

明 細 書

発明の名称：磁気記録装置、及び積層構造体

技術分野

[0001] 本開示は、磁気記録装置、及び積層構造体に関する。

背景技術

[0002] 近年のコンピュータ技術の発展に伴い、より大記憶容量、且つ、省スペースの磁気記録装置が求められている。そのため、磁気記録装置は、複数の磁気ディスクの間にスペーサを挟んで、磁気ディスク及びスペーサの内孔にスピンドルを通して磁気ディスクとスペーサの積層構造体を形成する。磁気ディスク及びスペーサは、一方の側からクランプ部材で押圧することで固定される。このような積層体は、磁気ディスク同士が接触せず、磁気ディスク同士が所定の位置に離間して配置される。磁気記録装置は、磁気ディスク同士が離間した隙間に入り込み、磁気ヘッドにより積層された磁気ディスクに対して記録動作などを行う（例えば特許文献１～３）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開平０８－３１５５３３号公報

特許文献２：特開２０００－５７７２７号公報

特許文献３：特開２００３－２７２３３６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、磁気ディスクの基板とスペーサが熱膨張係数の差が大きいと、磁気記録装置の駆動時の温度変化によって膨張し、基板が破損するおそれがある。スペーサを基板と同じ材質とすることで熱膨張係数を合わせて、温度変化による破損を防止することができる。しかしながら、薄い基板を用いると、使用環境の温度変化により基板に変形が生じること、さらにそれに伴って耐衝撃性及びフラッタリング特性が低下することが明らかとなった。

[0005] そこで、本開示は、耐衝撃性及びフラッタリング特性が改善された磁気記録装置、積層構造体、及びスペーサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明者は、所定の関係性を満たす基板及びスペーサを組み合わせることによって、薄い基板を用いた場合であっても、使用環境の温度変化によって生じ得る基板の変形を抑制し、耐衝撃性及びフラッタリング特性が改善されることを見出した。

[0007] 本開示の一実施形態は、磁気記録装置であって、
厚さ0.51mm以下の基板及び前記基板上に形成された磁気記録層含む、複数の磁気ディスクと、

前記複数の磁気ディスク間に配置され、磁気ディスクを所定の間隔をあけて積み重ねるためのスペーサと、を備え、

前記基板及び前記スペーサが、式(1)：

$$\left[\frac{CTE(sub) \cdot E(spa)}{CTE(spa) \cdot E(sub)} \right] < 1.0 \dots (1)$$

(式中、

$CTE(sub)$ は、100～300℃における基板の熱膨張率($\times 10^{-7}/K$)であり、

$CTE(spa)$ は、100～300℃におけるスペーサの熱膨張率($\times 10^{-7}/K$)であり、

$E(sub)$ は、前記基板のヤング率(GPa)であり、

$E(spa)$ は、前記スペーサのヤング率(GPa)である。)

を満たす、磁気記録装置に関する。

[0008] 本開示の一実施形態は、
厚さ0.51mm以下の基板及び前記基板上に形成された磁気記録層含む、複数の磁気ディスクと、

前記複数の磁気ディスク間に配置され、磁気ディスクを所定の間隔をあけて積み重ねるためのスペーサと、を備える積層構造体であって、

前記ガラス基板及び前記スペーサが、式（１）：

$$[CTE(sub) \cdot E(spa)] / [CTE(spa) \cdot E(sub)] < 1.0 \cdots (1)$$

（式中、

$CTE(sub)$ は、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ における基板の熱膨張率（ $\times 10^{-7}/\text{K}$ ）であり、

$CTE(spa)$ は、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ におけるスペーサの熱膨張率（ $\times 10^{-7}/\text{K}$ ）であり、

$E(sub)$ は、前記基板のヤング率（ GPa ）であり、

$E(spa)$ は、前記スペーサのヤング率（ GPa ）である。）

を満たす、積層構造体に関する。

発明の効果

- [0009] 本実施形態によれば、使用環境の温度変化による基板の変形が生じにくい、磁気記録装置、積層構造体、及びスペーサを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]図1は、本実施形態に係る磁気記録装置の概略構成図を示す。
[図2]図2は、積層構造体の概略断面図である。
[図3]図3は、積層構造を示す概念図である。
[図4]図4は、本実施形態に係る磁気ディスクの外観斜視図である。
[図5]図5は、本実施形態に係る磁気ディスクの断面図である。
[図6]図6は、本実施形態に係るスペーサの外観斜視図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 添付図面を参照して、本開示の好適な実施形態について説明する（なお、各図において、同一の符号を付したものは、同一又は同様の構成を有する。）。以下に説明する実施形態は、本開示の理解を容易にするためのものであり、本開示を限定して解釈するためのものではない。実施形態が備える各要素並びにその配置、材料、条件、形状及びサイズ等は、例示したもの限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、異なる実施形態で示

した構成同士を部分的に置換し又は組み合わせることが可能である。

[0012] [磁気記録装置]

本実施形態に係る磁気記録装置は、
厚さ 0.51 mm 以下の基板及び前記基板上に形成された磁気記録層含む
、複数の磁気ディスクと、

前記複数の磁気ディスク間に配置され、磁気ディスクを所定の間隔をあけて積み重ねるためのスペーサと、を備える。

また、本実施形態に係る磁気記録装置は、
前記基板及び前記スペーサが、式（１）：

$$[\text{CTE}(\text{sub}) \cdot E(\text{spa})] / [\text{CTE}(\text{spa}) \cdot E(\text{sub})] < 1.0 \dots (1)$$

(式中、

CTE (sub) は、100～300℃における基板の熱膨張率 ($\times 10^{-7}/K$) であり、

CTE (s p a) は、100～300℃におけるスパーサの熱膨張率 ($\times 10^{-7}/K$) であり、

E (sub) は、前記基板のヤング率 (GPa) であり、

$E(spa)$ は、前記スパーサのヤング率 (GPa) である。)

