

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： ガラス板

技術分野

[0001] 本発明は、ガラス板に関する。

背景技術

[0002] 従来、ＬＥＤなどの低消費電力光源を使用したエッジライト方式の表示装置や照明装置が知られている。エッジライト方式の表示装置や照明装置では、相互に対向する２つの主表面を有する導光板と、該導光板の一つの端面对向して配置された光源とが使用される。ここで、導光板の「端面」は、導光板の２つの主表面を相互に接続する４つの側面を意味する。また、４つの側面のうち、光源と面する端面を、特に、「入射端面」と称する。

[0003] エッジライト方式では、光源からの光は、導光板の入射端面に入射される。その後、導光板に入射した光は、一つの主表面（「出射主表面」という）から出射される。従って、エッジライト方式では、導光板における光の入射方向と出射方向とが相互に垂直な関係にあるという特徴がある。

[0004] 一般に、このようなエッジライト方式の導光板として、アクリル板が用いられている。しかしながら、アクリル板は、耐擦傷性、剛性、耐熱性、および耐水性の観点から問題がある。そのため、そのような問題が生じ難いガラス板を、導光板として使用することが要望されている。

[0005] また、近年建築用外装およびガラスカーテン、ガラスリブのような内装材、テーブル、棚板のような家具、什器等において、意匠に高級感を与えるためにガラスを使用することが増えてきており、特に高透過ガラスの使用が要望されている。このような高透過ガラスは、その透明性を意匠において強調するために、板の主表面方向からだけでなく、端面の法線方向における外観も重要となる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 前述のように、エッジライト方式の導光板として、ガラス板を使用することが要望されている。

[0007] しかしながら、エッジライト方式では、導光板内に入射した光は、全反射条件を保ちつつ導光板内を主表面方向に伝播していくため、導光板から出射するまでの光路長が実際の導光板のサイズよりも長くなる。そのため、一般的なガラス板をそのような導光板に適用した場合、入射光のうち相当の量が伝播中に吸収されたり、散乱されたりして、十分な強度の光を出射主表面から出射しにくくなる懸念があった。また、光の伝播中にある特定の波長の部分が選択的に吸収されると、入射光の色とは異なる色の光が出射されてしまう懸念もあった。太陽電池用カバーガラス等で用いられるような既存の高透過ガラスであっても、同様の懸念は依然として有しており、表示装置さらには導光板の大型化にともない、このような懸念は、今後より顕著になるものと予想される。

[0008] 本発明では、エッジライト方式の導光板として用いた際には、長い光路長においても十分な出射光量が得られるとともに、入射光と出射光の色ずれが有意に抑制される、端面の法線方向の光学特性にも優れたガラス板を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明では、一辺の長さ L が200mm以上、厚さ θ が1.0mm以上であり、第1および第2の主表面と、該主表面同士を接続する1または複数の端面と、を有するガラス板であって、

Fe_2O_3 に換算した鉄を総量で1質量ppm以上80質量ppm以下、 Fe_2O_3 に換算した Fe^{2+} を0.1質量ppm以上10.0質量ppm以下、

Ni 、 Mn 、 Cr 、 Co および V を合計で0.1質量ppm以上10.0質量ppm以下含み、

前記第1の主表面に垂直な方向で切断することにより、当該ガラス板の中心部分から、縦50mm×横50mm×厚さ θ の寸法で採取され、前記2つの主表面、ならびに相互に対向する第1および第2の切断面が、算術平均粗

さ $R_a \leq 0.1 \mu m$ となるようにされたサンプル A において、

前記第 1 の主表面において、法線方向で測定した、波長 $400 \sim 700 nm$ における平均吸光係数を α_{ave1} とし、前記第 1 の切断面において、前記法線方向と直交する方向で測定した波長 $400 \sim 700 nm$ における平均吸光係数を α_{ave2} としたとき、前記 α_{ave1} は、 0.009 以下であり、比 $\alpha_{ave2} / \alpha_{ave1}$ は、 1.3 以下である、ガラス板が提供される。

発明の効果

[0010] 本発明では、エッジライト方式の導光板として用いた際には、比較的長い光路長においても十分な出射光量が得られるとともに、入射光と出射光の色ずれが有意に抑制されたガラス板を提供できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]一般的なエッジライト方式の表示装置の構成を概略的に示した図である。

