

明 細 書

発明の名称：

磁気ディスク用ガラス基板の製造方法、及び、磁気ディスク

技術分野

[0001] 本発明は、HDD（ハードディスクドライブ）等の磁気ディスク装置に搭載される磁気ディスク用ガラス基板の製造方法、及び、磁気ディスクに関する。

背景技術

[0002] 情報化技術の高度化に伴い、情報記録技術、特に磁気記録技術は著しく進歩している。磁気記録媒体の一つであるHDD（ハードディスクドライブ）等に用いられる磁気ディスクにおいては、急速な小型化、薄板化、及び記録密度の増加とアクセス速度の高速化が続けられている。HDDでは、円盤状の基板の上に磁性層を備えた磁気ディスクを高速回転し、この磁気ディスク上に磁気ヘッドを浮上飛行させながら記録と再生を行う。

[0003] アクセス速度の高速化に伴って磁気ディスクの回転速度も速くなるため、磁気ディスクには、より高い基板強度が求められる。また、記録密度の増加に伴い、磁気ヘッドも薄膜ヘッドから、磁気抵抗型ヘッド（MRヘッド）、大型磁気抵抗型ヘッド（GMRヘッド）へと推移しており、磁気ヘッドの磁気ディスクからの浮上量が8 nm程度にまで狭くなってきている。このため磁気ディスク面上に凹凸形状があると、磁気ヘッドが衝突するクラッシュ障害や、空気の断熱圧縮または接触により加熱して読み出しエラーを生じるサーマルアスぺリティ障害を生じる場合がある。このような磁気ヘッドに生じる障害を抑制するには、磁気ディスクの主表面を極めて平滑な面として仕上げておくことが重要となる。

[0004] そこで現在では、磁気ディスク用の基板として、従来のアルミニウム基板に代えて、ガラス基板が用いられるようになってきている。軟質材料である金属からなるアルミニウム基板に比べて、硬質材料であるガラスからなるガ

ラス基板は、基板表面の平坦性、基板強度、および剛性に優れているためである。

[0005] これらの磁気ディスクに用いられるガラス基板は、母材となるガラス基材から円孔が設けられたディスク状のガラス基板を作製し、このディスク状のガラス基板に対して、順次ラッピング（研削）工程及びポリッシング（研磨）工程等が施されることにより得られる。また、サーマルアスペリティ障害を効果的に抑制するために、内周、外周の端面を鏡面研磨することが行われている（例えば、特許文献1参照）。

[0006] ガラス基板に円孔を設ける方法としては、ガラス基板に切り込みを形成した後に、押圧棒を用いて打ち抜く方法がある（例えば、特許文献2参照）。円孔を形成した後に研磨等の工程を行うに際し、円孔形成時において円孔の端部のひびや欠けが極力少ないことが望まれる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2007-197235号公報

特許文献2：特開2006-99857号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、押圧棒等によりガラス基板の一部分を打ち抜いて円孔を形成する場合には、打ち抜かれる部分のガラスが抜け落ちる際に円孔の端部に強く接触することによりチップングが発生するおそれがある（図8参照）。ガラス基板の表面に対して斜め方向に切り筋を入れて、打ち抜く場合には、チップングをある程度抑制できるが、得られる円孔の端部も斜め形状となり、切り筋の角度によっては内孔の面取り加工、内周端面の研磨加工が煩雑になるという問題がある。

特に、2.5インチの磁気ディスク用ガラス基板においては内孔の直径は約20mmと極めて小径であり、加工がしにくいところ、内周端面が斜め形

状になっていると内周端面に対する面取り加工、研磨加工において負荷がかかるとともに精度よい加工が困難となる。また、内周端面に負荷がかかった際に内周端面に微小なクラックが発生してしまうと、磁気ディスク用ガラス基板を、例えば、熱アシスト用磁気ディスクとして用いた際には、磁性層の成膜の際の急激な加熱、冷却によりクラックが成長し、磁気ディスクが破損してしまうという問題も生じることとなる。

そのため、ガラス基板の一部分を打ち抜いて円孔を形成した際に、円孔の端部がガラス基板の主表面に対して略直交する直交方向であり、かつ、円孔の端部に生じるひびや欠けを少なくすることが望まれている。

[0009] 本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、円孔を有する磁気ディスク用基板の製造方法において、ガラス基板の主表面に対して略直交する直交方向に切り筋を入れて打ち抜くことにより円孔を形成する場合であっても、ガラス基板の円孔近辺にチッピングが発生することを抑制することを目的の一とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様は、ガラス基板に円孔を形成する工程を有する磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、前記円孔を形成する工程は、前記ガラス基板の一方の主表面に対して、前記円孔となる領域の周縁をなす切り筋を前記ガラス基板の主表面と略直交する直交方向に形成する第1の工程と、前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第2の工程と、円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分に対して前記一方の主表面側から押圧体を接触させて前記直交方向に力を加えることにより、前記ガラス部分を分離して前記ガラス基板に円孔を形成する第3の工程とを有し、前記第3の工程では、他方の主表面よりも前記押圧体が飛び出さないように前記ガラス部分をガラス基板から分離する。

