

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

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ光を用いてガラス板からガラス素板を切り出す処理を含む磁気ディスク用ガラス基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 今日、パーソナルコンピュータ、ノート型パーソナルコンピュータ、あるいはDVD (Digital Versatile Disc) 記録装置、あるいは、クラウドコンピューティングのデータセンター等には、データ記録のためにハードディスク装置が用いられる。ハードディスク装置では、円盤状の非磁性体の磁気ディスク用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る。磁気ディスクは、例えば、浮上距離が5 nm程度であるDFH (Disk Flying Height) タイプの磁気ヘッドに組み込まれる。

[0003] このようなDFHタイプの磁気ヘッドでは、上記浮上距離が短いため、磁気ディスクの主表面に微小粒子等が付着することは避けなければならない。この微小粒子の付着を抑制するために、ガラス基板の主表面のみならず端面においても精度よく研磨して、表面粗さが小さいことが望ましい。また、磁気ディスクが安定して高速回転するように、円盤形状の磁気ディスクは真円度が高いことが望ましい。

[0004] このような磁気ディスクの要求を満足するために、磁気ディスク用ガラス基板の端面（内側端面及び外側端面）の表面粗さを小さくし、真円度を高める端面研磨が行われる。

磁気ディスク用ガラス基板は、ガラス板の切り出し、端面の面取り加工、端面研磨、主表面の研削及び研磨、及びガラス板の洗浄を経て得られる。

上記ガラス板の切り出しにおいて、カッターによるスクライブ及び割断に代えて、レーザ光を用いてガラス板からガラス素板を切り出す技術が提案されている（特許文献1）。

[0005] 上記技術では、パルスレーザビームのレーザビーム焦線をガラス板内へ、所定の入射角度で方向付けて、ガラス板内でレーザビーム焦線に沿って欠陥ライン（穿孔）を生じさせることを、ガラス板およびレーザビームを相対的に平行移動して繰り返し行って、複数の欠陥ライン（穿孔）を形成する。そのとき、隣り合う欠陥ライン（穿孔）間にクラックが伝播するので、ガラス板から所望の形状のガラス素板を切り出すことができる。欠陥ライン（穿孔）の間隔は、 $2\mu\text{m}$ だけ離れている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2017-511777号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記技術を利用して、ガラス板から円盤形状のガラス素板を作製することはできるが、欠陥ライン（穿孔）に基づいてガラス素板を切り出すので、切り出したガラス素板の端面には、欠陥ラインを構成する孔の断面形状の一部が残る。このため、切り出したガラス素板から、主表面のみならず端面の表面粗さが小さい磁気ディスク用ガラス板を得るためには、端面研磨を行わなければならない。端面研磨は、研磨時間が長く、生産効率のみならず、生産コストの点で好ましくない。端面研磨をするにしても、従来に比べて研磨時間が短くて済む、あるいは、端面研磨を全く行わなくて済むようなレーザ光を用いた切り出しが好ましい。

[0008] そこで、本発明は、ガラス板から、磁気ディスク用ガラス板の素となるガラス素板を、レーザ光を用いて切り出す際、端面研磨時間を従来に比べて大幅に低減し、好ましくは、端面研磨をしなくても済むような端面の表面粗さと真円度を有するガラス素板を切り出すことができる処理を含んだ、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法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] 上述したように、ガラス板に穿孔した複数の欠陥ラインに基づいて円盤形状のガラス素板を切り出した場合、端面は表面粗さと真円度を同時に満足する好ましい形状とはならない。

一方、ガラス板の主表面に焦点位置が来るようにレーザ光を照射して主表面上に欠陥を形成させて、この欠陥からクラックをガラス板内に進展させることで、ガラス素板を切り出すことができるが、この場合も、端面は、表面粗さと真円度を同時に満足する好ましい形状とはならない。これに対して、ガラス板の内部に欠陥を形成して、この欠陥から両側の主表面に向けてクラックを進展させることで、ガラス素板を切り出した場合、端面の表面粗さは小さく、真円度は高いことを見出した。

また、端面の表面粗さと真円度を同時に満足する形状とならないガラス素板であっても、ガラス素板の面取面の形成のためにガラス素板の切り出した面、すなわち分離面に、分離面の法線方向からレーザ光を照射して、分離面近傍のガラスを溶かして面取面を形成することにより、分離面へのレーザ光の照射によってできるガラス素板の分離面の表面粗さは小さく、真円度は高いことを見出した。これらの事実より、本発明者は、以下の発明の態様を想到した。

