

明 細 書

発明の名称：磁気ディスク用ガラス基板、磁気ディスク

技術分野

[0001] 本発明は、磁気ディスク用ガラス基板、磁気ディスクに関する。

背景技術

[0002] 今日、パーソナルコンピュータ、あるいはDVD (Digital Versatile Disc) 記録装置等には、データ記録のためにハードディスク装置(HDD: Hard Disk Drive)が内蔵されている。特に、ノート型パーソナルコンピュータ等の可搬性を前提とした機器に用いられるハードディスク装置では、ガラス基板に磁性層が設けられた磁気ディスクが用いられ、磁気ディスクの面上を僅かに浮上させた磁気ヘッドで磁性層に磁気記録情報が記録され、あるいは読み取られる。このときの磁気ディスクの回転数は、例えば5400rpm程度である。この磁気ディスクの基板として、金属基板(アルミニウム基板)等に比べて剛性が高く耐衝撃性に強いガラス基板が好適に用いられる。なお、磁気ディスク用ガラス基板の板厚は、例えば2.5インチサイズの磁気ディスクの場合、一般的に0.635mmあるいは0.8mmである。

[0003] 近年、ネットワークサーバ装置等の据え置き型のサーバ装置に使用される磁気ディスクでは、アクセスタイムや転送速度のさらなる向上を目指して、磁気ディスクの高速回転化が要請されている。磁気ディスクを従来よりも高速で回転させる場合、従来の磁気ディスク用アルミニウム基板の板厚を増加させたとしても剛性が不足し、フラッタリングが生じてしまう。ここで、フラッタリングとは、基板の回転によって基板が振動する(ばたつく)現象である。そこで、特許文献1には、高速回転時のフラッタリングを低減するために、主表面に平行な面に投影された投影像の内周から外周までの間隔Sの最大値S_{max}と最小値S_{min}との差ΔSを2μm未満とした磁気ディスク用ガラス基板が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-226376号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の磁気ディスク用ガラス基板では、主表面の内周から外周までの間隔の最大値と最小値との差を規定していた。しかしながら、高速回転時のフラッターリングが、ガラス基板の端面形状に起因して発生する場合があることが確認された。

[0006] そこで、本発明は、高速回転時のフラッターリングをさらに低減することができる磁気ディスク用ガラス基板、磁気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

[0007] 本願発明者らは、高速回転時のフラッターリングをさらに低減すべく鋭意研究した結果、ガラス基板の外周端面（主表面に直交する側壁面と、主表面と側壁面との間の面取面とを含む）の円周方向における形状の変化を小さくすることで、フラッターリングをさらに低減できることがわかった。

この理由について、本願発明者らは、以下のように考察している。すなわち、ガラス基板の周方向における外周端面の形状の短い周期での変化が大きくなると、当該外周端面と接する空気の量が大きく変化し、それによって、基板の回転に伴う外周端面周辺の気流が安定しなくなると考えられる。また、近年の磁気ディスクドライブ装置には、スピンドルに装着された磁気ディスクの外周を覆う壁（シュラウド）が設けられる場合があり、当該壁と磁気ディスクの外周端面との間の間隙を小さくすることにより、当該間隙における気流を安定させることが可能となっている。しかしながら、間隙が小さい状態で、ガラス基板の周方向における外周端面の形状の変化が大きくなると、当該壁と磁気ディスクの外周端面との間の間隙の変化の割合が大きくなり、それによって、当該間隙における気流が乱れ易くなることが考えられる。

したがって、ガラス基板の周方向における外周端面の形状の変化を小さくすれば、ガラス基板の外周端面周辺の気流を安定させることができるとともに、当該壁と磁気ディスクの外周端面との間の間隙をほぼ一定に保つことができるので、フラッタリングをさらに低減することが可能となる。

[0008] そこで、本発明の第1の観点は、中心に円孔が形成され、一对の主表面と、側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面からなる外周端面および内周端面とを有するドーナツ型の磁気ディスク用ガラス基板であって、外周端面において、前記ガラス基板の中心を基準として周方向に30度ごとに測定点を設け、前記側壁面と前記面取面との間の部分の形状の前記測定点における曲率半径をもとめたときに、隣接する測定点間の前記曲率半径の差が0.01mm以下であることを特徴とする、磁気ディスク用ガラス基板である。

[0009] 上記磁気ディスク用ガラス基板において、隣接する測定点間の前記曲率半径の差が0.005mm以下であることが好ましい。

[0010] 上記磁気ディスク用ガラス基板において、前記ガラス基板の中心を基準として周方向に30度ごとに測定点を設け、前記主表面と前記面取面との間の部分の形状の前記測定点における曲率半径を第2曲率半径としてもとめたときに、隣接する測定点間の前記第2曲率半径の差が0.004mm以下であることが好ましい。

[0011] 上記磁気ディスク用ガラス基板において、前記ガラス基板の板厚は、0.635mm以下であることが好ましい。

[0012] 本発明の第2の観点は、上記磁気ディスク用ガラス基板に対して、少なくとも磁性層が成膜されている、磁気ディスクである。

発明の効果

[0013] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板、磁気ディスクによれば、高速回転時のフラッタリングをさらに低減することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1A]実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の平面図。

[図1B]図1 AのX-Xの拡大断面を示す図。

[図1C]図1 Bの一部をさらに拡大して示す図。

[図2]図1 Bの要部拡大図。

[図3A]実施形態におけるガラス基板の研磨方法を説明する図。

[図3B]実施形態におけるガラス基板の研磨方法を説明する図。

[図3C]実施形態におけるガラス基板の研磨方法を説明する図。

[図4]本実施形態におけるガラス基板の研磨方法を説明する図。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板及び磁気ディスクについて詳細に説明する。

[0016] [磁気ディスク用ガラス基板]

