

(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
2023年10月5日(05.10.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/190982 A1

- (51) 国際特許分類:
C03C 13/00 (2006.01) G10K 11/162 (2006.01)
C03C 13/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/013383
- (22) 国際出願日: 2023年3月30日(30.03.2023)
- (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 2022-057491 2022年3月30日(30.03.2022) JP
- (71) 出願人: 日本板硝子株式会社 (NIPPON SHEET GLASS COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒1086321 東京都港区三田三丁目5番27号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 藤原 浩輔 (FUJIWARA Kosuke); 〒1086321 東京都港区三田三丁目5番27号 日本板硝子株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 鎌田 耕一 (KAMADA Koichi); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁目3番25号 梅田プラザビル別館8階 Osaka (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, 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))

(54) Title: GLASS FIBERS

(54) 発明の名称: ガラス繊維

(57) Abstract: The present disclosure provides novel glass fibers which are suitable for mass production, while being suitable for use as a thermal insulation material and/or a sound absorbing material. The present disclosure provides glass fibers which contain a glass composition that contains, in mass%, $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75$, $0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4$, $5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15$, $5 \leq \text{CaO} \leq 30$ and $0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20$, or alternatively a glass composition that contains, in mass%, $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75$, $0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4$, $0.1 \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 20$, $9 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20$ and $5 \leq \text{ZrO}_2 \leq 20$.

(57) 要約: 本開示は、断熱材および/または吸音材としての使用に適し、かつ量産にも適した、新たなガラス繊維を提供する。本開示は、質量%で表示して、 $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75$ 、 $0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4$ 、 $5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15$ 、 $5 \leq \text{CaO} \leq 30$ 、 $0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20$ の成分を含有するガラス組成物、または $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75$ 、 $0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4$ 、 $0.1 \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 20$ 、 $9 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20$ 、 $5 \leq \text{ZrO}_2 \leq 20$ の成分を含有する、ガラス組成物を含むガラス繊維を提供する。



WO 2023/190982 A1

明 細 書

発明の名称： ガラス繊維

技術分野

[0001] 本発明は、断熱材および／または防音材としての使用に適したガラス繊維に関する。

背景技術

[0002] グラスウールは、ガラスを綿状に繊維化したガラス短繊維の集積体であり、内部に多くの空気層を含むため、断熱性能や吸音性能に優れ、建築物・車両などの断熱・吸音材として用いられている。また、グラスウールは燃えることがなく、不燃材料としても用いられる。特許文献1には、このようなグラスウール用のガラス繊維として、ソーダライムガラスやAガラスが好ましいことが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-141248号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ソーダライムガラスやAガラスのようないわゆる板ガラス組成には、耐水性が不十分であり、ガラス繊維の断熱や防音の性能を徐々に低下させるという問題がある。化学的耐久性に優れたガラス組成としてはCガラス組成が知られている。しかし、Cガラス組成は、三酸化二ホウ素 (B_2O_3) を4～6質量%程度含有する。 B_2O_3 は、ガラス原料の熔融時に飛散しやすく、熔融窯の炉壁や蓄熱窯を浸食する。このため、上記程度に B_2O_3 を含むガラス組成は、それを製造する装置の寿命に影響を及ぼしうる。そこで、本発明は、断熱材および／または吸音材としての使用に適し、かつ量産にも適した、新たなガラス繊維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

[0005] 本発明は、断熱材および／または吸音材用のガラス繊維であって、質量％で表示して、

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$5 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20、$$

の成分を含有する、ガラス組成物を含む、ガラス繊維を提供する。

[0006] 本発明は、その別の側面から、断熱材および／または吸音材用のガラス繊維であって、

質量％で表示して、

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4、$$

$$0.1 \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 20、$$

$$9 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20、$$

$$5 \leq \text{ZrO}_2 \leq 20、$$

の成分を含有する、ガラス組成物を含む、ガラス繊維を提供する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、断熱材および／または吸音材における使用に適し、かつ量産にも適した、新たなガラス繊維が提供される。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本発明の実施形態を説明するが、以下の説明は本発明を特定の実施形態に限定する趣旨ではない。本明細書において、「実質的に含有しない」および「実質的に含有されない」は、含有率が、0.1質量％未満、0.05質量％未満、0.01質量％未満、さらに0.005質量％未満、特に0.003質量％未満、場合によっては0.001質量％未満であることを意味する。「実質的に」は、ガラス原料、製造装置、成形装置などに由来する微量の不純物の含有を許容する趣旨である。「主成分」は、質量基準で含有

率が最も大きい成分を意味する。「 $T - Fe_2O_3$ 」は、三酸化二鉄 (Fe_2O_3) に換算した全酸化鉄を意味する。「アルカリ金属酸化物」は、酸化リチウム (Li_2O)、酸化ナトリウム (Na_2O) および酸化カリウム (K_2O) を意味する。以下に述べる含有率の上限及び下限は、任意に組み合わせることができる。

[0009] なお、「断熱材および／または吸音材用のガラス繊維」は、詳細には、「断熱材および吸音材からなる群より選択される少なくとも1つとして使用されるガラス繊維」の意味である。

[0010] <ガラス組成物の成分>

(ガラス組成A)

ガラス組成物の一例(以下、ガラス組成A)は、質量%で表示して、

$$50 \leq SiO_2 \leq 75、$$

$$0 \leq B_2O_3 \leq 4、$$

$$5 \leq Al_2O_3 \leq 15、$$

$$5 \leq CaO \leq 30、$$

$$0 \leq (Li_2O + Na_2O + K_2O) \leq 20、$$

の成分を含有する。

[0011] ガラス組成Aにおける二酸化ケイ素 (SiO_2) の含有率は、55質量%以上72質量%以下でありうる。酸化アルミニウム (Al_2O_3) の含有率は、5質量%以上14質量%以下でありうる。酸化カルシウム (CaO) の含有率は、5質量%以上28質量%以下でありうる。三酸化二ホウ素 (B_2O_3) の含有率は、0.1質量%以上4質量%以下でありうる。ガラス組成Aは、 B_2O_3 を実質的に含有しない組成でありうる。アルカリ金属酸化物の含有率の合計 ($Li_2O + Na_2O + K_2O$) は、0.1質量%以上20質量%以下でありうる。ガラス組成Aは、アルカリ金属酸化物を実質的に含有しない組成でありうる。ガラス組成Aは、上述した各成分以外の成分を実質的に含有しなくてもよい。

[0012] (ガラス組成Aの具体例)

以下に、より具体的なガラス組成Aとして、組成A-1~A-4を例示する。

[0013] (組成A-1)

組成A-1は、質量%表示で以下の成分を含有する。

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$10 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 12$$

$$0 \leq \text{T-Fe}_2\text{O}_3 \leq 5$$

[0014] ガラス組成A-1を有するガラス組成物は、耐熱性に優れ、高温に過熱されたときの変形が抑制されるとともに、化学的耐久性に優れる。

[0015] ガラス組成A-1における各成分について、以下に説明する。

(SiO₂)

SiO₂は、ガラスの骨格を形成する成分であり、組成A-1の主成分である。また、SiO₂は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分であり、耐酸性を向上させる成分である。SiO₂の含有率は、50質量%以上67質量%以下、特に55質量%以上65質量%以下であるが、SiO₂の含有率の下限は、56質量%以上でありうるし、57質量%以上、58質量%以上、59質量%以上でありうるし、60質量%より大きくてもよい。SiO₂の含有率の上限は、64質量%以下でありうるし、63質量%以下でありうる。

[0016] (B₂O₃)

B₂O₃は、ガラスの骨格を形成する成分である。また、B₂O₃は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分でもある。B₂O₃の含有率の下限は、0.1質量%以上でありうる。B₂O₃の含有率の上限は、2質量%未満であ

りうるし、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下でありうる。B₂O₃の含有率の上限は、0.1質量%以下であってもよい。組成A-1はB₂O₃を実質的に含有しなくてもよい。

[0017] (Al₂O₃)

Al₂O₃は、ガラスの骨格を形成する成分である。また、Al₂O₃は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分でもあり、ガラスの耐水性を向上させる成分である。さらに、Al₂O₃は、ガラスのヤング率および耐熱性を向上させる成分である。一方で、過度のAl₂O₃の含有は、ガラスの耐酸性を低下させる。Al₂O₃の含有率が5質量%以上15質量%以下では、ガラスの製造が難しくなるようなガラスの失透温度の上昇が抑えられるとともに、ガラスの耐酸性が高くなる。また、ガラスの融点が過度に高くなることなく、原料を熔融する際の均一性が増す。Al₂O₃の含有率の下限は、6質量%以上でありうるし、7質量%以上、8質量%以上、8.5質量%以上、9質量%以上、9.5質量%以上、10質量%以上、10.5質量%以上、11質量%以上、さらには11.1質量%以上でありうる。Al₂O₃の含有率の上限は、14質量%以下でありうるし、13質量%以下、12.5質量%以下、12質量%未満、さらには11.9質量%以下でありうる。

[0018] (SiO₂-Al₂O₃)

ガラスの耐酸性向上の観点からは、SiO₂の含有率からAl₂O₃の含有率を引いた値(SiO₂-Al₂O₃)の下限は、45質量%以上、47質量%以上、48質量%超、48.5質量%以上、49質量%超でありうるし、さらには49.5質量%以上でありうる。また、(SiO₂-Al₂O₃)の上限は、57質量%以下でありうるし、56質量%以下、55質量%以下、54質量%以下、53.5質量%以下、53質量%以下、さらには52質量%以下でありうる。

[0019] (SiO₂-B₂O₃-Al₂O₃)

ガラスの耐酸性向上の観点からは、SiO₂の含有率からB₂O₃の含有率を引いてさらにAl₂O₃の含有率を引いた値(SiO₂-B₂O₃-Al₂O₃)の下限

は、45質量%以上、46質量%以上、47質量%以上、48質量%超、48.5質量%以上、49質量%超でありうるし、さらには49.5質量%以上でありうる。また、 $(\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3)$ の上限は、56質量%以下でありうるし、55質量%以下、54質量%以下、53質量%以下、53.5質量%以下、52質量%以下、さらには51質量%以下でありうる。

[0020] (MgO、CaO)

MgOおよびCaOは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。また、MgOおよびCaOは、ヤング率を向上させる成分でもある。MgOの含有率は、1質量%以上10質量%以下であるが、下限は、1.5質量%以上、1.8質量%以上、さらには2質量%以上でありうる。MgOの含有率の上限は、8質量%以下、6質量%以下、5質量%以下、4.5質量%以下、さらには4質量%以下でありうる。

[0021] CaOの含有率が10質量%以上30質量%以下では、失透温度の過度な上昇を抑制しながらガラスの失透温度および熔融時の粘度を、ガラス組成物の製造に適した範囲とすることができる。CaOの含有率の下限は、15質量%以上でありうるし、16質量%以上、17質量%以上、18質量%以上、さらに19質量%以上、場合によっては20質量%以上でありうる。CaOの含有率の上限は、28質量%以下でありうるし、27質量%以下、26質量%以下、25質量%以下、さらには24質量%以下でありうる。

[0022] (MgO+CaO)

ガラスの熔融性や成形性に関し、MgOおよびCaOの含有率の和(MgO+CaO)の値が重要となる。ガラスの製造に適した熔融性や成形性を得る観点からは、(MgO+CaO)の下限は、8質量%以上、9質量%以上、9.5質量%以上、10質量%以上、10.5質量%以上、11質量%以上、11.5質量%以上、12質量%以上、13質量%以上、13.5質量%以上、14質量%以上、14.5質量%以上、15質量%以上、16質量%以上、17質量%以上、18質量%以上、19質量%以上、20質量%以上、21質量%以上、22質量%以上でありうる。また、(MgO+CaO

