

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年4月2日(02.04.2015)



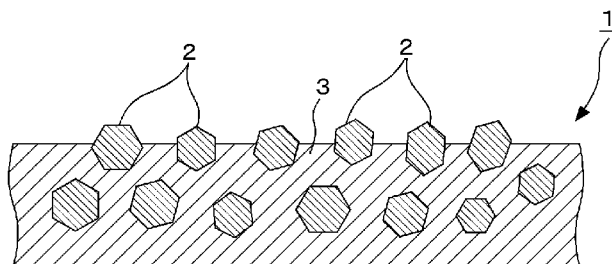
(10) 国際公開番号

WO 2015/046596 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/84 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/076187
- (22) 国際出願日: 2014年9月30日(30.09.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-203990 2013年9月30日(30.09.2013) JP
- (71) 出願人: H O Y A 株式会社(HOYA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1618525 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 Tokyo (JP). ホーヤ ガラスディスク フィリピン インコーポレーテッド(HOYA GLASS DISK PHILIPPINES, INC.) [PH/PH]; 4024 ラグーナ4024 ビニャン ラグーナ テクノパーク スペシャル エクスポート プロセッシング ゾーン イースト メイン アベニュー 111 Laguna (PH).
- (72) 発明者: 石井 智(ISHII Satoshi); 4024 ラグーナ4024 ビニャン ラグーナ テクノパーク スペシャル エクスポート プロセッシング ゾーン イースト メイン アベニュー 111 ホーヤ ガラスディスク フィリピン インコーポレーテッド内 Laguna (PH).
- (74) 代理人: 大塚 武史(OTSUKA Takefumi); 〒1040045 東京都中央区築地4丁目3番12号 秀和第二築地レジデンス210号室 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING GLASS SUBSTRATE FOR MAGNETIC DISK AND METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETIC DISK

(54) 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の製造方法



(57) Abstract: The present invention provides a method for manufacturing a glass substrate for a magnetic disk, the method capable of performing stable grinding processing with increased processing speed in grinding processing using fixed abrasive grains, and manufacturing a high-quality glass substrate. In the present invention, the correlation between the average distances between fixed abrasive grains on the grinding surfaces of fixed abrasive grain grinding wheels and processing speeds when a mirror surface-shaped glass substrate surface is subjected to grinding processing using the fixed abrasive grain grinding wheels is obtained in advance, a fixed abrasive grain grinding wheel having an average distance between abrasive grains at which a desired processing speed is obtained is selected on the basis of the obtained correlation, and grinding processing treatment is performed using the selected fixed abrasive grain grinding wheel.

(57) 要約: 本発明は、固定砥粒による研削加工において、加工速度を高めて安定した研削加工を行うことができ、高品質のガラス基板を製造可能な磁気ディスク用ガラス基板の製造方法を提供する。本発明では、固定砥粒砥石の研削面における固定砥粒の平均砥粒間距離と、当該固定砥粒砥石を用いて鏡面状のガラス基板表面を研削加工した場合の加工速度との相関関係を予め求めておき、この求めた相関関係に基づき所望の加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択し、この選択した固定砥粒砥石を用いて研削加工処理を行う。



WO 2015/046596 A1

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の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ハードディスクドライブ（HDD）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および磁気ディスクの製造方法に関する。

背景技術

[0002] ハードディスクドライブ（HDD）等の磁気ディスク装置に搭載される情報記録媒体の一つとして磁気ディスクがある。磁気ディスクは、基板上に磁性層等の薄膜を形成して構成されたものであり、その基板として従来はアルミ基板が用いられてきた。しかし、最近では、高記録密度化の追求に呼応して、アルミ基板と比べて磁気ヘッドと磁気ディスクとの間隔をより狭くすることが可能なガラス基板の占める比率が次第に高くなってきている。

また、ガラス基板表面は磁気ヘッドの浮上高さを極力下げることができるように、高精度に研磨して高記録密度化を実現している。近年、HDDの更なる大記録容量化、低価格化の要求は増すばかりであり、これを実現するためには、磁気ディスク用ガラス基板においても更なる高品質化、低コスト化が必要になってきている。

[0003] 上述したように高記録密度化にとって必要な低フライングハイト（浮上量）化のために磁気ディスク表面の高い平滑性は必要不可欠である。磁気ディスク表面の高い平滑性を得るためには、結局、高い平滑性の基板表面が求められるため、高精度にガラス基板表面を研磨する必要がある。このようなガラス基板を作製するために、研削加工にて板厚の調整と平坦度（平面度）を低減した後、さらに研磨処理を行って表面粗さや微小うねりを低減することによって、主表面における極めて高い平滑性を実現してきた。

[0004] ところで、従来、遊離砥粒を用いていた研削工程（例えば特許文献1等）に

において、ダイヤモンドパッドを用いた固定砥粒による研削方法が提案されている（例えば特許文献2、特許文献3等）。ダイヤモンドパッドとは、ダイヤモンド粒子や、いくつかのダイヤモンド粒子がガラス、セラミック、金属、または樹脂などのバインダーで固められた凝集体を、樹脂（例えばアクリル系樹脂等）などの支持材を用いてシート上に固定したものである。これ以外にも、ダイヤモンドを含む樹脂の層をシート上に形成した後に、樹脂層に溝を形成して突起状としたものでもよい。なお、ここで言うダイヤモンドパッドは必ずしも一般的な呼び名ではないが、本明細書では説明の便宜上「ダイヤモンドパッド」と呼ぶこととする。

