

明 細 書

発明の名称： ガラススペーサ及びハードディスクドライブ装置

技術分野

[0001] 本発明は、磁気記録用ハードディスクドライブ装置内の磁気ディスクに接するように設けられるリング状のガラススペーサ及びこのガラススペーサを用いたハードディスクドライブ装置に関する。

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装置（以下、HDD装置という）が用いられている。これに伴って、各HDD装置にも従来に比べて記憶容量の大容量化が望まれている。

従来のHDD装置では、磁気ヘッドと磁気ディスク間の浮上間隔を狭小化したり、磁気ディスク上の磁性粒子の微細化によって記録密度を向上させてきたが、近年上記対応が物理的限界に近づきつつあるため、上記HDD装置の記憶容量の大容量化には十分対応できていない。このため、HDD装置に搭載される磁気ディスクの枚数を増加することが考えられる。

[0003] ところで、HDD装置には、HDD装置内の磁気ディスク同士の間、磁気ディスク同士を離間させて保持するためのリング状の磁気ディスク用スペーサが設けられている。このスペーサは、磁気ディスクが接触せず、磁気ディスク同士が精度高く所定の位置に離間して配置されるように機能する。一方、スペーサは磁気ディスクと接触するので、この接触による磁気ディスクとスペーサの相対的な位置ずれ等によるこすれによってスペーサから微粒子等の異物が発生する場合がある。この場合、発生した微粒子によってHDD装置の長期信頼性が失われやすくなる。このため、スペーサから発生する微粒子を低減するとが望まれている。

[0004] このようなスペーサとして、基板に接する部分（スペーサの主表面）の平均表面粗さが0.001～0.005 μm であるガラススペーサが知られて

いる（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特許第４１３６２６８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記スペーサでは、主表面の表面粗さは小さいので、微粒子の発生を抑制することができる。しかし、スペーサの主表面の表面粗さを小さくすると、スペーサと磁気ディスクの密着力が高くなり以下に述べる不都合が生じる場合がある。

[0007] ガラス製のスペーサと磁気ディスクは、ＨＤＤ装置への組み付け時、磁気ディスクとスペーサの内孔がＨＤＤ装置のスピンドルに交互に差し込まれて積層された後、スピンドル軸方向から押さえつけられて、ＨＤＤ装置内に組み付けられる。

組み付けられたＨＤＤ装置については、性能試験等の検査が行われる。性能試験等において不具合の発見されたＨＤＤ装置では、不具合のある磁気ディスクを抜き取るために、積層された磁気ディスク及びスペーサが順番にスピンドルから抜き取られる。このとき、スペーサと磁気ディスクはスピンドル軸方向に強く押さえつけられて接触しているので、スペーサと磁気ディスクが密着してしまい剥がせなくなる場合がある。このため、磁気ディスクとスペーサの密着力は可能な限り抑えることが好ましい。

特に、ＨＤＤ装置に搭載する磁気ディスクの搭載枚数が多い場合、磁気ディスク間のスペーサの数も多くなるため、磁気ディスクとスペーサの密着が発生する可能性はますます高くなる。

近年、記録密度向上のために、磁気ディスクの主表面の表面粗さはいっそう小さくなっているため、上記密着の問題はより大きくなっている。

[0008] そこで、本発明は、磁気ディスクとスペーサが組みつけられたＨＤＤ装置

から、磁気ディスク及びスペーサを抜き取るとき、磁気ディスクとスペーサの密着を生じにくくすることができるガラススペーサ及びHDD装置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

[0009] 本発明の一態様は、ハードディスクドライブ装置内において磁気ディスクに接するように設けられるリング状のガラススペーサであって、

前記ガラススペーサの前記磁気ディスクと接する主表面の表面粗さ R_a は、 $1.0 \mu m$ 以下であり、前記主表面の下記式(1)を用いて得られる平均傾斜 $R_{\Delta a}$ は、 0.02 以上である。

[数1]

$$R_{\Delta a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{dz_i}{dX} \right| \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 dz_i/dX は、以下の式(2)で表され、 ΔX は、表面粗さの計測データのデータ間隔 [μm] であり、 z_i (i は自然数) は、 i 番目の計測データである。

[数2]

$$\frac{dz_i}{dX} = \frac{1}{60 \cdot \Delta X} \left(z_{i+3} - 9z_{i+2} + 45z_{i+1} - 45z_{i-1} + 9z_{i-2} - z_{i-3} \right) \dots\dots\dots (2)$$