本実施形態における磁気ディスク用ガラス基板の材料として、アルミノシリケートガラス、ソーダライムガラス、ボロシリケートガラスなどを用いることができる。特に、化学強化を施すことができ、また主表面の平坦度及び基板の強度において優れた磁気ディスク用ガラス基板を作製することができるという点で、アルミノシリケートガラスを好適に用いることができる。アモルファスのアルミノシリケートガラスとするとさらに好ましい。

[0017] 本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の組成を限定するものではないが、本実施形態のガラス基板は好ましくは、酸化物基準に換算し、モル%表示で、 SiO_2 を50～75%、 Al_2O_3 を1～15%、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選択される少なくとも1種の成分を合計で5～35%、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及び ZnO から選択される少なくとも1種の成分を合計で0～20%、ならびに ZrO_2 、 TiO_2 、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 及び HfO_2 から選択される少なくとも1種の成分を合計で0～10%、有する組成からなるアモルファスのアルミノシリケートガラスである（以下、「ガラス組成1」とする）。

[0018] 本実施形態のガラス基板は好ましくは、例えば特開2009-99239号公報に開示されるように、質量%表示にて、 SiO_2 を57～75%、 Al

ZrO_2 を5～20%、（ただし、 SiO_2 と Al_2O_3 の合計量が74%以上）、 ZrO_2 、 HfO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 La_2O_3 、 Y_2O_3 および TiO_2 を合計で0%を超え、6%以下、 Li_2O を1%を超え、9%以下、 Na_2O を5～18%（ただし、質量比 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ が0.5以下）、 K_2O を0～6%、 MgO を0～4%、 CaO を0%を超え、5%以下（ただし、 MgO と CaO の合計量は5%以下であり、かつ CaO の含有量は MgO の含有量よりも多い）、 $\text{SrO} + \text{BaO}$ を0～3%、有する組成からなるアモルファスのアルミノシリケートガラスであってもよい。

[0019] 本実施形態のガラス基板は、例えば特許4815002号に開示されるように、酸化物基準の質量%で、 SiO_2 ：45.60～60%、および Al_2O_3 ：7～20%、および B_2O_3 ：1.00～8%未満、および P_2O_5 ：0.50～7%、および TiO_2 ：1～15%、およびROの合計量：5～35%（ただしRはZn及びMg）の各成分を含有し、 CaO の含有量が3.00%以下、 BaO の含有量が4%以下であり、 PbO 成分、 As_2O_3 成分および Sb_2O_3 成分および Cl^- 、 NO^- 、 SO^{2-} 、 F^- 成分を含有せず、主結晶相として RAI_2O_4 、 R_2TiO_4 、（ただしRはZn、Mgから選択される1種類以上）から選ばれる一種以上を含有し、主結晶相の結晶粒径が0.5nm～20nmの範囲であり、結晶化度が15%以下であり、比重が2.95以下であることを特徴とする結晶化ガラスであってもよい。

[0020] 本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の組成は、必須成分として、 SiO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、ならびに、 MgO 、 CaO 、 SrO および BaO からなる群から選ばれる一種以上のアルカリ土類金属酸化物を含み、 MgO 、 CaO 、 SrO および BaO の合計含有量に対する CaO の含有量のモル比（ $\text{CaO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ ）が0.20以下であって、ガラス転移温度が650℃以上であってもよい。このような組成の磁気ディスク用ガラス基板は、エネルギーアシスト磁気記録用磁気ディスクに使用される磁気ディスク用ガラス基板に好適である（以下、「ガラス組成2」とする）。

[0021] 図1A～図1C及び図2に、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板Gの

形状を示す。図1Aは、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の平面図である。図1Bは、図1AのX-Xの拡大断面を示す図である。図1Cは、図1Bの一部をさらに拡大して示す図である。図2は、図1Bの要部拡大図である。なお、ここで断面の形状を得るためには、実際に基板を切断する必要はなく、輪郭形状測定機を用いて測定すればよい。具体的には、例えば、外周側の面取面がほぼ水平となるようにガラス基板を固定して、固定したガラス基板又は輪郭形状測定機のスタイラスをガラス基板の半径方向に移動すればよい。

図1Aに示すように、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板Gは、円形の円孔が中心に形成され、かつ環状の外形を備えたドーナツ型の形状を備えている。図1Bに示すように、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板Gは、一対の主表面11p、12pと、内周側の側壁面（つまり、円孔の側壁面）及び外周側の側壁面（つまり、外形の側壁面）の2つの側壁面を有する。図1Bにおいて、ガラス基板Gの側壁面11wは外周側の側壁面である。ガラス基板Gの外周側の側壁面11wは、一対の主表面11p、12pの各々と直交する面を含むことが好ましい。一対の主表面11p、12pと外周側の側壁面11wとの間には、それぞれ面取面11c、12cが形成されている。ここで、図1Bでは、面取面11c、12cが平面状に形成されている。場合を一例として示しているが、面取面11c、12cは、例えば、ガラス基板Gの外方に湾曲する面を含むように形成されてもよい。この場合、湾曲の程度は、ガラス基板Gの周方向に沿ってほぼ一定であることが好ましい。

[0022] 図1Cを参照して、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板Gの外周側の端部の形状について説明する。図1Cにおいて、主表面11p、側壁面11w、および、面取面11cの直線部を、それぞれLp、Lw、およびLcと表記している。また、図1Cにおいて、主表面11pの直線部Lpと、面取面11cの直線部Lcとの交点をP11とし、側壁面11wの直線部Lwと、面取面11cの直線部Lcとの交点をP12とし、主表面11pの直線部

L_pと、側壁面11wの直線部L_wとの交点をP13とする。

主表面11pの直線部L_pと面取面11cの直線部L_cとのなす角（面取り角度； θ_1 ）は、例えば40～70度とすることが好ましい。主表面11pの直線部L_pと面取面11cの直線部L_cとのなす角（面取り角度； θ_2 ）は、例えば20～50度とすることが好ましい。また、点P11と点P13の間の距離D1は0.05～0.20mm、点P12と点P13の間の距離D2は0.10～0.30mmとすることが好ましい。上述の範囲内の形状とすることで、ガラス基板の製造完了後の検査工程、成膜工程、HDDの組み立て工程などにおいて外周端部を把持したときでも、外周端部がカケたり、基板が落下したりする不具合を防止することができる。