[0011] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様において、前記押圧体が前記分離されるガラス部分に対して前記直交方向に力を加える距離を

、前記ガラス基板の厚さより小さくすることが好ましい。

[0012] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様において、前記押圧体が前記分離されるガラス部分に対して前記直交方向に力を加える距離を、前記押圧体の移動を制御する付勢機構により制御し、前記付勢機構は、前記押圧体が前記分離されるガラス部分に接触した時点から前記ガラス部分が分離される時点までの間に、前記押圧体に働く付勢力を反転させることが好ましい。

[0013] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様は、ガラス基板に円孔を形成する工程を有する磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、前記円孔を形成する工程は、前記ガラス基板の一方の主表面に対して、前記円孔となる領域の周縁をなす切り筋を前記ガラス基板の主表面と略直交する直交方向に形成する第1の工程と、前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第2の工程と、円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分に対して気体を吹き付けて前記直交方向に力を加えることにより、前記ガラス部分を分離して前記ガラス基板に円孔を形成する第3の工程とを有し、前記分離されるガラス部分に対して前記気体を吹き付ける期間を、前記気体が前記円孔となる領域に触れてから前記円孔となるべくガラス部分が前記ガラス基板から分離されるまでの期間より短くする。

[0014] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様は、前記第3の工程において、前記ガラス部分をガラス基板から分離させる方向が鉛直方向下向きであることが好ましい。

[0015] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様において、前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第2の工程は、前記円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分外を加熱する工程であることが好ましい。

[0016] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様は、前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第2の工程は、前記円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分を冷却する工程であることが好

ましい。

[0017] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様において、ガラス基板は、フロート法により作製されることが好ましい。

[0018] 本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一態様において、ガラス基板に円孔を形成する工程の後、前記ガラス基板に対して面取り加工を行う工程を行うことが好ましい。

[0019] また、本発明の磁気ディスクは、上記磁気ディスク用ガラス基板の製造方法により得られた磁気ディスク用ガラス基板の主表面に、少なくとも磁性層を形成してなるものである。

発明の効果

[0020] 本発明の一態様によれば、ガラス基板の円孔となるべくガラス部分に押圧体を接触させて力を加えることにより打ち抜きを行う場合に、他方の主表面よりも前記押圧体が飛び出さないように前記ガラス部分をガラス基板から分離することにより、円孔の端部にチッピングが生じることを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の実施の形態に係るガラス基板に円孔を形成する方法の一例を説明する図である。

[図2]本発明の実施の形態に係るガラス基板に円孔を形成する方法の一例を説明する図である。

[図3]本発明の実施の形態に係るガラス基板に円孔を形成する方法の一例を説明する図である。

[図4]本発明の実施の形態に係るガラス基板に付勢機構を設けた押圧体を用いて円孔を形成する方法の一例を説明する図である。

[図5]本発明の実施の形態に係るガラス基板に気体を吹き付けることにより円孔を形成する方法の一例を説明する図である。

[図6]本発明の実施の形態に係るガラス基板に円孔を形成する工程を有する磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一例を説明する図である。

[図7]本発明の実施の形態に係るガラス基板に付勢機構を設けた押圧体を用いて円孔を形成する方法の一例を説明する図である。

[図8]従来技術に係るガラス基板に円形を形成する方法を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下に、本発明の実施の形態を図、実施例等を使用して説明する。なお、これらの説明は本発明を例示するものであり、本発明の範囲を制限するものではない。本発明の趣旨に合致する限り他の実施の形態も本発明の範疇に属し得ることは言うまでもない。

[0023] 本発明者がガラス基板に円孔を形成する工程を行ったところ、ガラス基板200に円孔となるべく分離されるガラス部分201の周縁をなす切り筋202を形成し、ガラス基板を水平に保ち、分離されるガラス部分201に対して押圧体203を接触させてガラス基板の主表面と略直交する直交方向に力を加えることにより当該ガラス部分201を打ち抜いた場合、押圧体203を接触させる面211と反対側の面212側の円孔205の端部（内周端面）にチッピングが生じやすいことを発見した（図8（A）～（D）参照）。この問題についてさらに検討したところ、精度の問題上、抜ける円孔の完全な中点に加圧できないことから、押圧体203に押されて円孔となるべく分離されるガラス部分201が抜け落ちる際に、押圧体が抜ける円孔を後押しし傾けてしまい、ガラス基板の面212側の円孔205の端部に、まさに抜け落ちる円孔部のガラス基板が傾いた状態で接触し、チッピングが発生するという結論に至った。