[0005] 従来の遊離砥粒では形状が歪な砥粒が定盤とガラスとの間に介在し不均一に存在するために、砥粒への荷重が一定にならず荷重が集中した場合、定盤表面は鋳鉄による低弾性であるため、ガラスに深いクラックが入り、加工変質層が深く、またガラスの加工表面粗さも大きくなるので、後工程の鏡面研磨工程で多くの除去量が必要であったため、加工コストの削減が困難であった。これに対し、ダイヤモンドパッドを用いた固定砥粒による研削では、シート表面に砥粒が均一に存在しているため、荷重が集中することなく、加えて樹脂を用いて砥粒をシートに固定しているため、砥粒に荷重が加わっても砥粒を固定している樹脂の高弾性作用により、加工面のクラック（加工変質層）は浅く、加工表面粗さの低下が可能となり、後工程への負荷（取代など）が低減され、加工コストの削減が可能になる。

この研削加工工程の終了後は、高精度な平面を得るための鏡面研磨加工を行っている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2001-6161号公報

特許文献2：特開2012-43492号公報

特許文献3：特開2009-99249号公報

特許文献4：特開2003-534137号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述のように、ダイヤモンドパッドを用いた固定砥粒による研削方法によれば、加工面の表面粗さの低下が可能となり、後の鏡面研磨工程への負荷が低減され、ガラス基板の加工コストの削減が可能になるものの、本発明者の検討によれば次のような課題があることが判明した。

従来、固定砥粒による研削加工において、研削加工速度を高めようとする場合、固定砥粒の密度を高めることが行われていた（特許文献2参照）。しかし、本発明者の検討によると、固定砥粒の密度を高めただけでは加工速度を増加できない場合があることが判明した。また、同じ砥粒密度のダイヤモンドパッドを使用しても加工速度にバラツキがあることが判明した。

[0008] 本発明者はこの原因について検討したところ、固定砥粒密度を変化させた場合に、ペレット中の固定砥粒の分散状態が悪くなる場合があり、このとき各固定砥粒に加わる荷重が不均一となり、とくに加工初期段階において加工が進まず、加工速度が低下することが判明した。特に、フロート法等により製造されたガラス板に対して、直接、ダイヤモンドパッドを用いた固定砥粒による研削加工を行う場合、加工開始時にガラス基板表面はいわゆる鏡面であるため、加工初期に、ダイヤモンド砥粒が基板表面になかなか食い込まず滑ってしまい、研削加工できない時間（デッドタイム）が発生するため、上記の課題が顕著に発生する。また、砥粒密度が同じでも、固定砥粒の分散状態が異なる場合があり、これが原因で加工速度に影響を及ぼすことがある。

[0009] 本発明はこのような従来の課題を解決すべくなされたものであって、その目的は、固定砥粒による研削加工において、加工速度を高めて安定した研削加工を行うことが可能で、高品質のガラス基板を製造できる磁気ディスク用ガラス基板の製造方法、およびそれによって得られるガラス基板を利用した磁気ディスクの製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明者は、上記課題を解決するため鋭意検討した結果、固定砥粒砥石の

平均砥粒間距離と、当該固定砥粒砥石を用いてガラス基板を研削加工した場合の加工速度との間に相関関係があることを見出した。そこで、このような相関関係を予め求めておき、この求めた相関関係に基づき所望の加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択し、この選択した固定砥粒砥石を用いることにより、加工速度を高めて安定した研削加工を行うことが可能であることを見出した。特に主表面が鏡面状のガラス基板に対する研削加工に好適であることも見出した。

すなわち、上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を有する。

[0011] (構成1)

潤滑液と、固定砥粒砥石が研削面に配備された定盤とを用いてガラス基板の主表面を研削する研削加工処理を含む磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、前記固定砥粒砥石は、支持材中に含有させた固定砥粒を含み、前記固定砥粒砥石の研削面における前記固定砥粒の平均砥粒間距離と、当該固定砥粒砥石を用いて前記ガラス基板を研削加工した場合の加工速度との相関関係を予め求めておき、この求めた相関関係に基づき所望の加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択し、この選択した固定砥粒砥石を用いて前記研削加工処理を行う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。

[0012] (構成2)

潤滑液と、固定砥粒砥石が研削面に配備された定盤とを用いてガラス基板の主表面を研削する研削加工処理を含む磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、前記固定砥粒砥石は、支持材中に含有させた固定砥粒を含み、前記固定砥粒砥石の研削面における前記固定砥粒の平均砥粒間距離は $80\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ であ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。

[0013] (構成3)

前記平均砥粒間距離が、 $80\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする構成1に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

(構成4)

前記固定砥粒の平均粒子径が、 $15\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ であることを特徴とする構成1乃至3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。

[0014] (構成5)

前記固定砥粒はダイヤモンド砥粒粒子を含むことを特徴とする構成1乃至4に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

(構成6)

前記固定砥粒は、砥粒粒子又は、複数の砥粒粒子がバインダーで固められた砥粒凝集体であることを特徴とする構成1乃至5に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[0015] (構成7)

前記ガラス基板は、研削加工開始時に主表面が鏡面状のガラス基板であることを特徴とする構成1乃至6に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

(構成8)

加工荷重が、 $50\text{g}/\text{cm}^2\sim 200\text{g}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする構成1乃至7に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[0016] (構成9)

構成1乃至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により製造された磁気ディスク用ガラス基板上に、少なくとも磁気記録層を形成することを特徴とする磁気ディスクの製造方法。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、上記構成によって従来の課題を解決し、固定砥粒による研削加工において、加工速度を高めて安定した研削加工を行うことが可能である。また、これにより、高品質のガラス基板を低コストで製造することが可能である。さらに、それによって得られるガラス基板を利用し、信頼性の高い磁気ディスクを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]固定砥粒砥石（ダイヤモンドパッド）の構成の一例を示す概略断面図である。