[0010] 前記表面粗さ R_a は、 $0.5 \mu m$ 以下である、ことが好ましい。

前記表面粗さ R_a は、 $0.01 \mu m$ 以上である、ことが好ましい。

[0011] 前記ガラススペーサの、少なくとも前記主表面上に金属膜が形成されている、ことが好ましい。

[0012] 本発明の他の一態様は、前記ガラススペーサと前記磁気ディスクを含むハードディスクドライブ装置である。

[0013] 前記ハードディスクドライブ装置において、前記磁気ディスクがガラス基板に磁性膜が形成されたディスクである、ことが好ましい。

また、ハードディスクドライブ装置において、前記磁気ディスクの主表面の表面粗さ R_a は、 0.3 nm 以下である、ことが好ましい。

[0014] 前記ハードディスクドライブ装置は、前記磁気ディスクを8枚以上搭載する、ことが好ましい。

発明の効果

[0015] 上述のガラススペーサ及びHDD装置によれば、HDD装置から、磁気ディスク及びスペーサを抜き取るとき、磁気ディスクとスペーサの密着を生じにくくすることができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]一実施形態の磁気ディスク用スペーサの外観斜視図である。

[図2]一実施形態のスペーサと磁気ディスクとの配置を説明する図である。

[図3]一実施形態のスペーサが組み込まれるHDD装置の構造の一例を説明する要部断面図である。

[図4] (a) は、一実施形態のスペーサの主表面の凹凸形状の一例を模式的に説明する図であり、(b) は、従来のスペーサの主表面の凹凸形状の一例を模式的に説明する図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明のガラススペーサについて詳細に説明する。

図1は、一実施形態のガラススペーサ（以下、単にスペーサという）1の外観斜視図であり、図2は、スペーサ1と磁気ディスク5との配置を説明する図である。図3は、スペーサ1が組み込まれるHDD装置の構造の一例を説明する要部断面図である。

[0018] スペーサ1は、図2に示すように、磁気ディスク5とスペーサ1が交互に重ねられてHDD装置に組み込まれる。図3に示すように、複数枚の磁気ディスク5は、モーター12に接続して回転するスピンドル14にスペーサ1を介して嵌挿され、さらにその上のトップクランプ16を介してネジで上方から押さえられてスピンドル14に固定されることにより、所定間隔をもって取付けられる。

[0019] 図2に示すように、スペーサ1は2つの磁気ディスク5の間に位置するように、スペーサ1と磁気ディスク5が交互に配置され、隣り合う磁気ディスク5間の隙間を所定の距離に保持する。なお、以下の実施形態で説明するスペーサ1は、2つの磁気ディスク5の間に磁気ディスク5に接するように設けられるスペーサを対象とするが、本発明の対象とするスペーサは、最上層あるいは最下層の磁気ディスク5のみと接するスペーサをも含む。

[0020] スペーサ1は、図1に示すように、リング形状を成しており、外周端面2、内周端面3、及び互いに対向する主表面4を備える。スペーサ1の表面には、適宜、面取面（図示せず）を設けてもよい。

内周端面3は、スピンドル14と接する面であり、スピンドル14の外径よりもわずかに大きい内径の孔を囲む壁面である。

主表面4は、磁気ディスク5と接する互いに平行な2つの面である。スペーサ1は磁気ディスク5の主表面と接触し摩擦力によって磁気ディスク5を固定する。

このため、磁気ディスク5と接触する主表面4の表面粗さ R_a （算術平均粗さ）及び平均傾斜 $R_{\Delta a}$ は、後述するように定められている。

[0021] ここで、以降表面粗さとして説明する R_a （算術平均粗さ）や R_z （最大高さ）は、JIS B 0601-2001（ISO 4287-1997）に準拠する。また、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ は、ASME B46-1995に準拠する。これらのパラメータは、例えば、スタイラスを用いる触針式の表面粗さ計を用いて計測されたデータから算出される。使用するスタイラスは、例えば、先端曲率半径が $2\mu\text{m}$ 、円錐のテーパ角度が 60° のものを用いる。その他の測定・算出パラメータは、例えば、測定長を $400\mu\text{m}$ 、測定分解能（ピッチ： ΔX ）を $0.1\mu\text{m}$ 、スキャン速度を $0.1\text{mm}/\text{sec}$ 、ローパスフィルタのカットオフ値（ L_s ）を $2.5\mu\text{m}$ 、ハイパスフィルタのカットオフ値（ L_c ）を $80\mu\text{m}$ とする。