[0024] そこで、本発明者は、円孔となるべく、分離されるガラス部分が抜け落ちる際に、円孔の端部に局所的に強い力が加わらないようにガラス基板の打ち抜きを行うことにより、ガラス基板に形成される内周端面のチッピングを抑制できるとの知見を得た。以下に、ガラス基板に円孔を形成する工程（コアリング工程）について図1～図5を参照して説明する。なお、図1はガラス基板の上面を示し、図2～図5はガラス基板の中央部の断面を示している。

[0025] まず、ガラス基板100を用意する（図1（A）、図2（A）参照）。ガ

ラス基板 100 は、図 1 (A) に示すように、あらかじめディスク状に加工しておいてもよいし、図 6 のように板状ガラス基板 121 にディスク状となる領域 122 の周縁をなす切り筋 123 と、円孔となるべくガラス部分 124 の周縁をなす切り筋 125 を形成し、ディスク状に加工してもよい。以下、前者について説明する。

なお、上記ガラス基板に関しては特に限定されないが、フロート法により作製されたものであることが好ましい。また、ガラスの種類としては、例えば、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、アルミニウムマグネシウム合金などを用いることができる。特に、主表面の平坦性及び基板強度において優れた磁気ディスク用ガラス基板を提供することができるという点では、アルミノシリケートガラスを用いることが好ましい。

アルミノシリケートガラスとしては、例えば、 SiO_2 : 58 ~ 75 質量%、 Al_2O_3 : 5 ~ 23 質量%、 Li_2O : 3 ~ 10 質量%、 Na_2O : 4 ~ 13 質量% を主成分として含有するガラスからなることが好ましい。更に、前記ガラスの組成を、 SiO_2 : 62 ~ 75 質量%、 Al_2O_3 : 5 ~ 15 質量%、 Li_2O : 4 ~ 10 質量%、 Na_2O : 4 ~ 12 質量%、 ZrO_2 : 5.5 ~ 15 質量% を主成分として含有するとともに、 $\text{Na}_2\text{O} / \text{ZrO}_2$ の質量比が 0.5 ~ 2.0、 $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{ZrO}_2$ の質量比が 0.4 ~ 2.5 であるアルミノシリケートガラスであることが好ましい。また、 ZrO_2 の未溶解物が原因で生じるガラス基板表面の突起を無くすためには、モル%表示で、 SiO_2 を 57 ~ 74 %、 ZrO_2 を 0 ~ 2.8 %、 Al_2O_3 を 3 ~ 15 %、 Li_2O を 7 ~ 16 %、 Na_2O を 4 ~ 14 % 含有する化学強化用ガラス等を使用することが好ましい。

[0026] 次に、ガラス基板 100 の一方の主表面に対して、円孔となるべくガラス部分 101 の周縁をなす切り筋 102 を形成する（図 1 (B)、図 2 (B) 参照）。切り筋 102 は、ガラス基板 100 の主表面と略直交する直交方向（ガラス基板 100 の板厚方向に真直ぐ）に形成する。ここで、前記ガラス

基板 100 の主表面と略直交する直交方向とは、板状ガラス基板 100 の表面に対して完全に垂直（ 90° ）である必要はなく、板状ガラス基板 100 の主表面と切り筋 102 とのなす角度が 75° 以上 90° 以下であることが好ましいが、後工程であるチャンファリング工程、端面研磨工程の負荷を減らすことができ、端面形状を略そのまま磁気ディスク用ガラス基板の端面として利用することができることから、 90° であることが特に好ましい。

[0027] ここで、フロート法により製造された板状のガラス素板の場合、熔融スズに接触した面（ボトム面）と、その反対側の面（トップ面）とがある。上記円孔となるべくガラス部分 101 の周縁をなす切り筋 102 を形成する際には、チップングの発生がより少ないことから、ボトム面を選択して切り筋を付与することが好ましい。

[0028] 切り筋 102 は、ガラスカッター、ダイヤモンドカッター等の超硬カッターを用いて形成することができる。なお、切り筋 102 は、一方の主表面側から板状ガラス基板 100 の途中の領域まで設ける構成とすればよい。

[0029] 次に、前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで略垂直に到達させる。該方法としては特に限定されないが、例えば、前記円孔となるべく分離されるガラス部分外をオープン等の加熱装置を用いて $250 \sim 400^\circ\text{C}$ 程度（ただし T_g 以下）に加熱する方法や、前記円孔となるべく分離されるガラス部分をドライアイス等の冷媒を用いて冷却する方法等が挙げられる。

