好ましくは  $-0.3 \text{ M}$ 、さらに好ましくは  $-0.28 \text{ M}$  であります。すなわち、磁気的相互作用  $M$  が、好ましくは  $-0.35 \text{ M} - 0.225$ 、より好ましくは  $-0.3 \text{ M} - 0.23$ 、さらに好ましくは  $-0.28 \text{ M} - 0.235$  であります。本技術の磁気記録媒体は、磁気的相互作用  $M$  が上記数値範囲内にあることによって、熱安定性及び電磁変換特性の両方が良好なものとなる。なお、磁気的相互作用  $M$  が、小さすぎる場合（例えば  $-0.362$  より小さい場合）、熱安定性を良好なものとすることができるが、電磁変換特性が悪化しうる。磁気的相互作用  $M$  が、大きすぎる場合（例えば、 $-0.22$  より大きい場合）、電磁変換特性を良好なものとすることができるが、熱安定性が悪化しうる。

30

#### 【0016】

40

磁気的相互作用  $M$  は、磁性粉粒子の凝集状態を示すパラメータである。磁気的相互作用  $M$  について、図を参照しながら以下に説明する。

磁性粉粒子間に相互作用が存在しない場合、図1に示されるように  $I_d(H)$  は、十分に強い印加磁界によりサンプルの磁化を一方向に飽和させた後、磁界を0に戻し、負の印加磁界に対する残留磁界の値として得られる残留磁化曲線（DCD曲線：DC demagnetization remanence curve）として計測される。また、図1に示されるように  $I_r(H)$  は、消磁を行い、サンプルの磁化分布を等方的にし、その状態から正の印加磁界に対する残留磁化の値として得られる残留磁化曲線（IRM曲線：Isothermal Remanent Magnetization）

50

n) として計測される。

【0017】

図2に示されるように  $I_d(H)$  曲線(換言すると DCD 曲線)において、 $H = 0$  における  $I_d(H)$  の値( $I_d(0)$ )は、十分にサンプルの磁化を飽和させたときの値に等しく、この値は  $I_r( )$  と同じ値を示す。 $I_d(H)$  曲線(DCD 曲線)は、負の印加磁界の増加に対して徐々に減少し、全体の半分の磁界が反転したときに  $I_d(H) = 0$  となる。このときの  $H$  の値を  $H_r$  と表記する。さらに、磁界を印加すると最終的に  $I_d( ) = I_r( )$  となる。

【0018】

図2に示されるように  $I_r(H)$  曲線(換言すると IRM 曲線)において、初期状態は等方的に消磁されている。磁界の印加により反転する磁化量は全体の磁性粉の粒子数(磁化量)の半分となる。正の磁界の印加に対して  $I_r(H)$  値(IRM 値)は徐々に増加して、 $H_r$  に達すると磁性粉粒子間相互作用が存在しない媒体の  $I_r(H)$  値(IRM 値)は、 $I_r( )$  値の半分の値になる。さらに、磁界を印加すると最終的には  $I_r( )$  値となる。

【0019】

磁性粉粒子間相互作用が存在しない場合の  $I_d(H)$  と  $I_r(H)$  の関係は、以下のようになる。

$$I_d(H) = I_r( ) - 2I_r(H)$$

移項すると、下記のとおりとなる。

$$2I_r(H) = I_r( ) - I_d(H)$$

上記式の右辺は、DCD 曲線において反転した磁化量に対応する。上記式の両辺を規格化すると、下記式(2)のとおりとなる。

$$Md(H) = 1 - 2Mr(H) \cdots (2)$$

但し、測定時には、 $Md(H) = I_d(H) / I_d(0)$ 、 $Mr(H) = \{I_r(H) - I_r(0)\} / \{I_r( ) - I_r(0)\}$  と補正する。 $I_r( ) / I_d(0)$  だが完全には一致しないためである。また、 $I_r(0)$  を完全に消磁できず 0 にならないためである。

【0020】

上記式(2)は、磁性粉粒子間相互作用が存在しない、一軸単磁区微粒子の集合体に対して当てはまる式であり、粒子内部の磁化反転機構や、粒子配向に依存しない。すなわち、磁性粉粒子間相互作用が存在する場合には上記式(2)は当てはまらず、右辺と左辺の等号が成立しない。そこで、下記式(3)に示される  $M(H)$  により、磁性粉粒子間相互作用を定量的に扱うことを検討した。

$$M(H) = Md(H) - \{1 - 2Mr(H)\} \cdots (3)$$

但し、 $Md(H) = I_d(H) / I_d(0)$ 、 $Mr(H) = \{I_r(H) - I_r(0)\} / \{I_r( ) - I_r(0)\}$  を示す。

【0021】

磁性粉粒子間相互作用が存在する場合、 $Md(0)$  の状態では磁化の方向がほぼそろっているので、磁性粉が塗布された塗膜内部には磁化と同方向を向いた場が作用する。そのため、 $H$  がある程度の大きさに達するまでは、 $Md(H)$  の変化が小さい。図3に示されるように、 $H$  が  $H_r$  に近づいていくと Vortex (磁気モーメントの渦構造) 生成ならびに Vortex motion による磁化反転の急激な進行により  $Md(H)$  の値は急激に負へと変化する。

【0022】

一方、IRM(換言すると  $I_r(H)$ ) の測定は、消磁状態から開始されるため、磁界を印加する前から、既に多数の Vortex により塗膜は埋め尽くされている。従って、図4に示されるように、 $H$  を増加させていくと前記図3の DCD 測定の場合と比較して  $H$  が小さな領域から Vortex motion による急激な磁化反転が進行する。

【0023】

10

20

30

40

50

前記式(3)に当てはめて検討すると、 $M_r(H)$ の増加量が $M_d(H)$ の減少量よりも大きくなるので、結果として、 $M(H)$ の値が正となる。図5に示されるように、急激な磁化反転が進みやすい( $M_r(H)$ の変化開始点が早い)ということは、磁性粉粒子間の相互作用が強いと考えられ、上記のように $M$ が正に転じることは磁性粉粒子間の相互作用が大きいことを表している。

#### 【0024】

本技術において、上記式(3)における $I_r(H)$ は、0~6 kOeの範囲のHにおいて2000e毎に測定する。また、 $I_d(H)$ は、0~-6 kOeの範囲のHにおいて2000e毎に測定する。図6に示されるように、測定された各 $I_r(H)$ 値と各 $I_d(H)$ 値から算出される $M(H)$ の最小値を磁性粉粒子間の相互作用の強さを示す指標 $M$ とした。10

#### 【0025】

すなわち、本技術において、 $M$ が上記数値範囲内に含まれることにより、磁気記録媒体の熱安定性を向上させることができ、さらに、電磁変換特性を向上させることができる。。

#### 【0026】

本技術の磁気記録媒体は、良好なSNRを確保し、また、ノイズの発生を抑制する観点から、長手方向における磁気記録媒体の飽和磁化量 $M_s$ は、好ましくは $3.0 \times 10^{-3}$ emu  $M_s$ であり、より好ましくは、 $3.2 \times 10^{-3}$ emu  $M_s$ であり、さらにより好ましくは $3.4 \times 10^{-3}$ emu  $M_s$ でありうる。20

#### 【0027】

飽和磁化量 $M_s$ は、以下のようにして求めることができる。まず、VSMを用いて、磁気記録媒体のM-Hヒステリシスループを得る。次に、得られたM-Hヒステリシスループから、飽和磁化量 $M_s$ を求める。

#### 【0028】

前述した磁性粉の微細化による粒子体積の低下による熱安定性の低下について以下に説明する。磁気記録媒体の熱安定性と保磁力との関係は、以下に示されるBean's方程式により表すことができる。

#### 【数1】

$$\text{Bean's 方程式 } H_c = (2K_u/M)(1 - 5k_B T/K_u V_{act})^{0.5}$$
30

この方程式において、 $V_{act}$ =磁気記録媒体に含まれる磁性粉の活性化体積、 $H_c$ =保磁力、 $K_u$ =結晶磁気異方性、 $M$ =磁化量、 $k_B$ =ボルツマン定数、且つ、 $T$ =温度である。

この方程式に含まれるパラメータから構成される $K_u V_{act} / k_B T$ が熱安定性の指標値として知られており、この値が高いほど熱安定性が高い。熱安定性 $K_u V_{act} / k_B T$ から分かるとおり、磁性粉を微細化すること、すなわち磁性粉の粒子体積を小さくすることは、熱安定性の低下をもたらす。熱安定性の低下は磁気記録媒体の保存安定性の低下をもたらし、これは、磁気記録媒体が長期間にわたって保存される場合に特に問題となる。40

#### 【0029】

本技術の磁気記録媒体は、熱安定性 $K_u V_{act} / k_B T$ が好ましくは63以上、より好ましくは65以上、さらに好ましくは70以上、さらにより好ましくは80以上でありうる。本技術の磁気記録媒体は、その熱安定性 $K_u V_{act} / k_B T$ が上記数値範囲内にあることによって、熱安定性に優れており、これにより保存安定性に優れており、長期保存における安定性にも優れている。さらに、当該磁気記録媒体は、出力信号の観点からも優れている。

#### 【0030】

本技術の磁気記録媒体は、SNRが好ましくは0.3dB以上、より好ましくは0.5dB以上でありうる。本技術の磁気記録媒体は、そのSNRが上記数値範囲内にあること50

によって、電磁変換特性が良好なものとなる。

【0031】

本技術の磁気記録媒体に含まれる磁性粉の平均粒子体積は、 $2300\text{ nm}^3$ 以下であり、好ましくは $2000\text{ nm}^3$ 以下であり、より好ましくは $1600\text{ nm}^3$ 以下であり、より望ましくは $1500\text{ nm}^3$ 以下、さらに望ましくは $1400\text{ nm}^3$ 以下、さらにより好ましくは $1300\text{ nm}^3$ 以下でありうる。当該平均粒子体積が上記数値範囲内にあることによって、電磁変換特性が向上される。本技術の磁気記録媒体に含まれる磁性粉の平均粒子体積はこのように非常に小さいにもかかわらず、本技術の磁気記録媒体は上記のとおり熱安定性に優れている。電磁変換特性及び熱安定性の両立は難しいところ、本技術によって電磁変換特性及び熱安定性の両方を向上させることができる。特には、Mを上記で述べた数値範囲内とすることによって、磁性粉の平均粒子体積がこのように小さいものであっても、磁気記録媒体の電磁変換特性及び熱安定性が優れたものになる。10

磁性粉の平均粒子体積は、例えば $500\text{ nm}^3$ 以上、特には $700\text{ nm}^3$ 以上であってよい。

【0032】

本技術において、垂直方向における角形比は好ましくは65%以上、より好ましくは67%以上、さらに好ましくは70%以上でありうる。角形比が上記数値範囲内にあることによって、磁性粉の垂直配向性が十分に高くなるため、より優れたSNRを得ることができる。したがって、より優れた電磁変換特性を得ることができる。20

【0033】

本技術において、長手方向における角形比は好ましくは35%以下、より好ましくは27%以下、さらに好ましくは20%以下でありうる。角形比が上記数値範囲内にあることによって、磁性粉の垂直配向性が十分に高くなるため、より優れたSNRを得ることができる。したがって、より優れた電磁変換特性を得ることができる。20

【0034】

本技術の磁気記録媒体の平均厚み $t_T$ は、好ましくは $5.8\text{ }\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5.6\text{ }\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下、さらにより好ましくは $5.4\text{ }\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $5.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $5.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $5.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $5.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下でありうる。本技術の磁気記録媒体はこのように全厚が薄いものであってよい。本技術の磁気記録媒体の全厚をこのように薄くすることによって、例えば1つの磁気記録カートリッジ中に巻き取られるテープ長をより長くすることができ、これにより1つの磁気記録カートリッジ当たりの記録容量を高めることができる。すなわち、本技術によって、電磁変換特性及び熱安定性の向上に加えて、記録容量の向上も可能となる。磁気記録媒体10の平均厚み $t_T$ の下限値は特に限定されるものではないが、例えば、 $3.5\text{ }\mu\text{m}$   $t_T$ である。30

【0035】

本技術に従う磁気記録媒体の幅は、例えば、 $5\text{ mm} \sim 30\text{ mm}$ であり、特には $7\text{ mm} \sim 26\text{ mm}$ であり、より特には $10\text{ mm} \sim 20\text{ mm}$ 、さらにより特には $11\text{ mm} \sim 19\text{ mm}$ でありうる。本技術に従うテープ状磁気記録媒体の長さは、例えば、 $500\text{ m} \sim 1500\text{ m}$ でありうる。例えば、LTO 8規格に従うテープ幅は $12.65\text{ mm}$ であり、長さは $960\text{ m}$ である。40

【0036】

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

【0037】

本技術の一つの好ましい実施態様において、本技術の磁気記録媒体は、磁性層、下地層、ベース層（基体ともいう）、及びバック層を備えていてよい。これら4層は、この順に積層されていてよい。本技術に従う磁気記録媒体は、これらの層に加えて、他の層を含ん50

でいてもよい。当該他の層は、磁気記録媒体の種類に応じて適宜選択されてよい。本技術に従う磁気記録媒体は、例えば、塗布型の磁気記録媒体でありうる。前記塗布型の磁気記録媒体について、以下2.においてより詳細に説明する。

【0038】

2. 本技術の実施形態（塗布型の磁気記録媒体の例）

【0039】

（1）磁気記録媒体の構成

【0040】

まず、図7を参照して、一実施形態に係る磁気記録媒体10の構成について説明する。  
磁気記録媒体10は、長尺状のベース層11と、ベース層11の一方の主面上に設けられた下地層12と、下地層12上に設けられた磁性層13と、ベース層11の他方の主面上に設けられたバック層14とを備える。なお、下地層12およびバック層14は、必要に応じて備えられるものであり、無くてもよい。

10

【0041】

磁気記録媒体10は長尺のテープ状を有し、記録再生の際には長手方向に走行される。なお、磁性層13の表面が、磁気ヘッドが走行される表面となる。磁気記録媒体10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。なお、本明細書において、“垂直方向”とは、磁気記録媒体10の表面に対して垂直な方向（磁気記録媒体10の厚み方向）を意味し、“長手方向”とは、磁気記録媒体10の長手方向（走行方向）を意味する。

20

【0042】

（ベース層）

ベース層11は、下地層12および磁性層13を支持する非磁性支持体である。ベース層11は、長尺のフィルム状を有する。ベース層11の平均厚みは、好ましくは4.8μm以下、より好ましくは4.6μm以下、より好ましくは4.5μm以下、より好ましくは4.4μm以下、さらにより好ましくは4.2μm以下、さらにより好ましくは4.0μm以下でありうる。ベース層11の平均厚みが4.8μm以下であると、一つのデータカートリッジに記録できる記録容量を一般的な磁気記録媒体よりも高めることができる。ベース層11の平均厚みは、好ましくは3μm以上、より好ましくは3.3μm以上、さらにより好ましくは3.5μm以上でありうる。ベース層11の平均厚みが3μm以上であると、ベース層11の強度低下を抑制することができる。

30

【0043】

ベース層11の平均厚みは以下のようにして求められる。まず、1/2インチ幅の磁気記録媒体10を準備し、それを250mmの長さに切り出し、サンプルを作製する。続いて、サンプルのベース層11以外の層（すなわち下地層12、磁性層13及びバック層14）をM E K（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、サンプル（ベース層11）の厚みを5点以上の位置で測定し、それらの測定値を単純に平均（算術平均）して、ベース層11の平均厚みを算出する。なお、測定位置は、サンプルから無作為に選ばれるものとする。