[0022] 具体的には、スペーサ1の磁気ディスク5と接する主表面4の表面粗さ R_a は、 $1.0\mu\text{m}$ 以下である。上記表面粗さ R_a が $1.0\mu\text{m}$ 超の場合、ス

ペーサ 1 は脆性材料であるガラス製であるので、磁気ディスク 5 と接触した際に主表面 4 の表面凹凸の凸部の先端が割れるなどして、スパーサ 1 から微粒子等の異物が発生し、HDD 装置の長期信頼性が低下する。したがって、上記表面粗さ R_a は $1.0 \mu\text{m}$ 以下である。また、主表面 4 の下記式 (1) を用いて得られる平均傾斜 $R_{\Delta a}$ は、 0.02 以上である。

[数1]

$$R_{\Delta a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{dz_i}{dX} \right| \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 dz_i/dX は、下記の式 (2) で表され、 ΔX は、表面粗さの計測データのデータ間隔 [μm] であり、上記例では測定分解能 (ピッチ) $0.1 \mu\text{m}$ に対応し、 z_i (i は自然数) は、 i 番目の計測データである。 n は、計測データの総数 ($n > 6$) である。

[数2]

$$\frac{dz_i}{dX} = \frac{1}{60 \cdot \Delta X} \left(z_{i+3} - 9z_{i+2} + 45z_{i+1} - 45z_{i-1} + 9z_{i-2} - z_{i-3} \right) \dots\dots\dots (2)$$

式 (2) は、サピツキーーゴレーフィルタで用いる式である。なお、 dz_i/dX における i が 1 、 2 、 3 、 $(n-2)$ 、 $(n-1)$ 、あるいは n であるとき、式 (2) の右辺中に z_{-2} 、 z_{-1} 、 z_0 、 z_{n+1} 、 z_{n+2} 、 z_{n+3} が現れるが、これらは、総数 n の計測データとして存在しない。この場合、総数 n の計測データを計測する前後において、計測範囲の外側に隣接した部分として予備的に計測した予備計測データを利用し、該当する予備計測データを z_{-2} 、 z_{-1} 、 z_0 、 z_{n+1} 、 z_{n+2} 、 z_{n+3} として用いる。

[0023] このように、表面粗さ R_a を $1.0 \mu\text{m}$ 以下とすることにより、スパーサ 1 の凹凸が小さくなるので発生する微粒子の数は少なくなる。また、スパーサ 1 が、主表面 4 の凹凸により磁気ディスク 5 の表面への傷をつき難くする効果も期待できる。同様の観点から、表面粗さ R_a は $0.7 \mu\text{m}$ 以下であると好ましく、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下であるとより好ましい。

一方、スペーサ 1 の主表面 4 の表面粗さ R_a が小さくなるほど磁気ディスク 5 との密着力が増大する。しかし、密着力が過度になると、磁気ディスク 5 とスペーサ 1 を HDD 装置から抜き取る場合、密着した磁気ディスク 5 とスペーサ 1 の分離が困難になる場合がある。

上述したように、組みつけられた HDD 装置については、性能試験等の検査が行われる。性能試験等において不具合の発見された HDD 装置では、不具合のある磁気ディスク 5 を抜き取るために、積層された磁気ディスク 5 及びスペーサ 1 が順番にスピンドル 14 から抜き取られる。このとき、磁気ディスク 5 とスペーサ 1 が密着していると、スペーサ 1 の分離に失敗したり、分離するときに異物が発生して磁気ディスク 5 の表面に微粒子の異物が付着する場合がある。このような微粒子は、HDD 装置の長期信頼性の低下の要因となる。

このため、本実施形態では、磁気ディスク 5 とスペーサ 1 が密着を抑制するように、表面粗さ R_a を $1.0 \mu\text{m}$ 以下としつつ、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.02 以上とする。同様の観点から、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.05 以上とすることが好ましく、 0.10 以上であることがより好ましい。平均傾斜 $R_{\Delta a}$ の上限は必ずしも設ける必要はないが、例えば 0.3 としてもよい。平均傾斜 $R_{\Delta a}$ が 0.3 を超えると、磁気ディスク 5 の表面を傷つける恐れがある。

磁気ディスク 5 とスペーサ 1 が密着した場合、密着した磁気ディスク 5 とスペーサ 1 を強い力で分離することになるので、磁気ディスク 5 の表面の一部が微粒子となって離脱する場合がある。このような微粒子は、磁気ディスクに移着して HDD 装置の長期信頼性の低下の要因となるので好ましくない。表面粗さ R_a を $1.0 \mu\text{m}$ 以下とし、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.02 以上とすることで、磁気ディスク 5 とスペーサ 1 の密着を抑制することができるので、微粒子の発生数も抑制することができる。

