

明 細 書

発明の名称： 情報記録媒体用ディスク

技術分野

[0001] 本発明は、情報記録媒体用ディスクに関する。

背景技術

[0002] 近年のクラウドコンピューティングの隆盛に伴って、クラウド向けのデータセンターでは記憶容量の大容量化のために多くのハードディスクドライブ（HDD）が用いられている。HDDには、記憶媒体として、円環形状の基板に磁性層を設けた情報記録媒体用ディスク（以降、磁気ディスクともいう）が用いられる。HDDの記憶容量を増やすためには、磁気ディスクを薄くして、磁気ディスクの搭載枚数を増やすことに加え、磁気ディスクの磁性層の記録密度を高めることが好ましい。

[0003] 磁性層の記録密度を高くするため、トラック幅方向の記録密度を上げる記録方式として、シングル磁気記録（SMR）が知られている。シングル磁気記録（SMR）では、データを記録する際に、瓦を葺くように、前に記録したトラックの一部に重ねて記録していくことでトラック幅を狭くし、記録密度を高める。また、磁性粒子を高密度化することで記録密度を高めた記録方式として、熱アシスト磁気記録方式（HAMR）やマイクロ波アシスト磁気記録方式（MAMR）に代表されるエネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）が知られている。エネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）では、ビットサイズを小さくするために磁性粒子を小さくし、データを記録する際に、磁性粒子にエネルギーを付加して保磁力を下げることで磁化反転を補助し、記録密度を高める。磁性粒子が小さいことにより、エネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）でもトラック幅は狭くなる。なお、シングル磁気記録（SMR）とエネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）を併用することが可能である。

[0004] HDD内では、磁気ディスクが高速回転することに起因して、磁気ディス

クの周りの環境温度は変化する（特許文献1参照）。環境温度が高くなると、磁気ディスクは熱膨張し、これに追従してトラックが外周側に広がるため、データの書き込みや読み取りの際に、磁気ヘッドがトラックに対し許容範囲を超えて径方向にずれて位置決めされ、エラーが発生しやすくなる。シングル磁気記録（SMR）やエネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）では、トラック幅が狭く、その分、トラックに対する磁気ヘッドの許容されるずれ量（オフトラック許容量）が小さいため、書き込み又は読み取りのエラー（R/Wエラー）は発生しやすい。また一方で、記録容量を増加させる観点から、幅の狭くなったトラックに対する磁気ヘッドのサーボ情報による位置決め精度が高くなった場合も、温度変化による磁気ディスクの形状変化が許容できないものとなるおそれがある。そのため、温度変化に伴う磁気ディスクの熱膨張はできる限り小さいことが好ましく、磁気ディスクの品質を保証する観点から、広い温度領域で熱膨張率が小さいことが求められている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2008-4139号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、磁気ディスクの熱膨張率が所定の範囲内にある場合であっても、磁気ディスクの周方向位置によっては熱膨張率の大きさが異なる場合があることがわかってきた。周方向に熱膨張率のばらつきがあると、磁気ディスクが熱膨張したときに、真円形状のトラックが歪み、他のトラックにデータを書き込んでしまう、あるいは、1つのトラックから連続してデータを読み取れない現象が発生しうる。磁気ディスクの熱膨張量は、外周側の部分であるほど大きく、トラックの形状の歪みも大きくなるため、このような現象は磁気ディスクの外周部で顕著に発生し得る。特に、シングル磁気記録（SMR）および／またはエネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）によりデー

タの記録が行われる磁気ディスクではトラック幅が狭いため、トラックの形状の歪みが僅かであっても、このような現象の発生により、R/Wエラーの発生頻度が増す。さらに、ディスクの搭載枚数を増やすために、ディスクの板厚を薄くした結果、フラッタリングが発生しやすくなると、トラックの形状の歪みが僅かであっても、R/Wエラーの発生頻度はさらに増すことが予想される。

[0007] そこで、本発明は、情報記録媒体用ディスクに対する情報の書き込み又は読み取りのエラーの発生を抑えることができる薄型の情報記録媒体用ディスクを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示は、以下の態様を包含する。

態様 1

板厚が0.51mm以下の情報記録媒体用ディスクであって、
一方の主表面および他方の主表面を有し、さらに両主表面をつなぐ側壁面を有する基板および記録層を備え、

−30℃〜70℃の温度範囲において5℃温度上昇させたときの前記ディスクの径方向の熱膨張量であって、前記ディスクの直径を95mmとして計算される熱膨張量の前記ディスクの周方向にわたる変化量は0.3μm以下であり、

−30℃〜70℃における前記ディスクの熱膨張率に対する前記熱膨張量の変化量の比は $1.1 \times 10^4 \mu\text{m} \cdot \text{K}$ 以下である、ことを特徴とする情報記録媒体用ディスク。

[0009] 態様 2

板厚が0.51mm以下の情報記録媒体用ディスクであって、
一方の主表面および他方の主表面を有し、さらに両主表面をつなぐ側壁面を有する基板および記録層を備え、

−30℃〜70℃の温度範囲において5℃温度上昇させたときの前記ディスクの径方向の熱膨張量であって、前記ディスクの直径を95mmとして計

算される熱膨張量の前記ディスクの周方向にわたる変化量は $0.3\ \mu\text{m}$ 以下であり、

− $30^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ における前記ディスクの熱膨張率 $\text{CTE} [\times 10^{-6}/\text{K}]$ 、前記熱膨張量の変化量 $\text{VTE} [\mu\text{m}]$ 、及び、前記ディスクのヤング率 $E [\text{GPa}]$ と密度 $d [\text{g}/\text{cm}^3]$ との比 $E/d [\times 10^6\text{m}^2/\text{s}^2]$ を用いて表される $\text{VTE} \times (E/d) / \text{CTE}$ は $3.0 \times 10^5 [\text{m}^3 \cdot \text{K}/\text{s}^2]$ 以下である、ことを特徴とする情報記録媒体用ディスク。

[0010] 態様 3

− $30^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ における前記ディスクの熱膨張率 $\text{CTE} [\times 10^{-6}/\text{K}]$ 、前記熱膨張量の変化量 $\text{VTE} [\mu\text{m}]$ 、及び、前記ディスクのヤング率 $E [\text{GPa}]$ と密度 $d [\text{g}/\text{cm}^3]$ との比 $E/d [\times 10^6\text{m}^2/\text{s}^2]$ を用いて表される $\text{VTE} \times (E/d) / \text{CTE}$ は $2.6 \times 10^5 [\text{m}^3 \cdot \text{K}/\text{s}^2]$ 以下である、請求項 1 に記載情報記録媒体用ディスク。

態様 4

前記記録層は、前記基板の少なくとも主表面上に、周状の記録領域が形成された磁性層を有し、

前記記録領域のうち、記録された情報を読み取るためのトラック幅は $60\ \text{nm}$ 以下であり、前記熱膨張量の変化量が前記トラック幅よりも小さい、態様 1 又は 2 に記載情報記録媒体用ディスク。

[0011] 態様 5

シングル磁気記録により前記磁性層に情報が読み書きされるハードディスクドライブに用いられる、態様 4 に記載情報記録媒体用ディスク。

[0012] 態様 6

エネルギーアシスト磁気記録方式により前記磁性層に情報が記録される、態様 4 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[0013] 態様 7

前記熱膨張量の変化量は $0.040\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記基板は、酸化物基準のモル百分率表示で、 SiO_2 を $55\sim 80\%$ 、A

I_2O_3 を5～25%、 B_2O_3 を0～8%含有し、

MgO 、 CaO 、 SrO および BaO のうち少なくとも1種を含有し、その含有量の合計が10～25%であり、

Li_2O 、 Na_2O および K_2O のうち少なくとも1種を含有し、その含有量の合計が0.001～5.0%であるガラスからなる、態様1又は2に記載の情報記録媒体用ディスク。