40

【0044】

ベース層11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11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よいし、共重合されていてよいし、積層されていてよい。

【0045】

ポリエステル類は、例えば、P E T（ポリエチレンテレフタレート）、P E N（ポリエチレンナフタレート）、P B T（ポリブチレンテレフタレート）、P B N（ポリブチレンナフタレート）、P C T（ポリシクロヘキシレンジメチレンテレフタレート）、P E B（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

50

レートのうちの少なくとも 1 種を含む。

【0046】

ポリオレフィン類は、例えば、P E (ポリエチレン) および P P (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、セルローストリニアセテート、C A B (セルロースアセテートブチレート) および C A P (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、P V C (ポリ塩化ビニル) および P V D C (ポリ塩化ビニリデン) のうちの少なくとも 1 種を含む。

【0047】

その他の高分子樹脂は、例えば、P A (ポリアミド、ナイロン)、芳香族 P A (芳香族ポリアミド、アラミド)、P I (ポリイミド)、芳香族 P I (芳香族ポリイミド)、P A I (ポリアミドイミド)、芳香族 P A I (芳香族ポリアミドイミド)、P B O (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、P E K (ポリエーテルケトン)、P E E K (ポリエーテルエーテルケトン)、ポリエーテルエステル、P E S (ポリエーテルサルファン)、P E I (ポリエーテルイミド)、P S F (ポリスルファン)、P P S (ポリフェニレンスルフィド)、P C (ポリカーボネート)、P A R (ポリアリレート) および P U (ポリウレタン) のうちの少なくとも 1 種を含む。

【0048】

ベース層 11 は、例えば、ポリエステルを主たる成分として含む。前記ポリエステルは、例えば、P E T (ポリエチレンテレフタレート)、P E N (ポリエチレンナフタレート)、P B T (ポリブチレンテレフタレート)、P B N (ポリブチレンナフタレート)、P C T (ポリシクロヘキシレンジメチレンテレフタレート)、P E B (ポリエチレン - p - オキシベンゾエート)、及びポリエチレンビスフェノキシカルボキシレートのうちの 1 種又は 2 種以上の混合物であってよい。本明細書内において、「主たる成分」とは、ベース層を構成する成分のうち最も含有割合が高い成分であることを意味する。例えば、ベース層 11 の主たる成分がポリエステルであることは、ベース層 11 中のポリエステルの含有割合が例えばベース層 11 の質量に対して 50 質量% 以上、60 質量% 以上、70 質量% 以上、80 質量% 以上、90 質量% 以上、95 質量% 以上、若しくは 98 質量% 以上であることを意味してよく、又は、ベース層 11 がポリエステルのみから構成されることを意味してもよい。本技術においては、ベース層 11 が、好ましくは P E T (ポリエチレンテレフタレート) 又は P E N (ポリエチレンナフタレート) から形成されていてもよい。

この実施態様において、ベース層 11 は、ポリエステルに加えて、以下で述べるポリエステル以外の樹脂を含んでもよい。

本技術の好ましい実施態様に従い、ベース層 11 は、P E T 又は P E N から形成されてよい。

【0049】

(磁性層)

磁性層 13 は、信号を記録するための記録層である。磁性層 13 は、例えば、磁性粉および結着剤を含む。磁性層 13 が、必要に応じて、潤滑剤、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よい。

【0050】

磁性層 13 は、図 8 A に示すように、複数のサーボバンド S B と複数のデータバンド D B とを予め有していることが好ましい。複数のサーボバンド S B は、磁気記録媒体 10 の幅方向に等間隔で設けられている。隣り合うサーボバンド S B の間には、データバンド D B が設けられている。サーボバンド S B には、磁気ヘッドのトラッキング制御をするためのサーボ信号が予め書き込まれている。データバンド D B には、ユーザデータが記録される。

【0051】

磁性層 13 の表面の面積 S に対するサーボバンド S B の総面積  $S_{SB}$  の割合  $R_s$  (=  $(S_{SB}) / S$ )

10

20

30

40

50

$S_B / S \times 100$  ) は、高記録容量を確保する観点から、好ましくは 4.0 % 以下、より好ましくは 3.0 % 以下、さらにより好ましくは 2.0 % 以下でありうる。一方、磁性層 13 の表面の面積  $S$  に対するサーボバンド  $S_B$  の総面積  $S_{SB}$  の割合  $R_S$  は、5 以上のサーボトラックを確保する観点から、好ましくは 0.8 % 以上でありうる。

【0052】

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

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

【0053】

サーボバンド  $S_B$  の数は、好ましくは 5 以上、より好ましくは  $5 + 4n$  (但し、 $n$  は正の整数である。) 以上、さらにより好ましくは  $9 + 4n$  以上でありうる。サーボバンド  $S_B$  の数が 5 以上であると、磁気記録媒体 10 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  $S_B$  の数は、特に限定されるものではないが、例えば、33 以下である。

【0054】

サーボバンド  $S_B$  の数は以下のようにして確認可能である。まず、磁性層 13 の表面を磁気力顕微鏡 (MFM) によって観察し、MFM 像を取得する。次に、MFM 像を用いてサーボバンド  $S_B$  の数をカウントする。

【0055】

サーボバンド幅  $W_{SB}$  は、高記録容量を確保する観点から、好ましくは  $9.5 \mu m$  以下、より好ましくは  $6.0 \mu m$  以下、さらにより好ましくは  $3.0 \mu m$  以下でありうる。サーボバンド幅  $W_{SB}$  は、好ましくは  $1.0 \mu m$  以上でありうる。 $1.0 \mu m$  未満のサーボバンド幅  $W_{SB}$  のサーボ信号を読み取り可能な記録ヘッドの製造は、困難を伴う。

【0056】

サーボバンド幅  $W_{SB}$  の幅は以下のようにして求められる。まず、磁性層 13 の表面を、磁気力顕微鏡 (MFM) を用いて観察し、MFM 像を取得する。次に、MFM 像を用いてサーボバンド幅  $W_{SB}$  の幅を測定する。

図 16 (a) は、磁気記録テープの磁性層に形成されるデータバンド及びサーボバンドの模式図である。図 16 (a) に示されるとおり、前記磁性層は 4 つのデータバンド  $d_0 \sim d_3$  を有する。前記磁性層は、各データバンドを 2 つのサーボバンドで挟むように、合計で 5 つのサーボバンド  $S_0 \sim S_4$  を有する。図 16 (b) に示されるとおり、各サーボバンドは、所定角度  $\theta_1$  で傾斜する 5 本のサーボ信号  $S_{5a}$  と、この信号と逆方向に同じ角度で傾斜する 5 本のサーボ信号  $S_{5b}$  と、所定角度  $\theta_1$  で傾斜する 4 本のサーボ信号  $S_{4a}$  と、この信号と逆方向に同じ角度で傾斜する 4 本のサーボ信号  $S_{4b}$  と、からなるフレーム単位を繰り返し有する。前記角度  $\theta_1$  は、例えば  $5^\circ \sim 25^\circ$  であり、特には  $11^\circ \sim 20^\circ$  でありうる。

【0057】

磁性層 13 は、図 8 B に示すように、データバンド  $D_B$  に複数のデータトラック  $T_k$  を形成可能に構成されている。データトラック幅  $W$  は、高記録容量を確保する観点から、好ましくは  $2.0 \mu m$  以下、より好ましくは  $1.5 \mu m$  以下、さらにより好ましくは  $1.0 \mu m$  以下でありうる。データトラック幅  $W$  は、好ましくは  $0.02 \mu m$  以上でありうる。

【0058】

データトラック幅  $W$  は以下のようにして求められる。例えば、データが全面に記録された磁性層 13 のデータバンド部分のデータ記録パターンを磁気力顕微鏡 (Magnetic Force Microscope : MFM) を用いて観察し、MFM 像を得る。MFM としては Digital Instruments 社製 Dimension3100 とその解析ソフトが用いられる。当該 MFM 像の測定領域は 1

10

20

30

40

50

0  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$  とし、当該 10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$  の測定領域は 512 × 512 (= 262, 144) 個の測定点に分割される。場所の異なる 3 つの 10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$  測定領域について MFM による測定が行われ、すなわち 3 つの MFM 像が得られる。得られた 3 つの MFM 像から、Dimension3100 に付属の解析ソフトを用いて、トラック幅を 10 ケ所測定し平均値（単純平均である）をとる。当該平均値が、データトラック幅 W である。なお、前記 MFM の測定条件は掃引速度：1 Hz、使用チップ：MFM R - 20、リフトハイト：20 nm、補正：Flatten order 3 である。

#### 【0059】

磁性層 13 は、磁化反転間距離の最小値 L とデータトラック幅 W が好ましくは W/L 200、より好ましくは W/L 60、さらにより好ましくは W/L 45、特に好ましくは W/L 30 となるように、データを記録可能に構成されている。磁化反転間距離の最小値 L が一定値であり、磁化反転間距離の最小値 L とトラック幅 W が W/L > 200 であると（すなわちトラック幅 W が大きいと）、トラック記録密度が上がらないため、記録容量を十分に確保できなくなる虞がある。また、トラック幅 W が一定値であり、磁化反転間距離の最小値 L とトラック幅 W が W/L > 200 であると（すなわち磁化反転間距離の最小値 L が小さいと）、ピット長さが小さくなり、線記録密度が上がるが、スペーシングロスの影響により、SNR が著しく悪化してしまう虞がある。したがって、記録容量を確保しながら、SNR の悪化を抑えるためには、上記のように W/L が W/L 60 の範囲にあることが好ましい。但し、W/L は上記範囲に限定されるものではなく、W/L 23 または W/L 13 であってもよい。W/L の下限値は特に限定されるものではないが、例えば、1 W/L である。

#### 【0060】

磁性層 13 は、高記録容量を確保する観点から、磁化反転間距離の最小値 L が好ましくは 55 nm 以下、より好ましくは 53 nm 以下、さらにより好ましくは 52 nm 以下、50 nm 以下、48 nm 以下、又は 44 nm 以下、特に好ましくは 40 nm 以下となるように、データを記録可能に構成されている。磁化反転間距離の最小値 L の下限値は、磁性粒子サイズを考慮すると、好ましくは 20 nm 以上でありうる。磁化反転間距離の最小値 L は、磁性粒子サイズによって考慮される。

#### 【0061】

磁化反転間距離の最小値 L は以下のようにして求められる。例えば、データが全面に記録された磁性層 13 のデータバンド部分のデータ記録パターンを磁気力顕微鏡（Magnetic Force Microscope：MFM）を用いて観察し、MFM 像を得る。MFM としては Digital Instruments 社製 Dimension3100 とその解析ソフトが用いられる。当該 MFM 像の測定領域は 2  $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$  とし、当該 2  $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$  の測定領域は 512 × 512 (= 262, 144) 個の測定点に分割される。場所の異なる 3 つの 2  $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$  測定領域について MFM による測定が行われ、すなわち 3 つの MFM 像が得られる。得られた MFM 像の記録パターンの二次元の凹凸チャートからピット間距離を 50 個測定する。当該ピット間距離の測定は、Dimension3100 に付属の解析ソフトを用いて行われる。測定された 50 個のピット間距離のおよそ最大公約数となる値を磁化反転間距離の最小値 L とする。なお、測定条件は掃引速度：1 Hz、使用チップ：MFM R - 20、リフトハイト：20 nm、補正：Flatten order 3 である。

#### 【0062】

磁性層 13 の平均厚み  $t_m$  は、好ましくは 80 nm 以下、より好ましくは 70 nm 以下、さらに好ましくは 60 nm 以下、さらにより好ましくは 50 nm 以下でありうる。磁性層 13 の平均厚みが 80 nm 以下であると、記録ヘッドとしてリング型ヘッドを用いた場合に、磁性層 13 の厚み方向に均一に磁化を記録できるため、電磁変換特性（例えば、SNR）を向上することができる。磁性層 13 の平均厚み  $t_m$  は、好ましくは 30 nm 以上、より好ましくは 35 nm 以上、さらに好ましくは 40 nm 以上でありうる。磁性層 13 の平均厚みが 30 nm 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、電磁変換特性（例えば、SNR）を向上することができる。

磁性層 13 の平均厚みの数値範囲は、上記上限値のいずれかと上記下限値のいずれかとにより規定されてよく、好ましくは  $30 \text{ nm} \leq t_m \leq 80 \text{ nm}$ 、より好ましくは  $35 \text{ nm} \leq t_m \leq 70 \text{ nm}$ 、さらに好ましくは  $40 \text{ nm} \leq t_m \leq 60 \text{ nm}$  でありうる。

#### 【0063】

磁性層 13 の平均厚みは、例えば、以下のようにして求められる。

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

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

装置 : TEM (日立製作所製 H9000NAR)

加速電圧 : 300 kV

倍率 : 100,000 倍

次に、得られた TEM 像を用い、磁気記録媒体 10 の長手方向の少なくとも 10 点以上の位置で磁性層 13 の厚みを測定する。得られた測定値を単純に平均（算術平均）して得られた平均値を磁性層 13 の平均厚み [nm] とする。なお、前記測定が行われる位置は、試験片から無作為に選ばれるものとする。20

#### 【0064】

（磁性粉）

#### 【0065】

磁性層 13 に含まれる磁性粉をなす磁性粒子として、例えば、六方晶フェライト、イブシロン型酸化鉄（酸化鉄）、Co 含有スピネルフェライト、ガンマヘマタイト、マグнетイト、二酸化クロム、コバルト被着酸化鉄、及びメタル（金属）などを挙げることができるが、これらに限定されない。前記磁性粉は、これらのうちの 1 種であってよく、又は、2 種以上の組合せであってもよい。好ましくは、前記磁性粉は、六方晶フェライト、酸化鉄、又は Co 含有スピネルフェライトを含みうる。特に好ましくは、前記磁性粉は、六方晶フェライトである。前記六方晶フェライトは、特に好ましくは Ba 及び Sr のうちの少なくとも 1 種を含みうる。前記酸化鉄は、特に好ましくは Al 及び Ga のうちの少なくとも 1 種を含みうる。これらの磁性粒子については、例えば、磁性層 13 の製造方法、テープの規格、及びテープの機能などの要因に基づいて当業者により適宜選択されてよい。30

#### 【0066】

磁性粒子の形状は、磁性粒子の結晶構造に依拠している。例えば、バリウムフェライト (BaFe) 及びストロンチウムフェライトは六角板状でありうる。酸化鉄は球状でありうる。コバルトフェライトは立方状でありうる。メタルは紡錘状でありうる。磁気記録媒体 10 の製造工程においてこれらの磁性粒子が配向される。40

磁性粉の平均粒子体積は、 $2300 \text{ nm}^3$  以下であり、好ましくは  $1600 \text{ nm}^3$  以下、より好ましくは  $1400 \text{ nm}^3$  以下でありうる。

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

磁性粉の平均アスペクト比は、好ましくは  $1.0$  以上  $3.0$  以下、より好ましくは  $1.0$  以上  $2.9$  以下でありうる。

#### 【0067】

10

20

30

40

50

(磁性粉が六方晶フェライトを含む実施態様)

【0068】

本技術の好ましい実施態様に従い、磁性粉は六方晶フェライトを含み、より特には六方晶フェライトを含有するナノ粒子（以下「六方晶フェライト粒子」という。）の粉末を含みうる。六方晶フェライトは、好ましくはM型構造を有する六方晶フェライトである。六方晶フェライトは、例えば、六角板状又はほぼ六角板状を有する。六方晶フェライトは、好ましくはBa、Sr、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種、より好ましくはBa、Sr、およびCaのうちの少なくとも1種を含みうる。六方晶フェライトは、具体的には、例えば、バリウムフェライト、ストロンチウムフェライト、及びカルシウムフェライトから選ばれる1つ又は2以上の組合せであってよく、特に好ましくはバリウムフェライト又はストロンチウムフェライトである。バリウムフェライトは、Ba以外に、Sr、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種をさらに含んでいてもよい。ストロンチウムフェライトは、Sr以外に、Ba、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種をさらに含んでいてもよい。10