尚、図1Cを参照して磁気ディスク用ガラス基板Gの外周側の一方の主表面に近い端部の形状について説明したが、他の端部（つまり、外周側の他方の主表面に近い端部や、内周側の端部）についても同様である。

以下の説明では適宜、外周側の側壁面11wおよび面取面11c、12cを総称して外周端面といい、図示しない内周側の側壁面および面取面を総称して内周端面という。

- [0023] 次に、図2を参照して、側壁面11wと面取面11cとの間の部分の形状の曲率半径をもとめる方法について説明する。図2において、Rは、側壁面11wと面取面11cとの間の部分の形状の曲率を形成する円C2の半径であって、当該部分の形状の曲率半径である。曲率半径Rは、例えば以下のようにしてもとめられる。まず、面取面11cの直線部を延ばした仮想線L1と、側壁面11wの直線部を延ばした仮想線L2との交点をP1とする。次に、交点P1を通り、且つ、面取面11cの直線部に対して垂直に延びる仮想線L3を設定する。次いで、側壁面11wと面取面11cとの間の部分と、仮想線L3との交点をP2とする。また、ガラス基板Gの断面において、交点P2を中心として所定の半径（例えば50 μ m）を有する円C1を設定する。また、側壁面11wと面取面11cとの間の部分と、円C1の外周との2つの交点をそれぞれP3、P4とする。さらに、3つの交点P2、P3

、P4のそれそれを通る円C2を設定する。

そして、円C2の半径をもとめることによって、側壁面11wと面取面11cとの間の部分の形状の曲率半径Rがもとめられる。

なお、側壁面11wと面取面11cとの間の部分の形状の曲率半径も、上

記と同様にもとめることができる。

[0024] 本実施形態では、ガラス基板Gの中心C（図1A参照）を基準として周方向に30度ごとに測定点を設けている。つまり、測定点の数は12である。

そして、各測定点において、側壁面11wと面取面11cとの間の部分の形状の曲率半径Rをもとめたときに、全部で12個（ガラスクの一方向の面取面との間も部分の形状も含めると24個）の隣接する測定点間の曲率半径Rの差（絶対値）のいずれもが0.01mm以下に設定されている。これに

より、ガラス基板Gの周方向における外周端面の形状の変化を小さくすることができるので、このガラス基板Gを用いて作製された磁気ディスクを高速

で回転させた場合、当該磁気ディスクの外周端面周辺の気流を安定させることができる。また、この磁気ディスクを磁気ディスクドライブ装置のスピンドルに装着した場合、磁気ディスクの外周を覆う壁（シユラウド）と磁気デ

ィスクの外周端面との間の間隙をほぼ一定に保つことができるので、当該間隙における気流を安定させることができる。したがって、本実施形態のガラ

ス基板Gによれば、高速回転時におけるフタリソグをさらに低減することができ

る。なお、隣接する測定点間の曲率半径Rの差が0.005mm以下の場合には、高速回転時におけるフタリソグをさらに低減することが

できる点で好ましい。

[0025] なお、上記と同様に、主表面11pと面取面11cとの間の部分の形状の

曲率半径（第2曲率半径）をもとめてもよい。具体的には、面取面11cの直線部を延ばした仮想線L1と、主表面11pの直線部を延ばした仮想線L

4（図示省略）との交点をP5（図示省略）とする。次に、交点P5を通り、且つ、主表面11pに対して垂直に延びる仮想線L5（図示省略）を設定

する。次いで、主表面11pと面取面11cとの間の部分と、仮想線L5と

の交点をP 6（図示省略）とする。また、ガラス基板Gの断面において、交点P 6を中心として所定の半径（例えば10 μ m）を有する円C 3（図示省略）を設定する。また、主表面1 1 pと面取面1 1 cとの間の部分と、円C 3の外周との2つの交点をそれぞれP 7, P 8（それぞれ図示省略）とする。さらに、3つの交点P 6, P 7, P 8のそれぞれを通る円C 4（図示省略）を設定する。

そして、円C 4の半径をもとめることによって、主表面1 1 pと面取面1 1 cとの間の部分の形状の第2曲率半径がもとめられる。

なお、主表面1 2 pと面取面1 2 cとの間の部分の形状の第2曲率半径も、上記と同様にもとめることができる。

[0026] 例えば、ガラス基板Gの中心Cを基準として周方向に30度ごとに測定点を設け、各測定点（12箇所の測定点）において第2曲率半径をもとめたときに、隣接する測定点間の第2曲率半径の差が0.004mm以下に設定されてもよい。これにより、ガラス基板Gの周方向における外周端面（主表面と面取面との間の部分を含む）の形状の変化をさらに小さくすることができるので、このガラス基板Gを用いて作製された磁気ディスクを高速で回転させた場合、当該磁気ディスクの外周端面周辺の気流をさらに安定させることができる。

[0027] 本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板Gのサイズは問わないが、例えば、公称直径2.5インチであってよい。本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板Gは、例えば、サーバ装置、あるいはノートブック型パーソナルコンピュータなどに搭載される磁気ディスクドライブ装置に組み込まれる磁気ディスク用として用いられてもよい。

[0028] ところで、従来の磁気ディスクは例えば10000rpm以上の高速回転で動作させられるため、そのような高速回転時にフラッタリングが生じないような所望の板厚を確保することが求められていた。その一方で、近年、ノートブック型パーソナルコンピュータなどの小型化、薄型化の要請に基づいて、磁気ディスクドライブ装置の小型化、薄型化が図られている。これに伴

