

(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
2024年12月19日(19.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/257610 A1

(51) 国際特許分類:

C03B 23/023 (2006.01) C03C 3/155 (2006.01)
C03C 3/064 (2006.01) C03C 3/19 (2006.01)
C03C 3/068 (2006.01) G02B 6/00 (2006.01)
C03C 3/14 (2006.01) G02B 27/02 (2006.01)
C03C 3/15 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/019627

(22) 国際出願日: 2024年5月29日(29.05.2024)

(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 2023-099340 2023年6月16日(16.06.2023) JP

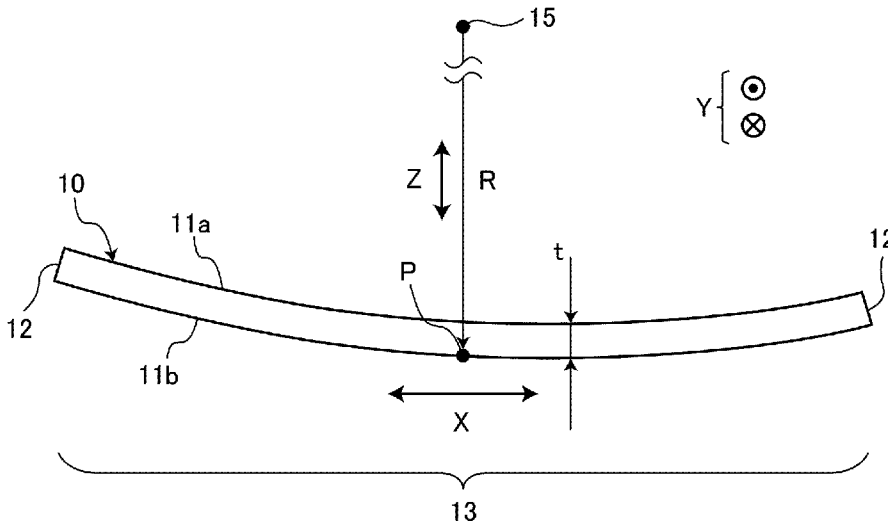
(71) 出願人: A G C 株式会社 (AGC INC.) [JP/JP];
〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 倉田 智 (KURATA, Satoru); 〒1008405
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
A G C 株式会社内 Tokyo (JP). 木村 友紀
(KIMURA, Tomonori); 〒1008405 東京都千代田
区丸の内一丁目5番1号 A G C 株式会社
内 Tokyo (JP). 福士 恭基 (FUKUSHI, Takanori);
〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番
1号 A G C 株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所
(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE);
〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1
号 虎ノ門ダイビルイースト Tokyo (JP).

(54) Title: GLASS AND METHOD FOR PRODUCING GLASS

(54) 発明の名称: ガラス及びガラスの製造方法



(57) Abstract: The present invention suppresses a decrease in optical characteristics even when forming a curved surface part in glass having a high refractive index. This glass (10): has a refractive index n_d of at least 1.77; at a thickness of 10 mm, has an internal transmittance of at least 89% for light having a wavelength of 460 nm; has a curved surface part (13) having a radius of curvature of at most 10,000 mm in at least a portion of a peripheral part; and has a thickness deviation of at most 1% of the maximum thickness.

[続葉有]

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 高屈折率を有するガラスに曲面部を形成する場合でも、光学特性の低下を抑制する。ガラス(10)は、屈折率 n_d が1.77以上であり、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上であり、周辺部の少なくとも一部に、曲率半径10000mm以下の曲面部(13)を有し、厚み偏差が最大厚みの1%以下である。

明 細 書

発明の名称： ガラス及びガラスの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガラス及びガラスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、高屈折率のガラスが求められている。特に、例えばAR (Augmented Reality)、VR (Virtual Reality)、MR (Mixed Reality)などに用いられるヘッドマウントディスプレイでは、広い視野角 (FOV) を実現することが求められている。ヘッドマウントディスプレイの視野角は、表示部分に用いられる導光材料の屈折率に依存するため、高屈折率の導光板が用いられる。

[0003] また、非特許文献1では、眼鏡型ディスプレイに用いられる導光板において、画像伝搬方向に曲率を持たせることにより、同一材料でも平板と比べて視野角を大きくすることが提案されている。特許文献1には、曲面部を有するガラス成形体を曲げ成形によって製造する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-121050号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Anastasiia Kalinina, Andrey Putilin, “Wide-field-of-view augmented reality eyeglasses using curved wedge waveguide” Proc. SPIE 11350, Digital Optics for Immersive Displays I I, 1135005 (2020年4月14日), <<https://doi.org/10.1117/12.2559320>>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、高屈折率を有するガラスを曲げ成形する場合、ガラスの板

厚分布がばらついて、平板状の導光板と比較して画像品質が低下したり、色収差が増大したりするなど、光学特性が低下するという課題がある。そのため、高屈折率を有するガラスに曲面部を形成する場合でも、光学特性の低下を抑制することが望まれる。

[0007] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、高屈折率を有するガラスに曲面部を形成する場合でも、光学特性の低下を抑制可能なガラス及びガラス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

[0008] 本開示に係るガラスは、屈折率 n_d が1.77以上であり、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上であり、周辺部の少なくとも一部に、曲率半径10000mm以下の曲面部を有し、厚み偏差が最大厚みの1%以下である。

[0009] 本開示に係るガラスの製造方法は、曲面部を有するガラスを製造する方法であって、ガラス母板を加熱し、加熱された前記ガラス母板に外力を付与して、前記ガラス母板の周辺部の少なくとも一部に、曲率半径10000mm以下の前記曲面部を形成し、屈折率 n_d が1.77以上であり、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上であり、厚み偏差が最大厚みの1%以下である、前記ガラスを得る。

[0010] 本発明によれば、高屈折率を有するガラスに曲面部を形成する場合でも、光学特性の低下を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本実施形態に係るガラスの模式図である。

[図2]図2は、ガラスのヘッドマウントディスプレイへの適用例を示す模式図である。

[図3]図3は、本実施形態に係るガラスの模式的な平面図である。

[図4]図4は、実施例に用いた硝材Xおよび硝材Yの温度に対する粘性変化を示したグラフである。

[図5]図5は、本実施形態に係るガラスの製造方法を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態を詳細に説明する。

なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせるものも含むものである。また、数値については四捨五入の範囲が含まれる。

[0013] (ガラス)

図1は、本実施形態に係るガラスの模式図である。本実施形態に係るガラス10は、可視光を透過可能な透光性の部材である。本実施形態に係るガラス10は、板状の部材である。本実施形態においては、ガラス10は、導光板として用いられる。ガラス10は、AR／MRヘッドマウントディスプレイ用の導光板として用いられる。ヘッドマウントディスプレイとは、人の頭部に装着されるディスプレイ装置（ウェアラブルデバイス）である。ただし、ガラス10の用途は任意であり、導光板として用いられることに限られず、また、ヘッドマウントディスプレイに用いられることにも限られない。

[0014] 図2は、ガラス10のヘッドマウントディスプレイへの適用例を示す模式図である。ガラス10は、例えば、透過型ヘッドマウントディスプレイに用いられる。ガラス10は、眼鏡型デバイスのレンズ部分、ヘルメット型デバイスのバイザーシールド部分などに適用され、装着者の眼90の前方に配置される。ガラス10は、装着者がガラス10を介して視野内の光景を視認可能とする。図2の例では、ガラス10には、投影装置91から表示画像（入射光）が入射する入射部21と、装着者の眼90に表示画像を出射する出射部22と、が設けられる。入射部21および出射部22は、例えば、回折格子である。ガラス10は、ガラス10の内部（両主表面11a、11b間）で入射光を繰り返し正反射させることで、入射部21から出射部22に向けて表示画像を伝搬する。ガラス10は、出射部22から表示画像を出射することにより、装着者の眼90に表示画像を投影する。これにより、装着者は、視野内の光景（ガラス10を介して見た前方の光景）に、表示画像を重畳して視認する。図2に示した構成は、あくまでも一例であり、ガラス10を

どのような種類のヘッドマウントディスプレイに適用してもよく、ガラス10を用いた画像表示手法も特に限定されない。入射部21と出射部22とがガラス10のどの位置に設けられてもよいし、入射部21および出射部22は回折格子でなくてもよい。

[0015] (ガラスの構造)

図1に示すように、ガラス10は、一对の主表面11a、11bと、端面12と、を有する。一对の主表面11a、11bは、ガラス10の最大の面積を有する面であり、ガラス10の厚み方向に互いに対向する。端面12は、一对の主表面11a、11bの外周縁同士を接続する周面である。ガラス10は、厚み t を有する。ガラス10の外形形状（主表面11a、11bの形状）は、特に限定されず、ガラス10が適用されるデバイスに応じる。例えばガラス10が眼鏡型デバイスに適用される場合、主表面11a、11bの形状は、眼鏡のレンズ部分に相当する形状となる。

[0016] 以降においては、ガラス10の厚み方向をZ方向とし、Z方向と直交する一方向を、X方向とし、Z方向及びX方向に直交する方向をY方向とする。なお、Z方向は、ガラス10の主面の中心位置における、その主面に垂直な方向としてよい。ここで、X方向は、ガラス10の主表面11aの任意の点Pにおける主表面11aの接線方向のうち、接線方向と法線方向を含む平面と主表面11aとが交差して形成される線の曲率半径が、最小になる方向を指す。なお、本実施形態の例では、入射部21と出射部22とがX方向に並んで配置されている。

[0017] (曲面部)

本実施形態に係るガラス10は、周辺部の少なくとも一部に、曲面部13を有する。曲面部13は、Y軸を曲げ軸として曲げられている。曲面部13は、ガラス10のうち、Y方向を曲げ軸として同一の曲率半径 R で曲がっている領域である。なお、ここでの曲率半径 R が同一であるとは、位置毎の曲率半径 R が厳密に同一であることに限られない。曲面部13の曲率半径 R は、後述するように曲面部13中の位置ごとに所定の範囲内で変化してもよ

い。

[0018] なお、図1の例では、ガラス10は、全体が曲率中心15、曲率半径Rで一軸曲げされている。ガラス10の全体がX方向に曲率半径Rで曲がっているので、ガラス10の全体が曲面部13である。したがって、図1の例では、位置Pをいずれの点にとっても、X方向が一義に定まる。ただし、複数の曲面部13が設けられてそれぞれの曲面部13の曲げ方向が交差する場合もある。この場合、曲面部13毎にX方向を規定すればよい。すなわち、1つの曲面部13上の位置Pの接線方向のうち、接線方向と法線方向を含む平面と主表面11aとが交差して形成される線の曲率半径が最小になる方向を、その曲面部13のX方向として、曲面部13毎に同様にX方向を規定してよい。なお、接線方向と法線方向を含む平面と主表面11aとが交差して形成される線の曲率半径が最小となる接線方向が複数ある場合には、それらの接線方向のうちの少なくとも一方向をX方向に定めてよい。

[0019] 図1、図2の例では、ガラス10は、曲面部13により、入射部21（図2参照）と出射部22（図2参照）とを結ぶ画像伝搬方向（X方向）に湾曲形状を有する。これにより、平板形状と比べて出射部22における視野角（FOV）が大きくなる。なお、一例では、ガラス10は、曲面部13において3次元曲面をなす。すなわち、曲面部13のガウス曲率が非0であってもよい。図1の例では、ガラス10のほぼ全体が曲面部13となっているが、ガラス10の周辺部の一部のみに曲面部13が設けられ、他の部分が平面形状となってもよい。