[図2]研削加工時の状態を説明するための模式図である。

[図3]固定砥粒砥石上の平均砥粒間距離の計測箇所の一例を示す図である。

[図4]平均砥粒間距離と研削レートとの関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態を詳述する。

磁気ディスク用ガラス基板は、通常、形状加工工程、研削工程、端面研磨工程、主表面研磨工程、化学強化工程、等を経て製造される。

本発明の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法においては、フロート法やダウンドロー法で製造されたシート状ガラスから所定の大きさに切り出してガラス基板を得る。また、これ以外に、溶融ガラスからプレスで作製したシート状板ガラスを用いてもよい。本発明は、研削加工開始時に主表面が鏡面状のガラス基板を使用する場合に好適である。

[0020] 次に、このガラス基板に寸法精度及び形状精度を向上させるための研削加工を行う。この研削加工は、通常両面研削装置を用い、ダイヤモンド等の硬質砥粒を用いてガラス基板主表面の研削を行う。こうしてガラス基板主表面を研削加工することにより、所定の板厚、平坦度に加工するとともに、所定の表面粗さを得る。

[0021] 本発明は、この研削加工の改善に関わるものである。本発明における研削加工処理は、例えばダイヤモンド粒子を含む固定砥粒を用いた研削加工であり、両面研削装置において、例えば固定砥粒砥石としてダイヤモンドパッドが貼り付けられた上下定盤の間にキャリアにより保持したガラス基板を密着させ、さらに前記ガラス基板を上下定盤によって所定圧で挟圧しながら、ガラス基板と上下定盤とを相対的に移動させることにより、ガラス基板の両主表面を同時に研削する。この際、加工作用面を冷却したり、加工を促進するために潤滑液（クーラント）が供給される。

[0022] 本発明に使用する固定砥粒砥石として、例えばダイヤモンドパッドを使用す

ることができ、図1にその構成の概略を示した。図1に示されるダイヤモンドパッド1は、複数のダイヤモンド粒子4（図2参照）がガラス、セラミック、金属、または樹脂などのバインダーで固められた砥粒凝集体（集結砥粒あるいは凝集砥粒と呼ばれることもある。）2を樹脂（例えばアクリル系樹脂等）などの支持材3を用いて固定したものである。勿論、図1に示す構成はあくまでも一例であり、本発明はこれに限定する趣旨ではない。例えば、ダイヤモンド砥粒凝集体を含む樹脂の層をシート上に形成した後に、樹脂層に溝を形成したダイヤモンドパッドを使用してもよい。また、上記砥粒凝集体ではなくて、例えば単一のダイヤモンド粒子をそのまま支持材に分散させたものでもよい。

[0023] 上記凝集体の粒径（平均粒径）や砥粒密度の異なるものを製造することは可能である。なお、本実施の形態においては、固定砥粒あるいは単に砥粒と言った場合は、特に断りのない限り、上記凝集体を意味するものとし、また、固定砥粒の平均粒径、及び砥粒密度と言った場合は、上記凝集体の平均粒径、及び砥粒密度を意味するものとする。

[0024] 本発明における研削加工処理は、上記構成1にあるとおり、潤滑液と、固定砥粒砥石が研削面に配備された定盤とを用いてガラス基板の主表面を研削する研削加工処理であって、前記固定砥粒砥石は、支持材中に含有させた固定砥粒を含み、前記固定砥粒砥石の研削面における前記固定砥粒の平均砥粒間距離と、当該固定砥粒砥石を用いて前記ガラス基板を研削加工した場合の加工速度との相関関係を予め求めておき、この求めた相関関係に基づき所望の加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択し、この選択した固定砥粒砥石を用いて前記研削加工処理を行うことを特徴とするものである。

[0025] 前にも説明したとおり、従来は、砥粒密度や砥粒粒径などが同一の固定砥粒砥石を使用しても、砥粒の分散状態によっては加工速度にバラツキがあり安定した研削性能が得られなかった。要するに、ダイヤモンドパッド等の固定砥粒砥石の研削性能は、実際に使ってみないと分らないというのが現状で

あった。その理由として、例えば、砥粒と樹脂とは材料の違いにより物性が大きく異なるため、製造工程において均一に分散させることが比較的難しいことが挙げられる。

[0026] 本発明者は、従来技術の課題を解決するため鋭意検討した結果、固定砥粒砥石の研削面における固定砥粒の平均砥粒間距離と、当該固定砥粒砥石を用いてガラス基板を研削加工した場合の加工速度との間に相関関係があることを見出したものである。そこで、このような相関関係を予め求めておき、この求めた相関関係に基づき所望の加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択する。そして、この所定の平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択して用いることにより、加工速度が高く且つ安定した研削性能が得られるため、加工速度を高めて安定した研削加工を行うことが可能である。

要するに、固定砥粒砥石表面（研削加工面）において、固定砥粒間の距離が適切に制御されている固定砥粒砥石を用いることによって、研削加工における加工速度を安定に且つ高めることが可能である。また、本発明は、特に主表面が鏡面状のガラス基板に対する研削加工に好適である。

[0027] 本発明において、固定砥粒砥石の平均砥粒間距離とは、以下のようにして求められた値である。

（１）例えばダイヤモンドパッド等の固定砥粒砥石の表面（研削面）を走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察する。

（２）本発明においては、 $1.25\text{ mm} \times 0.825\text{ mm} (= 1.03\text{ mm}^2)$ の矩形領域を測定範囲とする。

[0028] なお、上記測定範囲は一例であって、測定範囲を決定する際には、１つの測定範囲の中に１５個以上の固定砥粒が含まれるように決定する。詳細は後述するが、平均砥粒間距離は複数の値を求めて平均して算出するため、こうすることで平均砥粒間距離を安定して算出することができる。