)の上限は、40質量%以下が好ましく、35質量%以下、32質量%以下、30質量%以下、29質量%以下、28質量%以下、27質量%以下、26.5質量%以下、26質量%以下、25質量%以下、24質量%以下、23質量%以下でありうる。

[0023] (SrO)

組成A-1は酸化ストロンチウム(SrO)をさらに含有しうる。SrOは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。一方で、過度のSrOの含有はガラスの耐酸性を低下させる。SrOの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.5質量%以上、1質量%以上、2質量%以上、3質量%以上、4質量%以上、5質量%以上、6質量%以上、7質量%以上、さらには8質量%以上でありうる。SrOの含有率の上限は、15質量%以下でありうるし、12質量%以下、10質量%以下、8質量%以下、6質量%以下、5質量%以下、4質量%以下、3質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下でありうる。SrOの含有率の上限は、0.1質量%以下であってもよい。組成A-1はSrOを実質的に含有しなくてもよい。

[0024] (MgO+CaO+SrO)

ガラスの熔融性や成形性に関し、MgO、CaOおよびSrOの含有率の合計(MgO+CaO+SrO)の値が重要となる。ガラスの製造に適した熔融性や成形性を得る観点からは、(MgO+CaO+SrO)の下限は、15質量%以上が好ましく、18質量%以上、20質量%以上、21質量%以上、22質量%以上、23質量%以上、24質量%以上、25質量%以上、26質量%以上、27質量%以上、28質量%以上でありうる。また、(MgO+CaO+SrO)の上限は、40質量%以下が好ましく、38質量%以下、36質量%以下、35質量%以下、34質量%以下でありうる。

[0025] (BaO)

組成A-1は酸化バリウム(BaO)をさらに含有しうる。BaOは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。一方で、過度のB

a Oの含有はガラスの耐酸性を低下させる。Ba Oの含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、5質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成A-1はBa Oを実質的に含有しなくてもよい。

[0026] (Mg O + Ca O + Sr O + Ba O)

ガラスの熔融性や成形性に関し、Mg O、Ca O、Sr OおよびBa Oの含有率の合計(Mg O + Ca O + Sr O + Ba O)の値が重要となる。ガラスの製造に適した熔融性や成形性を得る観点からは、(Mg O + Ca O + Sr O + Ba O)の下限は、15質量%以上が好ましく、18質量%以上、20質量%以上、21質量%以上、22質量%以上、23質量%以上、24質量%以上、25質量%以上、26質量%以上、27質量%以上、28質量%以上でありうる。また、(Mg O + Ca O + Sr O + Ba O)の上限は、40質量%以下が好ましく、38質量%以下、36質量%以下、35質量%以下、34質量%以下でありうる。

[0027] (Zn O)

組成A-1は酸化亜鉛(Zn O)をさらに含有しうる。また、組成A-1に含まれた場合にZn Oは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。ただしZn Oは、その原料が相対的に高価であることから、その含有率は低いほうがよい。組成A-1においてZn Oの含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、5質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成A-1はZn Oを実質的に含有しなくてもよい。

[0028] (Li₂O、Na₂O、K₂O)

アルカリ金属酸化物(Li₂O、Na₂O、K₂O)は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。アルカリ金属酸化物の含有率の合計(Li₂O + Na₂O + K₂O)の値が0質量%以上4質量%以下では、失透温度の過度な上昇を抑制しながら熔融ガラスの失透温度および粘度を、ガラスの製造に適した範囲とすることができる。また、ガラスの融点の上昇を抑え、ガ

ラス原料のより均一な熔融を実施できながらも、ガラス転移温度が過度に低下することなく、高いガラスの耐熱性を確保できる。さらに、ガラスの耐酸性が高くなる。 $(Li_2O + Na_2O + K_2O)$ の下限は、0質量%より大きくてもよいし、0.1質量%以上でありうる。 $(Li_2O + Na_2O + K_2O)$ の上限は、3質量%以下でありうるし、2質量%以下、2質量%未満でありうる。

$(Li_2O + Na_2O + K_2O)$ の値を0.1質量%以下としてもよい。組成A-1はアルカリ金属酸化物を実質的に含有しなくてもよい。 Li_2O 、 Na_2O 、および K_2O のそれぞれは任意成分である。言い換えるとこれらの各成分の含有率の下限は0であってもよい。

[0029] 酸化リチウム (Li_2O) の含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.2質量%以上、0.3質量%以上、さらには0.4質量%以上でありうる。 Li_2O の含有率の上限は、4質量%以下でありうるし、3質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、さらには1質量%以下でありうる。

[0030] 酸化ナトリウム (Na_2O) の含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.2質量%以上でありうる。 Na_2O の含有率の上限は、4質量%以下でありうるし、3質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、さらには1質量%以下でありうる。

[0031] 酸化カリウム (K_2O) の含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.2質量%以上でありうる。 K_2O の含有率の上限は、4質量%以下でありうるし、3質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、さらには1質量%以下でありうる。

[0032] (TiO_2)

組成A-1は二酸化チタン (TiO_2) をさらに含有しうる。 TiO_2 は、ガラスの熔融性および化学的耐久性を向上させ、ガラスの紫外線吸収特性を向上させる成分である。また、 TiO_2 は、ガラスの耐酸性や耐水性を向上させる成分である。ただし TiO_2 は、その原料が相対的に高価であることから、その含有率は低いほうがよい。 TiO_2 の含有率の下限は、0.1質量%以上でありうる。 TiO_2 の含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、5質

量%以下、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、0.3質量%以下、さらには0.2質量%以下でありうる。組成A-1はTiO₂を実質的に含有しなくてもよい。

[0033] (ZrO₂)

組成A-1は酸化ジルコニウム(ZrO₂)をさらに含有しうる。ZrO₂は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。また、ZrO₂は、ガラスの耐酸性や耐アルカリ性を向上させる成分である。さらに、ZrO₂は、ガラスのヤング率および耐熱性を向上させる成分である。ただしZrO₂は、その原料が相対的に高価であることから、その含有率は低いほうがよい。ZrO₂の含有率の上限は、7質量%以下でありうるし、6質量%以下、5質量%以下、4質量%以下、3質量%以下、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成A-1はZrO₂を実質的に含有しなくてもよい。

[0034] (Fe)

組成A-1は三酸化二鉄(Fe₂O₃)をさらに含有しうる。鉄(Fe)は、通常、Fe²⁺またはFe³⁺の状態で存在する。Fe³⁺はガラスの紫外線吸収特性を高める成分であり、Fe²⁺はガラスの熱線吸収特性を高める成分である。Feは、意図的に含ませなくとも、工業用原料により不可避免的に混入する場合がある。Feの含有量が少なければ、ガラスの着色を防止することができる。Feの含有率の上限は、T-Fe₂O₃により表示して5質量%以下でありうるし、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、0.4質量%以下、0.3質量%以下、0.2質量%以下、さらには0.1質量%以下、0.1質量%未満、0.08質量%以下、0.05質量%以下、0.04質量%以下、さらには0.03質量%以下でありうる。Feの含有率の下限は、T-Fe₂O₃により表示して0.01質量%以上、0.05質量%以上、0.1質量%以上、さらに0.2質量%以上でありうる。特にアルカリ金属酸化物の含有率が低いガラス組成において、微量の酸化鉄はガラスの清澄の促進に寄与しうる。

[0035] (F₂、Cl₂)

組成A-1はフッ素(F₂)および塩素(Cl₂)をさらに含有しうる。F₂は、揮発し易いため、溶融時に飛散する可能性があるとともに、ガラス中の含有量を管理し難いという問題もある。F₂の含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、0.2質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成A-1はF₂を実質的に含有しなくてもよい。

[0036] Cl₂は、揮発し易いため、溶融時に飛散する可能性があるとともに、ガラス中の含有量を管理し難いという問題もある。Cl₂の含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、0.2質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成A-1はCl₂を実質的に含有しなくてもよい。

[0037] 組成A-1は、次段落以降に質量%表示で記載する好ましい組成を有しうる。

[0038] $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67$ 、
 $0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2$ 、
 $5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15$ 、
 $45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57$ 、
 $1 \leq \text{MgO} \leq 10$ 、
 $15 \leq \text{CaO} \leq 30$ 、
 $0 \leq \text{T-Fe}_2\text{O}_3 \leq 5$ 、

の成分を含有し、アルカリ金属酸化物を実質的に含有しない組成。

[0039] $57 \leq \text{SiO}_2 \leq 67$ 、
 $0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2$ 、
 $5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15$ 、
 $45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57$ 、
 $1 \leq \text{MgO} \leq 10$ 、
 $15 \leq \text{CaO} \leq 30$ 、

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 4、$$

$$0 \leq \text{T} - \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する組成。

[0040] $55 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$

$$0.1 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$15 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 4、$$

$$0 \leq \text{T} - \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する組成。

[0041] $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$10 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$1 \leq \text{SrO} \leq 15、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 4、$$

$$0 \leq \text{T} - \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する組成。

[0042] 以上の各組成において、 $0 \leq \text{ZnO} \leq 2$ 、がさらに成立する組成。

[0043] 以上の各組成（ただし、 $0.1 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2$ が成立する組成を除く）において、 B_2O_3 を実質的に含有しない組成。

[0044] （組成A-2）

組成A-2は、質量%表示で以下の成分を含有する。

$$65 < \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq B_2O_3 < 2、$$

$$5 \leq Al_2O_3 \leq 15、$$

$$50 < (SiO_2 - Al_2O_3) \leq 60、$$

$$1 \leq MgO \leq 10、$$

$$10 \leq CaO \leq 25、$$

$$0 \leq (Li_2O + Na_2O + K_2O) \leq 4、$$

$$0 \leq T - Fe_2O_3 \leq 5$$

[0045] ガラス組成A-2を有するガラス繊維は、耐熱性に優れ、高温に過熱されたときの変形が抑制されるとともに、化学的耐久性、特に耐酸性、に優れる。

[0046] ガラス組成A-2における各成分について、以下に説明する。ただし、各成分の役割について、ガラス組成A-1と重複する記載は割愛する。

[0047] (SiO₂)

SiO₂は、組成A-2においても主成分である。SiO₂の含有率は、65質量%より大きく75質量%以下であるが、下限は、66質量%以上でありうる。SiO₂の含有率の上限は、72質量%以下でありうるし、70質量%以下、69質量%以下、68質量%以下、さらには67質量%以下でありうる。

[0048] (B₂O₃) (Al₂O₃)

組成A-2において、B₂O₃およびAl₂O₃の含有率は、組成A-1と同様の上限及び下限を有しうる。

[0049] (SiO₂ - Al₂O₃)

組成A-2では、ガラスの耐酸性向上の観点から、SiO₂の含有率からAl₂O₃の含有率を引いた値(SiO₂ - Al₂O₃)の下限は、50質量%超でありうるし、51質量%以上、52質量%以上、さらには53質量%超でありうる。また、(SiO₂ - Al₂O₃)の上限は、60質量%以下でありうるし、59質量%以下、58質量%以下、さらに57質量%以下でありうる。

[0050] (MgO、CaO)

組成A-2において、MgOの含有率は組成A-1と同様の上限及び下限を有しうる。

[0051] 組成A-2において、CaOの含有率は10質量%以上25質量%以下である。CaOの含有率の下限は、12質量%以上でありうるし、13質量%以上、14質量%以上、さらには15質量%より大きいことがありうる。CaOの含有率の上限は、23質量%以下でありうるし、22質量%以下、21質量%以下、さらには20質量%以下でありうる。

[0052] (SrO)

組成A-2はSrOをさらに含有しうる。組成A-2において、SrOの含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、5質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%未満でありうる。組成A-2はSrOを実質的に含有しなくてもよい。