[0020] （曲面部の曲率半径）

本実施形態では、曲面部13の曲率半径Rは、10000mm以下である。これにより、平板形状の場合と比べて、ヘッドマウントディスプレイの視野角を広げることができる。曲面部13の曲率半径Rは、10mm以上1000mm以下が好ましく、50mm以上500mm以下がより好ましく、80mm以上200mm以下が更に好ましい。曲面部13の曲率半径Rは、例えば、曲面部13を含む近傍領域の断面プロファイル（断面に沿った主表面

11a、11bの位置（変位）の分布）を取得し、断面プロファイルを最小二乗法で円に近似することにより取得できる。断面プロファイルは、マルチカラー共焦点方式レーザー変位計（株式会社キーエンス製）によって、断面に沿った主表面11a、11bの位置（変位）の分布を測定することにより得られる。

[0021] （曲率半径変化率）

ガラス10は、曲面部13における曲率半径Rの平均値に対する変化率（曲率半径変化率）が200%以下、70%以上であることが好ましい。ここで、曲率半径Rの変化率とは、測定位置における曲率半径Rの測定値の、曲面部13の全体の曲率半径Rの平均値に対する比率である。曲率半径変化率がこの範囲であると、高い形状精度が得られるので、画像品質の向上および色収差の低減が実現できる。曲率半径変化率は、195%以下、75%以上がより好ましく、190%以下、80%以上が更に好ましい。曲率半径Rの変化率の取得は、まず、曲面部13を含む近傍領域の断面プロファイルを単位長で区分し、区分内の複数の測定点の位置測定値を取得する。単位長は、例えば1mm以上10mm以下の所定値（例えば5mm）である。区分内の測定点のピッチは、たとえば25 μ mとする。区分内の測定値を最小二乗法で近似することにより、区分毎の曲率半径Rを求める。曲率半径Rの変化率は、個々の区分の曲率半径Rを、全区分の曲率半径Rの平均値で除した値を百分率で表現したものである。

[0022] （ガラスの面積）

ガラス10は、主表面11a、11bの面積が40cm²以下であることが好ましい。ガラス10は、主表面11a、11bの各々がこの範囲に収まるように形成される。過剰な大面積は形状精度の低下の要因となるため、表面積がこの範囲となるガラス10は、ヘッドマウントディスプレイの表示部として好適であり、かつ光学特性の均一性を容易に確保できる。主表面11a、11bの面積は、15cm²以上35cm²以下がより好ましく、10cm²以上30cm²以下が更に好ましい。

[0023] (厚み)

本実施形態に係るガラス10の厚み t は、1.5 mm以下であることが好ましい。厚み t が大きくなる程、形状誤差が生じやすいので、厚み t がこの範囲となるガラス10は、高い形状精度を得ることができる。厚み t は、0.3 mm以上1.4 mm以下がより好ましく、0.5 mm以上1.2 mm以下が更に好ましい。

[0024] 厚み t の測定は、鉛直方向に光軸を一致させ測定方向を一致させたマルチカラー共焦点方式レーザー変位計（株式会社キーエンス製）によって、ガラス10の測定点における主表面11aおよび主表面11bの各軸方向位置を取得することにより行う。測定点における厚み t は、主表面11aの位置測定値と主表面11bの位置測定値との差分により取得する。測定の際、ガラス10は、主表面11aおよび11bの少なくとも一方がセンサ光軸と直交するように保持される。

[0025] (厚み偏差)

本実施形態に係るガラス10は、厚み偏差が最大厚みの1%以下である。例えば、ガラス10の厚み t が1 mmである場合、厚み偏差が10 μ m（つまり、 $\pm 5 \mu$ m）以下である。厚み偏差がこの範囲となるガラス10は、曲面部13においても高い形状均一性が得られるので、画像品質を向上でき色収差を効果的に低減できる。ガラス10の厚み偏差は、最大厚みの0.8%以下がより好ましく、最大厚みの0.7%以下が更に好ましく、最大厚みの0.6%以下が更に好ましい。厚み偏差は、ガラス10の各測定点における厚み t の最大値と最小値との差である。測定点は、ガラス10の曲げ方向に沿って（主表面11a、11bが曲線となる断面に沿って）、一定ピッチで設定される。測定点のピッチは、たとえば130 μ mとする。

[0026] (平坦部)

本実施形態に係るガラス10は、主表面11a、11bの外周に1か所以上の平坦部14（図3参照）を有することが好ましい。図3は、本実施形態に係るガラス10の模式的な平面図である。平坦部14は、平坦部14の一

端部から他端部までの範囲に亘って断面が直線（各点の法線が平行）となる領域である。図3の例では、平坦部14は、主表面11a、11bの外周を構成する端面12の1か所に形成されている。平坦部14は、主表面11a、11bの外周の所定範囲に局所的に形成される。平坦部14は、主表面11a、11bの全周に亘って連続する環状に形成されていてもよい。

[0027] 外周に平坦部14を有するガラス10は、平坦部14を位置決め基準面又は把持（支持）面として機能させることができる。そのため、たとえば平坦部14を有さず外周全体が曲面となる場合と比べて、ガラス10の加工、検査、組付けにおいてガラス10を保持する際のガラス10の位置精度が向上する。

[0028] （端面）

本実施形態に係るガラス10は、端面12の表面粗さRaが5nm以上であることが好ましい。端面12がこの範囲の表面粗さを有することで、端面12における光を乱反射させることができる。その結果、ガラス10内を導光された光（図2参照）が端面12において正反射することに起因する輝線などの光ノイズを抑制できるので、画像品質を向上できる。端面12のRaは、より好ましくは10nm以上であり、更に好ましくは20nm以上である。ここで、表面粗さRaは、JIS B0601（2001年）で定義された算術平均粗さである。本明細書では、10 μ m $\times$ 10 μ mのエリアを、レーザー顕微鏡を用いて測定した値である。

[0029] ガラス10は、端面12が黒色に塗装されていることが好ましい。端面12が光吸収率の高い黒色に塗装されていることで、端面12における光の反射を抑制できる。これにより、ガラス10内を導光された光が端面12における正反射することに起因する輝線などの光ノイズを抑制できるので、画像品質を向上できる。

[0030] （ガラスの特性）

次に、ガラス10の特性について説明する。

[0031] （屈折率）

本実施形態に係るガラス10は、屈折率 n_d が1.77以上である。この範囲の高い屈折率 n_d を有することで、ヘッドマウントディスプレイにおける視野角を効果的に拡大できる。ガラス10の屈折率 n_d は、好ましくは、1.80以上であり、より好ましくは1.85以上であり、より好ましくは1.88以上、さらに好ましくは1.90以上である。これにより、視野角をより効果的に拡大できる。ガラス10の屈折率 n_d は、さらに好ましくは1.94以上、さらに好ましくは1.97以上、さらに好ましくは1.99以上、さらに好ましくは2.00以上、さらに好ましくは2.05以上、さらに好ましくは2.10以上である。なお、屈折率は、分光エリプソメトリー法(J.A. Woollam Co., Inc.; M-2000 DI)により測定できる。

[0032] (内部透過率)

本実施形態に係るガラス10は、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上である。ガラス10の内部透過率がこの範囲となることで、可視光に対する高透過率を実現でき、導光に伴う光量損失を低減できるので、画像品質が向上する。ガラス10は、波長460nmの光に対する厚み方向の内部透過率は、90%以上であることがより好ましく、91.5%以上であることが更に好ましく、93.0%以上であることが更に好ましく、95.0%以上であることが更に好ましい。

[0033] ガラス10の内部透過率は、測定対象となったガラス10の内部を透過する透過率である。内部透過率は、板厚の異なる2種類の外部透過率の測定値と、以下の式(1)から求めることができる。なお、外部透過率とは表面反射損失を含む透過率を意味する。式(1)において、 X は、厚さ10mmのガラスの内部透過率であり、 $T1$ および $T2$ は、外部透過率であり、 Δd mmは、試料の厚さの差である。外部透過率は、両面鏡面研磨したサンプルに対して分光光度計(日立ハイテクノロジーズ社製:U-4100)を用いて測定できる。

[数1]

$$\log X = -\frac{\log T1 - \log T2}{\Delta d} \times 10 \quad \cdots (1)$$

[0034] (リタレーション)

本実施形態に係るガラス10は、厚み方向に波長543nmの光を照射することで測定したリタレーションが40nm/cm以下であることが好ましい。リタレーションをこの範囲とすることで、リタレーションに起因する画像の歪みを抑制できるので、画像品質を向上できる。リタレーションは、20nm/cm以下がより好ましく、18nm/cm以下以下がより好ましく、15nm/cm以下が更に好ましい。リタレーションは、Photonic Lattice社製WPA-200により測定できる。

[0035] (波面収差)

本実施形態に係るガラス10は、レーザー干渉計で測定する主表面11a、11bの波面収差のPV値 (peak-to-valley) が1.6λ以下であることが好ましい。λはレーザー干渉計のレーザーの波長を示す。また主表面11a、11bの基準波面からのバラツキを示す波面収差のRMS値 (Root Mean Square value) としては、0.7λ以下であることが好ましい。0.5λ以下がより好ましく、0.25λ以下がより好ましく、0.1λ以下が更に好ましい。主表面11a、11bの波面収差をこれらの範囲とすることで、波面収差に起因する表示画像のぼけ、歪みを抑制できるので、画像品質を向上できる。波面収差は、Zygo社製: Verifireにより測定できる。

[0036] (ガラスの組成)

次に、ガラス10が含有し得る各成分の組成範囲の一実施形態について詳細に説明する。本明細書において、各成分の含有割合は、特に断りのない限り、酸化物基準の質量%で示す。また、本明細書において、「実質的に含有しない」とは、不可避不純物を除き含有しないことを意味する。不可避不純物の含有割合は、本明細書において0.1%以下である。なお、ガラスは、上記した特性を有する限り、下記実施形態の組成に限定されない。

[0037] SiO₂は、ガラス形成成分であり、ガラスに高い強度とクラック耐性を付与し、ガラスの安定性および化学的耐久性を向上させる成分である。SiO₂の含有割合は、0%以上44%以下でありうる。SiO₂の含有割合は、3%

以上が好ましく、5%以上がより好ましく、7%以上がさらに好ましく、9%以上がさらに好ましく、10%以上がさらに好ましく、11%以上が特に好ましい。一方、 SiO_2 の含有割合が44%以下で、高い屈折率を得るための成分をより多く含有させることができる。 SiO_2 の含有割合は、38%以下がより好ましく、30%以下がより好ましく、20%以下がさらに好ましく、15%以下がさらに好ましく、12%以下がさらに好ましく、10%以下が特に好ましい。

[0038] Al_2O_3 は、化学的耐久性を向上させる成分であるが、 Al_2O_3 が多くなると、ガラスが失透し易くなる。そのため、 Al_2O_3 の含有割合は、0%以上5%以下でありうる。 Al_2O_3 の含有割合は、3%以下がより好ましく、2%以下が特に好ましい。また、 Al_2O_3 の含有割合は、0.3%以上がより好ましく、0.5%以上がさらに好ましく、1%以上が特に好ましい。

[0039] P_2O_5 は、ガラスの溶解性をよくし、製造性を高める成分である。 P_2O_5 の含有割合は、0%より大きいことが好ましく、2.0%より大きいことがより好ましく、4.0%より大きいことがより好ましく、6.0%より大きいことがさらに好ましく、8.0%より大きいことがさらに好ましい。 P_2O_5 の含有割合は、18.0%より小さいことが好ましく、16.0%より小さいことがより好ましく、14.0%より小さいことがさらに好ましく、12.0%より小さいことがさらに好ましい。 P_2O_5 の含有割合が18.0%より小さいことで、高屈折率となるため好ましい。