い、磁気ディスクに対しても、薄型化の要請が高まっている。ここで、従来の磁気ディスクでは、板厚を単に小さく（薄く）した場合、磁気ディスクの回転に伴う気流の影響を受け易くなるため、フラッタリングを低減し難くなっていた。このため、従来の磁気ディスクでは、薄型化の要請に応えることが困難であった。一方、本実施形態では、ガラス基板Gの周方向における外周端面の形状の変化を小さくすることによって、磁気ディスクの外周端面周辺の気流を安定させることができるので、ガラス基板Gの板厚が小さい場合であってもフラッタリングを低減することができる。これにより、磁気ディスクの薄型化の要請に応えることができる。例えば、ガラス基板Gの板厚T（図1B参照）が公称0.635mm以下の場合、本実施形態の構成を適用することで得られる効果が顕著となるため、好ましい。なお、ガラス基板の板厚が「公称0.635mm」という場合、実際の板厚が0.635mmよりも僅かに厚い、若しくは僅かに薄い場合も含まれる。

[0029] [磁気ディスク用ガラス基板の製造方法]

以下、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法について、工程毎に説明する。ただし、各工程の順番は適宜入れ替えてもよい。

[0030] (1) ガラス素板の成形および粗研削工程

例えばフロート法によって板状ガラスを形成した後、この板状ガラスから、磁気ディスク用ガラス基板の元となる所定形状のガラス素板が切り出される。フロート法の代わりに、例えば上型と下型を用いたプレス成形によってガラス素板を成形してもよい。なお、ガラス素板は、これらの方法に限らず、ダウンドロー法、リドロー法、フュージョン法などの公知の製造方法を用いて製造することもできる。

なお、ガラス素板の両主表面に対して、必要に応じて、遊離砥粒を用いた粗研削加工を行ってもよい。

[0031] (2) 円孔形成工程

円筒状のドリルを用いて、ガラス素板の中心部に円孔を形成し、円環状のガラス素板とする。なお、ダイヤモンドカッター等を用いてガラス素板の表

面に円形の切筋を形成した後、切筋に沿って割断することによって円孔を形成してもよい。

[0032] (3) 面取り工程

円孔形成工程の後、端部（外周端部及び内周端部）に面取面を形成するた

めの面取り工程が行われる。面取り工程は、従来知られた装置及び方法を用いることができる。例えば回転する総型砥石を用いて研削加工部に研削液を供給しながら実施すればよい。総型砥石の表面には、加工後に所望の端部形状となるように予め溝を形成しておけばよい。面取り工程ではまず、円環状のガラス素板の外周端部及び内周端部に対して、例えば比較的精いダイヤモンド砥石等を用いて粗研削を行い、比較的高速で面取り形状を作り込む。次いで、例えば比較的精かいダイヤモンド砥石等、研磨シートは低いが端部表面にダメージを与えない砥石を用いて、面取面を鏡面に近い表面性状まで仕上げ研削する。このとき、ガラス素板と砥石はいずれも回転して接触することにより研削加工されるので、ガラス素板における円周方向の形状が形づく

れる。

ここで、研削加工に用いる研削砥石の番手を高くする（すなわち、ダイヤモンド砥粒の粒径を小さくする）ことにより、仕上がり後の表面粗さを小さくすることができる。この後の端面研磨の取り代を少なくできる。端面研磨の取り代が小さいほど研削工程で整えた形状が維持されるため、形状精度が高めることができる。すなわち、外周端部の周方向において隣接する測定位置での曲率半径の差を小さくすることができる。

[0033] (4) 端面研磨工程

次に、円環状のガラス素板の端面研磨が行われる。端面研磨は、面取り工程と同様にガラス素板を回転させながら研磨手段と接触させることにより行われる。そして、端面研磨より後に端面を研削・研磨する処理は存在しないので、端面研磨は最終的な円周方向の形状を実質的に決定する重要な役割を担う。

端面研磨では、磁性スライを磁力線に沿って保持させることにより磁性ス

ラリの塊を形成させ、この塊と、ガラス素板の内周端面及び外周端面とを接触させて相対移動させることにより、ガラス素板の内周端面と外周端面の研磨を行う。このとき、側壁面と面取面とを同時に研磨することができる。磁性スラリは、磁気粘性流体と、研磨砥粒として、例えば、酸化セリウムや酸化ジルコニウム等の微粒子とが含まれる。磁気粘性流体は、例えば、Feからなる磁性体微粒子と非極性または極性オイルを含んだ流体が用いられる。端面研磨を行うことにより、ガラス素板の端面での塵等が付着した汚染、傷等の損傷の除去を行うことができ、サーマルアスペリティ障害の発生の防止や、ナトリウムやカリウム等のコロージョンの原因となるイオン析出の発生を防止することができる。本実施形態の端面研磨は、従来のブラシによる端面研磨の方式に比べて、極めて精密で品質の高い加工が可能である。具体的には、形状の乱れを極めて小さくすることができるとともに、表面の粗さやうねりも極めて小さくすることができる。ブラシ研磨の場合、ブラシの先端がワーク表面に接触して倣うことにより毛材が曲がったり折れたりすることによって、側壁面や面取面の面内においてブラシの先端が接触するときの圧力がばらついてしまい、これによって局所的に深ボレするなどして、端面の形状精度が悪化する場合がある。また、同様に、側壁面と面取面の境界部分が周方向で不均一に削られて端面の形状精度が悪化する場合もある。なお、本件の端面研磨工程における取り代は、従来のブラシを用いた方法よりも大幅に少なくすることができ、例えば10 μ m以下とすることができる。

[0034] ここで、端面研磨についてより詳細に説明する。図3A～図3C、及び図4は、本実施形態における端面研磨での研磨方法の一例を説明する図である。

端面研磨を行う装置20は、磁気発生させる手段と磁性スラリを用いてガラス基板の端面の研磨を行う。端面研磨を行う装置20の概要を説明すると、図3Aに示すように、装置20は、例えば、永久磁石である一対の磁石22、24と、スペーサ26と、非磁性体、例えばステンレスからなる円筒形状のパイプ28と、を含む。パイプ28内に、磁石22、24及びスペーサ