[0014] 態様8

前記熱膨張量の変化量は0.20 μm 以下であり、

前記基板は、

アルミニウム合金からなる基板本体と、

前記基板本体の表面に設けられたニッケル合金の膜と、を有し、

前記アルミニウム合金は、

Fe 、 Mn 、 Ni のうち少なくとも1種を含有し、その含有量の合計が3.0～8.0質量%であり、または、 Si を3.0質量%を超えて含有し、

残部が Al 及び不可避免的不純物からなる、態様1又は2に記載の情報記録媒体用ディスク。

[0015] 態様9

前記基板本体の断面において、前記基板本体中に析出した Al 以外の金属を含む粒子の最長径は5 μm 以下である、態様8に記載の情報記録媒体用ディスク。

態様10

前記基板本体の断面において、前記粒子のうち最長径が0.1～3 μm の粒子の個数密度が50個/ mm^2 以上である、態様9に記載の情報記録媒体用ディスク。

態様11

前記膜の厚さは7.5 μm 以下である、態様8に記載の情報記録媒体用ディスク。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]一実施形態である情報記録媒体用ディスクの外観形状を表す図である。

[図2]磁気ディスクの熱膨張量の変化量の測定要領を説明する図である。

[図3]磁気ディスクの基板に析出した粗大粒子を説明する模式断面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、実施形態の情報記録媒体用ディスクについて詳細に説明する。

[0018] 以降の説明では、情報記録媒体用ディスクとして、基板の主表面に形成した磁性膜に情報の記録を行う磁気ディスクを例に説明する。

図1に、実施形態の磁気ディスク1の外観形状を示す。本実施形態は、下記説明する第1実施形態及び第2実施形態を包含する。

[0019] (第1実施形態)

磁気ディスク1の板厚は0.51mm以下である。磁気ディスク1の板厚が0.51mm以下であることで、磁気ディスク1のHDDへの搭載枚数を増やすことができ、HDDの記憶容量を増やすことができる。磁気ディスク1の板厚は、好ましくは0.50mm以下、0.48mm以下、0.46mm以下、0.45mm以下、0.43mm以下、0.42mm以下、0.40mm以下、0.38mm以下、0.35mm以下、0.32mm以下、0.30mm以下、0.28mm以下、0.25mm以下、0.22mm以下、0.20mm以下、0.18mm以下である。磁気ディスク1の板厚の下限値は、特に制限されないが、例えば0.15mmである。なお、磁気ディスク1の磁性膜の膜厚は100nm以下程度の極めて薄い厚さであるため、磁気ディスク1の板厚において磁性膜の膜厚は無視することができる。

[0020] 磁気ディスク1は、基板3と、磁性膜（不図示）と、を備えている。基板3は、内孔1aが設けられた円環状の板材である。基板3は、一方の主表面3aおよび他方の主表面3bを有し、さらに両主表面3a、3bをつなぐ側壁面3c、3dを有する。主表面3a、3bは、互いに平行な一对の面である。側壁面3cは、基板3の外周端部にあり、側壁面3dは、基板3の内周端部にある。

[0021] −30℃〜70℃の温度範囲において5℃温度上昇させたときの磁気ディ

スク1の径方向の熱膨張量であって、磁気ディスク1の直径を95mmとして計算される熱膨張量の磁気ディスク1の周方向にわたる変化量（ばらつきの大きさ。以降、熱膨張量の変化量VTEともいう）は0.3μm以下である。稼働中のHDD内の温度は、磁気ディスク1が高速回転すること起因して、-30℃～70℃の温度範囲のうちの5℃程度の温度範囲（通常、55～60℃）の温度になる。この温度域での熱膨張量の周方向における変化量VTEが0.3μm以下に制限されていることにより、データの読み取りあるいは書き込みを行う際に、磁気ヘッドに搭載されたリーダあるいはライタが、目標とする磁気ディスク1のトラックに対し、径方向のずれ量の許容範囲（オフトラック許容量）内に位置決めされやすくなり、R/Wエラーの発生を抑制しやすくなる。

[0022] オフトラック許容量は、通常、目標とするトラックを中心として径方向の両側にトラック幅の10%以内の範囲に設定される。記録容量を増加させる観点から磁気ヘッドのサーボ情報による位置決めの精度を高くすることが求められており、高い位置決め精度を活用してトラック幅はさらに小さくなる傾向にある。磁気ヘッドのずれがオフトラック許容量を超えると、エラーとなり、HDDのコントローラによって、再度読み取り又は書き込みを試みる処理（リトライ）が繰り返し行われるおそれがある。リトライを繰り返してもエラーが解消されない場合、記録された情報を正しく読み取る、あるいは、情報を正しく書き込むというHDDの本来の機能は損なわれ、HDDの信頼性を確保できない。そのため、稼働中のHDDの温度範囲における磁気ディスクの熱膨張による径方向の伸び量は、できるだけ小さいことが好ましいが、磁気ディスク全体として熱膨張による径方向の伸び量が小さくても、伸び量が磁気ディスクの周方向にばらつき、熱膨張の異方性が存在していると、磁気ディスクが熱膨張したときに、真円形状のトラックの形状が歪み、1つのトラックから連続してデータを読み取れない、あるいは、他のトラックにデータを書き込んでしまう現象が発生しうる。このようなトラックの形状の歪みは、例えば、磁気ディスクの主表面の面内で互いに直交する二方向の

間で磁気ディスクの伸び量が異なることに起因して、トラックの形状が楕円形状となる形で現れる。磁気ディスクの熱膨張量は、径方向の伸び量が累積した形で表れる磁気ディスクの外周部において大きく、トラックの形状の歪みも大きくなるため、上記した現象は磁気ディスクの外周部で顕著に発生しうる。特に、記録密度の高密度化に伴いトラック幅が狭くなった磁気ディスクでは、オフトラック許容量は極めて狭く、数ナノメートルの範囲に達しているため、トラックの形状の歪みが僅かであっても、このような現象の発生により、R/Wエラーの発生頻度は増す。さらに、ディスクの搭載枚数を増やすために、ディスクの板厚を薄くした結果、フラッタリングが発生しやすくなると、トラックの形状の歪みが僅かであっても、R/Wエラーの発生頻度はさらに増すことが予想される。

[0023] 熱膨張量の変化量 $\Delta T E$ は、磁気ディスク 1 の中心の周りの周方向の複数の位置における熱膨張量の最大値と最小値の差として計算される。熱膨張量は周方向に等間隔に配置した 3 点以上の位置において測定される。磁気ディスクにおいては直径方向に熱膨張が生じ、基板の材料配向や残留応力の違い（分布）によって円周方向で熱膨張量にばらつきが生じる。この点で、熱膨張量を求める磁気ディスク 1 の周方向の複数の位置は、周方向に互いに等間隔あけて 3 点（120° 間隔）、好ましくは 6 点（60° 間隔）、さらに好ましくは 12 点（30° 間隔）の位置であり、これらの位置において測定された熱膨張係数（平均線膨張係数）の値を用いて計算される。図 2 に、磁気ディスク 1 の熱膨張量の変化量 $\Delta T E$ の測定要領を説明する図を示す。図 2 に示す測定要領では、磁気ディスク 1 の中心 O の周りに互いに 120 度間隔をあけた 3 つの周方向位置に位置する部分（試料 S）を測定対象とする。

[0024] 試料 S は、図示されるように、径方向に沿って短冊状に切り出されることが好ましい。磁気ディスク 1 上の試料 S の寸法は、特に制限されないが、例えば、径方向に 10～12 mm の長さで、5～6 mm の幅（径方向と直交する方向の長さ）で切り出される。周方向の各位置から切り出された試料 S をマイナス 30℃ から 70℃ の温度範囲において熱機械分析装置を用いて測定