[0010] 本発明の一態様は、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法である。当該製造方法は、

レーザ光の焦点位置が前記ガラス板の板厚方向の内部に位置し、かつ前記焦点位置が、前記ガラス板の主表面から見て円を描くように、第1レーザ光を前記ガラス板に対して相対移動させることにより、前記ガラス板の内部にクラック開始部を形成し、その後、前記クラック開始部から前記ガラス板の主表面に向けてクラックを進展させ、前記ガラス板を割段して、表面粗さが算術平均粗さ R_a で $0.01\ \mu\text{m}$ 未満であり、真円度が $15\ \mu\text{m}$ 以下である分離面を有するガラス素板を前記ガラス板から分離する分離処理と、

前記ガラス素板の主表面の研削あるいは研磨を行う研削・研磨処理と、を含む。

- [0011] 前記焦点位置は、前記ガラス板の主表面から前記ガラス板の板厚の3分の1～3分の2の範囲内にある、ことが好ましい。
- [0012] 前記焦点位置は、前記ガラス基板の主表面から前記ガラス板の板厚の3分の1未満の範囲内にある、ことも好ましい。
- [0013] 前記分離処理と前記研削・研磨処理の間に、前記ガラス素板の主表面と前記分離面とで形成される角部を、前記第1レーザ光と異なる種類の第2レーザ光で面取り加工する面取り処理を含む、ことが好ましい。
- [0014] 本発明の他の一実施形態は、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法である。当該製造方法は、
- 第1レーザ光をガラス板に対して相対移動させることにより、前記ガラス板の主表面上に定めた円形状の分離境界線上に前記第1レーザ光の照射によって欠陥を断続的に形成し、形成した前記欠陥を繋ぐように線状の欠陥を形成して前記ガラス板からガラス素板を分離する分離処理と、
- 前記ガラス素板の分離面の法線方向から前記第1レーザ光と異なる種類の第2レーザ光を照射することにより、前記分離面に面取面を形成し、かつ、前記第2レーザ光の照射により前記分離面の表面粗さが算術平均粗さ R_a で $0.01\mu\text{m}$ 未満であり、真円度が $15\mu\text{m}$ 以下であるガラス素板を形成する面取り処理と、
- 前記ガラス素板の主表面の研削及び研磨の少なくとも一方を行う研削・研磨処理と、
- を含む。
- [0015] 前記ガラス板の板厚は、 0.6mm 以下である、ことが好ましい。
- また、前記研削・研磨処理後の前記ガラス素板の板厚は、 0.52mm 未満である、ことが好ましい。
- [0016] 前記第2レーザ光は、パルス幅が 10^{-12} 秒以下のパルスレーザ光である、ことが好ましい。
- [0017] 前記研削・研磨処理では、前記切り出し処理により得られた前記ガラス素板の前記真円度を維持し、さらに前記分離面の少なくとも一部分の表面粗さ

を維持しつつ、前記ガラス素板の前記主表面を研削及び研磨の少なくとも一方を行う、ことが好ましい。

[0018] 前記真円度は、 $0.1 \sim 15 \mu\text{m}$ である、ことが好ましい。

発明の効果

[0019] 上述の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によれば、端面研磨時間を従来に比べて大幅に低減し、好ましくは、端面研磨をしなくても済むような端面の表面粗さと真円度を有するガラス素板を切り出すことができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1] (a) は、本実施形態で作製される磁気ディスク用ガラス基板の一例の斜視図であり、(b) は、(a) に示す磁気ディスク用ガラス基板の外側端面の断面の一例を示す図である。

[図2] (a) , (b) は、本実施形態の、ガラス板からガラス素板を切り出す方法の一例を説明する図である。

[図3]本実施形態の、ガラス板からガラス素板を切り出す方法の一例を説明する図である。

[図4]本実施形態で行う、面取り処理の一例を説明する図である。

[図5]本実施形態で行う面取面の形成処理の一例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0021] 本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法では、ガラス板から、同心円である内側円及び外側円に沿って円盤形状のガラス素板を切り出して、切り出した円盤形状のガラス素板の端面（分離面）と主表面との接続部分の角部の面取り加工を行ったのち、主表面の研削及び研磨を行って、磁気ディスク用ガラス基板を作製する。