[0040] B_2O_3 は、 T_g を低くし、ガラスの強度やクラック耐性などの機械的特性を向上し、失透温度を低下させる成分であるが、 B_2O_3 の量が多いと屈折率が低下し易い。そのため、 B_2O_3 の含有割合は、0%以上40%以下でありうる。 B_2O_3 の含有割合は、35%以下がより好ましく、30%以下がさらに好ましく、25%以下がさらに好ましく、20%以下がさらに好ましく、15%以下がさらに好ましく、10%以下が特に好ましい。また、 B_2O_3 の含有割合は、5%以上がより好ましく、12%以上がさらに好ましく、18%以上がさらに好ましく、20%以上が特に好ましい。

[0041] SiO_2 と B_2O_3 の含有割合が多いとガラスの失透温度が低下し、製造しやすくなる。そのため、 SiO_2 と B_2O_3 の含有割合は、10%以上が好ましく、20%以上がより好ましく、25%以上がより好ましく、28%以上がより好ましく、30%以上がさらに好ましく、32%以上が特に好ましい。一方で、 SiO_2 と B_2O_3 の含有割合を少なくすると屈折率を向上させることができる。そのため特に高い屈折率が求められる場合には、 SiO_2 と B_2O_3 の含有割合は、70%以下が好ましく、50%以下がより好ましく、40%以下がさらに好ましく、35%以下がさらに好ましく、33%以下がさらに好ましく、32%以下が特に好ましい。

[0042] Li_2O は、強度およびクラック耐性を向上させる成分である。 Li_2O の含有割合は、0%以上10%以下でありうる。 Li_2O の含有割合は、0%以上が好ましく、1%以上がより好ましく、2%以上がより好ましく、4%以上がさらに好ましく、5%以上が特に好ましい。一方、 Li_2O は、多すぎると失透し易くなる。特に失透に対する品質が求められる場合には Li_2O の含有割合は、8%以下が好ましく、6%以下がより好ましく、4%以下がさらに好ましく、2%以下がさらに好ましく、1%以下が特に好ましい。

[0043] Na_2O は、失透を抑制し、 T_g を低くする成分である。 Na_2O の含有割合は、0%以上10%以下でありうる。 Na_2O を含有させると、優れた失透抑制効果が得られる。ガラスが Na_2O を含有する場合、その含有割合は、0%以上が好ましく、1%以上がより好ましく、2%以上がより好ましく、3%以上がさらに好ましく、4%以上が特に好ましい。一方、 Na_2O は、多すぎると、強度およびクラック耐性が低下し易い。特に強度が求められる場合の Na_2O の含有割合は、7%以下が好ましく、4%以下がより好ましく、2%以下がさらに好ましく、1%以下が特に好ましい。

[0044] K_2O は失透を抑制し、 T_g を低くする成分である。 K_2O の含有割合は、0%以上10%以下でありうる。 K_2O の含有割合は、0%以上が好ましく、1%以上がより好ましく、2%以上がより好ましく、3%以上がさらに好ましく、4%以上が特に好ましい。一方、 K_2O は、多すぎると、強度およびク

ラック耐性が低下し易い。特に強度が求められる場合の K_2O の含有割合は、7%以下が好ましく、4%以下がより好ましく、2%以下がさらに好ましく、1%以下が特に好ましい。

[0045] ZrO_2 はガラスの屈折率を高め、ガラスの化学的耐久性を高める成分である。 ZrO_2 の含有割合は、0%以上20%以下でありうる。 ZrO_2 の含有割合は、1%以上が好ましく、3%以上がより好ましく、5%以上がさらに好ましく、6%以上がさらに好ましく、6.5%以上が特に好ましい。一方、 ZrO_2 が多すぎると、失透しやすくなる。そのため、 ZrO_2 の含有割合は、15%以下がより好ましく、10%以下がさらに好ましく、8%以下がさらに好ましく、7%以下が特に好ましい。

[0046] さらにガラスには、 Sb_2O_3 および SnO_2 のうちの少なくとも一種が含有されてもよい。これらは必須の成分ではないが、屈折率特性の調整、溶融性の向上、着色の抑制、透過率の向上、清澄、化学的耐久性の向上などの目的で添加できる。これらの成分を含有させる場合の含有割合は、合計で、10%以下が好ましく、5%以下がより好ましく、3%以下がさらに好ましく、1%以下が特に好ましい。

[0047] Y_2O_3 はガラスの屈折率を高める成分である。 Y_2O_3 の含有割合は、0%以上10%以下でありうる。 Y_2O_3 の含有割合は、1%以上が好ましく、1.5%以上がより好ましく、2%以上がさらに好ましく、2.5%以上がさらに好ましく、3%以上がさらに好ましく、3.5%以上がさらに好ましく、4%以上がさらに好ましく、5%以上が特に好ましい。また、 Y_2O_3 は、多すぎると失透し易くなる。そのため、より低い表面粗さ R_a が求められる用途については、 Y_2O_3 の含有割合は、10%以下が好ましく、7%以下がより好ましく、5%以下がより好ましく、4%以下がより好ましく、3.5%以下がさらに好ましく、3%以下が特に好ましい。

[0048] アルカリ金属成分($Li_2O + Na_2O + K_2O$)とアルカリ土類金属成分($MgO + CaO + SrO + BaO$)の含量が多くなるとガラスの T_g が低下しやすくなる。そのためアルカリ金属成分とアルカリ土類金属成分の含有割

合は、50%以下でありうる。含有割合は、より好ましくは40%以下であり、さらに好ましくは30%以下であり、さらに好ましくは16%以下であり、さらに好ましくは12%以下であり、さらに好ましくは10%以下であり、さらに好ましくは5%以下であり、特に好ましくは2%以下である。

[0049] TiO_2 はガラスの屈折率を高め、ガラスの分散を大きくする成分である。 TiO_2 の含有割合は、0%以上50%以下でありうる。 TiO_2 を含有する場合、その含有割合は、3%以上が好ましく、5%以上がより好ましく、10%以上がさらに好ましく、15%以上がさらに好ましく、20%以上がさらに好ましく、25%以上がさらに好ましく、28%以上がさらに好ましく、30%以上がさらに好ましく、32%以上が特に好ましい。一方、 TiO_2 は多すぎると着色しやすく、また、透過率が低下する。そのため、特に透過率が求められる場合には TiO_2 の含有割合は、50%以下が好ましく、40%以下がより好ましく、35%以下がさらに好ましく、30%以下がさらに好ましく、25%以下がさらに好ましく、20%以下がさらに好ましく、15%以下が特に好ましい。

[0050] WO_3 は添加することでガラスの失透を抑制させるが、その添加量が多すぎると、かえってガラスが失透し易くなる。そのため、 WO_3 の含有割合は、0%以上10%以下でありうる。 WO_3 の含有割合は、6%以下がより好ましく、2%以下がさらに好ましく、1.5%以下がさらに好ましく、1.0%以下がさらに好ましく、0.5%以下がさらに好ましく、0.3%以下が特に好ましい。また、 WO_3 を添加することでガラスの屈折率を向上させることができる。そのため特に高い屈折率が求められる場合には、 WO_3 の含有割合は、0.1%以上がより好ましく、0.2%以上がさらに好ましく、0.3%以上がさらに好ましく、0.4%以上が特に好ましい。

[0051] La_2O_3 はガラスの屈折率を向上させる成分である。 La_2O_3 の含有割合は0%以上55%以下でありうる。 La_2O_3 を含有する場合、その含有割合は、10%以上が好ましく、15%以上がより好ましく、20%以上がさらに好ましく、25%以上がさらに好ましく、30%以上がさらに好ましく、

40%以上が特に好ましい。一方で、 La_2O_3 の量が多すぎると機械的特性が低下するとともに失透温度が上昇する。そのため、機械的特性や製造特性が重要となる場合には、 La_2O_3 の含有割合は、53%以下が好ましい。50%以下がより好ましく、45%以下がより好ましく、42%以下が特に好ましい。

[0052] Nb_2O_5 は、ガラスの屈折率を高めるとともに、アッペ数 (v_d) を小さくする成分である。 Nb_2O_5 の含有割合は、0%以上35%以下でありうる。 Nb_2O_5 の含有割合は、2%以上が好ましく、4%以上がより好ましく、5%以上がさらに好ましく、6%以上がさらに好ましく、7%以上がさらに好ましく、8%以上がさらに好ましく、10%以上が特に好ましい。また、 Nb_2O_5 は、多すぎると失透し易くなる。そのため、より低い表面粗さ R_a が求められる用途については、20%以下が好ましく、15%以下がさらに好ましく、10%以下がさらに好ましく、8%以下がさらに好ましく、7%以下が特に好ましい。

[0053] (ガラスの製造方法)

本実施形態に係るガラス10は、任意の方法で製造されてよいが、その製造方法の一例を以下で説明する。

[0054] (原料の準備)

ガラス10の製造に用いる原料として、上記組成範囲から所望のガラス組成となるように原料を秤量し、均一に混合する。

[0055] (ガラス母板の作製)

ガラス原料を、例えば、フロート、フュージョン、インゴット成形等、任意のガラス溶解成形手法、及び必要ならばスライス等の機械加工を経て、ガラス状態にして、所望の組成のガラス母板30 (図5参照) を作製する。また、溶融したガラスを一旦ブロック状に成形したのち、リドロ法等でガラス母板30にもできる。ガラス母板30は、ガラス10の母材となる板状のガラスである。ガラス母板30は、屈折率 n_d が1.77以上であり、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上である。

[0056] 本実施形態におけるガラス母板30は、ガラス転移点 T_g と軟化点の温度差が 150°C 以下であることが好ましい。ガラス転移点 T_g と軟化点の温度差がこの範囲であるガラス母板30は、ヘッドマウントディスプレイの視野角を拡大するのに好適な高い屈折率 n_d を得ることができる。ガラス転移点 T_g と軟化点の温度差が 120°C 以下であることがより好ましく、 100°C 以下であることが更に好ましい。ガラス転移点 T_g は、例えば熱膨張法によって測定できる。軟化点は、JIS R3103-1:2001に記載の繊維引き伸ばし法で測定できる。

[0057] 図4は、後述する実施例に用いた硝材Xおよび硝材Yの温度に対する粘性変化を示したグラフである。グラフの縦軸は粘度 $\log \eta$ ($\text{dPa}\cdot\text{s}$)を表し、横軸は温度($^{\circ}\text{C}$)を表す。硝材Xの屈折率 n_d は、硝材Yの屈折率 n_d よりも高い。硝材Yでは、ガラス転移点 T_g (約 532°C) 以上軟化点 (約 782°C) 以下の温度範囲 (温度差約 250°C) において、粘度 $\log \eta$ が約 13.5 ($\text{dPa}\cdot\text{s}$) から約 7.65 ($\text{dPa}\cdot\text{s}$) まで変化する。これに対して、硝材Xでは、ガラス転移点 T_g (約 705°C) 以上軟化点 (約 800°C) 以下の温度範囲 (温度差約 95°C) において、粘度 $\log \eta$ が約 13.2 ($\text{dPa}\cdot\text{s}$) から約 5.8 ($\text{dPa}\cdot\text{s}$) まで変化する。このように、ガラス10の原料となる硝材は、屈折率 n_d が高くなると、ガラス転移点 T_g と軟化点の温度差が小さくなり、成形温度付近での温度変化に対する粘性の変化が大きくなる傾向がある。後述する実施例に用いた硝材A、硝材B及び硝材Cも同様に、硝材A、硝材B及び硝材Cの各屈折率 n_d が硝材Yの屈折率 n_d よりも高い (表3参照)。そのため、硝材A、硝材B及び硝材Cは、ガラス転移点 T_g から軟化点までの温度変化に対する粘性の変化が硝材Yと比較して大きい。