[図2]ガラス板内の光の直進性を評価する際に使用される装置の構成を模式的に示した図である。

[図3]本発明の一実施形態によるガラス板の製造方法の一例の概略的なフローを示した図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照して、本発明の一実施形態について説明する。

[0013] 図 1 には、一般的なエッジライト方式の表示装置の概略的な分解斜視図を示す。

[0014] 図 1 に示すように、通常、エッジライト方式の表示装置 10 は、光源群 20 と、導光板 30 と、表示素子 40 とを有する。

[0015] 光源群 20 は、一列に配置された 1 つ以上の光源 21 を有する。各光源 21 は、発光ダイオード (LED) またはレーザダイオードのような、指向性光源であっても良い。

[0016] 導光板 30 は、第 1 および第 2 の主表面 32 A および 32 B と、該主表面同士を接続する 4 つの端面 34 A ~ 34 D を有する。導光板 30 の第 1 の主

表面 3 2 A は、出射表面側となり、「出射主表面 3 2 A」とも称される。導光板 3 0 の第 2 の主表面 3 2 B は、表示装置 1 0 の背面側となる。導光板 3 0 の端面 3 4 A は、光源群 2 0 と対面しており、表示装置 1 0 の入射表面となる。従って、導光板 3 0 の端面 3 4 A は、「入射端面 3 4 A」とも称される。なお、主表面 3 2 A および 3 2 B と 4 つの端面 3 4 A ~ 3 4 D それぞれの間、また、各端面同士の間には、それぞれの表面同士を接続する一つ以上の面取り面があっても良い。

[0017] 表示素子 4 0 は、例えば、液晶および光学フィルター等などで構成され、画像を形成できる。表示素子 4 0 は、導光板 3 0 の第 1 の主表面 3 2 A と対面するように配置される。また、照明装置の場合、表示素子 4 0 は省略され、あるいは表示素子 4 0 として色調を補正するための光学フィルター等が配置される。

[0018] このような構成の表示装置 1 0 は、以下のように作動する。まず、光源群 2 0 を構成する各光源 2 1 から、導光板 3 0 の入射端面 3 4 A に向かって光が照射され、該光が導光板 3 0 に入射する。入射した光（入射光）は、導光板 3 0 の各内面で反射されながら導光板 3 0 の内部を伝播し、導光板 3 0 の第 1 の主表面 3 2 A から出射される。導光板 3 0 から出射された光は、その後表示素子 4 0 に照射される。その結果、表示素子 4 0 で形成された画像が外部に表示され、表示装置 1 0 の視認者が表示素子 4 0 で形成された画像を認識できる。なお前述のように照明装置の場合、表示素子 4 0 は簡略化できる。

[0019] ここで、前述のように、表示装置 1 0 の導光板 3 0 として、アクリル板に代えて、ガラス板を適用することが要望されている。

[0020] しかしながら、建築用途や表示装置用途等に利用される一般的なガラス板を導光板 3 0 に適用した場合、入射光が導光板 3 0 内を伝播中に、光の相当量が吸収されたり、散乱されたりして、十分な強度の光を第 1 の主表面 3 2 A から出射しにくくなる懸念があった。また、入射光の伝播中に、ある特定の波長の部分が導光板 3 0 で選択的に吸収されると、入射光の色とは異なる

色の光が出射されてしまうという懸念もあった。上記の一般的なガラスにおいては、主としてガラス主表面の法線方向（以下、主表面方向ともいう）での光吸収や散乱などによる損失（以下光吸収ともいう）を低くすることは考慮されてきた一方、前記主表面の法線方向と直交する方向（以下、端面の法線方向ともいう）での光吸収を低くすることは考慮されてこなかったためである。

[0021] これらは既に20インチ程度以上の大きさの液晶テレビなどを含む各種ディスプレイやデジタルサイネージ、照明等において問題となっており、そのため従来の一般的なガラス板では導光板としての使用に適さなかった。加えて、最近ではより大型のものが主流になってきており、太陽電池用カバーガラス等で用いられるような既存の高透過ガラスであっても、前記懸念から導光板としての使用に適さなくなっている。表示装置10さらには導光板30のさらなる大型化にともない、前記懸念は、今後より顕著になるおそれがある。

[0022] これらの問題を解決するためには、特に、端面の法線方向の光吸収は、主表面方向の光吸収を低減するだけでは一意的に低減できないため、単純に主表面方向の光吸収を低減するだけでなく、積極的に端面の法線方向の光吸収を低減する必要があることが明らかになった。