[0024] 主表面 4 の表面粗さ R_a が同じであっても、表面の凹凸形状は様々に変化する。図 4 (a) は、一実施形態のスペーサの主表面の凹凸形状の一例を模式的に説明する図であり、(b) は、従来のスペーサの主表面の凹凸形状の

一例を模式的に説明する図である。表面粗さ R_a が同じであっても、図4 (a), (b) に示すように、周期の短い凹凸がある場合と、周期の長い凹凸がある場合とでは、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ は異なる。周期の短い凹凸がある凹凸形状における平均傾斜 $R_{\Delta a}$ は、周期の長い凹凸がある凹凸形状における平均傾斜 $R_{\Delta a}$ に比べて大きい。このような周期の短い凹凸が主表面4にあるので、磁気ディスク5とスペーサ1は密着し難い。

なお、平均傾斜面 $R_{\Delta a}$ を定める上記式(2)に示す ΔX は、 $0.05 \sim 0.2 \mu m$ であることが好ましく、 ΔX は、 $0.08 \sim 0.12 \mu m$ であることが好ましく、特に、 ΔX は $0.1 \mu m$ であることが好ましい。 ΔX が上記範囲内で平均傾斜面 $R_{\Delta a}$ が 0.02 以上であることが好ましい。

[0025] 一実施形態によれば、スペーサ1の表面粗さ R_a は、 $0.01 \mu m$ 以上であることが好ましい。表面粗さ R_a が $0.01 \mu m$ 未満の場合、磁気ディスク5へ傷をつき難くできるが、スピンドル14を回転させた時に磁気ディスク5とスペーサ1の接触面同士が滑ってズレを生じる恐れがある。これは、磁気ディスク5の表面に設けられている潤滑剤の影響による。潤滑剤は液体であるため、接触面の隙間を埋めるように移動して、スペーサ1又は磁気ディスク5の主表面に平行な方向には滑りやすく、磁気ディスク5とスペーサ1とを分離する方向(即ち、主表面4に垂直な方向)には密着力を高める作用がある。特に、磁気ディスク5の表面には、通常膜厚 $1 nm$ 程度の潤滑剤の膜が設けられているが、この潤滑膜がスペーサ1側の表面に移着して、スペーサ1の主表面4の凹凸形状の溝部の一部を埋めてしまうと、スペーサ1又は磁気ディスク5の主表面に平行な方向ではスペーサ1又は磁気ディスク5がお互いに一層滑りやすくなり、主表面4に垂直な方向ではスペーサ1と磁気ディスク5との密着力が一層高まる恐れがある。この現象は、潤滑剤のメニスカス力の影響と考えられ、潤滑剤の膜厚が厚いほど発生しやすくなる。

上記を考慮した場合、表面粗さ R_a を $0.01 \mu m$ 以上 $1.0 \mu m$ 以下とし、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.02 以上とすることにより、磁気ディスク5とス

ペーサ 1 との間の密着力を低下させることができる。磁気ディスク 5 とスペーサ 1 との密着力を、より確実に低下させるためには、表面粗さ R_a は $0.05\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上であることが一層好ましく、さらに、 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上であることがより一層好ましい。

[0026] 一実施形態によれば、スペーサ 1 の、少なくとも磁気ディスク 5 と接する主表面 4 上に金属膜が形成されていることが好ましい。特に、スペーサ 1 はガラスで構成され絶縁体であるので、静電気が磁気ディスク 5 やスペーサ 1 に溜まり易い。磁気ディスク 5 やスペーサ 1 が帯電すると異物や微粒子が吸着され易くなるほか、溜まった静電気の磁気ヘッドへの放電によって、磁気ヘッドの記録素子や生素子が破壊されることがあるので好ましくない。したがって、静電気を除去するため、スペーサ 1 に電気伝導性を付与するために、スペーサ 1 の表面に導電膜である金属膜を形成することが好ましい。金属膜は、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。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、とすることができる。ニッケル合金は非磁性とすることが好ましい。