ここで、従来のレーザ光を用いて、ガラス板から切り出したガラス素板の分離面である端面（内側端面、外側端面）における表面粗さである算術平均粗さ R_a と真円度は、磁気ディスク用ガラス板の端面の要求範囲を満足しない。従来切り出したガラス素板の端面研磨を行うことで算術平均粗さ R_a を要求範囲内にすることはできるが、端面研磨に多くの時間を要し、生産効率

が低い。一方、真円度が低いガラス素板の真円度を高くする調整は困難である。

この点を考慮して、本実施形態では、レーザ光を用いたガラス板からガラス素板を切り出すが、従来と異なる方式によりガラス素板を切り出す。

[0022] 具体的には、一実施形態である第1処理では、第1レーザ光の焦点位置がガラス板の板厚方向の内部に位置し、かつ焦点位置が、ガラス板の主表面から見て円を描くように、第1レーザ光をガラス板に対して相対移動させることにより、ガラス板の内部に円形状のクラック開始部を形成する。その後、円形状のクラック開始部の各位置からガラス板の主表面に向けてクラックを進展させ、ガラス板を割断して、表面粗さが算術平均粗さ R_a で $0.01\mu\text{m}$ 未満であり、真円度が $15\mu\text{m}$ 以下である分離面（割段面）を有するガラス素板をガラス板から分離する。

クラック開始部は、例えば、レーザ光の照射により傷、熔融、劣化、あるいは変質が生じた部分である。例えばガラス板を加熱することにより、このクラック開始部からガラス板の両主表面に向けてクラックが進展する。

この後、後述する研削・研磨処理の前に、面取面を、第2レーザ光を用いて形成する面取り処理を行う。したがって、ガラス板からガラス素板を分離する分離処理と研削・研磨処理の間に、ガラス素板の主表面と分離面とで形成される角部を、第1レーザ光と異なる種類の第2レーザ光で面取り加工する。

[0023] 別の一実施形態である第2処理では、第1レーザ光をガラス板に対して相対移動させることにより、ガラス板の主表面上に定めた円形状の分離境界線上に第1レーザ光の照射によって欠陥を断続的に形成し、形成した欠陥を繋ぐように線状の欠陥を形成してガラス板からガラス素板を分離する。分離したガラス素板の分離面の法線方向から第2レーザ光を照射することにより、分離面に面取面を形成し、かつ、この第2レーザ光の照射により分離面の表面粗さが算術平均粗さ R_a で $0.01\mu\text{m}$ 未満であり、真円度が $15\mu\text{m}$ 以下となるガラス素板を形成する。

[0024] 欠陥は、ガラスに形成される傷、熔融した部分、劣化あるいは変質した部分（以下、傷等という）、ガラス板の主表面から急激にへこんだ孔断面の小さい孔（貫通孔、非貫通孔を含む）、及びクラック等を含む。このような欠陥は、進展するクラック生成の核となる。

欠陥を断続的に形成するとは、ガラス板上に、クラック生成の核となる傷等や孔断面の小さい複数の孔（貫通孔、非貫通孔を含む）を、間隔をあけてガラス板の深さ方向にあけることを含む。

また、線状の欠陥を形成するとは、断続的に形成された欠陥を線状に繋ぐクラックが形成されることを含む。クラックは、ガラス材に物理的な隙間が生じる顕在化したクラックの他に、物理的な隙間が生じないが、境界面を形成する潜在クラックも含む。

ガラス板からガラス素板を分離することは、分離した縁が円形状の外周となるように、ガラス素板を取り囲む外側部分を除去すること、及び円形状の内孔を形成するように、ガラス素板に囲まれた内側部分を除去することを含む。

[0025] 真円度の測定は、例えば、ガラス素板の板厚よりも厚い板状のプローブをガラス基板の主表面に対して垂直方向に、端面と対向するように配置し、ガラス素板を円周方向に回転させることで輪郭線を取得し、この輪郭線の内接円と外接円との半径の差をガラス基板の真円度として算出する。なお、真円度の測定には、例えば、真円度・円筒形状測定装置を用いることができる。