もし、設定した測定範囲に１５個以上の固定砥粒が含まれていない場合には、別の測定範囲を設定する。なお、このときカウントする固定砥粒は、測定

範囲内で観察された固定砥粒のうち、円で近似して直径を求めたときに当該直径が固定砥粒の平均粒子径（D50）より大きなもののみについて数をカウントする。固定砥粒の平均粒子径は予め求めておけばよい。平均粒子径以上の固定砥粒に着目して集計する理由は、それ以外の砥粒は研削加工への寄与が極めて少ないためである。すなわち、固定砥粒の大部分が砥石に埋もれて研削面からの突出量が小さいものや、砥粒の大きさ自体が小さいものは、加工への寄与が極めて少ないからである。これらもカウントしてしまうと、加工レートとの相関が得られない恐れがある。

[0029] なお、本発明において、上記平均粒子径（D50）とは、レーザー回折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（以下、「累積平均粒子径（50%径）」と呼ぶ。）を言う。この累積平均粒子径（50%径）は、具体的には粒子径・粒度分布測定装置などを用いて測定可能な値である。

[0030] また、計測結果の信頼性を高めるために、複数の測定箇所を設けることが望ましい。本発明では、図3に示すように、1つの円環形状の固定砥粒砥石の研削面において、内周部、中周部、外周部、のそれぞれについて2箇所ずつ測定領域を設ける。当該2箇所については、固定砥粒砥石の中心に対して点対照になるように設けることが好ましい。そして上記測定箇所を、上下の定盤それぞれについて設ける。この結果、1つの研削装置について、合計12箇所の測定範囲を設けることになる。

[0031] （3）それぞれの測定範囲に存在する複数個の砥粒のうち、任意の1つの砥粒に着目し、その砥粒から最も近い距離にある砥粒を選び出し、砥粒の中心間の距離を計測する。そして、測定範囲内に存在する全ての砥粒について同様の計測を行い、得られた複数の砥粒間距離の計測値を平均した値を、その測定範囲の砥粒間距離とする。そして、同様に12箇所全てについて計測して平均した値を固定砥粒砥石の「平均砥粒間距離」とする。

[0032] 本発明においては、上記固定砥粒がダイヤモンド砥粒凝集体であることが好

ましい。この場合、ダイヤモンド砥粒粒子1個の平均粒子径(D50)が、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度であることが好適である。また、ダイヤモンド砥粒凝集体の平均粒子径(D50)は、 $15 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 程度であることが好適である。ダイヤモンド砥粒の平均粒子径が上記を下回ると鏡面状ガラス基板に対する切り込みが浅くなりガラス基板の研削加工が進行し難くなる恐れがある。一方、ダイヤモンド砥粒の平均粒子径が上記を上回ると仕上りの粗さが粗くなるため後工程の取り代負荷が大きくなるおそれがある。

[0033] 本発明においては、上記のように、予め求めた、平均砥粒間距離と、当該固定砥粒砥石を用いてガラス基板を研削加工した場合の加工速度との相関関係に基づき、所望の加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石が選択されるが、この平均砥粒間距離は、例えば $80 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ の範囲であることが好ましい。平均砥粒間距離が小さすぎると、加工速度との相関関係がなくなるばかりでなく、平均砥粒間距離が近すぎて加工速度が低下し生産性が大幅に悪化する場合がある。一方、平均砥粒間距離が遠すぎても、加工速度との相関関係がなくなり、加工速度が低下してしまう。

[0034] また、支持材中に含有される前記固定砥粒の研削面における密度は、 $10 \sim 40$ 個/ mm^2 程度の範囲であることが好ましい。

また、固定砥粒砥石における固定砥粒の含有量は、 $5 \sim 80$ 体積%であることが好ましい。固定砥粒の含有量が上記範囲を逸脱(超過及び不足のいずれも)すると、いずれも加工時間の増大を招いてコスト高となる場合がある。

[0035] 本発明における研削加工処理においては、加工時の荷重は、 $50\text{g}/\text{cm}^2 \sim 200\text{g}/\text{cm}^2$ とすることが好ましい。この範囲より小さい場合、加工速度が低くなりすぎて生産性が悪化する恐れがある。また、この範囲より大きい場合、スクラッチが発生する場合がある。

なお、鏡面状のガラス基板表面を固定砥粒砥石で研削加工する場合、まず、例えばダイヤモンド砥粒をガラス基板表面に食い込ませるためガラス表面に対して通常の研削加工時よりも高い荷重負荷をかけることが好適である。高い負荷はそれだけ砥粒の切り込み深さが深くなるため、ガラス表面の粗さを

粗くさせる（粗面化する）ことができる。

[0036] このような加工初期段階でガラス表面が粗面化された後には、研削加工に対して高い負荷は必要なく、むしろ負荷を下げて砥粒の切り込み深さを浅くした条件で研削加工を行うことが望ましい。図2は、研削加工時の状態を説明するための模式図であり、ダイヤモンド砥粒4の凝集体2がガラス基板10に食い込んで研削している状態を示している（予想図）。

[0037] 上記加工開始時ないしは加工初期段階における荷重は、例えば130～200 g/cm²の範囲とすることが好ましい。荷重が130 g/cm²よりも小さいと研削加工できない時間（デッドタイム）を十分に短縮できず、加工速度が低下してしまう。一方、荷重が200 g/cm²よりも大きいと、砥粒による切込みが深くなりすぎて、スクラッチが多く発生し、続く後の加工や後続の研磨工程の取代を大きくする必要が出てくるため加工時間が長くなってしまう。

また、ガラス表面が粗面化された後の段階における荷重は、例えば50～120 g/cm²の範囲とすることが好ましい。研削加工の条件を調節することで加工面の表面粗さを低く抑えることも可能になる。

[0038] また、本発明においては、研削加工処理における加工速度は、概ね50～160 μm/分の範囲とすることが好適である。したがって、上述の相関関係から、このような加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択することが望ましい。

