

(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10月31日(31.10.2024)



(10) 国際公開番号

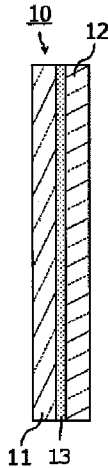
WO 2024/225086 A1

- (51) 国際特許分類:  
C03C 3/085 (2006.01) C03C 3/093 (2006.01)  
B60J 1/00 (2006.01) C03C 3/095 (2006.01)  
C03C 3/087 (2006.01) C03C 21/00 (2006.01)  
C03C 3/091 (2006.01) C03C 27/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/014902
- (22) 国際出願日: 2024年4月12日(12.04.2024)
- (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 2023-075162 2023年4月28日(28.04.2023) 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: 梶原 貴人 (KAJIHARA Takato);  
〒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). 澤村 茂輝 (SAWAMURA Shigeki);  
〒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). 長野 幹雄 (NAGANO Mikio);  
〒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: 弁理士法人栄光事務所 (EIKOH, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 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, 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,

(54) Title: GLASS, WINDOW GLASS FOR VEHICLES, GLASS FOR SENSORS, AND LAMINATED GLASS

(54) 発明の名称: ガラス、車両用窓ガラス、センサー用ガラス及び合わせガラス

[図3]



(57) Abstract: Provided is a glass having excellent fracture toughness and excellent bending moldability. This glass contains, in specific ranges as expressed in mol% based on oxides, components which are SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, SrO, BaO, Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>O, and RO (where RO represents at least one selected from MgO, CaO, SrO, and BaO, and R<sub>2</sub>O represents at least one selected from Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, and K<sub>2</sub>O).

(57) 要約: 優れた破壊靱性を有し、かつ、曲げ成形性に優れるガラスを提供する。酸化物基準のモル%表示で、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、CaO、SrO、BaO、Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、R<sub>2</sub>O及びROの各成分を特定範囲で含有する(ただし、ROはMgO、CaO、SrO、BaOから選ばれる少なくとも1種、R<sub>2</sub>OはLi<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oから選ばれる少なくとも1種である)、ガラス。

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)）

## 明 細 書

発明の名称：

ガラス、車両用窓ガラス、センサー用ガラス及び合わせガラス

### 技術分野

[0001] 本発明は、ガラス、車両用窓ガラス、センサー用ガラス及び合わせガラスに関する。

### 背景技術

[0002] 近年、車両用のガラスやLiDAR (Light Detection And Ranging) 等のセンサー用のカバーガラスなどのモビリティに用いられるガラスは、カーボンニュートラルの観点からライフサイクルを延長するために、高強度化が求められている。

[0003] ガラスの強度を向上させるには、例えば、ガラスのヤング率や破壊靱性を高めることが有効である（例えば、特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特表2019-529298号公報

特許文献2：日本国特表2019-536728号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、高いヤング率や破壊靱性を持つガラスは、粘性が高くなりやすい。そのため、このようなガラスは、車両用の窓ガラスやLiDARなどのセンサー用のカバーガラスなどの曲げ成形が必要な用途に対しては適していない。

[0006] 例えば、特許文献1に記載のガラスは、ヤング率が85GPa以上で破壊靱性値が $0.86\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上と高いものの、徐冷点が800℃以上と高い。また、特許文献2には、ウィンドシールドにも使用できる曲げ成形性に優れたガラスが開示されているが、ヤング率が70GPaと低い。

[0007] 本発明は、上記課題を鑑みて、優れた破壊靱性を有し、かつ、曲げ成形性に優れるガラス、車両用窓ガラス、センサー用ガラス及び合わせガラス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] 本発明者らは、特定の組成範囲を有するガラスとすることで上記の課題を解決できることを見出し、本発明を完成させた。

[0009] すなわち、本発明は以下の通りである。

[1] 酸化物基準のモル%表示で、

$\text{SiO}_2$  : 60~72%

$\text{Al}_2\text{O}_3$  : 3.0~9.0%

$\text{B}_2\text{O}_3$  : 0.0~4.0%

$\text{MgO}$  : 3.0~15%

$\text{CaO}$  : 0.0~5.0%

$\text{SrO}$  : 0.0~5.0%

$\text{BaO}$  : 0.0~2.0%

$\text{Li}_2\text{O}$  : 1.0~10%

$\text{Na}_2\text{O}$  : 6.0~16%

$\text{K}_2\text{O}$  : 0.0~3.0%

$\text{ZrO}_2$  : 0.0~1.0%

$\text{TiO}_2$  : 0.0~1.0%

$\text{Y}_2\text{O}_3$  : 0.0~1.0%

$\text{R}_2\text{O}$  : 11~25%

$\text{RO}$  : 7.0~20%

(ただし、 $\text{RO}$ は $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ から選ばれる少なくとも1種、 $\text{R}_2\text{O}$ は $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ から選ばれる少なくとも1種である)を含有するガラス。

[2] ヤング率が75GPa以上である、[1]に記載のガラス。

[3] SEPB法で測定される破壊靱性値 $K_{IC}$ が $0.76\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上

である、[2]に記載のガラス。

[4] 屈伏点が670℃以下である、[1]に記載のガラス。

[5] 下記式で算出されるH値とL値との比(H/L)が0.10以下である、[4]に記載のガラス。

$$H = [K_2O] + [CaO] + [SrO] + [BaO] + [ZrO_2] + [TiO_2] + [Y_2O_3]$$

$$L = [SiO_2] + [Al_2O_3] + [MgO] + [Li_2O] + [Na_2O]$$

(ただし、[]は、該括弧内の各成分の酸化物基準のモル%表示の含有量を意味する。)

[6] SEPB法で測定される破壊靱性値 $K_{Ic}$ が0.80MPa $\cdot$ m<sup>1/2</sup>以上である、[5]に記載のガラス。

[7] 表面粗さRaを5.0nm以下、厚みを2.5mmとしたとき、先端曲率半径200 $\mu$ m、頂角120°、重さ1.365gのタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が35km/h以上である、[1]に記載のガラス。

[8] 先端曲率半径200 $\mu$ m、頂角120°、重さ1.365gのタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が53km/h以上である、[1]に記載のガラス。

[9] 厚みが2.5mm以上である、[8]に記載のガラス。

[10] [1]～[9]のいずれか1つに記載のガラスを備える、車両用窓ガラス。

[11] [1]～[9]のいずれか1つに記載のガラスを備える、センサー用ガラス。

[12] 第1ガラス板と、第2ガラス板と、前記第1ガラス板と前記第2ガラス板の間に挟持される中間膜とを有し、

前記第1ガラス板が、[1]～[9]のいずれか1つに記載のガラスである、合わせガラス。

[13] 前記第1ガラス板の表面粗さRaを5.0nm以下、厚みを2.5

mmとし、前記第1ガラス板の面に先端曲率半径 $200\mu\text{m}$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365\text{g}$ のタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $35\text{km/h}$ 以上である、[12]に記載の合わせガラス。

[14] 前記第1ガラス板の面に、先端曲率半径 $200\mu\text{m}$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365\text{g}$ のタングステンカーバイド超硬合金を、衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $53\text{km/h}$ 以上である、[12]に記載の合わせガラス。

[15] 前記第1ガラス板、前記第2ガラス板、および前記中間膜の厚みの合計が $4.5\text{mm}$ 以上である、[14]に記載の合わせガラス。

[16] 前記第1ガラス板の厚み $t_1$ と、前記第2ガラス板の厚み $t_2$ との比( $t_1/t_2$ )が $1.5$ 以上である、[12]に記載の合わせガラス。

[17] 第1ガラス板と、第2ガラス板と、前記第1ガラス板と前記第2ガラス板の間に挟持される中間膜とを有し、

前記第1ガラス板及び前記第2ガラス板が、[1]～[9]のいずれか1つに記載のガラスである、合わせガラス。

[18] 前記第2ガラス板が、ソーダライムガラスである、[12]に記載の合わせガラス。

[19] 前記第2ガラス板が、アルミノシリケートガラスである、[12]に記載の合わせガラス。

[20] 前記第2ガラス板は、化学強化処理が施されている、[12]に記載の合わせガラス。

## 発明の効果

[0010] 本発明によれば、優れた破壊靱性を有し、かつ、曲げ成形性に優れるガラス、車両用窓ガラス、センサー用ガラス及び合わせガラスを提供できる。

## 図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、 $H/L$ と破壊靱性値との関係を示す図である。

[図2]図2は、 $H/L$ と密度との関係を示す図である。

[図3]図3は、本発明の一実施形態に係る合わせガラスの一例の断面図である。

[図4]図4は、本発明の一実施形態に係る合わせガラスが車両用の窓ガラスとして用いられた状態を表す概念図である。

[図5]図5は、図4におけるS部分の拡大図である。

[図6]図6は、図5のY-Y線における断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明を実施形態に基づいて、詳細に説明するが、本発明は本実施形態に限定されない。

また、以下の図面において、同じ作用を奏する部材・部位には同じ符号を付して説明することがあり、重複する説明は省略または簡略化することがある。また、図面に記載の実施形態は、本発明を明瞭に説明するために模式化されており、実際の製品のサイズや縮尺を必ずしも正確に表したものではない。

また、本明細書において、「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に記載される数値をそれぞれ最小値および最大値として含む範囲を示す。

[0013] <ガラス組成>

本実施形態は、酸化物基準のモル%表示で、

$\text{SiO}_2$  : 60～72%

$\text{Al}_2\text{O}_3$  : 3.0～9.0%

$\text{B}_2\text{O}_3$  : 0.0～4.0%

$\text{MgO}$  : 3.0～15%

$\text{CaO}$  : 0.0～5.0%

$\text{SrO}$  : 0.0～5.0%

$\text{BaO}$  : 0.0～2.0%

$\text{Li}_2\text{O}$  : 1.0～10%

$\text{Na}_2\text{O}$  : 6.0～16%

$K_2O$  : 0.0 ~ 3.0%

$ZrO_2$  : 0.0 ~ 1.0%

$TiO_2$  : 0.0 ~ 1.0%

$Y_2O_3$  : 0.0 ~ 1.0%

$R_2O$  : 11 ~ 25%

$RO$  : 7.0 ~ 20%

(ただし、 $RO$ は $MgO$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ 、 $BaO$ から選ばれる少なくとも1種、 $R_2O$ は $Li_2O$ 、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ から選ばれる少なくとも1種である)を含有するガラスを提供する。

[0014] 以下、本実施形態のガラスの具体的な実施形態を説明する。

なお、各成分の組成範囲は、以下、特にことわりがない場合、酸化物基準のモル%表示とする。また、各成分について「実質的に含有しない」とは、原料等から混入する不可避的不純物以外には含有しないこと、すなわち、意図的に含有させないことを意味する。

[0015]  $SiO_2$ は、ガラスの網目構造を構成する成分であり、本実施形態のガラスの必須成分である。本実施形態のガラスにおいて、 $SiO_2$ の含有量は60~72%である。本実施形態のガラスにおいて、 $SiO_2$ の含有量が60%以上であることにより、ガラスの構造が強固となり、ヤング率および破壊靱性値を高められる。加えて、ガラスの密度を低減しやすく、さらに、耐湿性や化学耐久性を確保できる。また、平均線膨張係数が大きくなることを抑制し、ガラスの熱割れを抑制できる。 $SiO_2$ の含有量は、63%以上が好ましく、64%以上がより好ましく、65%以上がさらに好ましく、66%以上が特に好ましく、67%以上が最も好ましい。

[0016] また、本実施形態のガラスにおいて、 $SiO_2$ の含有量が72%以下であることにより、ガラス溶融時の粘性の増加が抑制され、ガラス製造が容易となるほか、車両用ガラス、特にウィンドシールドや、センサー用のカバーガラス等の成形性が向上する。 $SiO_2$ の含有量は、71%以下が好ましく、70%以下がより好ましく、69%以下がさらに好ましく、68%以下が特に好

ましい。

- [0017]  $Al_2O_3$ は、ガラスの網目構造を構成する成分であり、本実施形態のガラスの必須成分である。本実施形態のガラスは、 $Al_2O_3$ を3.0~9.0%含有する。 $Al_2O_3$ が3.0%以上であることにより、ヤング率を高め得る。加えて、耐候性、耐湿性および化学耐久性が向上する。また、平均線膨張係数が大きくなりすぎずガラスの熱割れを抑制できるほか、イオン交換を用いた化学強化処理が可能となる。 $Al_2O_3$ の含有量は3.2%以上が好ましく、3.4%以上がより好ましく、3.6%以上がさらに好ましく、3.8%以上が特に好ましく、4.0%以上が最も好ましい。
- [0018] また、本実施形態のガラスにおいて、 $Al_2O_3$ が9.0%以下であることにより、ガラス溶融時の粘性が増加することを抑制し、曲げ成形性が向上するほか、車両用ガラス、特にウィンドシールドや、センサー用のカバーガラス等の成形性が向上する。 $Al_2O_3$ の含有量は、7.0%以下が好ましく、6.5%以下がより好ましく、6.0%以下がさらに好ましく、5.5%以下が特に好ましく、5.0%以下が最も好ましい。
- [0019]  $B_2O_3$ は、ガラスの網目構造を構成する成分であり、ガラスの粘性を低下させて溶解性や曲げ成形性を向上する成分である。また、破壊靱性値の向上にも寄与する。本実施形態のガラスは、 $B_2O_3$ を、0.0~4.0%含有する。一般的に、 $B_2O_3$ とアルカリ金属を含有するガラスは、ガラスの製造時にアルカリ金属が揮散しやすくなり窯の炉材を侵食するため製造が困難となる。また、 $B_2O_3$ の含有量が多すぎると、上述の製造設備への影響に加えて、ガラスの均質性も低下し光学品質が悪化することでセンサー用途に適さないおそれがある。したがって、 $B_2O_3$ の含有量は少量であることが好ましく、3.5%以下が好ましく、3.0%以下がより好ましく、2.5%以下がさらに好ましく、2.0%以下が特に好ましく、実質的に含有しないことが最も好ましい。ここで、 $B_2O_3$ を実質的に含有しないとは、ガラス中の $B_2O_3$ の含有量が0.050モル%以下であることを意味する。
- [0020] また、 $B_2O_3$ を含有する場合、 $B_2O_3$ の含有量は0.20%以上であって

もよく、0.50%以上であってもよく、0.80%以上であってもよく、1.0%以上であってもよく、1.2%以上であってもよい。

[0021] MgOは、ガラスの粘性を低下させて溶解性を向上する成分であり、さらに、ヤング率および後述する表面破壊エネルギーの向上に寄与する成分である。本実施形態のガラスは、MgOを、3.0~15%含有する。本実施形態のガラスにおいてMgOを3.0%以上含有させることで、ガラスの粘性を低下させ、ガラス原料の溶解を促進できる。加えて、ヤング率を高め得る。MgOの含有量は、4.0%以上が好ましく、5.0%以上がより好ましく、6.0%以上がさらに好ましく、7.0%以上が特に好ましく、8.0%以上が最も好ましい。

[0022] また、本実施形態のガラスにおいて、MgOの含有量が15%以下であれば、ガラスが失透しにくくなるとともに、ガラスの粘性が過剰に増加することを抑制し、車両用ガラス、特にウィンドシールドや、センサー用のカバーガラス等の成形性が向上する。MgOの含有量は、14%以下が好ましく、13%以下がより好ましく、12%以下がさらに好ましく、11%以下が特に好ましい。

[0023] CaOは、ガラスの粘性を低下させ、曲げ成形性を向上させる成分である。本実施形態のガラスは、CaOを、0.0~5.0%含有する。本実施形態のガラスにCaOを含有させることで、ガラスの原料の溶解性を向上し、さらに粘性が低下するため車両用ガラス、特にウィンドシールドや、センサー用のカバーガラス等の成形性が向上する。本実施形態のガラスにおいて、CaOの含有量は0.20%以上が好ましく、0.40%以上がより好ましく、0.60%以上がさらに好ましく、0.80%以上が特に好ましく、1.0%以上が最も好ましい。

[0024] また、本実施形態のガラスにおいて、CaOの含有量を5.0%以下にすることで、ガラスの密度の増加を抑制できるほか、平均線膨張係数を小さくでき、ガラスの熱割れを抑制できる。本実施形態のガラスにおけるCaOの含有量は、4.5%以下が好ましく、4.0%以下がより好ましく、3.5