することにより平均線膨張係数 α が求められる。

[0025] 測定対象となる各周方向位置における熱膨張量は、 $-30^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において磁気ディスクの温度が 5°C 上昇した際の熱膨張量であって、例えば 55°C から 60°C に磁気ディスクの温度を変化させた場合の膨張量であり、周方向の各位置において測定された各試料Sの平均線膨張係数 α を用いて、磁気ディスク1の直径を 95 mm として計算される。磁気ディスク1の熱膨張量を、磁気ディスク1の直径を 95 mm として計算することにより、直径の異なる磁気ディスクの間で熱膨張量の変化量 ΔL を比較し、熱膨張の異方性の程度を比べることができる。磁気ディスク1の直径を 95 mm と仮定して熱膨張量を計算する理由は、直径が 95 mm 以上の磁気ディスクは、磁性層を広い面積で設けることができ、HDDの記憶容量を増やせる点で広く用いられているためである。一方で、直径 95 mm 以上の磁気ディスクは、外周側の部分での磁気ディスク1の熱膨張量が大きく、熱膨張の異方性に起因したトラックの歪みも大きくなることから、磁気ディスク1の直径を 95 mm として計算した熱膨張量の変化量 ΔL を制限することは、稼働中のHDD内でのエラーの発生を抑える観点から有効である。

[0026] 磁気ディスク1の直径を 95 mm とした熱膨張量は、具体的に、下記の式に従って計算される。

$$\Delta L = \alpha (T_2 - T_1) L$$

(式中、 ΔL は熱膨張量 $[\text{mm}]$ 、 α は平均線膨張係数(以下、単に線膨張係数ともいう) $[\times 10^{-6}/\text{K}]$ を表し、 T_1 は 55°C 、 T_2 は 60°C 、 L は 95 mm である。)

線膨張係数 α は、 $-30\sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で測定して得られる線膨張曲線の $-30\sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度変化量に対する試料Sの熱膨張量の勾配で表される。線膨張曲線は、試料Sを毎分 5°C 以下の一定速度(例えば毎分 4°C)で加熱したときに得られる温度と試料Sの伸びの関係を示す曲線である。なお、線膨張係数を測定する際に、試料Sに対し、測定のための事前の熱処理を行わないことが好ましい。測定のための事前の熱処理を行うと、線膨張曲線

から得られる線膨張係数 α の、測定対象である周方向位置の間での差が小さくなり、熱膨張の異方性を正しく評価できなくなるためである。線膨張係数は、本明細書で説明した点を除いて、日本産業規格 J I S Z 2 2 8 5 : 2 0 0 3、あるいは、R 3 1 0 2 : 1 9 9 5 に従う。

[0027] 熱膨張量の変化量 VTE は、好ましくは、 $0.2 \mu m$ 以下である。

[0028] $-30^{\circ}C \sim 70^{\circ}C$ における磁気ディスク 1 の熱膨張率 CTE に対する熱膨張量の変化量 VTE の比（以降、比 VTE/CTE とも記載する）は $1.1 \times 10^4 \mu m \cdot K$ 以下である。本発明者の検討によれば、磁気ディスク 1 の熱膨張量の変化量 VTE の値が小さくても、その大きさが熱膨張率 CTE に対して大きいと、エラー抑制効果が不十分な場合があることがわかった。例えば、熱膨張率 CTE の小さい磁気ディスクは、トラック幅が狭く記録密度の高い磁気ディスクとして適しているが、記録密度の高い磁気ディスクは、磁気ヘッドの高い位置決め精度が要求されるため、熱膨張量の変化量 VTE が小さくてもエラー抑制効果が不十分となる場合がある。第 1 実施形態の磁気ディスク 1 によれば、 $-30^{\circ}C \sim 70^{\circ}C$ における比 VTE/CTE を上記範囲に制限することにより、十分なエラー抑制効果が得られる。なお、本明細書において、熱膨張率 CTE は、磁気ディスク 1 の複数の周方向位置それぞれについて $-30 \sim 70^{\circ}C$ の温度範囲で測定して得られた平均線膨張係数の平均値である。 $-30^{\circ}C$ から $70^{\circ}C$ の温度範囲の平均線膨張係数は、一般に、磁気ディスク 1 の品質を保証する指標とされている。平均線膨張係数は、上述の通り、所定の温度変化量に対する磁気ディスク 1 の長さの変化量の割合で示されるものであって、線膨張曲線における所定の温度範囲での平均の傾きを意味する。

[0029] なお、熱膨張量の変化量 VTE 及び熱膨張率 CTE に磁性膜が与える影響は無視できる程度であるため、熱膨張量の変化量 VTE 及び熱膨張率 CTE は、表面に磁性膜が形成されていない基板 3 を用いて求めることができる。

[0030] 比 VTE/CTE は、好ましくは、 $1.0 \times 10^4 \mu m \cdot K$ 以下、 $0.8 \times 10^4 \mu m \cdot K$ 以下である。

- [0031] 比 VTE/CTE の下限値は、特に制限されないが、例えば $0.1 \times 10^4 \mu m \cdot K$ である。
- [0032] $-30^\circ C \sim 70^\circ C$ における磁気ディスク 1 の熱膨張率 CTE は、好ましくは、 $0.5 \times 10^{-6}/K$ 以上、 $25 \times 10^{-6}/K$ 以下である。熱膨張率 CTE が上記範囲にある磁気ディスク 1 は、磁気ディスク 1 の熱膨張量を所定の範囲に収めることができるとともに、HDDの使用環境温度内における基板の膨張量を事前に予測できるので、HDDの磁気ヘッドが磁気ディスク 1 の目標とするトラックに位置決めされるように、サーボ情報を記録する際のトラックの幅等を設計することが可能となる。
- [0033] 磁気ディスク 1 は、上記したように、磁性膜を備える。磁性膜は、基板 3 の主表面上に、主表面に近いほうから順に積層された、例えば、付着層、下地層、磁性層（磁気記録層）、保護層、潤滑層を少なくとも備える。このうち、付着層、下地層、磁性層は、例えば、基板 3 を、真空引きを行った成膜装置内に導入し、DC (Direct Current) マグネトロンスパッタリング法にて Ar 雰囲気中で、基板 3 の主表面上に順次成膜される。付着層としては、例えば CrTi を用いることができ、下地層としては、例えば Ru や MgO を含む材料を用いることができる。なお、適宜、軟磁性層やヒートシンク層が追加されてもよい。磁性層の成膜後、例えば CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により C_2H_4 を用いて保護層を成膜し、同一チャンバ内で、表面に窒素を導入する窒化処理を行い、その後、例えば PFP E (ポリフルオロポリエーテル) をディップコート法により保護層上に塗布することにより、潤滑層を形成することができる。このようにして磁気ディスク 1 を作製することができる。磁性膜は、基板 3 の少なくとも主表面上に形成されていればよく、側壁面上に形成されていてもよい。
- [0034] 磁気ディスク 1 の記録密度をより一層高めるためには、磁性層は、磁気異方性エネルギーの高い磁性材料を含むことが好ましい。この点から好ましい磁性材料としては、Fe-Pt 系磁性材料または Co-Pt 系磁性材料を挙げることができる。「系」とは、その前に記載した元素を含有することを意

味する。このような磁性材料を含む磁気記録層およびその成膜方法については、WO 2011/019010 A1の段落0074および同公報の実施例の記載を参照できる。このような磁性層を有する磁気ディスク1は、エネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）により磁気記録を行うHDDに搭載される磁気ディスクとして好適である。エネルギーアシスト記録方式のうち、近接場光等の照射により磁化反転を補助する記録方式は熱アシスト磁気記録方式（HAMR）と呼ばれ、マイクロ波により補助する記録方式はマイクロ波アシスト磁気記録方式（MAMR）と呼ばれる。これらの詳細については、WO 2011/019010 A1の段落0075を参照できる。なお、磁性層を形成するための磁性材料として、従来のCoPtCr系材料を用いてもよい。