を満たす。

以上の構成を有することで、耐衝撃性及びフラッタリング特性が改善された磁気記録装置が得られる。

[0013] 本実施形態に係る磁気記録装置は、式（１）：
$$\left[\text{CTE}(\text{sub}) \cdot E(\text{spa}) \right] / \left[\text{CTE}(\text{spa}) \cdot E(\text{sub}) \right] < 1.0$$
を満たす基板及びスペーサを組み合わせて用いることで、複数の磁気ディスクとスペーサを積み重ねて使用した場合に、磁気記録装置の使用環境が高温に配された場合であっても、基板の変形が生じにくくなる。従来、スペーサをガラス基板と同じ材質とすること熱膨張係数を合わせて、温度変化による破損を防止することができるとされてきたが、
$$\left[\text{CTE}(\text{sub}) \cdot E(\text{spa}) \right] / \left[\text{CTE}(\text{spa}) \cdot E(\text{sub}) \right] < 1.0$$

$TE(spa) \cdot E(sub)$ の値が 1.0 である場合よりも、当該値が 1.0 未満とすることでより基板の変形が生じにくくなることが明らかとなった。

[0014] また、磁気記録装置は、式(1)を満たすことで、耐衝撃性が向上することも見いだされた。磁気記録装置の記憶容量を高めるため又は装置のサイズを小さくするために、基板を薄くして、より多くの枚数の磁気ディスクを積層できるようにする、又は、同じ枚数の磁気ディスクを積層する場合であっても、より小さなサイズとすることが想定されるが、基板が薄板とすると、落下衝撃に対する破損が生じ易くなる課題があった。上述の式(1)を満たすことで当該課題についても併せて解決される。

[0015] 本実施形態に係る磁気記録装置における基板及びスペーサは、式(2)：
 $0.30 \leq [CTE(sub) \cdot E(spa)] / [CTE(spa) \cdot E(sub)] \cdots (2)$ を満たすことが好ましい。

[0016] $[CTE(sub) \cdot E(spa)] / [CTE(spa) \cdot E(sub)]$ の値は、1.0 未満であり、好ましくは 0.30～0.98 の範囲内、より好ましくは 0.35～0.95 の範囲内、さらに好ましくは 0.56～0.95 の範囲内、よりさらに好ましくは 0.80～0.95 の範囲内、よりさらに好ましくは 0.82～0.92 の範囲内である。当該範囲にあることで、使用環境の温度変化による基板の変形がより生じにくくなり、更には、耐衝撃性がより向上し、フラッタリングの発生も抑制される。

[0017] スペーサは、式(3)： $CTE(spa) \cdot E(spa) \leq 1.0 \times 10^4 \cdots (3)$ を満たすことが好ましい。式(3)を満たすことで、磁気記録装置は、耐衝撃性が更に向上し、フラッタリング特性が更に向上する。

$CTE(spa) \cdot E(spa)$ は、好ましくは 0.8×10^4 以下であり、より好ましくは $0.1 \times 10^4 \sim 0.7 \times 10^4$ の範囲内であり、さらに好ましくは $0.2 \times 10^4 \sim 0.4 \times 10^4$ の範囲内である。

[0018] 基板は、式(4)： $CTE(sub) \cdot E(sub) \leq 0.5 \times 10^4 \cdots (4)$ を満たすことが好ましい。式(4)を満たすことで、磁気記録装置

は、耐衝撃性が更に向上し、フラッタリング特性が更に向上する。

$CTE(sub) \cdot E(sub)$ は、好ましくは 0.45×10^4 以下であり、より好ましくは $0.10 \times 10^4 \sim 0.40 \times 10^4$ の範囲内であり、さらに好ましくは $0.20 \times 10^4 \sim 0.35 \times 10^4$ の範囲内である。

[0019] 基板は、式(5)： $CTE(sub) / E(sub) \leq 1.5 \cdots (5)$ を満たすことが好ましい。式(4)を満たすことで、磁気記録装置は、基板の板厚が 0.51 mm 以下であっても磁気記録装置の使用環境下におけるフラッタリング特性を低く抑えることができる。

$CTE(sub) / E(sub)$ の値が 1.5 以下、好ましくは 0.8 以下、さらに好ましくは $0.35 \sim 0.5$ の範囲内である。

[0020] 基板及びスペーサは、式(6)： $[CTE(spa) \cdot E(spa)] / [CTE(sub) \cdot E(sub)] < 1 \cdots (6)$ を満たすことが好ましい。式(6)を満たすことで、磁気記録装置は、式(1)を満たし、更に式(6)を満たすことで、さらに耐衝撃性及びフラッタリング特性が改善する。

$[CTE(spa) \cdot E(spa)] / [CTE(sub) \cdot E(sub)]$ の値が、 1 未満、好ましくは 0.98 以下、好ましくは 0.95 以下、さらに好ましくは $0.30 \sim 0.90$ の範囲内である。

[0021] $CTE(sub)$ は、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ における基板の熱膨張率 ($\times 10^{-7} / \text{K}$) である。長さ 50 mm 、幅 10 mm の寸法で切り出した試料を、レーザ干渉法による熱膨張計を用いて、所定の温度範囲における長さの変化量を求め、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ における平均線膨張係数の値とする。なお、磁気ディスクに含まれる磁性膜は熱膨張率に与える影響は無視できる程度であるため、磁気ディスクの熱膨張率を基板の熱膨張率としてもよい。なお、より詳細な測定方法は、実施例に記載の方法による。

[0022] $CTE(spa)$ は、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ におけるスペーサの熱膨張率 ($\times 10^{-7} / \text{K}$) である。スペーサの熱膨張率の測定においては、基板と同じ寸法の試料を切り出すことができない場合、外表面の導電膜を除去したうえで