[0039] 本発明において、研削加工処理に投入するガラス基板の表面は鏡面状態であり、表面粗さは、例えばRaで0.001～0.01 μmである。

また、本発明においては、研削加工処理終了後のガラス基板の表面粗さが、Raで0.080～0.130 μmの範囲に仕上がることが好ましい。このように仕上がりの粗さを低く抑えることで、後の工程の加工負荷を減らすことができる。

[0040] 本発明によれば、プロセスの設計変更によって研削加工に投入される前の元材の板厚が変更されたり、加工後の目標板厚が変更されたり、また、元材に

バラツキが生じたりするなどして、取代を変えざるを得ない場合であっても、加工速度を制御できるので研削加工時間を一定にすることができる。これにより、多数の研削装置を用いて大量生産するときにおいて、前処理～研削処理～後処理というプロセス連鎖の中でもガラス基板の移動が時間的ロスなどの無駄なく計画的に実施できるため、生産効率を飛躍的に向上させることが可能となる。このことは、磁気ディスク用ガラス基板の製造のような大量生産が前提となる場合において極めて有効である。

[0041] 本発明においては、ガラス基板を構成するガラス（の硝種）は、アモルファスのアルミノシリケートガラスとすることが好ましい。このようなガラス基板は表面を鏡面研磨することにより平滑な鏡面に仕上げることができ、また加工後の強度が良好である。このようなアルミノシリケートガラスとしては、例えば、重量%で表して、 SiO_2 58～66%、 Al_2O_3 13～19%、 Li_2O 3～4.5%、 Na_2O 6～13%、 K_2O 0～5%、 MgO 0～3.5%、 CaO 0～7%、の組成を有するアモルファスのアルミノシリケートガラスを用いることができる。

また、 SiO_2 を主成分として Al_2O_3 を20重量%以下含むガラスが好ましい。さらに、 SiO_2 を主成分として Al_2O_3 を15重量%以下含むガラスとするとより好ましい。具体的には、 SiO_2 を62重量%以上75重量%以下、 Al_2O_3 を5重量%以上15重量%以下、 Li_2O を4重量%以上10重量%以下、 Na_2O を4重量%以上12重量%以下、 ZrO_2 を5.5重量%以上15重量%以下、主成分として含有するとともに、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{ZrO}_2$ の重量比が0.5以上2.0以下、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ の重量比が0.4以上2.5以下であるリン酸化物を含まないアモルファスのアルミノシリケートガラスを用いることができる。

[0042] また、次世代の熱アシスト磁気記録用の磁気ディスクに用いられる耐熱性ガラスとしては、例えば、モル%表示にて、 SiO_2 を50～75%、 Al_2O_3 を0～5%、 BaO を0～2%、 Li_2O を0～3%、 ZnO を0～5%、 Na_2O および K_2O を合計で3～15%、 MgO 、 CaO 、 SrO

およびBaOを合計で14～35%、ZrO₂、TiO₂、La₂O₃、Y₂O₃、Yb₂O₃、Ta₂O₅、Nb₂O₅およびHfO₂を合計で2～9%、含み、モル比 $[(MgO + CaO) / (MgO + CaO + SrO + BaO)]$ が0.85～1の範囲であり、且つモル比 $[Al_2O_3 / (MgO + CaO)]$ が0～0.30の範囲であるガラスを好ましく用いることができる。

また、SiO₂を56～75モル%、Al₂O₃を1～9モル%、Li₂O、Na₂OおよびK₂Oからなる群から選ばれるアルカリ金属酸化物を合計で6～15モル%、MgO、CaOおよびSrOからなる群から選ばれるアルカリ土類金属酸化物を合計で10～30モル%、ZrO₂、TiO₂、Y₂O₃、La₂O₃、Gd₂O₃、Nb₂O₅およびTa₂O₅からなる群から選ばれる酸化物を合計で0%超かつ10モル%以下、含むガラスであってもよい。

本発明において、ガラス組成におけるAl₂O₃の含有量が15重量%以下であると好ましい。さらには、Al₂O₃の含有量が5モル%以下であるとなお好ましい。

[0043] 以上説明した研削加工処理の終了後は、高精度な平面を得るための鏡面研磨加工を行う。

本発明においては、研削加工において、従来の遊離砥粒方式に対し、固定砥粒方式を適用したことにより、加工表面粗さの低下が可能となったため、後の鏡面研磨加工工程での除去量が少なく済み、加工負荷が低減され、加工コストの削減が可能になる。

[0044] ガラス基板の鏡面研磨方法としては、酸化セリウムやコロイダルシリカ等の金属酸化物の研磨材を含有するスラリー（研磨液）を供給しながら、ポリウレタン等のポリシャの研磨パッドを用いて行うのが好適である。高い平滑性を有するガラス基板は、たとえば酸化セリウム系研磨材を用いて研磨した後（第1研磨加工）、さらにコロイダルシリカ砥粒を用いた仕上げ研磨（鏡面研磨）（第2研磨加工）によって得ることが可能である。

[0045] 本発明においては、鏡面研磨加工後のガラス基板の表面は、算術平均表面粗さ R_a が 0.2 nm 以下、さらに好ましくは 0.13 nm 以下である鏡面とされることが好ましい。なお、本発明において算術平均粗さ R_a というのは、日本工業規格 (JIS) B0601 に準拠して算出される粗さのことである。

また、本発明において表面粗さ (上記算術平均粗さ R_a) は、原子間力顕微鏡 (AFM) で測定したときに得られる表面形状の表面粗さとすることが実用上好ましい。

[0046] 本発明においては、化学強化処理を施してもよい。化学強化処理の方法としては、例えば、ガラス転移点の温度を超えない温度領域で、イオン交換を行う低温型イオン交換法などが好ましい。化学強化処理されたガラス基板は耐衝撃性に優れているので、例えばモバイル用途の HDD に搭載するのに特に好ましい。化学強化塩としては、硝酸カリウムや硝酸ナトリウムなどのアルカリ金属硝酸塩を好ましく用いることができる。