[0026] 算術平均粗さ R_a は、JIS B0601:2001に準拠した値である。算術平均粗さ R_a を求めるために行なうガラス素板の端面の表面形状の計測は、レーザ顕微鏡を用いて、 $50\mu\text{m}$ 四方の評価領域にて以下の条件で行なわれる。

観察倍率：3000倍、

高さ方向（Z軸）の測定ピッチ： $0.01\mu\text{m}$ 、

カットオフ値 λ_s ： $0.25\mu\text{m}$ 、

カットオフ値 λ_c ： $80\mu\text{m}$ 。

なお、高さ方向の分解能は1 nm以下であることが好ましい。また、本実施形態では観察倍率3000倍であるが、観察倍率は測定面の大きさに応じて、1000～3000倍程度の範囲で適宜選択される。

[0027] 上述の第1処理では、第1レーザ光の焦点位置をガラス板の板厚方向の内部に位置するように、レーザ光源の光学系を調整するので、焦点位置に光エネルギーが集中して局所的に加熱して、クラック開始部をガラス内部に形成させる。この後、例えばガラス板を加熱する等により、このクラック開始部から主表面に向かってクラックを進展させる。クラックによって形成される割断面は表面粗さが小さい。また、焦点位置の軌跡となる円は、第1レーザ光をガラス板に精度よく相体移動することが可能な移動機構等によって高い真円度を実現することができる。このため、ガラス素板の真円度の精度は、焦点位置から主表面に向かって延びるクラックの真直度に依存するが、クラックは、ガラス板厚方向内部から延びるので、一方の側の主表面から他方の側の主表面に向かって進展するクラックより進展距離は短い。このため、真円度の悪化を抑えることができる。

また、第2処理では、第1レーザ光の照射により欠陥を断続的に形成した欠陥間を繋ぐクラックを形成させてガラス素板を分離する場合、分離面の算術平均粗さ R_a が大きく真円度が低い場合があるが、分離面の法線方向から第2レーザ光を分離面に照射して分離面近傍のガラスを熱によって溶かしながら面取面を形成するので、第2レーザ光の照射による面取面の形成と同時に、第2レーザ光の照射により分離面の表面粗さを小さくし、かつ、真円度の精度を高めることができる。

これにより、分離面の表面粗さを算術平均粗さ R_a で0.01 μm 未満とすることができ、真円度を15 μm 以下とすることができる。真円度は、一実施形態によれば、0.1～15 μm にすることができる。真円度は、好ましくは10 μm 以下であり、より好ましくは7 μm 以下、より一層好ましくは5 μm 以下である。

[0028] 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、図面

を参照しながら説明する。図1(a)は、本実施形態で作製される磁気ディスク用ガラス基板の一例の斜視図である。図1(b)は、図1(a)に示す磁気ディスク用ガラス基板の外側端面の断面の一例を示す図である。

図1(a)に示す磁気ディスク用ガラス基板(以下、ガラス基板という)1は、円環状の薄板のガラス基板である。磁気ディスク用ガラス基板のサイズは問わないが、磁気ディスク用ガラス基板は、例えば、公称直径2.5インチや3.5インチの磁気ディスク用ガラス基板のサイズである。公称直径2.5インチの磁気ディスク用ガラス基板の場合、例えば、外径が65mm、中心穴の径が20mmである。ガラス基板1の板厚は1.0mm以下であり、例えば板厚は0.6mm~1.0mmである。あるいは、板厚は0.6mm未満であり、例えば0.52mm未満である。このガラス基板1の主表面上に磁性層が形成されて磁気ディスクが作られる。

[0029] ガラス基板1は、一对の主表面11p、12p、外側端面に形成された側壁面11w、側壁面11wと主表面11p、12pの間に介在する面取面11c、12c、内側端面にも、外側端面と同様に形成された、図示されない側壁面、及び、この側壁面と主表面11p、12pの間に介在する図示されない面取面とを備える。

ガラス基板1は、中心部に円孔を有する。側壁面11wは、ガラス基板1の板厚方向の中心位置を含む。面取面11c、12cの主表面11p、12pに対する傾斜角度は、特に制限されず、例えば45°である。また、側壁面11w及び面取面11c、12cの境界は、図示されるようなエッジを有する形状に限定されるものではなく、滑らかに連続する曲面状であってもよい。面取面11c、12cも、図1(b)に示すように、その断面形状において、直線状に傾斜した面取面でなく、曲線状に湾曲した面取面であってもよい。