[0035] 以上説明した第1実施形態の磁気ディスク1によれば、磁気ディスク1に対する情報の書き込み又は読み取りのエラーの発生を抑えることができ、HDDの信頼性を確保することができる。

[0036] （第2実施形態）

第2実施形態の磁気ディスク1は、第1実施形態の磁気ディスク1において、比 VTE/CTE が上記範囲にあることに代えて、下記説明する $VTE \times (E/d)/CTE$ が所定の範囲にある磁気ディスクであり、この点を除いて、第1実施形態の磁気ディスク1と同様に構成される。

[0037] 第2実施形態の磁気ディスク1は、 $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ における磁気ディスク1の熱膨張率 CTE [$\times 10^{-6}/\text{K}$]、熱膨張量の変化量 VTE [μm]、及び、磁気ディスク1のヤング率 E [GPa]と密度 d [g/cm^3]との比 E/d [$\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}^2$]を用いて表される $VTE \times (E/d)/CTE$ は 3.0×10^5 [$\text{m}^3 \cdot \text{K}/\text{s}^2$]以下である。本発明者の検討によれば、磁気ディスク1の熱膨張量の変化量 VTE の値が小さくても、その大きさが比 $CTE/(E/d)$ に対して大きいと、エラー抑制効果が不十分な場合があることがわかった。第2実施形態の磁気ディスク1によれば、 $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ における $VTE \times (E/d)/CTE$ を上記範囲に制限することにより、十分

なエラー抑制効果が得られる。磁気ディスク1は、ハードディスクドライブ筐体内へのディスク搭載枚数を増やすため、ヤング率 E [GPa] および比弾性率 E/d [$\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}^2$] の大きい材料を用いることが好ましい。これにより、所定の温度において外部からの応力に対する磁気ディスク1の変形を小さくすることができる。しかしながら、ヤング率 E [GPa] が大きくなるほど温度変化により磁気ディスク1に生じる熱応力も大きくなる。つまり、温度変化に伴う形状変化が拘束されている場合や温度分布がある場合などに熱膨張が制限されることで、膨張に使われなかったエネルギーが熱応力として内部に発生することになる（圧縮応力又は引張応力）。磁気ディスク1は、ハードディスクドライブ筐体内に搭載された状態でスペーサを介してディスク内周側を拘束されて複数枚が積層される。さらに、磁気ディスク1の周方向における材料配向や内部応力の分布が生じていると、温度変化に伴う熱膨張の一部が拘束されて、熱応力として発生することとなる。熱応力は、ヤング率 E [GPa] および熱膨張率 CTE [$\times 10^{-6}/\text{K}$] に比例する値であるため、これらの値が熱膨張量の周方向のバラツキを助長する要因となる。このように、磁気ディスク1の薄板化に応じてヤング率 E [GPa] 及び比弾性率 E/d [$\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}^2$] の大きい材料を用いると、熱応力が大きくなり熱膨張量の周方向のばらつきが助長されることによって、エラーの発生頻度は高くなる。本発明者の検討によれば、 $(E/d)/CTE$ の範囲を調整し、熱膨張量の変化量 ΔT とのバランスをとることで十分なエラー抑制効果が得られることがわかった。なお、比 $CTE/(E/d)$ の大きさは、磁気ディスク1が高速回転したときのフラッタリングの起こり易さと相関性がある。第2実施形態によれば、熱膨張の異方性に起因したトラックの形状の歪みを抑制することによりエラー発生を抑える効果と、フラッタリングを抑制することによりエラー発生を抑える効果とをバランスさせることができると考えられる。

[0038] 磁気ディスク1のヤング率 E は、日本産業規格JIS R1602-1995に基づいて測定することができる。測定のための試験片は、磁気ディス

ク1から長さ50mm、幅10mm、厚さを磁気ディスク1の板厚と同じ厚さの直方体として切り出し、常温で測定することができる。磁気ディスク1のヤング率E及び密度dに、磁性膜が与える影響は無視できる程度であるため、基板3のヤング率E及び密度を磁気ディスク1のヤング率E及び密度dとすることができる。

[0039] $VTE \times (E/d) / CTE$ の上限値は、好ましくは、 $2.9 \times 10^5 [m^3 \cdot K / s^2]$ 、 $2.6 \times 10^5 [m^3 \cdot K / s^2]$ である。

[0040] $VTE \times (E/d) / CTE$ の下限値は、特に制限されないが、例えば $0.5 \times 10^5 m^3 \cdot K / s^2$ である。

[0041] 磁気ディスク1の E/d は、耐衝撃性の向上、さらには高速回転したときの磁気ディスク1のフラッタリング抑制のため、好ましくは $27 \times 10^6 m^2 / s^2$ 以上であり、より好ましくは $27.5 \times 10^6 m^2 / s^2$ 以上、 $30 \times 10^6 m^2 / s^2$ 以上、 $34 \times 10^6 m^2 / s^2$ 以上、 $35 \times 10^6 m^2 / s^2$ 以上である。比 E/d の下限値は、特に制限されないが、例えば $26.5 \times 10^6 m^2 / s^2$ である。さらに、比 E/d の上限値は、特に制限されないが、例えば $40 \times 10^6 m^2 / s^2$ である。

磁気ディスク1のヤング率Eは、比 E/d を高める観点から、74.0GPa以上であることが好ましく、75.0GPa以上、81.0GPa以上、85.0GPa以上、90.0GPa以上、96.0GPa以上であることがより好ましい。

一方、ヤング率Eが高くても、密度が高いと、磁気ディスク1自体の重みで振動が大きくなる場合がある。そのため、磁気ディスク1の密度dは、基板本体3e（図3参照）がアルミニウム合金からなる場合には $2.90 g / cm^3$ 以下 $2.65 g / cm^3$ 以上、さらに $2.80 g / cm^3$ 以下 $2.71 g / cm^3$ 以上であることが好ましく、基板3がガラスからなる場合には $2.65 g / cm^3$ 以下 $2.45 g / cm^3$ 以上、さらに $2.60 g / cm^3$ 以下 $2.50 g / cm^3$ 以上であることが好ましい。

[0042] 以上説明した第2実施形態の磁気ディスク1によれば、磁気ディスク1に

対する情報の書き込み又は読み取りのエラーの発生を抑えることができ、HDDの信頼性を確保することができる。

[0043] 第1及び第2実施形態の磁気ディスク1はそれぞれ、次のように追加的な構成を備えることが好ましい。

[0044] 磁気ディスク1の磁性層には、サーボトラックライタによりサーボ情報が書き込まれる際に、周状の複数の記録領域（トラック）が同心円状に形成される。磁気ディスク1は、トラックの幅（径方向の長さ）のうち、記録された情報が保持され磁気ヘッドによるデータの読み取りに用いられる領域の幅（以降、トラック幅という）が60nm以下、さらに50nm以下である場合に好適である。トラック幅の下限は、特に制限されないが、例えば5nm、好ましくは20nmである。磁性層を形成する磁性粒子は、垂直磁気記録方式（PMR）またはエネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）など、採用する記録方式に応じて粒径を小さくして基板上に形成することで磁性層の記録密度を高くすることが可能である。特に、エネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）では、ビットサイズを小さくするために磁性粒子を小さくし、データを記録する際に、磁性粒子にエネルギーを付加して保磁力を下げることで磁化反転を補助し、記録密度を高めることができるが、磁性粒子が小さいことにより、エネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）でもトラック幅は狭くなる。さらに磁性層の記録密度を高くする観点から、シングル磁気記録（SMR）を併用することが好ましい。シングル磁気記録（SMR）では、データを記録する際に、前に記録したトラックの一部に重ねて記録していくことでトラックピッチを狭くし、トラック密度（TPD）を高めることにより記録密度を高めることができる。本発明においてシングル磁気記録（SMR）におけるトラック幅は、トラックピッチを意味し、データが書き込みされたトラック幅のうち隣のトラックに上書きされていない、データ読み取りが可能な記録領域の径方向の長さである。シングル磁気記録（SMR）におけるトラック幅は、例えば55nm以下、好ましくは50nm以下、好ましくは45nm以下、さらに好ましくは40nm以下である。この