[0058] 温度によって粘性が大きく変化する硝材では、成形時のガラス母板30の温度分布のばらつきが、大きな粘性のばらつきをもたらすため、成形ばらつき (厚み t 、表面粗さ R_a 、リタレーション、波面収差などのばらつき) に大きな影響を与える。そのため、高屈折率を有するガラス10の製造では、

成形時のガラス母板 30 の温度分布を均一化することが重要となる。

[0059] (ガラス母板の曲げ成形)

図 5 は、本実施形態に係るガラス 10 の製造方法を説明する図である。本実施形態に係るガラス 10 の製造方法は、ガラス母板 30 を加熱（工程 S 10）し、加熱されたガラス母板 30 に外力を付与して、ガラス母板 30 の周辺部の少なくとも一部に、曲率半径 10000 mm 以下の曲面部 13 を形成（工程 S 14）して、ガラス 10 を得る。すなわち、本実施形態に係るガラス 10 の製造方法は、ガラス母板 30 のリヒート成形工程（リヒート曲げ成形工程）を備える。

[0060] リヒート曲げ成形工程では、加熱および曲げ成形を、バッチ式成形装置 50 によりバッチ処理で行うことが好ましい。これにより、1 ショット毎の成形温度の精密な制御が可能であり、高い形状精度を得ることができる。例えば眼鏡型ヘッドマウントディスプレイでは、左眼用および右眼用の一対のガラス 10 が導光板として用いられるため、バッチ処理は、1 ショット複数枚（たとえば 2 枚）成形でもよいし、1 ショット 1 枚成形でもよい。

[0061] 図 5 では、バッチ式成形装置 50 は、成形型 51 と、ヒーター 55 とを含む。

[0062] 成形型 51 は、第 1 型 52 と、第 1 型 52 が嵌合する第 2 型 53 とを含む。図 5 では、第 1 型 52 が上型であり、第 2 型 53 が下型である。第 1 型 52 は、成形面 52 a と、成形面 52 a の外周を取り囲む周壁 52 b とを有する。成形面 52 a は、ガラス 10 の主表面 11 a（図 1 参照）に対応する凸状曲面である。第 2 型 53 は、成形面 53 a と、周側面 53 b とを有する。成形面 53 a は、ガラス 10 の主表面 11 b（図 1 参照）に対応する凹状曲面である。つまり、成形面 52 a と成形面 53 a とは、ガラス母板 30 の周辺部の少なくとも一部に曲面部 13 を形成するための曲面部分を含む。

[0063] 第 1 型 52 の周壁 52 b は、第 2 型 53 の外形形状に応じた開口部を構成する。第 2 型 53 の周側面 53 b は、第 2 型 53 の外形形状を成し、周壁 52 b の内周に嵌合する。第 1 型 52 および第 2 型 53 は、共にセンサ保持孔

を有し、それぞれ温度センサ 54 a、54 b が装着されている。第 1 型 5 2 と第 2 型 5 3 とは、互いに接近および離隔する方向に相対移動可能に保持される。たとえば、上型である第 1 型 5 2 と下型である第 2 型 5 3 とが、それぞれ、不図示の駆動源（シリンダ、モータなど）によって上下方向に移動可能である。

[0064] ヒーター 5 5 は、輻射加熱によりガラス母板 3 0 を成型型 5 1 とともに加熱する。ヒーター 5 5 は、例えば赤外線ランプヒーターであり、カーボンランプ、ハロゲンランプ等の公知の各種ヒーターが使用可能である。ヒーター 5 5 は、成型型 5 1 の周囲を取り囲むように設けられる。ヒーター 5 5 は、成型型 5 1 を均一に加熱するために、成型型 5 1 の高さ方向に複数配置される。ガラス母板 3 0 を加熱する工程 S 1 0 では、ヒーター 5 5 により、ガラス母板 3 0 を設定温度になるまで加熱する。

[0065] （ガラス母板を加熱する工程）

本実施形態では、ガラス母板 3 0 を加熱する工程 S 1 0 において、成型型 5 1 にガラス母板 3 0 を配置した状態で、成型型 5 1 の周囲に配置したヒーター 5 5 からの輻射加熱により、ガラス母板 3 0 を成型型 5 1 とともに加熱することが好ましい。これにより、輻射によって成型型 5 1 の全体を均一に加熱できるので、ガラス母板 3 0 および成型型 5 1 の温度ばらつきを効果的に小さくできる。図 5 は、輻射熱をヒーター 5 5 から延びる矢印で示している。ヒーター 5 5 の設定温度と、温度センサ 54 a、54 b によって測定された成型型 5 1 との温度差は $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以下が好ましく、 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以下がより好ましく、 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以下が更に好ましい。

[0066] さらに、本実施形態では、ガラス母板 3 0 を加熱する際（工程 S 1 0）に、 $50^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以下の昇温速度で加熱することが好ましい。すなわち、加熱開始から加熱終了までの全期間に亘って、単位時間（分）当たりの温度上昇がこの範囲に収まることが好ましい。昇温速度がこの範囲となることで、成型型 5 1 および内部のガラス母板 3 0 の温度ばらつきを抑制できる。特に図 5 に示すような嵌合構造の成型型 5 1 では、周壁 5 2 b によって部分的に覆わ

れる第2型53よりも、第1型52が先行して昇温しやすいため、昇温速度を低くすることで温度差を低減できる。昇温速度は、45℃/分以下がより好ましく、40℃/分以下が更に好ましく、35℃/分以下が更に好ましい。昇温速度を低くするほど温度ばらつきを低減できる。

[0067] (加熱を停止する工程)

また、本実施形態では、成形型51の温度を監視し、温度が設定温度に到達したことに基づいて、加熱を停止する(工程S12)ことが好ましい。すなわち、温度センサ54a、54bの検出温度値に基づいて、各検出温度値がいずれも設定温度に到達した場合に加熱が停止される。これにより、成形型51の温度を確実に設定温度にできるので、成形型51および内部のガラス母板30の温度ばらつきを効果的に抑制できる。設定温度は、例えばガラス転移点 T_g 以上、軟化点以下であり、ガラス組成に応じて適切な値が設定される。

[0068] 加熱を停止する際(工程S12)に、設定温度に到達した時の第1型52および第2型53の温度差を60℃以下とすることが好ましい。第1型52および第2型53の温度差をこの範囲とすることによって、ガラス母板30の温度ばらつきを更に効果的に抑制できる。設定温度に到達した時の第1型52および第2型53の温度差は、55℃以下がより好ましく、50℃以下が更に好ましい。

[0069] (曲面部を形成する工程)

曲面部13を形成する工程S14では、加熱されたガラス母板30を加圧する成形型51により加圧するプレス成形を行う。すなわち、第1型52を第2型53に接近する方向に相対移動させて、第1型52と第2型53との間に配置されたガラス母板30を加圧する。図5では、第1型52の凸状の成形面52aがガラス母板30を下向きに加圧し、ガラス母板30を変形させる。成形型51は、加圧によりガラス母板30を変形させて、第1型52の成形面52aと第2型53の成形面53aとにそれぞれガラス母板30の両表面を密着させる。これにより、ガラス母板30の一方表面に成形面52

aの曲面形状が転写され、主表面11aが形成される。ガラス母板30の他方表面に成形面53aの曲面形状が転写され、主表面11bが形成される。成形面52aと成形面53aとは、ガラス10の厚みtに相当する距離まで接近する。その結果、曲面部13を有する厚みtのガラス10が形成される。

[0070] 曲面部13を形成する工程S14は、加圧力が所定の設定値に達してから、所定時間経過時に終了する。所定時間は、例えば30秒である。曲面部13を形成する工程S14が終了すると、第1型52と第2型53とを互いに離れる方向に退避位置まで相対移動させて、成形型51を分離させる。その後、第2型53に保持されたガラス10が冷却される。

[0071] (後加工工程)

その後、ガラス10には、後加工を行ってもよい。具体的には、ガラス10の外周の一部に平坦部14を形成してもよい。平坦部14の形成方法は、例えば研磨処理がある。ガラス10の端面12の表面粗さRaを、5nm以上の設定値にする粗面化処理を施してもよい。粗面化処理の方法としては、サンドブラストなどのブラスト処理がある。更に、粗面化処理された端面12に、黒色塗装を行ってもよい。この他、ガラス10の主表面11a、11bに表面皮膜の形成等を行ってもよい。

[0072] 以上のようにして、本実施形態に係るガラス10の製造方法では、屈折率 n_d が1.77以上であり、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上であり、厚み偏差が最大厚みの1%以下であるガラス10を製造する。

[0073] (効果)

以上説明したように、本開示の第1態様に係るガラス10は、屈折率 n_d が1.77以上であり、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上であり、周辺部の少なくとも一部に、曲率半径10000mm以下の曲面部13を有し、厚み偏差が最大厚みの1%以下である。本開示によると、ヘッドマウントディスプレイにおける視野角拡大に適した高屈

折率と、画像表示に適した低い光損失を実現する高透過率を有するガラス 10 を得られる。そして、厚み偏差が最大厚みの 1 % 以下に収めることにより、厚み分布のばらつきを抑制できる。その結果、高屈折率を有するガラス 10 に曲面部 13 を形成する場合でも、光学特性の低下を抑制できる。

[0074] 本開示の第 2 態様に係るガラス 10 は、第 1 態様に係るガラス 10 であって、屈折率 n_d が 1.90 以上であることが好ましい。本開示によると、ヘッドマウントディスプレイ等の光学系に適用した際の視野角を効果的に拡大できる高い屈折率 n_d を有するガラス 10 が得られる。

[0075] 本開示の第 3 態様に係るガラス 10 は、第 1 態様または第 2 態様に係るガラス 10 であって、厚み方向に波長 543 nm の光を照射することで測定したリタデーションが 40 nm/cm 以下であることが好ましい。本開示によると、ヘッドマウントディスプレイ等の光学系にガラス 10 を適用した場合に、リタデーションに起因する表示画像の歪みを抑制できる。

[0076] 本開示の第 4 態様に係るガラス 10 は、第 1 態様から第 3 態様のいずれかに係るガラス 10 であって、レーザー干渉計で測定する主表面の波面収差の RMS 値が 0.7 λ 以下であることが好ましい。本開示によると、ヘッドマウントディスプレイ等の光学系にガラス 10 を適用した場合に、波面収差に起因する表示画像のぼけ、歪みを抑制できる。

[0077] 本開示の第 5 態様に係るガラス 10 は、第 1 態様から第 4 態様のいずれかに係るガラス 10 であって、主表面の外周に 1 か所以上の平坦部 14 を有することが好ましい。本開示によると、平坦部 14 を、位置決めの基準面又は把持面として機能させることができる。これにより、たとえば平坦部 14 を有さず外周全体が曲面となる場合と比べて、ガラス 10 の加工、検査、組付けにおいてガラス 10 を保持する際のガラス 10 の位置精度が向上する。