[0030] 次に、ガラス基板 100 の円孔となるべくガラス部分 101 に対して前記一方の主表面側から押圧体 103 を接触させて前記直交方向に力を加えることにより、前記ガラス部分 101 をガラス基板から分離させ、ガラス基板 100 に円孔 105 を形成する（図 1（C）、図 2（C）～図 3（C）参照）。

[0031] この際、ガラス基板 100 の円孔となるべくガラス部分 101 が抜け落ちる際に、抜け落ちるガラス 104 が円孔 105 の端部に強く衝突しないように押圧体 103 を動作させて打ち抜きを行う。具体的には、他方の主表面よりも前記押圧体が飛び出さないように前記ガラス部分をガラス基板から分離

する(図3(B))。

[0032] より具体的には、押圧体103がガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101と接触した時点(図2(D)参照)から、当該押圧体103が円孔となるべくガラス部分101を押込む量(前記押圧体が前記分離されるガラス部分に対して前記直交方向に力を加える距離)を、ガラス基板100の厚さより小さくすることができる。

[0033] 例えば、板厚が t であるガラス基板100に対して、押圧体103として鉄、アルミニウム等で形成された押圧棒を用いて円孔105を形成する場合には、押圧棒がガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101に接触してから、押圧棒を押込む量 t を $0 < t < L$ (例えば、 $t = L/2$)とすることができる(図2(E)、図3(A)参照)。

[0034] なお、押圧棒(押圧体103)がガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101と接触してから進む距離は、ばね等を用いて制御することができ。例えば、押圧体の移動を制御する付勢機構を設け、当該付勢機構により押圧体の押込み量を制御する。以下に、押圧体に付勢機構を設けて打ち抜きを行う場合について、図4を参照して説明する。

[0035] まず、切り筋102が形成されたガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101に押圧体103を接触させて力を加える(図4(A)参照)。押圧体103の移動は付勢機構107により制御され、図4(A)では、付勢機構107によって押圧体103には押圧方向(紙面下方向)に付勢力が働いている。

[0036] 押圧体103をガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101に接触させた後、ある程度の押込み量まで、押圧体103に押圧方向に対して付勢力を働かせた後(図4(B)参照)、所定の押込み量 t ($0 < t < L$)に達した時点で、付勢機構107により押圧体103に押圧方向とは逆の方向(紙面上方向)に付勢力を働かせる(図4(C)参照)。これにより、押圧体103は押圧方向と逆の方向に移動し、ガラス部分101は押圧体103に加えられた力により押圧方向に移動して、押圧体103とガラス部分10

1は非接触となる（図4（D）参照）。

[0037] このように、押圧体103がガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101に接触した時点から、円孔となるべくガラス部分101が抜け落ちる時点までの間に、押圧体103に働く付勢力を反転させることによって、円孔となるべくガラス部分101が抜け落ちる時点において、押圧体103が円孔となるべくガラス部分101に対して加える力を0にすることができる。なお、付勢機構107としては、上述したように、ばね等を用いればよい。

[0038] また、上述したようにガラス基板の円孔となるべくガラス部分101がまさに抜け落ちる際に、押圧体103の移動方向を円孔となるべくガラス部分101の抜け落ちる方向と逆方向とする代わりに、円孔となるべくガラス部分101が抜け落ちるタイミングが、押圧体103が円孔105を抜けるタイミングよりも早くなるように調整してもよい（図7（A）～（D）参照）。この場合には、円孔となるべくガラス部分101が抜け落ちる時点（図7（C）参照）において、ガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101に押圧体103が接触しないように、付勢機構107を制御すればよい。

[0039] また、ガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101に対して押圧体103を接触させて力を加える方法として、空気等の気体を吹き付ける方法を用いてもよい（図5（A）～（D）参照）。

[0040] 空気等の気体106を吹き付けてガラス基板100に圧力を加えて打ち抜きを行う場合には、円孔となるべくガラス部分101が抜け落ちる時点（図5（C）参照）において、ガラス基板100の円孔となるべくガラス部分101に気体106を吹き付けないようにすればよい（ガラス部分が分離される時点において、気体106により円孔となるべくガラス部分101に加えられる力を0にする）。

[0041] このためには、円孔となるべくガラス部分101に対して気体106を吹き付ける期間を制御すればよい。具体的には、円孔となるべくガラス部分101に対する気体106の吹き付け期間を、吹き付けた気体106が円孔と

なるべくガラス部分 101 にあたって（触れて）から円孔となるべくガラス部分 101 が抜け落ちるまでの期間より短い期間とすればよい。なお、気体 106 は、ガラス基板 100 の円孔となるべくガラス部分 101 にのみ吹き付けてもよいし、円孔となるべくガラス部分 101 を含むガラス基板 100 の広範囲に渡って吹き付けてもよい。