【0069】

より具体的には、六方晶フェライトは、一般式 $MFe_{1.2}O_{1.9}$ で表される平均組成を有しうる。ここで、Mは、例えば、Ba、Sr、Pb、及びCaのうちの少なくとも1種の金属、好ましくはBa及びSrのうちの少なくとも1種の金属である。Mが、Baと、Sr、Pb、及びCaからなる群より選ばれる1種以上の金属との組み合わせであってもよい。また、Mが、Srと、Ba、Pb、及びCaからなる群より選ばれる1種以上の金属との組み合わせであってもよい。上記一般式においてFeの一部が他の金属元素で置換されていてもよい。20

【0070】

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

【0071】

磁性粉が六方晶フェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均アスペクト比は、好ましくは1.0以上3.0以下、より好ましくは1.0以上2.9以下、さらにより好ましくは2.0以上2.9以下でありうる。磁性粉の平均アスペクト比が上記数値範囲内にあることによって、磁性粉の凝集を抑制することができ、さらに、磁性層13の形成工程において磁性粉を垂直配向させる際に、磁性粉に加わる抵抗を抑制することができる。これは、磁性粉の垂直配向性の向上をもたらしうる。40

【0072】

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

まず、測定対象となる磁気記録媒体10をFIB（Focused Ion Beam）法等により加工して薄片化を行う。FIB法を使用する場合には、後述の断面のTEM像を観察する前処理として、保護膜としてカーボン膜及びタンゲステン薄膜を形成する。当該カーボン膜は蒸着法により磁気記録媒体10の磁性層側表面及びバック層側表面に形成され、そして、当該タンゲステン薄膜は蒸着法又はスパッタリング法により磁性層側表面にさらに形成さ50

れる。当該薄片化は磁気記録媒体 10 の長さ方向（長手方向）に沿って行われる。すなわち、当該薄片化によって、磁気記録媒体 10 の長手方向及び厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

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

次に、撮影した TEM 写真から、観察面の方向に側面を向けており且つ粒子の厚みが明らかに確認できる粒子を 50 個選び出す。例えば、図 9 に TEM 写真の例を示す。図 9において、例えば a 及び d で示される粒子が、その厚みを明らかに確認できるので、選択される。選択された 50 個の粒子それぞれの最大板厚 DA を測定する。このようにして求めた最大板厚 DA を単純に平均（算術平均）して平均最大板厚 DA<sub>ave</sub> を求める。

続いて、各磁性粉の板径 DB を測定する。粒子の板径 DB を測定するために、撮影した TEM 写真から、粒子の板径が明らかに確認できる粒子を 50 個選び出す。例えば、図 9において、例えば b 及び c で示される粒子が、その板径を明らかに確認できるので、選択される。選択された 50 個の粒子それぞれの板径 DB を測定する。このようにして求めた板径 DB を単純平均（算術平均）して平均板径 DB<sub>ave</sub> を求める。平均板径 DB<sub>ave</sub> が、平均粒子サイズである。

そして、平均最大板厚 DA<sub>ave</sub> 及び平均板径 DB<sub>ave</sub> から粒子の平均アスペクト比（DB<sub>ave</sub> / DA<sub>ave</sub>）を求める。

#### 【0073】

磁性粉が六方晶フェライト粒子の粉末を含む場合、磁性粉の平均粒子体積は、2300 nm<sup>3</sup>以下であり、好ましくは 2000 nm<sup>3</sup>以下であり、より好ましくは 1600 nm<sup>3</sup>以下、さらにより好ましくは 1300 nm<sup>3</sup>以下でありうる。磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは 500 nm<sup>3</sup>以上、より好ましくは 700 nm<sup>3</sup>以上でありうる。

磁性粉の平均粒子体積が上記上限値以下である場合（例えば、2300 nm<sup>3</sup>以下である場合）、高記録密度の磁気記録媒体 10 において、良好な電磁変換特性（例えば、SNR）を得ることができる。磁性粉の平均粒子体積が上記下限値以上である場合（例えば、500 nm<sup>3</sup>以上である場合）、磁性粉の分散性がより向上し、より優れた電磁変換特性（例えば、SNR）を得ることができる。

#### 【0074】

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

#### 【0075】

#### 【数 2】

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

#### 【0076】

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

#### 【0077】

バリウムフェライト磁性粉の平均粒子サイズは、50 nm 以下、より好ましくは 10 n

10

20

30

40

50

m以上40nm以下、さらにより好ましくは12nm以上25nm以下でありうる。

【0078】

磁性層13が磁性粉としてバリウムフェライト磁性粉を含む場合、磁性層13の平均厚み $t_m$ は、好ましくは80nm以下、より好ましくは70nm以下、さらに好ましくは60nm以下、さらにより好ましくは50nm以下でありうる。磁性層13の平均厚みが80nm以下であると、記録ヘッドとしてリング型ヘッドを用いた場合に、磁性層13の厚み方向に均一に磁化を記録できるため、電磁変換特性（例えば、S N R）を向上することができる。

磁性層13の平均厚み $t_m$ は、好ましくは30nm以上、より好ましくは35nm以上、さらに好ましくは40nm以上でありうる。磁性層13の平均厚みが30nm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、電磁変換特性（例えば、S N R）を向上することができる。10

磁性層13の平均厚みの数値範囲は、上記上限値のいずれかと上記下限値のいずれかとにより規定されてよく、好ましくは30nm  $t_m$  80nm、より好ましくは35nm  $t_m$  70nm、さらに好ましくは40nm  $t_m$  60nmでありうる。

また、磁気記録媒体10の厚み方向（垂直方向）における角形比が、好ましくは65%以上、より好ましくは67%以上、さらに好ましくは70%以上でありうる。

【0079】

（磁性粉が 酸化鉄を含む実施態様）

【0080】

本技術の他の好ましい実施態様に従い、前記磁性粉は、好ましくは 酸化鉄を含むナノ粒子（以下「酸化鉄粒子」という。）の粉末を含みうる。酸化鉄粒子は微粒子でも高保磁力を得ることができる。酸化鉄粒子に含まれる 酸化鉄は、磁気記録媒体10の厚み方向（垂直方向）に優先的に結晶配向していることが好ましい。20

【0081】

酸化鉄粒子は、球状若しくはほぼ球状を有しているか、又は、立方体状若しくはほぼ立方体状を有している。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 酸化鉄粒子を用いた場合、磁性粒子として六角板状のバリウムフェライト粒子を用いた場合に比べて、媒体の厚み方向における粒子同士の接触面積を低減し、粒子同士の凝集を抑制できる。したがって、磁性粉の分散性を高め、より良好なS N Rを得ることができる。30

【0082】

酸化鉄粒子は、コアシェル型構造を有していてもよい。具体的には、酸化鉄粒子は、図10に示すように、コア部21と、このコア部21の周囲に設けられた2層構造のシェル部22とを備える。2層構造のシェル部22は、コア部21上に設けられた第1シェル部22aと、第1シェル部22a上に設けられた第2シェル部22bとを備える。

【0083】

コア部21は、酸化鉄を含む。コア部21に含まれる 酸化鉄は、-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>結晶を主相とするものが好ましく、単相の -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなるものがより好ましい。

【0084】

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

【0085】

第1シェル部22aは、いわゆる軟磁性層であり、例えば、-Fe、Ni-Fe合金又はFe-Si-Al合金などの軟磁性体を含みうる。-Feは、コア部21に含まれる 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。

【0086】

50

20

30

40

50

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

#### 【0087】

酸化鉄粒子が、上述のように第1シェル部22aを有することで、熱安定性を確保することができる。また、酸化鉄粒子が、上述のように第2シェル部22bを有することで、磁気記録媒体10の製造工程及びその工程前において、酸化鉄粒子が空気中に暴露されて、粒子表面に錆びなどが発生することにより、酸化鉄粒子の特性が低下することを抑制することができる。したがって、磁気記録媒体10の特性劣化を抑制することができる。10

#### 【0088】

酸化鉄粒子は、図11に示されるとおり、単層構造のシェル部23を有していてよい。この場合、シェル部23は、第1シェル部22aと同様の構成を有する。但し、酸化鉄粒子の特性劣化を抑制する観点からすると、酸化鉄粒子が2層構造のシェル部22を有していることがより好ましい。

#### 【0089】

酸化鉄粒子は、コアシェル構造に代えて添加剤を含んでいてもよく、又は、コアシェル構造を有すると共に添加剤を含んでいてもよい。これらの場合、酸化鉄粒子の $Fe$ の一部が添加剤で置換される。添加剤は、鉄以外の金属元素、好ましくは3価の金属元素、より好ましくはアルミニウム(A1)、ガリウム(Ga)、及びインジウム(Ind)からなる群より選ばれる1種以上である。20

具体的には、添加剤を含む酸化鉄は、- $Fe_{2-x}M_xO_3$ 結晶（ここで、Mは鉄以外の金属元素、好ましくは3価の金属元素、より好ましくは、A1、Ga、及びIndからなる群より選ばれる1種以上である。xは、例えば、 $0 < x < 1$ である。）である。

#### 【0090】

磁性粉の平均粒子サイズ（平均最大粒子サイズ）は、好ましくは22nm以下、より好ましくは8nm以上22nm以下、さらにより好ましくは12nm以上22nm以下である。磁気記録媒体10では、記録波長の1/2のサイズの領域が実際の磁化領域となる。このため、磁性粉の平均粒子サイズを最短記録波長の半分以下に設定することで、良好なSNRを得ることができる。したがって、磁性粉の平均粒子サイズが22nm以下であると、高記録密度の磁気記録媒体10（例えば、44nm以下の最短記録波長で信号を記録可能に構成された磁気記録媒体10）において、良好な電磁変換特性（例えば、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、より優れた電磁変換特性（例えば、SNR）を得ることができる。30

#### 【0091】

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1.0以上2.9以下、さらにより好ましくは1.0以上2.5以下でありうる。磁性粉の平均アスペクト比が上記数値範囲にあると、磁性粉の凝集を抑制することができると共に、磁性層13の形成工程において磁性粉を垂直配向させる際に、磁性粉に加わる抵抗を抑制することができる。したがって、磁性粉の垂直配向性を向上することができる。40

#### 【0092】

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

まず、測定対象となる磁気記録媒体10をFIB（Focused Ion Beam）法等により加工して薄片化を行う。FIB法を使用する場合には、後述の断面のTEM像を観察する前処理として、保護膜としてカーボン膜及びタンゲステン薄膜を形成する。当該カーボン膜は蒸着法により磁気記録媒体10の磁性層側表面及びバック層側表面に形成され、そして、50

当該タンゲステン薄膜は蒸着法又はスパッタリング法により磁性層側表面にさらに形成される。薄片化は磁気記録媒体10の長さ方向(長手方向)に沿うかたちで行って行われる。すなわち、当該薄片化によって、磁気記録媒体10の長手方向及び厚み方向の両方に平行な断面が形成される。

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

次に、撮影したTEM写真から、粒子の形状を明らかに確認することができる50個の粒子を選び出し、各粒子の長軸長DLと短軸長DSを測定する。ここで、長軸長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 $D_{L_{ave}}$ を求める。このようにして求めた平均長軸長 $D_{L_{ave}}$ を磁性粉の平均粒子サイズとする。また、測定した50個の粒子の短軸長DSを単純に平均(算術平均)して平均短軸長 $D_{S_{ave}}$ を求める。そして、平均長軸長 $D_{L_{ave}}$ および平均短軸長 $D_{S_{ave}}$ から粒子の平均アスペクト比( $D_{L_{ave}}/D_{S_{ave}}$ )を求める。

#### 【0093】

磁性粉の平均粒子体積は、 $2300\text{ nm}^3$ 以下であり、好ましくは $1600\text{ nm}^3$ 以下、より好ましくは $1300\text{ nm}^3$ 以下でありうる。磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは $500\text{ nm}^3$ 以上、より好ましくは $700\text{ nm}^3$ 以上でありうる。

磁性粉の平均粒子体積が上記上限値以下である場合(例えば、 $2300\text{ nm}^3$ 以下である場合)、高記録密度の磁気記録媒体10において、良好な電磁変換特性(例えば、SNR)を得ることができる。磁性粉の平均粒子体積が上記下限値以上である場合(例えば、 $500\text{ nm}^3$ 以上である場合)、磁性粉の分散性がより向上し、より優れた電磁変換特性(例えば、SNR)を得ることができる。

#### 【0094】

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

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

#### 【0095】

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

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

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

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

10

20

30

40

50

式から磁性粉の平均粒子体積  $V_{ave}$  (粒子体積) を求める。

$$V_{ave} = D C_{ave}^3$$

【0096】

磁性層 13 が磁性粉として 酸化鉄を含む場合、磁性層 13 の平均厚み  $t_m$  は、好ましくは 80 nm 以下、より好ましくは 70 nm 以下、さらに好ましくは 60 nm 以下、さらにより好ましくは 50 nm 以下でありうる。磁性層 13 の平均厚みが 80 nm 以下であると、記録ヘッドとしてリング型ヘッドを用いた場合に、磁性層 13 の厚み方向に均一に磁化を記録できるため、電磁変換特性 (例えば、SNR) を向上することができる。

磁性層 13 の平均厚み  $t_m$  は、好ましくは 30 nm 以上、より好ましくは 35 nm 以上、さらに好ましくは 40 nm 以上でありうる。磁性層 13 の平均厚みが 30 nm 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、電磁変換特性 (例えば、SNR) を向上することができる。

磁性層 13 の平均厚みの数値範囲は、上記上限値のいずれかと上記下限値のいずれかとにより規定されてよく、好ましくは 30 nm  $t_m$  80 nm、より好ましくは 35 nm  $t_m$  70 nm、さらに好ましくは 40 nm  $t_m$  60 nm でありうる。

また、磁気記録媒体 10 の厚み方向 (垂直方向) における角形比が、好ましくは 65 % 以上、より好ましくは 67 % 以上、さらに好ましくは 70 % 以上でありうる。

【0097】

(磁性粉が Co 含有スピネルフェライトを含む実施態様)

【0098】

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

【0099】

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

$$Co_x Fe_y O_z \dots (1)$$

(但し、式 (1) 中、M は、例えば、Ni、Mn、Al、Cu、及び Zn からなる群より選ばれる 1 種以上の金属である。x は、0.4  $x$  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 及び 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よい。)

【0100】

コバルトフェライト磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは 25 nm 以下、より好ましくは 23 nm 以下でありうる。

【0101】

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

【0102】

磁性粉の平均粒子体積は、 $2300 \text{ nm}^3$  以下であり、好ましくは  $1600 \text{ nm}^3$  以下、より好ましくは  $1300 \text{ nm}^3$  以下でありうる。磁性粉の平均粒子体積は、好ましくは 5

10

20

30

40

50

0 0 nm<sup>3</sup>以上、より好ましくは 7 0 0 nm<sup>3</sup>以上でありうる。

磁性粉の平均粒子体積が上記上限値以下である場合（例えば、2 3 0 0 nm<sup>3</sup>以下である場合）、高記録密度の磁気記録媒体 1 0 において、良好な電磁変換特性（例えば、S N R）を得ることができる。磁性粉の平均粒子体積が上記下限値以上である場合（例えば、5 0 0 nm<sup>3</sup>以上である場合）、磁性粉の分散性がより向上し、より優れた電磁変換特性（例えば、S N R）を得ることができる。