%以下が特に好ましく、3.0%以下が最も好ましい。

[0025] SrOは、ガラスの粘性を低下させ、曲げ成形性を向上させる成分である。本実施形態のガラスは、SrOを0.0~5.0%含有する。本実施形態のガラスにおいて、SrOを含有させることにより、ガラスの粘性を低下できる。本実施形態のガラスにおいて、SrOの含有量は、0.20%以上が好ましく、0.40%以上がより好ましく、0.60%以上がさらに好ましく、0.80%以上が特に好ましく、1.0%以上が最も好ましい。

[0026] また、本実施形態のガラスにおいて、SrOの含有量を5.0%以下にすることで、ガラスの密度の増加を抑制できる。本実施形態のガラスにおいて、SrOの含有量は4.5%以下が好ましく、4.0%以下がより好ましく、3.5%以下がさらに好ましく、3.0%以下がよりさらに好ましく、2.5%以下が特に好ましく、2.0%以下が最も好ましい。

[0027] 本実施形態において、BaOは、ガラスの粘性を低下させ、曲げ成形性を向上させる成分である。本実施形態のガラスは、BaOを0.0~2.0%含有する。本実施形態のガラスにおいて、BaOを含有させることにより、ガラスの粘性を低下させる。本実施形態のガラスにBaOを含有させる場合、BaOの含有量は、0.10%以上が好ましく、0.20%以上がより好ましく、0.30%以上がさらに好ましく、0.40%以上が特に好ましく、0.50%以上が最も好ましい。

[0028] また、本実施形態のガラスにおいて、BaOの含有量を2.0%以下にすることで、ガラスの密度の増加を抑制できる。本実施形態のガラスにおいて、BaOの含有量は1.8%以下が好ましく、1.6%以下がより好ましく、1.4%以下がさらに好ましく、1.2%以下が特に好ましく、1.0%以下が最も好ましい。

[0029] Li<sub>2</sub>Oは、ガラスの溶解性を向上し、粘性を低下させる成分であり、また、ヤング率を大きくしやすくし、ガラスの平均線膨張係数にも寄与する成分である。さらに、Naイオンとのイオン交換による化学強化処理を行うことでガラスの強度を高め得る。本実施形態のガラスにおいて、Li<sub>2</sub>Oの含有量

は、1.0～10%である。本実施形態のガラスがLi<sub>2</sub>Oを1.0%以上含有することにより、ガラスの粘性を低下できる。Li<sub>2</sub>Oの含有量は、1.5%以上が好ましく、2.0%以上より好ましく、2.5%以上がさらに好ましく、3.0%以上が特に好ましく、3.5%以上が最も好ましい。

[0030] また、Li<sub>2</sub>Oの含有量が10%以下であることにより、ガラスが失透しにくくなるとともに、平均線膨張係数が過剰に大きくなることによるガラスの熱割れを抑制できる。またガラスの耐湿性が向上するため、車両用の窓ガラスなどの長期間大気にさらされるガラスとして好適となる。Li<sub>2</sub>Oの含有量は、9.0%以下が好ましく、8.0%以下がより好ましく、7.0%以下がさらに好ましく、6.0%以下が特に好ましい。

[0031] Na<sub>2</sub>Oは、ガラスの溶解性を向上し、粘性を低下させる成分であり、また、ヤング率を大きくしやすくし、ガラスの平均線膨張係数にも寄与する成分である。さらに、Kイオンとのイオン交換による化学強化処理を行うことでガラスの強度を高め得る。本実施形態のガラスにおいて、Na<sub>2</sub>Oの含有量は、6.0～16%である。本実施形態のガラスにおいて、Na<sub>2</sub>Oを6.0%以上含有することで、ガラスの粘性を低下できる。加えて、ヤング率および平均線膨張係数を高め得る。Na<sub>2</sub>Oの含有量は、7.0%以上が好ましく、8.0%以上がより好ましく、9.0%以上がさらに好ましく、10%以上が特に好ましい。

[0032] また、Na<sub>2</sub>Oの含有量が16%以下であることにより、平均線膨張係数が過剰に大きくなることによるガラスの熱割れを抑制できる。またガラスの耐湿性が向上するため、車両用の窓ガラスなどの長期間大気にさらされるガラスとして好適となる。Na<sub>2</sub>Oの含有量は、15%以下が好ましく、14%以下がより好ましく、13%以下がさらに好ましく、12%以下が特に好ましい。

[0033] K<sub>2</sub>Oは、ガラスの溶解性を向上し、粘性を低下させる成分であり、また、ヤング率を大きくしやすくし、ガラスの平均線膨張係数にも寄与する成分である。本実施形態のガラスにおいて、K<sub>2</sub>Oの含有量は、0.0～3.0%で

ある。

- [0034] 本実施形態のガラスが $K_2O$ を含有することで、ガラスの粘性を低下できる。加えて、ヤング率および平均線膨張係数を高め得る。 $K_2O$ の含有量は0.10%以上が好ましく、0.20%以上がより好ましく、0.30%以上がさらに好ましく、0.40%以上が特に好ましく、0.50%以上が最も好ましい。
- [0035] 一方で、 $K_2O$ は、 $Li_2O$ や $Na_2O$ に比べて、平均線膨張係数や密度を大きくする効果がある。 $K_2O$ の含有量が3.0%以下であれば、平均線膨張係数が過剰に大きくなることによるガラスの熱割れを抑制できる。 $K_2O$ の含有量は2.5%以下が好ましく、2.0%以下がより好ましく、1.5%以下がさらに好ましい。
- [0036]  $ZrO_2$ は、化学耐久性およびヤング率を向上させる成分である。本実施形態のガラスは $ZrO_2$ を0.0~1.0%含有する。本実施形態のガラスが $ZrO_2$ を含有する場合、その含有量は0.010%以上が好ましく、0.050%以上がより好ましく、0.10%以上がさらに好ましく、0.20%以上が特に好ましい。
- [0037] また、ガラスの密度及び粘性の増加を抑制する観点から、 $ZrO_2$ の含有量は0.80%以下が好ましく、0.70%以下がより好ましく、0.60%以下がさらに好ましく、0.50%以下が特に好ましい。
- [0038]  $TiO_2$ は、化学耐久性およびヤング率を向上させる成分である。本実施形態のガラスは $TiO_2$ を0.0~1.0%含有する。本実施形態のガラスが $TiO_2$ を含有する場合、その含有量は0.010%以上が好ましく、0.025%以上がより好ましく、0.050%以上がさらに好ましく、0.10%以上が特に好ましく、0.20%以上が最も好ましい。
- [0039] また、 $TiO_2$ の含有量が1.0%以下であることにより、平均線膨張係数が過剰に大きくなることによるガラスの熱割れを抑制できる。また $TiO_2$ は可視域の光に対して着色をもつため、可視光透過率が低下するおそれがある。 $TiO_2$ の含有量は0.90%以下が好ましく、0.80%以下がより好ま

しく、0.70%以下がさらに好ましく、0.60%以下が特に好ましい。

[0040]  $Y_2O_3$ は、ヤング率を向上させる成分である。本実施形態のガラスは $Y_2O_3$ を0.0~1.0%含有する。本実施形態のガラスが $Y_2O_3$ を含有する場合、その含有量は0.010%以上が好ましく、0.050%以上がより好ましく、0.10%以上がさらに好ましく、0.20%以上が特に好ましい。

[0041] また、 $Y_2O_3$ の含有量が1.0%以下であることにより、ガラスの密度及び粘性の増加を抑制できる。 $Y_2O_3$ の含有量は、0.90%以下が好ましく、0.80%以下がより好ましく、0.70%以下がさらに好ましく、0.60%以下が特に好ましい。

[0042] 本実施形態のガラスにおいて、 $Li_2O$ 、 $Na_2O$ および $K_2O$ の含有量の合計（以下、 $R_2O$ と称することがある）は、11~25%である。 $R_2O$ が11%以上であることによりヤング率が高くなり、さらにガラスの粘性が低下するため、車両用ガラス、特にウィンドシールドや、センサー用のカバーガラスの成形性が向上する。 $R_2O$ は、12%以上が好ましく、13%以上がより好ましく、14%以上がさらに好ましく、15%以上が特に好ましい。

[0043] また、 $R_2O$ が25%以下であれば、密度の増加を抑え、破壊靱性値を向上できる。また、耐候性および耐湿性も向上できる。 $R_2O$ は、23%以下が好ましく、20%以下がより好ましく、19%以下がさらに好ましく、18%以下が特に好ましく、17%以下が最も好ましい。

[0044] また、本実施形態のガラスは、 $R_2O$ に対する $Li_2O$ の含有量の比（ $Li_2O/R_2O$ ）が0.050以上であることが好ましい。 $Li_2O/R_2O$ が0.050以上であることでヤング率および破壊靱性値が高く、低密度でかつ溶解性や曲げ成形性に優れたガラスとなる。 $Li_2O/R_2O$ は0.080以上がより好ましく、0.10以上がさらに好ましく、0.12以上がよりさらに好ましく、0.15以上が特に好ましく、0.17以上が最も好ましい。

[0045] また失透の生成を抑制し失透温度を低下させる観点から、 $Li_2O/R_2O$ は0.60以下が好ましく、0.50以下がさらに好ましく、0.45以下がよりさらに好ましく、0.42以下が特に好ましく、0.38以下が最も

好ましい。

[0046] また、本実施形態のガラスは、 $R_2O$ に対する $Na_2O$ と $Li_2O$ の含有量の合計の比 $((Na_2O + Li_2O) / R_2O)$ が0.70以上であることが好ましい。 $(Na_2O + Li_2O) / R_2O$ が0.70以上であることでヤング率および破壊靱性値が高く、低密度でかつ溶解性や曲げ成形性に優れたガラスとなる。 $(Na_2O + Li_2O) / R_2O$ は0.80以上がより好ましく、0.85以上がさらに好ましく、0.90以上がよりさらに好ましく、0.92以上が特に好ましく、0.94以上が最も好ましい。

[0047] 本実施形態のガラスにおいて、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ および $BaO$ の含有量の合計（以下、 $RO$ と称することがある）は、7.0~20%である。 $RO$ が7.0%以上であることにより、ヤング率を向上できるとともにガラスの粘性を低下させ、ガラスの溶解性や曲げ成形性を向上できる。 $RO$ は、8.0%以上が好ましく、9.0%以上がより好ましく、10%以上がさらに好ましい。

[0048] また、 $RO$ が20%以下であれば、ガラスの密度の増加を抑えガラスのクラック耐性を向上できる。また耐湿性およびガラスの失透を抑制できる。 $RO$ は19%以下が好ましく、18%以下がより好ましく、17%以下がさらに好ましく、16%以下がよりさらに好ましく、15%以下が特に好ましく、14%以下が最も好ましい。

[0049] また、本実施形態のガラスは、 $RO$ に対する $MgO$ の含有量の比 $(MgO / RO)$ が0.20以上であることが好ましい。 $MgO / RO$ が0.20以上であることでヤング率および破壊靱性値が高く、低密度でかつ溶解性や曲げ成形性に優れたガラスとなる。 $MgO / RO$ は0.25以上がより好ましく、0.33以上がさらに好ましく、0.50以上がよりさらに好ましく、0.70以上が特に好ましく、0.75以上が最も好ましい。

[0050] また $MgO$ を含有することによって生じる失透を抑制し、失透温度を低下させる観点から、 $MgO / RO$ は1.0以下が好ましく、0.98以下がより好ましく、0.95以下がさらに好ましく、0.90以下が特に好ましく

、0.85以下が最も好ましい。

[0051] 本実施形態のガラスにおいて、下記式で算出されるH値とL値との比（H/L）が0.10以下であることが好ましい。

$$H = [K_2O] + [CaO] + [SrO] + [BaO] + [ZrO_2] + [TiO_2] + [Y_2O_3]$$

$$L = [SiO_2] + [Al_2O_3] + [MgO] + [Li_2O] + [Na_2O]$$

（ただし、[]は、該括弧内の各成分の酸化物基準のモル%表示の含有量を意味する。）

[0052] ここで、H値はヤング率および破壊靱性値の向上に寄与するが、ガラスの粘性を増加させやすい成分であるZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>およびY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、密度の増加に寄与する成分であるK<sub>2</sub>O、CaO、SrOおよびBaOの含有量の合計である。また、L値はネットワーク成分であるSiO<sub>2</sub>およびAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、密度の増加は小さく、ヤング率および破壊靱性値の向上に寄与する成分であるMgO、Li<sub>2</sub>OおよびNa<sub>2</sub>Oの含有量の合計である。

[0053] 本発明者らは、H値とL値の比（H/L）が、破壊靱性値および密度と相関があることを見出した。具体的には、図1に示すようにH/Lが小さくなるほど破壊靱性値が向上し、また、図2に示すように、H/Lが小さくなるほど密度が低減することを見出した。本実施形態においては、H/Lが好ましくは0.10以下であれば、破壊靱性値を高めつつ、密度を低下できる。H/Lは0.080以下がより好ましく、0.070以下がさらに好ましく、0.060以下がよりさらに好ましく、0.050以下が特に好ましく、0.040以下が最も好ましい。

[0054] [その他成分]

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、ガラスの遮熱性を向上させる成分であり、また、ガラスの色味にも寄与する成分であるため、本実施形態のガラスに含有させてもよい。本実施形態のガラスにおいて、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に換算した全鉄の含有量は0.0025～1.2%が好ましい。なお、ここでいうFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に換算した全鉄の含有量とは、二価鉄の酸化物であるFeOおよび三価鉄の酸化物であるFe<sub>2</sub>O

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ を含む全鉄量のことである。

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ を含有することで、遮熱性が求められる用途に好適になる。さらに、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ を含有することで、ガラス溶融時に、溶融炉底面に熱輻射が到達することによる、溶融窯への負荷を抑制できる。

[0055] 車両用ガラスに本実施形態のガラスを用いる場合、遮熱性向上や意匠性付与、ガラスの曲げ成形時にガラスに熱を伝わりやすくする観点から、本実施形態のガラスにおける $\text{Fe}_2\text{O}_3$ に換算した全鉄の含有量は、0.0025%以上が好ましく、0.0040%以上がより好ましく、0.039%以上がさらに好ましく、0.097%以上がよりさらに好ましく、0.11%以上がことさらに好ましく、0.15%以上が特に好ましく、0.17%以上が最も好ましい。

[0056] また、可視域の光透過率の低下を抑制する観点から、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ に換算した全鉄の含有量は、1.0%以下が好ましく、0.80%以下がより好ましく、0.60%以下がさらに好ましく、0.50%以下が特に好ましく、0.40%以下が最も好ましい。

[0057] また、LiDARやカメラのカバーガラスに本実施形態のガラスを用いる場合は、ガラス製造時における原料の溶融を容易にする観点、および、高価な高純度原料の使用量を減らす観点から、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ に換算した全鉄の含有量は、0.0030%以上が好ましく、0.0032%以上がより好ましく、0.0034%以上がさらに好ましく、0.0036%以上がよりさらに好ましく、0.0038%以上がことさらに好ましく、0.0040%以上が特に好ましく、0.0042%以上が最も好ましい。

[0058] また、可視域や近赤外域の光透過率の低下を抑制する観点から、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ に換算した全鉄の含有量は、0.020%以下が好ましく、0.010%以下がより好ましく、0.0080%以下がさらに好ましく、0.0070%以下が特に好ましく、0.0060%以下が最も好ましい。

[0059] 本実施形態のガラスは、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ に換算した全鉄中の $\text{Fe}_2\text{O}_3$ に換算した2価の鉄の質量割合(%) (以下、Fe-Redoxという)が15%以上

であることが好ましい。Fe-Redoxの値は、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>換算の全鉄含有量に対するFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>換算のFe<sup>2+</sup>含有量の割合である。

[0060] 本実施形態のガラスは、Fe-Redoxが15%以上であることにより近赤外域に吸収をもつFe<sup>2+</sup>の含有量を高めることができるため、ガラス製造時にガラスの融液に熱が伝わりやすくなり製造性が向上する。また、近赤外域の透過率が低下し遮熱性を向上できるため、車両用のガラスなどの遮熱性が求められる用途に好適になる。