[0078] 本開示の第 6 態様に係るガラス 10 は、第 1 態様から第 5 態様のいずれかに係るガラス 10 であって、端面 12 の表面粗さ R_a が 5 nm 以上であることが好ましい。本開示によると、端面 12 における光を乱反射させることができる。その結果、ガラス 10 を導光板として用いる場合に、ガラス 10 内

を導光された光が端面 1 2 において正反射することに起因する輝線などの光ノイズを抑制できる。

[0079] 本開示の第 7 態様に係るガラス 1 0 は、第 1 態様から第 6 態様のいずれかに係るガラス 1 0 であって、端面 1 2 が黒色に塗装されていることが好ましい。本開示によると、端面 1 2 の光吸収率を高めることで、端面 1 2 における光の反射を抑制できる。これにより、ガラス 1 0 を導光板として用いる場合に、ガラス 1 0 内を導光された光が端面 1 2 における正反射することに起因する輝線などの光ノイズを抑制できる。

[0080] 本開示の第 8 態様に係るガラス 1 0 は、第 1 態様から第 7 態様のいずれかに係るガラス 1 0 であって、主表面 1 1 a、1 1 b の面積が 40 cm^2 以下であることが好ましい。本開示によると、ヘッドマウントディスプレイに適用するのに適したサイズのガラス 1 0 が得られる。また、ガラス 1 0 の面積が過剰に大きくならないことにより、ガラス 1 0 の形状ばらつきを容易かつ効果的に抑制できる。

[0081] 本開示の第 9 態様に係るガラス 1 0 は、第 1 態様から第 8 態様のいずれかに係るガラス 1 0 であって、厚み t が 1.5 mm 以下であることが好ましい。本開示によると、厚み t が大きくなる程、形状誤差が生じやすいので、厚み t をこの範囲とすることによって、高い形状精度のガラス 1 0 が得られる。

[0082] 本開示の第 1 0 態様に係るガラス 1 0 は、第 1 態様から第 9 態様のいずれかに係るガラス 1 0 であって、曲面部 1 3 における曲率半径 R の平均値に対する変化率が 200% 以下、 70% 以上であることが好ましい。本開示によると、高い形状精度が得られるので、ガラス 1 0 の光学特性を効果的に向上できる。

[0083] 本開示の第 1 1 態様に係るガラスの製造方法は、曲面部 1 3 を有するガラス 1 0 を製造する方法であって、ガラス母板 3 0 を加熱し（工程 S 1 0）、加熱されたガラス母板 3 0 に外力を付与して、ガラス母板 3 0 の周辺部の少なくとも一部に、曲率半径 10000 mm 以下の曲面部 1 3 を形成し（工程

S 1 4)、屈折率 n_d が1.77以上であり、波長460nmの光に対する厚み10mmの内部透過率が、89%以上であり、厚み偏差が最大厚みの1%以下であるガラス10を得る。本開示によると、ヘッドマウントディスプレイにおける視野角拡大に適した高屈折率と、画像表示に適した低い光損失を実現する高透過率を有するガラス10が得られる。そして、厚み偏差を最大厚みの1%以下に収めることにより、厚み分布のばらつきを抑制できる。その結果、高屈折率を有するガラス10に曲面部13を形成する場合でも、光学特性の低下を抑制できる。

[0084] 本開示の第12態様に係るガラス10の製造方法は、第11態様に係るガラス10の製造方法であって、ガラス母板30は、ガラス転移点 T_g と軟化点の温度差が、150℃以下であることが好ましい。本開示によると、ヘッドマウントディスプレイの視野角を拡大するのに好適な高い屈折率 n_d を得ることができる。一方、粘度の温度変化が大きいと形状精度が得にくくなるが、厚み偏差を最大厚みの1%以下に抑えることにより、粘性の変化が大きい高屈折率 n_d のガラス母板30からでも、光学特性の低下を抑制可能な高い形状精度および均一性を有するガラス10が得られる。

[0085] 本開示の第13態様に係るガラス10の製造方法は、第11態様または第12態様に係るガラス10の製造方法であって、ガラス母板30を加熱する際（工程S10）に、成型型51にガラス母板30を配置した状態で、成型型51の周囲に配置したヒーター55からの輻射加熱により、ガラス母板30を成型型51とともに加熱することが好ましい。本開示によると、接触熱伝達による加熱と比べて、輻射加熱によって成型型51の温度均一性を向上できるので、ガラス母板30および成型型51の温度ばらつきを効果的に低減できる。温度ばらつきが低減される結果、ガラス母板30の粘性ばらつきが低減されるので、ガラス10の形状精度および均一性を効果的に向上できる。

[0086] 本開示の第14態様に係るガラス10の製造方法は、第13態様に係るガラス10の製造方法であって、成型型51の温度を監視し、温度が設定温度

に到達したことに基づいて、加熱を停止する（工程 S 1 2）ことが好ましい。本開示によると、成形型 5 1 の温度を確実に設定温度にできるので、成形型 5 1 および内部のガラス母板 3 0 の温度ばらつきを効果的に抑制できる。

[0087] 本開示の第 1 5 態様に係るガラス 1 0 の製造方法は、第 1 4 態様に係るガラス 1 0 の製造方法であって、成形型 5 1 は、第 1 型 5 2 と第 1 型 5 2 が嵌合する第 2 型 5 3 とを含み、加熱を停止する際（工程 S 1 2）に、設定温度に到達した時の第 1 型 5 2 および第 2 型 5 3 の温度差を 6 0℃以下とすることが好ましい。本開示によると、第 1 型 5 2 および第 2 型 5 3 の温度差を低減させることにより、ガラス母板 3 0 の温度ばらつきを更に効果的に抑制できる。

[0088] 本開示の第 1 6 態様に係るガラス 1 0 の製造方法は、第 1 1 態様から第 1 5 態様のいずれかに係るガラス 1 0 の製造方法であって、ガラス母板 3 0 を加熱する際（工程 S 1 0）に、6 0℃／分以下の昇温速度で加熱することが好ましい。本開示によると、昇温速度を低くすることで、成形型 5 1 および内部のガラス母板 3 0 の温度ばらつきを効果的に抑制できる。

[0089] 本開示の第 1 7 形態に係るガラス 1 0 の製造方法は、第 1 1 態様から第 1 6 態様のいずれかに係るガラス 1 0 の製造方法であって、ガラス母板 3 0 をリヒート曲げする際に、バッチ式成形装置によりバッチ処理で行なうことが好ましい。本開示によると、1 ショット毎の成形温度の精密な制御が可能であり、高い形状精度を得ることができる。

[0090] 本開示の第 1 8 形態に係るガラス 1 0 の製造方法は、第 1 7 態様に係るガラス 1 0 の製造方法であって、バッチ式成形装置は成形型 5 1 とヒーター 5 5 とを含み、成形型 5 1 には温度センサ（5 4 a、5 4 b）が挿入されており、プレス成形時のヒーター 5 5 の設定温度に対する成形型 5 1 の温度差が、±3 度以下であることが好ましい。本開示によると、成形型 5 1 およびガラス母板 3 0 の温度ばらつきをより一層効果的に抑制できる。

[0091] （実施例）

次に、実施例について説明する。なお、発明の効果を奏する限りにおいて

実施態様を変更しても構わない。表 1 は、各例のガラスの製造に用いたガラス母板の組成及び物理特性を示す表である。

[0092] [表1]

(表1)

		硝材X (例1,例2)	硝材Y (例3,例4)	硝材A (例5,例6)	硝材B (例7,例8)	硝材C (例9,例10)
SiO ₂		6.0	69.6	7.19	15.12	8.78
Al ₂ O ₃			12.6	1.46	0.35	
B ₂ O ₃		11.6		9.38	4.77	12.53
Li ₂ O			4			
Na ₂ O			5.1		4.07	
K ₂ O			1.6		1.92	
CaO			0.5		3.71	
MgO			4.6			
ZrO ₂		5.0	2	3.5	5.42	5.99
SnO ₂						
Y ₂ O ₃		6.2				8.18
TiO ₂		13.1		10.22	22.52	
WO ₃		0.3		0.68		
La ₂ O ₃		50.5		38.36		50.48
Nb ₂ O ₅		7.3		10.72	8.88	3.87
BaO				14.42	33.24	0.47
ZnO				4.08		
Gd ₂ O ₃						9.7
特性	ρ (g/cm ³)	4.81	2.45	4.66	3.9	4.57
	Tg	705	532	654	594	697
	軟化点	800	782	763	718	785
	E(GPa)	134	84	112	98	120

[0093] (例 1)

例 1 においては、表 1 の「硝材 X」に示す組成で、ガラス母板を作製した。ガラス母板は、厚み 1.0 mm、幅 34 mm、長さ 65 mm の平板形状とした。

- [0094] 曲率半径 1 5 0 m m、曲げ深さ 5 m m の、長辺方向に 1 軸曲げ屈曲面を有するデザイン形状のガラスが成形できるように設計されたカーボン製の凸型（第 1 型）及び凹型（第 2 型）を準備し、凹型の成形面中央付近に、面取りしたガラス母板を載置した。
- [0095] ガラス母板を載置した凹型と凸型とが、成形装置（芝浦機械（旧東芝機械）株式会社製、ガラス素子成形装置：G M P - 3 1 5 V）の下軸と上軸とにそれぞれ固定された状態で、ガラス母板を加熱、変形および冷却した。
- [0096] このうち加熱工程は、設定温度を 7 1 0 ° C にし、凸型および凹型の各々が設定温度に到達した時点で加熱を停止した。開始温度（2 5 ° C）から設定温度（7 1 0 ° C）まで 2 0 分間で昇温した。昇温速度は 5 0 ° C / 分以下の範囲で制御した。
- [0097] 凹型を上方に移動し、凸型を最大 0 . 5 k N で押圧した。加圧力が設定値（0 . 5 k N）に達した時点から 3 0 秒経過後に加圧を終了した。その間、凸型に設けられた貫通孔から 2 0 L / m i n の窒素ガスを吹き込んでガラス板が均一に成形されるようにした。
- [0098] 次に、1 0 0 ° C まで 2 8 分かけて徐冷した。次に、凹型を降下させ、退避させ、ガラス母板を室温まで放冷して、ガラスを得た。
- [0099] （例 2）
- 例 2 において、例 1 と同じガラス母板（硝材 X）を、異なる成形方法で成形した。例 2 では、連続式成形装置（SHENZHEN HUANQIUTONGCHUANG MACHINERY CO., LTD. 製 J M 2 0 0 0）により曲げ成形して、ガラスを得た。連続式成形装置は、凸型（上型）の上面を保持する可動式の上型プレートと、凹型（下型）の下面を保持する下型プレートとに、それぞれロッドヒーターが内蔵されており、加熱された上型プレートおよび下型プレートから、接触熱伝達によって、凸型と凹型とがそれぞれ加熱される。凹型に設置されたガラス母板は、加熱された凹型との接触箇所を介して、接触熱伝達によって加熱される。凸型（上型）および凹型（下型）の構造は、例 1 と同様である。
- [0100] 連続式成形装置はチャンバを備えており、チャンバの内部には取入口から

取出口にかけて第 1 ～第 6 の予熱ゾーンと、第 1 ～第 3 の加熱ゾーンと第 1 ～第 3 の徐冷ゾーンと、第 1 ～第 4 の水冷ゾーンとが設けられている。各ゾーンには凸型（上型）および凹型（下型）を各々支持するステージが設けられている。