[0047] また、本発明は、以上の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方法についても提供する。

本発明において磁気ディスクは、本発明による磁気ディスク用ガラス基板の上に少なくとも磁気記録層 (磁性層) を形成して製造される。磁性層の材料としては、異方性磁界の大きな六方晶系である CoCrPt 系や CoPt 系強磁性合金を用いることができる。磁性層の形成方法としてはスパッタリング法、例えば DC マグネトロンスパッタリング法によりガラス基板の上に磁性層を成膜する方法を用いることが好適である。

[0048] また、上記磁気記録層の上に、保護層、潤滑層を形成してもよい。保護層としてはアモルファスの炭素系保護層が好適である。また、潤滑層としては、パーフルオロポリエーテル化合物の主鎖の末端に官能基を有する潤滑剤を用いることができる。

本発明によって得られる磁気ディスク用ガラス基板を利用することにより、信頼性の高い磁気ディスクを得ることができる。

実施例

[0049] 以下に実施例を挙げて、本発明の実施の形態について具体的に説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

(実施例)

以下の(1)基板準備工程、(2)形状加工工程、(3)端面研磨工程、(4)主表面研削加工処理、(5)主表面研磨工程(第1研磨工程)、(6)化学強化工程、(7)主表面研磨工程(第2研磨工程)を経て本実施例の磁気ディスク用ガラス基板を製造した。

[0050] (1) 基板準備工程

フロート法により製造された厚さ1mmのアルミノシリケートガラスからなる大板ガラスを準備し、70mm×70mmの正方形の小片にダイヤモンドカッターを用いて裁断した。次いで、ダイヤモンドカッターを用いて、外径65mm、内径20mmの円盤形状に加工した。このアルミノシリケートガラスとしては、 SiO_2 58～66%、 Al_2O_3 13～19%、 Li_2O 3～4.5%、 Na_2O 6～13%、 K_2O 0～5%、 MgO 0～3.5%、 CaO 0～7%を含有する化学強化用ガラスを使用した。

[0051] (2) 形状加工工程

次に、ダイヤモンド砥石を用いてガラス基板の中央部分に孔を空けると共に、外周端面および内周端面に所定の面取り加工を施した。

(3) 端面研磨工程

次いで、ブラシ研磨により、ガラス基板を回転させながらガラス基板の端面(内周、外周)を研磨した。

[0052] (4) 主表面研削加工処理

この主表面研削加工処理は両面研削装置を用い、固定砥粒砥石としてダイヤモンドパッドが貼り付けられた上下定盤の間にキャリアにより保持したガラス基板をセットして行なった。両面研削装置においては、ダイヤモンドパッドが貼り付けられた上下定盤の間にキャリアにより保持したガラス基板を密着させ、このキャリアを太陽歯車(サンギア)と内歯歯車(インターナルギ

ア) とに噛合させ、上記ガラス基板を上下定盤によって挟圧する。その後、ダイヤモンドパッドとガラス基板の研削面との間に研削液を供給して回転させることによって、ガラス基板が定盤上で自転しながら公転して両面を同時に研削加工するものである。

ダイヤモンドパッドは、ダイヤモンド砥粒の凝集体からなる固定砥粒を含み、凝集体の平均粒子径は約 $25\ \mu\text{m}$ 、ダイヤモンド砥粒の平均粒径 (D50) は約 $2.5\ \mu\text{m}$ であった。このダイヤモンドパッドを複数枚準備した。また、潤滑液を使用しながら行った。また、定盤の回転数、ガラス基板への荷重は、適宜調整して行った。

[0053] この研削加工処理は、上記各ダイヤモンドパッドにおける固定砥粒の平均砥粒間距離を前述の方法によって求めておき、各ダイヤモンドパッドを使用して各 10000 枚の加工を行なった。

そして、各ダイヤモンドパッドの砥粒間距離 (平均砥粒間距離) と、当該ダイヤモンドパッドを用いてガラス基板を研削加工した場合の加工速度 (研削レート) との相関関係を求めた。結果を下記表 1 及び表 2 に示した。表 1 においては、砥粒密度の値も併せて示した。また、表 1 及び表 2 に基づき、砥粒間距離 (平均砥粒間距離) と加工速度 (研削レート) との関係をグラフにしたものを図 4 に示した。

なお、上記研削加工速度は、全研削厚みを全加工時間で除した値である。

[0054] (5) 主表面研磨工程 (第 1 研磨工程)

次に、上述した研削加工で残留した傷や歪みを除去するための第 1 研磨工程を、研削工程と同様の構成の両面研磨装置を用いて行なった。具体的には、ポリシャとして硬質ポリシャ (硬質発泡ウレタン) を用い、第 1 研磨工程を実施した。研磨液としては酸化セリウムを研磨剤として分散した純水とし、荷重、研磨時間は適宜設定した。上記第 1 研磨工程を終えたガラス基板を超音波洗浄し、乾燥した。

[0055] (6) 化学強化工程

次に、上記洗浄を終えたガラス基板に化学強化を施した。化学強化は硝酸力

リウムと硝酸ナトリウムの混合した化学強化液を用意し、この化学強化溶液を加熱して熔融させた溶解液中に上記洗浄・乾燥済みのガラス基板を浸漬して化学強化処理を行なった。

[0056] (7) 主表面研磨工程 (第2研磨工程)

次いで上記の第1研磨工程で使用したのと同じ両面研磨装置を用い、ポリシャを軟質ポリシャ (スウェード) の研磨パッド (発泡ポリウレタン製) に替えて第2研磨工程を実施した。この第2研磨工程は、上述した第1研磨工程で得られた平坦な表面を維持しつつ、例えばガラス基板主表面の表面粗さを R_a で 0.2 nm 程度以下の平滑な鏡面に仕上げるための鏡面研磨加工である。研磨液としてはコロイダルシリカを分散した純水とし、荷重、研磨時間は適宜設定した。上記第2研磨工程を終えたガラス基板を超音波洗浄し、乾燥した。