[0061] 本実施形態のガラスを車両用ガラスに用いる場合、Fe-Redoxは20%以上がより好ましく、22%以上がさらに好ましく、24%以上が特に好ましい。また、Fe-Redoxは、50%以下であることが好ましい。Fe-Redoxが50%以下であることにより、溶解設備の劣化が抑えられるほか、清澄剤にSO<sub>3</sub>を用いた場合にアンバー発色を抑制し可視光透過率の低下を抑えることができる。Fe-Redoxは、45%以下がより好ましく、40%以下がさらに好ましく、38%以下が特に好ましい。

[0062] 一方で、本実施形態のガラスをLiDARのカバーガラスに用いる場合は、Fe-Redoxは16%以上がより好ましく、17%以上がさらに好ましく、18%以上が特に好ましい。また、Fe-Redoxは、35%以下であることが好ましい。Fe-Redoxが35%以下であることにより、近赤外域の透過率の低下を抑制できる。Fe-Redoxは、32%以下がより好ましく、30%以下がさらに好ましく、28%以下が特に好ましい。

[0063] Fe-Redoxは、原料構成や溶解温度、溶解雰囲気により調整できる。また、Fe-Redoxは、原料としてコークスや塩化アンモニウムなどの還元剤を用いることでガラスの融液の酸化還元度を制御することにより、調整できる。

[0064] 本実施形態のガラスは、上記の成分以外の成分（以下、「その他の成分」ともいう）を含んでいてもよい。

[0065] その他の成分は、例えば、CeO<sub>2</sub>、Nd<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、GaO<sub>2</sub>、GeO<sub>2</sub>、MnO<sub>2</sub>、NiO、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Au<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ag<sub>2</sub>O、CuO、CdO、Mo

$O_3$ 、 $SO_3$ 、 $Cl$ 、 $F$ 、 $SnO_2$ 、 $Sb_2O_3$ などが挙げられ、金属イオンでもよく、酸化物でもよい。その他の成分は諸目的（例えば清澄および着色、化学耐久性など）のために、例えば、合計で3.0%以下含有し得る。その他の成分の含有量の合計が3.0%以下であれば、車両用ガラスやLiDARなどのセンサー用のカバーガラスとして必要な特性を維持できる。その他の成分の含有量の合計は、2.5%以下が好ましく、2.0%以下がより好ましく、1.5%以下がさらに好ましく、1.0%以下が特に好ましく、0.50%以下が最も好ましい。

[0066] また、環境への影響を防ぐため、 $As_2O_3$ 、 $PbO$ の含有量は、それぞれ0.0010%未満が好ましく、実質的に含有しないことがより好ましい。

[0067] 本実施形態のガラスは、 $NiO$ を含有させると、 $NiS$ の生成によりガラス破壊がもたらされ得るため、その含有量は0.0080%以下であることが好ましい。本実施形態のガラスにおける $NiO$ の含有量は、0.0040%以下がより好ましく、0.0020%以下がさらに好ましく、実質的に含有しないことが特に好ましい。

[0068] 本実施形態のガラスは $CeO_2$ を含んでもよい。 $CeO_2$ は紫外域に吸収をもつため紫外線透過率 $T_{uv}$ を低下させUVカット性能を向上させる。また、酸化剤として作用し、 $Fe-Redox$ を制御できる。本実施形態のガラスが $CeO_2$ を含む場合、その含有量は0.010%以上が好ましく、0.020%以上がより好ましく、0.040%以上がさらに好ましく、0.070%以上が特に好ましい。 $CeO_2$ は紫外域の光を吸収することでソーラリゼーションが生じ、可視域の透過率が低下するおそれがある。そのため、 $CeO_2$ の含有量は0.25%以下が好ましく、0.18%以下がより好ましく、0.14%以下がさらに好ましく、0.10%以下が特に好ましい。

[0069] 本実施形態のガラスは $Cr_2O_3$ を含んでもよい。 $Cr_2O_3$ は、酸化剤として作用して、 $Fe-Redox$ を制御できる。本実施形態のガラスが $Cr_2O_3$ を含む場合、その含有量は0.0020%以上が好ましく、0.0040%以上がより好ましい。 $Cr_2O_3$ は可視域の光に対して着色をもつため、可視

光透過率が低下するおそれがある。また、 $Fe^{2+}$ 量が減少し、遮熱性が低下するおそれがある。そのため本実施形態のガラスが $Cr_2O_3$ を含有する場合、0.020%以下が好ましく、0.016%以下がより好ましく、0.012%以下がさらに好ましく、0.0080%以下が特に好ましい。

[0070] 本実施形態のガラスは $SnO_2$ を含んでもよい。 $SnO_2$ は、還元剤として作用して、 $Fe-Redox$ を制御できる。また、清澄剤としても作用する。本実施形態のガラスが $SnO_2$ を含む場合、その含有量は0.010%以上が好ましく、0.040%以上がより好ましく、0.060%以上がさらに好ましく、0.080%以上が特に好ましい。一方、ガラス製造時に $SnO_2$ 由来の欠点を抑制するために、本実施形態のガラスにおける $SnO_2$ の含有量は、0.40%以下が好ましく、0.30%以下がより好ましく、0.20%以下がさらに好ましく、0.15%以下が特に好ましい。

[0071] 本実施形態のガラスは $SO_3$ を含んでもよい。 $SO_3$ は清澄剤として作用するためガラスの泡品質を向上させる。本実施形態のガラスが $SO_3$ を含む場合、その含有量は0.0010%以上が好ましく、0.0040%以上がより好ましく、0.0070%以上がさらに好ましく、0.015%以上が特に好ましい。 $SO_3$ は $Fe-Redox$ が高い場合、アンバー発色が生じガラスが褐色になり、可視光透過率が低下するおそれがある。本実施形態のガラスが $SO_3$ を含む場合、0.070%以下が好ましく、0.060%以下がより好ましく、0.050%以下がさらに好ましく、0.040%以下が特に好ましい。

[0072] 本実施形態のガラスは $Cl$ を含んでもよい。 $Cl$ は清澄剤として作用するためガラスの泡品質を向上させる。本実施形態のガラスが $Cl$ を含む場合、その含有量は0.080%以上が好ましく、0.15%以上がより好ましく、0.20%以上がさらに好ましく、0.25%以上が特に好ましく、0.30%以上が最も好ましい。 $Cl$ は含有量が多いとガラスの融液から揮散した $Cl_2$ ガスが周囲の部材を腐食するおそれがある。本実施形態のガラスが $Cl$ を含む場合、1.0%以下が好ましく、0.80%以下がより好ましく、

0.60%以下がさらに好ましく、0.50%以下が特に好ましい。

[0073] [特性]

(破壊靱性値 $K_{IC}$ )

本実施形態のガラスは、SEPB法で測定される破壊靱性値 $K_{IC}$ が $0.76 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上であることが好ましい。破壊靱性値 $K_{IC}$ は、ガラスの強度の指標であり、破壊靱性値 $K_{IC}$ が大きいほどクラックが進行しづらく、割れに対する耐性が高いことを示す。そのため、破壊靱性値 $K_{IC}$ が $0.76 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上であると、割れに対する耐性が十分に得られ、車両用やセンサー用のカバーガラスに好適となる。破壊靱性値 $K_{IC}$ は、 $0.78 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上がより好ましく、 $0.80 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上がさらに好ましく、 $0.82 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上がよりさらに好ましく、 $0.84 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上がことさらに好ましく、 $0.86 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上が特に好ましく、 $0.88 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上が特に好ましく、 $0.90 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上が最も好ましい。

[0074] 破壊靱性値 $K_{IC}$ は、JIS R1607:2015「ファインセラミックスの破壊じん（靱）性試験方法」に基づき、予き裂導入破壊試験法（SEPB法：Single-Edge-Pre-cracked-Beam method）を用いて測定する。

[0075] 破壊靱性値を上記範囲とするには、 $\text{SiO}_2$ の含有量を増やす、ROの中でもアルカリ土類金属成分の元素番号が小さいものの割合を増やす、 $\text{R}_2\text{O}$ の中でもアルカリ金属成分の元素番号が小さいものの割合を増やす、といった方法が挙げられる。具体的には、 $\text{SiO}_2$ は網目構造を形成する成分であるため、含有量を増加させることによりガラスの構造が強固となるため、破壊靱性値を向上できる。また、ROは、アルカリ土類金属成分の元素番号が小さいものほど、ヤング率が向上し、その結果、破壊靱性値を向上できる。 $\text{R}_2\text{O}$ についても、アルカリ金属成分の元素番号が小さいものほどROと同様の傾向を示す。

[0076] 破壊靱性値 $K_{IC}$  ( $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ) は、ヤング率 $E$  ( $\text{GPa}$ )、表面破壊工

エネルギー $\gamma$  ( $\text{J}/\text{m}^2$ ) およびポアソン比 $\nu$  (無単位) から下記式によって算出できる。

[0077] [数1]

$$K_{Ic} = \sqrt{2E\gamma/(1-\nu^2)} \quad \dots (1)$$

[0078] 上記式に示すように、破壊靱性値 $K_{Ic}$ は、ヤング率 $E$ および表面破壊エネルギー $\gamma$ が大きいほど、値が大きくなる。

[0079] (ヤング率)

本実施形態のガラスのヤング率は、75 GPa以上が好ましい。ヤング率が75 GPa以上であることで、ガラスが高い剛性を有し、また破壊靱性値が向上するため、車両用の窓ガラスや、LiDARなどのセンサー用のカバーガラスとしてより好適となる。本実施形態のガラスのヤング率は、76 GPa以上がより好ましく、77 GPa以上がさらに好ましく、78 GPa以上が特に好ましく、79 GPa以上が最も好ましい。

[0080] また、ガラスが外力を受けた際に変形が生じ、割れを抑制する観点から、ヤング率は87 GPa以下が好ましく、86 GPa以下がより好ましく、85 GPa以下がさらに好ましく、84 GPa以下が特に好ましい。

[0081] ヤング率を上記範囲とするには、ROおよび $R_2O$ の種類や量を調整しMgOや $Li_2O$ の含有量を増やす、 $Y_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ を添加するといった方法が挙げられる。ヤング率は、JIS R1602:1995「ファイナセラミックスの弾性率試験方法」に基づき超音波パルス法によって測定できる。

[0082] (表面破壊エネルギー)

本実施形態のガラスの表面破壊エネルギーは、3.6  $\text{J}/\text{m}^2$ 以上が好ましい。表面破壊エネルギーは大きいほど破壊靱性値が向上するので好ましい。表面破壊エネルギーは、3.7  $\text{J}/\text{m}^2$ 以上がより好ましく、3.8  $\text{J}/\text{m}^2$ 以上がさらに好ましく、3.9  $\text{J}/\text{m}^2$ 以上が特に好ましく、4.0  $\text{J}/\text{m}^2$ 以上が最も好ましい。

[0083] 表面破壊エネルギーは、上記の破壊靱性値とヤング率、ポアソン比を測定し、上記式（１）の関係式から計算して求めることができる。

[0084] （剛性率）

本実施形態のガラスの剛性率は、 $31\text{ GPa}$ 以上が好ましい。剛性率が、 $31\text{ GPa}$ 以上であれば、ガラスが外力を受けた際に変形が生じにくい。ガラスの剛性率は、 $32\text{ GPa}$ 以上がより好ましく、 $33\text{ GPa}$ 以上がさらに好ましい。

[0085] また、ガラスが外力を受けた際に変形が生じてエネルギーを消費することで割れを抑制できるため、剛性率は、 $38\text{ GPa}$ 以下が好ましく、 $37\text{ GPa}$ 以下がより好ましく、 $36\text{ GPa}$ 以下がさらに好ましく、 $35\text{ GPa}$ 以下が特に好ましい。剛性率は、JIS R1602：1995「ファインセラミックスの弾性率試験方法」に基づき超音波パルス法によって測定できる。

[0086] （ポアソン比）

本実施形態のガラスのポアソン比は、 $0.26$ 以下であることが好ましい。ポアソン比が $0.26$ 以下であれば、ガラスに外力が加わったときに発生する応力を小さくできる。また破壊靱性値も向上できる。ポアソン比は $0.25$ 以下がより好ましく、 $0.24$ 以下がさらに好ましく、 $0.23$ 以下が特に好ましい。

[0087] ポアソン比は、JIS R1602：1995「ファインセラミックスの弾性率試験方法」に基づき超音波パルス法によって測定できる。

[0088] ( $T_2$ )

本実施形態のガラスにおいて、ガラスの溶解性の基準となる、ガラス粘度 $\eta$ が $10^2\text{ [dPa}\cdot\text{s]}$ となる温度 $T_2$ が $1650^\circ\text{C}$ 以下であることが好ましい。 $T_2$ が $1650^\circ\text{C}$ 以下であることにより、ガラスの原料溶解時に使用する燃料の消費が抑えられるほか、溶解窯に使用されているレンガ部材の寿命を延ばすことができる。

[0089]  $T_2$ を $1650^\circ\text{C}$ 以下にする方法としては、例えば、ガラス成分の $\text{R}_2\text{O}$ 、および $\text{RO}$ の含有量を増やし、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量を減らす方法、 $\text{R}_2\text{O}$ の中で

も  $\text{Li}_2\text{O}$  を含有させる方法、 $\text{SiO}_2$  の含有量を減らす方法が挙げられる。

[0090]  $T_2$  は  $1600^\circ\text{C}$  以下がより好ましく、 $1575^\circ\text{C}$  以下がさらに好ましく、 $1550^\circ\text{C}$  以下がよりさらに好ましく、 $1525^\circ\text{C}$  以下が特に好ましく、 $1500^\circ\text{C}$  以下が最も好ましい。また、ガラスの破壊靱性を維持する観点やガラスの平均線膨張係数が大きくなりすぎることを抑制する観点から、 $T_2$  は  $1400^\circ\text{C}$  以上が好ましく、 $1425^\circ\text{C}$  以上がより好ましく、 $1450^\circ\text{C}$  以上がさらに好ましい。

[0091] ( $T_4$ )

本実施形態のガラスにおいて、フロート成形時の成形性の基準となる、ガラス粘度  $\eta$  が  $10^4$  [ $\text{dPa}\cdot\text{s}$ ] となる温度  $T_4$  が  $1200^\circ\text{C}$  以下であることが好ましい。 $T_4$  が  $1200^\circ\text{C}$  以下であることにより、フロート法での板成形に好適である。

[0092]  $T_4$  を  $1200^\circ\text{C}$  以下にする方法としては、例えば、ガラスの成分の  $\text{R}_2\text{O}$  および  $\text{RO}$  の含有量を増やし、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の含有量を減らす方法、 $\text{R}_2\text{O}$  の中でも  $\text{Li}_2\text{O}$  を含有させる方法、 $\text{SiO}_2$  の含有量を減らす方法が挙げられる。

[0093]  $T_4$  は  $1175^\circ\text{C}$  以下がより好ましく、 $1150^\circ\text{C}$  以下がさらに好ましく、 $1125^\circ\text{C}$  以下がよりさらに好ましく、 $1100^\circ\text{C}$  以下が特に好ましく、 $1075^\circ\text{C}$  以下が最も好ましい。また、ガラスの破壊靱性を維持する観点やガラスの平均線膨張係数が大きくなりすぎることを抑制する観点から、 $T_4$  は  $950^\circ\text{C}$  以上が好ましく、 $975^\circ\text{C}$  以上がより好ましく、 $1000^\circ\text{C}$  以上がさらに好ましく、 $1025^\circ\text{C}$  以上が特に好ましい。

[0094] ( $T_{11}$ )

本実施形態のガラスにおいて、曲げ加工性の基準となる、ガラス粘度  $\eta$  が  $10^{11}$  [ $\text{dPa}\cdot\text{s}$ ] となる温度  $T_{11}$  が  $640^\circ\text{C}$  以下であることが好ましい。 $T_{11}$  が  $640^\circ\text{C}$  以下であることにより、低い温度での曲げ加工成形が可能となる。

[0095]  $T_{11}$  を  $640^\circ\text{C}$  以下にする方法としては、例えば、ガラスの成分の  $\text{R}_2\text{O}$  および  $\text{RO}$  の含有量を増やし、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の含有量を減らす方法、 $\text{R}_2\text{O}$  の中でも