各ゾーンにおけるロッドヒーターの温度および加圧圧力、チャンバ内の合計滞在時間は以下の表 2 の通りである。

[0101]

[表2]

(表2)

	ヒータ—設定温度 上側[°C]/下側[°C]				加圧圧力 [MPa]	チャンバ内 合計滞在 時間[分]
	硝材X(例2)	硝材Y(例4)	硝材A(例6)	硝材B(例8)	硝材C(例10)	
第1の予熱ゾーン	470/470	410/470	480/540	460/460	550/550	2
第2の予熱ゾーン	550/550	450/510	520/580	500/500	590/590	4
第3の予熱ゾーン	620/620	530/590	600/660	580/580	670/670	6
第4の予熱ゾーン	680/680	590/650	660/720	640/640	730/730	8
第5の予熱ゾーン	740/740	620/680	690/750	660/660	750/750	10
第6の予熱ゾーン	780/780	640/700	710/770	680/680	770/770	12
第1の加熱ゾーン	770/770	620/680	690/750	670/670	760/760	14
第2の加熱ゾーン	720/720	540/600	610/670	580/580	670/670	16
第3の加熱ゾーン	650/650	500/560	570/630	540/540	630/630	18
第1の徐冷ゾーン	550/550	400/460	470/530	430/430	520/520	20
第2の徐冷ゾーン	450/450	320/380	390/450	360/360	450/450	22
第3の徐冷ゾーン	350/350	220/280	290/350	260/260	350/350	24
第1の水冷ゾーン						26
第2の水冷ゾーン						28
第3の水冷ゾーン						30
第4の水冷ゾーン						32

[0102] 第1～第6の予熱ゾーンと、第1～第3の加熱ゾーンと第1～第3の徐冷

ゾーンと、第1～第4の水冷ゾーンにおける上側ヒーターは、ピストン軸によって昇降可能に構成され、成形型を上からプレスする構造になっている。

プレス成形の事前準備として、チャンバの下側ヒーターおよび上側ヒーターの電源をオンにして各ゾーンを加熱するとともに、不活性雰囲気にしておく。

そして、ガラス母板セットした成形型を図示しない搬送機構がチャンバに搬送し、各ゾーン内に所定時間ずつ位置させる。

初めに、第1～第6の予熱ゾーンにおいて成形型を予熱し、ガラス母板をプレス成形可能な温度まで軟化させる。

そのあと、第1～第3の加熱ゾーンにおいて、加圧力を上げることで、ガラス母板を所望の形状に成形させる。

そのあとに、第1～第3の徐冷ゾーンにおいて、成形型および成形されたガラスを徐冷して、最後に第1～第4の水冷ゾーンにおいてガラスが室温になるまで冷却し、チャンバから取り出す。

[0103] (例3および例4)

例3では、ガラス母板の組成条件および成形温度以外は例1と同じ方法でガラスを得た。例3では、ガラス母板の組成の相違に応じて、成形温度を610℃とした。例3のガラス母板の組成は、表1の「硝材Y」に示す。例3のガラス母板（硝材Y）は、例1のガラス母板（硝材X）と比較して、屈折率 n_d が低い。例4では、例3と同じガラス母板（硝材Y）を、成形温度を680℃とし、成形温度以外は例2と同じ方法で成形してガラスを得た。

[0104] (例5および例6)

例5では、ガラス母板の組成条件および成形温度以外は例1と同じ方法でガラスを得た。例5では、ガラス母板の組成の相違に応じて、成形温度を643℃とした。例5のガラス母板の組成は、表1の「硝材A」に示す。例5のガラス母板（硝材A）は、例1のガラス母板（硝材X）と比較して、屈折率 n_d が低い、例3のガラス母板（硝材Y）と比較して、高い。例6では、例5と同じガラス母板（硝材A）を、成形温度を770℃とし、成形温度以

外は例 2 と同じ方法で成形してガラスを得た。

[0105] (例 7 および例 8)

例 7 では、ガラス母板の組成条件および成形温度以外は例 1 と同じ方法でガラスを得た。例 7 では、ガラス母板の組成の相違に応じて、成形温度を 613℃とした。例 7 のガラス母板の組成は、表 1 の「硝材 B」に示す。例 5 のガラス母板（硝材 B）は、例 1 のガラス母板（硝材 X）と比較して、屈折率 n_d が低い、例 3 のガラス母板（硝材 Y）と比較して、高い。例 8 では、例 7 と同じガラス母板（硝材 B）を、成形温度を 680℃とし、成形温度以外は例 2 と同じ方法で成形してガラスを得た。

[0106] (例 9 および例 10)

例 9 では、ガラス母板の組成条件および成形温度以外は例 1 と同じ方法でガラスを得た。例 9 では、ガラス母板の組成の相違に応じて、成形温度を 675℃とした。例 9 のガラス母板の組成は、表 1 の「硝材 C」に示す。例 9 のガラス母板（硝材 C）は、例 1 のガラス母板（硝材 X）と比較して、屈折率 n_d が低い、例 3 のガラス母板（硝材 Y）と比較して、高い。例 10 では、例 9 と同じガラス母板（硝材 C）を、成形温度を 770℃とし、成形温度以外は例 2 と同じ方法で成形してガラスを得た。

[0107] (測定項目)

表 3 は、各例の成形条件及び測定項目毎の測定結果を示す表である。例 1 ～例 10 で得られた各ガラスについて、表 3 に示す各測定項目の測定を下記のように行った。

[0108] ガラスの板厚偏差を、マルチカラー共焦点方式レーザー変位計（株式会社キーエンス製 CL-P030）を用いて、本実施形態で説明した方法により測定した。

ガラスの曲率半径 R の変化率を、マルチカラー共焦点方式レーザー変位計（株式会社キーエンス製 CL-P030）を用いて、本実施形態で説明した方法により測定した。

ガラスのリタデーションを、Photonic Lattice 社製 WP

A-200を用いて、厚み方向に波長543 nmの光を照射することにより測定した。

ガラスの屈折率 n_d を、分光エリプソメトリー法（J.A.Woollam Co., Inc.; M-2000 DI）により測定した。

ガラスの波面収差を、レーザー干渉計（Zygo社製、Verifire）により測定した。用いたレーザーはHe-Neレーザーであり波長が633 nmである。

[0109]

[表3]

(表3)

	例1	例2	例3	例4	例5	例6	例7	例8	例9	例10
硝材	硝材X	硝材X	硝材Y	硝材Y	硝材A	硝材A	硝材B	硝材B	硝材C	硝材C
成形装置	バッチ式	連続式	バッチ式	連続式	バッチ式	連続式	バッチ式	連続式	バッチ式	連続式
成形温度[°C] (最高設定温度)	710	770	610	680	643	770	613	680	675	770
成形時間[min]	0.5	120	0.5	120	0.75	120	0.75	120	0.75	120
加圧力[kN]	0.5	0.25	0.5	0.25	1	0.25	1	0.25	1	0.25
屈折率nd (波長596nm)	1.96	1.96	1.52	1.52	1.9	1.9	1.85	1.85	1.8	1.8
板厚偏差[%]	0.25	4.79	0.26	0.85	0.30	0.47	0.15	0.90	0.27	0.45
曲率半径変化率 (R>平均値)[%]	182	236	170	136	134	156	126	157	145	138
曲率半径変化率 (R<平均値)[%]	86	11	84	27	79	50	82	29	74	28
リタレーション [nm/cm]	14	43	12	32	19	44	18	90	18	60
波面収差 (PV値)[λ]	1.3	2.0	0.4	1.3	2.3	8.9	2.0	10.0	1.6	2.7
波面収差 (RMS)[λ]	0.7	1.5	0.2	0.7	0.3	1.0	0.3	1.3	0.2	0.4

[0110] (測定結果)

各測定項目の測定結果を表3に示す。なお、例1および例2のガラス（硝材X）の屈折率 n_d は1.96であった。例3および例4のガラス（硝材Y）の屈折率 n_d は1.52であった。例5および例6のガラス（硝材A）の屈折率 n_d は1.9であった。例7および例8のガラス（硝材B）の屈折率 n_d は1.85であった。例9および例10のガラス（硝材C）の屈折率 n_d は1.8であった。なお、表3において、曲率半径Rの変化率について、最大となる測定値の平均値に対する比率を（ $R > \text{平均値}$ ）の項目で示し、最小となる測定値の平均値に対する比率を（ $R < \text{平均値}$ ）の項目で示した。なお、例1から例10の各ガラスの内部透過率（波長460nm）は、いずれも、厚さ10mm換算で89%以上である。

[0111] （評価）

例1、例5、例7、例9では、屈折率 n_d が1.77以上であり、内部透過率が、89%以上となるガラスに、曲率半径10000mm以下の曲面部を形成しても、板厚偏差が最大厚みの1%以下に収められているため、高屈折率の硝材Xに曲面部を形成する場合でも光学特性の低下が抑制できる。一方、例2では、高屈折率の硝材Xに曲面部を形成しても板厚偏差が最大厚みの1%を超えているため、光学特性の低下が抑制できない。例2と例4、例6、例8、例10との比較から、屈折率 n_d が板厚偏差などの形状精度に大きく影響することが分かる。さらに例1と例3、例5、例7、例9との比較より、高屈折率の相違にも関わらず、板厚偏差などの形状精度が維持されていることから、高屈折率の硝材に本実施形態のガラスの製造方法が好適であることが分かる。なお、例3および例4では、板厚偏差を最大厚みの1%以下に収められているものの、屈折率 n_d が1.77未満であるため、屈折率の点で所望の光学特性は得られない。

[0112] 以上、本発明の実施形態を説明したが、この実施形態の内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さ

らに、前述した実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

符号の説明

- [0113] 1 0 ガラス
- 1 1 a、1 1 b 主表面
- 1 2 端面
- 1 3 曲面部
- 1 4 平坦部
- 5 1 成形型
- 5 2 第1型
- 5 3 第2型
- 5 5 ヒーター

請求の範囲

- [請求項1] 屈折率 n_d が 1.77 以上であり、
波長 460 nm の光に対する厚み 10 mm の内部透過率が、89 %
以上であり、
周辺部の少なくとも一部に、曲率半径 10000 mm 以下の曲面部
を有し、
厚み偏差が最大厚みの 1 % 以下である、
ガラス。
- [請求項2] 屈折率 n_d が 1.80 以上である、請求項 1 に記載のガラス。
- [請求項3] 厚み方向に波長 543 nm の光を照射することで測定したリタデー
ションが 40 nm/cm 以下である、請求項 1 に記載のガラス。
- [請求項4] レーザー干渉計で測定する主表面の波面収差の RMS 値が 0.7 λ
以下である、請求項 1 に記載のガラス。
- [請求項5] 主表面の外周に 1 か所以上の平坦部を有する、請求項 1 に記載のガ
ラス。
- [請求項6] 端面の表面粗さ R_a が 5 nm 以上である、請求項 1 ～ 5 のいずれか
1 項に記載のガラス。
- [請求項7] 端面が黒色に塗装されている、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載
のガラス。
- [請求項8] 主表面の面積が 40 cm² 以下である、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1
項に記載のガラス。
- [請求項9] 厚みが 1.5 mm 以下である、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載
のガラス。
- [請求項10] 前記曲面部における曲率半径の平均値に対する変化率が 200 % 以
下、70 % 以上である、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載のガラス
。
- [請求項11] 曲面部を有するガラスを製造する方法であって、
ガラス母板を加熱し、