[0042] このように、円孔となるべくガラス部分 101 が抜け落ちる時点で、押圧体 103 がガラス基板 100 の円孔となるべくガラス部分 101 に加える力が 0 となるように、押圧体 103 を動作させることにより、円孔となるべくガラス部分 101 が切り筋 102 に沿って鉛直方向に真っすぐに打ち抜かれる。これにより、円孔となるべくガラス部分 101 が抜け落ちる際に円孔 105 の端部に局所的に強い力が加わることを避け、円孔 105 の端部にチップングが生じることを抑制することができる。

[0043] また、本実施の形態では、上述したように板状ガラス基板 100 に押圧体 103 を接触させて打ち抜きを行う際に、板状ガラス基板 100 を加熱しながら行うことが好ましい。この場合、ガラス基板 100 への加熱は、主に円孔となるべくガラス部分 101 よりも外側が選択的に加熱されるように行うことが好ましい。これにより、打ち抜きされる部分のガラス部分 101 とそれ以外の部分のガラスに熱膨張差を形成することができ、押圧体 103 を必要以上に押しこんで打ち抜きを行わなくても、円孔となるべくガラス部分 101 を打ち抜くことができる。

[0044] 以下に、上述した方法を用いて円孔を有する磁気ディスク用ガラス基板の製造方法及び当該磁気ディスク用ガラス基板を用いた磁気ディスクの製造工程について詳しく説明する。なお、各工程の順序は以下の記載に限定されず、適宜入れ替えることが可能である。

[0045] (1) 素材加工工程

素材加工工程では、フロート法により作製されたガラス素材（厚さ 1 mm）を切断して一枚分の磁気ディスクを構成する板状ガラス基板 121 を形成する（図 6（A））。ガラスとしては特に限定されないが、アルミノシリケ

ートガラスが好適であり、例えば、 SiO_2 ：58～75質量%、 Al_2O_3 ：5～23質量%、 Li_2O ：3～10質量%、 Na_2O ：4～13質量%を主成分として含有するガラスを用いることができる。

フロート成形に際して、熔融金属であるスズに接触した側の面をボトム面、このボトム面に対向する面をトップ面と呼称する。

[0046] まず、準備された板状のフロートガラス素材の両面のうち、ボトム面を選択し、ボトム面にダイヤモンドカッターを押し当てて切り筋123を形成する。切り筋の形成工程においては、対向面であるトップ面に切り筋123を到達させないこととした。

具体的には、板厚に対して50%の深さとなるようにカッターの刃を押圧する力を設定して切り筋を形成する。

[0047] 次に、切り筋123が形成されたガラス素材を割り曲げることにより、この切り筋をボトム面から対向面であるトップ面に進行させて角形状のガラス板を切断する。複数の切り筋123を形成することで、1枚のガラス素材から多数の角型のガラス板を作製することができる。

以上のようにして、1枚のガラス素材から、多数のガラス板を作製する。作製されたガラス板は縦横50mm乃至100mmの矩形状である。

[0048] (2) 形状加工工程

形状加工工程では、板状ガラス基板121をディスク状のガラス基板に加工すると共に、ディスク状のガラス基板の中央部に円孔を形成する。以下に、形状加工工程の具体例について説明する。

[0049] まず、板状ガラス基板121のボトム面にダイヤモンドカッターで、磁気ディスク用ガラス基板となされる領域の外周側の周縁をなす切り筋123と、円孔となるべくガラス部分124の周縁をなす切り筋125を形成する（図6（B）参照）。次に、板状ガラス基板121において、ディスク状となる領域122の周縁をなす切り筋123の外側に位置する領域を選択的に加熱することにより、板状ガラス基板121からディスク状のガラス基板126をとりだす（図6（C）参照）。ディスク状のガラス基板126は、ある

程度の大きさを有しているため、加熱処理を行うことにより取り出すことができる。

なお、板状ガラス基板 121 の主表面と切り筋 102 とのなす角度は 75° 以上 90° 以下であることが好ましく、90° であることが特に好ましい。

[0050] 次に、ガラス状のガラス基板 126 を水平に保ち、円孔となるべくガラス部分 124 の周縁をなす切り筋 125 の外側に位置する領域を選択的に加熱すると共に、ガラス状のガラス基板 126 の円孔となるべくガラス部分 124 に対して押圧体を接触させて主表面と略直交する直交方向、特に鉛直方向下向きに力を加えることにより、ガラス状のガラス基板 126 の円孔となるべくガラス部分 124 を打ち抜いて円孔 127 を形成する (図 6 (D) 参照)。