26が内蔵されている。端面研磨を行うガラス素板は、図示されない保持具によって把持されている。また、図4に示すように、パイプ28は、ガラス素板の外周端面の近傍に配置されている。このパイプ28内の磁石22、24によって形成された塊30を、ガラス素板の外周端面と接触させる。装置20のパイプ28及びガラス素板を保持する図示されない保持具は、図示されない駆動モータと機械的に接続されている。パイプ28と保持具が回転してガラス素板の外周端面と塊30とを相対的に移動させることにより、ガラス素板の外周端面を研磨することができる。なお、パイプ28と保持具を固定し、ガラス素板のみを回転させることによって、ガラス素板の外周端面と塊30とを相対的に移動させてもよい。パイプ28は例えば500～5000rpmで回転させればよい。また、ガラス素板は例えば10～1000rpmで回転させればよい。なお、加工点における両者の回転方向は、ダウンカット、アップカットいずれでもよいが、ダウンカットの方が研磨レートは低いものの形状の変動が少なく好適である。また、アップカット、ダウンカットいずれにおいても、加工点におけるガラス基板と磁性スラリそれぞれの接線速度の差を800m/min以下とすると、円周方向の形状の変動の、一方の面と他方の面の間の差（後述する、A面とB面との差）を小さくすることができるので好ましい。

[0035] 端面研磨をより具体的に説明すると、磁石22と磁石24は、互いに近接して、磁気発生手段として機能し、それによって図3Bに示すように、磁石22から磁石24へ進む磁力線29が形成される。この磁力線29は、磁石22、24の中心から外側に向けて突出するように進み、かつ、ガラス素板の厚さ方向に進む。磁石22、24との間には、例えば、図3Cに示すような磁性スラリの塊30をパイプ28の外周につくるために、非磁性体からなるスペーサ26が設けられる。

磁気発生手段における磁束密度は、磁性スラリの塊30を形成させる程度に設定すればよいが、端面研磨を効率よく行う点で、0.1～10テスラであることが好ましい。

なお、図3A～図3C、及び図4に示す例では、磁気発生手段として永久磁石を用いたが、電磁石を用いることもできる。また、スペーサ26を用いず、パイプ28に磁石22、24が固定されて、磁石22のN極の端面と磁石24のS極の端面との間の離間距離を一定に確保することもできる。

[0036] 磁性スラリに含まれる研磨砥粒として、酸化セリウム、コロイダルシリカ、酸化ジルコニア、アルミナ砥粒、ダイヤモンド砥粒等の公知のガラス基板の研磨砥粒を用いることができる。研磨砥粒の平均粒径(D50)については、例えば0.5～10 μ mである。この範囲の研磨砥粒を用いることにより、ガラス素板の内側端面を良好に研磨することができる。研磨砥粒は、磁性スラリ中に、例えば1～20vol%含まれる。ここで、平均粒径(D50)とは、体積分率で計算した累積体積分度が粒径の小さいほうから計算して50%となる粒径を意味している。

[0037] (5) 精研削工程

精研削工程では、固定砥粒砥石を用い、遊星歯車機構を備えた両面研削装置を用いて円環状のガラス素板の主表面に対して研削加工を行う。固定砥粒砥石としては、例えば、ダイヤモンド砥粒が樹脂で固定された研削パッドを使用することができる。両面研削装置は、上下一対の定盤(上定盤および下定盤)を有しており、上定盤および下定盤の間に円環状のガラス素板が挟持される。そして、上定盤または下定盤のいずれか一方、または、双方を移動操作することにより、ガラス素板と各定盤とを相対的に移動させることで、ガラス素板の両主表面を研削することができる。

[0038] (6) 第1研磨(主表面研磨)工程

次に、研削されたガラス基板の主表面に第1研磨が施される。第1研磨工程においては、遊星歯車機構を備えた両面研磨装置が用いられる。この研磨装置において、下定盤の上面および上定盤の底面には、全体として円環形状の平板の研磨パッドが取り付けられており、遊星歯車機構の動作中には、キャリアに装着されたガラス素板に対して研磨パッドが押圧され、ガラス素板と研磨パッドとの間に研磨液が供給される。研磨パッドの材質は、例えば発

砲ウレタンである。研磨液には、例えば酸化セリウム又は酸化ジルコニウムを研磨砥粒として含有する研磨液が用いられる。

[0039] (7) 化学強化工程

次に、第1研磨工程後のガラス素板は化学強化される。

化学強化液として、例えば硝酸カリウムと硫酸ナトリウムの混合溶液等を用いることができる。化学強化では、ガラス素板を化学強化液中に浸漬することによって行われる。

[0040] (8) 第2研磨（最終研磨）工程

次に、化学強化されて十分に洗浄されたガラス素板に第2研磨が施される。第2研磨では例えば、第1研磨と同様の研磨装置を用いる。このとき、第1研磨と異なる点は、遊離砥粒の種類及び粒子サイズが異なることと、樹脂ポリッシャの硬度が異なることである。

第2研磨に用いる遊離砥粒として、例えば、コロイダルシリカ等の微粒子（粒子サイズ：直径10～50nm程度）が用いられる。

研磨されたガラス素板を洗浄することで、磁気ディスク用ガラス基板が得られる。

[0041] [磁気ディスク]

磁気ディスクは、磁気ディスク用ガラス基板を用いて以下のようにして得られる。

磁気ディスクは、例えば磁気ディスク用ガラス基板（以下、単に「基板」という。）の主表面上に、主表面に近いほうから順に、少なくとも付着層、下地層、磁性層（磁気記録層）、保護層、潤滑層が積層された構成になっている。

例えば基板を、真空引きを行った成膜装置内に導入し、DCマグネトロンスパッタリング法にてAr雰囲気中で、基板の主表面上に付着層から磁性層まで順次成膜する。付着層としては例えばCrTi、下地層としては例えばCrRuを用いることができる。磁性層としては、例えばCoPt系合金を用いることができる。また、L₁₀規則構造のCoPt系合金やFePt系合