[0030] (第1処理)

このようなガラス基板1の作製では、予め作製されたガラス板からレーザー光を用いてガラス素板を切り出す分離処理が行われる。図2(a)、(b)

及び図3は、ガラス板20からガラス素板を切り出す一実施形態の分離処理を説明する図である。

ガラス板20は、例えば、フローティング法あるいはダウンドロー法を用いて一定の板厚のガラス板である。あるいは、ガラスの塊を、金型を用いてプレス成形したガラス板であってもよい。ガラス板20の板厚は、最終製品である磁気ディスク用ガラス基板になる時の目標板厚に対して、研削及び研磨の取り代量の分だけ厚く、例えば、数 μm 程度厚い。

[0031] レーザ光源30は、レーザ光L1（第1レーザ光）を出射する装置であり、例えば、YAGレーザ、あるいは、ND:YAGレーザ等の固体レーザが用いられる。したがって、レーザ光の波長は、例えば、1030nm～1070nmの範囲にある。

レーザ光L1は、パルスレーザであり、一実施形態では、レーザ光L1によるパルス幅を 10^{-12} 秒以下（1ピコ秒以下）であることが、レーザ光L1の焦点位置Fにおけるガラスの過度な変質を抑制することができる点から好ましい。

また、レーザ光L1の光エネルギーは、パルス幅及びパルス幅の繰り返し周波数に応じて適宜調整することができる。パルス幅及び繰り返し周波数に対して過度な光エネルギーを提供すると、ガラスが過度に変質し易くなり、焦点位置Fに残渣が存在し易い。

[0032] 図2（b）に示すように、レーザ光L1の焦点位置Fをガラス板20の板厚方向の板厚の内部に位置するように、レーザ光源30の光学系を調整するので、焦点位置Fに光エネルギーが集中して局所的に加熱され、傷、熔融、劣化あるいは変質によるクラック開始部（クラック生成の核）が形成される。焦点位置Fは、ガラス板20の表面から見て円を描くように、ガラス板20に対して相対移動するので、クラック開始部は、円形状となる。このガラス板20を加熱する等により、図3に示すように、クラック開始部の各位置からクラックCをガラス内部に発生させ、主表面に向かってクラックCを進展

させる。これにより、ガラス素板は、ガラス板 10 から、割断のために大きな力を加えることなく容易に分離することができる。

こうして、分離面（割断面）の表面粗さが算術平均粗さ R_a で $0.01 \mu m$ 未満であり、真円度が $15 \mu m$ 以下であるガラス素板を得ることができる。真円度は、好ましくは $10 \mu m$ 以下であり、より好ましくは $7 \mu m$ 以下、より一層好ましくは $5 \mu m$ 以下である。この分離面（割断面）は、磁気ディスク用ガラス基板の端面の要求を満足する端面である。このため、分離面（割断面）を研磨する必要はない。

[0033] なお、一実施形態によれば、焦点位置 F は、ガラス板 20 の主表面からガラス板 20 の板厚の $\frac{3}{10}$ の $1 \sim \frac{3}{2}$ の範囲内にある、ことが好ましい。この範囲に焦点位置 F を設けることにより、真円度及び表面粗さの要求を満足する分離面（割断面）をそのまま、図 1（b）に示す側壁面 11w とすることができるので、端面研磨等の余分な処理をしなくてよく、生産効率を向上させることができる。

[0034] また、一実施形態によれば、焦点位置 F は、ガラス板の主表面からガラス板の板厚の $\frac{3}{10}$ 未満の範囲内にあることも好ましい。この場合、クラックによって形成される分離面（割断面）に比べて残渣が形成されやすく表面粗さが低下する焦点位置 F 近傍は、後述する面取り処理により除去される部分となる。このため、表面粗さをよりいっそう高くする場合、焦点位置 F は、ガラス板の主表面からガラス板の板厚の $\frac{3}{10}$ 未満の範囲内にあることが好ましい。

[0035] 一実施形態によれば、レーザ光 $L1$ は、パルス幅が 10^{-12} 秒以下のパルスレーザ光である、ことが好ましい。パルス幅が 10^{-12} 秒超の場合、焦点位置 F に光エネルギーが集中し焦点位置 F 近傍のガラスが変質し、表面粗さを低下させ易い。