円孔となるべくガラス部分 124 は、サイズが小さいため、加熱処理を行うと共に、押圧体を用いて打ち抜きを行う。円孔となるべくガラス部分 124 の打ち抜きの際には、上述したように、他方の主表面よりも前記押圧体が飛び出さないように前記ガラス部分をガラス基板から分離する。これにより、円孔となるべくガラス部分 124 が抜け落ちる際に円孔 127 の端部に局所的に強い力が加わることを避け、円孔 127 の端部にチップングが生じることを抑制することができる。

[0051] (3) 第 1 研削 (ラッピング) 工程

第 1 ラッピング工程では、円盤状となったガラス基板 126 の主表面をラッピング加工し、ガラス基板の表面形状を整えるとともに、板厚を調整する。第 1 のラッピング工程は、遊星歯車機構を利用した面研削装置により、アルミナ系遊離砥粒を用いて行うことができる。具体的には、円盤状ガラス基板の両面に上下からラッピング定盤を押圧させ、遊離砥粒を含む研削液をガラス基板の主表面上に供給し、これらを相対的に移動させてラッピング加工を行う。このラッピング加工により、平坦な主表面を有するディスク状のガラス基板 126 を得ることができる。

[0052] (4) 外周端部及び内周端部 (円孔端部) に面取り面を形成するチップング

リング工程（面取り面形成工程）

チャンファリング工程においては、ディスク状のガラス基板 126 に対して面取加工を行う。具体的には、内周端部及び外周端部をダイヤモンド砥石によって研削し、ガラス基板に所定の面取り加工を施す。なお、本実施の形態では、上記形状加工工程において、円孔の端部がガラス基板の主表面に対して略垂直方向であり、かつ、円孔のチップングを低減できるため、チャンファリング工程を簡略化することができる。

[0053] （５）第２ラッピング工程

第２ラッピング工程では、得られたガラス基板の両主表面について、第２ラッピング加工を行う。第２ラッピング工程を行うことにより、前工程である形状加工工程においてガラス基板の主表面に形成された微細な凹凸形状を除去することができ、後続の主表面に対する研磨工程を短時間で完了させることが可能となる。なお、第２ラッピング工程は、遊星歯車機構を利用した両面研削装置を用いて上記第１ラッピング加工と同様に行うことができる。

[0054] （６）端面研磨工程

端面研磨工程では、ガラス基板の外周端面及び内周端面について、ブラシ研磨方法により、鏡面研磨を行う。このとき、研磨砥粒としては、例えば、酸化セリウム砥粒を含むスラリー（遊離砥粒）を用いることができる。この端面研磨工程により、ガラス基板の端面は、ナトリウムやカリウムの析出の発生を防止できる鏡面状態になる。

[0055] （７）主表面研磨工程（第１研磨工程）

主表面研磨工程として、まず第１研磨工程を施す。第１研磨工程は、前述のラッピング工程で両主表面に残留したキズや歪みの除去を主たる目的とする工程である。この第１研磨工程においては、遊星歯車機構を有する両面研磨装置により、硬質樹脂ポリッシャを用いて、両主表面の研磨を行う。研磨剤としては、酸化セリウム砥粒を用いることができる。また、第１研磨工程を終えたガラス基板は、中性洗剤、純水、IPA等で洗浄することが好ましい。

[0056] なお、両面研磨装置としては、上下側定盤の主表面部に、一対の研磨布（硬質樹脂ポリッシャの研磨パッド）を貼付して使用することができる。この両面研磨装置においては、上下側定盤に貼付された研磨布間にガラス基板を設置し、上下側定盤の一方又は双方を移動させて、ガラス基板の両主表面を研磨することができる。

[0057] （８）化学強化工程

化学強化工程においては、ガラス基板を化学強化液に浸漬して化学強化処理を施す。化学強化処理に用いる化学強化液としては、例えば、硝酸カリウム（６０ｗｔ％）と硝酸ナトリウム（４０ｗｔ％）の混合溶液などを用いることができる。化学強化処理においては、化学強化液を３００℃～４００℃に加熱し、洗浄済みのガラス基板を２００℃～３００℃に予熱し、化学強化溶液中に３時間～４時間浸漬することによって行う。この浸漬の際には、ガラス基板の表面全体が化学強化されるようにするため、複数のガラス基板が端面で保持されるように、ホルダに収納した状態で行うことが好ましい。

[0058] このように、化学強化溶液に浸漬処理することによって、ガラス基板の表層のリチウムイオン及びナトリウムイオンが、化学強化溶液中の相対的にイオン半径の大きなナトリウムイオン及びカリウムイオンにそれぞれ置換され、ガラス基板が強化される。なお、化学強化処理されたガラス基板は、硫酸で洗浄した後に、純水、ＩＰＡ等で洗浄すればよい。