加熱された前記ガラス母板に外力を付与して、前記ガラス母板の周辺部の少なくとも一部に、曲率半径 1 0 0 0 0 m m 以下の前記曲面部を形成し、

屈折率 n_d が 1 . 7 7 以上であり、

波長 4 6 0 n m の光に対する厚み 1 0 m m の内部透過率が、8 9 % 以上であり、

厚み偏差が最大厚みの 1 % 以下である、前記ガラスを得る、
ガラスの製造方法。

[請求項12] 前記ガラス母板は、ガラス転移点と軟化点の温度差が 1 5 0 °C 以下である、

請求項 1 1 に記載のガラスの製造方法。

[請求項13] 前記ガラス母板を加熱する際に、成型型に前記ガラス母板を配置した状態で、前記成型型の周囲に配置したヒーターからの輻射加熱により、前記ガラス母板を前記成型型とともに加熱する、請求項 1 1 に記載のガラスの製造方法。

[請求項14] 前記成型型の温度を監視し、前記温度が設定温度に到達したことに基づいて、加熱を停止する、請求項 1 3 に記載のガラスの製造方法。

[請求項15] 前記成型型は、第 1 型と、前記第 1 型が嵌合する第 2 型とを含み、
加熱を停止する際の、前記設定温度に到達した時の前記第 1 型および前記第 2 型の温度差を 6 0 °C 以下とする、請求項 1 4 に記載のガラスの製造方法。

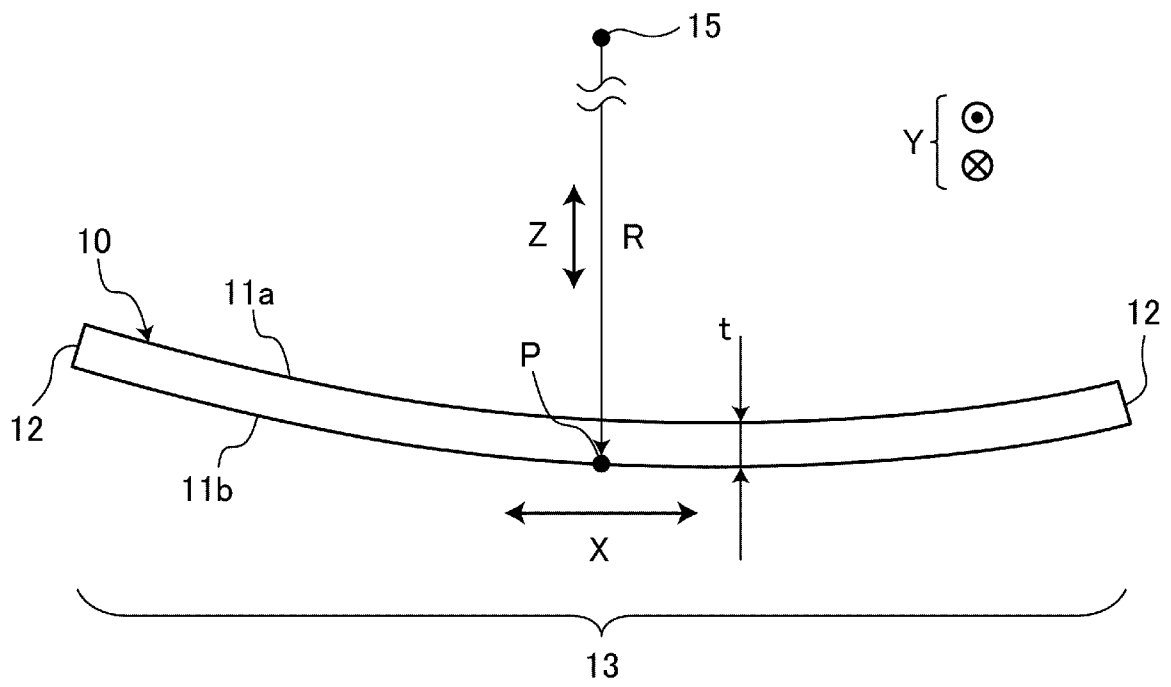
[請求項16] 前記ガラス母板を加熱する際に、6 0 °C / 分以下の昇温速度で加熱する、請求項 1 1 から 1 5 のいずれか 1 項に記載のガラスの製造方法。

[請求項17] 前記ガラス母板は、バッチ式成形装置によって成形される、請求項 1 1 に記載のガラスの製造方法。

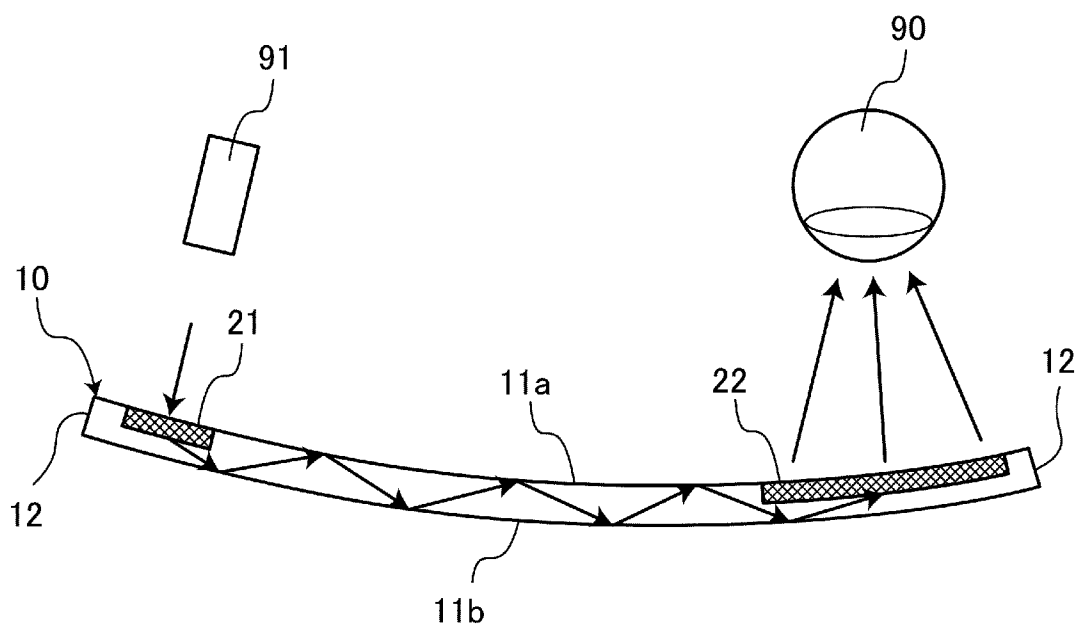
[請求項18] 前記バッチ式成形装置は成型型とヒーターとを含み、
前記成型型には温度センサが挿入されており、

プレス成形時の前記ヒーターの設定温度に対する前記成形型の温度差が、 ± 3 度以下であることを特徴とする、請求項 17 に記載のガラスの製造方法。

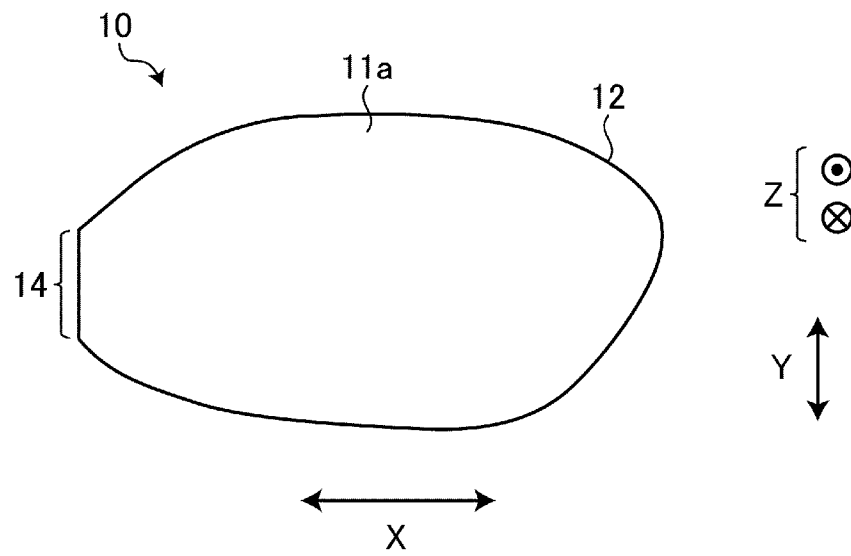
[図1]



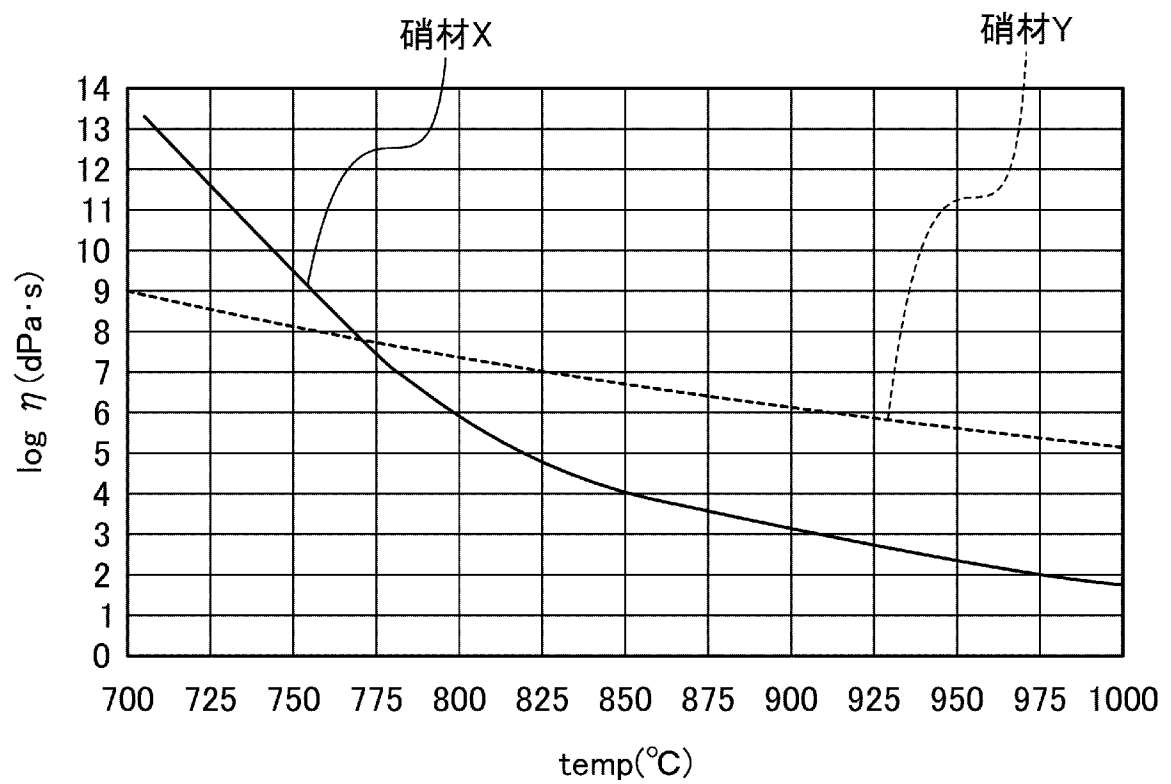
[図2]