金を形成して熱アシスト磁気記録用の磁性層とすることもできる。上記成膜後、例えばCVD法により C_2H_4 を用いて保護層を成膜し、続いて表面に窒素を導入する窒化処理を行うことにより、磁気記録媒体を形成することができる。その後、例えばPFPE（パー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。

作製された磁気ディスクは、好ましくは、DFH(Dynamic Flying Height)コントロール機構を搭載した磁気ヘッドと、磁気ディスクを固定するためのスピンドルとを備えた、磁気記録再生装置としての磁気ディスクドライブ装置(HDD(Hard Disk Drive))に組み込まれる。

[0042] [実施例、比較例]

本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の効果を確認するために、上述のガラス組成1を用いて、公称2.5インチサイズ、板厚の中心値が0.635mmの磁気ディスク用ガラス基板（外径65mm、内径20mm、板厚0.635mm）を作製し、さらに磁気ディスクを製造した。

[0043] [実施例1]

実施例1の磁気ディスク用ガラス基板については、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の各工程を順序通りに行うことで作製した。

ここで、

(1)のガラス素板の成形は、プレス成形方法を用い、その後、遊離砥粒で粗研削した。

(2)の円孔形成工程では、円筒状のドリルを用いて、ガラス素板の中心部に円孔を形成した。

(3)の面取りでは、粒度#400のダイヤモンド砥石を用いて面取面を形成する粗研削を行った。その後、粒度#2000のダイヤモンド砥石を用いて面取面を仕上げ研削した。なお、面取部の形状は、 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ （図1C参照）ともに45度となるようにした。また、図1Cに示した距離D1は0.15mm、距離D2は0.15mmとなるようにした。なお、表裏、及び

、内周側、外周側のいずれの面取部についても同じ形状とした。

(4) の端面研磨では、上述の磁性スラリによる端面研磨を行った。磁性スラリは、Feの微粒子を非磁性オイルに分散させた磁性流体に、研磨砥粒として酸化セリウムを分散させたものを用いた。磁石には永久磁石を用い、アップカットで加工した。なお、(4) の工程における面取面の取り代は、 $10\mu\text{m}$ であった。

(5) の固定砥粒による研削では、ダイヤモンド砥粒を樹脂で固めて固定砥粒砥石とした研削パッドを定盤に貼り付けた研削装置を用いて研削した。

(6) の第1研磨では、酸化セリウム砥粒を含む研磨液を用い、研磨パッドとして硬質ウレタンパッドを使用した。

(7) の化学強化では、化学強化液として硝酸カリウムと硝酸ナトリウムの混合溶液にガラス素板を浸漬させた。

(8) の第2研磨では、研磨剤としてコロイダルシリカの微粒子を含む研磨液を用いた。その後、ガラス素板を洗浄し、磁気ディスク用ガラス基板を得た。

[0044] [実施例2]

(4) の端面研磨の取り代を $8\mu\text{m}$ としたこと以外は実施例1と同様にして磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

[実施例3]

(3) の面取り工程において、粒度#500のダイヤモンド砥石を用いて粗研削した後、粒度#3000のダイヤモンド砥石を用いて仕上げ研削し、さらに(4) の端面研磨の取り代を $8\mu\text{m}$ としたこと以外は、実施例2と同様にして磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

[実施例4]

(4) の端面研磨の取り代を $5\mu\text{m}$ としたこと以外は実施例3と同様にして磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

[実施例5]

(4) の端面研磨において、磁石とガラス素板の回転方向を加工点におい

てダウンカットとなるようにした他は、実施例 3 と同様にして磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

〔実施例 6〕

(4) の端面研磨において、取り代を $8\ \mu\text{m}$ とした他は、実施例 5 と同様にして磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

〔実施例 7〕

(4) の端面研磨において、取り代を $4\ \mu\text{m}$ とした他は、実施例 5 と同様にして磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

[0045] 〔比較例 1〕

一方、比較例 1 では、(3) の面取りにおいて、粒度 # 400 のダイヤモンド砥石を用いて面取面を形成する粗研削を行った。なお、比較例では、仕上げ研削を行っていない。

また、(4) の端面研磨において、ガラス素板の端面を、酸化セリウムを遊離砥粒として用いて、研磨ブラシにより研磨した。(4) の工程における面取面の取り代は、 $50\ \mu\text{m}$ であった。

〔比較例 2〕

(3) の面取りにおいて、粒度 # 500 のダイヤモンド砥石を用いて粗研削した後、粒度 # 3000 のダイヤモンド砥石を用いて仕上げ研削し、さらに(4) ブラシ研磨における面取面の取り代を $30\ \mu\text{m}$ とした他は、比較例 1 と同様にして磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

[0046] 次に、実施例及び比較例の各々について、主表面の中心を基準として当該主表面の周方向に 30 度ごとに外周端面に測定点を設け、各測定点における側壁面と面取面との間の部分の形状の曲率半径をもとめた。なお、曲率半径は、実施例や比較例のそれぞれから選んだガラス基板 1 枚について、外周端部における表面側 12 点及び裏面側の 12 点の合計 24 点測定した。そして、表面側 12 点における隣接する測定点間の曲率半径の差 (12 個のデータ) と、裏面側 12 点における隣接する測定点間の曲率半径の差 (12 個のデータ) とを求め、合計 24 個のデータのうち最大の値を、該当する実施例及

び比較例における曲率半径の最大値とした。また、後述するが、面取面と主表面との間の部分についての第二曲率半径についても同様にして求めた。測定データの一部（比較例 1、2 および実施例 1、3）について、表 1 に示す。表 1 において、測定対象となるガラス基板の表面、裏面をそれぞれ、A 面、B 面として表記している。また、表 1 において、例えば「0～30 度」のときの曲率半径の差とは、0 度の測定点における曲率半径と、30 度の測定点における曲率半径の差の絶対値を意味する。また、例えば、A 面の 30 度の位置の裏側を B 面の 30 度の位置となるようにした。