[0053] (BaO)

組成A-2はBaOをさらに含有しうる。組成A-2においてBaOの含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-2はBaOを実質的に含有しなくてもよい。

[0054] (ZnO)

組成A-2はZnOをさらに含有しうる。組成A-2においてZnOの含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-2はZnOを実質的に含有しなくてもよい。

[0055] (Li₂O、Na₂O、K₂O)

組成A-2において、アルカリ金属酸化物の含有率の合計(Li₂O+Na₂O+K₂O)は0質量%以上4質量%以下である。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の下限は、0.1質量%以上でありうるし、1質量%以上、1.5質量%以上、さらには2質量%以上でありうる。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の上限は、3.5質量%以下でありうるし、3質量%以下でありうる。組成A-2はアルカリ金属酸化物を実質的に含有しなくてもよい。Li₂O、Na₂O、お

よび K_2O のそれぞれは任意成分である。言い換えるとこれらの各成分の含有率の下限は0であってもよい。

[0056] 組成A-2では、 Li_2O が、上述したアルカリ金属酸化物に基づく効果について特に高い寄与を示す。この観点からは、組成A-2における Li_2O の含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.5質量%以上、さらには1質量%以上でありうる。 Li_2O の含有率の上限は、4質量%以下でありうるし、3質量%以下、2.5質量%以下でありうるし、2質量%以下でありうる。

[0057] 組成A-2において、 Na_2O および K_2O の含有率は、組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。

[0058] (TiO_2)

組成A-2は TiO_2 をさらに含有しうる。組成A-2において TiO_2 の含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-2は TiO_2 を実質的に含有しなくてもよい。

[0059] (ZrO_2)

組成A-2は ZrO_2 をさらに含有しうる。組成A-2において ZrO_2 の含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-2は ZrO_2 を実質的に含有しなくてもよい。

[0060] (Fe) (F_2 , Cl_2)

組成A-2は上記各成分をさらに含有しうる。これら各成分の好ましい含有率その他は、組成A-1と同様であるため、記載を省略する。

[0061] (組成A-3)

組成A-3は、質量%表示で以下の成分を含有する。

$$60 \leq SiO_2 \leq 75、$$

$$0 \leq B_2O_3 \leq 4、$$

$$5 \leq Al_2O_3 \leq 15、$$

$$47 \leq (SiO_2 - Al_2O_3) \leq 60、$$

$$1 \leq MgO \leq 10、$$

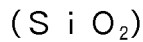
$$10 \leq \text{CaO} \leq 25、$$

$$4 < (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < 9$$

$$0 \leq \text{T-Fe}_2\text{O}_3 \leq 5$$

[0062] ガラス組成A-3を有するガラス繊維は、耐熱性に優れ、高温に過熱されたときの変形が抑制されるとともに、化学的耐久性、特に耐酸性、に優れる。

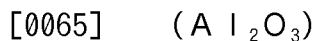
[0063] ガラス組成A-3における各成分について、以下に説明する。ただし、各成分の役割について、ガラス組成A-1またはA-2と重複する記載は割愛する。



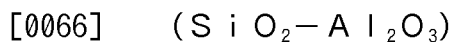
SiO₂は、組成A-3においても主成分である。SiO₂の含有率は、60質量%以上 75質量%以下であるが、下限は、62質量%以上でありうるし、63質量%以上、64質量%以上、さらには65質量%より大きいことがありうる。SiO₂の含有率の上限は、72質量%以下でありうるし、70質量%以下、69質量%以下、68質量%以下、さらには67質量%以下でありうる。



B₂O₃は、ガラスの骨格を形成する成分である。また、B₂O₃は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分でもある。B₂O₃の含有率の下限は、0.1質量%以上でありうる。B₂O₃の含有率の上限は、4質量%以下でありうるし、3質量%以下、2質量%未満、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下でありうる。B₂O₃の含有率の上限は、0.1質量%以下であってもよい。組成A-1はB₂O₃を実質的に含有しなくてもよい。



組成A-3において、Al₂O₃の含有率は、組成A-1と同様の上限及び下限を有しうる。



組成A-3では、ガラスの耐酸性向上の観点から、SiO₂の含有率からA

I_2O_3 の含有率を引いた値 ($\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$) の下限は、47質量%以上、49質量%超、50質量%超、51質量%以上、52質量%以上、さらに53質量%超でありうる。また、($\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$) の上限は、60質量%以下でありうるし、59質量%以下、58質量%以下、さらには57質量%以下でありうる。

[0067] (MgO 、 CaO)

組成A-3において、 MgO の含有率は組成A-1と同様の上限及び下限を有しうる。

[0068] 組成A-3において、 CaO の含有率は10質量%以上25質量%以下である。 CaO の含有率の下限は、12質量%以上でありうるし、13質量%以上、14質量%以上、さらには15質量%より大きいことありうる。 CaO の含有率の上限は、23質量%以下でありうるし、21質量%以下、20質量%以下、19質量%以下、さらには18質量%以下でありうる。

[0069] ($\text{MgO} + \text{CaO}$)

組成A-3においてガラス組成物の成形し易さを重視する場合、 MgO および CaO の含有率の和 ($\text{MgO} + \text{CaO}$) を11質量%以上35質量%以下とすることができる。組成A-3では、アルカリ金属酸化物の含有率の合計と MgO および CaO の含有率の合計とが適切な範囲にあることによって、失透温度の過度な上昇を抑制しながら、ガラスの失透温度および熔融時の粘度をガラス組成物の製造に適した範囲とすることができる。また、ガラスの高い耐酸性を確保できる。 $(\text{MgO} + \text{CaO})$ の下限は、13質量%以上でありうるし、14質量%超、15質量%以上、16質量%以上、さらには17質量%超でありうる。 $(\text{MgO} + \text{CaO})$ の上限は、30質量%以下でありうるし、28質量%以下、26質量%以下、25質量%以下、さらには24質量%以下でありうる。

[0070] (SrO)

組成A-3は SrO をさらに含有しうる。組成A-3において SrO の含有率は組成A-2と同様の上限および下限を有しうる。組成A-3は SrO

を実質的に含有しなくてもよい。

[0071] (BaO)

組成A-3はBaOをさらに含有しうる。組成A-3においてBaOの含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-3はBaOを実質的に含有しなくてもよい。

[0072] (ZnO)

組成A-3はZnOをさらに含有しうる。組成A-3においてZnOの含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-3はZnOを実質的に含有しなくてもよい。

[0073] (Li₂O、Na₂O、K₂O)

組成A-3において、アルカリ金属酸化物の含有率の合計(Li₂O+Na₂O+K₂O)は4質量%より大きく9質量%未満である。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の下限は、4.5質量%以上でありうるし、5質量%以上でありうる。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の上限は、8.5質量%以下でありうるし、8質量%以下、7.5質量%以下、さらに7質量%以下でありうる。Li₂O、Na₂O、およびK₂Oのそれぞれは任意成分である。言い換えるとこれらの各成分の含有率の下限は0であってもよい。

[0074] 組成A-3では、Li₂Oが、上述したアルカリ金属酸化物に基づく効果について特に高い寄与を示す。この観点からは、組成A-3におけるLi₂Oの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.5質量%以上、さらには1質量%以上でありうる。Li₂Oの含有率の上限は、3質量%以下でありうるし、2質量%以下でありうる。

[0075] 組成A-3において、Na₂Oの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.2質量%以上、0.5質量%以上、1質量%以上、1.5質量%以上、さらに2質量%以上でありうる。Na₂Oの含有率の上限は、8質量%以下、7質量%以下、さらに6質量%以下でありうる。

[0076] 組成A-3において、K₂Oの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.2質量%以上、0.3質量%以上でありうる。K₂Oの含有率の上

限は、3質量%以下でありうるし、2質量%以下、さらには1質量%以下でありうる。

[0077] (TiO₂)

組成A-3はTiO₂をさらに含有しうる。組成A-3においてTiO₂の含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-3はTiO₂を実質的に含有しなくてもよい。

[0078] (ZrO₂)

組成A-3はZrO₂をさらに含有しうる。組成A-3においてZrO₂の含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-3はZrO₂を実質的に含有しなくてもよい。

[0079] (Fe) (F₂, Cl₂)

組成A-3は上記各成分をさらに含有しうる。これら各成分の好ましい含有率その他は、組成A-1と同様であるため、記載を省略する。

[0080] (組成A-4)

組成A-4は、質量%表示で以下の成分を含有する。

$$60 \leq \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$47 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 60、$$

$$5 \leq \text{CaO} \leq 20、$$

$$6 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20、$$

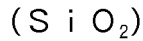
$$9 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20$$

$$0 \leq \text{T-Fe}_2\text{O}_3 \leq 5$$

[0081] ガラス組成A-4を有するガラス組成物は、さらに、耐熱性および化学的耐久性に優れる。

[0082] ガラス組成A-4における各成分について、以下に説明する。ただし、各成分の役割について、ガラス組成A-1~A-3と重複する記載は割愛する。

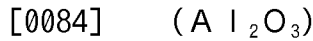
。



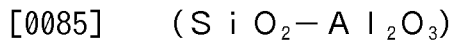
SiO_2 は、組成A-4においても主成分である。組成A-4において、 SiO_2 の含有率は、組成A-3と同様の上限及び下限を有しうる。



組成A-4において、 B_2O_3 の含有率は、組成A-3と同様の上限及び下限を有しうる。



組成A-4において、 Al_2O_3 の含有率は、組成A-1と同様の上限及び下限を有しうる。

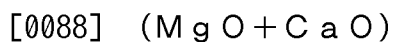


組成A-4では、ガラスの耐酸性向上の観点から、 SiO_2 の含有率から Al_2O_3 の含有率を引いた値 ($SiO_2 - Al_2O_3$) は、組成A-3と同様の上限及び下限を有しうる。



組成A-4は MgO をさらに含有しうる。ただし、組成A-4において MgO の含有は必須ではない。 MgO の含有率の下限は、0質量%以上、0.1質量%以上、0.5質量%以上、1質量%以上、1.5質量%以上、さらには2質量%以上でありうる。 MgO の含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、8質量%以下、6質量%以下、5質量%以下、さらには4質量%以下でありうる。

[0087] 組成A-4において、 CaO の含有率は5質量%以上20質量%以下である。 CaO の含有率の下限は、6質量%以上でありうるし、7質量%以上、8質量%以上、9質量%以上、さらには10質量%以上でありうる。 CaO の含有率の上限は、18質量%以下でありうるし、17質量%以下、16質量%以下、さらには15質量%以下でありうる。



組成A-4においてガラス組成物の成形し易さを重視する場合、 MgO および CaO の含有率の和 ($MgO + CaO$) を5質量%以上30質量%以下

とすることができる。組成A-4では、アルカリ金属酸化物の含有率の合計とMgOおよびCaOの含有率の和とが適切な範囲にあることによって、失透温度の過度な上昇を抑制しながら、ガラスの失透温度および熔融時の粘度をガラス組成物の製造に適した範囲とすることができる。また、ガラスの高い耐酸性を確保できる。(MgO+CaO)の下限は、6質量%以上でありうるし、8質量%以上、9質量%以上、10質量%以上、11質量%以上、12質量%以上、さらには13質量%以上でありうる。(MgO+CaO)の上限は、26質量%以下でありうるし、23質量%以下、22質量%以下、21質量%以下、20質量%以下、19質量%以下、さらには18質量%以下でありうる。

[0089] (SrO)

組成A-4はSrOをさらに含有しうる。組成A-4においてSrOの含有率は組成A-2と同様の上限および下限を有しうる。組成A-4はSrOを実質的に含有しなくてもよい。

[0090] (BaO)