、粉碎した試料を洗浄、乾燥させた後に所定の温度で再溶融させて基板と同じ寸法とした試料を用いて測定する。

[0023] E (s u b) は、基板のヤング率 (G P a) である。ヤング率は、J I S R 1 6 0 2 : 1 9 9 5 に基づいて測定することができる。測定のための試験片を、磁気ディスクから長さ 5 0 m m 、幅 1 0 m m 、厚さを磁気ディスク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。なお、磁気ディスクに含まれる磁性膜は熱膨張率に与える影響は無視できる程度であるため、磁気ディスクの熱膨張率を基板の熱膨張率としてもよい。

[0024] E (s p a) は、スペーサのヤング率 (G P a) である。ヤング率は、J I S R 1 6 0 2 : 1 9 9 5 に基づいて測定することができる。スペーサの測定のための試験片は、スペーサから外表面の導電膜を除去したうえで、粉碎した試料を洗浄、乾燥させた後に所定の温度で再溶融させた試料を磁気ディスク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。

[0025] 以下、本実施形態に係る磁気記録装置について詳細に説明する。

図 1 は、本実施形態に係る磁気記録装置の概略構成図を示す。磁気記録装置 1 は、複数の磁気ディスク 2 1 の積層構造体 2 を有する。実施形態に係る磁気記録装置 1 においては、積層構造体 2 は、スピンドルモータ（図示せず）に装着される。積層構造体 2 の磁気ディスク 2 1 は、スピンドルモータにより回転する。

[0026] ヘッドアッセンブリ 3 は、ヘッドスライダ 3 1 を備える。ヘッドアッセンブリ 3 において、ヘッドスライダ 3 1 は複数段設けられる。ヘッドスライダ 3 1 は、先端付近に磁気ヘッドを備える。ヘッドスライダ 3 1 は、回転する磁気ディスク 2 1 から情報の記録及び再生を行う。ヘッドスライダ 3 1 が複数段形成されることで、所定間隔をあけて積層された磁気ディスク 2 1 から情報を読み取ることができる。この際、磁気ディスク 2 1 が、使用環境の温度変化による基板の変形が生じにくい、又は耐衝撃性が高まることで、情報の記録又は読取りの際に、ヘッドスライダ又は磁気ヘッドが磁気ディスクに干渉しにくくなる。

- [0027] 図2は、積層構造体の概略断面図である。積層構造体2は、複数の磁気ディスク21と、複数の磁気ディスク21間に配置され、磁気ディスク21を所定の間隔をあけて積み重ねるためのスペーサ22とを備える。図2においては、積層構造体2が、3枚の磁気ディスク21を有する例を示すが、磁気ディスク21の枚数は、特に限定されない。
- [0028] 図2に示すように、複数の磁気ディスク21は、回転するスピンドル23にスペーサ22を間に挟んで挿入され、磁気ディスク21とスペーサ22の積層構造体2の上方から、ネジ等で固定されたクランプ部材24により押圧されてスピンドル23に固定されることにより、磁気ディスク21が所定間隔をもって取付けられる。クランプ部材24は、最上層の磁気ディスク21を押圧する。そして、その押圧力によって積層体全体も押圧され固定される。クランプ部材24には、磁気ディスク21を押圧するための突起241がスピンドル23の中心軸周りに円形に設けられている。
- [0029] 図3に示すように、磁気ディスク21とスペーサ22が交互に重ねられて積層構造体を形成し磁気記憶装置に組み込まれる。
- [0030] 図4は、本実施形態に係る磁気ディスク21の外観斜視図である。磁気ディスク21は、円環形状を成しており、スピンドルホール215を有する。磁気ディスク21は、互いに対向する主表面216を備える。一对の主表面は略平行である。ここで、略平行とは、例えば平行度が $5\mu\text{m}$ 以下であることを意味する。
- [0031] 図5は、本実施形態に係る磁気ディスク21の断面図である。磁気ディスク21は、厚さ 0.51mm 以下の基板211と、磁気記録層213を含む。
- [0032] 基板は、 0.51mm 以下の厚みを有することが好ましい。基板の厚みは、好ましくは 0.50mm 以下であり、より好ましくは $0.30\sim 0.50\text{mm}$ であり、更に好ましくは $0.32\sim 0.45\text{mm}$ である。
- [0033] 基板の材料は、例えば、ステンレス、チタン、アルミニウム、及びアルミニウム合金等の金属材料、セラミックス、及びガラスが挙げられる。これら

の中でも基板は、好ましくはガラス基板である。

[0034] ガラス基板のガラス組成は、好ましくは

SiO_2 を55～80mol%、 Al_2O_3 を5～25mol%、 B_2O_3 を0～8mol%、 P_2O_5 を0～5mol%、MOを5～25mol%（MOは、MgO、CaO、SrO及びBaOから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO及びBaOの含有量の合計値である。）、0～15mol%の M_2O （ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。）を含有する。ガラス基板のガラス組成は、これらの成分からなるものであってもよい。

[0035] ガラス基板のガラス組成における各成分の好ましい含有量は以下のとおりである。

[0036] SiO_2 は、ガラスのネットワーク形成成分である。 SiO_2 の含有量は、ガラスの安定性を高める観点及び生産時の溶融性向上の観点から、好ましくは55～80mol%であり、より好ましくは57～75mol%であり、更に好ましくは60～70mol%である。

[0037] Al_2O_3 の含有量は、ガラスの耐熱性向上の観点及びガラスの安定性を高める観点から、好ましくは5～25mol%であり、より好ましくは10～20mol%であり、更に好ましくは12～18mol%である。

[0038] B_2O_3 は、ガラスのネットワーク形成成分である。 B_2O_3 の含有量は、好ましくは0～8mol%であり、より好ましくは0.1～5mol%であり、更に好ましくは0.1～3mol%である。

[0039] P_2O_5 の含有量は、好ましくは0～5mol%であり、より好ましくは0～3mol%であり、更に好ましくは0～2mol%である。

[0040] MOは、MgO、CaO、SrO及びBaOから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO及びBaOの含有量の合計値である。MOの含有量は、ヤング率を調整する観点から、好ましくは5～25mol%であり、より好ましくは6～20mol%であり、更に好まし