#### 【0103】

磁性層 1 3 が磁性粉として Co 含有スピネルフェライトを含む場合、磁性層 1 3 の平均厚み  $t_m$  は、好ましくは 8 0 nm 以下、より好ましくは 7 0 nm 以下、さらに好ましくは 6 0 nm 以下、さらにより好ましくは 5 0 nm 以下でありうる。磁性層 1 3 の平均厚みが 8 0 nm 以下であると、記録ヘッドとしてリング型ヘッドを用いた場合に、磁性層 1 3 の厚み方向に均一に磁化を記録できるため、電磁変換特性（例えば、S N R）を向上することができる。

磁性層 1 3 の平均厚み  $t_m$  は、好ましくは 3 0 nm 以上、より好ましくは 3 5 nm 以上、さらに好ましくは 4 0 nm 以上でありうる。磁性層 1 3 の平均厚みが 3 0 nm 以上であると、再生ヘッドとしては M R 型ヘッドを用いた場合に、出力を確保できるため、電磁変換特性（例えば、S N R）を向上することができる。

磁性層 1 3 の平均厚みの数値範囲は、上記上限値のいずれかと上記下限値のいずれかとにより規定されてよく、好ましくは 3 0 nm  $t_m$  8 0 nm、より好ましくは 3 5 nm  $t_m$  7 0 nm、さらに好ましくは 4 0 nm  $t_m$  6 0 nm でありうる。

また、磁気記録媒体 1 0 の厚み方向（垂直方向）における角形比が、好ましくは 6 5 % 以上、より好ましくは 6 7 % 以上、さらに好ましくは 7 0 % 以上でありうる。

#### 【0104】

（結着剤）

#### 【0105】

結着剤としては、ポリウレタン系樹脂又は塩化ビニル系樹脂などに架橋反応が行われた構造を有する樹脂が好ましい。しかしながら結着剤はこれらに限定されるものではなく、磁気記録媒体 1 0 に対して要求される物性などに応じて、その他の樹脂を適宜配合してもよい。配合する樹脂としては、通常、塗布型の磁気記録媒体 1 0 において一般的に用いられる樹脂であれば、特に限定されない。

#### 【0106】

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

#### 【0107】

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

#### 【0108】

また、上述した各結着剤には、磁性粉の分散性を向上させる目的で、- SO<sub>3</sub> M、- O SO<sub>3</sub> M、- COOM、P = O (OM)<sub>2</sub> などの極性官能基が導入されていてもよい。こ

10

20

30

40

50

ここで、式中Mは、水素原子、又は、例えば、リチウム、カリウム、及びナトリウムなどのアルカリ金属である。

【0109】

更に、極性官能基としては、-NR<sub>1</sub>R<sub>2</sub>、-NR<sub>1</sub>R<sub>2</sub>R<sub>3</sub><sup>+</sup>X<sup>-</sup>の末端基を有する側鎖型のもの、及び、>NR<sub>1</sub>R<sub>2</sub><sup>+</sup>X<sup>-</sup>の主鎖型のものが挙げられる。ここで、式中R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、及びR<sub>3</sub>は、互いに独立に水素原子又は炭化水素基であり、X<sup>-</sup>は、例えば、弗素、塩素、臭素、若しくはヨウ素などのハロゲン元素イオン、又は、無機若しくは有機イオンである。また、極性官能基としては、-OH、-SH、-CN、及びエポキシ基なども挙げられる。これら極性官能基の結着剤への導入量は、10<sup>-1</sup>~10<sup>-8</sup>モル/gであるのが好ましく、10<sup>-2</sup>~10<sup>-6</sup>モル/gであるのがより好ましい。

10

【0110】

(潤滑剤)

【0111】

前記磁性層は、潤滑剤を含みうる。前記潤滑剤は、例えば、脂肪酸及び/又は脂肪酸エステルから選ばれる1種又は2以上であってよく、好ましくは脂肪酸及び脂肪酸エステルの両方を含みうる。前記脂肪酸は、好ましくは下記の一般化学式(1)又は一般化学式(2)により示される化合物であってよい。例えば、前記脂肪酸として下記の一般化学式(1)により示される化合物及び一般化学式(2)により示される化合物の一方が含まれていてよく又は両方が含まれていてもよい。

また、前記脂肪酸エステルは、好ましくは下記一般化学式(3)又は一般化学式(4)により示される化合物であってよい。例えば、前記脂肪酸エステルとして下記の一般化学式(3)により示される化合物及び一般化学式(4)により示される化合物の一方が含まれていてよく又は両方が含まれていてもよい。

20

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

【0112】



(但し、一般化学式(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。)

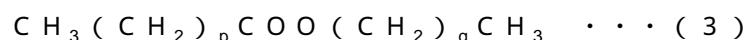
30

【0113】



(但し、一般化学式(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。)

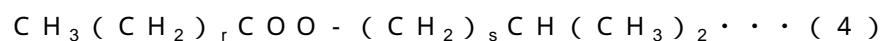
【0114】



(但し、一般化学式(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。)

40

【0115】



(但し、一般化学式(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。)

【0116】

前記潤滑剤として、例えば、炭素数10~24の一塩基性脂肪酸と、炭素数2~12の1価~6価アルコールのいずれかとのエステル、これらの混合エステル、ジ脂肪酸エステル、トリ脂肪酸エステル等が挙げられる。前記潤滑剤の具体例としては、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、ベヘン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、エライジン酸、ステアリン酸ブチル、ステアリン酸ペンチル、ステアリン酸ヘプチ

50

ル、ステアリン酸オクチル、ステアリン酸イソオクチル、ミリスチン酸オクチル等が挙げられる。

【0117】

(帯電防止剤)

【0118】

帯電防止剤としては、例えば、カーボンブラック、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。

【0119】

(研磨剤)

【0120】

研磨剤としては、例えば、化率90%以上の-アルミナ、-アルミナ、-アルミナ、炭化ケイ素、酸化クロム、酸化セリウム、-酸化鉄、コランダム、窒化珪素、チタンカーバイト、酸化チタン、二酸化珪素、酸化スズ、酸化マグネシウム、酸化タンゲステン、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酸化鉄、必要によりそれらをアルミおよび/またはシリカで表面処理したもの等が挙げられる。

【0121】

(硬化剤)

【0122】

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、100~4500の範囲であることが望ましい。

【0123】

(防錆剤)

【0124】

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。

【0125】

(非磁性補強粒子)

【0126】

非磁性補強粒子として、例えば、酸化アルミニウム(、またはアルミナ)、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。

【0127】

(下地層)

【0128】

下地層12は、非磁性粉および結着剤を含む非磁性層である。下地層12が、必要に応じて、潤滑剤、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。

【0129】

下地層12の平均厚みは、好ましくは0.6μm以上2.0μm以下、より好ましくは0.6μm以上1.4μm以下でありうる。さらに望ましくは0.6μm以上1.0μm以下でありうる。なお、下地層12の平均厚みは、磁性層13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12の厚みに応じて適宜調整される。

本技術の好ましい実施態様において、磁性層13とベース層11との間に下地層12が

10

20

30

40

50

設けられており、下地層 1 2 の平均厚みが 2 . 0  $\mu\text{m}$  以下であってよい。

【 0 1 3 0 】

( 非磁性粉 )

【 0 1 3 1 】

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。

10

【 0 1 3 2 】

( 結着剤 )

【 0 1 3 3 】

上述の磁性層 1 3 に含まれる結着剤に関する説明が、下地層に含まれる結着剤についても当てはまる。

【 0 1 3 4 】

( 添加剤 )

【 0 1 3 5 】

上述の磁性層 1 3 に含まれる潤滑剤、帯電防止剤、硬化剤および防錆剤に関する説明が、下地層に含まれる潤滑剤、帯電防止剤、硬化剤および防錆剤についても当てはまる。

20

【 0 1 3 6 】

( バック層 )

【 0 1 3 7 】

バック層 1 4 は、結着剤および非磁性粉を含みうる。バック層 1 4 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。上述の下地層 1 2 に含まれる結着剤および非磁性粉に関する説明が、バック層に含まれる結着剤および非磁性粉についても当てはまる。

【 0 1 3 8 】

非磁性粉の平均粒子サイズは、好ましくは 1 0  $\text{nm}$  以上 1 5 0  $\text{nm}$  以下、より好ましくは 1 5  $\text{nm}$  以上 1 1 0  $\text{nm}$  以下でありうる。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。

30

【 0 1 3 9 】

バック層 1 4 の平均厚み ( 本明細書内において「平均厚み  $t_b$  」又は「  $t_b$  」ともいう ) は 0 . 6  $\mu\text{m}$  以下であることが好ましい。より望ましくは 0 . 4  $\mu\text{m}$  以下、さらに望ましくは 0 . 3  $\mu\text{m}$  以下でありうる。バック層 1 4 の平均厚み  $t_b$  が上記範囲内にあることで、磁気記録媒体 1 0 の平均厚みが薄い場合、例えば 5 . 8  $\mu\text{m}$  以下、であっても、下地層 1 2 及びベース層 1 1 の厚みを厚く保つことが出来、これにより磁気記録媒体 1 0 の記録再生装置内での走行安定性を保つことが出来る。バック層 1 4 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 . 2  $\mu\text{m}$  以上である。

40

本技術の好ましい実施態様において、ベース層 1 1 の 2 つの面のうち、磁性層 1 3 が設けられている側の面と反対側の面に、バック層 1 4 が設けられており、バック層 1 4 の平均厚みが 0 . 6  $\mu\text{m}$  以下であってよい。

【 0 1 4 0 】

バック層 1 4 の平均厚み  $t_b$  は以下のようにして求められる。まず、磁気記録媒体 1 0 の平均厚み  $t_T$  を測定する。平均厚み  $t_T$  の測定方法は本明細書内以下に記載されているとおりである。続いて、サンプルのバック層 1 4 を M E K ( 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社製レーザー式ログージ ( LGH-110C ) を用いて、サンプルの厚みを 5 点以上の位置で測定し、それらの測定値を単純に平均 ( 算術平均 ) して、平均値  $t_b$  [  $\mu\text{m}$  ] を算出する。その後、以下の式よりバック層 1 4 の平均厚み

50

$t_b$  [  $\mu m$  ] を求める。なお、測定位置は、サンプルから無作為に選ばれるものとする。

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

【 0 1 4 1 】

( 磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  )

【 0 1 4 2 】

磁気記録媒体 10 の平均厚み ( 本明細書内において「平均厚み  $t_T$  」又は「  $t_T$  」ともいうは、好ましくは 5.8  $\mu m$  以下、より好ましくは 5.6  $\mu m$  以下、より好ましくは 5.5  $\mu m$  以下、さらにより好ましくは 5.4  $\mu m$  以下、好ましくは 5.3  $\mu m$  以下、より好ましくは 5.2  $\mu m$  以下、さらにより好ましくは 5.1  $\mu m$  以下、5.0  $\mu m$  以下、4.8  $\mu m$  以下、又は 4.6  $\mu m$  以下でありうる。磁気記録媒体 10 の平均厚み  $t_T$  が上記数値範囲内にあることによって ( 例えば、 $t_T$  5.3  $\mu m$  であることによって ) 、 1 データカートリッジ内に記録できる記録容量を従来よりも高めることができる。磁気記録媒体 10 の平均厚み  $t_T$  の下限値は特に限定されるものではないが、例えば、3.5  $\mu m$   $t_T$  である。 )

【 0 1 4 3 】

磁気記録媒体 10 の平均厚み  $t_T$  は以下のようにして求められる。まず、1/2 インチ幅の磁気記録媒体 10 を準備し、それを 250 mm 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、サンプルの厚みを 5 点以上の位置で測定し、それらの測定値を単純に平均 ( 算術平均 ) して、平均値  $t_T$  [  $\mu m$  ] を算出する。なお、測定位置は、サンプルから無作為に選ばれるものとする。 )

【 0 1 4 4 】

本技術においては、磁性層 13 、下地層 12 、及びベース層 11 をこの順に有する層構造を有する場合、磁性層 13 と下地層 12 を形成する塗膜の方がベース層 11 よりもヤング率が大きく、引張に強く、ベース層 11 が薄く、塗膜の割合が高いとテンションがかけられても耐えられる観点から、( 前記磁性層 13 の平均厚み + 前記下地層 12 の平均厚み ) / ( 前記ベース層 11 の平均厚み ) の比が、好ましくは 0.15 以上、より好ましくは 0.16 以上でありうる。当該比は、例えば、好ましくは 0.35 以下、より好ましくは 0.33 以下、さらに好ましくは 0.30 以下であってもよい。 )

【 0 1 4 5 】

また、上記と同じ観点から、( 磁性層 13 の平均厚み + 前記下地層 12 の平均厚み + バック層 14 の平均厚み ) / ( 磁気記録媒体 10 の平均厚み ) の比は、好ましくは 0.17 以上、より好ましくは 0.18 以上、さらに好ましくは 0.19 以上でありうる。当該比は、例えば、好ましくは 0.30 以下、より好ましくは 0.28 以下、さらに好ましくは 0.25 以下であってもよい。 )

【 0 1 4 6 】

( 磁気的相互作用  $M$  )

【 0 1 4 7 】

磁気的相互作用  $M$  は以下のようにして求められる。先ず、磁気記録媒体 10 の両面がテープで補強された後、6 mm のパンチで打ち抜かれて測定サンプルが作製される。この際に、磁気記録媒体の長手方向 ( 走行方向 ) が認識できるように、磁性を有さない任意のインクでマーキングを行う。サンプルを試料棒に貼り付ける際に、磁気記録媒体 ( テープ ) の長手方向が試料棒に対して垂直になるように貼り付けた。そして、消磁機を用いて測定サンプルを消磁する。 )

【 0 1 4 8 】

具体的な操作手順は以下のとおりである。

( 1 ) 振動試料型磁力計 ( Vibrating Sample Magnetometer:VSM ) ( VSM 振動試料型 7400-S シリーズ Lake Shore 社製 ) の電源 ( Model 642 Electromagnet Power Supply Lake Shore 社製 ) を入れ、冷却水のチラー ( 循環装置 ) を起動して装置を稼働させる。 )

( 2 ) 振動試料型磁力計の電源を入れる。 )

10

20

30

40

50

- (3) IDEAS-VSM version 4のソフトを立ち上げる。
- (4) サンプルホルダーをエタノールで拭き、両面テープをサンプルホルダーに貼り、その上に標準Niサンプル(70.6mg, 3.876emu)を取り付ける。
- (5) イオナイザーの電源を入れ、サンプルホルダーを除電する。
- (6) サンプルホルダーを振動試料型磁力計の印加磁界に対して水平方向となるように取り付け、15000Gで磁化校正を行う。
- (7) Calibrationをmoment gainに設定し、Yesをクリックする。Single Point CalibrationをOKとし、emuを標準Niサンプルの値として入力し、Fieldは15000Gと入力し、OKを押して磁化校正を行う。 10
- (8) Ramp ToのAngle setにおいて、左側のAngle値を+90°に設定するサンプルホルダーがぶつからない位置までX軸のつまみを回してサンプルホルダーを移動させる。
- (9) Ramp toのFieldを15000Gに設定してOKをクリックする。Head Driveを駆動させる。
- (10) DisplaysのVSM Controller、Chart Recorder、Moment X、Momentにチェックを入れてOKとする。
- (11) Y軸とX軸のつまみを合わせてサンプルホルダーを中心に合わせる。
- (12) サンプルホルダーの位置調整後、VSM Controllerを閉じる。
- (13) Head Driveの駆動を停止させ、Ramp toにおいて、Fieldを0と入力し、サンプルホルダーを消磁する。 20
- (14) その後、振動試料型磁力計からサンプルホルダーを取り外し、標準Niサンプルを外す。
- (15) 両面テープのみ貼られた状態で、CalibrationsのMoment off setにおいてOKを入力してオフセットを行い、測定サンプルを取り付ける。
- (16) その後、Experimentにおいて、所望の測定モード条件を選択する。
- (17) Startを押して測定を開始する。
- (18) 測定終了後、Head Driveの駆動を停止させて測定サンプルを取り替える。
- (19) 測定終了後、装置起動時とは逆の順番で装置を停止させる。 30