[0036] こうしてガラス板 20 から分離したガラス素板の、主表面と分離面（割断面）である端面とで形成される角部の面取り加工を行うための面取り処理が行われる。具体的には、角部を、レーザ光 $L1$ と異なる種類のレーザ光 $L2$

(第2レーザ光)で面取り加工する。図4は、面取り処理の一例を説明する図である。レーザ光L2は、角部40を、主表面に対して30～60度の傾斜角度傾斜した方向から照射し、角部40を加熱して軟化させて蒸発させることにより、角部40を面取りすることができる。例えば、CO₂レーザが好適に用いることができる。この場合、レーザ光L2は、パルスレーザであり、繰り返し周期が5KHz以上であって、単位面積当たりの1パルスあたりのパワー密度を100W/cm²以下であることが好ましい。このような面取りによって、表面粗さの低い、真円度の高い面取面を形成することができる。

こうして、図3に示す下側の主表面と側壁面とで形成される角部も、同様のレーザ光L2を用いて面取り加工を行うことができる。角部40を、レーザ光L2で面取り加工するので、砥石等により面取り加工を行う場合に比べて生産効率は高い。

このように、ガラス素板30の切り出しから、面取り処理まで、端面研磨をしなくて済むので、生産効率が向上する。

[0037] (第2処理)

別の一実施形態の第2処理では、レーザ光L1(第1レーザ光)をガラス板20に対して相対移動させることにより、ガラス板20上に定めた円形状の分離境界線上にレーザ光L1の照射によって欠陥を断続的に形成し、形成した欠陥を繋ぐように線状の欠陥を形成してガラス板20からガラス素板を分離する。断続的に形成する欠陥の隣り合う欠陥との距離は、数μm程度、例えば1～10μmである。

この場合、図2(b)に示すように、レーザ光L1の焦点位置Fは、必ずしもガラス板20の板厚方向の板厚の内部に位置しなくてもよく、焦点位置Fは制限されない。たとえば、ガラス板20の主表面上でもよい。レーザ光L1の照射により、照射位置には、光エネルギーが集中して局所的に加熱され、傷、溶融、劣化あるいは変質による欠陥がクラック開始部(クラック生成の核)として形成される。このガラス板20を加熱する等により、クラック

開始部の各位置からクラックが進展し、クラックが隣りにある欠陥まで線状に繋がる。これにより、分離境界線上に線状の欠陥が形成されて、ガラス板 20 からガラス素板を分離することができる。ガラス板 20 からガラス素板を分離する際、分離を容易に行うことができるように、ヒータあるいはレーザー光によりガラス板 20 を加熱してガラス素板とそれ以外の部分の間に熱膨張差による隙間を作って分離をしてもよい。

[0038] 欠陥を断続的に形成するためのレーザー光 L1（第1レーザー光）は、例えば、YAGレーザー、あるいは、ND:YAGレーザー等の固体レーザーが用いられる。したがって、レーザー光の波長は、例えば、1030nm~1070nmの範囲にある。

レーザー光 L1 は、パルスレーザーであり、一実施形態では、レーザー光 L1 によるパルス幅を 10^{-12} 秒以下（1ピコ秒以下）であることが、ガラスの過度な変質を抑制することができる点から好ましい。

また、レーザー光 L1 の光エネルギーは、パルス幅及びパルス幅の繰り返し周波数に応じて適宜調整することができる。パルス幅及び繰り返し周波数に対して過度な光エネルギーを提

供すると、ガラスが過度に変質し易くなり、照射位置に残渣が存在し易い。

[0039] 第2処理の場合、ガラス板 20 の内部にクラック開始端を有するとは限らないので、分離したガラス素板の分離面の表面粗さ及び真円度が十分でない場合がある。しかし、図5に示すように、分離面に面取面を形成する際に、分離面の法線方向からレーザー光 L2 を分離面に照射することにより、分離面近傍のガラスの一部を、レーザー光 L2 の照射により加熱して溶かす。このため、第2レーザー光の照射により分離面の表面粗さを小さくし真円度を高めることができる。図5は、面取面の形成処理の一例を説明する図である。レーザー光 L2 の強度、スポット径を適宜設定することにより、面取面を形成しつつ、分離面の表面粗さを小さくし真円度を向上させることができる。第2レーザー光の分離面へ照射する光エネルギーの強度及び分離面におけるスポット径を調整することにより、所望の形状の面取面を形成し、かつ表面粗さが小さ