[0057] また、上記工程を経て得られたガラス基板の主表面の表面粗さを原子間力顕微鏡 (AFM) にて測定したところ、 $R_{max} = 1.53 \text{ nm}$ 、 $R_a = 0.13 \text{ nm}$ と超平滑な表面を持つガラス基板を得た。また、そのガラス基板の主表面は鏡面状であり、レーザー式の表面欠陥解析装置を用いて調べたところ異常突起や傷等の表面欠陥は観察されなかった。ま、得られたガラス基板の外径は 65 mm 、内径は 20 mm 、板厚は 0.635 mm であった。

[0058] [表1]

	砥粒間距離 (μm)	砥粒密度 (個/ mm^2)	研削レート ($\mu\text{m}/\text{min}$)
表1	131	18.2	100
	153	10.8	119
	115	16	82

[0059]

[表2]

	砥粒間距離 (μm)	研削レート ($\mu\text{m}/\text{min}$)
表2	40	32
	49	44
	71	31
	80	54
	200	160
	300	50

[0060] 上記表1、表2の結果から、以下のことがわかる。

加工速度（研削レート）は砥粒密度との関係性は低く、砥粒間距離（平均砥粒間距離）との相関が高い。特に、砥粒間距離（平均砥粒間距離）が、 $80\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ の範囲で研削レートと良い相関がみられる（図4参照）。

したがって、この求めた相関関係に基づき所望の加工速度が得られる砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択して用いることにより、加工速度が高く且つ安定した研削性能が得られるため、加工速度を高めて安定した研削加工を行うことが可能である。

なお、ダイヤモンド砥粒の平均粒径（D50）が $1.5\mu\text{m}$ で凝集体の平均粒子径（D50）が $15\mu\text{m}$ の場合と、ダイヤモンド砥粒の平均粒径（D50）が $9\mu\text{m}$ で凝集体の平均粒子径（D50）が $50\mu\text{m}$ の場合についても同様に調査したところ、平均砥粒間距離が $80\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ の範囲で研削レートと良い相関がみられた。

[0061] （磁気ディスクの製造）

上記実施例で得られた磁気ディスク用ガラス基板に以下の成膜工程を施して、垂直磁気記録用磁気ディスクを得た。

すなわち、上記ガラス基板上に、Ti系合金薄膜からなる付着層、CoTa

Zr合金薄膜からなる軟磁性層、Ru薄膜からなる下地層、CoCrPt合金からなる垂直磁気記録層、保護層、潤滑層を順次成膜した。保護層は、水素化カーボン層を成膜した。また、潤滑層は、アルコール変性パーフルオロポリエーテルの液体潤滑剤をディップ法により形成した。

得られた磁気ディスクについて、DFHヘッドを備えたHDDに組み込み、80℃かつ80%RHの高温高湿環境下においてDFH機能を作動させつつ1ヶ月間のロードアンロード耐久性試験を行ったところ、特に障害も無く、良好な結果が得られた。

符号の説明

- [0062] 1 ダイヤモンドパッド
2 砥粒凝集体（集結砥粒）
3 支持材
4 ダイヤモンド粒子
10 ガラス基板

請求の範囲

- [請求項1] 潤滑液と、固定砥粒砥石が研削面に配備された定盤とを用いてガラス基板の主表面を研削する研削加工処理を含む磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、
- 前記固定砥粒砥石は、支持材中に含有させた固定砥粒を含み、
- 前記固定砥粒砥石の研削面における前記固定砥粒の平均砥粒間距離と、当該固定砥粒砥石を用いて前記ガラス基板を研削加工した場合の加工速度との相関関係を予め求めておき、
- この求めた相関関係に基づき所望の加工速度が得られる平均砥粒間距離を有する固定砥粒砥石を選択し、この選択した固定砥粒砥石を用いて前記研削加工処理を行う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] 潤滑液と、固定砥粒砥石が研削面に配備された定盤とを用いてガラス基板の主表面を研削する研削加工処理を含む磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、
- 前記固定砥粒砥石は、支持材中に含有させた固定砥粒を含み、
- 前記固定砥粒砥石の研削面における前記固定砥粒の平均砥粒間距離は $80\ \mu\text{m}$ ～ $200\ \mu\text{m}$ であ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3] 前記平均砥粒間距離が、 $80\ \mu\text{m}$ ～ $200\ \mu\text{m}$ であ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] 前記固定砥粒の平均粒子径が、 $15\ \mu\text{m}$ ～ $50\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1乃至3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5] 前記固定砥粒はダイヤモンド砥粒粒子を含むことを特徴とする請求項1乃至4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] 前記固定砥粒は、砥粒粒子又は、複数の砥粒粒子がバインダーで固められた砥粒凝集体であることを特徴とする請求項1乃至5に記載の

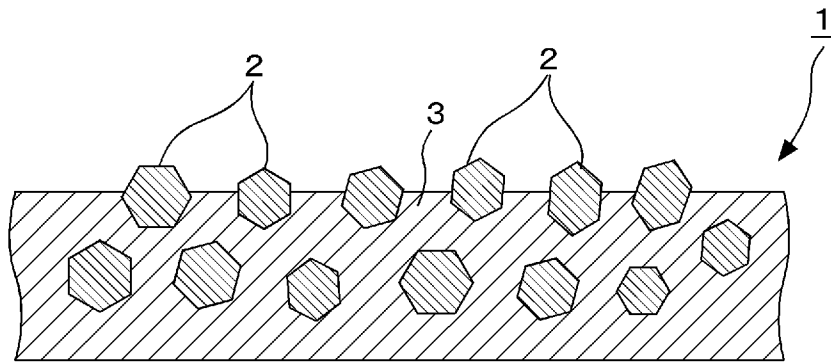
磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項7] 前記ガラス基板は、研削加工開始時に主表面が鏡面状のガラス基板であることを特徴とする請求項1乃至6に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