#### 【0149】

更に、詳細に説明すると、測定サンプルに関しては、交流消磁して測定される残留磁化Ir(H)を以下の方法で測定する。交流消磁を行い、外部磁場を0Oeにする。その後、ある一方向に磁場を200Oe印加した後に0Oeに戻した時の残留磁化をIr(200Oe)、さらに200Oe+200Oe(400Oe)印加した後に0Oeに戻した時の残留磁化をIr(400Oe)として、これらの操作を200Oeごとに行い、6kOeまで磁場を増加させる。印加磁界を6kOeとしたときの残留磁化をIr( )とした。

#### 【0150】

次に、直流消磁して測定される残留磁化Id(H)を以下の方法で測定する。10kOeの外部磁場をかけて直流消磁を行い、外部磁場を0Oeにする。その後、直流消磁を行った磁場方向とは逆方向に磁場を200Oe印加した後に0Oeに戻した時の残留磁化をId(200Oe)、さらに再度直流消磁を行い、200Oe+200Oe(400Oe)印加した後に0Oeに戻した時の残留磁化をId(400Oe)として、これらの操作を200Oeごとに行い、6kOeまで磁場を増加させる。 40

#### 【0151】

上記で図6を参照して説明したとおり、得られた各Id(H)、各Ir(H)、及びIr( )を用いて式(1)により各M(H)を算出し、算出されたM(H)のうちの最小値を、測定サンプルの磁気的相互作用Mとする。

但し、測定時には、Md(H)=Id(H)/Id(0)、Mr(H)={Ir(H)}

50

$- I_r(0)}/\{I_r( ) - I_r(0)\}$  と補正する。  $I_r( )$   $I_d(0)$  だが完全には一致しないためである。また、  $I_r(0)$  を完全に消磁できず 0 にならないためである。

【0152】

(熱安定性)

【0153】

再生出力の劣化を防止する観点から、本技術の磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  は、例えば、好ましくは 63 以上であり、より好ましくは 70 以上、さらに好ましくは 80 以上、さらにより好ましくは 90 以上でありうる。本技術の磁気記録媒体は、平均粒子体積が小さい磁性粉を含むにもかかわらず、このような高い熱安定性を有し、これにより保存安定性に優れている。

本技術の磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  は、好ましくは 150 以下でありうる。

【0154】

磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  は、例えば、磁性粉の合成工程時において、ガラス溶解後の材料状態を安定化させることにより達成することができる。例えば、ガラス溶解時に溶解温度を任意に設定するが、この時の溶解温度を高温にすることによってガラス溶解後の材料のアモルファス状態をより均一化させ、これにより材料状態を安定化することができる。また、熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  は、垂直配向度を向上させることによつても、調整することができる。

【0155】

磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  ( $K_u$  : 磁性粉の結晶磁気異方性定数、  $V_{act}$  : 磁性粉の活性化体積、  $k_B$  : ボルツマン定数、  $T$  : 絶対温度) は、以下に示すシャーロックの式を用いて算出される (参考文献 : IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 50, NO. 11, NOVEMBER 2014、及び、J. Flanders and M. P. Sharrock: J. Appl. Phys., 62, 2918 (1987))。

$$H_r(t') = H_0 [ 1 - \{ k_B T / (K_u V_{act}) \} \ln (f_0 t' / 0.693)^n ]$$

(但し、  $H_r$  : 残留磁場、  $t'$  : 磁化減衰量、  $H_0$  : 磁場変化量、  $k_B$  : ボルツマン定数、  $T$  : 絶対温度、  $K_u$  : 結晶磁気異方性定数、  $V_{act}$  : 磁性粉の活性化体積、  $f_0$  : 周波数因子、  $n$  : 係数)

【0156】

なお、(a) 残留磁場  $H_r$ 、(b) 磁化減衰量  $t'$  および(c) 磁場変化量  $H_0$  は以下のようにして求められる。また、(d) 周波数因子  $f_0$  および(e) 係数  $n$  は以下の数値が用いられる。また、絶対温度  $T$  は 25 である。

(a) 残留磁場  $H_r$  は、Hayama 製パルス VSM 「HR-PVSM20」により測定できる。測定には磁気記録媒体 10 が両面テープで 3 枚重ね合わされた後、6 mm のパンチで打ち抜かれて、得られたサンプルを用いる。測定を開始する前にサンプルに 6358 [Oe] の磁場を印加しサンプルを一方向に磁気的に配向させる。その後、0 ~ 20230 [Oe] まで 505.75 [Oe] ごとに磁場を断続的に印加し、その際の磁化量を測定し印加磁場を X 軸、磁化量を Y 軸とし値をプロットする。得られたグラフで Y = 0 となる際の X が残留磁場  $H_r$  である。

(b) 磁化減衰量  $t'$  は次のようにして求められる。すなわち、測定する磁気記録媒体 10 の保磁力  $H_c$  の近傍の外部磁場を 3 条件で印加し、磁気記録媒体 10 が両面テープで 3 枚重ね合わされた後、6 mm のパンチで打ち抜かれて、得られたサンプルを用い、印加振動試料型磁力計 (Vibrating Sample Magnetometer : VSM) により磁化減衰量を測定する。そして、その磁化減衰量から下記参考文献に記載のフランダースの式を用いて磁化減衰量  $t'$  を算出する (参考文献 : I. P. J. Flanders and M. P. Sharrock, "An analysis of time-dependent magnetization and coercivity and of their relationship to print-through in recording tapes," J. Appl. Phys., vol. 62, pp. 2918-2928, 1987.)。

10

20

30

40

50

ここで、「保磁力  $H_c$ 」とは、磁性粉の配向方向における保磁力  $H_c$  を意味する。すなわち、磁性粉が垂直方向に配向されている場合、「保磁力  $H_c$ 」とは、垂直方向における保磁力  $H_{c1}$  を意味する。一方、磁性粉が長手方向に配向されている場合、「保磁力  $H_c$ 」とは、長手方向における保磁力  $H_{c2}$  を意味する。磁性粉が配向されていない場合つまり無配向の場合、垂直方向における保磁力  $H_{c1}$  として用いる。

また、「3条件の外部磁場」とは、保磁力  $H_c$  以上の磁場（正の磁化が得られる磁場）、保磁力  $H_c$  近傍の磁場（0に近い磁化が得られる磁場）、および保磁力  $H_c$  未満の磁場（負の磁化が得られる磁場）を意味する。具体例を挙げると、垂直配向テープ  $H_c = 2600$  [Oe] の場合「3条件の外部磁場」は正の磁化が得られる磁場 = 2400 [Oe]、保磁力  $H_c$  近傍の磁場 = 2600 [Oe]、負の磁化が得られる磁場 = 2800 [Oe] として算出する。ただし、この具体例として挙げた数値は実際の測定に際し数値範囲を限定するものではない。10

(c) 磁場変化量  $H_0$  は、(b) で測定した際の測定磁場と磁化減衰量をシャーロックの式に代入し算出した定数である。

(d) 周波数因子  $f_0$  は一定値であり、 $f_0 = 5.0 \times 10^9$  Hz とする。

(e) 係数  $n$  は、磁性粉の結晶磁気異方性に応じた値に設定される。磁性粉が一軸結晶磁気異方性を有し、且つ磁気テープを垂直配向した場合、 $n = 0.5$  に設定される。一方、磁性粉が多軸結晶磁気異方性（3軸結晶磁気異方性）を有する場合、もしくは磁性粉が一軸結晶磁気異方性だが磁気テープが無配向の場合、 $n = 0.77$  に設定される。

#### 【0157】

（垂直方向における角形比  $R_{s2}$ ）

#### 【0158】

本技術の磁気記録媒体の垂直方向（厚み方向）における角形比  $R_{s2}$  が、好ましくは 65% 以上、より好ましくは 67% 以上、さらにより好ましくは 70% 以上でありうる。角形比  $R_{s2}$  が 65% 以上であると、磁性粉の垂直配向性が十分に高くなるため、より優れた SNR を得ることができる。したがって、より優れた電磁変換特性を得ることができる。また、サーボ信号形状が改善され、よりドライブ側の制御がし易くなる。

本明細書内において、磁気記録媒体が垂直配向しているとは、磁気記録媒体の角形比  $R_{s2}$  が上記数値範囲内にあること（例えば、65% 以上であること）を意味してもよい。

#### 【0159】

垂直方向における角形比  $R_{s2}$  は以下のようにして求められる。まず、磁気記録媒体 10 を  $6.25\text{mm} \times 64\text{mm}$  に打ち抜いた後、三つ折りにして  $6.25\text{mm} \times 8\text{mm}$  の測定サンプルが作製される。そして、VSM を用いて磁気記録媒体 10 の垂直方向（厚み方向）に対応する測定サンプル（磁気記録媒体 10 全体）の M - H ヒステリシスループが測定される。次に、アセトン又はエタノールなどが用いられて塗膜（下地層 12、磁性層 13 及びバック層 14 など）が払拭され、ベース層 11 のみが残される。そして、得られたベース層 11 を  $6.25\text{mm} \times 64\text{mm}$  に打ち抜いた後、三つ折りにして  $6.25\text{mm} \times 8\text{mm}$  の、バックグラウンド補正用のサンプル（以下、単に「補正用サンプル」）とされる。その後、VSM を用いてベース層 11 の垂直方向（磁気記録媒体 10 の垂直方向）に対応する補正用サンプル（ベース層 11）の M - H ヒステリシスループが測定される。40

#### 【0160】

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

測定サンプル（磁気記録媒体 10 の全体）の M - H ヒステリシスループ及び補正用サンプル（ベース層 11）の M - H ヒステリシスループが得られた後、測定サンプル（磁気記録媒体 10 の全体）の M - H ヒステリシスループから補正用サンプル（ベース層 11）の M - H ヒステリシスループが差し引かることで、バックグラウンド補正が行われ、バッ50

クグラウンド補正後のM - Hヒステリシスループが得られる。このバックグラウンド補正の計算には、「VSM - P7 - 15型」に付属されている測定・解析プログラムが用いられる。

【0161】

得られたバックグラウンド補正後のM - Hヒステリシスループの飽和磁化量M<sub>s</sub> (emu) 及び残留磁化M<sub>r</sub> (emu) が以下の式に代入されて、角形比R<sub>s2</sub> (%) が計算される。なお、上記のM - Hヒステリシスループの測定はいずれも、25°にて行われるものとする。また、M - Hヒステリシスループを磁気記録媒体10の垂直方向に測定する際の“反磁界補正”は行わないものとする。なお、この計算には、「VSM - P7 - 15型」に付属されている測定・解析プログラムが用いられる。

$$\text{角形比 } R_{s2} (\%) = (M_r / M_s) \times 100$$

【0162】

(長手方向における角形比R<sub>s1</sub>)

【0163】

磁気記録媒体10の長手方向(走行方向)における角形比R<sub>s1</sub>が、好ましくは35%以下、より好ましくは27%以下、更により好ましくは20%以下でありうる。長手方向における角形比R<sub>s1</sub>が35%以下であると、磁性粉の垂直配向性が十分に高くなるため、より優れたSNRを得ることができる。したがって、より優れた電磁変換特性を得ることができる。また、サーボ信号形状が改善され、ドライブ側の制御がより行い易くなる。

本明細書内において、磁気記録媒体が垂直配向しているとは、磁気記録媒体の長手方向における角形比R<sub>s1</sub>が上記数値範囲内にあること(例えば、35%以下であること)を意味しうる。本技術に従う磁気記録媒体は好ましくは垂直配向している。

【0164】

長手方向における角形比R<sub>s1</sub>は、M - Hヒステリシスループを磁気記録媒体10及びベース層11の長手方向(走行方向)に測定すること以外は垂直方向における角形比R<sub>s2</sub>と同様にして求められる。

【0165】

垂直方向における角形比R<sub>s2</sub>及び長手方向における角形比R<sub>s1</sub>は、例えば、磁性層形成用塗料に印加される磁場の強度、磁性層形成用塗料に対する磁場の印加時間、磁性層形成用塗料中における磁性粉の分散状態、又は磁性層形成用塗料中における固形分の濃度を調整することにより所望の値に設定される。具体的には例えば、磁場の強度を強くするほど、長手方向における角形比R<sub>s1</sub>が小さくなるのに対して、垂直方向における角形比R<sub>s2</sub>が大きくなる。また、磁場の印加時間を長くするほど、長手方向における角形比R<sub>s1</sub>が小さくなるのに対して、垂直方向における角形比R<sub>s2</sub>が大きくなる。また、磁性粉の分散状態を向上するほど、長手方向における角形比R<sub>s1</sub>が小さくなるのに対して、垂直方向における角形比R<sub>s2</sub>が大きくなる。また、固形分の濃度を低くするほど、長手方向における角形比R<sub>s1</sub>が小さくなるのに対して、垂直方向における角形比R<sub>s2</sub>が大きくなる。なお、上記の調整方法は単独で使用してもよいし、2以上組み合わせて使用してもよい。

【0166】

(長手方向に測定した飽和磁化量M<sub>s</sub>)

【0167】

本技術において、良好なSNRを確保し、また、ノイズの発生を抑制する観点から、長手方向における磁気記録媒体の飽和磁化量M<sub>s</sub>は、好ましくは $3.0 \times 10^{-3}$ emu M<sub>s</sub>であり、より好ましくは、 $3.2 \times 10^{-3}$ emu M<sub>s</sub>であり、さらにより好ましくは $3.4 \times 10^{-3}$ emu M<sub>s</sub>でありうる。

飽和磁化量M<sub>s</sub>は、上述した長手方向における角形比R<sub>s1</sub>の測定と同様にして求められる。

【0168】

本技術の磁気記録媒体は、良好な電磁変換特性を得る観点から、SNRが好ましくは0

10

20

30

40

50

. 3 dB 以上、より好ましくは 0 . 5 dB 以上でありうる。

【 0 1 6 9 】

( 2 ) 磁気記録媒体の製造方法

【 0 1 7 0 】

次に、上述の構成を有する磁気記録媒体 10 の製造方法について説明する。まず、非磁性粉および結着剤等を溶剤に混練、分散させることにより、下地層形成用塗料を調製する。次に、磁性粉および結着剤等を溶剤に混練、分散させることにより、磁性層形成用塗料を調製する。磁性層形成用塗料および下地層形成用塗料の調製には、例えば、以下の溶剤、分散装置および混練装置を用いることができる。

【 0 1 7 1 】

10

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、シクロヘキサン等のケトン系溶媒、メタノール、エタノール、プロパノール等のアルコール系溶媒、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ブチル、酢酸プロピル、乳酸エチル、エチレンギリコールアセテート等のエステル系溶媒、ジエチレンギリコールジメチルエーテル、2 - エトキシエタノール、テトラヒドロフラン、ジオキサン等のエーテル系溶媒、ベンゼン、トルエン、キシレン等の芳香族炭化水素系溶媒、メチレンクロライド、エチレンクロライド、四塩化炭素、クロロホルム、クロロベンゼン等のハロゲン化炭化水素系溶媒等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、適宜混合して用いてもよい。