$\text{Li}_2\text{O}$ を含有させる方法、 $\text{SiO}_2$ の含有量を減らす方法が挙げられる。

[0096] 本実施形態のガラスにおいて、 $T_{11}$ は $635^\circ\text{C}$ 以下がより好ましく、 $630^\circ\text{C}$ 以下がさらに好ましく、 $625^\circ\text{C}$ 以下がよりさらに好ましく、 $620^\circ\text{C}$ 以下がことさらに好ましく、 $615^\circ\text{C}$ 以下が特に好ましく、 $610^\circ\text{C}$ 以下が最も好ましい。

[0097] また、ガラスの破壊靱性を維持する観点やガラスの平均線膨張係数が大きくなりすぎることを抑制する観点や、ウィンドシールドに印刷される黒セラミックの焼成温度の観点から、 $T_{11}$ は $570^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、 $575^\circ\text{C}$ 以上がより好ましく、 $580^\circ\text{C}$ 以上がさらに好ましく、 $585^\circ\text{C}$ 以上が特に好ましく、 $590^\circ\text{C}$ 以上が最も好ましい。

[0098] ( $T_{12}$ )

本実施形態のガラスにおいて、曲げ加工性の基準となる、ガラス粘度 $\eta$ が $10^{12}$  [ $\text{dPa}\cdot\text{s}$ ]となる温度 $T_{12}$ が $610^\circ\text{C}$ 以下であることが好ましい。 $T_{12}$ が $610^\circ\text{C}$ 以下であることにより、低い温度での曲げ加工成形が可能となる。

[0099]  $T_{12}$ を $610^\circ\text{C}$ 以下にする方法としては、例えば、ガラスの成分の $\text{R}_2\text{O}$ および $\text{RO}$ の含有量を増やし、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量を減らす方法、 $\text{R}_2\text{O}$ の中でも $\text{Li}_2\text{O}$ を含有させる方法、 $\text{SiO}_2$ の含有量を減らす方法が挙げられる。

[0100]  $T_{12}$ は $605^\circ\text{C}$ 以下がより好ましく、 $600^\circ\text{C}$ 以下がさらに好ましく、 $595^\circ\text{C}$ 以下がよりさらに好ましく、 $590^\circ\text{C}$ 以下がことさらに好ましく、 $585^\circ\text{C}$ 以下が特に好ましく、 $580^\circ\text{C}$ 以下が最も好ましい。また、ガラスの破壊靱性を維持する観点やガラスの平均線膨張係数が大きくなりすぎることを抑制する観点や、ウィンドシールドに印刷される黒セラミックの焼成温度の観点から、 $T_{12}$ は $540^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、 $545^\circ\text{C}$ 以上がより好ましく、 $550^\circ\text{C}$ 以上がさらに好ましく、 $555^\circ\text{C}$ 以上が特に好ましく、 $560^\circ\text{C}$ 以上が最も好ましい。

[0101] (密度)

本実施形態のガラスの密度は、 $2.68\text{g}/\text{cm}^3$ 以下であることが好まし

い。密度が $2.68\text{ g/cm}^3$ 以下であることにより、重量増加にともなう燃費、電費の増加を抑えつつ、ヤング率や破壊靱性値、遮音性などを向上できる。一般的に、高いヤング率および破壊靱性値を有するガラスは密度が高く、曲げ成形温度が高温になりやすいが、ガラス成分の $\text{R}_2\text{O}$ および $\text{RO}$ の構成及び含有量を調整することによって、密度を低くしつつ、かつ高いヤング率と破壊靱性値、優れた曲げ成形性を達成できる。

[0102] 本実施形態のガラスの密度は、 $2.66\text{ g/cm}^3$ 以下がより好ましく、 $2.60\text{ g/cm}^3$ 以下がさらに好ましく、 $2.55\text{ g/cm}^3$ 以下がよりさらに好ましく、 $2.53\text{ g/cm}^3$ 以下がことさらに好ましく、 $2.51\text{ g/cm}^3$ 以下が特に好ましく、 $2.49\text{ g/cm}^3$ 以下が最も好ましい。

[0103] また、本実施形態のガラスの密度は、遮音性向上の観点から、 $2.40\text{ g/cm}^3$ 以上が好ましく、 $2.42\text{ g/cm}^3$ 以上がより好ましく、 $2.43\text{ g/cm}^3$ 以上が特に好ましく、 $2.44\text{ g/cm}^3$ 以上が最も好ましい。

[0104] ( $T_g$ )

本実施形態のガラスのガラス転移温度 ( $T_g$ ) は、 $460^\circ\text{C}$ 以上、 $600^\circ\text{C}$ 未満の範囲内であることが好ましい。 $T_g$ がこの所定温度範囲内であれば、通常の製造条件の範囲内でガラスの曲げ加工ができる。本実施形態のガラスの $T_g$ が $460^\circ\text{C}$ 以上であることで、アルカリ金属含有量、あるいはアルカリ土類金属含有量が大きくなりすぎず、ガラスの平均線膨張係数が大きくなることを抑制できる。また、耐湿性およびガラスの失透を抑制し、成形性を向上させる。 $T_g$ は、 $480^\circ\text{C}$ 以上がより好ましく、 $490^\circ\text{C}$ 以上がさらに好ましく、 $500^\circ\text{C}$ 以上が特に好ましい。

[0105] また、ガラスの曲げ加工温度が過大となることを抑制し、製造を容易にする観点から、 $T_g$ は、 $600^\circ\text{C}$ 未満が好ましく、 $590^\circ\text{C}$ 以下がより好ましく、 $585^\circ\text{C}$ 以下がさらに好ましく、 $580^\circ\text{C}$ 以下がよりさらに好ましく、 $575^\circ\text{C}$ 以下が特に好ましく、 $570^\circ\text{C}$ 以下が最も好ましい。

[0106] (屈伏点)

本実施形態のガラスの屈伏点は、 $670^\circ\text{C}$ 以下が好ましい。屈伏点が上記

範囲内であれば、優れた曲げ成形性が得られる。ガラスの屈伏点は、660℃以下がより好ましく、650℃以下がさらに好ましく、640℃以下が特に好ましく、630℃以下が最も好ましい。

[0107] また、屈伏点は、580℃以上が好ましい。屈伏点が580℃以上であれば、曲げ成形温度が低くなりすぎることを抑制でき、ウィンドシールドに印刷される黒セラミックを曲げ成形と同時に焼成できる。屈伏点は、585℃以上がより好ましく、590℃以上がさらに好ましく、595℃以上が特に好ましく、600℃以上が最も好ましい。屈伏点は、示差熱膨張計（TMA）によって測定できる。

[0108] （平均線膨張係数）

本実施形態のガラスの50～350℃における平均線膨張係数（CTE）は、 $100 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以下であることが好ましい。平均線膨張係数は、 $100 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以下であることで、本実施形態のガラスを車両用やセンサー用のガラスとして用いた場合にヒートショックによる割れを抑制できる。また、本実施形態のガラスを曲げガラスとしたときの面内の熱履歴の違いに伴う熱膨張差が抑えられ、寸法および面精度の良い曲げガラスにできる。

[0109] 本実施形態のガラスの50～350℃における平均線膨張係数は、 $100 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以下が好ましく、 $95 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以下がより好ましく、 $92 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以下がさらに好ましく、 $90 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以下が特に好ましい。

[0110] また、本実施形態のガラスは、ウィンドシールドに印刷される黒セラミックとの熱膨張差に伴う黒セラミックの割れ抑制の観点から、平均線膨張係数が $70 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上であることが好ましい。平均線膨張係数が $70 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上であることで、黒セラミックとの熱膨張差が小さくなり黒セラミックの割れを抑制できる。平均線膨張係数は、 $72 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上がより好ましく、 $74 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上がさらに好ましく、 $76 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上が特に好ましく、 $78 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上が特に好ましく、 $80 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上が特に好ましく、 $82 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上が最も好ましい。

[0111] 平均線膨張係数を上記範囲とするには、ガラスの成分の $\text{SiO}_2$ の含有量を増やし、 $\text{R}_2\text{O}$ 、 $\text{RO}$ および $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量を調整する方法が挙げられる。

[0112] (日射透過率： $T_e$ )

本実施形態のガラスを車両用ガラスに用いる場合、本実施形態のガラスは、厚さを2.00mmに換算したときの、ISO-9050:2003規定の日射透過率 $T_e$ が90%以下であることが好ましい。 $T_e$ が90%以下であれば、優れた遮熱性が得られる。 $T_e$ は、88%以下がより好ましく、86%以下がさらに好ましく、84%以下がよりさらに好ましく、82%以下が特に好ましく、80%以下が最も好ましい。 $T_e$ の下限は特に限定されないが、通常30%以上であり、好ましくは32%以上であり、より好ましくは34%以上であり、特に好ましくは36%以上である。 $T_e$ を上記の範囲とするには、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の含有量を0.030%以上に調整することによって達成できる。

[0113] (可視光透過率： $T_v$ )

本実施形態のガラスを車両用ガラスに用いる場合、本実施形態のガラスは、厚さを2.00mmに換算したときの、ISO-9050:2003の規定に従いD65光源を用いて分光光度計により透過率を測定して算出した可視光透過率 $T_v$ が75%以上であることが好ましい。 $T_v$ が75%以上であることによって、優れた透明性を有するため、車両用のガラス、特にウィンドシールドやドアガラスにより好適となる。 $T_v$ は、78%以上がより好ましく、80%以上がさらに好ましく、82%以上がよりさらに好ましく。84%以上が特に好ましく、86%以上が最も好ましい。 $T_v$ の上限は特に限定されないが、例えば92%以下である。

[0114]  $T_v$ を上記の範囲とするには、ガラス組成、特に $\text{SiO}_2$ や $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の含有量を調整することによって達成できる。

[0115] (紫外線透過率： $T_{uv}$ )

本実施形態のガラスを車両用ガラスに用いる場合、本実施形態のガラスは、紫外線の透過性は低いことが好ましく、厚さを2.00mmに換算したと

き、ISO-9050:2003で定義される紫外線透過率 $T_{uv}$ は、70%以下が好ましい。 $T_{uv}$ が70%以下であることにより、本実施形態のガラスを合わせガラスに用いた時の中間膜や車室内のシートなどの部材の劣化を抑制できる。 $T_{uv}$ は68%以下がより好ましく、66%以下がさらに好ましく、64%以下がよりさらに好ましく、62%以下が特に好ましく、60%以下が最も好ましい。また、 $T_{uv}$ の下限は、例えば10%以上である。

[0116]  $T_{uv}$ を上記の範囲とするには、ガラス組成、特に $SiO_2$ や $Fe_2O_3$ 、 $TiO_2$ や $CeO_2$ もしくは $Fe-Redox$ を調整することによって達成できる。

[0117] LiDARのカバーガラスに本実施形態のガラスを用いる場合、本実施形態のガラスは、LiDARで使用する波長である905nmや1550nmの透過率が高いことが好ましい。したがって、本実施形態のガラスは、厚さを4.0mmに換算したときの波長905nmもしくは1550nmの透過率は86%以上が好ましく、87%以上がより好ましく、88%以上がさらに好ましく、89%以上がよりさらに好ましく、90%以上が特に好ましく、91%以上が最も好ましい。

[0118] 本実施形態のガラスの形状は特に限定されないが、車両用ガラスに本実施形態のガラスを用いる場合、主面の面積は0.25m<sup>2</sup>以上が好ましく、0.45m<sup>2</sup>以上がより好ましく、0.90m<sup>2</sup>以上がさらに好ましい。ガラスの面積が上記範囲であると、様々な車種に対応できる。また、ガラスの面積が大きすぎると、取り扱いが困難になる、加熱時の温度分布が不均一になる、曲げ成形後の寸法精度が悪くなるなど、曲げ成形の難易度があがるため、本実施形態のガラスは、主面の面積が、10m<sup>2</sup>以下が好ましく、7m<sup>2</sup>以下がより好ましく、5m<sup>2</sup>以下がさらに好ましい。

[0119] 本実施形態のガラスをセンサー用カバーガラスに用いる場合、本実施形態のガラスの形状は特に限定されないが、主面の面積は0.00010m<sup>2</sup>以上が好ましく、0.010m<sup>2</sup>以上がより好ましく、0.020m<sup>2</sup>以上がさら

に好ましく、 $0.040\text{ m}^2$ 以上が特に好ましく、 $0.090\text{ m}^2$ 以上が最も好ましい。ガラスの面積が上記範囲であると、様々なLiDARのカバーガラスに対応できる。また、ガラスの面積が大きすぎると、加熱時の温度分布が不均一になる、曲げ成形後の寸法精度が悪くなるなど、曲げ成形の難易度があがるため、本実施形態のガラスは、主面の面積が、 $1.0\text{ m}^2$ 以下が好ましく、 $0.90\text{ m}^2$ 以下がより好ましく、 $0.80\text{ m}^2$ 以下がさらに好ましい。

[0120] また、本実施形態のガラスは、表面粗さRaを $5.0\text{ nm}$ 以下、厚みを $2.5\text{ mm}$ とし、先端曲率半径 $200\text{ }\mu\text{m}$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365\text{ g}$ のタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $35\text{ km/h}$ 以上であることが好ましい。臨界衝突破壊速度が $35\text{ km/h}$ 以上であることで、飛び石耐性を向上できる。臨界衝突破壊速度は $36\text{ km/h}$ 以上がより好ましく、 $37\text{ km/h}$ 以上がさらに好ましく、 $38\text{ km/h}$ 以上がよりさらに好ましく、 $39\text{ km/h}$ 以上がなおさらに好ましく、 $40\text{ km/h}$ 以上が特に好ましく、 $42\text{ km/h}$ 以上が最も好ましい。臨界衝突破壊速度の上限は、例えば、 $120\text{ km/h}$ 以下である。なお、表面粗さRaは、JIS B0601:2001に基づいて測定できる。

[0121] また、実施形態のガラスは、先端曲率半径 $200\text{ }\mu\text{m}$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365\text{ g}$ のタングステンカーバイド超硬合金をガラスに衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $53\text{ km/h}$ 以上であることが好ましい。臨界衝突破壊速度が $53\text{ km/h}$ 以上であることで、飛び石耐性を向上できる。臨界衝突破壊速度は $54\text{ km/h}$ 以上がより好ましく、 $55\text{ km/h}$ 以上がさらに好ましく、 $56\text{ km/h}$ 以上が特に好ましい。臨界衝突破壊速度の上限は、例えば、 $120\text{ km/h}$ 以下である。臨界衝突破壊速度は、後述の実施例に記載の方法によって測定できる。

[0122] 本実施形態のガラスの厚みは $2.5\text{ mm}$ 以上であることが好ましい。特に、本実施形態のガラスが上記の特性を有するとき、ガラスの厚みは $2.5\text{ mm}$ 以上であることが好ましい。ガラスの厚みが $2.5\text{ mm}$ 以上であることに

より、高い破壊靱性値をもつガラスの臨界衝突破壊速度を向上できる。ガラスの厚みは、2.8 mm以上がより好ましく、2.9 mm以上がさらに好ましく、3.0 mm以上がよりさらに好ましく、3.1 mm以上がことさらに好ましく、3.2 mm以上がなおさらに好ましく、3.3 mm以上が一層好ましく、3.4 mm以上が特に好ましく、3.5 mm以上が最も好ましい。

[0123] また、ガラスの重量増加にともなう燃費、電費の増加抑制の観点から、本実施形態のガラスの厚みは、6.0 mm以下であることが好ましく、5.5 mm以下であることがより好ましく、5.0 mm以下であることがさらに好ましく、4.8 mm以下であることが特に好ましく、4.5 mm以下であることが最も好ましい。

[0124] なおガラスの厚みの調整方法としては後述するフロート法やダウンドロー法を用いてガラスの厚みを調整する方法や、砥石を用いてガラスを厚み方向に研磨した後に酸化セリウムなどの研磨材を用いて鏡面状態にする方法などが挙げられる。成形もしくは研磨後の表面粗さRaは5.0 nm以下が好ましく、2.0 nm以下がより好ましく、1.5 nm以下がさらに好ましく、1.0 nm以下が特に好ましく、0.50 nm以下が最も好ましい。

[0125] また、本実施形態のガラスは、例えば、公知のフロート法で成形されたフロートガラスであることが好ましい。フロート法では、溶かしたガラス素地を錫等の熔融金属の上に浮かべ、厳密な温度操作で厚さ、板幅の均一なガラスを成形できるほか大面積のガラスを得られる。