[0047] [表1]

	曲率半径の差 (mm)							
	実施例 1		実施例 3		比較例 1		比較例 2	
	A 面	B 面	A 面	B 面	A 面	B 面	A 面	B 面
0～30 度	0.005	0.009	0.001	0.004	0.010	0.001	0.010	0.001
30～60 度	0.004	0.007	0.001	0.004	0.013	0.001	0.003	0.001
60～90 度	0.005	0.007	0.002	0.005	0.020	0.007	0.001	0.002
90～120 度	0.003	0.008	0.003	0.003	0.004	0.007	0.012	0.003
120～150 度	0.003	0.007	0.005	0.001	0.013	0.001	0.009	0.005
150～180 度	0.003	0.006	0.005	0.004	0.005	0.015	0.000	0.007
180～210 度	0.005	0.006	0.003	0.003	0.010	0.015	0.003	0.011
210～240 度	0.005	0.006	0.002	0.004	0.012	0.016	0.010	0.010
240～270 度	0.004	0.007	0.001	0.003	0.011	0.016	0.009	0.001
270～300 度	0.005	0.009	0.004	0.002	0.009	0.002	0.011	0.004
300～330 度	0.005	0.009	0.002	0.001	0.003	0.002	0.004	0.002
330～360 度	0.002	0.010	0.003	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003
差の最大値	0.010		0.005		0.020		0.012	

[0048] 得られた磁気ディスク用ガラス基板に磁性層を形成した磁気ディスクを作製した。その後、実施例及び比較例の磁気ディスクの各々について、レーザドップラー振動計を用いてフラッタリングの評価を行った。フラッタリングの評価は、先ず、磁気ディスクを回転数が 7200 rpm のハードディスクドライブ（HDD）のスピンドルに装着し、回転中の磁気ディスクの主表面に対してレーザドップラー振動計からレーザ光を照射する。次に、磁気ディスクで反射したレーザ光をレーザドップラー振動計が受光することにより、磁気ディスクの板厚方向の振動値を取得する。

より詳細には、下記のとおりである。

フラッタリング特性値の測定では、磁気ディスクを2.5インチ型HDDのスピンドルに装着して磁気ディスクを回転させ、回転中の磁気ディスクの主表面に対してレーザドップラー振動計からレーザ光を照射する。なお、外気の影響を受けないように、きちんとカバーを取り付け、HDDのカバーにはレーザ照射用の穴を開けてある。次に、磁気ディスクで反射したレーザ光をレーザドップラー振動計が受光することにより、磁気ディスクの板厚方向の振れ量をフラッタリング特性値として測定する。このとき、以下の条件でフラッタリング特性値を測定した。

- ・HDD及び測定システムの環境：恒温恒湿チャンバー内で温度を25℃に維持

- ・磁気ディスクの回転数：7200rpm

- ・レーザ光の照射位置：磁気ディスクの中心から半径方向に31mm（外周端から1.5mm）の位置

- ・HDDの筐体のディスク装着部の内壁直径の最小値：65.880mm

[評価基準]

測定されたフラッタリング特性値に対する評価結果を、良好な順に（つまり、フラッタリング特性値が小さい順に）4つのレベル1～4に分けて示した。レベル1、2であれば実用上合格である。結果を表2、表3に示す。

レベル1：20nm以下

レベル2：20nmより大きく、30nm以下

レベル3：30nmより大きく、40nm以下

レベル4：40nmより大きい

[0049] [表2]

	曲率半径の差の最大値 (mm)	フラッタリングの評価
比較例1	0.020	レベル4
比較例2	0.012	レベル4
実施例1	0.010	レベル2
実施例2	0.008	レベル2
実施例3	0.005	レベル1
実施例4	0.003	レベル1

[0050] [表3]

	第二曲率半径の差の最大値 (mm)	フラッターリングの評価
実施例 1	0. 0 0 6	レベル 2
実施例 5	0. 0 0 5	レベル 2
実施例 6	0. 0 0 4	レベル 1
実施例 7	0. 0 0 2	レベル 1

[0051] 表 2 からわかるように、隣接する測定点間の曲率半径の差が 0. 0 1 mm 以下の場合、良好な評価を得ることができた。この結果から、ガラス基板の周方向における外周端面の形状の変化を小さくすることによって、高速回転時におけるフラッターリングをさらに低減できることがわかる。また、表 2 からわかるように、隣接する測定点間の曲率半径の差が 0. 0 0 5 mm 以下の場合、当該差が 0. 0 1 mm 以下の場合と比較して、より良好な評価を得ることができた。

なお、比較例 1, 2 において、周方向に 4 0 度ごとに曲率半径を測定し、上記と同様に隣接する測定点間の曲率半径の差の最大値を求めたところ、いずれも 0. 0 1 mm 以下となった。また、比較例 1, 2 において、周方向に 6 0 度ごとに曲率半径を測定した場合も、いずれも 0. 0 1 mm 以下となった。したがって、3 0 度ごとに測定することが重要であることがわかった。すなわち、3 0 度ごとに測定することによって、より短い周期での端部形状の変動を検出することが可能となったため、フラッターリングとの相関が得られたものと推定される。本発明では、磁性スラリを用いて端面研磨することによって、ブラシで研磨した場合に発生する円周方向の端部形状の乱れを抑制することができるので、フラッターリングを低減することが可能となる。

[0052] 表 3 は、隣接する測定点間の曲率半径の差がいずれも 0. 0 1 mm 以下の場合であって、隣接する測定点間の第 2 曲率半径の差の最大値が異なる場合のフラッターリングの評価結果を示している。なお、回転数が 1 0 0 0 0 r p m の 2. 5 インチ HDD を用いた他は上記と同様にしてフラッターリング評価

を行った。表3からわかるように、隣接する測定点間の第2曲率半径の差が0.004mm以下の場合、より良好な評価を得ることができた。

[0053] [異なるガラス組成での評価]