【 0 1 7 2 】

20

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、ロールニーダー等の混練装置を用いることができるが、特にこれらの装置に限定されるものではない。また、上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「 D C P ミル」等）、ホモジナイザー、超音波分散機等の分散装置を用いることができるが、特にこれらの装置に限定されるものではない。なお、磁性層形成用塗料調製における分散時間の延長により磁気的相互作用  $M$  が大きくなり、電磁変換特性が良好となる傾向がある。

【 0 1 7 3 】

30

次に、下地層形成用塗料をベース層 11 の一方の主面に塗布して乾燥させることにより、下地層 12 を形成する。続いて、この下地層 12 上に磁性層形成用塗料を塗布して乾燥させることにより、磁性層 13 を下地層 12 上に形成する。なお、乾燥の際に、例えば、ソレノイドコイルにより、磁性粉をベース層 11 の厚み方向に磁場配向させるようにしてもよい。また、乾燥の際に、例えば、ソレノイドコイルにより、磁性粉をベース層 11 の走行方向（長手方向）に磁場配向させたのちに、ベース層 11 の厚み方向に磁場配向させるようにしてもよい。このような磁性粉をベース層の厚み方向、すなわち、垂直方向に磁場配向処理をすることで、磁気的相互作用  $M$  が小さくなり（絶対値が大きくなる）、熱安定性がより良好となる傾向がある。また、このような垂直配向により角形比  $R_s$  を向上させることができる。したがって、磁性粉の垂直配向度を向上することができる。磁性層 13 の形成後、ベース層 11 の他方の主面にバック層 14 を形成する。これにより、磁気記録媒体 10 が得られる。

【 0 1 7 4 】

40

磁気的相互作用  $M$  は、磁性層中における磁性粉粒子の凝集の度合いを示すものである。凝集の度合いに影響を及ぼす要素として、磁性層中の磁性粉粒子の平均粒子体積、分散処理、配向処理等が挙げられる。本技術では、平均粒子体積を特定値以下とするとともに、磁性粉粒子を垂直配向させることによって磁性層の磁気的相互作用  $M$  を上記数値範囲内に制御することができる。

【 0 1 7 5 】

角形比  $R_s 1$ 、 $R_s 2$ （以下、角形比  $R_s$  と略す）は、例えば、磁性層形成用塗料の塗

50

膜に印加される磁場の強度、磁性層形成用塗料中における固形分の濃度、磁性層形成用塗料の塗膜の乾燥条件（乾燥温度および乾燥時間）を調整することにより所望の値に設定される。塗膜に印加される磁場の強度は、磁性粉の保磁力の2倍以上3倍以下であることが好ましい。角形比R<sub>s</sub>をさらに高めるためには、磁性層形成用塗料中における磁性粉の分散状態を向上させることが好ましい。また、角形比R<sub>s</sub>をさらに高めるためには、磁性粉を磁場配向させるための配向装置に磁性層形成用塗料が入る前の段階で、磁性粉を磁化させておくことも有効である。なお、上記の角形比R<sub>s</sub>の調整方法は単独で使用されてもよいし、2以上組み合わされて使用されてもよい。

## 【0176】

その後、得られた磁気記録媒体10をコアに巻き直し、硬化処理を行う。最後に、磁気記録媒体10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媒体10が得られる。

10

## 【0177】

(3) 記録再生装置

## 【0178】

[記録再生装置の構成]

## 【0179】

次に、図12を参照して、上述の構成を有する磁気記録媒体10の記録及び再生を行う記録再生装置30の構成の一例について説明する。

20

## 【0180】

記録再生装置30は、磁気記録媒体10の長手方向に加わるテンションを調整可能な構成を有している。また、記録再生装置30は、磁気記録カートリッジ10Aを装填可能な構成を有している。ここでは、説明を容易とするために、記録再生装置30が、1つの磁気記録カートリッジ10Aを装填可能な構成を有している場合について説明するが、記録再生装置30が、複数の磁気記録カートリッジ10Aを装填可能な構成を有していてもよい。

## 【0181】

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

30

## 【0182】

記録再生装置30は、図12に示すように、スピンドル31と、記録再生装置側のリール32と、スピンドル駆動装置33と、リール駆動装置34と、複数のガイドローラ35と、ヘッドユニット36と、通信インターフェース（以下、I/F）37と、制御装置38とを備えている。

## 【0183】

スピンドル31は、磁気記録カートリッジ10Aを装着可能に構成されている。磁気記録カートリッジ10Aは、LTO（Linear Tape Open）規格に準拠しており、カートリッジケース10Bに磁気記録10を巻装した单一のリール10Cを回転可能に収容している。磁気記録媒体10には、サーボ信号として八の字状のサーボパターンが予め記録されている。リール32は、磁気記録カートリッジ10Aから引き出された磁気記録媒体10の先端を固定可能に構成されている。

40

## 【0184】

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

50

## 【0185】

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

## 【0186】

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

## 【0187】

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

## 【0188】

## [記録再生装置の動作]

## 【0189】

次に、上記構成を有する記録再生装置30の動作について説明する。

## 【0190】

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

## 【0191】

次に、図示しない操作部を操作すると、スピンドル駆動装置33とリール駆動装置34とが制御装置38の制御により駆動され、リール10Cからリール32へ向けて磁気記録媒体10が走行されるように、スピンドル31とリール32とが同方向に回転される。これにより、磁気記録媒体10がリール32に巻き取られつつ、ヘッドユニット36によって、磁気記録媒体10への情報の記録または磁気記録媒体10に記録された情報の再生が行われる。

## 【0192】

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

## 【0193】

## (4) カートリッジ

## 【0194】

## [カートリッジの構成]

## 【0195】

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

10

20

30

40

50

いて述べる磁気記録媒体の製造時（製造後の初期）の寸法情報、及び／又は、当該磁気記録媒体の記録及び／又は再生処理において取得される寸法情報であつてよい。

【0196】

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

【0197】

図13は、カートリッジ10Aの構成の一例を示す分解斜視図である。カートリッジ10Aは、LTO（Linear Tape-Open）規格に準拠した磁気記録媒体カートリッジであり、下シェル212Aと上シェル212Bとで構成されるカートリッジケース10Bの内部に、磁気テープ（テープ状の磁気記録媒体）10が巻かれたリール10Cと、リール10Cの回転をロックするためのリールロック214およびリールスプリング215と、リール10Cのロック状態を解除するためのスパイダ216と、下シェル212Aと上シェル212Bに跨ってカートリッジケース10Bに設けられたテープ引出口212Cを開閉するスライドドア217と、スライドドア217をテープ引出口212Cの閉位置に付勢するドアスプリング218と、誤消去を防止するためのライトプロテクト219と、カートリッジメモリ211とを備える。リール10Cは、中心部に開口を有する略円盤状であつて、プラスチック等の硬質の材料からなるリールハブ213Aとフランジ213Bとにより構成される。磁気テープ10の一端部には、リーダーピン220が設けられている。

【0198】

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

【0199】

[カートリッジメモリの構成]

【0200】

図14を参照して、カートリッジメモリ211の構成の一例について説明する。

【0201】

図14は、カートリッジメモリ211の構成の一例を示すブロック図である。カートリッジメモリ211は、規定の通信規格でリーダライタ（図示せず）と通信を行うアンテナコイル（通信部）331と、アンテナコイル331により受信した電波から、誘導起電力を用いて発電、整流して電源を生成する整流・電源回路332と、アンテナコイル331により受信した電波から、同じく誘導起電力を用いてクロックを生成するクロック回路333と、アンテナコイル331により受信した電波の検波およびアンテナコイル331により送信する信号の変調を行う検波・変調回路334と、検波・変調回路334から抽出されるデジタル信号から、コマンドおよびデータを判別し、これ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）335と、情報を記憶するメモリ（記憶部）336とを備える。また、カートリッジメモリ211は、アンテナコイル331に対して並列に接続されたキャパシタ337を備え、アンテナコイル331とキャパシタ337により共振回路が構成される。

【0202】

メモリ336は、カートリッジ10Aに関連する情報等を記憶する。メモリ336は、不揮発性メモリ（Non Volatile Memory：NVM）である。メモリ336の記憶容量は、好ましくは約32KB以上である。例えば、カートリッジ10AがLTO-9規格またはLTO-10規格に準拠したものである場合には、メモリ336は、約32KBの記憶容量を有する。

【0203】

メモリ336は、第1の記憶領域336Aと第2の記憶領域336Bとを有する。第1の記憶領域336Aは、LTO8以前のLTO規格のカートリッジメモリ（以下「従来の

10

20

30

40

50

カートリッジメモリ」という。)の記憶領域に対応しており、LTO 8 以前のLTO規格に準拠した情報を記憶するための領域である。LTO 8 以前のLTO規格に準拠した情報は、例えば、製造情報(例えば、カートリッジ10Aの固有番号等)、使用履歴(例えば、テープ引出回数(Thread Count)等)等である。

#### 【0204】

第2の記憶領域336Bは、従来のカートリッジメモリの記憶領域に対する拡張記憶領域に相当する。第2の記憶領域336Bは、付加情報を記憶するための領域である。ここで、付加情報とは、LTO 8 以前のLTO規格で規定されていない、カートリッジ10Aに関連する情報を意味する。付加情報の例としては、テンション調整情報、管理台帳データ、Index情報、または磁気テープ10に記憶された動画のサムネイル情報等が挙げられるが、これらのデータに限定されるものではない。テンション調整情報は、磁気テープ10に対するデータ記録時ににおける、隣接するサーボバンド間の距離(隣接するサーボバンドに記録されたサーボパターン間の距離)を含む。隣接するサーボバンド間の距離は、磁気テープ10の幅に関連する幅関連情報の一例である。サーボバンド間の距離の詳細については後述する。以下の説明において、第1の記憶領域336Aに記憶される情報を「第1の情報」といい、第2の記憶領域336Bに記憶される情報を「第2の情報」ということがある。

#### 【0205】

メモリ336は、複数のバンクを有していてもよい。この場合、複数のバンクのうちの一部のバンクにより第1の記憶領域336Aが構成され、残りのバンクにより第2の記憶領域336Bが構成されてもよい。具体的には、例えば、カートリッジ10AがLTO-9規格またはLTO-10規格に準拠したものである場合には、メモリ336は約16KBの記憶容量を有する2つのバンクを有し、2つのバンクのうちの一方のバンクにより第1の記憶領域336Aが構成され、他のバンクにより第2の記憶領域336Bが構成されてもよい。

#### 【0206】

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

#### 【0207】

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

#### 【0208】

(5) カートリッジの変形例

#### 【0209】

[カートリッジの構成]

#### 【0210】

上述の磁気記録カートリッジの一実施形態では、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である場合について説明したが、本技術の磁気記録カートリッジは、2リールタイプのカートリッジであってもよい。すなわち、本技術の磁気記録カートリッジは、磁気テープが巻き取られるリールを1つ又は複数(例えば2つ)有してよい。以下で、図17を参照しながら、2つのリールを有する本技術の磁気記録カートリッジの例を説明する。

#### 【0211】

図17は、2リールタイプのカートリッジ421の構成の一例を示す分解斜視図である。カートリッジ421は、合成樹脂製の上ハーフ402と、上ハーフ402の上面に開口された窓部402aに嵌合されて固着される透明な窓部材423と、上ハーフ402の内側に固着されリール406、407の浮き上がりを防止するリールホルダー422と、上

10

20

30

40

50

ハーフ402に対応する下ハーフ405と、上ハーフ402と下ハーフ405を組み合わせてできる空間に収納されるリール406、407と、リール406、407に巻かれた磁気テープMT1と、上ハーフ402と下ハーフ405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409およびこのフロント側開口部に露出した磁気テープMT1を保護するバックリッド409Aとを備える。

【0212】

リール406は、磁気テープMT1が巻かれる円筒状のハブ部406aを中心部に有する下フランジ406bと、下フランジ406bとほぼ同じ大きさの上フランジ406cと、ハブ部406aと上フランジ406cの間に挟み込まれたリールプレート411とを備える。リール407はリール406と同様の構成を有している。

10

【0213】

窓部材423には、リール406、407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422を組み付けるための取付孔423aが各々設けられている。磁気テープMT1は、第1の実施形態における磁気テープTと同様である。

【0214】

(6) 効果

【0215】

磁気記録媒体10は、磁性層13に含まれる磁性粉の平均粒子体積が $2300\text{ nm}^3$ 以下であり、磁性層13の磁気的相互作用Mが、-0.362 M - 0.22である。これにより、磁気記録媒体10は、熱安定性及び電磁変換特性が良好なものとなる。

20

【0216】

(7) 変形例

【0217】

(変形例1)

【0218】

磁気記録媒体10が、図15に示すように、ベース層11の少なくとも一方の表面に設けられたバリア層15をさらに備えるようにしてもよい。バリア層15は、ベース層11が有する環境に応じた寸法変化を抑制するための層である。例えば、その寸法変化を及ぼす原因の一例として、ベース層11の吸湿性があるが、バリア層15を設けることによりベース層11への水分の侵入速度を低減することができる。バリア層15は、例えば、金属または金属酸化物を含む。金属としては、例えば、Al、Cu、Co、Mg、Si、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Mo、Ru、Pd、Ag、Ba、Pt、AuおよびTaのうちの少なくとも1種を用いることができる。金属酸化物としては、例えば、上記金属を1種または2種以上含む金属酸化物を用いることができる。より具体的には例えば、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ および $\text{ZrO}_2$ のうちの少なくとも1種を用いることができる。また、バリア層15が、ダイヤモンド状炭素(Diamond-Like Carbon: DLC)またはダイヤモンド等を含むようにしてもよい。

30

【0219】

40

バリア層15の平均厚みは、好ましくは $20\text{ nm}$ 以上 $1000\text{ nm}$ 以下、より好ましくは $50\text{ nm}$ 以上 $1000\text{ nm}$ 以下でありうる。バリア層15の平均厚みは、磁性層13の平均厚みと同様にして求められる。但し、TEM像の倍率は、バリア層15の厚みに応じて適宜調整される。

【0220】

(変形例2)

【0221】

磁気記録媒体10は、ライプラリ装置に組み込まれてもよい。すなわち、本技術は、少なくとも一つの磁気記録媒体10を備えているライプラリ装置も提供する。当該ライプラリ装置は、磁気記録媒体10の長手方向に加わるテンションを調整可能な構成を有してお

50

り、上記で述べた記録再生装置 30 を複数備えるものであってもよい。

【0222】

3. 実施例

【0223】

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。

【0224】

本実施例において、ベースフィルム（ベース層）の平均厚み、磁性層の平均厚み、下地層の平均厚み、バック層の平均厚み、磁気テープ（磁気記録媒体）の平均厚み、磁性粉の平均粒子体積、磁気的相互作用  $M$ 、垂直方向における角形比  $R_{s2}$ 、長手方向における角形比  $R_{s1}$ 、飽和磁化量  $M_s$ 、及び熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$ （測定温度は 25 ℃）は、上述の一実施形態にて説明した測定方法により求められたものである。