[0027] 一実施形態によれば、主表面 4 の他に外周端面 2 及び内周端面 3 にも上記金属膜が形成されることも好ましい。磁気ディスク 5 と接触するスペーサ 1 の上下の主表面 4 に金属膜が形成されている場合、外周端面 2 と内周端面 3 については、上下の主表面 4 上の金属膜を導通できるように少なくともいずれか一方に金属膜が形成されていればよく、例えば内周端面 3 にだけに形成することもできる。このようにすることで電気伝導性がより高まり静電気除去能力が高まる。上記理由により、スペーサ 1 の全面に金属膜を形成するのが最も好ましい。金属膜の厚さは、上記静電気を外部に逃がすことができる電気伝導性を有する程度でよく、例えば例えば $0.01 \sim 10\ \mu\text{m}$ である。このような金属膜を主表面 4 に形成した場合においても、主表面 4 の表面粗さ R_a 及び平均傾斜 $R_{\Delta a}$ の数値範囲は上記範囲である。

なお、スペーサ1が導電性のガラスから形成されているときには、直接スペーサ1を通して磁気ディスク5に帯電する静電気を外部に逃がすことができるので、金属膜は設けなくてもよい。

[0028] このようなスペーサ1は、磁気ディスク5を8枚以上搭載するHDD装置において好適である。磁気ディスク5がHDD装置に通常の6枚より多く8枚以上搭載されると、トップクランプ16により磁気ディスク5とスペーサ1をよりしっかりと押し付ける（クランプする）ことが必要になり、トップクランプ16による押圧圧力を大きくする必要がある。これにより、HDD装置に組み付けたスペーサ1と磁気ディスク5との密着力は増えるので、スペーサ1を磁気ディスク5から外す際に抜き取りの失敗が増大し易くなる。しかし、スペーサ1では、押圧圧力が大きくなっても、表面粗さ R_a 及び平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を上述した数値範囲に限定しているので、スペーサ1と磁気ディスク5の密着は生じ難く、容易に、スペーサ1と磁気ディスク5を分離することができる。このように抜き取りの失敗を抑制できるスペーサ1は好適である。同様の理由から、実施形態のスペーサ1は、磁気ディスク5を9枚以上搭載するHDD装置に用いるとより好適であり、磁気ディスク5を10枚以上搭載するHDD装置に用いるとより一層好適である。

[0029] 磁気ディスク5は、アルミ合金基板又はガラス基板に磁性膜が形成されたディスクであることが好ましい。ここで、磁気ディスク5の表面粗さ R_a が0.3nm以下になるとスペーサ1との密着が発生しやすくなり、0.2nm以下になると特に発生しやすい。しかし、本実施形態のスペーサ1は高い密着抑制効果を有するため、磁気ディスク5の表面粗さが上記いずれの場合においても好適に密着を抑制することができる。すなわち、スペーサ1は表面粗さ R_a が0.3nm以下の磁気ディスク5とともに用いる場合に好適であり、表面粗さ R_a が0.2nm以下の磁気ディスク5とともに用いる場合に特に好適である。

[0030] 一実施形態によれば、スペーサ1の外周端面2の表面粗さ R_z （最大高さ）は1.5～20 μm であることが好ましい。組み付けられたHDD装置が

ら不具合のある磁気ディスクを抜き取るリワーク作業中のスペーサ1を抜き取る作業をスペーサ1の外周端面2の把持によって行う場合に、表面粗さ R_z （最大高さ）を $1.5\mu\text{m}$ 未満とすると、スペーサ1の外周端面2を把持した把持治具からスペーサ1が滑り落ちてしまう場合がある。表面粗さ R_z （最大高さ）が $20\mu\text{m}$ より大きい場合、スペーサ1が把持治具の表面を削ってしまい微小異物が発生する場合がある。

[0031] スペーサ1の材質は、特に限定されるものではなく、アルミノシリケートガラス、ソーダライムガラス、ソーダアルミノケイ酸ガラス、アルミノボロンシリケートガラス、ボロンシリケートガラス、石英ガラスまたは結晶化ガラスなどが挙げられる。アルミノシリケートガラスは例えば、二酸化ケイ素（ SiO_2 ）：59～63質量%、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）：5～16質量%、酸化リチウム（ Li_2O ）：2～10質量%、酸化ナトリウム（ Na_2O ）：2～12質量%、酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）：0～5質量%を成分とするガラスを用いることができる。このガラスは、剛性が高く、熱膨張係数が低い点で、スペーサ1に好適である。ソーダライムガラスは例えば、 SiO_2 ：65～75質量%、 Al_2O_3 ：1～6質量%、 CaO ：2～7質量%、 Na_2O ：5～17質量%、 ZrO_2 ：0～5質量%を成分とするガラスを用いることができる。このガラスは、比較的柔らかく研削や研磨が容易であるので、表面平滑度を高め易い点で、スペーサ1に適している。