[0126] また、本実施形態のガラスは、公知のロールアウト法やダウンドロー法で成形されたガラスでもよく、表面が研磨され、板厚の均一なガラスとしてもよい。ここでダウンドロー法は、スロットダウンドロー法とオーバーフローダウンドロー法（フュージョン法）とに大別されるが、いずれも、成形体から熔融ガラスを連続的に流れ落として、帯板状のガラスリボンを形成する手法である。

[0127] 本実施形態のガラスは風冷強化や化学強化による強化処理が施されたガラスであってもよい。上記の処理を行うことでガラスの強度を高めることがで

きる。

- [0128] ここで、風冷強化とは、熱強化処理によってガラスの表面に圧縮応力層を形成する処理である。具体的には、均一に加熱したガラスを軟化点付近の温度から急冷し、ガラスの表面と内部との温度差によってガラスの表面に圧縮応力を形成する。圧縮応力はガラスの表面全体に均一に生じ、ガラスの表面全体に均一な深さの圧縮応力層が形成される。熱強化処理は、化学強化処理に比べて、板厚の厚いガラスの強化に適している。
- [0129] また、化学強化とは、ガラス転移点以下の温度で、イオン交換によりガラスの表面のイオン半径が小さなアルカリ金属イオン（典型的には、LiイオンまたはNaイオン）を、イオン半径のより大きなアルカリ金属イオン（典型的には、NaイオンまたはKイオン）に交換することで、ガラスの表面に圧縮応力層を形成する処理である。化学強化処理は公知の方法によって実施でき、例えばイオン交換法などがある。イオン交換法は、ガラス板を処理液（例えば硝酸カリウム溶融塩）に浸漬し、ガラスに含まれるイオン半径の小さなイオン（例えばNaイオン）をイオン半径の大きなイオン（例えばKイオン）に交換することで、ガラスの表面に圧縮応力を生じさせる。
- [0130] ガラスの表面の圧縮応力（以下、表面圧縮応力CSともいう）の大きさ、ガラスの表面に形成される圧縮応力層の深さDOLは、それぞれ、ガラス組成、処理液への浸漬時間、および処理液の温度により調整できる。
- [0131] 本実施形態のガラスは、平板形状であってもよく、重力成形又はプレス成形などにより湾曲形状に成形した曲げガラスであってもよい。
- [0132] 本実施形態のガラスが所定の曲率で湾曲するガラスである場合、上下方向または左右方向のいずれか一方方向にのみ湾曲する単曲ガラスでもよいし、上下方向または左右方向の両方向に湾曲する複曲ガラスでもよい。
- [0133] 本実施形態のガラスが曲げガラスである場合、曲率半径の最小値が500mm以上100000mm以下であることが好ましい。曲げガラスの曲率半径は、サンプルを、レーザー変位計（神津精機社製のDyvoce）を用いて、両面差分モードによる自重たわみ補正により求められたサンプル本来が

持つ反り量を元に形状シミュレーションにより算出し、シミュレーションで得られた形状から曲率半径が求められる。

[0134] 本実施形態のガラスを曲げガラスとするには、ガラスを加熱して曲げることで、成形できる。より具体的な成形方法としては、平板形状のガラスを加熱し、成型型に載置した状態で上方よりプレス手段によって押圧して曲げ成形する方法が挙げられる。

[0135] また、所望の湾曲面に対応する曲げ成形面を有する成型型に、平板形状のガラスを載置し、この状態で成型型を加熱炉内に搬入し、加熱炉内でガラスをガラス軟化点温度付近まで加熱する方法も挙げられる。この成形方法によれば、ガラスは、軟化に伴い自重によって成型型の曲げ成形面に沿って湾曲するため、所望の湾曲面を有する曲げガラスに製造される。

[0136] 本実施形態においては、生産性向上および成形後の面精度向上の観点から、上記プレス手段による曲げ成形が好ましい。上記プレス手段による曲げ成形方法は特に制限されず、例えば、国際公開第2016/093031号等に記載の方法を適宜採用できる。以下、上記プレス手段による曲げ成形方法について、例示的に説明する。

[0137] まず、本実施形態のガラスを搬送コンベア等でプレスエリアまで搬送する。つづいて、プレスエリアにおいて、ガラスを曲げ成形可能な温度に加熱して軟化させる。

[0138] ここで、曲げ成形可能な温度としては、例えば、ガラス粘度が $10^{12}$  [dPa·s] となる温度 $T_{12}$ 以上である。なお、当該加熱は、搬送コンベア等でプレスエリアまで搬送する過程で、加熱炉でヒータなどにより行ってもよい。

[0139] また、加熱温度 ( $\geq T_{12}$ ) を維持した条件における曲げ成形時間としては、例えば、1秒以上に設定できる。

[0140] プレスエリアの所定位置には、プレス用下型（雌型）とプレス用上型（雄型）とが配設されており、雌型の上面形状および雄型の下面形状は、搬送方向や及び直交方向に曲げ成形されるガラスの湾曲形状に対応する。雌型は、

搬送コンベアの下方の待機位置と上方のプレス位置との間で昇降可能であり、搬送コンベアからガラスが移載された後、ガラスを載置された状態で、所定の上昇位置から搬送コンベアの上方のプレス位置まで上昇することで、ガラスがプレス成形される。

[0141] つづいて、プレス成形されたガラスを搬送シャトル等で冷却エリアへ搬送する。冷却エリアでは、ガラスに冷却エアを吹き付ける等によりガラスを冷却する。

[0142] 以上の工程により、曲げガラスを成形できる。なお上記では、本実施形態のガラスの曲げ成形について説明したが、後述する合わせガラスの状態で上記曲げ成形を行ってもよい。

[0143] [合わせガラス]

本実施形態に係る合わせガラスは、第1ガラス板と、第2ガラス板と、第1ガラス板と第2ガラス板の間に挟持される中間膜と、を有し、第1ガラス板が、本実施形態のガラスである。

[0144] 図3は、本実施形態の合わせガラス10の一例を示す図である。合わせガラス10は、第1ガラス板11と、第2ガラス板12と、第1ガラス板11と第2ガラス板12の間に挟持される中間膜13と、を有する。なお、本実施形態に係る合わせガラス10は、図3の態様に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変更が可能である。例えば、中間膜13は、図3に示すように1層で形成されてもよく、2層以上で形成されてもよい。また、本実施形態に係る合わせガラス10は、3枚以上のガラス板を有してもよく、その場合、隣り合うガラス板間に有機樹脂等を介してもよい。以下、本実施形態の合わせガラス10は、ガラス板が第1ガラス板11と第2ガラス板12の2枚のみを有し、中間膜13を挟持する構成として説明する。

[0145] 本実施形態の合わせガラスにおいて、曲げ成形性の観点から、第2ガラス板12は、本実施形態のガラスであることが好ましい。第1ガラス板11と第2ガラス板12が本実施形態のガラスである場合、第1ガラス板11および第2ガラス板12は同一組成のガラス板を用いてもよいし、異なる組成の

ガラス板を用いてもよい。

- [0146] 第2ガラス板12が本実施形態のガラスではない場合、当該ガラス板の種類は特に制限されず、車両用窓ガラス等に用いられる従来公知のガラス板が使用可能である。具体的には、アルカリアルミノシリケートガラス、アルカリアルミノボロシリケートガラス及びソーダライムガラス等が挙げられる。これらのガラス板は透明性が損なわれない程度に着色されてもよいし、着色されていなくてもよい。
- [0147] また、本実施形態において、第2ガラス板12は、 $Al_2O_3$ を1.0%以上含有するアルカリアルミノシリケートガラス、または $Al_2O_3$ を1.0%以上含有し $B_2O_3$ を1.0%以上含有するアルカリアルミノボロシリケートガラスでもよい。第2ガラス板12を上記アルカリアルミノシリケートガラスまたはアルカリアルミノボロシリケートガラスとすることで、後述する通り化学強化が可能となり、高強度化できる。
- [0148] 上記アルカリアルミノシリケートガラスおよびアルカリアルミノボロシリケートガラスは、耐候性、耐湿性および化学強化特性向上の観点から、 $Al_2O_3$ の含有量は5.0%以上がより好ましく、8.0%以上がさらに好ましく、10%以上が特に好ましい。また、ガラスの粘性を下げて製造を容易にする観点から、 $Al_2O_3$ の含有量は18%以下が好ましく、15%以下がより好ましい。
- [0149] 上記アルカリアルミノシリケートガラスおよびアルカリアルミノボロシリケートガラスは、化学強化の観点から、 $R_2O$ の含有量は10%以上が好ましく、12%以上がより好ましく、13%以上がさらに好ましい。また、耐湿性向上の観点から、 $R_2O$ の含有量は22%以下が好ましく、20%以下がより好ましく、18%以下がさらに好ましい。
- [0150] 上記アルカリアルミノボロシリケートガラスは、飛び石、車両のカギなどがガラスに接触した際の強度を高めるために、 $B_2O_3$ の含有量は2.0%以上が好ましく、3.0%以上がより好ましく、4.0%以上がさらに好ましい。また、アルカリアルミノボロシリケートガラスにおいて、化学耐久性や

耐候性向上の観点から、 $B_2O_3$ の含有量は9.0%以下が好ましく、8.0%以下がより好ましく、7.0%以下がさらに好ましい。

[0151] 上記アルカリアルミノシリケートガラスとしては、具体的には以下の組成のガラスが例示できる。各成分は酸化物基準のモル百分率表示で示される。

$$61\% \leq SiO_2 \leq 75\%$$

$$1.0\% \leq Al_2O_3 \leq 20\%$$

$$0.0\% \leq MgO \leq 15\%$$

$$0.0\% \leq CaO \leq 10\%$$

$$0.0\% \leq SrO \leq 1.0\%$$

$$0.0\% \leq BaO \leq 1.0\%$$

$$0.0\% \leq Li_2O \leq 15\%$$

$$2.0\% \leq Na_2O \leq 15\%$$

$$0.0\% \leq K_2O \leq 6.0\%$$

$$0.0\% \leq ZrO_2 \leq 4.0\%$$

$$0.0\% \leq TiO_2 \leq 1.0\%$$

$$0.0\% \leq Y_2O_3 \leq 2.0\%$$

$$10\% \leq R_2O \leq 25\%$$

$$0.0\% \leq RO \leq 20\%$$

( $R_2O$ は $Li_2O$ 、 $Na_2O$ および $K_2O$ の含有量の合計、 $RO$ は、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ 、および $BaO$ の含有量の合計を表す。)

[0152] 上記アルカリアルミノボロシリケートガラスとしては、具体的には以下の組成のガラスが例示できる。各成分は酸化物基準のモル百分率表示で示される。

$$61\% \leq SiO_2 \leq 75\%$$

$$1.0\% \leq Al_2O_3 \leq 20\%$$

$$1.0\% \leq B_2O_3 \leq 10\%$$

$$0.0\% \leq MgO \leq 15\%$$

$$0.0\% \leq CaO \leq 10\%$$

$$0.0\% \leq \text{SrO} \leq 1.0\%$$

$$0.0\% \leq \text{BaO} \leq 1.0\%$$

$$0.0\% \leq \text{Li}_2\text{O} \leq 15\%$$

$$2.0\% \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 15\%$$

$$0.0\% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 6.0\%$$

$$0.0\% \leq \text{ZrO}_2 \leq 4.0\%$$

$$0.0\% \leq \text{TiO}_2 \leq 1.0\%$$

$$0.0\% \leq \text{Y}_2\text{O}_3 \leq 2.0\%$$

$$10\% \leq \text{R}_2\text{O} \leq 25\%$$

$$0.0\% \leq \text{RO} \leq 20\%$$

( $\text{R}_2\text{O}$ は $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ および $\text{K}_2\text{O}$ の含有量の合計、 $\text{RO}$ は、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、および $\text{BaO}$ の含有量の合計を表す。)

[0153] また、本実施形態の合わせガラスにおいて、第2ガラス板12はソーダライムガラスでもよい。ソーダライムガラスとしては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を3.5%以下含有するソーダライムガラスでもよい。具体的には以下の組成のガラスが例示できる。各成分は酸化物基準のモル百分率表示で示される。

$$60\% \leq \text{SiO}_2 \leq 75\%$$

$$0.0\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 3.5\%$$

$$2.0\% \leq \text{MgO} \leq 11\%$$

$$2.0\% \leq \text{CaO} \leq 10\%$$

$$0.0\% \leq \text{SrO} \leq 3.0\%$$

$$0.0\% \leq \text{BaO} \leq 3.0\%$$

$$10\% \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 18\%$$

$$0.0\% \leq \text{K}_2\text{O} \leq 8.0\%$$

$$0.0\% \leq \text{ZrO}_2 \leq 4.0\%$$

$$0.0010\% \leq \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 5.0\%$$

[0154] 第1ガラス板11の厚みは2.5mm以上であることが好ましい。第1ガラス板11の厚みが2.5mm以上であることにより、高い破壊靱性値をも

つガラスの臨界衝突破壊速度を向上できる。第1ガラス板11の厚みは、2.8mm以上がより好ましく、2.9mm以上がさらに好ましく、3.0mm以上がよりさらに好ましく、3.1mm以上がことさらに好ましく、3.2mm以上がなおさらに好ましく、3.3mm以上が一層好ましく、3.4mm以上が特に好ましく、3.5mm以上が最も好ましい。

[0155] また、ガラスの重量増加にともなう燃費、電費の増加抑制の観点から、第1ガラス板11の厚みは、6.0mm以下であることが好ましく、5.5mm以下であることがより好ましく、5.0mm以下であることがさらに好ましく、4.8mm以下であることが特に好ましく、4.5mm以下であることが最も好ましい。

[0156] 第2ガラス板12の厚みは、0.50mm以上が好ましく、0.60mm以上がより好ましく、0.70mm以上がさらに好ましく、0.80mm以上が特に好ましく、0.90mm以上が特に好ましく、1.0mm以上が最も好ましい。第2ガラス板12の厚さが0.50mm以上であると、耐衝撃性の観点で好ましい。

[0157] また、第2ガラス板12の厚さは、2.0mm以下が好ましく、1.9mm以下がより好ましく、1.8mm以下がさらに好ましく、1.7mm以下が特に好ましく、1.6mm以下が特に好ましく、1.5mm以下が最も好ましい。第2ガラス板12の厚さが2.0mm以下であると、合わせガラス10の重量が大きくなり過ぎず、車両に用いた場合の燃費向上の点で好ましい。

[0158] また、第1ガラス板11と第2ガラス板12の厚みは同じであってもよく、異なってもよいが、第1ガラス板11が第2ガラス板12よりも厚いことが好ましい。なお、第1ガラス板11と第2ガラス板12の厚みの調整方法としてはフロート法やダウンドロー法を用いてガラスの厚みを調整する方法や、砥石を用いてガラスを厚み方向に研磨した後に酸化セリウムなどの研磨材を用いて鏡面状態にする方法などが挙げられる。成形もしくは研磨後の表面粗さRaは5.0nm以下が好ましく、2.0nm以下がより好まし

く、1.5 nm以下がさらに好ましく、1.0 nm以下が特に好ましく、0.50 nm以下が最も好ましい。

[0159] 本実施形態の合わせガラス10は、第1ガラス板11と第2ガラス板12の厚さは全面にわたって一定でもよく、第1ガラス板11と第2ガラス板12の一方または両方の厚さが漸減する楔形を構成する等、必要に応じて場所毎に変わってもよい。

[0160] 第1ガラス板11および第2ガラス板12の少なくとも一方は、強度を向上させるため、ガラス強化を行った化学強化ガラスでもよい。化学強化処理の方法は、上述したガラスの化学強化処理と同様である。化学強化ガラスは、例えば、上記アルカリアルミノシリケートガラスおよび上記アルカリアルミノボロシリケートガラスを化学強化処理したものが挙げられる。

[0161] 第1ガラス板11および第2ガラス板12の形状は、平板形状でもよいし、全面または一部に曲率を有する湾曲形状でもよい。第1ガラス板11および第2ガラス板12が湾曲している場合は、上下方向または左右方向のいずれか一方にのみ湾曲する単曲曲げ形状でもよいし、上下方向または左右方向の両方向に湾曲する複曲曲げ形状でもよい。第1ガラス板11および第2ガラス板12が複曲曲げ形状である場合は、上下方向と左右方向とで曲率半径が同じでもよいし、異なってもよい。第1ガラス板11および第2ガラス板12が湾曲している場合は、上下方向および/または左右方向の曲率半径は1000 mm以上が好ましい。第1ガラス板11および第2ガラス板12の主面の形状は、搭載される車両の窓開口部に適合する形状とされる。