く真円度が高い好ましい分離面を形成することができる。

[0040] レーザ光L 2は、レーザ光源から出射したレーザ光L 2を、コリメータ等を含む光学系を通して平行光とした後、集束レンズ34を介して第2レーザ光L 2を集束させた後、拡張するレーザ光L 2を分離面に照射する。

一方、ガラス板20は、ガラス板20の中心位置を回転中心として一定速度で回転させる。こうして、レーザ光L 2と分離面とを、ガラス板20の周方向にお互いに相対的に移動させながら、レーザ光L 2はガラス板20の分離面の全周を照射する。

ここで、レーザ光Lの分離面への照射は、照射する分離面の法線方向から行うが、法線方向には、完全な法線方向（傾斜角度0度）の他に、法線方向に対して傾斜角度0度±10度の範囲内で傾斜した方向も許容誤差範囲として含まれる。

図5に示す例では、ガラス板20の外周端面24を分離面として面取面を形成するが、円盤形状のガラス板20の内孔に沿った内周端面26を分離面として面取面を形成してもよい。

[0041] レーザ光L 2の一例として、CO₂レーザ光を用いるが、ガラスに対し吸収がある発振波長であればよく、CO₂レーザ光に制限されない。例えば、COレーザ（発振波長～5 μm）、Er-YAGレーザ（発振波長～2.94 μm）等が挙げられる。

[0042] こうして、分離面の表面粗さが算術平均粗さRaで0.01 μm未満であり、真円度が15 μm以下であるガラス素板を得ることができる。真円度は、好ましくは10 μm以下であり、より好ましくは7 μm以下、より一層好ましくは5 μm以下である。この分離面は、磁気ディスク用ガラス基板の端面の要求を満足する端面である。このため、端面を研磨する必要はない。

[0043] このような第2処理は、ガラス板が薄くなるほど、レーザ光L 2の分離面への照射により、分離面近傍のガラスを短時間に容易に溶かすことができることから、板厚が0.6 mm以下である極めて薄いガラス板にとって有効である。この場合、後述する研削・研磨処理後のガラス素板の板厚は、0.5

2 mm未満とすることが好ましい。

上述の第1、第2処理を行うことにより、外周が円形状で、この円形状に同心円の内孔がつけられた円盤形状のガラス素板が得られる。

[0044] (主表面の研削・研磨処理)

ガラス板から分離され、面取面が形成されたガラス素板は、主表面の研削・研磨処理が行われる。

研削・研磨処理では、ガラス素板の研削後、研磨が行われる。

研削処理では、遊星歯車機構を備えた両面研削装置を用いて、ガラス素板の主表面に対して研削加工を行う。具体的には、ガラス素板の外周端面を、両面研削装置の保持部材に設けられた保持孔内に保持しながらガラス素板の両側の主表面の研削を行う。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、双方を移動操作させ、クーラントを供給しながらガラス素板と各定盤とを相対的に移動させることにより、ガラス素板の両主表面を研削することができる。例えば、ダイヤモンドを樹脂で固定した固定砥粒をシート状に形成した研削部材を定盤に装着して研削処理をすることができる。

[0045] 次に、研削後のガラス素板の主表面に第1研磨が施される。具体的には、ガラス素板の外周端面を、両面研磨装置の研磨用キャリアに設けられた保持孔内に保持しながらガラス素板の両側の主表面の研磨が行われる。第1研磨は、研削処理後の主表面に残留したキズや歪みの除去、あるいは微小な表面凹凸（マイクロウェーブネス、粗さ）の調整を目的とする。

[0046] 第1研磨処理では、固定砥粒による上述の研削処理に用いる両面研削装置と同様の構成を備えた両面研磨装置を用いて、研磨スラリを与えながらガラス素板が研磨される。第1研磨処理では、遊離砥粒を含んだ研磨スラリが用いられる。第1研磨に用いる遊離砥粒として、例えば、酸化セリウム、あるいはジルコニア等の砥粒が用いられる。両面研磨装置も、両面研削装置と同様に、上下一対の定盤の間にガラス素板が挟持される。下定盤の上面及び上