次に、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の効果をさらに確認するために、上記ガラス組成1とは異なるガラス組成2の磁気ディスク用ガラス基板から2.5インチの磁気ディスクを作製した（実施例8）。磁気ディスク用ガラス基板の作製方法は、ガラス組成1の場合（つまり、上記（1）～（8））と同じである。なお、ガラス組成2は、前述したように、エネルギーアシスト磁気記録用磁気ディスクに使用される磁気ディスク用ガラス基板に使用されるガラスの組成として好ましい。

[0054] 実施例8について、主表面の中心を基準として当該主表面の周方向に30度ごとの測定点において、各測定点における側壁面と面取面との間の部分の形状の曲率半径をもとめた。隣接する測定点間の曲率半径の差の最大値は、実施例1と同様に、0.01mmであった。

次に、実施例8についてフラットリングの評価を行ったところ、実施例1と同様に良好な結果が得られた。

[0055] 次に、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の効果をさらに確認するために、異なる板厚の磁気ディスク用ガラス基板から2.5インチの磁気ディスクを作製した。

[異なる板厚での評価]

板厚の中心値が0.500mmである他は実施例1及び比較例1と同様にして、磁気ディスク用ガラス基板を製造し、さらに成膜して磁気ディスクを得た（それぞれ実施例9、比較例3とする）。

また、板厚の中心値が0.800mmである他は実施例1及び比較例1と同様にして、磁気ディスク用ガラス基板を製造し、さらに成膜して磁気ディスクを得た（それぞれ実施例10、比較例4とする）。

また、板厚の中心値が1.000mmである他は実施例1及び比較例1と同様にして、磁気ディスク用ガラス基板を製造し、さらに成膜して磁気ディ

スクを得た（それぞれ実施例 11、比較例 5 とする）。

外周端面における曲率半径の最大値を評価したところ、実施例 9、10、11 については実施例 1 と同じであり、比較例 3、4、5 については比較例 1 と同じであった。

実施例 1、9、10、11、比較例 1、3、4、5 それぞれの磁気ディスクについて、回転数が 5400 rpm の 2.5 インチ HDD を用いた他は上記と同様にしてフラッタリング評価を行った。同じ板厚の実施例と比較例でフラッタリング特性値の改善幅（比較例のフラッタリング特性値から実施例のフラッタリング測定値を差し引いた値）を求めたところ、下記のようになった。

- ・板厚 1.000 mm の場合の改善幅： 2.6 nm
- ・板厚 0.800 mm の場合の改善幅： 5.0 nm
- ・板厚 0.635 mm の場合の改善幅： 10.0 nm
- ・板厚 0.500 mm の場合の改善幅： 20.5 nm

上記結果より、本発明は、板厚が 0.635 mm 以下となった場合において特に大きな改善効果を発揮することが確認された。

[0056] 次に、隣り合う曲率半径の差の A 面と B 面との差とフラッタリングとの関係について調査した。具体的には、A 面と B 面それぞれについて隣り合う曲率半径の差の平均値を求め、A 面における平均値と B 面における平均値との差分を絶対値で求めたものを、A 面と B 面との差（ ΔR ）とした。 ΔR は、実施例 1 の製造条件を基にして、端面研磨時の加工点における接線速度を制御することで変化させた。実施例 12、13 においては、接線速度の差を 800 m/min 以下とし、実施例 14、15 については 800 m/min より大きくした。

また、フラッタリング評価は、回転数が 15000 rpm の 2.5 インチ HDD を用いた他は上記と同様にして行った。なお、この評価はあえて非常に厳しい条件としたものであり、レベル 3 であっても実用上の問題はない。

評価の結果、 ΔR を 0.003 mm 以下とすることによって、超高速回転

時のフラッタリング特性がさらに良好となることがわかった。このことから、超高速回転時には、円周方向の隣り合う曲率半径の差の値が、A面とB面とで同等であることも重要であることがわかった。

[0057] [表4]

	ΔR (mm)	フラッタリングの評価
実施例 1 2	0. 0 0 2	レベル 2
実施例 1 3	0. 0 0 3	レベル 2
実施例 1 4	0. 0 0 4	レベル 3
実施例 1 5	0. 0 0 5	レベル 3

[0058] 以上、本発明の磁気ディスク用ガラス基板及び磁気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勿論である。

符号の説明

[0059] G 磁気ディスク用ガラス基板

1 1 p, 1 2 p 主表面

1 1 c, 1 2 c 面取面

1 1 w 側壁面

2 0 装置

2 2, 2 4 磁石

2 6 スペーサ

2 8 パイプ

3 0 塊

請求の範囲

- [請求項1] 中心に円孔が形成され、一対の主表面と、側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面からなる外周端面および内周端面とを有するドーナツ型の磁気ディスク用ガラス基板であって、
- 外周端面において、前記ガラス基板の中心を基準として周方向に30度ごとに測定点を設け、前記側壁面と前記面取面との間の部分の形状の前記測定点における曲率半径をもとめたときに、隣接する測定点間の前記曲率半径の差が0.01mm以下であることを特徴とする、
- 磁気ディスク用ガラス基板。
- [請求項2] 隣接する測定点間の前記曲率半径の差が0.005mm以下であることを特徴とする、
- 請求項1に記載された磁気ディスク用ガラス基板。
- [請求項3] 前記ガラス基板の中心を基準として周方向に30度ごとに測定点を設け、前記主表面と前記面取面との間の部分の形状の前記測定点における曲率半径を第2曲率半径としてもとめたときに、隣接する測定点間の前記第2曲率半径の差が0.004mm以下であることを特徴とする、
- 請求項1または2に記載された磁気ディスク用ガラス基板。
- [請求項4] 前記ガラス基板の板厚は、0.635mm以下であることを特徴とする、
- 請求項1～3のいずれかに記載された磁気ディスク用ガラス基板。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれかに記載された磁気ディスク用ガラス基板に対して、少なくとも磁性層が成膜されている、磁気ディスク。