くは14～18mol%である。

MgOの含有量は、ヤング率を調整する観点から、好ましくは3～20mol%であり、より好ましくは4～19mol%であり、更に好ましくは8～18mol%である。

[0041] CaOの含有量は、生産性向上の観点から、好ましくは0～10mol%であり、より好ましくは0～8mol%であり、更に好ましくは0～6mol%である。

[0042] SrOの含有量は、ガラスの低比重化の観点から、好ましくは0～5mol%であり、より好ましくは0～3mol%であり、更に好ましくは0～1.5mol%である。

[0043] BaOの含有量は、ガラスの低比重化の観点から、好ましくは0～5mol%であり、より好ましくは0～4mol%であり、更に好ましくは0～1.5mol%である。

[0044] M₂Oは、Li₂O、Na₂O及びK₂Oから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、Li₂O、Na₂O及びK₂Oの合計値である。M₂Oの含有量は、好ましくは0～15mol%であり、より好ましくは0～10mol%であり、更に好ましくは0.5～9mol%である。

[0045] Li₂Oの含有量は、耐熱性向上の観点から、好ましくは0～5mol%であり、より好ましくは0～7mol%であり、更に好ましくは0.5～6mol%である。

[0046] Na₂Oの含有量は、好ましくは0～10mol%であり、より好ましくは0～7mol%であり、更に好ましくは0.5～5mol%である。

[0047] K₂Oの含有量は、好ましくは0～3mol%であり、より好ましくは0～1mol%であり、更に好ましくは0～0.3mol%である。

[0048] なお、基板は、ガラス基板であり、
前記ガラス基板が、式(5)： $CTE(sub)/E(sub) \leq 1.5$
・・・(5)を満たし、
ガラス基板のガラス組成は、

SiO_2 を55～80mol%、 Al_2O_3 を5～25mol%、 B_2O_3 を0～8mol%、MOを5～25mol%（MOは、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO の含有量の合計値である。）、0～15mol%の M_2O （ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。）を含有することが好ましい。

[0049] ガラス基板のガラス組成は、例えば、以下のSU-1、SU-2、SU-3が例示される。

[0050] SU-1： SiO_2 を60～70mol%、 Al_2O_3 を8～15mol%、 B_2O_3 を1～5mol%、MOを10～20mol%（MOは、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO の含有量の合計値である。）、0～1mol%の M_2O （ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。）を含有する無アルカリガラス

[0051] SU-2： SiO_2 を60～70mol%、 Al_2O_3 を8～15mol%、 B_2O_3 を1～5mol%、MOを10～20mol%（MOは、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO の含有量の合計値である。）、0～1mol%の M_2O （ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。）を含有する無アルカリガラス

[0052] SU-3： SiO_2 を55～75mol%、 Al_2O_3 を5～20mol%、 B_2O_3 を0～3mol%、MOを12～25mol%（MOは、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 MgO 、 CaO 、 SrO 及び BaO の含有量の合計値である。）、0.1～10mol%の M_2O （ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる

少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。)を含有するアルカリ含有ガラス

[0053] 本開示では、ガラス組成を、酸化物基準のガラス組成で示す。ここで「酸化物基準のガラス組成」とは、ガラス原料が熔融時にすべて分解されてガラス中で酸化物として存在するものとして換算することにより得られるガラス組成を意味する。

本開示におけるガラス組成は、例えばICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry) 等の方法により求めることができる。定量分析は、ICP-AESを用い、各元素別に行われる。その後、分析値は酸化物表記に換算される。ICP-AESによる分析値は、例えば、分析値の±5%程度の測定誤差を含んでいることがある。したがって、分析値から換算された酸化物表記の値についても、同様に±5%程度の誤差を含んでいることがある。

また、本開示において、構成成分の含有量が0mol%とは、この構成成分を実質的に含まないことを意味し、この構成成分の含有量が不純物レベル程度以下であることを指す。不純物レベル程度以下とは、例えば、0.01mol%未満であることを意味する。

[0054] 100～300℃における基板の熱膨張率CTE (sub) (単位: $\times 10^{-7}/\text{K}$) は、好ましくは10～110であり、より好ましくは25～98であり、更に好ましくは30～55である。

[0055] 基板のヤング率E (sub) (単位: GPa) は、好ましくは75～120であり、より好ましくは80～110であり、更に好ましくは85～105である。

[0056] 基板の比弾性率E/dの値は、好ましくは $32.0 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 以上であり、より好ましくは $33.5 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 以上であり、好ましくは $35.0 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 以上である。基板が当該範囲の比弾性率E/dを有することで、耐衝撃性がより向上する。なお、基板は0.51mm以下の厚みの

場合に、上述の範囲の比弾性率 E/d の値を有することで上述の効果がより顕著に得られる。比弾性率 E/d とは、ヤング率を比重で除した値を意味する。

[0057] 磁気ディスク 21 は、磁気記録層 213 を備える。磁気ディスク 21 は、例えば、平滑に研磨されたガラス基板の主表面上に、主表面に近いほうから順に積層された、付着層、下地層、磁気記録層（磁性層）、保護層、潤滑層を有していてもよい。

このうち、付着層、下地層、磁気記録層は、例えば、ガラス基板を、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、ガラス基板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。上記成膜後、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 PFPE (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 21 を作製することができる。

[0058] 磁気ディスク 21 のより一層の高密度記録化のためには、磁気記録層は、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。なおここで「系」とは、含有することを意味する。

[0059] すなわち、磁気ディスク 21 は、Fe 及び Pt、又は、Co 及び Pt を含む磁気記録層を有することが好ましい。かかる磁性材料を含む磁気記録層及びその成膜方法については、WO2011/019010 を参照できる。また、そのような磁気記録層を有する磁気ディスク 21 は、エネルギーアシス