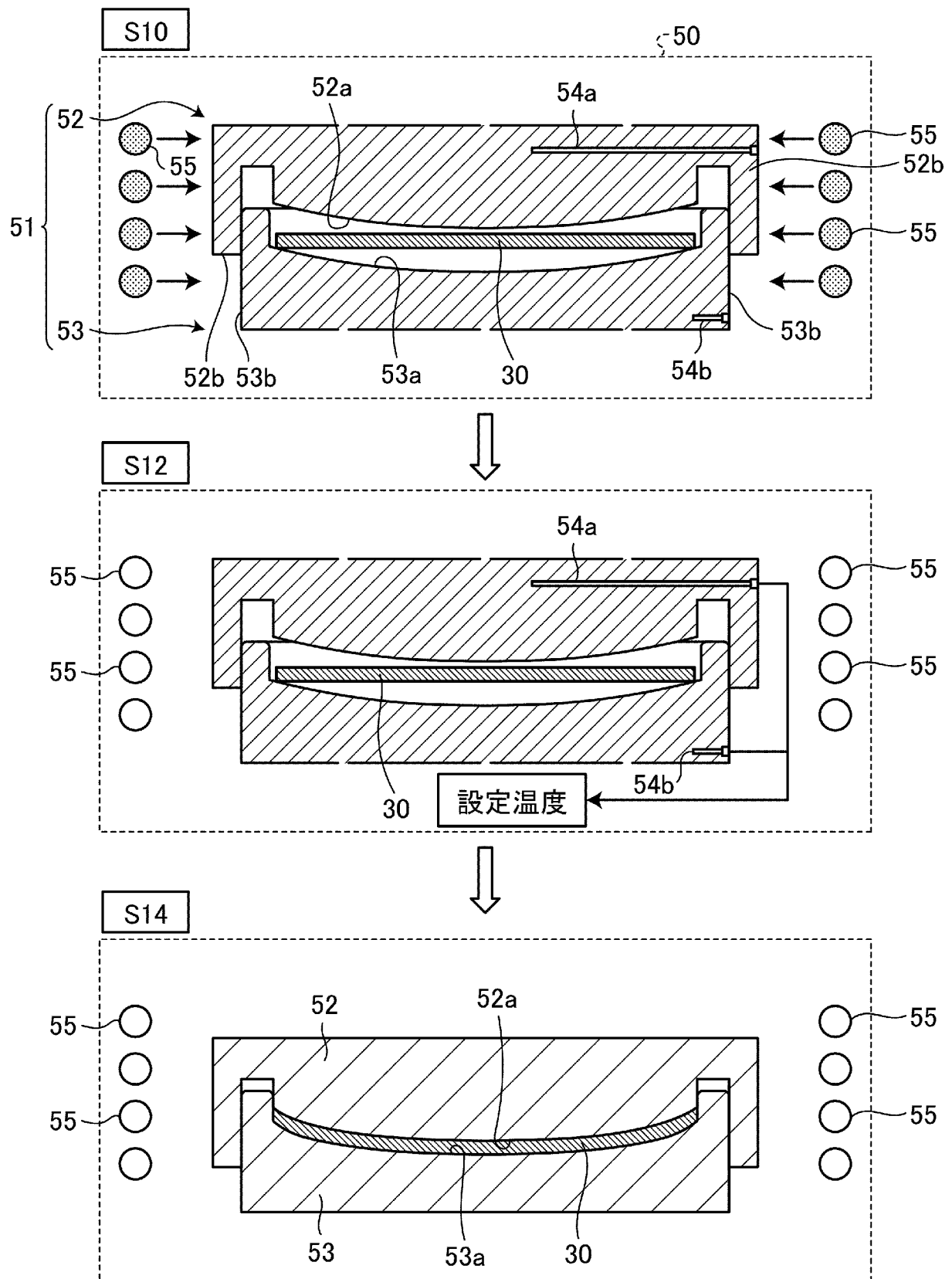
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/019627

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C03B 23/023</i> (2006.01)i; <i>C03C 3/064</i> (2006.01)i; <i>C03C 3/068</i> (2006.01)i; <i>C03C 3/14</i> (2006.01)i; <i>C03C 3/15</i> (2006.01)i; <i>C03C 3/155</i> (2006.01)i; <i>C03C 3/19</i> (2006.01)i; <i>G02B 6/00</i> (2006.01)i; <i>G02B 27/02</i> (2006.01)i FI: C03B23/023; C03C3/064; C03C3/068; C03C3/14; C03C3/15; C03C3/155; C03C3/19; G02B6/00 301; G02B27/02 Z 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) C03B23/00-35/26; C03B40/00-40/04; C03C1/00-14/00; G02B6/00; G02B6/02; G02B6/245-6/25; G02B6/46-6/54; G02B27/00-30/60 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) SPIE Digital Library		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2021/220581 A1 (AGC INC.) 04 November 2021 (2021-11-04) paragraphs [0002], [0105], [0106], [0109]-[0112], [0114], [0146], [0150], [0166]-[0167], [0173]-[0177], table 1	1-18
Y	KALININA, Anastasiia et al. Wide-field-of-view augmented reality eyeglasses using curved wedge waveguide. Proc. SPIE. 14 April 2020, vol. 11350, pp. 1135005-1 to 1135005-8, DOI: 10.1117/12.2559320 abstract, 2.2 Wavguide shape influence on the FOV, Pic. 3	1-18
Y	WO 2021/182598 A1 (MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION) 16 September 2021 (2021-09-16) paragraphs [0001]-[0002], [0076]	3, 6-10
Y	JP 2012-003040 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 05 January 2012 (2012-01-05) paragraphs [0001], [0060]-[0061]	6-10
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 11 July 2024		Date of mailing of the international search report 23 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/019627

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2022-532688 A (LUMUS LTD.) 19 July 2022 (2022-07-19) paragraphs [0001], [0015], [0043]-[0044]	6-10
Y	JP 08-119643 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 14 May 1996 (1996-05-14) paragraphs [0001], [0016]-[0017], fig. 2	11-18
A	WO 2022/059355 A1 (AGC INC.) 24 March 2022 (2022-03-24) entire text	1-18
A	WO 2017/018375 A1 (NIPPON ELECTRIC GLASS CO., LTD.) 02 February 2017 (2017-02-02) entire text	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/019627

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/220581	A1	04 November 2021	US 2023/0048986 A1 paragraphs [0003], [0114]- [0115], [0121], [0123], [0155], [0159], [0175]-[0186], table 1 DE 112021002571 T CN 115443255 A KR 10-2023-0008048 A TW 202142507 A	
WO	2021/182598	A1	16 September 2021	US 2023/0014434 A1 paragraphs [0001]-[0002], [0194]-[0195] EP 4120005 A1 CN 115244449 A KR 10-2022-0155570 A TW 202138873 A JP 2024-52861 A	
JP	2012-003040	A	05 January 2012	US 2011/0310491 A1 paragraphs [0002], [0075]- [0076]	
JP	2022-532688	A	19 July 2022	US 2021/0165231 A1 paragraphs [0002], [0015], [0055]-[0056] WO 2020/225747 A1 EP 3966623 A1 CN 113439230 A TW 202043855 A KR 10-2022-0003503 A IL 285571 A	
JP	08-119643	A	14 May 1996	(Family: none)	
WO	2022/059355	A1	24 March 2022	US 2023/0250011 A1 whole document DE 112021004891 T CN 116323506 A KR 10-2023-0068386 A TW 202212283 A	
WO	2017/018375	A1	02 February 2017	US 2018/0217317 A1 whole document EP 3330754 A1 CN 107850725 A KR 10-2018-0033577 A KR 10-2023-0093371 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

C03B 23/023(2006.01)i; C03C 3/064(2006.01)i; C03C 3/068(2006.01)i; C03C 3/14(2006.01)i;
C03C 3/15(2006.01)i; C03C 3/155(2006.01)i; C03C 3/19(2006.01)i; G02B 6/00(2006.01)i;
G02B 27/02(2006.01)i
FI: C03B23/023; C03C3/064; C03C3/068; C03C3/14; C03C3/15; C03C3/155; C03C3/19; G02B6/00 301;
G02B27/02 Z

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（IPC））

C03B23/00-35/26; C03B40/00-40/04; C03C1/00-14/00; G02B6/00; G02B6/02; G02B6/245-6/25; G02B6/46-6/54;
G02B27/00-30/60

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1971-2024年
日本国実用新案登録公報1996-2024年
日本国登録実用新案公報1994-2024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）

SPIE Digital Library

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
Y	WO 2021/220581 A1 (AGC株式会社) 04.11.2021 (2021-11-04) 段落[0002], [0105], [0106], [0109]-[0112], [0114], [0146], [0150], [0166]-[0167], [0173]-[0177], 表1	1-18
Y	KALININA, Anastasiia et al., Wide-field-of-view augmented reality eyeglasses using curved wedge waveguide, Proc. SPIE, 14.04.2020, Vol. 11350, pp. 1135005-1-1135005-8, DOI: 10.1117/12.2559320 ABSTRACT, 2.2 Waveguide shape influence on the FOV, Pic. 3	1-18
Y	WO 2021/182598 A1 (三菱ケミカル株式会社) 16.09.2021 (2021-09-16) 段落[0001]-[0002], [0076]	3, 6-10
Y	JP 2012-003040 A (セイコーエプソン株式会社) 05.01.2012 (2012-01-05) 段落[0001], [0060]-[0061]	6-10

☒ 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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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抵触するものではなく、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
11.07.2024

国際調査報告の発送日
23.07.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

若土 雅之 4T 3774

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
Y	JP 2022-532688 A (ルーマス リミテッド) 19.07.2022 (2022 - 07 - 19) 段落[0001], [0015], [0043]-[0044]	6-10
Y	JP 08-119643 A (キヤノン株式会社) 14.05.1996 (1996 - 05 - 14) 段落[0001], [0016]-[0017], 図2	11-18
A	WO 2022/059355 A1 (AGC株式会社) 24.03.2022 (2022 - 03 - 24) 全文	1-18
A	WO 2017/018375 A1 (日本電気硝子株式会社) 02.02.2017 (2017 - 02 - 02) 全文	1-18

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/019627

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2021/220581	A1	04.11.2021	US	2023/0048986	A1	paragraphs [0003], [0114]-[0115], [0121], [0123], [0155], [0159], [0175]-[0186], TABLE 1
				DE	112021002571	T	
				CN	115443255	A	
				KR	10-2023-0008048	A	
				TW	202142507	A	

WO	2021/182598	A1	16.09.2021	US	2023/0014434	A1	paragraphs [0001]-[0002], [0194]-[0195]
				EP	4120005	A1	
				CN	115244449	A	
				KR	10-2022-0155570	A	
				TW	202138873	A	
				JP	2024-52861	A	

JP	2012-003040	A	05.01.2012	US	2011/0310491	A1	paragraphs [0002], [0075]-[0076]

JP	2022-532688	A	19.07.2022	US	2021/0165231	A1	paragraphs [0002], [0015], [0055]-[0056]
				WO	2020/225747	A1	
				EP	3966623	A1	
				CN	113439230	A	
				TW	202043855	A	
				KR	10-2022-0003503	A	
				IL	285571	A	

JP	08-119643	A	14.05.1996	(ファミリーなし)			

WO	2022/059355	A1	24.03.2022	US	2023/0250011	A1	the whole document
				DE	112021004891	T	
				CN	116323506	A	
				KR	10-2023-0068386	A	
				TW	202212283	A	

WO	2017/018375	A1	02.02.2017	US	2018/0217317	A1	the whole document
				EP	3330754	A1	
				CN	107850725	A	
				KR	10-2018-0033577	A	
				KR	10-2023-0093371	A	