ようにトラック幅が狭いと、磁気ヘッドのオフトラック許容量も狭くなるので、上述したように、熱膨張の異方性に起因して磁気ディスクのトラックの形状の歪みが発生すると、歪みの大きさが僅かであっても、 R/W エラーの発生頻度が増す。しかし、磁気ディスク1によれば、熱膨張量の変化量 VTE が制限されている（好ましくは熱膨張量の変化量 VTE がトラック幅よりも小さい）ことに加え、比 VTE/CTE あるいは $VTE \times (E/d)/CTE$ がそれぞれ上記説明したように制限されているので、 R/W エラーの発生が抑制される。そのため、磁気ディスク1は、シングル磁気記録（SMR）により磁性層に情報が読み書きされるHDDに用いられる場合、あるいはエネルギーアシスト磁気記録方式（EAMR）により磁性層に情報が記録される場合に好適である。

[0045] 磁気ディスク1の基板3は、熱膨張量の変化量 VTE が $0.3 \mu m$ 以下であり、比 VTE/CTE が $1.1 \times 10^4 \mu m \cdot K$ 以下、あるいは、 $VTE \times (E/d)/CTE$ が $3.0 \times 10^5 m^3 \cdot K/s^2$ 以下となるような材料から構成されることが好ましい。

[0046] 基板3の好ましい材料として、酸化物基準のモル百分率表示で、
 SiO_2 を55～80%、 Al_2O_3 を5～25%、 B_2O_3 を0～8%含有し、
 MgO 、 CaO 、 SrO および BaO のうち少なくとも1種を含有し、その含有量の合計が10～25%であり、
 Li_2O 、 Na_2O および K_2O のうち少なくとも1種を含有し、その含有量の合計が0.001～5.0%であるガラスが挙げられる。このような組成のガラスは、基板3を容易に作製できることに加え、磁気ディスク1の耐熱性、剛性を高められる点で優れている。

[0047] 基板3が上記ガラスからなる磁気ディスク1において、熱膨張量の変化量 VTE は $0.040 \mu m$ 以下であり、 $0.040 \mu m$ 以下であることが好ましく、 $0.030 \mu m$ 以下、 $0.025 \mu m$ 以下であることがより好ましい。ガラスは熱膨張率 CTE が比較的低いので、比 VTE/CTE あるいは $VTE \times (E/d)/CTE$ を上記範囲に制限するためには、熱膨張量の変化

量 $\Delta T E$ が $0.040\mu m$ 以下であることが好ましい。これにより、 R/W エラーの発生を抑制する効果を高めることができる。熱膨張量の変化量 $\Delta T E$ が $0.040\mu m$ 以下である磁気ディスク1は、HDDの稼働中の熱膨張に伴うトラックの歪みが極めて小さいため、トラック幅の狭い磁気ディスクとして好適であり、シングル磁気記録(SMR)やエネルギーアシスト記録方式(EAMR)により磁気記録を行う磁気ディスクとして好適である。

[0048] なお、ダウンドロー法やフロート法のような、熔融ガラスを連続的に成形して長尺状のガラスシートを得る方法により作製されたガラス板材は、成形時の熔融ガラスの引出方向と、これと直交する幅方向との間で冷却速度が異なることに起因して残留応力のばらつきが生じ、熱膨張の異方性をもつことがある。そのため、基板3に用いられるガラス板材は、ダウンドロー法、フロート法等の長尺状のガラスシートを作製する際に冷却速度の管理を行い残留応力の発生を低減させたものであることが好ましく、さらには作製されたガラスシートは、アニール処理を行うことにより熱膨張量の変化量が所定の範囲となるように調整されたものであることが好ましい。

[0049] 基板3に用いられるガラスの好ましいガラス転移点(T_g)は、磁性層の熱処理を行う際の耐熱性を確保する観点から、好ましくは $700^{\circ}C$ 以上であり、より好ましくは $740^{\circ}C$ 以上、さらに好ましくは $770^{\circ}C$ 以上、 $782^{\circ}C$ 以上である。エネルギーアシスト磁気記録方式(EAMR)に最適とされるL1構造の磁性層を得るための熱処理の温度は、 $600^{\circ}C$ を超え、 $700^{\circ}C$ 以上に達する場合がある。このような高温で熱処理されることによって、磁性層の不規則構造は規則化される。

[0050] 一実施形態によれば、基板3は、アルミニウム合金からなる基板本体3e(図3参照)と、基板本体3eの表面に設けられたニッケル合金の膜3f(図3参照)と、を有する。基板本体3eの好ましい材料として、

Fe、Mn、Niのうち少なくとも1種を含有し、その含有量の合計が3.0~8.0質量%であり、または、Siを3.0質量%を超えて含有し、残部がAl及び不可避免的不純物からなるアルミニウム合金が挙げられる。

このような組成のアルミニウム合金は、磁気ディスク1の剛性を高められる点で優れている。

[0051] 基板本体3eが上記アルミニウム合金からなる磁気ディスク1において、熱膨張量の変化量は $0.20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.15\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。上記アルミニウム合金の熱膨張率CTEは比較的高いので、比 VTE/CTE あるいは $VTE \times (E/d)/CTE$ を上記範囲に制限するためには、熱膨張量の変化量VTEは $0.20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これにより、R/Wエラーの発生を抑制する効果を高めることができる。熱膨張量の変化量VTEが $0.20\mu\text{m}$ 以下である磁気ディスク1は、HDDの稼働中の熱膨張に伴うトラックの歪みが小さいため、従来型磁気記録方式(CMR)と呼ばれる垂直記録方式(PMR)により磁気記録を行う磁気ディスクとして好適である。

[0052] ニッケル合金の膜3fは、磁性層を形成するための平滑面をアルミニウム合金からなる基板本体3eの表面に形成するうえで必要であるとともに、基板3の剛性を補って磁気ディスク1の剛性を高めることに寄与する。一方で、ニッケル合金の膜の厚さを大きくすると内部歪が発生し、ディスクの周方向における熱膨張量のバラツキの原因となる。そのため、アルミニウム合金からなる基板本体3eの表面に形成される研磨後のニッケル合金の膜3fの厚さを $7.5\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい、さらに好ましくは $7.0\mu\text{m}$ 以下、 $6.0\mu\text{m}$ 以下、さらに $5.5\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。ニッケル合金の膜3fの厚さの下限は、特に制限されないが、例えば $0.05\mu\text{m}$ 、好ましくは $3.0\mu\text{m}$ である。ここで、ニッケル合金の膜3fの厚さは一方の主表面における厚さであって、外周の側壁面から 10mm 以上内側の位置で測定された値が用いられる。ニッケル合金には、ニッケルリン(NiP)合金が好ましく用いられる。ニッケルリン(NiP)合金の膜には、磁気ディスク製造時の加熱による磁化を防止するため、タングステンWを $10\sim 30$ 質量%の範囲で含有するNiWP系めっき、または、モリブデンMoを $0.1\sim 10$ 質量%の範囲で含有するNiPMo系めっきが好ましく用い

られる。

[0053] 上記アルミニウム合金には、上記した元素以外の不可避免の不純物となる元素が含まれていてもよい。これらの元素としては、Ti、B、Gaなどが挙げられ、その含有量は、各元素について0.10質量%以下、合計で0.30質量%以下であれば本発明の作用効果を損なわない。