ガラス製であるスペーサ1は、磁気ディスク5がガラス基板に磁性膜が形成されたディスクと組み合わせることが好ましい。これにより、スペーサ1と磁気ディスク5の熱膨張率を同程度に揃えることができ、HDD装置内の温度変化が生じて温度変化により熱膨張の差によってスペーサ1と磁気ディスク5の相対的な位置の変化によるズレや擦れが少なく、ズレによる記録信号の読み取りエラーや擦れによる微粒子の発生を抑制することができる。

[0032] ガラス製であるスペーサ1は、フロート法やダウンドロー法などにより製造した板状ガラスをリング状に切り出したもの、プレス法で熔融ガラスを成型したもの、管引き法で製造したガラス管を適当な長さにスライスしたもの

などいずれの方法によるものでも素材として用いることができる。このように成形されたリング状ガラスの外周端面2、内周端面3、及び主表面4に対し、面取等の形状加工、研削、研磨、エッチング処理等が必要に応じて選択して施される。主表面4の研削では、例えば、遊離砥粒を用いたラッピング処理や、ダイヤモンドの固定砥粒（ダイヤモンドパッド）などを用いた遊星歯車方式による研削処理を行うことができる。主表面4の研磨では、例えば、酸化セリウムや二酸化ケイ素の微粒子を含む研磨液を用いた遊星歯車方式による研磨処理を行うことができる。

主表面4の研削処理において、ダイヤモンド砥粒などを固定砥粒として用いる場合、1つの粒子を固定砥粒として用いてもよいし、複数の粒子をビトリファイド等で結合させて形成した凝集体を固定砥粒として用いてもよい。特にダイヤモンドを含む固定砥粒はガラスに対する切れ味がよいため、表面形状における平均傾斜 $R\Delta a$ を大きくする上で好適である。固定砥粒は、例えば樹脂の中に分散されるとともに固定されている。

[0033] 固定砥粒の平均粒径（ D_{50} ）は、 $5\sim 100\mu m$ であることが好ましい。また、複数の粒子をビトリファイド等で結合させて形成した凝集体を1つの固定砥粒とする場合、上記粒子の平均粒径（ D_{50} ）は $0.5\sim 15\mu m$ であることが好ましく、上記凝集体の平均粒径（ D_{50} ）は $5\sim 100\mu m$ の範囲内であることが好ましい。平均粒径（ D_{50} ）は、光散乱法により測定された粒度分布における粉体の集団の全体積を100%として累積カーブを求めたとき、その累積カーブが50%となる点の粒径を言う。

上記主表面4の研削や研磨に用いる装置としては、上下の定盤を備え、遊星歯車運動によってワークの2つの主表面を同時に研削（又は研磨）することが可能な両面研削装置（又は研磨装置）を用いることができる。

そして、例えば、遊離砥粒や固定砥粒のサイズ、上下定盤の圧力（被加工物への荷重）、圧力の変化のさせ方（多段階での圧力の変化など）、研削あるいは研磨の処理時間などを調整することにより、表面粗さ Ra 及び平均傾斜 $R\Delta a$ を調整することができる。例えば、ダイヤモンドパッドを用いて主

表面を研削処理する場合、固定砥粒のサイズを大きくすることで、表面粗さ R_a 及び／又は平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を大きくすることができる。ここで、固定砥粒として凝集体を用いる場合、凝集体自体のサイズその他、それに含まれる粒子のサイズによって傾向が異なるので適宜表面粗さ R_a 及び／又は平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を調整することができる。また、上下定盤の圧力を高めると、表面粗さ R_a 及び／又は平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を大きくすることができる。

上記処理後さらに、フッ酸やケイフッ酸を含むエッチング液を用いて化学的に研磨（エッチング処理）してもよい。エッチング液の成分、エッチング液の濃度、処理時間などを調節することで、表面粗さ R_a 及び／又は平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を変化させることができる。研削処理及び／又はエッチング処理の後、さらに研磨処理を行ってもよい。研磨処理を行うと、表面粗さ R_a 及び／又は平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を小さくすることができる。研磨処理の後にエッチング処理を行ってもよい。これらの研削方法及び研磨方法を適宜組み合わせることで所望の表面形状の主表面 4 を形成することができる。スペーサ 1 の外周端面 2 及び内周端面 3 を研削及び／又は研磨し、つづいて主表面 4 の研削及び／又は研磨をすることが好ましい。