ト磁気記録方式（EAMR）と呼ばれる記録方式による磁気記録装置に適用することが好ましい。エネルギーアシスト記録方式の中で、近接場光等の照射により磁化反転をアシストする記録方式は熱アシスト磁気記録方式（HAMR）、マイクロ波によりアシスト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。それらの詳細については、WO2011/019010を参照できる。なお、磁気記録層を形成するための磁性材料として、CoPtCr系材料を用いてもよい。

[0060] 図6は、本実施形態に係るスペーサ22の外観斜視図である。スペーサ22は、円環形状を成しており、スピンドルホール225を有する。スペーサ22は、互いに対向する主表面226を備える。一对の主表面は略平行である。ここで、略平行とは、例えば平行度が $5\mu\text{m}$ 以下であることを意味する。

[0061] スペーサの材料は、例えば、ステンレス、チタン、アルミニウム、及びアルミニウム合金等の金属材料、セラミックス、及びガラスが挙げられる。これらの中でもスペーサは、好ましくはガラス、ステンレス、及びチタンからなる群より選ばれる少なくとも1種の材料からなるスペーサ、より好ましくはガラススペーサである。

[0062] スペーサのガラス組成は、好ましくは SiO_2 を55～88mol%、 Al_2O_3 を0～20mol%、 B_2O_3 を1～30mol%、 P_2O_5 を0～5mol%、MOを0～20mol%（MOは、MgO、CaO、SrO及びBaOから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO及びBaOの含有量の合計値である。）、0～15mol%の M_2O （ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。）を含有する。ガラス基板のガラス組成は、これらの成分からなるものであってもよい。なお、スペーサのガラス組成は、基板のガラス組成と異なる組成であることが好ましい。

[0063] スペーサのガラス組成における各成分の好ましい含有量は以下のとおりで

ある。

- [0064] SiO_2 は、ガラスのネットワーク形成成分である。 SiO_2 の含有量は、ガラスの安定性を高める観点及び生産時の熔融性向上の観点から、好ましくは55～88mol%であり、より好ましくは65～85mol%であり、更に好ましくは75～85mol%である。
- [0065] Al_2O_3 の含有量は、ガラスの耐熱性向上の観点及びガラスの安定性を高める観点から、好ましくは0～20mol%であり、より好ましくは1～17mol%であり、更に好ましくは1～5mol%である。
- [0066] B_2O_3 は、ガラスのネットワーク形成成分である。 B_2O_3 の含有量は、好ましくは1～30mol%であり、より好ましくは5～28mol%であり、更に好ましくは8～28mol%であり、より更に好ましくは10～20mol%である。
- [0067] P_2O_5 の含有量は、好ましくは0～5mol%であり、より好ましくは0～3mol%であり、更に好ましくは0～2mol%である。
- [0068] MOは、MgO、CaO、SrO及びBaOから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO及びBaOの含有量の合計値である。MOの含有量は、ヤング率を調整する観点から、好ましくは0～20mol%であり、より好ましくは0～5mol%であり、更に好ましくは0mol%である。
- MgOの含有量は、ヤング率を調整する観点から、好ましくは0～10mol%であり、より好ましくは0～5mol%であり、更に好ましくは0mol%である。
- [0069] CaOの含有量は、生産性向上の観点から、好ましくは0～10mol%であり、より好ましくは0～5mol%であり、更に好ましくは0mol%である。
- [0070] SrOの含有量は、ガラスの低比重化の観点から、好ましくは0～4mol%であり、より好ましくは0～3mol%であり、更に好ましくは0mol%である。

- [0071] BaOの含有量は、ガラスの低比重化の観点から、好ましくは0～5 mol %であり、より好ましくは0～3 mol %であり、更に好ましくは0 mol %である。
- [0072] M₂Oは、Li₂O、Na₂O及びK₂Oから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、Li₂O、Na₂O及びK₂Oの合計値である。M₂Oの含有量は、好ましくは0～15 mol %であり、より好ましくは0～10 mol %であり、更に好ましくは0.1～8 mol %である。
- [0073] Li₂Oの含有量は、耐熱性向上の観点から、好ましくは0～4 mol %であり、より好ましくは0～3 mol %であり、更に好ましくは0～2 mol %である。
- [0074] Na₂Oの含有量は、好ましくは0～15 mol %であり、より好ましくは0.1～10 mol %であり、更に好ましくは1～5 mol %である。
- [0075] K₂Oの含有量は、好ましくは0～3 mol %であり、より好ましくは0～2 mol %であり、更に好ましくは0.1～0.5 mol %である。
- [0076] なお、スペーサは、ガラス基板であり、
前記ガラス基板が、式(5)： $CTE(sub)/E(sub) \leq 1.5$
・・・(5)を満たし、
スペーサのガラス組成は、
SiO₂を55～88 mol %、Al₂O₃を0～20 mol %、B₂O₃を1～30 mol %、MOを0～20 mol % (MOは、MgO、CaO、SrO及びBaOから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO及びBaOの含有量の合計値である。)、0～15 mol %のM₂O (M₂Oは、Li₂O、Na₂O及びK₂Oから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、Li₂O、Na₂O及びK₂Oの合計値である。)を含
有し、かつ、スペーサのガラス組成は、磁気ディスクの基板のガラス組成と異なる組成であることが好ましい。
- [0077] スペーサのガラス組成は、例えば、以下のSP-1が例示される。
- [0078] SP-1：SiO₂を78～88 mol %、Al₂O₃を1～5 mol %、B

M_2O_3 を10～28mol%、MOを3～8mol%（MOは、MgO、CaO、SrO及びBaOから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO及びBaOの含有量の合計値である。）、0～5mol%の M_2O （ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。）を含有するホウケイ酸ガラス