[0054] 基板本体3eの好ましい他の材料として、Mgを0.5～8.0質量%含有するアルミニウム合金が挙げられる。

[0055] 基板本体3eの材料となるアルミニウム合金の板材は、アルミニウム合金の鋳塊を圧延して作製される。作製された圧延材は、コイル状に巻き取られた後、引き出される際に再度引き伸ばされ、所定の外径及び内径をもつ形状に打ち抜かれることで、円環形状の元材が作製される。圧延材には、圧延方向と、これと直交する横方向の伸びの差に起因して残留応力のばらつきが生じ、熱膨張の異方性をもつ可能性がある。そのため、アルミニウム合金の板材から作製された基板3の元材には、例えば、基板3の元材をスペーサを介して積層したうえ、連続加熱炉で420℃で30分の条件で熱処理を施すことで熱膨張量の変化量 $\Delta T E$ を小さくしたものを好ましく用いることができる。

[0056] 図3に、磁気ディスク1の基板3に析出した粗大粒子5を説明する模式断面図を示す。

一実施形態によれば、アルミニウム合金の基板本体3eの断面において、基板本体3e中に析出した析出粒子はAl以外の金属を含む粒子（例えば、Al—Fe系金属間化合物などからなる粒子）であって、そのサイズは最長径が5 μ m以下であることが好ましい。析出粒子は、Alを含んでいてもよい。アルミニウム合金に含まれるAl以外の成分は、圧延工程に伴って、粗大化した粒子となって析出する場合がある。基板本体3eの断面において最長径が5 μ mより大きい粗大粒子5が存在する場合、基板本体3e内の金属間化合物の分散性が悪く、最長径が0.1～3 μ mの金属間化合物粒子の個数密度が50個/mm²未満となることがあり、個数密度が50個/mm²以

上である周りの部分との径方向の熱膨張量差が生じやすくなる。このような粗大粒子5が存在することも、熱膨張の異方性を生じさせる原因の1つと考えられる。そのため、熱膨張量の変化量 $\Delta T E$ を小さくする観点から、粗大粒子5が存在しないこと、すなわち、基板本体3e中に析出したAl以外の金属を含む粒子（析出粒子）の最長径が $5\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $3\mu\text{m}$ 以下、 $1\mu\text{m}$ 以下であり、最長径が $0.1\sim 3\mu\text{m}$ の金属間化合物粒子の個数密度が $50\text{個}/\text{mm}^2$ 以上であることが好ましく、 $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以上であることがより好ましい。析出粒子を構成するAl以外の金属は、アルミニウム合金に含まれる上記元素のうち、Siを除いた、Fe、Mn、Niの少なくとも1つを含む。

[0057] 析出した粒子の最長径の判定及び個数密度の算出は、熱膨張率 CTE を測定した磁気ディスク1の周方向の複数の位置のうち、最も高い熱膨張率 CTE を示した周方向の位置を通る径方向の断面を対象として行うことが好ましい。このような基板断面は、粗大粒子5を含む可能性が高いため、粗大粒子5の有無を判定するのに適している。最長径の判定及び個数密度の算出は、試料Sと同じ周方向位置の基板断面の画像を用いて行うことができる。粒子の最長径は、例えば、基板3の断面のSEM写真の反射電子像を用いて、画像中の粒子の最大長さ（図3中の両矢印）とすることができる。Al以外の金属を含む粒子の最長径が $5\mu\text{m}$ 以下であることの判断は、基板本体3eの断面のうちの面積 0.04mm^2 の領域を対象として行うことが好ましい。粒子の個数密度は、例えば、基板3の断面の上記画像の中から選択した複数（例えば3箇所以上）の領域それぞれの個数密度の平均値として求められる。

[0058] 第1実施形態の磁気ディスク1において、 $\Delta T E \times (E/d) / \text{CTE}$ は $2.6 \times 10^5 [\text{m}^3 \cdot \text{K} / \text{s}^2]$ 以下であることが好ましい。

[0059] 磁気ディスク1は、公称直径3.5インチ又は2.5インチの規格を満たすことが好ましい。公称直径3.5インチの磁気ディスク1の外径は、例えば $95\sim 100\text{mm}$ （例えば 95mm 、 97mm ）であり、内孔1aの直径は、例えば $24\sim 26\text{mm}$ （例えば 25mm ）である。公称直径2.5インチ

の磁気ディスク 1 の外径は、例えば 65 ～ 70 mm（65 mm、67 mm）であり、内孔 1 a の径は、例えば 19 ～ 21 mm（例えば 20 mm）である。

[0060] 磁気ディスク 1 は、例えば、次のように作製される。

基板 3 がガラスからなる磁気ディスク 1 を作製する場合は、まず、ガラスの板材に対しスクライビング又はコアリングを行って、円環形状の元材を作製し、円環形状の元材の内外周端面に面取り面を形成する。次いで、面取り面を形成した元材の主表面の研削を行う。研削処理では、固定砥粒をシート状に形成した研削部材、あるいは、遊離砥粒を含むスラリーを用いて円環形状の元材の主表面の研削を行う。次いで、主表面を研削した元材の主表面の研磨を行う。研磨処理では、研削処理で用いられる遊離砥粒よりも粒径の小さい遊離砥粒を含むスラリーと研磨パッドとを用いて研磨を行う。研磨処理は、複数の処理に分けて、粒径の異なる砥粒又は硬さの異なる研磨パッドを用いて行うことが好ましい。

[0061] 基板本体 3 e がアルミニウム合金材料からなる磁気ディスク 1 を作製する場合は、まず、アルミニウム合金の板材から、円環形状の元材を打ち抜き、所定の温度及び時間で加熱して焼鈍し、その後、主表面の切削加工と端面の形状加工を行い、基板本体 3 e を作製する。焼鈍は端面や主表面の加工後に行ってもよい。端面の形状加工では、総型バイトや一本バイトなどの工具を用いて端面を所定の形状に研削又は切削加工する。

その後、ニッケル合金のめっき膜を例えば 0.5 ～ 12 μm の厚さで、アルミニウム合金の基板本体 3 e の表面に形成する。その後、基板 3 の主表面を研磨する。研磨工程は、表面品質向上と生産性向上の両立の観点から、ガラスの基板 3 の研磨と同様に複数段階の研磨工程を採用するのが好ましい。

[0062] 以上のように作製した基板 3 の主表面に、付着層、下地層、磁性層（磁気記録層）、保護層、潤滑層を順に積層し、磁性膜を形成することにより、磁気ディスク 1 が製造される。

[0063] （実験例）

磁気ディスク1の効果を調べるため、仕様の異なる基板及び磁気ディスクを種々作製した。

[0064] (基板の作製)

上記した要領で、アルミニウム合金の板材から打ちぬいた円環形状の元材を、焼鈍し、主表面の切削加工、端面の形状加工を行って基板本体を作製し、その表面全体を覆うように、 $9\mu\text{m}$ の厚さのNiPの膜を無電解めっきにより形成し、端面研磨、研削、第1研磨、第2研磨を施し、所定のNiP膜の厚さを有する基板を作製した(実施例1、5、比較例1~3)。このうち実施例5の基板には、さらに、炉内で 200°C で30分間維持するアニールを施した。

これとは別に、上記した要領で、ガラスの板材から円環形状の基板の元材を作製し、端面研磨、研削、第1研磨、第2研磨を施し、基板を作製した(実施例2~4、比較例4、5)。このうち実施例2の基板には、さらに、炉内で 700°C で4時間維持するアニールを施した。

[0065] 作製した基板の寸法は、下記の通りである。

- ・外径 97mm 、内径 25mm 、板厚 0.44mm (実施例1、4)、このうち実施例1の研磨後のNiP膜の厚さは $5.3\mu\text{m}$
- ・外径 97mm 、内径 25mm 、板厚 0.5mm (実施例2、3、5、比較例2~5)、このうち実施例5、比較例2、3の研磨後のNiP膜の厚さは $8.0\mu\text{m}$
- ・外径 96mm 、内径 25mm 、板厚 0.635mm (比較例1)、研磨後のNiP膜の厚さは $8.0\mu\text{m}$