[0034] スペーサ 1 の寸法は、搭載される HDD の仕様によって適宜変更すればよいが、公称 3.5 インチ型の HDD 装置向けであれば、外径（外周端面 2 の直径）は例えば 31 ～ 33 mm であり、内径（内周端面 3 の直径）は例えば 25 mm であり、厚さは例えば 1 ～ 4 mm である。主表面 4 の内周側又は外周側の末端部を、適宜面取加工して、面取面を設けてもよい。

[0035] （実験例）

スペーサ 1 の効果を確認するために、主表面の表面凹凸を種々変更したスペーサを作製した（サンプル 1 ～ 30）。作製したスペーサの内径は 25 mm、外径は 32 mm、厚さは 2 mm である。面取面の角度は 45 度であり、面取面の半径方向の幅は 150 μm であり、面取面の仕様は全て同じとした。まず、板状ガラスをリング状に切り出したガラス素材に対し、外周端部及び内周端部を、総形砥石を用いて研削し、外周端面、内周端面、及び面取面

を形成した。次に、ダイヤモンド微粒子をビトリファイドで結合させた凝集体を固定砥粒とする研削パッドを上下の定盤に張り付けた遊星歯車方式の両面研削装置を用いて主表面の研削を行った。主表面における種々の表面凹凸の形態を作るために、研削パッドにおける固定砥粒サイズ、定盤荷重、研削処理時間等を変えた。外周端面及び内周端面における表面粗さ R_z は $5\text{ }\mu\text{m}$ に揃え、主表面4における表面粗さ R_a と平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を変更した。なお上記固定砥粒の研削パッドによる研削処理後、必要に応じて、適宜、遊離砥粒による主表面のラッピング、研磨処理、あるいはエッチング処理を組み合わせで行った。

[0036] (密着性の評価)

作製したスペーサを、図3に示すように、3枚の磁気ディスクと4枚のスペーサを用いてHDD装置を模擬した試験装置に組み込んで、トップクランプ16で押さえつけて磁気ディスク(主表面の表面粗さ R_a は 0.2 nm)を組みつけた後、30分間放置してから、再度磁気ディスクとスペーサをばらばらに取り出す作業を行った。使用した磁気ディスクは、外径95mm、内径25mm、板厚0.635mmの公称3.5インチの磁気ディスク用ガラス基板に磁性膜等を成膜し、その最表面に膜厚1nmの潤滑剤を設けたものである。具体的には、スペーサの主表面のほぼ全面を吸着するタイプのリング状の吸着部を有する真空吸着治具(磁気ディスク5を取り外す場合は主表面の最内周側が吸着される)を用いて密着(分離不可)の発生の有/無を調査した。

[0037] (潤滑剤の移着の評価)

磁気ディスクとスペーサとの密着の可能性を評価するために、磁気ディスクとスペーサを組み付けた後の磁気ディスクに設けられた潤滑剤の移着痕について評価を行った。使用した磁気ディスクは、外径95mm、内径25mm、板厚0.635mmの公称3.5インチの磁気ディスク用ガラス基板に磁性膜等を成膜し、その最表面に膜厚1nmの潤滑剤を設けたものである。作製したスペーサを、図3に示す3枚の磁気ディスクと4枚のスペーサと異

なり、8枚の磁気ディスクと9枚のスペーサを用いてHDD装置を模擬した試験装置に組み込んで、トップクランプで押さえつけて磁気ディスク（表面粗さR_aは0.2nm）を組みつけた後、60分間放置してから、磁気ディスクとスペーサをばらばらに取り出す作業（組み付けと分離の作業）を行った。上記作業後の磁気ディスクの主表面の内周端面側の、スペーサの主表面と接触した部分について暗室中で集光ランプを当てながら目視検査を行って、潤滑剤の移着痕を調べた。潤滑剤は液体であるため、潤滑剤の一部がメニスカス力の影響によってスペーサ表面の凹部に移着することがある。移着痕は、潤滑剤の膜厚にムラがあることを示す。移着が発生すると、上記組み付けと分離の作業を2回以上行ったとき、移着した潤滑剤がスペーサの主表面の凹凸形状の溝部の一部を埋めて密着が発生する可能性が高くなるので好ましくない。潤滑剤の移着について以下の基準に基づいて判定して評価した。

レベル1：移着痕が発生した磁気ディスクが1枚以下、

レベル2：移着痕が発生した磁気ディスクが2～3枚、

レベル3：移着痕が発生した磁気ディスクが4枚以上。

[0038]