- [0079] スペーサは、ガラス製のスペーサ基材と、当該スペーサ基材の外表面に導電膜と、を備えることが好ましい。導電膜は、 SnO_2 （酸化スズ）、 ZnO 、 In_2O_3 、ITO（酸化インジウムスズ）の導電性酸化物などであってもよい。なお、導電膜は、前述の導電性酸化物のフッ素をドーピングしたものであってもよい。また、導電膜は金属膜であってもよい。金属膜の成分は、例えばクロム、チタン、タンタル、タングステン、これらの金属を含む合金、NiP（ニッケルリン）やNiW（ニッケルタングステン）などのニッケル合金が挙げられる。ニッケル合金は非磁性とすることが好ましい。導電膜は、無電解メッキ等のメッキ処理に用いる浸漬法、蒸着法またはスパッタリング法などにより形成される。
- [0080] 100～300℃におけるスペーサの熱膨張率CTE（spa）（単位： $\times 10^{-7}/\text{K}$ ）は、好ましくは10～105であり、より好ましくは25～95であり、更に好ましくは30～45である。
- [0081] スペーサのヤング率E（spa）（単位：GPa）は、好ましくは30～120であり、より好ましくは50～80であり、更に好ましくは50～75である。
- [0082] ガラス基板とスペーサの組合せは、SU-1及びSP-1、SU-2及びSP-1、並びに、SU-3及びSP-1が好ましい例として挙げられる。以上の組合せにより、耐衝撃性及びフラッタリング特性が改善される。
- [0083] スピンドルの材料としては、例えば、アルミニウム、及びステンレスが挙げられる。これらの中でも、軽量化の観点からアルミニウムが好ましい。磁気ディスク21及びスペーサ22が、アルミニウム製又はステンレススチー

ル製のスピンダルに対して固定されていることが好ましい。アルミニウム製のスピンダルは、前述のとおり軽量であるが、熱膨張係数が高く、ヤング率が低くなる傾向にあるが、本実施形態に係る磁気ディスクとスペーサの組合せにより、使用環境の温度変化による基板の変形が生じにくくなる。

[0084] 磁気記録装置に搭載した状態の磁気ディスクに対して、2[m秒]で40[G]の衝撃を磁気ディスクの主表面の法線方向に与えた際に、磁気ディスクの外周端部の板厚方向の振動による最大振幅が0.25mm以下であることが好ましい。当該最大振幅は、好ましくは0.23mm以下であり、より好ましくは0.18mm以下である。このような範囲であることで、磁気ディスクが、外部からの衝撃によって生じる振動により、他の磁気ディスクと接触し、あるいは他の部材と接触しても、磁気ディスクが欠けてパーティクルが発生することを抑制できる。なお、上記衝撃試験は、エア・ブラウン株式会社のA V E X - S M - 1 1 0 - M P 型試験機により実施する。

[0085] 以上、本実施形態によれば、耐衝撃性及びフラッタリング特性が改善された磁気記録装置、積層構造体、及びスペーサを提供することができる。

実施例

[0086] 以下、実施例により本実施形態をさらに具体的に説明するが、本実施形態は以下の実施例に限定されるものではない。

[0087] <熱膨張率>

基板の熱膨張率は、磁気ディスクから長さ50mm、幅10mmの寸法で切り出した試料を、レーザ干渉法による熱膨張計を用いて、所定の温度範囲における長さの変化量を求め、100～300℃における平均線膨張係数の値とした。

なお、スペーサの熱膨張率の測定においては、磁気ディスクと同じ寸法の試料を切り出すことができないので、スペーサを加熱して熔融させた後、平坦な型へ流し込み50℃/10min以下の速度で常温まで徐冷し、厚さ0.5mmのガラス板を得る。その後長さ50mm、幅10mmの寸法で切り出した試料を用いて測定することができる。なお、スペーサは同じ組成のも

のであれば複数のスペーサを用いて試料を作成することができる。

[0088] <ヤング率>

基板のヤング率Eは、JIS R1602:1995に基づいて測定した。測定のための試験片を、磁気ディスクから長さ50mm、幅10mm、厚さを磁気ディスクの板厚と同じ厚さの直方体として切り出し、常温で測定した。

なお、スペーサのヤング率の測定においては、磁気ディスクと同じ寸法の試料を切り出すことができないので、スペーサを加熱して熔融させた後、平坦な型へ流し込み50℃/10min以下の速度で常温まで徐冷し、厚さ0.5mmのガラス板を得る。その後長さ50mm、幅10mmの寸法で切り出した試料を用いて測定することができる。なお、スペーサは同じ組成のものであれば複数のスペーサを用いて試料を作成することができる。

[0089] <密度>

密度は、アルキメデス法にて測定した。

[0090] 磁気ディスクの熱膨張係数、ヤング率及び密度に、磁性膜が与える影響は無視できる程度であるため、磁気ディスクにおける値を基板の熱膨張係数、ヤング率及び密度とすることができる。

[0091] <衝撃試験：最大振幅>

衝撃試験は、エア・ブラウン株式会社製のAVEX-SM-110-MP型試験機により実施した。

磁気記録装置に搭載した状態の磁気ディスクに対して2[m秒]で40[G]の衝撃を磁気ディスクの主表面の法線方向に与えた。磁気ディスクの外周端部の板厚方向の振動による最大振幅を記録し、衝撃性を評価した。

[0092] <フラッタリング特性>

レーザドップラ振動計(Polytec社製OFV-512)を用いてスピンドルで回転させた磁気ディスクに振動を発生させ、この磁気ディスクの略外周端部にレーザを当てて振動を測定し、得られたデータを適宜フーリエ変換して周波数応答関数(横軸:周波数(単位:Hz)、縦軸:NR)