[0066] 作製した基板本体又は基板に用いた材料の組成及びガラス板材の作製方法は、下記の通りである。

- ・Mgを0.1質量%、Siを0.05質量%、Feを1.2質量%、Mnを1.2質量%、Niを1.95質量%、Crを0.2質量%、Tiを0.2質量%、Zrを0.2質量%含むアルミニウム合金(実施例1)
- ・ダウンロード法で作製した無アルカリガラス(実施例2、比較例5)

・所定の組成のガラスが得られるように、出発原料として SiO_2 、 Al_2O_3 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 B_2O_3 、 HBO_3 、 MgO 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgCO_3 、 CaCO_3 、 SrCO_3 、 BaCO_3 、 ZnO 、 Li_2CO_3 、 Na_2CO_3 、 K_2CO_3 、 TiO_2 、及び ZrO_2 などを用いて300～1500g秤量し、十分に混合して調合バッチと成し、これを白金坩堝に入れ、1400～1600℃の温度で空气中約3～8時間ガラスの溶解を行った。溶融後、ガラス融液を200mm（縦）×200mm（横）×20mm（深さ）の直方体形状の凹部を有するカーボン金型に流し、ガラスの転移点温度まで放冷してから直ちにアニール炉に入れ、1時間保持した後、炉内で室温まで放冷して得られたガラス（実施例3、実施例4、比較例4）

・実施例3は、モル%で、 SiO_2 と、 B_2O_3 および／または Al_2O_3 とを合計量で80%より多く含むとともに、 RO （ R は Mg 、 Ca 、 Zn 、 Sr および Ba の中から選ばれる少なくとも1種）10～20%、 $\text{R}'_2\text{O}$ （ R' は Li 、 Na および K の中から選ばれる少なくとも1種）0～1%を含み、かつ上記成分の合計含有量が98%以上であるガラス

・実施例4は、モル%で、 SiO_2 と、 B_2O_3 および／または Al_2O_3 とを合計量で70%より多く含むとともに、 RO （ R は Mg 、 Ca 、 Zn 、 Sr および Ba の中から選ばれる少なくとも1種）15～25%、 $\text{R}'_2\text{O}$ （ R' は Li 、 Na および K の中から選ばれる少なくとも1種）1～10%を含み、かつ上記成分の合計含有量が98%以上であるガラス

・比較例4は、モル%で、 SiO_2 と、 B_2O_3 および／または Al_2O_3 とを合計量で70%より多く含むとともに、 RO （ R は Mg 、 Ca 、 Zn 、 Sr および Ba の中から選ばれる少なくとも1種）1～10%、 $\text{R}'_2\text{O}$ （ R' は Li 、 Na および K の中から選ばれる少なくとも1種）15～25%を含み、かつ上記成分の合計含有量が98%以上であるガラス

・ Si を3.0～40.0質量%含むアルミニウム合金（実施例5、比較例3）

・ Mg を1.60質量%、 Si を0.05質量%、 Fe を0.70質量%、

Mnを0.30質量%、Niを1.83質量%、Crを0.15質量%、Cuを0.25質量%、Znを0.01質量%含むアルミニウム合金（比較例1）

・Mgを3.0質量%以上含有し、Ni、Fe、Mn、Siの含有量が何れも0.1質量%未満であるアルミニウム合金（比較例2）

[0067] 以下の特性に磁性膜が与える影響は無視できるので、上記作製した基板を用いて以下の特性を測定又は計算し、磁気ディスクの特性とした。測定結果を表1、表2に示す。

[0068] （熱膨張率CTE）

実施例及び比較例の基板それぞれにおいて、上記の要領で、120度間隔の3つの周方向位置で切り出した試料を、TMA法による熱機械分析装置を用いて、 $-30\sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度範囲における長さの変化量から各試料の線膨張係数を求め、3つの線膨張係数の平均値を、 $-30\sim 70^{\circ}\text{C}$ における熱膨張率CTEとした。

[0069] （熱膨張の変化量VTE）

各試料を測定して得られた $-30\sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度範囲における線膨張係数を用いて、 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ まで変化させたときの95mmの長さにおける基板の熱膨張量を計算し、そのうちの最大値と最小値の差を熱膨張量の変化量VTEとした。

[0070] （比VTE/CTE）

熱膨張の変化量VTEと、熱膨張率CTEとを用いて、 VTE/CTE を計算した。

[0071] （比E/d）

上記した要領で求めた磁気ディスクのヤング率Eと密度dを用いて E/d を計算した。

[0072] （ $\text{VTE} \times (\text{E}/\text{d}) / \text{CTE}$ ）

熱膨張の変化量VTEと、 E/d と、熱膨張率CTEとを用いて、 $\text{VTE} \times (\text{E}/\text{d}) / \text{CTE}$ を計算した。

[0073] なお、実施例及び比較例それぞれにおいて基板を複数作製しておき、以上の特性の測定、計算の対象とした基板とは別の基板を用いて、磁気ディスクを作製し、エラー発生抑制効果を調べた。

[0074] (磁気ディスクの作製)

実施例及び比較例の基板の主表面に、上記要領で、磁性層を含む磁性膜（厚さ30nm以下）を形成し、磁気ディスクを作製した。実施例1、5、比較例1～3では、上記CoPtCr系材料を含む磁性層を形成した。実施例2～4、比較例4、5では、上記Fe-Pt系磁性材料を含む磁性層を形成した。実施例2～4、比較例4、5では、L₁₀構造の磁性層を得るため、630℃で5秒間予備加熱による基板の熱処理を行った。

[0075] (エラー抑制効果の確認試験)

作製した磁気ディスクを、内部に温度センサを設けたHDDに組み込み、エラーの発生を抑制する効果を調べた。

サーボトラックライタにより磁気ディスクにサーボ信号を書き込む際、実施例1、5、比較例1～3については、従来型磁気記録方式(CMR)で磁気記録を行うためのトラックを形成した。トラック幅は60nmとした。実施例2～4、比較例4、5については、熱アシスト磁気記録方式(HAMR)で磁気記録を行うためのトラックを形成した。トラック幅は50nmとした。

[0076] 作製したHDDを、冷却装置を設けたチャンバ内に配置し、チャンバ内の温度を20～25℃に保って、磁気ディスクにデータの書き込みを行った。実施例1、5、比較例1～3の磁気ディスクには、従来型磁気記録方式(CMR)で磁気記録を行い、実施例2～4、比較例4、5の磁気ディスクには、熱アシスト磁気記録方式(HAMR)で磁気記録を行った。

磁気ディスクにデータを書き込んだHDDをチャンバから取り出して、データの読み取りを行い、正しく読み取るまでに要したリトライの回数を調べた。リトライの回数が2回以下だった場合をA、3～10回だった場合をB、10回を超えた場合をCと評価した。結果を表1に示す。なお、読み取り

を行う間、実施例及び比較例のいずれも、H D D内の温度は5 5 ～6 0℃の範囲内であった。

[0077] [表1]

	材質	変化量 VTE (μm)	熱膨 張率 CTE (10^{-6} /K)	ヤング 率 E (GPa)	E/d ($10^6\text{m}^2/\text{s}^2$)	VTE/CTE ($10^4\mu$ mK)	VTE × (E/d) /CTE ($10^6\text{m}^3\text{K}/\text{s}^2$)	エラー 抑制 効果
実施 例 1	アルミ 合金	0.117	21.8	80	27.8	0.54	1.49	A
実施 例 2	ガラス	0.022	2.8	84	32.9	0.79	2.59	A
実施 例 3	ガラス	0.024	3.5	84	33	0.69	2.26	A
実施 例 4	ガラス	0.005	0.9	98	38.2	0.56	2.12	A
実施 例 5	アルミ 合金	0.194	18.5	86	28.2	1.05	2.96	B
比較 例 1	アルミ 合金	0.462	21.2	76	27.6	2.18	6.01	C
比較 例 2	アルミ 合金	0.289	22.5	69	26	1.28	3.34	C
比較 例 3	アルミ 合金	0.227	17.0	95	29.2	1.34	3.90	C
比較 例 4	ガラス	0.082	7.0	83	32.7	1.17	3.83	C
比較 例 5	ガラス	0.043	2.8	84	32.9	1.54	5.05	C