組成A-4はBaOをさらに含有しうる。組成A-4においてBaOの含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-4はBaOを実質的に含有しなくてもよい。

[0091] (ZnO)

組成A-4はZnOをさらに含有しうる。組成A-4においてZnOの含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-4はZnOを実質的に含有しなくてもよい。

[0092] (Li₂O、Na₂O、K₂O)

組成A-4において、アルカリ金属酸化物の含有率の合計(Li₂O+Na₂O+K₂O)は9質量%以上20質量%以下である。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の下限は、9.5質量%以上でありうるし、10質量%以上でありうる。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の上限は、18質量%以下でありうるし、16質量%以下、15質量%未満、14質量%以下、13質量%以下、12.5

質量%以下、12質量%以下でありうる。Li₂OおよびK₂Oのそれぞれは任意成分である。言い換えるとこれらの各成分の含有率の下限は、アルカリ金属酸化物の含有率の合計が9質量%以上である限り、0であってもよい。

[0093] 組成A-4では、Li₂Oが、上述したアルカリ金属酸化物に基づく効果について特に高い寄与を示す。また、Li₂Oの含有によって、ガラス組成物を形成する際のガラス素地の作業温度を下げることができ、作業温度が下がるとガラス組成物が形成しやすくなり、その生産性が向上する。一方、過度のLi₂Oの含有は、ガラス転移温度を下げ、ガラスの耐熱性が低下する。組成A-4におけるLi₂Oの含有率の下限は、0質量%以上でありうるし、0.1質量%以上、0.5質量%以上、さらには1質量%以上でありうる。Li₂Oの含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、4質量%以下、3質量%以下、2質量%以下、さらには2質量%未満でありうる。

[0094] Na₂Oの含有率は、6質量%以上20質量%以下である。Na₂Oの含有率がこれらの範囲において、上述したアルカリ金属酸化物に基づく効果がより確実となる。Na₂Oの含有率の下限は、7質量%以上でありうるし、さらには8質量%以上でありうる。Na₂Oの含有率の上限は、17質量%以下でありうるし、16質量%以下、15質量%未満、14質量%以下、13質量%以下、さらには12質量%以下でありうる。

[0095] 組成A-4においてK₂Oの含有率の下限は、0質量%以上でありうるし、0.1質量%以上、さらには0.5質量%以上でありうる。K₂Oの含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、3質量%以下、2質量%以下、2質量%未満、さらには1質量%以下でありうる。

[0096] (TiO₂)

組成A-4はTiO₂をさらに含有しうる。組成A-4においてTiO₂の含有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-4はTiO₂を実質的に含有しなくてもよい。

[0097] (ZrO₂)

組成A-4はZrO₂をさらに含有しうる。組成A-4においてZrO₂の含

有率は組成A-1と同様の上限および下限を有しうる。組成A-4は ZrO_2 を実質的に含有しなくてもよい。

[0098] (Fe) (F_2 , Cl_2)

組成A-4は上記各成分をさらに含有しうる。これら各成分の好ましい含有率その他は、組成A-1と同様であるため、記載を省略する。

[0099] (ガラス組成B)

また、ガラス組成物の別の一例（以下、ガラス組成B）は、質量%で表示して、

$$50 \leq SiO_2 \leq 75、$$

$$0 \leq B_2O_3 \leq 4、$$

$$0.1 \leq (MgO + CaO) \leq 20、$$

$$9 \leq (Li_2O + Na_2O + K_2O) \leq 20、$$

$$5 \leq ZrO_2 \leq 20、$$

の成分を含有する。

[0100] ガラス組成Bは、上述した各成分以外の成分を実質的に含有しなくてもよい。また、ガラス組成Bは、高い化学的耐久性を備えたガラス繊維となりうる。

[0101] ガラス組成Bにおける各成分について、以下に説明する。

(SiO_2)

SiO_2 は、ガラスの骨格を形成する成分であり、組成Bの主成分である。また、 SiO_2 は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分であり、耐水性や耐酸性を向上させる成分である。 SiO_2 の含有率は、50質量%以上75質量%以下であるが、 SiO_2 の含有率の下限は、52質量%以上でありうるし、54質量%以上、56質量%以上、58質量%以上、60質量%以上、62質量%以上、63質量%以上、64質量%以上、65質量%より大きく、さらには66質量%より大きくてもよい。 SiO_2 の含有率の上限は、74質量%以下でありうるし、73質量%以下、71質量%以下、さらには70質量%以下でありうる。

[0102] (B_2O_3)

組成Bは、 B_2O_3 をさらに含有しうる。 B_2O_3 は、ガラスの骨格を形成する成分である。また、 B_2O_3 は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分でもある。一方で、過度の B_2O_3 の含有は、ガラスの耐酸性を低下させる。 B_2O_3 の含有率の上限は、4質量%以下でありうるし、3質量%以下、2質量%未満、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成Bは B_2O_3 を実質的に含有しなくてもよい。

[0103] (Al_2O_3)

組成Bは、 Al_2O_3 をさらに含有しうる。 Al_2O_3 は、ガラスの骨格を形成する成分である。また、 Al_2O_3 は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分でもあり、ガラスの耐水性を向上させる成分である。一方で、過度の Al_2O_3 の含有は、ガラスの耐酸性を低下させる。 Al_2O_3 の含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、4質量%以下、3質量%以下、2質量%以下、さらには1.5質量%以下でありうる。

[0104] ($B_2O_3 + Al_2O_3$)

組成Bでは、ガラスの形成し易さおよび耐酸性を重視する場合、 B_2O_3 および Al_2O_3 の含有率の和($B_2O_3 + Al_2O_3$)が重要となりうる。組成Bにおいて($B_2O_3 + Al_2O_3$)は5質量%以下でありうる。この場合、ガラスの製造が難しくなるようなガラスの失透温度の上昇が抑えられるとともに、ガラスの耐酸性が高くなる。また、ガラスの融点が過度に高くなることなく、原料を熔融する際の均一性が増す。 $(B_2O_3 + Al_2O_3)$ の上限は、4質量%以下でありうるし、3質量%以下、2質量%以下、さらには1.5質量%未満でありうる。

[0105] (MgO 、 CaO)

組成Bは MgO をさらに含有しうる。 MgO は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。また、 MgO は、ガラス組成物の耐酸性および耐水性を調整する成分でもある。 MgO の含有率の下限は、0.1質

量%以上でありうるし、0.5質量%以上、1質量%以上、1.5質量%以上、さらには2質量%より大きくてもよい。MgOの含有率の上限は、15質量%以下でありうるし、12質量%以下、10質量%以下、8質量%以下、6質量%以下、さらには5質量%以下でありうる。

[0106] 組成BはCaOをさらに含有しうる。CaOは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。また、CaOは、ガラス組成物の耐酸性および耐水性を調整する成分でもある。CaOの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、1質量%以上、2質量%以上、さらには3質量%より大きくてもよい。CaOの含有率の上限は、15質量%以下でありうるし、12質量%以下、10質量%以下、さらには8質量%以下でありうる。

[0107] 組成Bにおいて、MgOおよびCaOの含有率の和(MgO+CaO)の値が0.1質量%以上20質量%以下では、失透温度の過度な上昇を抑制しながら熔融ガラスの失透温度および粘度を、ガラスの製造に適した範囲とすることができる。また、この範囲ではガラスの化学的耐久性を向上させることも可能となる。(MgO+CaO)の下限は、2質量%以上でありうるし、4質量%以上、6質量%以上、8質量%以上、さらには9質量%以上でありうる。(MgO+CaO)の上限は、20質量%以下でありうるし、18質量%以下、16質量%以下、14質量%以下、さらには13質量%以下でありうる。組成BにおいてMgOおよびCaOのそれぞれは任意成分である。言い換えるとこれらの成分の含有率の下限は、その合計が0.1質量%以上である限り、0であってもよい。

[0108] (SrO)

組成BはSrOをさらに含有しうる。SrOは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。一方で、過度のSrOの含有はガラスの耐酸性を低下させる。SrOの含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、5質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成BはSrOを実質的に含有しなくてもよい。

[0109] (BaO)

組成BはBaOをさらに含有しうる。BaOは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。一方で、過度のBaOの含有はガラスの耐酸性を低下させる。BaOの含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、5質量%以下、2質量%以下、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成BはBaOを実質的に含有しなくてもよい。

[0110] (ZnO)

組成BはZnOをさらに含有しうる。ZnOは、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。一方で、ZnOは揮発しやすく、熔融時に飛散する可能性があるため、過度のZnOの含有は、揮発によるガラス成分比の変動を顕著化させ、ガラス組成の管理を難しくする。またZnOは、その原料が相対的に高価であることから、その含有率は低いほうがよい。ZnOの含有率の上限は、10質量%以下でありうるし、5質量%以下、3質量%未満、2質量%以下、1.5質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成BはZnOを実質的に含有しなくてもよい。

[0111] (Li₂O、Na₂O、K₂O)

アルカリ金属酸化物(Li₂O、Na₂O、K₂O)は、組成Bにおいて、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。また、アルカリ金属酸化物(Li₂O、Na₂O、K₂O)は、ガラスの耐酸性および耐水性を調整する成分でもある。Li₂OおよびK₂Oは、それぞれ任意成分である。言い換えるとこれらの各成分の含有率の下限は0であってもよい。

[0112] Li₂Oの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.5質量%以上、1質量%以上、1.5質量%以上でありうる。Li₂Oの含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、4質量%以下、3.5質量%以下、さらには3質量%以下でありうる。

[0113] Na₂Oの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、1質量%以上

、3質量%以上でありうる。Na₂Oの含有率は6質量%以上20質量%以下でありうる。この場合、失透温度の過度な上昇を抑制しながら熔融ガラスの失透温度および粘度を、ガラスの製造に適した範囲とすることができる。また、ガラスの融点の上昇を抑え、ガラス原料のより均一な熔融を実施できながらも、ガラス転移温度が過度に低下することなく、高いガラスの耐熱性を確保できる。さらに、この範囲ではガラスの化学的耐久性を向上させることも可能となる。Na₂Oの下限は、7質量%以上でありうるし、7.5質量%以上、さらには8質量%以上でありうる。Na₂Oの上限は、18質量%以下でありうるし、16質量%以下、15質量%以下、14質量%以下、13質量%以下、さらには12質量%以下でありうる。

[0114] K₂Oの含有率の下限は、0.1質量%以上でありうるし、0.5質量%より大きくてもよい。組成BにおいてK₂Oの含有率の上限は、10質量%以下、5質量%以下でありうるし、4質量%未満、3質量%以下、さらには2質量%未満でありうる。

[0115] 組成Bにおいて、アルカリ金属酸化物の含有率の合計(Li₂O+Na₂O+K₂O)の値が9質量%以上20質量%以下では、失透温度の過度な上昇を抑制しながら熔融ガラスの失透温度および粘度を、ガラスの製造に適した範囲とすることができる。また、ガラスの融点の上昇を抑え、ガラス原料のより均一な熔融を実施できながらも、ガラス転移温度が過度に低下することなく、高いガラスの耐熱性を確保できる。さらに、この範囲ではガラスの化学的耐久性を向上させることも可能となる。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の下限は、9.5質量%以上でありうるし、10質量%以上でありうる。(Li₂O+Na₂O+K₂O)の上限は、18質量%以下でありうるし、16質量%以下、15質量%以下、14質量%以下、13質量%未満、さらには12質量%未満でありうる。Li₂O、Na₂OおよびK₂Oのそれぞれは任意成分である。言い換えるとこれらの各成分の含有率の下限は、アルカリ金属酸化物の含有率の合計が9質量%以上である限り、0であってもよい。

[0116] (TiO₂)