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（例えば、樹脂ポリッシャ）が取り付けられている。そして、上定盤または下定盤のいずれか一方、または、双方を移動操作させることで、ガラス素板と各定盤とを相対的に移動させることにより、ガラス素板の両主表面を研磨する。研磨砥粒の大きさは、平均粒径（D50）で0.5～3 μmの範囲内であることが好ましい。

[0047] 第1研磨後、ガラス素板を化学強化してもよい。この場合、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熔融液等を用い、ガラス素板を化学強化液中に浸漬する。これにより、イオン交換によってガラス素板の表面に圧縮応力層を形成することができる。

[0048] 次に、ガラス素板に第2研磨が施される。第2研磨処理は、主表面の鏡面研磨を目的とする。第2研磨においても、第1研磨に用いる両面研磨装置と同様の構成を有する両面研磨装置が用いられる。具体的には、ガラス素板の外周端面を、両面研磨装置の研磨用キャリアに設けられた保持孔内に保持させながら、ガラス素板の両側の主表面の研磨が行われる。第2研磨処理では、第1研磨処理に対して、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。樹脂ポリッシャの硬度は第1研磨処理時よりも小さいことが好ましい。例えばコロイダルシリカを遊離砥粒として含む研磨液が両面研磨装置の研磨パッドとガラス素板の主表面との間に供給され、ガラス素板の主表面が研磨される。第2研磨に用いる研磨砥粒の大きさは、平均粒径（d50）で5～50 nmの範囲内であることが好ましい。

一実施形態では、化学強化処理の要否については、ガラス組成や必要性を考慮して適宜選択すればよい。第1研磨処理及び第2研磨処理の他にさらに別の研磨処理を加えてもよく、2つの主表面の研磨処理を1つの研磨処理で済ませてもよい。また、上記各処理の順番は、適宜変更してもよい。

こうして、ガラス素板20の主表面を研磨して、磁気ディスク用ガラス基板に要求される条件を満足した磁気ディスク用ガラス基板を得ることができる。

なお、ガラス素板 20 の主表面の研削及び研磨は常に両方を行う必要はなく、少なくともいずれか一方を行えばよい。例えば、研削を行わず、研磨を行ってもよい。

[0049] なお、ガラス素板 20 は、第 1 研磨を行う前に、例えば、第 1 研削後、第 1 研磨前に、あるいは、第 1 研削前に、ガラス素板 20 の端面（分離面）を研磨する端面研磨処理を行ってもよい。

このような端面研磨処理を行う場合であっても、ガラス素板 20 の端面の算術平均粗さ R_a は、 $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 未満、真円度は $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であるので、端面研磨処理に要する時間は短い。

端面研磨処理は、遊離砥粒を端面に供給しながら研磨ブラシを用いて研磨する研磨ブラシ方式を用いてもよく、あるいは、磁気機能性流体を用いた研磨方式を用いてもよい。磁気機能性流体を用いた研磨方式は、例えば、磁気粘性流体に研磨砥粒を含ませたスラリーを磁界によって塊にし、この塊の内部にガラス素板 20 の端面を突っ込んで、塊とガラス素板 20 を相対的に回転させることにより、端面を研磨する方式である。

[0050] しかし、生産効率を高めるためには、端面研磨処理をしないことが好ましい。この場合、主表面の研削・研磨処理では、切り出し処理により得られたガラス素板の真円度を維持し、さらに分離面の少なくとも一部分の表面粗さを維持しつつ、ガラス素板の主表面を研削あるいは研磨を行う。

[0051] 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。

[0052] 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 $50\sim75\%$ 、 Al_2O_3 を $1\sim15\%$ 、 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。

[0053] 本実施形態のガラス基板は好ましくは、例えば、質量%表示にて、 SiO_2 を57～75%、 Al_2O_3 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5～28% (ただし、質量比 Li_2O/Na_2O 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)、 $SrO+BaO$ 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。

[0054] 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($CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO)$)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。

[0055] 以上、本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法について詳細に説明したが、本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法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もちろんである。

符号の説明

[0056] 1 磁気ディスク用ガラス基板

1 1 p, 1 2 p 主表面

1 1 w 側壁面

1 1 c, 1 2 c 面取面

2 0 ガラス板

2 4 外周端面

2 6 内周端面

3 0 レーザ光源

3 4 集束レンズ

4 0 角部