[0059] （９）主表面研磨工程（最終研磨工程）

最終研磨工程として、第２研磨工程を施す。第２研磨工程は、両主表面を鏡面状に仕上げることを目的とする工程である。第２研磨工程においては、遊星歯車機構を有する両面研磨装置により、軟質発泡樹脂ポリッシャを用いて、両主表面の鏡面研磨を行う。スラリーとしては、第１研磨工程で用いた酸化セリウム砥粒よりも微細な酸化セリウム砥粒やコロイダルシリカなどを用いることができる。この最終研磨工程において、遊星歯車機構を利用した両面研磨装置を用いて上記第１研磨工程と同様に行うことができる。

[0060] （１０）磁気ディスク製造工程（記録層等形成工程）

上述した工程を経て得られたガラス基板の一方の主表面に、例えば、付着層、軟磁性層、非磁性下地層、垂直磁気記録層、保護層、及び潤滑層を順次成膜することにより、垂直磁気記録ディスクを製造することができる。付着層を構成する材料としては、Cr合金などを挙げることができる。軟磁性層を構成する材料としては、CoTaZr基合金などを挙げることができる。非磁性下地層としては、グラニューラ非磁性層などを挙げることができる。垂直磁気記録層としては、グラニューラ磁性層などを挙げることができる。保護層を構成する材料としては、水素化カーボンなどを挙げることができる。潤滑層を構成する材料としては、フッ素樹脂などを挙げることができる。例えば、これらの記録層等は、より具体的には、インライン型スパッタリング装置を用いて、ガラス基板の上に、CrTiの付着層、CoTaZr/Ru/CoTaZrの軟磁性層、CoCrSiO₂の非磁性グラニューラ下地層、CoCrPt-SiO₂・TiO₂のグラニューラ磁性層、水素化カーボン保護膜を順次成膜し、さらに、ディップ法によりパーフルオロポリエーテル潤滑層を成膜することができる。

[0061] 次に、本発明の効果を明確にするために行った実施例について説明する。

[0062] (実施例1)

(1) 素材加工工程

フロート法により作製されたガラス素材（厚さ1mm）のボトム面にダイヤモンドカッターを押し当てて切り筋を形成し、割り曲げることにより、70mm×70mmの矩形の板状ガラス基板を作製した。なお、ガラス素材としては、SiO₂: 58重量%~75重量%、Al₂O₃: 5重量%~23重量%、Li₂O: 3重量%~10重量%、Na₂O: 4重量%~13重量%を主成分として含有するアルミノシリケートガラスを使用した。

[0063] (2) 形状加工工程

次に、板状ガラス基板121のボトム面にダイヤモンドカッターで、磁気ディスク用ガラス基板となされる領域122の外周側の周縁をなす切り筋123、円孔となるべく領域124の周縁をなす切り筋125を形成した（図

6（B）参照）。次に、板状ガラス基板において、ディスク状となる領域の周縁をなす切り筋の外側に位置する領域を選択的にヒーターにて250℃に加熱することにより、板状ガラス基板からディスク状のガラス基板126をとりだした（図6（C）参照）。

ここで、板状ガラス基板のボトム面と切り筋102とのなす角度は90°とした。

[0064] 次に、ディスク状のガラス基板126において、円孔となるべくガラス部分124の周縁をなす切り筋125の外側に位置する領域を選択的にヒーターにて250℃に加熱すると共に、ディスク状のガラス基板126の円孔となるべくガラス部分124に対して押圧体を接触させて力を加えることにより、ディスク状のガラス基板126の円孔となるべくガラス部分124を打ち抜いて円孔127を形成した（図6（D）参照）。

円孔となる領域の打ち抜きは、押圧体として先端が円錐形状となった鉄部品を用いて、円孔となる領域に接触させる時点で圧力を約4.0Kgとし、また、付勢機構としてばね（ミスミ社製、UH16-20（1kgf/mm））を用いることにより、ガラス部分がトップ面側からまさに打ち抜かれる時点において、前記押圧体が前記他方の主表面側から飛び出さないようにした（ガラス部分がトップ面側からまさに打ち抜かれる時点において、押圧体が円孔となるべくガラス部分に対して加える力が0となるようにした）。

[0065] （欠陥検査）

ガラス基板に形成された円孔に対して、光学顕微鏡を用いてチップングの有無について検査を行った。本実施例では、100枚のガラス基板に円孔を形成して、チップングの発生したガラスを測定したところ、100枚中1枚チップングが発生していた。

[0066] （実施例2）

形状加工工程において、ヒーターで加熱する代わりに、円孔となるべくガラス部分を選択的に冷媒にてトップ面を-20℃で冷却し、押圧体として先端が円錐形状となった鉄部品を用い、円孔となるべくガラス基板から分離さ