ガラス組成Bは TiO_2 をさらに含有しうる。 TiO_2 は、ガラスの熔融性および化学的耐久性を向上させる成分である。ただし TiO_2 は、その原料が相対的に高価であることから、その含有率は低いほうがよい。 TiO_2 の含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。組成Bは TiO_2 を実質的に含有しなくてもよい。

[0117] (ZrO_2)

ZrO_2 は、ガラス形成時の失透温度および粘度を調整する成分である。また、 ZrO_2 は、ガラス組成物の耐酸性および耐水性を調整する成分でもある。さらに、 ZrO_2 は、ヤング率を向上させる成分でもある。組成Bにおいて ZrO_2 の含有率が5質量%以上20質量%以下では、ガラスの製造が難しくなるようなガラスの失透温度の上昇が抑えられるとともに、ガラスの耐水性や耐酸性が高くなる。ただし ZrO_2 は、その原料が相対的に高価であることから、その含有率は低いほうがよい。 ZrO_2 の含有率の下限は、5質量%より大きく、5.5質量%以上、6質量%以上、6.5質量%以上、さらには7質量%以上でありうる。 ZrO_2 の含有率の上限は、18質量%以下でありうるし、15質量%以下、12質量%以下、10質量%以下、9.5質量%以下、9質量%以下、8.5質量%以下、さらには8質量%以下でありうる。

[0118] (Fe)

ガラス組成物中に含まれる鉄(Fe)は、通常、 Fe^{2+} または Fe^{3+} の状態 で存在する。 Fe^{3+} はガラス組成物の紫外線吸収特性を高める成分であり、 Fe^{2+} はガラス組成物の熱線吸収特性を高める成分である。 Fe は、意図的に含ませなくとも、工業用原料により不可避免的に混入する場合がある。 Fe の含有量が少なければ、ガラス組成物の着色を防止することができる。 Fe の含有率の上限は、 $T-Fe_2O_3$ により表示して5質量%以下でありうるし、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、0.4質量%以下、0.3質量%以下、0.2質量%以下、さらには0.1質量%以下、0.1質量%未

満、0.08質量%以下、0.05質量%以下、0.04質量%以下、さらには0.03質量%以下でありうる。Feの含有率の下限は、 $T-Fe_2O_3$ により表示して0.01質量%以上、0.05質量%以上、0.1質量%以上、さらに0.2質量%以上でありうる。特にアルカリ金属酸化物の含有率が低いガラス組成において、微量の酸化鉄はガラスの清澄の促進に寄与しうる。

[0119] (F_2 、 Cl_2)

組成Bはフッ素(F_2)および塩素(Cl_2)をさらに含有しうる。 F_2 は、揮発し易いため、溶融時に飛散する可能性があるとともに、ガラス中の含有量を管理し難いという問題もある。 F_2 の含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、0.2質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。 F_2 は、実質的に含まれていなくてもよい。

[0120] Cl_2 は、揮発し易いため、溶融時に飛散する可能性があるとともに、ガラス中の含有量を管理し難いという問題もある。 Cl_2 の含有率の上限は、5質量%以下でありうるし、2質量%以下、1質量%以下、0.5質量%以下、0.2質量%以下、さらには0.1質量%以下でありうる。 Cl_2 は、実質的に含まれていなくてもよい。

[0121] ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、本発明の効果が得られる限り、さらに下記の成分を含有しうる。

[0122] (その他の成分)

ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、その他の成分として、 P_2O_5 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 La_2O_3 、 CeO_2 、 Pr_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Pm_2O_3 、 Sm_2O_3 、 Eu_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Tb_2O_3 、 Dy_2O_3 、 Ho_2O_3 、 Er_2O_3 、 Tm_2O_3 、 Yb_2O_3 、 Lu_2O_3 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 Y_2O_3 、 MoO_3 、 Ta_2O_5 、 MnO_2 および Cr_2O_3 から選ばれる少なくとも1種を、それぞれ0質量%以上5質量%以下の含有率で含有しうる。これらの成分の許容される含有率は、それぞれについて2質量%未満でありうるし、1質量%未満、0.5質量%未満、さらには0.

1質量%未満でありうる。これらの成分の許容される含有率の合計は、5質量%以下でありうるし、2%質量%未満、1質量%未満、0.5質量%未満、さらには0.1質量%未満でありうる。ただし、上記その他の成分は、それぞれ実質的に含有されていなくてもよい。また、ライタノイド(La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu)の酸化物は、実質的に含有されていなくてもよい。

[0123] また、ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、添加物として、 SO_3 、 Br_2 、 I_2 、 SnO_2 、 As_2O_3 および Sb_2O_3 から選ばれる少なくとも1種を、それぞれ0質量%以上1質量%以下の含有率で含有しうる。これらの成分の許容される含有率は、それぞれについて0.5質量%未満でありうるし、0.2質量%未満、さらには0.1質量%未満でありうる。これらの成分の許容される含有率の合計は、1質量%以下でありうるし、0.5%質量%未満、0.2質量%未満、さらには0.1質量%未満でありうる。ただし、上記その他の成分は、それぞれ実質的に含有されていなくてもよい。

[0124] ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、 H_2O 、 OH 、 H_2 、 CO_2 、 CO 、 He 、 Ne 、 Ar および N_2 を、それぞれ0質量%以上0.1質量%以下の含有率で含有しうる。これらの成分の許容される含有率は、それぞれについて0.05質量%未満でありうるし、0.03質量%未満、さらには0.01質量%未満でありうる。これらの成分の許容される含有率の合計は、0.1質量%以下でありうるし、0.05%質量%未満、0.03質量%未満、さらには0.01質量%未満でありうる。ただし、上記その他の成分は、それぞれ実質的に含まれていなくてもよい。

[0125] ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、微量の貴金属元素を含有していてもよい。例えば、Pt、Rh、Au、Osなどの貴金属元素を、それぞれ0質量%以上0.1質量%以下の含有率で含むことができる。これらの成分の許容される含有率は、それぞれについて0.1質量%未満でありうるし、0.05質量%未満、0.03質量%未満、さらには0.01質量%未満でありうる。これらの成分の許容される含有率の合計は、0.1質量%以下であり

うるし、0.05%質量%未満、0.03%質量%未満、さらには0.01%質量%未満でありうる。ただし、上記その他の成分は、それぞれ実質的に含有されていなくてもよい。

[0126] ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、CuOを実質的に含有しない組成でありうる。また、ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、CoOを実質的に含有しない組成でありうる。さらに、ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、PbOを実質的に含有しない組成でありうる。また、ガラス組成Aおよびガラス組成Bは、NiOを実質的に含有しない組成でありうる。

[0127] <特性>

本発明のガラスがとりうる特性について、以下、説明する。

(熔融特性)

熔融ガラスの粘度が1000 dPa・sec (1000 poise) となるときの温度は、当該ガラスの作業温度と呼ばれ、ガラスの成形に最も適する温度である。ガラス繊維を製造する場合、ガラスの作業温度が1100℃以上であれば、ガラス繊維径のばらつきを小さくできる。作業温度が1300℃以下であれば、ガラスを熔融する際の燃料費を低減でき、ガラス製造装置が熱による腐食を受け難くなり、装置寿命が延びる。作業温度の下限は、1100℃以上でありうるし、1120℃以上、1140℃以上、1150℃以上、1160℃以上、1170℃以上、1180℃以上、さらには1200℃以上でありうる。作業温度の上限は、1300℃以下でありうるし、1280℃以下、1270℃以下、1260℃以下、さらには1250℃以下でありうる。

[0128] 作業温度から失透温度を差し引いた温度差 ΔT が大きいほど、ガラス成形時に失透が生じ難く、均質なガラスを高い歩留りで製造できる。したがって、ガラス組成Aの ΔT は0℃以上でありうるし、10℃以上、20℃以上、30℃以上、40℃以上、さらには50℃以上でありうる。一方、 ΔT が200℃以下であれば、ガラス組成の調整が容易になる。ガラス組成Aの ΔT は200℃以下でありうるし、180℃以下、さらには160℃以下であり

うる。

[0129] (ヤング率)

ガラス繊維は、該ガラス繊維を形成するガラス組成物のヤング率が高いほど弾力性が良く、ガラス繊維により構成された断熱材や吸音材用の機械特性が向上する。ここで、ヤング率 (GPa) は、通常の超音波法により、ガラス中を伝播する弾性波の縦波速度と横波速度とを測定し、別にアルキメデス法により測定したガラスの密度とから求めることができる。このヤング率の下限は77GPa以上でありうるし、78GPa以上、79GPa以上、さらには80GPa以上でありうる。ヤング率の上限は好ましくは100GPa以下でありうるし、99GPa以下、98GPa以下、97GPa以下、96GPa以下、さらには95GPa以下でありうる。

[0130] (ガラス転移温度)

ガラス組成物は、ガラス転移温度 (ガラス転移点、 T_g) が高いほど耐熱性が高く、高温加熱を伴う加工に対して変形し難くなる。ガラス転移温度が560°C以上であれば、火災などの際に、グラスウールの形状が変化するおそれが小さい。本実施形態で規定したガラス組成であれば、560°C以上のガラス転移温度を有するガラスを容易に得ることができる。ガラス組成物のガラス転移温度は、560°C以上であることが好ましく、570°C以上であることがより好ましく、580°C以上であることがさらに好ましい。ガラス転移温度は、600°C以上、620°C以上、650°C以上、680°C以上、700°C以上、720°C以上、場合によっては740°C以上であってもよい。ガラス転移温度の上限は、800°C程度であることが好ましく、780°C以下であることがより好ましい。

[0131] (化学的耐久性)

断熱材および／または吸音材用途における化学的耐久性の指標としては、耐酸性、耐水性が適切である。

耐酸性の指標としては、後述する質量減少率 ΔW_1 が採用され、この ΔW_1 が小さいほど耐酸性が高いことを示す。また、耐水性の指標としては、後述す

る質量減少率 ΔW_2 が採用され、この ΔW_2 が小さいほど耐水性が高いことを示す。ガラス繊維を断熱材や吸音材等に用いる場合、 ΔW_1 は5.0質量%以下であることが好ましい。したがって、ガラスの ΔW_1 は、5.0質量%以下でありうるし、4.0質量%以下、3.0質量%以下、2.0質量%以下、1.5質量%以下、1.2質量%以下、1.0質量%以下、0.9質量%以下、0.8質量%以下、0.7質量%以下、0.6質量%以下、0.5質量%以下、0.4質量%以下、0.3質量%以下、0.2質量%以下でありうる。本実施形態により実現できる ΔW_1 は、例えば、0.01~5.0質量%である。

[0132] ガラス繊維を断熱材や吸音材等に用いる場合、ガラス繊維の ΔW_2 は0.50質量%未満であることが好ましい。本実施形態のガラス組成物の ΔW_2 は、0.50質量%未満でありうるし、0.45質量%以下、0.40質量%以下、0.35質量%以下、0.30質量%以下、0.25質量%以下、0.20質量%以下でありうる。本実施形態により実現できる ΔW_2 は、例えば、0.01質量%以上0.50質量%未満である。

[0133] <ガラス繊維>

本実施形態のガラス繊維は、上述したガラス組成物により構成される。本実施形態のガラス繊維は、ガラス長繊維であってもガラス短繊維であってもよい。ガラス長繊維は、粘度を制御したガラス融液をノズルから流出させ、巻き取り機によって巻き取って製造される。この連続繊維は、使用時に適切な長さに切断される。ガラス短繊維は、高圧空気、遠心力等によってガラス融液を吹き飛ばしながら製造される。ガラス短繊維は、綿状の形態を有しているためにグラスウールと呼ばれることもある。