[表1]

	スペーサの表面粗さRa[μ m]	スペーサの平均傾斜R Δ	密着の有/無	潤滑剤の移着の評価
サンプル1	0.3	0.01	有り	-
サンプル2	0.3	0.02	無し	レベル3
サンプル3	0.3	0.04	無し	レベル3
サンプル4	0.3	0.05	無し	レベル2
サンプル5	0.3	0.08	無し	レベル2
サンプル6	0.3	0.10	無し	レベル1
サンプル7	0.3	0.12	無し	レベル1
サンプル8	0.3	0.16	無し	レベル1
サンプル9	0.3	0.20	無し	レベル1
サンプル10	0.3	0.25	無し	レベル1
サンプル11	0.5	0.01	有り	-
サンプル12	0.5	0.02	無し	レベル3
サンプル13	0.5	0.05	無し	レベル2
サンプル14	0.5	0.10	無し	レベル1
サンプル15	0.5	0.20	無し	レベル1
サンプル16	0.5	0.25	無し	レベル1
サンプル17	0.1	0.01	有り	-
サンプル18	0.1	0.02	無し	レベル3
サンプル19	0.1	0.05	無し	レベル2
サンプル20	0.1	0.10	無し	レベル1
サンプル21	0.1	0.20	無し	レベル1
サンプル22	0.7	0.01	有り	-
サンプル23	0.7	0.02	無し	レベル3
サンプル24	0.7	0.05	無し	レベル2
サンプル25	0.7	0.10	無し	レベル1
サンプル26	0.7	0.20	無し	レベル1
サンプル27	0.7	0.25	無し	レベル1
サンプル28	1.0	0.10	無し	レベル1
サンプル29	1.0	0.20	無し	レベル1
サンプル30	1.0	0.30	無し	レベル1

[0039] 上記表1のサンプル1～30によると、主表面の表面粗さ R_a を $1.0\mu\text{m}$ 以下、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.02 以上とすることにより、密着力が低下して密着が抑制されることがわかる。

また、潤滑剤の移着の評価結果より、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.05 以上とすることにより潤滑剤の移着が減り、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.10 以上とすることによりさらに移着が減ることがわかる。このため、平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を 0.05 以上、さらには 0.10 以上とすることにより、磁気ディスクとスペーサの組み付けと分離の作業を2回以上行っても密着の可能性は生じにくい。

[0040] なお、サンプル7のスペーサ1の外周端面2、内周端面3、及び主表面4に、厚さ $1\mu\text{m}$ の均一の金属膜、具体的にはNi-P合金（P：10質量%、残部Ni）の金属膜を無電解メッキにより形成した。この金属膜が形成されたスペーサ1を図3に示すHDD装置10に組み込んだ。このとき、全ての磁気ディスク5及びスペーサ1について、スピンドル14との間の導通をテスターによって確認することができた。すなわち、スペーサ1に金属膜を形成することにより、静電気が磁気ディスク5やスペーサ1に溜まり難くなり、磁気ディスク5やスペーサ1への異物や微粒子の吸着が少なくなるなどの効果が得られるといえる。

これより、本実施形態の効果は明らかである。

[0041] このようなスペーサ1は、以下のように製造することができる。すなわち、一実施形態は、ハードディスクドライブ装置内において磁気ディスク5に接するように設けられるリング状のスペーサ1の製造方法である。

この製造方法は、ダイヤモンド微粒子を含む固定砥粒の研削パッドを上下の定盤に張り付けた遊星歯車方式の両面研削装置を用いてスペーサ1の素となるリング状のガラス素板の主表面の研削を行う研削処理を含む、ことを特徴とする。

一実施形態によれば、固定砥粒は、ダイヤモンド微粒子をビトリファイドで結合させた凝集体を含むことが好ましい。

この製造方法の研削処理により、スペーサの磁気ディスクと接する主表面

の表面粗さ R_a を、 $1.0 \mu m$ 以下とし、スペーサの主表面の平均傾斜 $R_{\Delta a}$ を、 0.02 以上とすることができる。

[0042] 以上、本発明のガラススペーサ及びハードディスクドライブ装置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等に限定されず、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。

符号の説明

- [0043]
- 1 ガラススペーサ
 - 2 外周端面
 - 3 内周端面
 - 4 主表面
 - 5 磁気ディスク
 - 10 ハードディスクドライブ装置
 - 12 モーター
 - 14 スピンドル
 - 16 トップクランプ