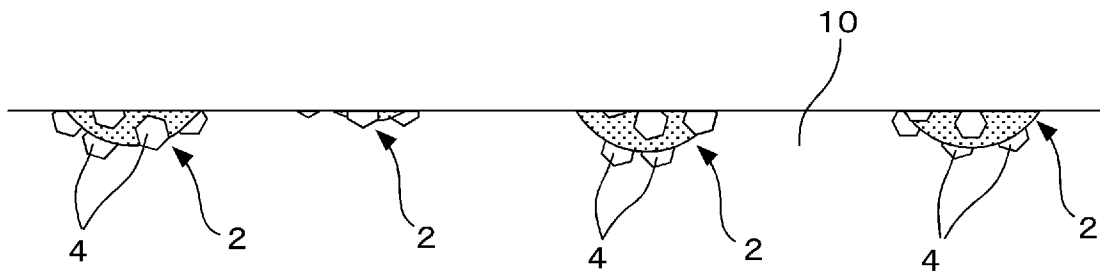
[請求項8] 加工荷重が、 $50\text{g}/\text{cm}^2 \sim 200\text{g}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする請求項1乃至7に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項9] 請求項1乃至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により製造された磁気ディスク用ガラス基板上に、少なくとも磁気記録層を形成することを特徴とする磁気ディスクの製造方法。

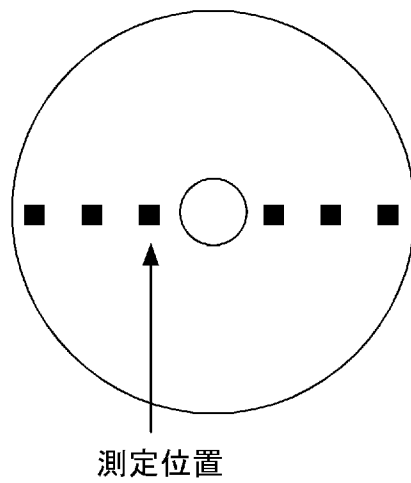
[図1]



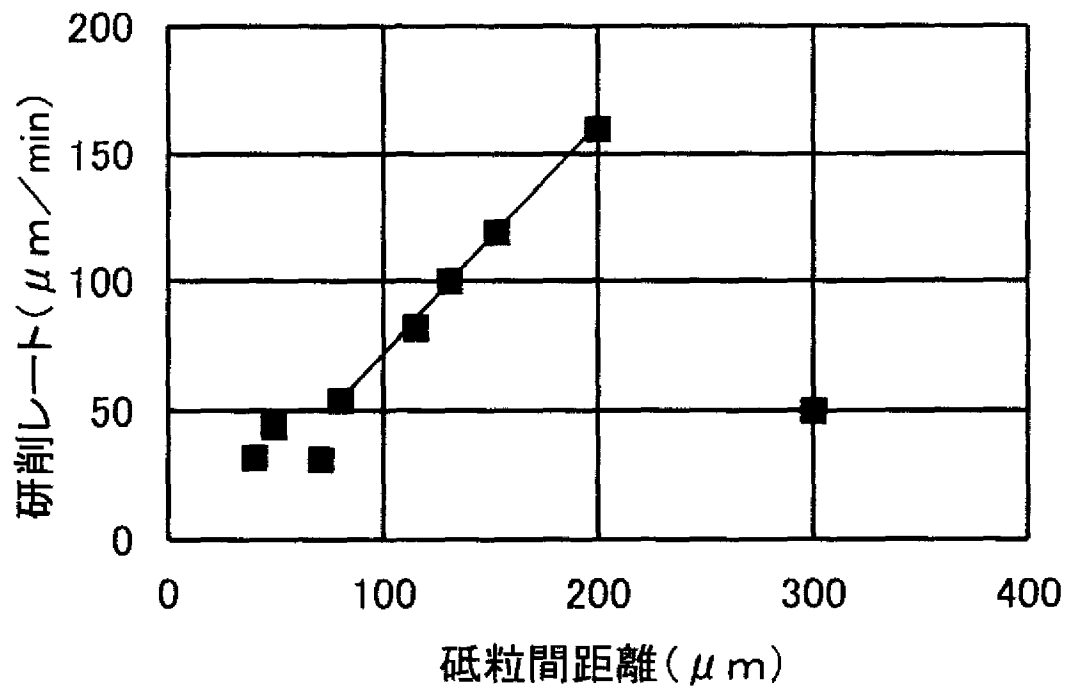
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/076187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B5/84(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11B5/84

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-216151 A (Kao Corp.), 19 August 1997 (19.08.1997), paragraphs [0016] to [0030] (Family: none)	1-9
A	JP 2012-27976 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 09 February 2012 (09.02.2012), paragraphs [0029] to [0062]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-9
A	JP 2013-71212 A (Hoya Corp.), 22 April 2013 (22.04.2013), paragraph [0016] (Family: none)	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 December, 2014 (08.12.14)

Date of mailing of the international search report
16 December, 2014 (16.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B5/84(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B5/84

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 9-216151 A（花王株式会社）1997.08.19, 段落【0016】-【0030】（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2012-27976 A（旭硝子株式会社）2012.02.09, 段落【0029】-【0062】，【図1】-【図4】（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2013-71212 A（HOYA株式会社）2013.04.22, 段落【0016】（ファミリーなし）	1-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.12.2014

国際調査報告の発送日

16.12.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

白井 卓巳

5 D

4550

電話番号 03-3581-1101 内線 3551