また、SNR は、以下のとおりに測定した。

（25 環境におけるSNR）

記録／再生ヘッドおよび記録／再生アンプを取り付けた 1 / 2 インチテープ走行装置（Mountain Engineering 社製 MTS Transport）を用いて、25 ℃ 環境における磁気テープの SNR（電磁変換特性）を測定した。記録ヘッドにはギャップ長 0.2 μm のリングヘッドを用い、再生ヘッドにはシールド間距離 0.1 μm の GMR ヘッドを用いた。相対速度は 6 m / s、記録クロック周波数は 160 MHz とした。

また、SNR は、下記の文献に記載の方法（スペクトラムアナライザを使用する測定方法）に基づき算出した。その結果を、実施例 4 の SNR を 1.0 dB とする相対値で以下表 1 に示した。

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

【0225】

[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、さらにサンドミル混合を行い、フィルター処理を行い、磁性層形成用塗料を調製した。

【0226】

（第 1 組成物）

磁性粉（M型構造を有する六方晶フェライト、組成：Ba-Ferrite、平均粒子体積：1600 nm<sup>3</sup>）：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%）：60 質量部

（重合度 300、Mn = 10000、極性基として OSO<sub>3</sub>K = 0.07 mmol / g、2 級 OH = 0.3 mmol / g を含有する。）

酸化アルミニウム粉末：5 質量部

（-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、平均粒径 0.2 μm）

カーボンブラック：2 質量部

（東海カーボン社製、商品名：シースト TA）

【0227】

（第 2 組成物）

塩化ビニル系樹脂：1.1 質量部

（樹脂溶液：樹脂分 30 質量%、シクロヘキサノン 70 質量%）

n-ブチルステアレート：2 質量部

メチルエチルケトン：121.3 質量部

トルエン：121.3 質量部

シクロヘキサノン：60.7 質量部

10

20

30

40

50

## 【0228】

最後に、上述のようにして調製した磁性層形成用塗料に、硬化剤として、ポリイソシアネート（商品名：コロネートL、日本ポリウレタン社製）：2質量部と、ミリスチン酸：2質量部とを添加した。

## 【0229】

## (下地層形成用塗料の調製工程)

下地層形成用塗料を以下のようにして調製した。まず、下記配合の第3組成物をエクストルーダで混練した。次に、ディスパーを備えた攪拌タンクに、混練した第3組成物と、下記配合の第4組成物を加えて予備混合を行った。続いて、さらにサンドミル混合を行い、フィルター処理を行い、下地層形成用塗料を調製した。

10

## 【0230】

## (第3組成物)

針状酸化鉄粉末：100質量部

(-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、平均長軸長0.15μm)

塩化ビニル系樹脂：55.6質量部

(樹脂溶液：樹脂分30質量%、シクロヘキサン70質量%)

カーボンブラック：10質量部

(平均粒径20nm)

## 【0231】

## (第4組成物)

20

ポリウレタン系樹脂UR8200（東洋紡績製）：18.5質量部

n-ブチルステアレート：2質量部

メチルエチルケトン：108.2質量部

トルエン：108.2質量部

シクロヘキサン：18.5質量部

## 【0232】

最後に、上述のようにして調製した下地層形成用塗料に、硬化剤として、ポリイソシアネート（商品名：コロネートL、東ソー株式会社製）：2質量部と、ミリスチン酸：2質量部とを添加した。

## 【0233】

30

## (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

シクロヘキサン：100質量部

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）：10質量部

40

## 【0234】

## (成膜工程)

上述のようにして作製した塗料を用いて、磁気テープを以下に説明するとおりにして作製した。

## 【0235】

まず、磁気テープのベース層となる支持体として、長尺状を有する、平均厚み4.0μmのPENフィルム（ベースフィルム）を準備した。次に、PENフィルムの一方の主面上に下地層形成用塗料を塗布し、乾燥させることにより、PENフィルムの一方の主面上に、最終製品にしたときの平均厚みが1.1μmとなるように下地層を形成した。次に、下地層上に磁性層形成用塗料を塗布し、乾燥させることにより、下地層上に最終製品にし

50

たときの平均厚みが 8.0 nm となるように磁性層を形成した。

【0236】

続いて、下地層及び磁性層が形成された P E N 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、最終製品にしたときの平均厚みが 0.4  $\mu$ m となるようにバック層を形成した。そして、下地層、磁性層、およびバック層が形成された P E N フィルムに対して硬化処理を行った。その後、カレンダー処理を行い、磁性層表面を平滑化した。

【0237】

(裁断の工程)

上述のようにして得られた磁気テープを 1/2 インチ (12.65 mm) 幅に裁断した。これにより、長尺状を有する、平均厚み 5.6  $\mu$ m の磁気テープが得られた。得られた磁気テープは、表 1 に示されるとおりのベースフィルム (ベース層) の平均厚み、磁性層の平均厚み、下地層の平均厚み、バック層の平均厚み、磁気テープ (磁気記録媒体) の平均厚み、磁性粉の平均粒子体積、磁気的相互作用 M、垂直方向における角形比 R<sub>s2</sub>、長手方向における角形比 R<sub>s1</sub>、飽和磁化量 M<sub>s</sub>、熱安定性 K<sub>u</sub>V<sub>act</sub> / k<sub>B</sub>T (測定温度は 25 ) 及び SNR を有した。

【0238】

[実施例 2]

実施例 1 とは、磁性粉の平均粒子体積を 1450 nm<sup>3</sup> へとさらに微粒子化し、磁性層形成用塗料の調製における分散時間を延長した点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【0239】

[実施例 3]

実施例 1 とは、磁性粉の平均粒子体積を 1450 nm<sup>3</sup> へとさらに微粒子化した点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【0240】

[実施例 4]

実施例 1 とは、磁性層形成用塗料の調製における分散時間を短縮した点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【0241】

[実施例 5]

磁性層形成用塗料の乾燥の際に、ソレノイドコイルにより、磁性粉を P E N フィルムの厚み方向に磁場配向させた。具体的には、ソレノイドコイルにより、磁性粉を P E N フィルムの走行方向 (長手方向) に一旦磁場配向させたのちに、P E N フィルムの厚み方向に磁場配向 (垂直配向) させた点で実施例 1 とは相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【0242】

[実施例 6]

実施例 1 とは、最終製品にした時の磁性層の平均厚みが 9.0 nm となるようにした点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【0243】

[実施例 7]

実施例 1 とは、磁性層形成用塗料の乾燥の際に、磁性粉を P E N フィルムの厚み方向に磁場配向させ、磁性層形成用塗料の調製における分散時間を短縮した点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの

10

20

30

40

50

構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【 0 2 4 4 】

【 実施例 8 】

実施例 1 とは、磁性粉の平均粒子体積を  $2300 \text{ nm}^3$  へと大きくし、磁性層形成用塗料の乾燥の際に、磁性粉を P E N フィルムの厚み方向に磁場配向させ、磁性層形成用塗料の調製における分散時間を延長し、また分散性を向上させた点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【 0 2 4 5 】

【 実施例 9 】

10

実施例 1 とは、磁性粉の平均粒子体積を  $2300 \text{ nm}^3$  へと大きくし、磁性層形成用塗料の乾燥の際に、磁性粉を P E N フィルムの厚み方向に磁場配向させ、また、分散性を向上させた点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【 0 2 4 6 】

【 比較例 1 】

実施例 1 とは、磁性粉の平均粒子体積を  $2500 \text{ nm}^3$  へと大きくした点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープの構成及び物性は、表 1 に示されるとおりの値を有した。

【 0 2 4 7 】

【 比較例 2 】

20

実施例 1 とは、磁性粉の平均粒子体積を  $1260 \text{ nm}^3$  へとさらに微粒子化し、最終製品にした時の磁性層の平均厚みが  $60 \text{ nm}$  となるようにした点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープは、表 1 に示されるとおりの構成及び物性を有した。

【 0 2 4 8 】

【 比較例 3 】

実施例 1 とは、磁性粉の平均粒子体積を  $1260 \text{ nm}^3$  へとさらに微粒子化した点で相違するが、その他の条件及び方法は、実施例 1 と同一にして磁気テープを得た。得られた磁気テープは、表 1 に示されるとおりの構成及び物性を有した。

30

【 0 2 4 9 】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	比較例1	比較例2	比較例3
磁気テープの全厚み(μm)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
ベース層の厚み(μm)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
ベース層の材料	PEN											
磁性層の厚み(μm)	80	80	80	80	90	80	80	80	80	80	80	80
下地層の厚み(μm)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
バック層の厚み(μm)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
磁性粉体積(μm <sup>3</sup> )	1600	1450	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1260	1260	1260
垂直配向	無	無	無	無	有	有	有	有	無	無	無	無
飽和磁化量Ms(長手)(emu)	2.38E-03	3.57E-03	3.34E-03	2.95E-03	3.42E-03	3.21E-03	3.07E-03	3.28E-03	3.21E-03	2.92E-03	2.87E-03	3.24E-03
垂直方向角形比Rs2(%)	55	54	55	54	65	55	62	63	68	57	56	55
長手方向角形比Rs1(%)	40	39	38	42	33	41	34	32	36	43	38	37
熱安定性KuV(KbT)(-)	63	65	65	65	77	64	81	84	89	73	62	62
電磁変換特性SNR(dB)	0.8	0.6	0.9	1.0	1.2	1.05	1.02	0.4	0.3	0.2	0.7	0.69
△M(-)	-0.22	-0.224	-0.225	-0.225	-0.244	-0.261	-0.283	-0.299	-0.362	-0.217	-0.197	-0.179

## 【0250】

表1から、以下のことが分かる。

## 【0251】

実施例1～9の磁気テープはいずれも、磁性粉の平均粒子体積が2300 nm<sup>3</sup>以下で

あり、磁気的相互作用  $M$  が、 $-0.362 M - 0.22$  の関係を満たしていた。そのため、実施例 1 ~ 9 の磁気テープはいずれも、熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  が 63 以上を示し、良好なものであった。また、実施例 1 ~ 9 の磁気テープはいずれも、SNR が 0.3 dB 以上を示し、電磁変換特性が良好なものであった。これらの結果より、本技術の磁気記録媒体は、熱安定性及び電磁変換特性のいずれも良好なものであることが分かる。

実施例 1 ~ 7 は、実施例 8 及び実施例 9 と比べて、電磁変換特性がさらに良好なものとなっていた。実施例 1 ~ 7 においては、磁性粉の平均粒子体積が  $2000 \text{ nm}^3$  よりも小さいのに対し、実施例 8、9 はいずれも磁性粉の平均粒子体積が  $2300 \text{ nm}^3$  と大きく、磁性粉の平均粒子体積を小さくすることにより電磁変換特性が向上することが分かる。 10

#### 【0252】

磁性粉の平均粒子体積が  $2300 \text{ nm}^3$  以下であり、磁気的相互作用  $M$  が、 $-0.362 M - 0.22$  の関係を満たさない比較例 1 ~ 3 は、熱安定性又は電磁変換特性のいずれかが劣ったものとなることが分かる。

#### 【0253】

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。

#### 【0254】

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、記載された値等に限定されない。 20

#### 【0255】

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。

#### 【0256】

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。 30

#### 【0257】

なお、本技術は、以下のような構成をとることもできる。

##### 〔1〕

ベース層と、

前記ベース層上に設けられており且つ磁性粉を含む磁性層と、

を有する層構造を有する磁気記録媒体であり、

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.4 \mu\text{m}$  以下であり、

前記磁性粉の平均粒子体積が  $2300 \text{ nm}^3$  以下であり、 40

前記磁性層の下記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 $-0.362 M - 0.22$  である、磁気記録媒体。

$$M = \{ I_d(H) + 2 I_r(H) - I_r(0) \} / I_r(0) \quad \dots \quad (1)$$

[式(1)中、 $I_d(H)$  は直流消磁して測定される残留磁化であり、 $I_r(H)$  は交流消磁して測定される残留磁化であり、 $I_r(0)$  は印加磁界を  $6 \text{ kOe}$  として測定される残留磁化である。]

##### 〔2〕

前記磁性粉が垂直配向させられた、〔1〕に記載の磁気記録媒体。

##### 〔3〕

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 $-0.35 M$  50

である、〔1〕又は〔2〕に記載の磁気記録媒体。

〔4〕

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、-0.3 M である、〔1〕～〔3〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔5〕

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1600 \text{ nm}^3$  以下である、〔1〕～〔4〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔6〕

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.3 \mu\text{m}$  以下である、〔1〕～〔5〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

10

〔7〕

前記磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.2 \mu\text{m}$  以下である、〔1〕～〔5〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔8〕

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.8 \mu\text{m}$  以下である、〔1〕～〔7〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔9〕

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.4 \mu\text{m}$  以下である、〔1〕～〔7〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔10〕

20

前記ベース層が P E T (ポリエチレンテレフタレート) 又は P E N (ポリエチレンナフタレート) から形成されている、〔1〕～〔9〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔11〕

前記記録媒体の長手方向における飽和磁化量  $M_s$  が以下の関係を満たしている、〔1〕～〔10〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

$$3.0 \times 10^{-3} \text{ emu} \quad M_s$$

〔12〕

前記磁性層の平均厚みが  $80 \text{ nm}$  以下である、〔1〕～〔11〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔13〕

30

前記磁性層の平均厚みが  $70 \text{ nm}$  以下である、〔1〕～〔11〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔14〕

前記磁性層の平均厚みが  $60 \text{ nm}$  以下である、〔1〕～〔11〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔15〕

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $65\%$  以上である、〔1〕～〔14〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔16〕

40

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $67\%$  以上である、〔1〕～〔14〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔17〕

前記磁気記録媒体の垂直方向における角形比が  $70\%$  以上である、〔1〕～〔14〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔18〕

前記磁性層、下地層、及びベース層をこの順に有する層構造を有する、〔1〕～〔17〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔19〕

(前記磁性層の平均厚み + 前記下地層の平均厚み) / (前記ベース層の平均厚み) の比が  $0.16$  以上である、〔18〕に記載の磁気記録媒体。

50

〔20〕

前記磁性層、下地層、ベース層、及びバック層をこの順に有する層構造を有する、〔1〕～〔19〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔21〕

(前記磁性層の平均厚み + 前記下地層の平均厚み + 前記バック層の平均厚み) / (磁気記録媒体の平均厚み) の比が 0.19 以上である、〔20〕に記載の磁気記録媒体。

〔22〕

前記磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  が 63 以上である、〔1〕～〔21〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔23〕

前記磁気記録媒体の S N R が 0.3 d B 以上である、〔1〕～〔22〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔24〕

前記磁性粉が六方晶フェライトを含む、〔1〕～〔23〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔25〕

〔1〕～〔24〕のいずれか一つに記載のテープ状の磁気記録媒体と、記録再生装置と通信を行う通信部と、記憶部と、

通信部を介して記録再生装置から受信した情報を記憶部に記憶し、かつ、記録再生装置の要求に応じて、記憶部から情報を読み出し、通信部を介して記録再生装置に送信する制御部と、を備え、

前記情報は、磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を含むテープカートリッジ。

〔26〕

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1500 \text{ nm}^3$  以下である、〔1〕～〔24〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔27〕

前記磁性粉の平均粒子体積が  $1400 \text{ nm}^3$  以下である、〔1〕～〔24〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔28〕

前記ベース層の平均厚み  $t_B$  が  $4.2 \mu\text{m}$  以下である、〔1〕～〔24〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔29〕

前記磁性層の平均厚みが  $50 \text{ nm}$  以下である、〔1〕～〔24〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