[0134] ガラス繊維の平均繊維径は、例えば0.1~50 μm である。ガラス繊維の平均繊維径は、平均繊維径は0.1 μm 以上、0.2 μm 以上、0.3 μm 以上、0.4 μm 以上、さらには0.5 μm 以上であってもよく、50 μm 以下、40 μm 以下、30 μm 以下、25 μm 以下であってもよい。ガラス長繊維の場合、平均繊維径は1 μm 以上、2 μm 以上、3 μm 以上、4 μ

m以上、さらには5 μ m以上であってもよい。ガラス短繊維の場合、平均繊維径は10 μ m以下、5 μ m以下、4 μ m以下、3 μ m以下、2 μ m以下、さらには1 μ m以下であってもよい。

[0135] <グラスウール>

本実施形態のグラスウールは、上述したガラス繊維を含んでいる。本実施形態のグラスウールは、例えば、内部に空隙を含む上述したガラス短繊維の集積体であり、塊状、平板状、曲板状、波板状、筒状など使用部位に応じた各種形状を有する。本実施形態のグラスウールは、高い化学的耐久性を有する。このため、本実施形態のグラスウールは、雨水などの水が侵入する部位、化学工場などにおいて酸性度の高い環境下にある部位などにおいても、断熱材および／または吸音材としての特性を長期間安定して維持できる。

[0136] 以下、実施例および比較例を挙げて本発明の実施形態をさらに具体的に説明する。

(実施例および比較例)

表1～7に示した組成となるように、珪砂等の通常のガラス原料を調合し、実施例および比較例毎にガラス原料のバッチを作製した。電気炉を用いて、各バッチを1500～1600℃まで加熱して溶融させ、組成が均一になるまで約4時間そのまま維持した。その後、溶融したガラス（ガラス溶融物）の一部を鉄板上に流し出し、電気炉中で室温まで徐冷し、バルクとしてのガラス組成物（板状物、ガラス試料）を得た。

[0137] 特性の評価法を以下に説明する。

(ガラス転移温度)

得られたガラス組成物について、市販の膨張計〔(株)リガク、熱機械分析装置、TMA8510〕を用いて熱膨張係数を測定し、熱膨張曲線からガラス転移温度を求めた。

[0138] (作業温度)

得られたガラス組成物について、通常の白金球引き上げ法により粘度と温

度との関係を調べ、その結果から作業温度を求めた。ここで、白金球引き上げ法とは、熔融ガラス中に白金球を浸し、その白金球を等速運動で引き上げる際の負荷荷重（抵抗）と、白金球に働く重力および浮力などとの関係を、微小の粒子が流体中を沈降する際の粘度と落下速度との関係を示したストークス（Stokes）の法則にあてはめることにより、粘度を測定する方法である。

[0139] （失透温度）

粒子径 1.0～2.8 mm の大きさに粉碎したガラス組成物を白金ボートに入れ、温度勾配（800～1400℃）を設けた電気炉中で2時間保持し、結晶の出現した位置に対応する電気炉の最高温度から失透温度を求めた。ガラスが白濁して結晶が観察できない場合は、白濁の出現した位置に対応する電気炉の最高温度を失透温度とした。ここで、粒子径は、ふるい分け法により測定された値である。なお、電気炉内の場所に依じて異なる温度（電気炉内の温度分布）は、予め測定されており、電気炉内の所定の場所に置かれたガラス組成物は、予め測定された、当該所定の場所の温度で加熱される。温度差 ΔT は、作業温度から失透温度を差し引いた温度差である。

[0140] （ヤング率）

ヤング率 E は、通常の超音波法により、ガラス中を伝播する弾性波の縦波速度 v_l と横波速度 v_t を測定し、別にアルキメデス法により測定したガラスの密度 ρ から、 $E = 3\rho \cdot v_l^2 \cdot (v_l^2 - 4/3 \cdot v_t^2) / (v_l^2 - v_t^2)$ の式により求めた。

[0141] （引張弾性率）

得られたガラス組成物（バルク）を用いてガラス単繊維（フィラメント）を作製した。すなわち、ガラス組成物（バルク）を電気炉で再熔融した後、冷却しながらペレットに成形した。このペレットを用いて、直径が 15 μm であるガラス単繊維を作製した。得られたガラス繊維について、引張弾性率を日本産業規格（JIS）の「炭素繊維—単繊維の引張特性の試験方法 R7606：2000」に準拠した方法により測定した。

[0142] (化学的耐久性)

得られたガラス組成物（バルク）を用いてガラス単繊維（フィラメント）を作製した。すなわち、ガラス組成物（バルク）を電気炉で再熔融した後、冷却しながらペレットに成形した。このペレットを用いて、直径が15 μm であるガラス単繊維を作製した。

・耐酸性

直径15 μm のガラス単繊維を長さ20 mmに切断し、ガラスの比重と同じグラム数量り取り、このガラス繊維を80℃、10質量%の硫酸水溶液100 mLに24時間浸漬した場合の質量減少率を求め、この質量減少率を ΔW_1 とした。

・耐水性

直径15 μm のガラス単繊維を長さ20 mmに切断し、ガラスの比重と同じグラム数量り取り、このガラス繊維を80℃、蒸留水100 mLに24時間浸漬した場合の質量減少率を求め、この質量減少率を ΔW_2 とした。

なお、上記質量減少率は、浸漬前の質量を W_a 、浸漬後の質量を W_b として、以下の式に基づいて算出した。

$$\text{質量減少率 (\%)} = \{ (W_a - W_b) / W_a \} \times 100$$

[0143] これらの測定結果を表1～7に示した。なお、表中のガラス組成は、すべて質量%で表示した値である。

[0144]

[表1]

成分/物性	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11
SiO ₂	57.79	59.12	58.48	60.47	61.15	61.55	61.55	61.47	61.40	61.97	61.62
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	10.77	11.02	10.90	7.66	11.13	11.20	11.20	11.18	11.17	11.19	11.30
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	47.02	48.10	47.58	52.81	50.02	50.35	50.35	50.29	50.23	50.78	50.32
MgO	3.24	3.32	3.38	3.28	3.09	3.21	3.21	3.21	3.16	3.04	4.42
CaO	18.84	21.98	20.63	19.09	22.17	23.05	23.05	23.20	22.70	21.79	20.29
SrO	8.17	3.34	6.61	8.28	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Li ₂ O	-	-	-	-	-	0.19	0.09	-	-	0.27	0.79
Na ₂ O	0.39	0.40	-	0.40	0.37	-	0.39	0.39	0.37	0.56	-
K ₂ O	0.30	0.30	-	0.30	0.28	0.29	-	0.29	0.29	0.29	-
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	0.69	0.70	-	0.70	0.65	0.48	0.48	0.68	0.66	1.12	0.79
TiO ₂	0.25	0.26	-	0.26	1.55	0.25	0.25	-	0.90	0.89	1.59
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-Fe ₂ O ₃	0.25	0.26	-	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	-	-	-
ヤング率 (GPa)	89	90	91	88	89	89	89	89	89	89	92
ガラス転移温度 [°C]	741	737	750	732	749	735	741	749	740	717	696
失透温度 [°C]	1195	1207	1186	1219	1202	1211	1220	1216	1214	1205	1226
作業温度 [°C]	1235	1228	1240	1239	1253	1243	1252	1253	1258	1253	1233
ΔT [°C]	40	21	54	20	51	32	32	37	44	48	7
繊維径 [μm]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
引張弾性率 (GPa)	81	81	79	77	80	77	79	85	81	81	78
耐酸性ΔW ₁ [%]	1.16	1.40	2.61	0.48	0.58	0.51	0.71	0.68	0.61	0.69	0.43
耐水性ΔW ₂ [%]	0.19	0.41	0.16	0.38	0.34	0.32	0.33	0.41	0.33	0.31	0.21

[0145]

[表2]

成分/物性	実施例 12	実施例 13	実施例 14	実施例 15	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19	実施例 20	実施例 21	実施例 22
SiO ₂	60.69	61.51	61.66	61.59	64.39	64.58	64.63	64.73	60.00	62.15	60.77
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	11.31	11.28	11.22	11.29	11.26	11.30	11.30	11.41	11.18	11.22	11.24
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	49.38	50.23	50.44	50.30	53.13	53.28	53.33	53.32	48.82	50.93	49.53
MgO	3.33	3.20	3.16	3.20	2.88	2.81	2.05	2.63	3.33	3.26	3.43
CaO	23.88	22.96	22.68	23.00	20.68	20.12	20.44	18.83	23.92	23.37	24.56
SrO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Li ₂ O	0.79	0.79	0.36	0.79	0.79	1.19	1.58	2.40	-	-	-
Na ₂ O	-	-	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ O	-	-	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	0.79	0.79	1.02	0.79	0.79	1.19	1.58	2.40	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	0.13	-	-	-	-	1.57	-	-
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-Fe ₂ O ₃	-	0.26	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-
ヤング率 (GPa)	93	91	90	92	90	90	90	91	90	89	90
ガラス転移温度 [°C]	697	701	719	695	698	682	664	638	754	756	756
失透温度 [°C]	1210	1205	1213	1207	1234	1205	1182	1150	1224	1263	1228
作業温度 [°C]	1214	1221	1242	1219	1272	1258	1246	1213	1230	1271	1247
ΔT [°C]	4	16	29	12	38	53	64	63	6	8	19
繊維径 [μm]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
引張弾性率 (GPa)	79	76	78	83	77	86	76	87	79	83	86
耐酸性ΔW ₁ [%]	1.21	0.62	0.99	0.31	0.38	0.98	0.55	0.48	1.31	0.70	0.72
耐水性ΔW ₂ [%]	0.40	0.38	0.33	0.19	0.42	0.21	0.16	0.16	0.46	0.37	0.45

[0146] [表3]

成分/物性	実施例 23	実施例 24	実施例 25	実施例 26	実施例 27	実施例 28	実施例 29	実施例 30	実施例 31	実施例 32	実施例 33
SiO ₂	61.18	60.66	60.61	60.43	60.80	60.79	63.48	59.84	64.65	63.38	59.65
B ₂ O ₃	-	-	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.70	0.58	1.15	-
Al ₂ O ₃	11.22	11.22	11.21	11.18	11.24	11.24	11.28	11.15	11.40	11.26	10.12
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	49.96	49.44	49.40	49.25	49.56	49.55	52.20	48.69	53.25	52.12	49.53
MgO	3.35	3.41	3.31	3.16	3.18	3.18	2.05	3.03	2.57	2.05	3.07
CaO	23.99	24.45	23.73	22.68	22.81	22.81	20.35	21.72	18.41	20.35	22.05
SrO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Li ₂ O	-	-	-	-	0.55	0.45	1.58	0.36	2.39	1.43	-
Na ₂ O	-	-	-	1.13	-	0.38	-	0.37	-	0.20	0.28
K ₂ O	-	-	-	0.28	0.28	-	-	0.28	-	0.16	0.50
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	-	-	-	1.41	0.82	0.83	1.58	1.01	2.39	1.79	0.78
TiO ₂	0.26	-	-	-	-	-	-	1.55	-	-	0.49
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-Fe ₂ O ₃	-	0.26	-	-	-	-	0.11	-	-	0.03	3.84
ヤング率 (GPa)	90	90	89	88	90	91	90	90	92	90	88
ガラス転移温度 [°C]	750	749	745	726	696	698	650	700	619	653	720
失透温度 [°C]	1200	1224	1226	1197	1184	1182	1173	1184	1162	1180	1178
作業温度 [°C]	1255	1247	1241	1231	1218	1218	1228	1210	1210	1223	1231
ΔT [°C]	55	23	15	34	34	36	55	26	48	43	53
繊維径 [μm]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
引張弾性率 (GPa)	79	83	77	76	79	85	84	80	83	80	79
耐酸性 ΔW ₁ [%]	1.03	1.49	2.26	2.27	1.99	1.60	0.67	2.35	0.26	0.76	0.89
耐水性 ΔW ₂ [%]	0.37	0.43	0.44	0.42	0.39	0.39	0.26	0.37	0.18	0.27	0.41