O (Non Repeatable Runout 非反復振れ) Amplitude (単位: nm)) を得た。次に、周波数応答関数において観察されるピークのそれぞれについて、半値幅法 (NRRO のピーク値から 3 dB 低い値に対応する周波数 f_1 、 f_2 ($> f_1$) と、当該ピーク値に対応する周波数 f_0 (共振周波数) と、を用いて算出する方法) を用いて Q 値 ($= f_0 / (f_2 - f_1)$) を求めた。得られた測定結果を、横軸周波数、縦軸 Q 値とする XY 平面にプロットし、最小二乗法による直線近似を行い、近似直線を求めた。求めた近似直線上においてあるいは必要に応じて近似直線を外挿して 3000 Hz の時の Q 値を得た。前記レーザドップラ振動計で測定された前記ディスクのフラッタ振動量である NRRO Amplitude (nm) の 1000 から 4000 Hz における総和 RSS を計算し、フラッタリング値 F [nm] とした。レーザドップラ振動計による評価では、磁気ディスクの回転数は 6900 rpm、測定位置は磁気ディスク中心からの半径位置が 46.5 mm (外周端から 1 mm 内側)、室温 (25℃) にて測定した。

なお、フラッタリング特性は、 $F \cdot D$ の値で評価した。なお、 D は、磁気ディスクの板厚 (mm) である。

[0093] (実施例及び比較例)

実施例 1 では、下記の磁気ディスク 10 枚を、下記のスペーサを挟んで積層した積層体を搭載する磁気記録装置を用いて、最大振幅及びフラッタリング特性の測定を行った。なお、他の実施例及び比較例では、磁気ディスクに用いる基板及びスペーサを表 1 に示すように変更した磁気記録装置を用いて、最大振幅及びフラッタリング特性の測定を行った。結果を表 1 に示す。

スペーサ：外周面の直径 32 mm、内周面の直径 25 mm、板厚 1.8 mm、面取面は、内外周側ともに半径方向の長さが 250 μ m で内外周面に対する角度を 45 度とした。主表面の幅 L は 3.0 mm とした。

磁気ディスク：直径 97 mm、内径 25 mm、板厚 0.5 mm 又は 0.45 mm の基板に磁性膜等を成膜した。

[0094] [表1]

表1

	基板	スペーサ	CTE(sub) (×10 ⁻⁷ /K)	CTE(spa) (×10 ⁻⁷ /K)	E(sub) (GPa)	E(spa) (GPa)	板厚(sub) (mm)	密度(spa) (g/cm ³)	CTE(sub)/ E(sub)	[CTE(sub)*E(spa)]/ [CTE(spa)*E(sub)]	CTE(sub)*E(sub) (×10 ⁴)	CTE(spa)*E(spa) (×10 ⁴)	最大歪曲 (mm)	フラッタリン グ値F(mm)	フラッタリン グ特性F・D
実施例1	SU-1	SP-1	37	33	83	65	0.5	2.23	0.45	0.88	0.3071	0.2145	0.15	78.3	39.2
実施例2	SU-2	SP-1	35	33	83	65	0.45	2.23	0.42	0.83	0.2905	0.2145	0.18	91.2	41.0
実施例3	SU-3	SP-1	45	33	98	65	0.45	2.23	0.46	0.90	0.441	0.2145	0.15	93.7	42.2
実施例4	SU-1	SP-2	37	93	83	116	0.45	4.5	0.45	0.56	0.3071	1.0788	0.22	99.6	44.8
実施例5	SU-1	SP-3	37	94	83	71	0.5	2.5	0.45	0.34	0.3071	0.6674	0.24	81.5	40.8
実施例6	SU-4	SP-3	95	94	79	71	0.5	2.5	1.20	0.91	0.7505	0.6674	0.21	83.8	41.9
実施例7	SU-2	SP-7	35	108	83	206	0.45	7.75	0.42	0.80	0.2905	2.2248	0.25	96.7	43.5
比較例1	SU-4	SP-1	95	33	79	65	0.5	2.23	1.20	2.37	0.7505	0.2145	0.30	86.2	43.1
比較例2	SU-5	SP-4	80	80	83	83	0.5	2.43	0.96	1.00	0.664	0.664	0.27	85.4	42.7
比較例3	SU-6	SP-5	70	70	83	83	0.45	2.35	0.84	1.00	0.581	0.581	0.28	103.2	46.4
比較例4	SU-7	SP-6	30	30	83	83	0.45	2.21	0.36	1.00	0.249	0.249	0.27	101.4	45.6
比較例5	SU-4	SP-2	95	93	79	116	0.45	4.5	1.20	1.50	0.7505	1.0788	0.29	100.5	45.2

[0095] 表中の各種記号の意味は以下のとおりである。

(基板)

SU-1 : ガラス基板 (ヤング率 83 GPa、熱膨張率 $37 \times 10^{-7} / K$ の無アルカリガラス製)

SU-2 : ガラス基板 (ヤング率 83 GPa、熱膨張率 $35 \times 10^{-7} / K$ の無アルカリガラス製)

SU-3 : ガラス基板 (ヤング率 98 GPa、熱膨張率 $45 \times 10^{-7} / K$ のアルカリ含有ガラス製)

SU-4 : ガラス基板 (ヤング率 79 GPa、熱膨張率 $95 \times 10^{-7} / K$ のアルカリ含有ガラス製)

SU-5 : ガラス基板 (ヤング率 83 GPa、熱膨張率 $80 \times 10^{-7} / K$ のアルカリ含有ガラス製)

SU-6 : ガラス基板 (ヤング率 83 GPa、熱膨張率 $70 \times 10^{-7} / K$ のアルカリ含有ガラス製)

SU-7 : ガラス基板 (ヤング率 83 GPa、熱膨張率 $30 \times 10^{-7} / K$ の無アルカリガラス製)

(スペーサ)

SP-1 : ガラス製スペーサ (ヤング率 65 GPa、熱膨張率 $33 \times 10^{-7} / K$ のガラス製)

SP-2 : Ti 製スペーサ (ヤング率 116 GPa、熱膨張率 $93 \times 10^{-7} / K$ の Ti 金属製)

SP-3 : ガラス製スペーサ (ヤング率 71 GPa、熱膨張率 $94 \times 10^{-7} / K$ のガラス製)

SP-4 : ガラス製スペーサ (ヤング率 83 GPa、熱膨張率 $80 \times 10^{-7} / K$ のアルカリ含有ガラス製 (ガラス基板 SU-5 と同じガラス))