〔30〕

〔1〕～〔24〕のいずれか一つに記載された前記磁気記録媒体を備えるカートリッジ。

〔31〕

前記磁気記録媒体の長手方向にかかるテンションを調整するための調整情報を書き込む領域を有する記憶部をさらに備える〔30〕に記載のカートリッジ。

〔32〕

前記磁性層の上記式(1)により算出される磁気的相互作用  $M$  が、 $M = 0.27$  である、〔1〕～〔24〕のいずれか一つに記載の磁気記録媒体。

【符号の説明】

【0258】

10 磁気記録媒体

11 ベース層(ベース層)

12 下地層

10

20

30

40

50

1 3 磁性層  
1 4 バック層

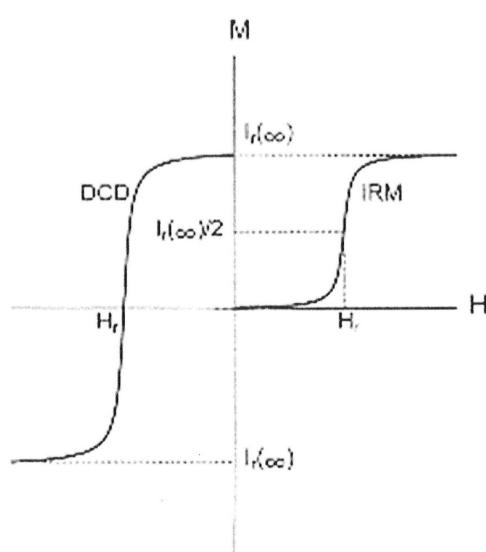
【要約】 (修正有)

【課題】 優れた熱安定性及び電磁変換特性を有する磁気記録媒体を提供する。

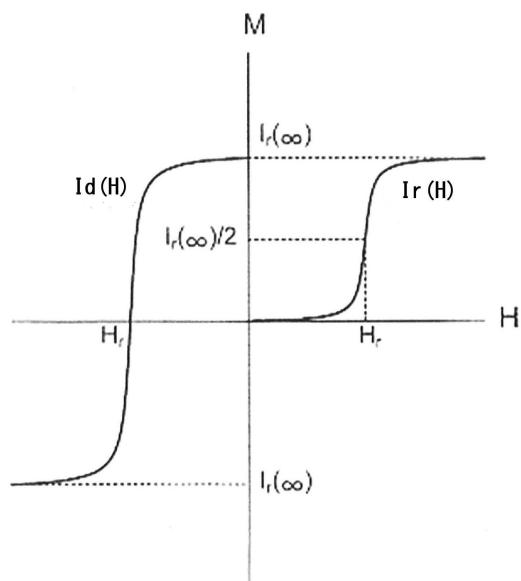
【解決手段】 磁性粉を含む磁性層 1 3 と、下地層 1 2 、ベース層 1 1 及びバック層 1 4 をこの順に有する層構造を有する磁気記録媒体 1 0 であって、磁気記録媒体の平均厚み  $t_T$  が  $5.6 \mu m$  以下であり、(磁性層の平均厚み + 下地層の平均厚み + バック層の平均厚み) / (磁気記録媒体の平均厚み) の比が 0.19 以上であり、ベース層が、ポリエスチル類を含み、磁気記録媒体の熱安定性  $K_u V_{act} / k_B T$  が 6.3 以上であり、磁性粉の平均粒子体積が  $500 nm^3$  以上  $2300 nm^3$  以下であり、磁気的相互作用  $M$  が特別な値を有する。

【選択図】 図 7

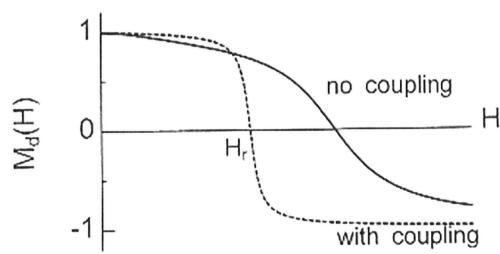
【図 1】



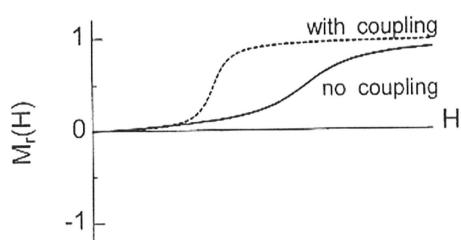
【図 2】



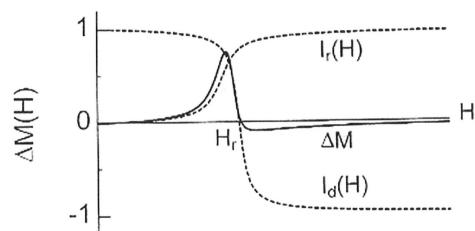
【図3】



【図4】

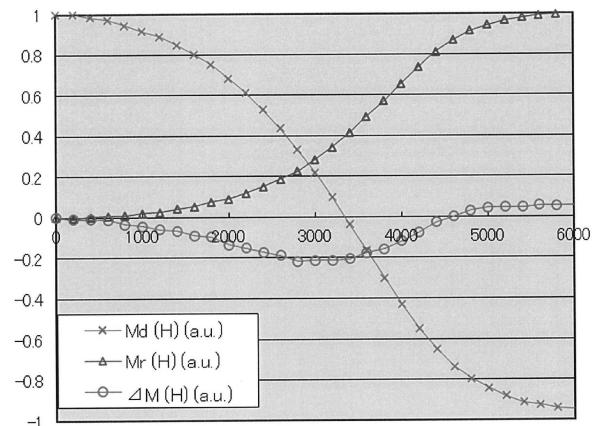


【図5】

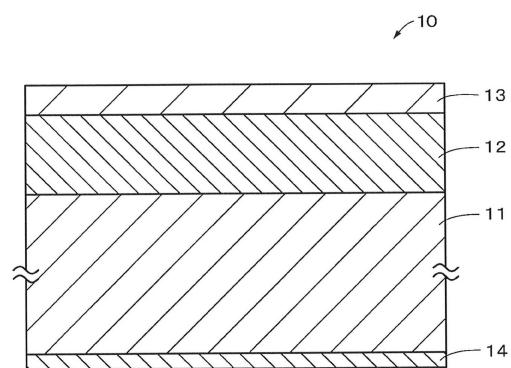


【図6】

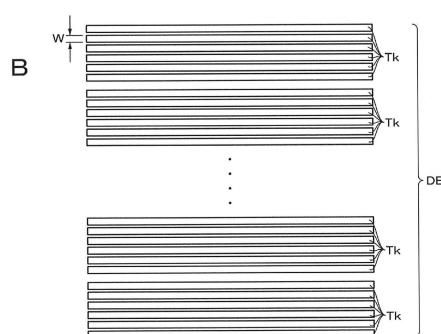
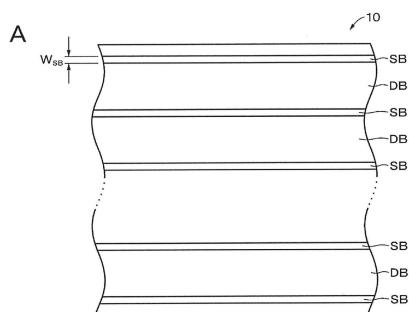
【図6】



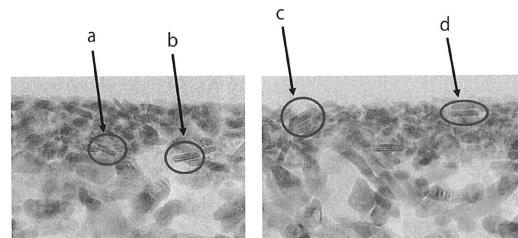
【図7】



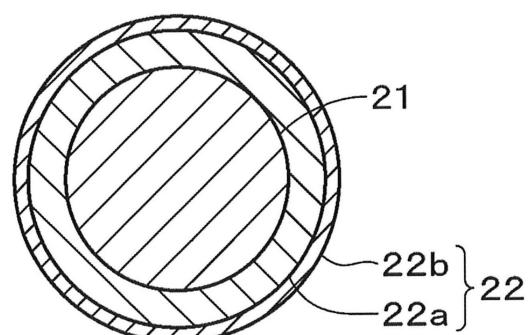
【図8】



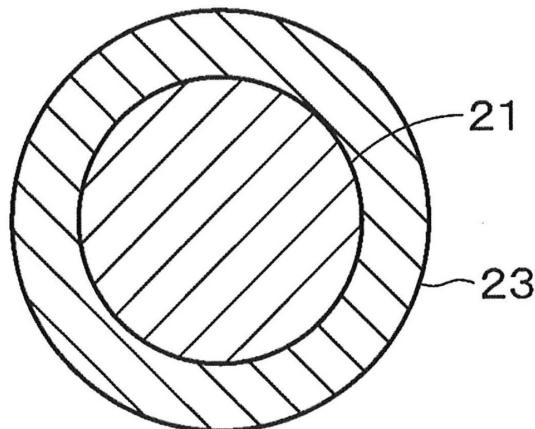
【図9】



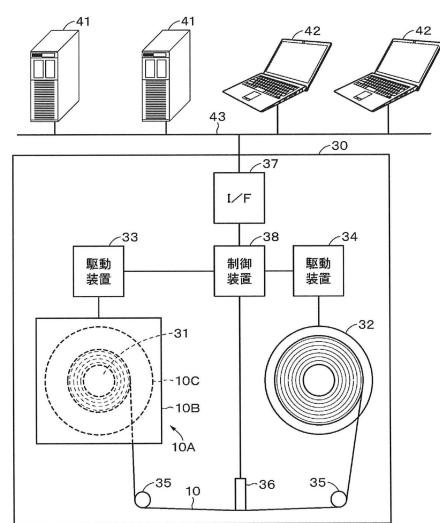
【図10】



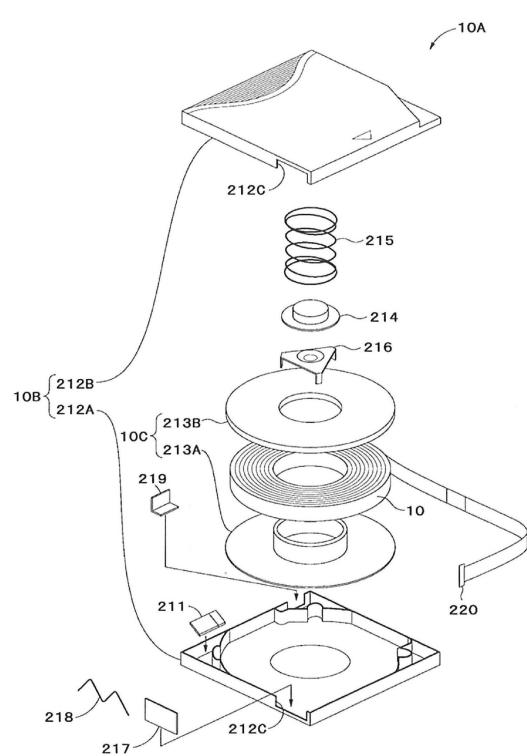
【図11】



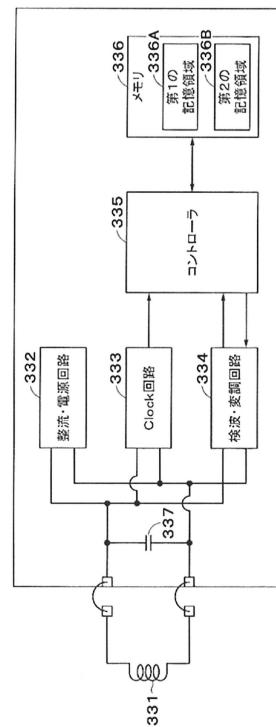
【図12】



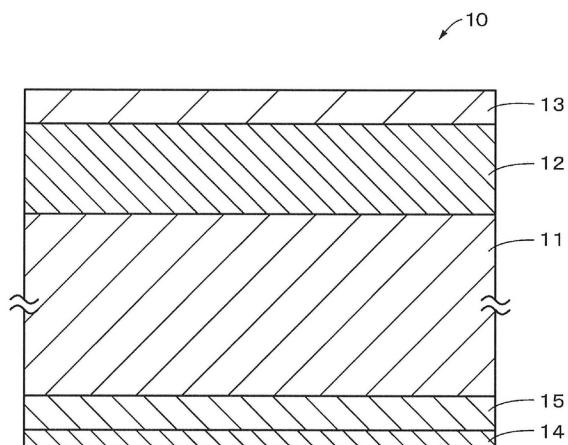
【図13】



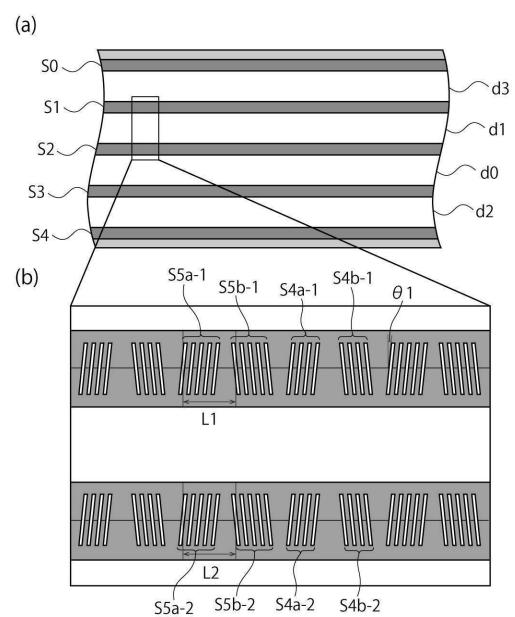
【図14】



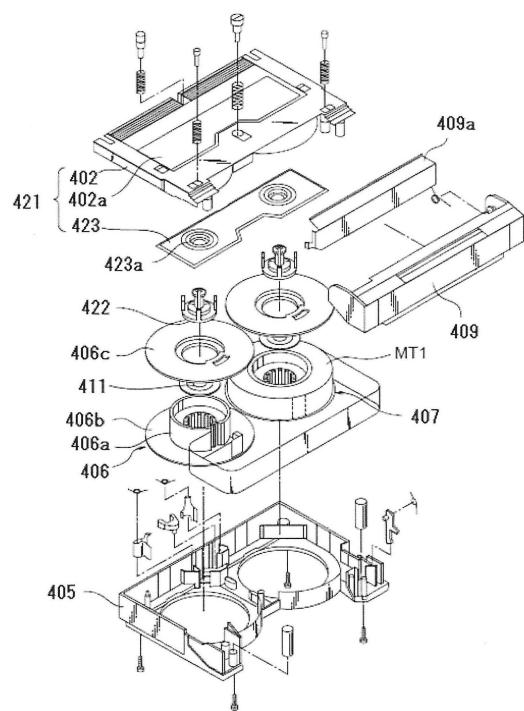
【図15】



【図16】



【図17】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
G 11 B 5/738 (2006.01)	G 11 B 5/738
G 11 B 5/78 (2006.01)	G 11 B 5/78
G 11 B 15/43 (2006.01)	G 11 B 15/43
G 11 B 23/30 (2006.01)	G 11 B 23/30

(72)発明者 山鹿 実

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

審査官 中野 和彦

(56)参考文献 特開2012-203955 (JP, A)

特開平07-044858 (JP, A)

特許第6610824 (JP, B1)

特許第6819836 (JP, B1)

特開2002-342913 (JP, A)

特開2002-251710 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 11 B 5 / 7 0  
G 11 B 5 / 7 0 6  
G 11 B 5 / 7 1 4  
G 11 B 5 / 7 3  
G 11 B 5 / 7 3 5  
G 11 B 5 / 7 3 8  
G 11 B 5 / 7 8  
G 11 B 15 / 4 3  
G 11 B 23 / 3 0