れるガラス部分に対して主表面上側から押圧体を接触させて鉛直方向下向きに力を加える際に他方の主表面（下側）よりも押圧体が飛び出さないように押圧体をコンピューターにて制御することによりガラス部分をガラス基板から分離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作製した。なお、円孔となるべくガラス部分に接触させる時点での圧力を約 4 . 0 K g f とした。

[0067] （欠陥検査）

ガラス基板に形成された円孔に対して、光学顕微鏡を用いてチップングの有無について検査を行った。本実施例では、100 枚のガラス基板に円孔を形成して、チップングの発生したガラスを測定したところ、チップングの発生はなかった。

[0068] （比較例）

円孔の形成方法以外は実施例と同様に行ったガラス基板について、チップングの有無について検査を行った。なお、比較例においては、上記図 8 に示したようにガラス基板を貫通させるように押圧体を接触させて力を加えることにより、ディスク状のガラス基板の円孔となる領域を打ち抜いて円孔を形成した。100 枚のガラス基板に円孔を形成して、チップングの発生したガラスを測定したところ、比較例においては、100 枚中 4 枚チップングが発生していた。

なお、実施例、比較例ともにチップングの発生したガラス基板についてラッピング工程、研磨工程等の後工程を行ない、磁気ディスク用ガラス基板とし、さらに磁性膜等を形成して磁気ディスクとしてもヘッドが安定して浮上せず、読み込み・書き込み不良となることが分かった。

[0069] 本発明は上記実施の形態に限定されず、適宜変更して実施することができる。

[0070] なお、上記実施の形態における材料、サイズ、処理手順、検査方法などは一例であり、本発明の効果を発揮する範囲内において種々変更して実施することが可能である。その他、本発明の目的の範囲を逸脱しない限りにおいて

適宜変更して実施することが可能である。

[0071] 本出願は、２００９年９月２９日出願の特願２００９－２２４２０１に基づく。この内容は全てここに含めておく。

請求の範囲

[請求項1] ガラス基板に円孔を形成する工程を有する磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、

前記円孔を形成する工程は、前記ガラス基板の一方の主表面に対して、前記円孔となる領域の周縁をなす切り筋を前記ガラス基板の主表面と略直交する直交方向に形成する第1の工程と、

前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第2の工程と、

円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分に対して前記一方の主表面側から押圧体を接触させて前記直交方向に力を加えることにより、前記ガラス部分を分離して前記ガラス基板に円孔を形成する第3の工程とを有し、

前記第3の工程では、他方の主表面よりも前記押圧体が飛び出さないように前記ガラス部分をガラス基板から分離することを特徴とする磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項2] 前記押圧体が前記分離されるガラス部分に対して前記直交方向に力を加える距離を、前記ガラス基板の厚さより小さくすることを特徴とする請求項1に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項3] 前記押圧体が前記分離されるガラス部分に対して前記直交方向に力を加える距離を、前記押圧体の移動を制御する付勢機構により制御し、

前記付勢機構は、前記押圧体が前記分離されるガラス部分に接触した時点から前記ガラス部分が分離される時点までの間に、前記押圧体に働く付勢力を反転させることを特徴とする請求項1に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項4] ガラス基板に円孔を形成する工程を有する磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、

前記円孔を形成する工程は、前記ガラス基板の一方の主表面に対し

て、前記円孔となる領域の周縁をなす切り筋を前記ガラス基板の主表面と略直交する直交方向に形成する第 1 の工程と、

前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第 2 の工程と、

円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分に対して気体を吹き付けて前記直交方向に力を加えることにより、前記ガラス部分を分離して前記ガラス基板に円孔を形成する第 3 の工程とを有し、

前記分離されるガラス部分に対して前記気体を吹き付ける期間を、前記気体が前記円孔となる領域に触れてから前記円孔となるべくガラス部分が前記ガラス基板から分離されるまでの期間より短くすることを特徴とする磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項5] 前記第 3 の工程において、前記ガラス部分をガラス基板から分離させる方向が鉛直方向下向きであることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項6] 前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第 2 の工程は、前記円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分外を加熱する工程であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項7] 前記切り筋を前記ガラス基板の他方の主表面まで到達させる第 2 の工程は、前記円孔となるべくガラス基板から分離されるガラス部分を冷却する工程であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項8] ガラス基板は、フロート法により作製されることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項9] ガラス基板に円孔を形成する工程の後、前記ガラス基板に対して面取り加工を行う工程を行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項10] 請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法により得られる磁気ディスク用ガラス基板の主表面に、少なくとも磁性層を形成してなることを特徴とする磁気ディスク。