[0147] [表4]

成分/物性	実施例 34	実施例 35	実施例 36	実施例 37	実施例 38	実施例 39	実施例 40	実施例 41	実施例 42	実施例 43	実施例 44
SiO ₂	60.46	61.38	60.92	61.00	59.45	60.36	59.29	60.03	59.90	66.48	65.73
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	10.26	11.17	11.08	11.65	11.91	11.90	11.88	11.93	11.90	11.18	11.14
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	50.20	50.21	49.84	49.35	47.54	48.46	47.41	48.10	48.00	55.30	54.59
MgO	3.20	3.17	2.95	3.11	3.11	3.00	2.45	3.11	3.05	2.31	2.24
CaO	22.93	22.73	21.14	22.28	22.29	21.50	23.14	22.32	21.89	17.71	19.00
SrO	-	-	-	-1.82	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-0.82	-	-	-	-	-	-	-
Li ₂ O	-	-	-	0.18	-	-	-	-	-	2.32	1.89
Na ₂ O	0.28	-	0.25	0.12	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-	-
K ₂ O	0.50	-	0.15	0.11	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	-	-
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	0.78	-	0.40	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	2.32	1.89
TiO ₂	0.48	1.55	3.50	1.55	2.85	2.85	2.84	2.21	2.85	-	-
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-Fe ₂ O ₃	1.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ヤング率 (GPa)	89	90	90	90	91	90	91	90	91	90	90
ガラス転移温度 [°C]	725	748	744	739	747	748	744	747	747	640	655
失透温度 [°C]	1224	1258	1255	1208	1203	1202	1184	1209	1196	1197	1170
作業温度 [°C]	1239	1260	1260	1255	1247	1260	1244	1253	1254	1242	1258
ΔT [°C]	15	2	5	47	44	58	60	44	58	45	88
繊維径 [μm]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
引張弾性率 (GPa)	84	81	88	83	82	86	76	79	86	80	82
耐熱性 ΔW ₁ [%]	1.16	0.40	0.27	0.58	0.69	0.44	0.81	0.70	0.60	0.25	0.34
耐水性 ΔW ₂ [%]	0.37	0.34	0.34	0.38	0.28	0.39	0.29	0.37	0.31	0.17	0.17

[0148] [表5]

成分/物性	実施例 45	実施例 46	実施例 47	実施例 48	実施例 49	実施例 50	実施例 51	実施例 52	実施例 53	実施例 54	実施例 55
SiO ₂	65.53	65.47	65.52	65.77	66.70	65.39	63.98	66.59	65.38	65.11	64.29
B ₂ O ₃	-	-	-	1.14	-	-	2.30	-	-	-	1.15
Al ₂ O ₃	11.11	11.10	11.11	9.31	9.52	9.33	11.10	11.20	11.08	11.03	11.06
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	54.42	54.37	54.41	56.46	57.18	56.06	52.88	55.39	54.30	54.08	53.23
MgO	2.64	2.65	2.63	2.63	2.33	2.95	2.07	2.09	2.19	2.61	2.19
CaO	17.26	17.32	17.25	17.21	16.60	15.42	15.89	16.04	16.16	14.58	16.14
SrO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Li ₂ O	1.71	1.71	1.71	-	2.33	-	2.30	3.07	1.81	1.35	1.80
Na ₂ O	1.15	1.15	1.15	3.68	1.90	6.91	1.88	-	2.90	4.78	2.89
K ₂ O	0.34	0.34	0.34	0.26	0.49	-	0.48	1.01	0.48	0.54	0.48
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	3.20	3.20	3.20	3.94	4.72	6.91	4.66	4.08	5.19	6.67	5.17
TiO ₂	0.26	-	0.26	-	0.13	-	-	-	-	-	-
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-Fe ₂ O ₃	-	0.26	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
ヤング率 (GPa)	89	88	89	84	88	82	88	89	87	85	88
ガラス転移温度 [°C]	645	647	644	682	606	667	599	605	620	618	782
失透温度 [°C]	1183	1184	1181	1224	1176	1237	1144	1157	1193	1198	1172
作業温度 [°C]	1253	1258	1253	1288	1224	1270	1208	1226	1237	1247	1215
ΔT [°C]	70	74	72	64	48	33	64	69	44	49	43
繊維径 [μm]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
引張弾性率 (GPa)	84	78	81	79	74	74	77	86	72	72	84
耐酸性ΔW ₁ [%]	0.47	0.35	0.40	0.72	0.24	0.16	0.89	0.20	0.49	0.54	0.70
耐水性ΔW ₂ [%]	0.20	0.24	0.21	0.27	0.28	0.22	0.14	0.22	0.19	0.34	0.21

[0149] [表6]

成分/物性	実施例 56	実施例 57	実施例 58	実施例 59	実施例 60	実施例 61	実施例 62	実施例 63	実施例 64	実施例 65	実施例 66
SiO ₂	65.28	64.05	65.12	64.84	63.25	63.73	63.12	63.29	63.33	65.29	69.04
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	1.14	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	11.06	11.02	9.73	10.99	10.89	9.30	10.86	10.89	10.90	11.07	1.46
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	54.22	53.03	55.38	53.85	52.36	54.43	52.26	52.40	52.43	54.22	67.58
MgO	2.17	2.80	3.26	2.33	3.84	2.79	2.60	2.75	2.74	3.24	2.79
CaO	16.06	14.94	8.15	11.23	9.89	12.40	11.59	12.24	12.17	10.98	6.97
SrO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Li ₂ O	1.80	1.35	-	1.54	-	0.51	0.50	0.50	0.50	1.50	-
Na ₂ O	2.89	4.78	13.07	8.25	11.32	9.38	9.29	9.32	9.32	7.92	13.07
K ₂ O	0.48	0.54	0.67	0.82	0.81	0.75	0.75	0.75	0.75	-	0.67
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	5.17	6.67	13.74	10.61	12.13	10.64	10.54	10.57	10.57	9.42	13.74
TiO ₂	-	0.26	-	-	-	-	1.29	-	0.26	-	-
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00
T-Fe ₂ O ₃	0.26	0.26	-	-	-	-	-	0.26	0.03	-	-
ヤング率 (GPa)	87	86	77	83	79	82	82	81	82	84	78
ガラス転移温度 [°C]	623	619	591	562	616	598	610	610	608	580	587
失透温度 [°C]	1188	1188	1117	1154	1175	1183	1178	1189	1192	1168	1076
作業温度 [°C]	1242	1232	1260	1231	1260	1212	1241	1239	1241	1245	1256
ΔT [°C]	54	44	143	77	85	29	63	50	49	77	180
繊維径 [μm]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
引張弾性率 (GPa)	80	80	69	75	76	71	78	79	73	70	71
耐酸性ΔW ₁ [%]	0.36	0.74	0.55	0.67	0.92	0.77	0.91	0.79	0.87	0.50	0.23
耐水性ΔW ₂ [%]	0.23	0.31	0.48	0.30	0.45	0.37	0.34	0.36	0.40	0.44	0.23

[0150] [表7]

成分/物性	実施例 67	実施例 68	実施例 69	実施例 70	実施例 71	実施例 72	実施例 73	実施例 74	実施例 75	比較例 1	比較例 2
SiO ₂	66.51	66.91	68.99	71.17	71.06	69.03	69.94	69.72	69.75	72.77	67.05
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	0.57	-	-	-	4.68
Al ₂ O ₃	1.44	1.45	1.46	1.50	-	2.30	0.64	1.47	1.47	1.88	4.02
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	65.07	65.46	67.53	69.67	71.06	66.73	69.30	68.25	68.28	70.89	63.03
MgO	3.00	3.48	-	8.05	2.84	2.81	2.83	2.80	2.82	3.58	2.58
CaO	7.49	8.71	10.86	-	7.09	7.02	7.07	6.99	7.04	7.62	6.53
SrO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.61
Li ₂ O	-	-	0.97	1.00	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	-	0.59
Na ₂ O	12.96	11.47	11.05	11.40	11.24	11.14	11.21	11.17	11.17	13.20	10.17
K ₂ O	0.67	-	0.67	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.95	0.77
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	13.63	11.47	12.69	13.09	12.91	12.80	12.87	12.83	12.83	14.15	11.53
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-	-	-
ZrO ₂	7.93	7.98	6.00	6.19	6.10	6.04	6.08	6.06	6.06	-	-
T-Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-
ヤング率 (GPa)	80	82	80	81	80	81	81	81	80	74	78
ガラス転移温度 [°C]	600	617	566	576	564	573	566	570	570	553	549
失透温度 [°C]	1058	1116	1067	1026	1024	1022	1016	1023	1018	1020	986
作業温度 [°C]	1247	1260	1213	1297	1223	1238	1219	1232	1232	1172	1165
ΔT [°C]	189	144	146	271	199	216	203	209	214	152	179
繊維径 [μm]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
引張弾性率 (GPa)	70	72	74	79	70	74	71	79	69	66	68
耐衝撃性 ΔW ₁ [%]	0.26	0.16	0.22	0.24	0.22	0.26	0.23	0.23	0.22	0.18	0.63
耐水性 ΔW ₂ [%]	0.33	0.22	0.36	0.42	0.35	0.30	0.38	0.34	0.37	0.50	0.26

- [0151] 実施例1～75からは、ヤング率77～93 GPa、引張弾性率69～88 GPa、ガラス転移温度562～782℃、作業温度1208～1297℃、温度差 ΔT （作業温度－失透温度）2～271℃、 ΔW_1 0.16～2.61質量%、 ΔW_2 0.14～0.48質量%の結果が得られた。
- [0152] 比較例1のガラス組成物は、板ガラス組成を有し、553℃と相対的に低いガラス転移温度と、0.50質量%と相対的に大きい ΔW_2 とを有していた。比較例2のガラス組成物はCガラス組成を有する。Cガラスは549℃と相対的に低いガラス転移温度を有する。Cガラスは、 B_2O_3 の含有率が高く、製造設備への影響も懸念される。

請求の範囲

[請求項1]

断熱材および／または吸音材用のガラス繊維であって、
質量%で表示して、

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$5 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20、$$

の成分を含有するガラス組成物を含む、ガラス繊維。

[請求項2]

前記ガラス組成物が、質量%で表示して、 $0 \leq \text{T-Fe}_2\text{O}_3 \leq 5、$
の成分を含有する、請求項1に記載のガラス繊維。

ただし、 $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$ は、 Fe_2O_3 に換算した全酸化鉄である。

[請求項3]

前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$10 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 12、$$

$$0 \leq \text{T-Fe}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する、請求項2に記載のガラス繊維。

[請求項4]

前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$15 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq \text{Tf}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有し、アルカリ金属酸化物を実質的に含有しない、請求項3に記載のガラス繊維。

[請求項5] 前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$57 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$15 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 4、$$

$$0 \leq \text{Tf}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する、請求項3に記載のガラス繊維。

[請求項6] 前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$10 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$1 \leq \text{SrO} \leq 15、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 4、$$

$$0 \leq \text{Tf}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する、請求項3に記載のガラス繊維。

[請求項7] 前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$65 < \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$50 < (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 60、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$10 \leq \text{CaO} \leq 25、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 4、$$

$$0 \leq \text{Tf}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する、請求項2に記載のガラス繊維。

[請求項8] 前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$60 \leq \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$47 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 60、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$10 \leq \text{CaO} \leq 25、$$

$$4 < (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < 9、$$

$$0 \leq \text{Tf}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する、請求項2に記載のガラス繊維。