[0078] 実施例と比較例の対比から、熱膨張量の変化量V T Eが0. 3 μm 以下であり、さらに、比V T E／C T Eが1. 1 × 1 0⁴ $\mu\text{m} \cdot \text{K}$ 以下、あるいは、V T E × (E／d) ／C T Eが3. 0 × 1 0⁵ [$\text{m}^3 \cdot \text{K} / \text{s}^2$] 以下であると、正しく読み取りを行うまでのリトライ回数が少なく、エラー抑制効果に優れることがわかる。

[0079] 実施例 1 と比較例 1 について、線膨張係数を測定した複数の周方向位置のうち、平均線膨張係数 α が最も高い周方向位置を通る、径方向に沿った基板の板厚方向の断面のS E Mを用いた反射電子像を観察したところ、実施例 1 では、面積0. 0 4 mm^2 あたり、最長径が5 μm を超える粗大粒子は存在しなかったのに対し、比較例 1 では、最長径が5 μm を超える粗大粒子が存在していた。さらに、実施例 1 では、金属間化合物の分散性が良く、最長径が0. 1 ～3 μm の金属間化合物粒子の個数密度が5 0 個／ mm^2 以上であるの

に対し、比較例 1 では、最長径が $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ の金属間化合物粒子の個数密度が $50 \text{ 個}/\text{mm}^2$ 未満であった。一方、実施例 1 は、比較例 1 と比べ、熱膨張量の変化量 VTE は小さいが、 $-30 \sim 70^\circ\text{C}$ での熱膨張率 CTE は大きい。これらのことから、最長径が $5 \mu\text{m}$ を超える粗大粒子が存在しないことは、比 VTE/CTE や $VTE \times (E/d)/CTE$ の値を小さくすることに寄与すると考えられる。さらに、比較例 1 では NiP の厚さが $8.0 \mu\text{m}$ であるのに対して、実施例 1 では $5.3 \mu\text{m}$ であり、 NiP 膜による内部歪の影響が小さく、熱膨張量の変化量 VTE および比 VTE/CTE の値を小さくすることに寄与すると考えられる。

[0080] 以上、本発明の情報記録媒体用ディスクについて詳細に説明したが、本発明は上記実施形態及び実施例に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

本発明の情報記録媒体用ディスクは、磁気ディスクに限定されるものではなく、例えば、基板の主表面上に強誘電体層（記録層）を備え、強誘電体の分極を変えることで繰り返し情報を記録することが可能なディスク（強誘電体記録媒体）であってもよい。

符号の説明

[0081] 1 情報記録媒体用ディスク

1 a 内孔

3 基板

3 a、3 b 主表面

3 c、3 d 側壁面

3 e 基板本体

5 粗大粒子

請求の範囲

- [請求項1] 板厚が0.51mm以下の情報記録媒体用ディスクであって、
一方の主表面および他方の主表面を有し、さらに両主表面をつなぐ側壁面を有する基板および記録層を備え、
－30℃～70℃の温度範囲において5℃温度上昇させたときの前記ディスクの径方向の熱膨張量であって、前記ディスクの直径を95mmとして計算される熱膨張量の前記ディスクの周方向にわたる変化量は0.3μm以下であり、
－30℃～70℃における前記ディスクの熱膨張率に対する前記熱膨張量の変化量の比は $1.1 \times 10^4 \mu\text{m} \cdot \text{K}$ 以下である、ことを特徴とする情報記録媒体用ディスク。
- [請求項2] 板厚が0.51mm以下の情報記録媒体用ディスクであって、
一方の主表面および他方の主表面を有し、さらに両主表面をつなぐ側壁面を有する基板および記録層を備え、
－30℃～70℃の温度範囲において5℃温度上昇させたときの前記ディスクの径方向の熱膨張量であって、前記ディスクの直径を95mmとして計算される熱膨張量の前記ディスクの周方向にわたる変化量は0.3μm以下であり、
－30℃～70℃における前記ディスクの熱膨張率 CTE [$\times 10^{-6}/\text{K}$]、前記熱膨張量の変化量 VTE [μm]、及び、前記ディスクのヤング率 E [GPa]と密度 d [g/cm^3]との比 E/d [$\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}^2$]を用いて表される $\text{VTE} \times (E/d) / \text{CTE}$ は $3.0 \times 10^5 [\text{m}^3 \cdot \text{K}/\text{s}^2]$ 以下である、ことを特徴とする情報記録媒体用ディスク。
- [請求項3] －30℃～70℃における前記ディスクの熱膨張率 CTE [$\times 10^{-6}/\text{K}$]、前記熱膨張量の変化量 VTE [μm]、及び、前記ディスクのヤング率 E [GPa]と密度 d [g/cm^3]との比 E/d [$\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}^2$]を用いて表される $\text{VTE} \times (E/d) / \text{CTE}$ は2.

6×10^5 [$\text{m}^3 \cdot \text{K} / \text{s}^2$] 以下である、請求項 1 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[請求項4] 前記記録層は、前記基板の少なくとも主表面上に、周状の記録領域が形成された磁性層を有し、

前記記録領域のうち、記録された情報を読み取るためのトラック幅は 60 nm 以下であり、前記熱膨張量の変化量が前記トラック幅よりも小さい、請求項 1 又は 2 に記載情報記録媒体用ディスク。

[請求項5] シングル磁気記録により前記磁性層に情報が読み書きされるハードディスクドライブに用いられる、請求項 4 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[請求項6] エネルギーアシスト磁気記録方式により前記磁性層に情報が記録される、請求項 4 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[請求項7] 前記熱膨張量の変化量は $0.040 \mu\text{m}$ 以下であり、
前記基板は、酸化物基準のモル百分率表示で、 SiO_2 を $55 \sim 80\%$ 、 Al_2O_3 を $5 \sim 25\%$ 、 B_2O_3 を $0 \sim 8\%$ 含有し、
 MgO 、 CaO 、 SrO および BaO のうち少なくとも 1 種を含有し、その含有量の合計が $10 \sim 25\%$ であり、
 Li_2O 、 Na_2O および K_2O のうち少なくとも 1 種を含有し、その含有量の合計が $0.001 \sim 5.0\%$ であるガラスからなる、請求項 1 又は 2 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[請求項8] 前記熱膨張量の変化量は $0.20 \mu\text{m}$ 以下であり、
前記基板は、
アルミニウム合金からなる基板本体と、
前記基板本体の表面に設けられたニッケル合金の膜と、を有し、
前記アルミニウム合金は、
 Fe 、 Mn 、 Ni のうち少なくとも 1 種を含有し、その含有量の合計が $3.0 \sim 8.0$ 質量%であり、または、 Si を 3.0 質量%を超えて含有し、

残部が A l 及び不可避免的不純物からなる、請求項 1 又は 2 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[請求項9] 前記基板本体の断面において、前記基板本体中に析出した A l 以外の金属を含む粒子の最長径は $5\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項 8 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[請求項10] 前記基板本体の断面において、前記粒子のうち最長径が $0.1\sim3\ \mu\text{m}$ の粒子の個数密度が $50\text{個}/\text{mm}^2$ 以上である、請求項 9 に記載の情報記録媒体用ディスク。

[請求項11] 前記膜の厚さは $7.5\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項 8 に記載の情報記録媒体用ディスク。