[0162] 中間膜13は、上記第1ガラス板11と第2ガラス板12の間に挟持される。本実施形態の合わせガラス10は、中間膜13を備えることにより、第1ガラス板11と第2ガラス板12とを強固に接着させるとともに、飛散片がガラス板に衝突した際にその衝撃力を緩和できる。

[0163] 中間膜13としては、従来車両用の合わせガラスとして用いられている合わせガラスに一般的に採用されている種々の有機樹脂を使用できる。有機樹脂としては、例えば、ポリエチレン(PE)、エチレン酢酸ビニル共重合体

(EVA)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、メタクリル樹脂 (PMA)、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリブチレンテレフタレート (PBT)、セルロースアセテート (CA)、ジアリルフタレート樹脂 (DAP)、ユリア樹脂 (UP)、メラミン樹脂 (MF)、不飽和ポリエステル (UP)、ポリビニルブチラール (PVB)、ポリビニルホルマール (PVF)、ポリビニルアルコール (PVAL)、酢酸ビニル樹脂 (PVAc)、アイオノマー (IO)、ポリメチルペンテン (TPX)、塩化ビニリデン (PVDC)、ポリスルホン (PSF)、ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、メタクリル-スチレン共重合樹脂 (MS)、ポリアレート (PAR)、ポリアリルスルホン (PASF)、ポリブタジエン (BR)、ポリエーテルスルホン (PESF)、又はポリエーテルエーテルケトン (PEEK) 等が使用可能である。その中でも、透明性と固着性の観点から、EVA、PVBが好適であり、特にPVBは遮音性を付与し得るためより好ましい。

[0164] 中間膜13の厚さは、衝撃力緩和や遮音性の観点から、0.300mm以上が好ましく、0.500mm以上がより好ましく、0.700mm以上がさらに好ましい。また、中間膜13の厚さは、可視光透過率の低下抑制の観点から、1.00mm以下が好ましく、0.900mm以下がより好ましく、0.800mm以下がさらに好ましい。また、中間膜13の厚さは、0.300mm~1.00mmの範囲が好ましく、0.700mm~0.800mmの範囲がより好ましい。

[0165] 中間膜13は、厚さが全面にわたって一定でもよいし、必要に応じて場所毎に変わってもよい。

[0166] なお、中間膜13と、第1ガラス板11または第2ガラス板12との線膨張係数の差が大きいと、後述する加熱の工程を経て合わせガラス10を作製する場合に、合わせガラス10に割れや反りが生じ、外観不良を引き起こすおそれがある。したがって、中間膜13と、第1ガラス板11または第2ガラス板12との線膨張係数との差は、できるだけ小さい方が好ましい。中間

膜 1 3 と、第 1 ガラス板 1 1 または第 2 ガラス板 1 2 との線膨張係数との差は、各々、所定の温度範囲における平均線膨張係数同士の差で示してもよい。

[0167] 特に、中間膜 1 3 を構成する樹脂は、ガラス転移点が低いため、樹脂材料のガラス転移点以下の温度範囲で、所定の平均線膨張係数差を設定してもよい。なお、第 1 ガラス板 1 1 または第 2 ガラス板 1 2 と樹脂材料との線膨張係数の差は、樹脂材料のガラス転移点以下の、所定の温度により、設定してもよい。

[0168] また、中間膜 1 3 は、粘着剤を含む粘着剤層を用いてもよく、粘着剤としては特に限定されないが、例えばアクリル系粘着剤やシリコン系粘着剤等を使用できる。

中間膜 1 3 が粘着剤層である場合、第 1 ガラス板 1 1 と、第 2 ガラス板 1 2 との接合のプロセスにおいて加熱工程を経る必要がないため、上記の割れや反りが生じるおそれが少ない。

[0169] [その他の層]

本実施形態の合わせガラス 1 0 は、第 1 ガラス板 1 1、第 2 ガラス板 1 2、及び中間膜 1 3 以外の層（以下「その他の層」ともいう）を本発明の効果を損なわない範囲で備えてもよい。例えば、撥水機能、親水機能、防曇機能等を付与するコーティング層や、赤外線反射膜等を備えてもよい。

[0170] その他の層が設けられる位置は特に限定されず、合わせガラス 1 0 の表面に設けられてもよく、第 1 ガラス板 1 1、第 2 ガラス板 1 2、または中間膜 1 3 に挟持されるように設けられてもよい。また、本実施形態の合わせガラス 1 0 は、枠体等への取り付け部分や配線導体等を隠蔽する目的で、周縁部の一部または全部に帯状に配設される黒色セラミックス層等を備えてもよい。

[0171] 本実施形態の合わせガラス 1 0 は、第 1 ガラス板 1 1 を表面粗さ  $R_a$  が 5.0 nm 以下、厚みを 2.5 mm とし、先端曲率半径 200  $\mu$ m、頂角 120°、重さ 1.365 g のタングステンカーバイド超硬合金を第 1 ガラス板

11の面に衝突させたときの臨界衝突破壊速度が35 km/h以上であることが好ましい。臨界衝突破壊速度が35 km/h以上であることで、飛び石耐性が向上できる。臨界衝突破壊速度は36 km/h以上がより好ましく、37 km/h以上がさらに好ましく、38 km/h以上がよりさらに好ましく、39 km/h以上がなおさらに好ましく、40 km/h以上が特に好ましく、42 km/h以上が最も好ましい。臨界衝突破壊速度の上限は、例えば、120 km/h以下である。

[0172] また、本実施形態の合わせガラスは、先端曲率半径200  $\mu$ m、頂角120°、重さ1.365 gのタングステンカーバイド超硬合金を第1ガラス板11の面にぶつけたときの臨界衝突破壊速度が35 km/h以上であることが好ましい。臨界衝突破壊速度が35 km/h以上であることで、飛び石耐性をさらに向上できる。臨界衝突破壊速度は37 km/h以上がより好ましく、40 km/h以上がさらに好ましく、45 km/h以上がよりさらに好ましく、50 km/h以上がなおさらに好ましく、55 km/h以上が特に好ましく、60 km/h以上が最も好ましい。臨界衝突破壊速度の上限は、例えば、120 km/h以下である。

[0173] 第1ガラス板11、第2ガラス板12および中間膜13の厚みの合計が4.5 mm以上であることが好ましい。特に、本実施形態の合わせガラスが上記特性を有するとき、第1ガラス板11、第2ガラス板12および中間膜13の厚みの合計が4.5 mm以上であることが好ましい。厚みの合計が4.5 mm以上であることにより遮音性を向上できる。厚みの合計は、4.6 mm以上がより好ましく、4.7 mm以上がさらに好ましく、4.8 mm以上がより一層好ましく、4.9 mm以上が特に好ましく、5.0 mm以上が最も好ましい。また、軽量化の観点から、厚みの合計は、8.0 mm以下が好ましく、7.8 mm以下がより好ましく、7.6 mm以下がさらに好ましく、7.4 mm以下が特に好ましく、7.2 mm以下が特に好ましく、7.0 mm以下が最も好ましい。

[0174] なお、第1ガラス板11、第2ガラス板12および中間膜13の厚みの合

計が、場所によって異なる場合は、最も厚みが薄い箇所において、厚みの合計が4.5 mm以上であることが好ましい。

[0175] また、本実施形態の合わせガラスは、第1ガラス板の厚み $t_1$ と、前記第2ガラス板の厚み $t_2$ との比( $t_1/t_2$ )が1.5以上であることが好ましい。比( $t_1/t_2$ )が1.5以上であることにより高い臨界衝突破壊速度を達成できる。比( $t_1/t_2$ )は、2.0以上がより好ましく、2.5以上がさらに好ましく、3.0以上がより一層好ましく、3.5以上が特に好ましく、4.0以上が最も好ましい。また、曲げ成形後のガラスを合わせガラスにする際の曲率を近づけるために、比( $t_1/t_2$ )は、6.0以下が好ましく、5.5以下がより好ましく、5.0以下がさらに好ましい。

[0176] 本実施形態の合わせガラス10は、D65光源を用いてISO-9050:2003で定義される可視光透過率 $T_v$ は70%以上が好ましい。 $T_v$ は71%以上がより好ましく、72%以上がさらに好ましい。また、 $T_v$ は、例えば90%以下である。

[0177] 本実施形態の合わせガラス10は、ISO-13837:2008 convention Aで定義され、風速4 m/sで測定される全日射透過率 $T_{ts}$ は70%以下が好ましい。本実施形態に係る合わせガラス10の全日射透過率 $T_{ts}$ が70%以下であることで、十分な遮熱性が得られる。 $T_{ts}$ は68%以下がより好ましく、66%以下がさらに好ましい。また、 $T_{ts}$ は、例えば55%以上である。

[0178] 本実施形態の合わせガラス10の製造方法は、従来公知の合わせガラスと同様の方法で製造できる。例えば、第1ガラス板11、中間膜13、及び第2ガラス板12をこの順で積層し、加熱及び加圧する工程を経ることで、第1ガラス板11と第2ガラス板12とが中間膜13を介して接合された構成の合わせガラス10が得られる。

[0179] 本実施形態の合わせガラス10の製造方法は、例えば、第1ガラス板11及び第2ガラス板12をそれぞれ加熱・成形する工程を経た後に、中間膜13を第1ガラス板11及び第2ガラス板12の間に挿入し、加熱及び加圧す

る工程を経てもよい。このような工程を経ることで、第1ガラス板11と第2ガラス板12とが中間膜13を介して接合された構成の合わせガラス10としてもよい。

[0180] [用途]

本実施形態のガラスは、破壊韌性に優れており、かつ、曲げ成形性に優れるため、車両またはセンサーに備えられるガラスに好適に利用可能なものであり、より具体的には、車両における窓ガラスまたはセンサーのカバーガラスとして好適に利用可能なものである。

特に本実施形態のガラスは、破壊韌性に優れており、かつ、曲げ成形性に優れるため、車両における窓ガラス、具体的にはウィンドシールド、サイドガラス、リアガラス、ルーフガラスなどの部材に好適である。また、同様の観点から、特に車両や、ドローンなどの無人もしくは有人のeVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing aircraft) に搭載されるLiDAR、カメラ、ミリ波レーダなどのセンサーのカバーガラスとして好適に利用できる。

[0181] 以下、具体的な用途として、本実施形態のガラスを車両用の窓ガラスとして用いる場合の一例について、図面を参照しながら説明する。

[0182] 図4は、本実施形態のガラスを備える合わせガラス10が自動車100の前方に形成された開口部110に装着され、自動車の窓ガラスとして用いられた状態を表す概念図である。自動車の窓ガラスとして用いられる合わせガラス10には、車両の走行安全を確保するための、情報デバイス等が収納されたハウジング(ケース)120が、車両内部側の表面に取り付けられてもよい。

[0183] また、ハウジング内に収納される情報デバイスは、カメラやレーダ等を用いて車両の前方に存在する前方車、歩行者、障害物等への追突、衝突防止やドライバーに危険を知らせるためのデバイスである。例えば情報受信デバイスおよび/又は情報送信デバイス等であり、ミリ波レーダ、ステレオカメラ、赤外線レーザー等が含まれ、信号の送受信を行う。当該「信号」とは、ミ

り波、可視光、赤外光等を含む電磁波のことである。

[0184] 図5は、図4におけるS部分の拡大図であり、本実施形態の合わせガラス10にハウジング120が取り付けられている部分を示す斜視図である。ハウジング120には、情報デバイスとしてミリ波レーダ201およびステレオカメラ202が格納されている。情報デバイスを格納したハウジング120は、通常バックミラー150よりも車外側、合わせガラス10よりも車内側に取り付けられるが、他の部分に取り付けられてもよい。

[0185] 図6は、図5のY-Y線を含み水平線と直交する方向における断面図である。合わせガラス10は、第1ガラス板11が車外側に配置されることが好ましい。上記構成とすることにより、軽量で破壊靱性に優れたウィンドシールドを実現できる。また、本実施形態のガラスは低粘性であるため、ウィンドシールドを製造する際の曲げ成形が容易である。

[0186] 以上説明したように、本明細書には以下の構成が開示されている。

<1>酸化物基準のモル%表示で、

$\text{SiO}_2$  : 60~72%

$\text{Al}_2\text{O}_3$  : 3.0~9.0%

$\text{B}_2\text{O}_3$  : 0.0~4.0%

$\text{MgO}$  : 3.0~15%

$\text{CaO}$  : 0.0~5.0%

$\text{SrO}$  : 0.0~5.0%

$\text{BaO}$  : 0.0~2.0%

$\text{Li}_2\text{O}$  : 1.0~10%

$\text{Na}_2\text{O}$  : 6.0~16%

$\text{K}_2\text{O}$  : 0.0~3.0%

$\text{ZrO}_2$  : 0.0~1.0%

$\text{TiO}_2$  : 0.0~1.0%

$\text{Y}_2\text{O}_3$  : 0.0~1.0%

$\text{R}_2\text{O}$  : 11~25%

RO : 7.0 ~ 20%

(ただし、ROはMgO、CaO、SrO、BaOから選ばれる少なくとも1種、R<sub>2</sub>OはLi<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oから選ばれる少なくとも1種である)を含有するガラス。

<2>ヤング率が75GPa以上である、<1>に記載のガラス。

<3>SEPB法で測定される破壊靱性値K<sub>1C</sub>が0.76MPa・m<sup>1/2</sup>以上である、<1>または<2>に記載のガラス。

<4>屈伏点が670℃以下である、<1>~<3>のいずれか1つに記載のガラス。

<5>下記式で算出されるH値とL値との比(H/L)が0.10以下である、<1>~<4>のいずれか1つに記載のガラス。

$$H = [K_2O] + [CaO] + [SrO] + [BaO] + [ZrO_2] + [TiO_2] + [Y_2O_3]$$
$$L = [SiO_2] + [Al_2O_3] + [MgO] + [Li_2O] + [Na_2O]$$

(ただし、[]は、該括弧内の各成分の酸化物基準のモル%表示の含有量を意味する。)

<6>SEPB法で測定される破壊靱性値K<sub>1C</sub>が0.80MPa・m<sup>1/2</sup>以上である、<5>に記載のガラス。

<7>表面粗さRaを5.0nm以下、厚みを2.5mmとしたとき、先端曲率半径200μm、頂角120°、重さ1.365gのタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が35km/h以上である、<1>~<6>のいずれか1つに記載のガラス。

<8>先端曲率半径200μm、頂角120°、重さ1.365gのタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が53km/h以上である、<1>~<6>のいずれか1つに記載のガラス。

<9>厚みが2.5mm以上である、<1>~<8>のいずれか1つに記載のガラス。

<10><1>~<9>のいずれか1つに記載のガラスを備える、車両用窓

ガラス。

<11><1>~<9>のいずれか1つに記載のガラスを備える、センサー用ガラス。

<12>第1ガラス板と、第2ガラス板と、前記第1ガラス板と前記第2ガラス板の間に挟持される中間膜とを有し、

前記第1ガラス板が、<1>~<9>のいずれか1つに記載のガラスである、合わせガラス。

<13>前記第1ガラス板の表面粗さ $R_a$ を $5.0\text{nm}$ 以下、厚みを $2.5\text{mm}$ とし、前記第1ガラス板の面に先端曲率半径 $200\mu\text{m}$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365\text{g}$ のタンゲステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $35\text{km/h}$ 以上である、<12>に記載の合わせガラス。

<14>前記第1ガラス板の面に、先端曲率半径 $200\mu\text{m}$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365\text{g}$ のタンゲステンカーバイド超硬合金を、衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $53\text{km/h}$ 以上である、<12>に記載の合わせガラス。

<15>前記第1ガラス板、前記第2ガラス板、および前記中間膜の厚みの合計が $4.5\text{mm}$ 以上である、<12>~<14>のいずれか1つに記載の合わせガラス。

<16>前記第1ガラス板の厚み $t_1$ と、前記第2ガラス板の厚み $t_2$ との比( $t_1/t_2$ )が $1.5$ 以上である、<12>~<15>のいずれか1つに記載の合わせガラス。