SP-5 : ガラス製スペーサ (ヤング率 83 GPa、熱膨張率 $70 \times 10^{-7} / K$ のガラス製)

$7/K$ のアルカリ含有ガラス製（ガラス基板SU-6と同じガラス）

SP-6：ガラス製スペーサ（ヤング率83 GPa、熱膨張率 30×10^{-7}

$7/K$ の無アルカリガラス製（ガラス基板SU-7と同じガラス）

SP-7：ステンレス製スペーサ（ヤング率206 GPa、熱膨張率 $108 \times 10^{-7}/K$ の19Crフェライト系ステンレス製）

符号の説明

[0096] 1…磁気記録装置、2…積層構造体、21…磁気ディスク、22…スペーサ、23…スピンドル、24…クランプ部材、211…基板、213…磁気記録層、215…スピンドルホール、216…主表面、225…スピンドルホール、226…主表面、241…突起、3…ヘッドアッセンブリ、31…ヘッドスライダ

請求の範囲

- [請求項1] 磁気記録装置であって、
厚さ0.51mm以下の基板及び前記基板上に形成された磁気記録層含む、複数の磁気ディスクと、
前記複数の磁気ディスク間に配置され、磁気ディスクを所定の間隔をあけて積み重ねるためのスペーサと、を備え、
前記基板及び前記スペーサが、式(1)：
$$[CTE(sub) \cdot E(spa)] / [CTE(spa) \cdot E(sub)] < 1.0 \cdots (1)$$

(式中、
CTE(sub)は、100～300℃における前記基板の熱膨張率($\times 10^{-7}/K$)であり、
CTE(spa)は、100～300℃における前記スペーサの熱膨張率($\times 10^{-7}/K$)であり、
E(sub)は、前記基板のヤング率(GPa)であり、
E(spa)は、前記スペーサのヤング率(GPa)である。)を満たす、磁気記録装置。
- [請求項2] 前記基板及び前記スペーサが、式(2)：
$$0.30 \leq [CTE(sub) \cdot E(spa)] / [CTE(spa) \cdot E(sub)] \cdots (2)$$

を満たす、請求項1に記載の磁気記録装置。
- [請求項3] 前記スペーサが、式(3)：
$$CTE(spa) \cdot E(spa) \leq 1.0 \times 10^4 \cdots (3)$$

を満たす、請求項1に記載の磁気記録装置。
- [請求項4] 前記基板が、式(4)：
$$CTE(sub) \cdot E(sub) \leq 0.5 \times 10^4 \cdots (4)$$

を満たす、請求項1に記載の磁気記録装置。
- [請求項5] 前記基板が、ガラス基板であり、

前記ガラス基板が、式（５）：

$$\text{CTE}(\text{sub}) / \text{E}(\text{sub}) \leq 1.5 \cdots (5)$$

を満たし、

前記ガラス基板のガラス組成は

SiO_2 を55～80mol%、 Al_2O_3 を5～25mol%、 B_2O_3 を0～8mol%、MOを5～25mol%（MOは、MgO、CaO、SrO及びBaOから選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO及びBaOの含有量の合計値である。）、 M_2O を0～15mol%（ M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。）を含有する

請求項１に記載の磁気記録装置。

〔請求項6〕

磁気記録装置に搭載した状態の前記磁気ディスクに対して、2[m秒]で40[G]の衝撃を前記磁気ディスクの主表面の法線方向に与えた際に、前記磁気ディスクの外周端部の板厚方向の振動による最大振幅が0.25mm以下である、請求項１に記載の磁気記録装置。

〔請求項7〕

厚さ0.51mm以下の基板及び前記基板上に形成された磁気記録層含む、複数の磁気ディスクと、

前記複数の磁気ディスク間に配置され、磁気ディスクを所定の間隔をあけて積み重ねるためのスペーサと、を備える積層構造体であって、

前記基板及び前記スペーサが、式（１）：

$$[\text{CTE}(\text{sub}) \cdot \text{E}(\text{spa})] / [\text{CTE}(\text{spa}) \cdot \text{E}(\text{sub})] < 1.0 \cdots (1)$$

（式中、

$\text{CTE}(\text{sub})$ は、100～300℃における前記基板の熱膨張率（ $\times 10^{-7}/\text{K}$ ）であり、

$\text{CTE}(\text{spa})$ は、100～300℃における前記スペーサの熱

膨張率 ($\times 10^{-7}/K$) であり、

$E(sub)$ は、前記基板のヤング率 (GPa) であり、

$E(spa)$ は、前記スペーサのヤング率 (GPa) である。))

を満たす、積層構造体。

[請求項8] 前記基板及び前記スペーサが、式 (2) :

$$0.30 \leq [CTE(sub) \cdot E(spa)] / [CTE(spa) \cdot E(sub)] \cdots (2)$$

を満たす、請求項7に記載の積層構造体。

[請求項9] 前記スペーサが、式 (3) :

$$CTE(spa) \cdot E(spa) \leq 1.0 \times 10^4 \cdots (3)$$

を満たす、請求項7に記載の積層構造体。

[請求項10] 前記基板が、式 (4) :

$$CTE(sub) \cdot E(sub) \leq 0.5 \times 10^4 \cdots (4)$$

を満たす、請求項7に記載の積層構造体。

[請求項11] 前記基板が、ガラス基板であり、

前記ガラス基板が、式 (5) :

$$CTE(sub) / E(sub) \leq 1.5 \cdots (5)$$

を満たし、

前記ガラス基板のガラス組成は

SiO_2 を 55~80mol%、 Al_2O_3 を 5~25mol%、 B_2O_3 を 0~8mol%、MO を 5~25mol% (MO は、MgO、CaO、SrO 及び BaO から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、MgO、CaO、SrO 及び BaO の含有量の合計値である。) 、0~15mol% の M_2O (M_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選ばれる少なくとも一種であり、その含有量は、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O の合計値である。) を含有する

請求項7に記載の積層構造体。