[請求項9] 前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$60 \leq \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$47 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 60、$$

$$5 \leq \text{CaO} \leq 20、$$

$$6 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20、$$

$$9 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20、$$

$$0 \leq \text{Tf}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する、請求項2に記載のガラス繊維。

[請求項10] 断熱材および／または吸音材用のガラス繊維であって、

質量%で表示して、

$$50 \leq \text{SiO}_2 \leq 75、$$

$$0 \leq \text{B}_2\text{O}_3 \leq 4、$$

$$0.1 \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 20、$$

$$9 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20、$$

$$5 \leq \text{ZrO}_2 \leq 20、$$

の成分を含有するガラス組成物を含む、ガラス繊維。

[請求項11] 前記ガラス組成物が、 B_2O_3 を実質的に含有しない、請求項1～10のいずれか1項に記載のガラス繊維。

[請求項12] 前記ガラス組成物が、質量%で表示して、

$$55 \leq \text{SiO}_2 \leq 67、$$

$$0.1 \leq \text{B}_2\text{O}_3 < 2、$$

$$5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 15、$$

$$45 \leq (\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 57、$$

$$1 \leq \text{MgO} \leq 10、$$

$$15 \leq \text{CaO} \leq 30、$$

$$0 \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 4、$$

$$0 \leq \text{Tf}_2\text{O}_3 \leq 5、$$

の成分を含有する、請求項3に記載のガラス繊維。

[請求項13] 前記ガラス組成物の粘度が $1000 \text{ dPa} \cdot \text{sec}$ であるときの温度を作業温度としたとき、前記作業温度が 1300°C 以下である、請求項1～12のいずれか1項に記載のガラス繊維。

[請求項14] 前記ガラス組成物の粘度が $1000 \text{ dPa} \cdot \text{sec}$ であるときの温度を作業温度としたとき、前記作業温度から失透温度を差し引いた温度差 ΔT が 0°C 以上である、請求項1～13のいずれか1項に記載のガラス繊維。

[請求項15] 前記ガラス組成物の ΔW_1 が $0.01 \sim 1.5$ 質量%である、請求項1～14のいずれか1項に記載のガラス繊維。

ここで、前記 ΔW_1 は、質量を前記ガラス組成物の比重と同じ値のグラム数とした、前記ガラス組成物により構成された直径 $15\mu\text{m}$ 、長さ 20mm のガラス単繊維群を、 80°C 、 10 質量%の硫酸水溶液 100mL に 24 時間浸漬したときの質量減少率である。

[請求項16] 前記ガラス組成物の ΔW_2 が $0.01\sim 0.5$ 質量%である、請求項 $1\sim 15$ のいずれか1項に記載のガラス繊維。

ここで、前記 ΔW_2 は、質量を前記ガラス組成物の比重と同じ値のグラム数とした、前記ガラス組成物により構成された直径 $15\mu\text{m}$ 、長さ 20mm のガラス単繊維群を、 80°C の蒸留水 100mL に 24 時間浸漬したときの質量減少率である。

[請求項17] 前記ガラス組成物のガラス転移温度が $560\sim 800^\circ\text{C}$ である、請求項 $1\sim 16$ のいずれか1項に記載のガラス繊維。

[請求項18] 前記ガラス組成物のヤング率が $77\sim 100\text{GPa}$ である、請求項 $1\sim 17$ のいずれか1項に記載のガラス繊維。

[請求項19] 前記ガラス組成物により構成された直径が $15\mu\text{m}$ であるガラス単繊維を、日本産業規格（JIS）の「炭素繊維—単繊維の引張特性の試験方法 R7606：2000」に準拠した方法により測定したときの引張弾性率が $69\sim 88\text{GPa}$ である、請求項 $1\sim 18$ のいずれか1項に記載のガラス繊維。

[請求項20] 請求項 $1\sim 19$ のいずれか1項に記載のガラス繊維を含む、断熱材および／または吸音材であるグラスウール。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/013383

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>C03C 13/00</i> (2006.01)i; <i>C03C 13/02</i> (2006.01)i; <i>G10K 11/162</i> (2006.01)i FI: C03C13/00; C03C13/02; G10K11/162		
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) C03C1/00-14/00		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) INTERGLAD		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-500330 A (PPG INDUSTRIES OHIO, INC) 07 January 2003 (2003-01-07) claims, paragraph [0014], examples	1-5, 11-20
X	EP 2676939 A1 (CHONGQING POLYCOMP INTERNATIONAL CORPORATION) 25 December 2013 (2013-12-25) claims, paragraph [0035], examples	1-3, 5, 11, 13-20
X	JP 2010-513207 A (SAINT-GOBAIN TECHNICAL FABRICS EUROPE) 30 April 2010 (2010-04-30) claims, paragraphs [0024]-[0025], [0029], examples	1-3, 5-6, 11, 13-20
X	JP 2007-529401 A (SAINT-GOBAIN VETROTEX FRANCE S.A) 25 October 2007 (2007-10-25) claims, paragraphs [0036]-[0037], [0041], examples	1-3, 5, 12-20
X	US 2013/0217822 A1 (HOFMANN, Douglas A.) 22 August 2013 (2013-08-22) claims, paragraph [0012], examples	1-3, 5, 7, 11, 14-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 June 2023		Date of mailing of the international search report 04 July 2023
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/JP2023/013383

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/0184345 A1 (SAINT-GOBAIN TECHNICAL FABRICS EUROPE) 22 July 2010 (2010-07-22) claims, paragraph [0036], examples	1-3, 8, 11, 13-20
X	JP 55-113646 A (SAINT GOBAIN INDUSTRIES) 02 September 1980 (1980-09-02) claims, p. 3, lower left column, lines 8-20, p. 12, lower right column, lines 5-10, examples	1-2, 9, 11, 13-20
X	JP 2010-507557 A (SAINT-GOBAIN VETROTEX FRANCE S.A) 11 March 2010 (2010-03-11) claims, paragraph [0008], examples	10-11, 13-20
X	JP 55-140735 A (PILKINGTON BROTHERS LTD) 04 November 1980 (1980-11-04) claims, p. 2, upper right, lines 17-20, examples	10-11, 13-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/013383

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2003-500330	A	07 January 2003	WO 2000/073231 A1 claims, specification, p. 5, lines 13-16, examples	
				US 2003/0207748 A1	
				CN 1589243 A	
				KR 10-0711333 B1	
EP	2676939	A1	25 December 2013	US 2014/0113799 A1	
				WO 2012/109777 A1	
				CN 102173594 A	
JP	2010-513207	A	30 April 2010	US 2010/0093511 A1 claims, paragraphs [0025]-[0026], [0030], examples	
				WO 2008/087327 A2	
				KR 10-2009-0092293 A	
				CN 101573304 A	
JP	2007-529401	A	25 October 2007	US 2008/0125304 A1 claims, paragraphs [0036]-[0037], [0041], examples	
				WO 2005/093227 A2	
				CN 1934043 A	
US	2013/0217822	A1	22 August 2013	(Family: none)	
US	2010/0184345	A1	22 July 2010	WO 2008/142347 A2	
				CN 101687691 A	
JP	55-113646	A	02 September 1980	US 4203774 A claims, column 2, lines 42-57, column 15, line 30 to column 16, line 2, examples	
				DE 2911510 A1	
				FR 2443436 A1	
JP	2010-507557	A	11 March 2010	US 2010/015233 A1 claims, paragraphs [0037]-[0038], examples	
				WO 2008/050069 A2	
				CN 101553441 A	
JP	55-140735	A	04 November 1980	US 4330628 A claims, column 1, lines 5-9, examples	
				DE 3009953 A1	
				FR 2451347 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C03C 13/00(2006.01)i; C03C 13/02(2006.01)i; G10K 11/162(2006.01)i FI: C03C13/00; C03C13/02; G10K11/162		
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 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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 2003-500330 A (ピーページー インダストリーズ オハイオ, インコーポレイテッド) 07.01.2003 (2003-01-07) 特許請求の範囲, [0014], 実施例	1-5, 11-20
X	EP 2676939 A1 (CHONGQING POLYCOMP INTERNATIONAL CORPORATION) 25.12.2013 (2013-12-25) 特許請求の範囲, [0035], 実施例	1-3, 5, 11, 13-20
X	JP 2010-513207 A (サンゴバン テクニカル ファブリックス ヨーロッパ) 30.04.2010 (2010-04-30) 特許請求の範囲, [0024]-[0025], [0029], 実施例	1-3, 5-6, 11, 13-20
X	JP 2007-529401 A (サンゴバン ベトロテックス フランス ソシエテ アノニム) 25.10.2007 (2007-10-25) 特許請求の範囲, [0036]-[0037], [0041], 実施例	1-3, 5, 12-20
X	US 2013/0217822 A1 (HOFMANN Douglas A.) 22.08.2013 (2013-08-22) 特許請求の範囲, [0012], 実施例	1-3, 5, 7, 11, 14-20
<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、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	16.06.2023	国際調査報告の発送日 04.07.2023
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） 永田 史泰 4T 3029 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	US 2010/0184345 A1 (SAINT-GOBAIN TECHNICAL FABRICS EUROPE) 22.07.2010 (2010 - 07 - 22) 特許請求の範囲, [0036], 実施例	1-3, 8, 11, 13-20
X	JP 55-113646 A (サン・ゴバン・アンドストリ) 02.09.1980 (1980 - 09 - 02) 特許請求の範囲, 第3ページ左下欄第8-20行, 第12ページ右下欄第5-10行, 実施例	1-2, 9, 11, 13-20
X	JP 2010-507557 A (サン ゴバン ヴェトロテックス フランス ソシエテ アノニム) 11.03.2010 (2010 - 03 - 11) 特許請求の範囲, [0008], 実施例	10-11, 13-20
X	JP 55-140735 A (ピルキントン・ブラザーズ・リミテッド) 04.11.1980 (1980 - 11 - 04) 特許請求の範囲, 第2ページ右上欄第17-20行, 実施例	10-11, 13-20

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/JP2023/013383

引用文献	公表日	特許請求の範囲	公表日
JP 2003-500330 A	07.01.2003	WO 2000/073231 A1 特許請求の範囲, 明細書第5 ページ第13-16行, 実施例	
		US 2003/0207748 A1	
		CN 1589243 A	
		KR 10-0711333 B1	
EP 2676939 A1	25.12.2013	US 2014/0113799 A1	
		WO 2012/109777 A1	
		CN 102173594 A	
JP 2010-513207 A	30.04.2010	US 2010/0093511 A1 特許請求の範囲, [0025]- [0026], [0030], 実施例	
		WO 2008/087327 A2	
		KR 10-2009-0092293 A	
		CN 101573304 A	
JP 2007-529401 A	25.10.2007	US 2008/0125304 A1 特許請求の範囲, [0036]- [0037], [0041], 実施例	
		WO 2005/093227 A2	
		CN 1934043 A	
US 2013/0217822 A1	22.08.2013	(ファミリーなし)	
US 2010/0184345 A1	22.07.2010	WO 2008/142347 A2	
		CN 101687691 A	
JP 55-113646 A	02.09.1980	US 4203774 A 特許請求の範囲, 第2欄第 42-57行, 第15欄第30行-第16 欄第2行, 実施例	
		DE 2911510 A1	
		FR 2443436 A1	
JP 2010-507557 A	11.03.2010	US 2010/0152333 A1 特許請求の範囲, [0037]- [0038], 実施例	
		WO 2008/050069 A2	
		CN 101553441 A	
JP 55-140735 A	04.11.1980	US 4330628 A 特許請求の範囲, 第1欄第5-9 行, 実施例	
		DE 3009953 A1	
		FR 2451347 A1	