<17>第1ガラス板と、第2ガラス板と、前記第1ガラス板と前記第2ガラス板の間に挟持される中間膜とを有し、

前記第1ガラス板及び前記第2ガラス板が、<1>~<9>のいずれか1つに記載のガラスである、合わせガラス。

<18>前記第2ガラス板が、ソーダライムガラスである、<12>~<16>のいずれか1つに記載の合わせガラス。

<19>前記第2ガラス板が、アルミノシリケートガラスである、<12>~<16>のいずれか1つに記載の合わせガラス。

<20>前記第2ガラス板は、化学強化処理が施されている、<12>~<16>のいずれか1つに記載の合わせガラス。

### 実施例

[0187] 以下に、実施例を挙げて本発明を具体的に説明するが、本発明はこれに限定されない。

[0188] <例1~例18のガラス板の作製>

表1に示すガラス組成(単位: mol%)となるように、白金坩堝に原料を投入して1600℃~1650℃の温度で3時間熔融し熔融ガラスとした。熔融ガラスをカーボン板上に流し出し、徐冷した。得られた板状ガラスの両面を研磨し、厚さ2.00mmのガラス板を得た。例1~例11は実施例であり、例12~例18は比較例である。

[0189] 上記で得られたガラス板に対して、下記の評価を行い、結果を下記表1~表2に示した。なお、表中の空欄は未測定を示す。

[0190] (1) 温度 $T_2$ 、温度 $T_4$  :

ガラスの溶解性の基準となる、ガラス粘度 $\eta$ が $10^2 \text{ dPa}\cdot\text{s}$ となるときの温度 $T_2$ と、ガラス粘度 $\eta$ が $10^4 \text{ dPa}\cdot\text{s}$ となる温度 $T_4$ を、回転粘度計を用いて測定した。

[0191] (2) ガラス転移温度( $T_g$ ) :

示差熱膨張計(TMA)を用いて測定した値であり、JIS R3103-3(2001年度)の規格により求めた。

[0192] (3) 屈伏点 :

示差熱膨張計(TMA)を用いて測定した値であり、 $T_g$ 以上の温度において熱膨張曲線が屈伏する温度を屈伏点とした。

[0193] (4) 50~350℃の平均線膨張係数( $\text{CTE}_{50-350}$ ) :

示差熱膨張計(TMA)を用いて測定し、JIS R3102(1995年度)の規格より求めた。

[0194] (5) 密度：

ガラス板から切り出した、泡を含まない約20gのガラス塊をアルキメデス法によって測定した。

[0195] (6) ヤング率：

JIS R1602：1995「ファインセラミックスの弾性率試験方法」に基づき、超音波パルス法（オリンパス、DL35）により25℃で測定した。

[0196] (7) 剛性率：

JIS R1602：1995「ファインセラミックスの弾性率試験方法」に基づき、超音波パルス法（オリンパス、DL35）により25℃で測定した。

[0197] (8) ポアソン比：

JIS R1602：1995「ファインセラミックスの弾性率試験方法」に基づき、超音波パルス法（オリンパス、DL35）により25℃で測定した。

[0198] (9) 破壊靱性値@SEPB法

上記で得られたガラス板に対してJIS R1607：2015「ファインセラミックスの破壊じん（靱）性試験方法」に基づき、予き裂導入破壊試験法（SEPB法：Single-Edge-Pre-cracked-Beam method）を用いて測定した。

[0199] (10) 表面破壊エネルギー

上記で得られたヤング率および破壊靱性値を用いて、上記式（1）により算出した。

[0200]

[表1]

	例1	例2	例3	例4	例5	例6	例7	例8	例9	例10	例11	例12	例13	例14	例15	例16	例17	例18
mol%																		
SiO <sub>2</sub>	69.0	65.0	68.0	67.0	67.0	69.0	69.0	69.0	68.0	68.0	68.0	69.6	55.0	60.0	58.9	65.1	65.3	66.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.0	9.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.9	9.0	12.0	18.7	15.2	15.2	15.2
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MgO	4.0	8.0	10.0	11.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	10.0	9.0	7.1	4.0	15.0	13.0	0.0	0.0	3.8
CaO	4.0	0.0	0.0	1.0	2.0	1.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	9.1	4.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0
SiO	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0
BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Li <sub>2</sub> O	1.0	8.0	8.0	7.0	6.0	5.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	7.3	7.2
Na <sub>2</sub> O	11.0	10.0	9.0	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	12.0	14.0	12.6	16.0	10.0	2.0	7.8	7.5	7.8
K <sub>2</sub> O	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.0	2.0	4.6	0.0	0.0	0.0
ZrO <sub>2</sub>	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO <sub>2</sub>	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
R <sub>2</sub> O	13	18	17	15	14	13	12	12	13	15	17	13	22	12	7	15	15	15
RO	12	8	10	12	14	13	14	15	15	13	11	16	8	15	16	5	0	4
H(-[ZrO <sub>2</sub> ]-[TiO <sub>2</sub> ]-[V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ]-[CaO]-[SrO]-[BaO]-[K <sub>2</sub> O])	12	0	0	1	2	1	2	3	3	3	2	10	16	3	7	5	5	0
L(=[SiO <sub>2</sub> ]-[Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]-[MgO]-[Li <sub>2</sub> O]-[NaO])	88	100	100	99	98	99	98	97	97	97	98	90	84	97	93	95	95	100
H/L	0.14	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.11	0.19	0.03	0.08	0.05	0.05	0.00
MgO/RO	0.33	1.00	1.00	0.92	0.86	0.92	0.86	0.80	0.80	0.77	0.82	0.44	0.50	1.00	0.82	0.00	-	1.00
Li <sub>2</sub> O/R <sub>2</sub> O	0.08	0.44	0.47	0.47	0.43	0.38	0.17	0.17	0.23	0.20	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.49	0.48
(Li <sub>2</sub> O-Na <sub>2</sub> O)/R <sub>2</sub> O	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.73	0.83	0.30	1.00	1.00	1.00
T <sub>2</sub> [°C]	1511					1533				1456	1471	1421						
T <sub>4</sub> [°C]	1064					1095				1058	1039	1025						
T <sub>g</sub> [°C]	572	524	507	531	538	553	588	571	554	530	512	549	600	700	702	603	654	632
屈伏点 [°C]	653	603	579	609	609	630	665	649	625	600	586	620	674			685	732	725
CTE <sub>0-300</sub> [×10 <sup>-7</sup> /°C]	86	89	87	82	79	75	77	79	83	86	95	91	115		56			
密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	2.66	2.46	2.45	2.46	2.48	2.45	2.46	2.47	2.48	2.48	2.47	2.51	2.70	2.53	2.54	2.55	2.45	2.43
ヤング率 [GPa]	80	83	82	83	84	82	79	80	81	79	77	74	80	81		80	79	82
剛性率 [GPa]	33	34	33	34	34	34	33	33	33	32	31	30	32					
比弾性率 [MNm/kg]	30	34	33	34	34	33	32.2	32.2	32.5	31.8	31.1	30	30					
ポアソン比 [-]	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.24			0.23	0.22	0.22
破壊靱性値@SEPB法 [MPa · m <sup>1/2</sup> ]		0.82				0.85				0.78	0.77	0.75						
表面破壊エネルギー [J/m <sup>2</sup> ]		3.9				4.2				3.7	3.7	3.6						

表1

[0201] 実施例である例1～11のガラスは、ヤング率が75GPa以上と高く、

破壊靱性に優れるガラスであることがわかった。また、屈伏点が670℃以下であるため粘性が低く、曲げ成形性に優れたガラスであった。

一方、比較例である例12は、 $Al_2O_3$ が3.0%未満であり、 $CaO$ が5.0%超であり、 $Li_2O$ が1.0%未満であったため、実施例と比してヤング率および破壊靱性値が低かった。また、比較例である例13は、 $SiO_2$ が60%未満であり、 $Li_2O$ が1.0%未満であり、 $K_2O$ が3.0%超であり、 $TiO_2$ が1.0%超であり、 $Y_2O_3$ が1.0%超であるため、屈伏点が高かった。また、比較例である例14は、 $Al_2O_3$ が9.0%超であり、 $Li_2O$ が1.0%未満であったため、 $T_g$ が高かった。屈伏点は $T_g$ よりも高くなるため、例14の屈伏点は700℃よりも高く、曲げ成形性に劣ることがわかった。また、比較例である例15は、 $SiO_2$ が60%未満であり、 $Al_2O_3$ が9.0%超であり、 $Li_2O$ が1.0%未満であり、 $Na_2O$ が6.0%未満であり、 $K_2O$ が3.0%超であり、 $R_2O$ が11%未満であるため、 $T_g$ が高かった。屈伏点は $T_g$ よりも高くなるため、例15の屈伏点は702℃よりも高く、曲げ成形性に劣ることがわかった。また、比較例である例16、18は、 $Al_2O_3$ が9.0%超であり、 $RO$ が7.0%未満であるため、屈伏点が高かった。また、比較例である例17は、 $Al_2O_3$ が9.0%超であり、 $RO$ が7.0%未満であり、 $TiO_2$ が1.0%超であるため、屈伏点が高かった。

#### [0202] <合わせガラスの作製>

以下の手順で試験例1～試験例3の合わせガラスを製造した。試験例1～試験例3は比較例であり、試験例4～7は実施例である。

#### [0203] (試験例1)

第1ガラス板および第2ガラス板として、厚さ2.0mm、表面粗さ $R_a$ が2.0nm以下の表1の例13に示す組成を有するガラスを使用した。中間膜として、厚さ0.78mmのポリビニルブチラール(PVB)を使用した。第1ガラス板、中間膜、第2ガラス板をこの順で積層し、120℃で15分間の予備接着を実施した後、130℃、1MPaの条件で圧着を実施し

た。その後90分間かけて室温、大気圧に戻すことで試験例1の合わせガラスを作製した。試験例1の合わせガラスは、第1ガラス板、第2ガラス板および中間膜の総厚は4.8mmであり、第1ガラス板の厚み $t_1$ と第2ガラス板の厚み $t_2$ との比( $t_1/t_2$ )は1.0であった。

[0204] (試験例2)

第1ガラス板および第2ガラス板の厚みを表2に記載の値に変更した以外は、試験例1と同様にして合わせガラスを作製した。

[0205] (試験例3)

第1ガラス板の厚みを表2に記載の値に変更し、第2ガラス板として、厚さ0.7mmのソーダライムガラス(AGC社製、型番:AS2)を使用した以外は、試験例1と同様にして合わせガラスを作製した。

[0206] (試験例4~7)

第1ガラス板の種類を表2に記載のもの(いずれも表面粗さRaは2.0nm以下)に変更した以外は、試験例3と同様にして合わせガラスを作製した。

[0207] 上記で得られた合わせガラス板に対して、下記の手順によって臨界衝突破壊速度 $V_{crt}$ を測定した。

<手順>

先端曲率半径 $200\mu\text{m}$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365\text{g}$ のタングステンカーバイド超硬合金を $20\text{km/h}$ 以上の速度で射出し、第1ガラス板の面に衝突させた。この衝突時に合わせガラスの断面から高速度カメラでタングステンカーバイド超硬合金の衝突で生じるき裂の進展過程を観察した。射出速度を変えながら当該試験を実施し、第1ガラス板の表面で生じたき裂が進展し、タングステンカーバイド超硬合金を衝突させた面とは反対の第1ガラス板の面まで到達したときを割れと判断して、その際の衝突速度を臨界衝突破壊速度 $V_{crt}$ とした。

[0208]

[表2]

表2

		試験例 1	試験例 2	試験例 3	試験例 4	試験例 5	試験例 6	試験例 7
第1ガラス板	ガラス種	例1 2	例1 2	例1 2	例2	例6	例1 0	例1 1
	厚み [mm]	2.0	3.0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
中間膜	中間膜種	PVB	PVB	PVB	PVB	PVB	PVB	PVB
	厚み [mm]	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
第2ガラス板	ガラス種	例1 2	例1 2	ソーダライム	ソーダライム	ソーダライム	ソーダライム	ソーダライム
	厚み [mm]	2.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
合わせガラスの総厚 [mm]		4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
第1ガラス板の厚み $t_1$ と 第2ガラス板の厚み $t_2$ の比 ( $t_1/t_2$ )		1.0	3.0	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
臨界衝突破壊速度 $V_{crit}$ [km/h]		28	44	52	60	62	54	53

[0209] 実施例である試験例4～7の合わせガラスは、比較例と比して臨界衝突破

壊速度が高かった。

[0210] なお、本出願は、2023年4月28日出願の日本特願2023-075162に基づくものであり、その内容は本出願の中に参照として援用される。

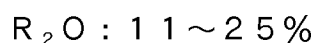
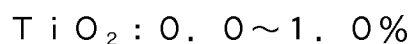
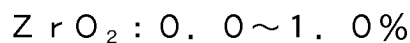
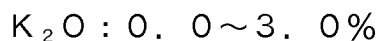
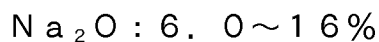
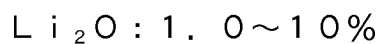
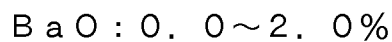
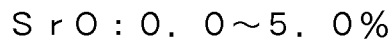
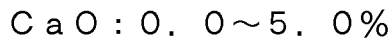
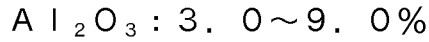
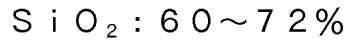
### 符号の説明

- [0211] 10 合わせガラス  
11 第1ガラス板  
12 第2ガラス板  
13 中間膜  
100 自動車  
110 開口部  
120ハウジング  
150 バックミラー  
201 ミリ波レーダ  
202 ステレオカメラ  
300 電波

## 請求の範囲

[請求項1]

酸化物基準のモル%表示で、



(ただし、ROはMgO、CaO、SrO、BaOから選ばれる少なくとも1種、R<sub>2</sub>OはLi<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oから選ばれる少なくとも1種である)を含有するガラス。

[請求項2]

ヤング率が75GPa以上である、請求項1に記載のガラス。

[請求項3]

SEPB法で測定される破壊靱性値 $K_{IC}$ が $0.76\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上である、請求項2に記載のガラス。

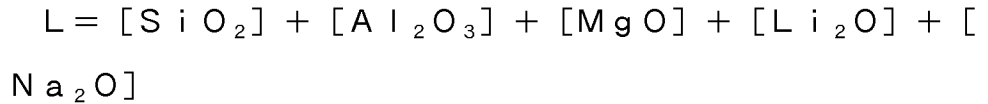
[請求項4]

屈伏点が670℃以下である、請求項1に記載のガラス。

[請求項5]

下記式で算出されるH値とL値との比(H/L)が0.10以下である、請求項4に記載のガラス。

$$H = [\text{K}_2\text{O}] + [\text{CaO}] + [\text{SrO}] + [\text{BaO}] + [\text{ZrO}_2] + [\text{TiO}_2] + [\text{Y}_2\text{O}_3]$$



(ただし、 $[\ ]$  は、該括弧内の各成分の酸化物基準のモル%表示の含有量を意味する。)

- [請求項6] SEPB法で測定される破壊靱性値 $K_{IC}$ が $0.80 MPa \cdot m^{1/2}$ 以上である、請求項5に記載のガラス。
- [請求項7] 表面粗さ $R_a$ を $5.0 nm$ 以下、厚みを $2.5 mm$ としたとき、先端曲率半径 $200 \mu m$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365 g$ のタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $35 km/h$ 以上である、請求項1に記載のガラス。
- [請求項8] 先端曲率半径 $200 \mu m$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365 g$ のタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $53 km/h$ 以上である、請求項1に記載のガラス。
- [請求項9] 厚みが $2.5 mm$ 以上である、請求項8に記載のガラス。
- [請求項10] 請求項1～9のいずれか1項に記載のガラスを備える、車両用窓ガラス。
- [請求項11] 請求項1～9のいずれか1項に記載のガラスを備える、センサー用ガラス。
- [請求項12] 第1ガラス板と、第2ガラス板と、前記第1ガラス板と前記第2ガラス板の間に挟持される中間膜とを有し、  
前記第1ガラス板が、請求項1～9のいずれか1項に記載のガラスである、合わせガラス。
- [請求項13] 前記第1ガラス板の表面粗さ $R_a$ を $5.0 nm$ 以下、厚みを $2.5 mm$ とし、前記第1ガラス板の面に先端曲率半径 $200 \mu m$ 、頂角 $120^\circ$ 、重さ $1.365 g$ のタングステンカーバイド超硬合金を衝突させたときの臨界衝突破壊速度が $35 km/h$ 以上である、請求項12に記載の合わせガラス。
- [請求項14] 前記第1ガラス板の面に、先端曲率半径 $200 \mu m$ 、頂角 $120^\circ$

、重さ1.365gのタングステンカーバイド超硬合金を、衝突させたときの臨界衝突破壊速度が53km/h以上である、請求項12に記載の合わせガラス。

[請求項15] 前記第1ガラス板、前記第2ガラス板、および前記中間膜の厚みの合計が4.5mm以上である、請求項14に記載の合わせガラス。

[請求項16] 前記第1ガラス板の厚み $t_1$ と、前記第2ガラス板の厚み $t_2$ との比( $t_1/t_2$ )が1.5以上である、請求項12に記載の合わせガラス。

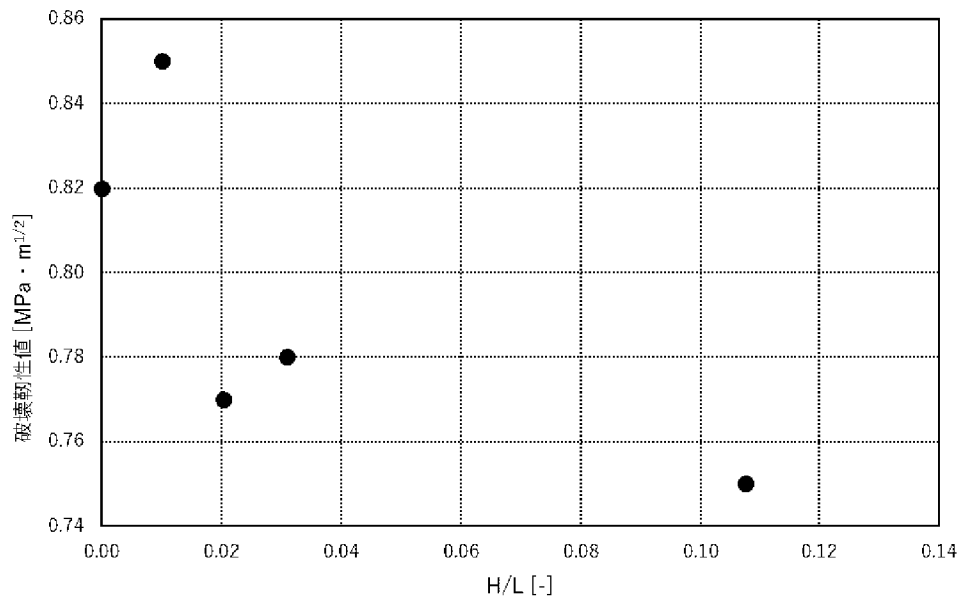
[請求項17] 第1ガラス板と、第2ガラス板と、前記第1ガラス板と前記第2ガラス板の間に挟持される中間膜とを有し、  
前記第1ガラス板及び前記第2ガラス板が、請求項1～9のいずれか1項に記載のガラスである、合わせガラス。

[請求項18] 前記第2ガラス板が、ソーダライムガラスである、請求項12に記載の合わせガラス。

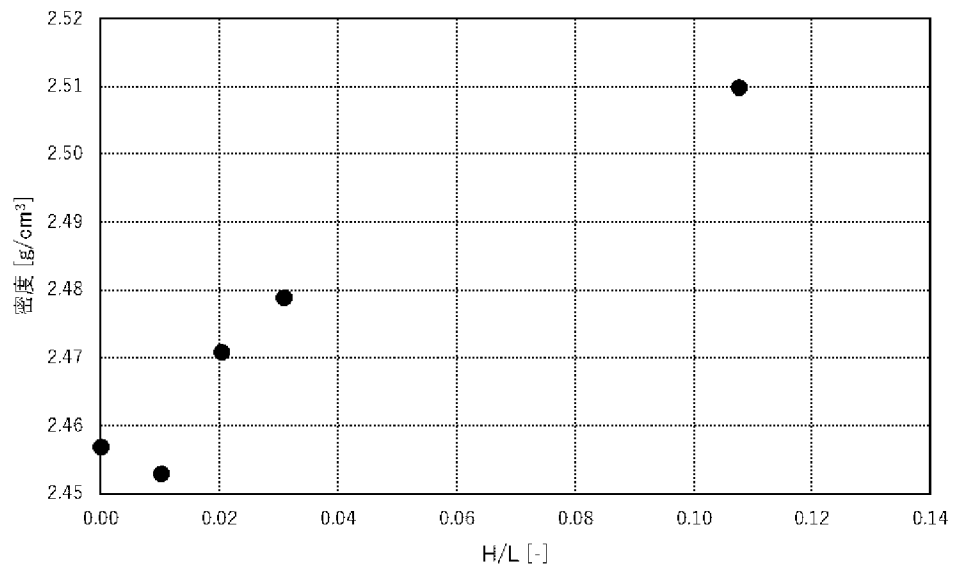
[請求項19] 前記第2ガラス板が、アルミノシリケートガラスである、請求項12に記載の合わせガラス。

[請求項20] 前記第2ガラス板は、化学強化処理が施されている、請求項12に記載の合わせガラス。

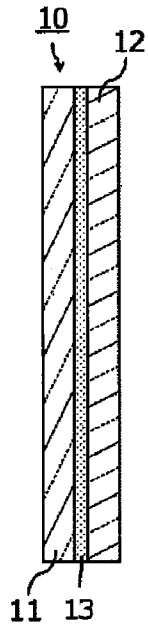
[図1]



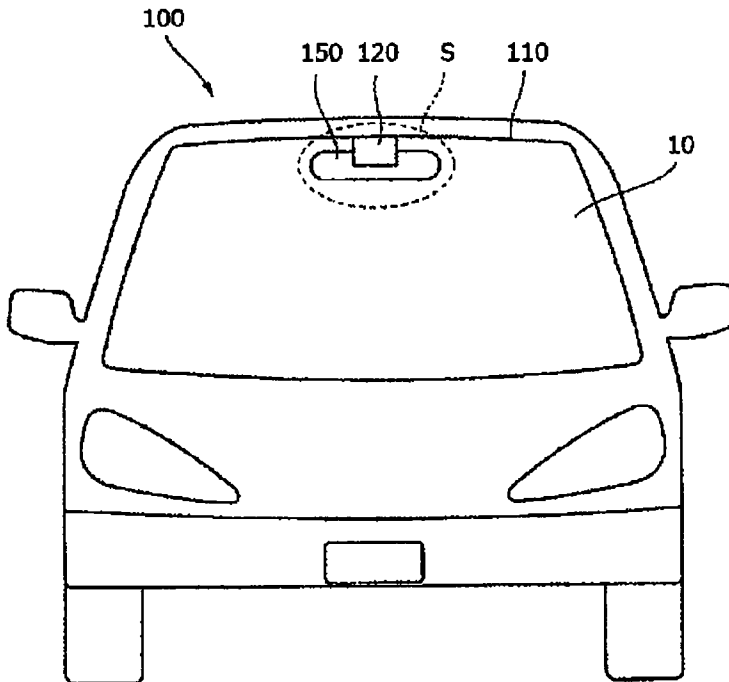
[図2]



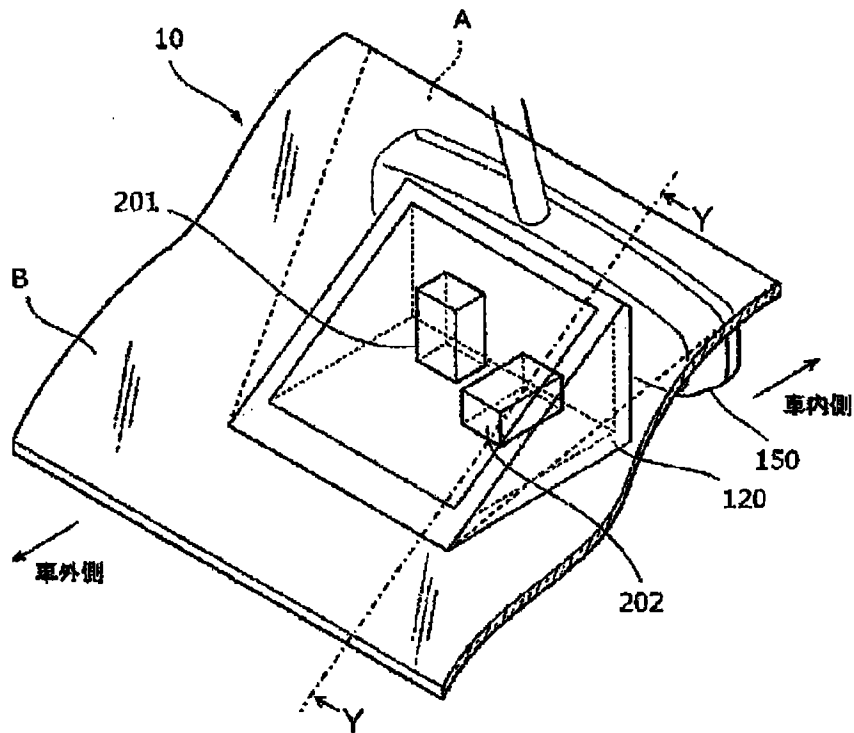
[図3]



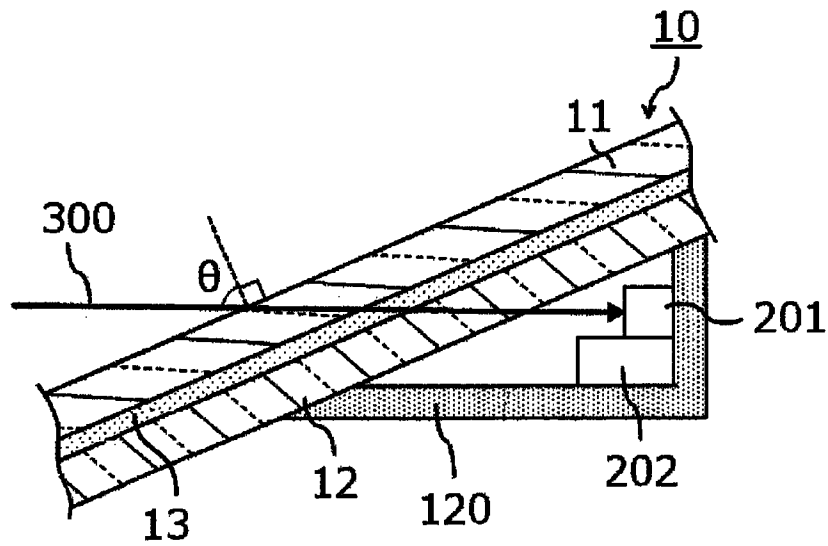
[図4]



[図5]



[図6]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/014902

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<p><i>C03C 3/085</i>(2006.01)i; <i>B60J 1/00</i>(2006.01)i; <i>C03C 3/087</i>(2006.01)i; <i>C03C 3/091</i>(2006.01)i; <i>C03C 3/093</i>(2006.01)i; <i>C03C 3/095</i>(2006.01)i; <i>C03C 21/00</i>(2006.01)i; <i>C03C 27/12</i>(2006.01)i  FI: C03C3/085; B60J1/00 J; C03C3/087; C03C3/091; C03C3/093; C03C3/095; C03C21/00 101; C03C27/12</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C03C1/00-14/00; B60J1/00; C03C21/00; C03C27/12		
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) INTERGLAD		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005-247656 A (TOYO SASAKI GLASS CO., LTD.) 15 September 2005 (2005-09-15) paragraph [0020], example 10	1-20
X	JP 2015-501280 A (CORNING INC.) 15 January 2015 (2015-01-15) example J	1-9
A		10-20
X	JP 2006-160546 A (HITACHI, LTD.) 22 June 2006 (2006-06-22) examples 11, 13	1-9
A		10-20
X	JP 11-199267 A (ASAHI GLASS COMPANY, LIMITED) 27 July 1999 (1999-07-27) examples 1-3	1-9
A		10-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“D” document cited by the applicant in the international application</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>29 May 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>11 June 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2024/014902**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/024283 A1 (NIPPON SHEET GLASS COMPANY, LIMITED) 04 March 2010 (2010-03-04) example 7	1-8
A		9-20
A	WO 2018/199299 A1 (AGC INC.) 01 November 2018 (2018-11-01) entire text	1-20
A	JP 2020-525379 A (CORNING INC.) 27 August 2020 (2020-08-27) entire text	1-20

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2024/014902**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2005-247656	A	15 September 2005	(Family: none)	
JP	2015-501280	A	15 January 2015	US 2013/0101853 example J	A1
				EP 2771293	A1
				CN 104066695	A
				KR 10-2014-0084175	A
				WO 2013/063002	A2
JP	2006-160546	A	22 June 2006	US 2006/0119249 examples 11, 13	A1
				CN 1787039	A
JP	11-199267	A	27 July 1999	(Family: none)	
WO	2010/024283	A1	04 March 2010	US 2011/0151261 example 7	A1
				EP 2325147	A1
				KR 10-2011-0044874	A
				CN 102131742	A
WO	2018/199299	A1	01 November 2018	US 2020/0031708 entire text	A1
				CN 110573466	A
JP	2020-525379	A	27 August 2020	US 2018/0370843 entire text	A1
				EP 3642029	A1
				CN 111093977	A
				KR 10-2020-0023396	A
				WO 2018/237266	A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C03C 3/085(2006.01)i; B60J 1/00(2006.01)i; C03C 3/087(2006.01)i; C03C 3/091(2006.01)i; C03C 3/093(2006.01)i; C03C 3/095(2006.01)i; C03C 21/00(2006.01)i; C03C 27/12(2006.01)i FI: C03C3/085; B60J1/00 J; C03C3/087; C03C3/091; C03C3/093; C03C3/095; C03C21/00 101; C03C27/12		
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）） C03C1/00-14/00; B60J1/00; C03C21/00; C03C27/12 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） INTERGLAD		
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 2005-247656 A（東洋佐々木ガラス株式会社）15.09.2005（2005 - 09 - 15） [0020], 実施例10	1-20
X	JP 2015-501280 A（コーニング インコーポレイテッド）15.01.2015（2015 - 01 - 15） 実施例J	1-9
A		10-20
X	JP 2006-160546 A（株式会社日立製作所）22.06.2006（2006 - 06 - 22） 例11, 13	1-9
A		10-20
X	JP 11-199267 A（旭硝子株式会社）27.07.1999（1999 - 07 - 27） 例1-3	1-9
A		10-20
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的技术水準を示すもの “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	29.05.2024	国際調査報告の発送日 11.06.2024
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）  三村 潤一郎 4T 1964  電話番号 03-3581-1101 内線 3465	

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
X	WO 2010/024283 A1 (日本板硝子株式会社) 04.03.2010 (2010 - 03 - 04)	1-8
A	実施例7	9-20
A	WO 2018/199299 A1 (AGC株式会社) 01.11.2018 (2018 - 11 - 01)	1-20
A	JP 2020-525379 A (コーニング インコーポレイテッド) 27.08.2020 (2020 - 08 - 27)	1-20

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/JP2024/014902

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2005-247656 A	15.09.2005	(ファミリーなし)	
JP 2015-501280 A	15.01.2015	US 2013/0101853 A1 実施例J EP 2771293 A1 CN 104066695 A KR 10-2014-0084175 A WO 2013/063002 A2	
JP 2006-160546 A	22.06.2006	US 2006/0119249 A1 例11, 13 CN 1787039 A	
JP 11-199267 A	27.07.1999	(ファミリーなし)	
WO 2010/024283 A1	04.03.2010	US 2011/0151261 A1 実施例7 EP 2325147 A1 KR 10-2011-0044874 A CN 102131742 A	
WO 2018/199299 A1	01.11.2018	US 2020/0031708 A1 全文 CN 110573466 A	
JP 2020-525379 A	27.08.2020	US 2018/0370843 A1 全文 EP 3642029 A1 CN 111093977 A KR 10-2020-0023396 A WO 2018/237266 A1	