[0023] これは以下の理由による。ガラスの内部が理想的に光学的均質な状態である場合、ガラスの吸光度はランバートベールの法則に従い、単位長あたりの吸光度によって一意的に決定される。この場合、ガラス板の主表面方向での平均吸光係数 α_{ave1} と端面の法線方向での平均吸光係数 α_{ave2} は等しくなる。しかし実際のガラス内部には、微細な泡や μm オーダーでの屈折率分布、着色層や屈折率異質層等による光学的不均質な要因が存在しており、光学的に完全な等方性を有していない。特に通常のガラス板では主表面方向での光学的均質性のみが重要とされるため、端面の法線方向での光学的均質性が悪くなる懸念がある。

[0024] 従来のガラス板では主表面方向での外観や光学特性のみが重視される上、

光路長がせいぜいガラス板厚程度であるため上記のような課題は顕在化しにくい。しかし、本発明の課題のように端面の法線方向での光吸収等が重要となる用途では、光路長が200mm以上と長くなる上、端面の法線方向での光学的均質性の悪さが性能に大きく影響を与える。このようなガラス板の端面の法線方向での光学特性については、例えば高い透明性が必要とされる太陽電池用カバーガラス等においてさえもこれまで意識されてこなかった。

[0025] しかしながら、本発明の一実施形態では、

一辺の長さLが200mm以上、厚さ θ が1.0mm以上であり、第1および第2の主表面と、該主表面同士を接続する1または複数の端面と、を有するガラス板であって、

Fe_2O_3 に換算した鉄の総量が1質量ppm以上80質量ppm以下であり、 Fe_2O_3 に換算した Fe^{2+} が0.1質量ppm以上10.0質量ppm以下であり、

Ni、Mn、Cr、CoおよびVが合計で0.1質量ppm以上10.0質量ppm以下であり、

当該ガラス板の中心部分から、当該ガラス板を前記第1の主表面に垂直な方向で切断して、縦50mm×横50mm×厚さ θ のサンプルAを採取し、該サンプルAの前記2つの主表面、ならびに前記サンプルAの相互に対向する第1および第2の切断面を、算術平均粗さRaが0.1 μm 以下となるようにされたサンプルAにおいて、

前記サンプルAの前記第1の主表面において、法線方向で測定した、波長400～700nmにおける平均吸光係数を α_{ave1} とし、前記第1の切断面において、前記法線方向と直交する方向で測定した波長400～700nmにおける平均吸光係数を α_{ave2} としたとき、前記 α_{ave1} は、0.009以下であり、比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ は、1.3以下である、ガラス板が提供される。

[0026] ガラス板の光吸収の主要因は、不純物として含まれる鉄イオンである。鉄は、工業的に生産されるガラスの原料として不可避免的に含有されるものであり、ガラス中への鉄の混入は避けられない。

[0027] Fe_2O_3 に換算した全酸化鉄 ($\text{t-Fe}_2\text{O}_3$) の含有量は、可視域全域にわたって極めて高い透過率を実現させるために80質量ppm以下とされる。 $\text{t-Fe}_2\text{O}_3$ の含有量は、さらに好ましくは60質量ppm以下であり、特に好ましくは45質量ppm以下であり、最も好ましくは35質量ppm以下である。

[0028] 一方、本発明のガラスの全酸化鉄量は、1質量ppm以上とされる。1質量ppm未満では多成分系の酸化物ガラス製造時においてガラスの溶解性を向上させることが難しくなり、又、低コストで大量生産することが難しくなる。又、原料の入手が困難である。好ましくは5質量ppm以上であり、より好ましくは8質量ppm以上であり、さらに好ましくは10質量ppm以上である。なお、ガラスの全酸化鉄量は、ガラス製造時に添加する鉄成分の量により調節できる。

[0029] 本発明においては、ガラス物品のガラスの全酸化鉄量を、 Fe_2O_3 の量として表しているが、ガラス中に存在する鉄がすべて Fe^{3+} (3価の鉄) として存在しているわけではない。通常、ガラス中には Fe^{3+} と Fe^{2+} (2価の鉄) が同時に存在している (以下、これらをまとめて「鉄成分」という)。鉄成分は可視光域に吸収を持つが、 Fe^{2+} の吸収係数 ($11\text{ cm}^{-1}\text{ Mol}^{-1}$) は、 Fe^{3+} の吸収係数 ($0.96\text{ cm}^{-1}\text{ Mol}^{-1}$) よりも1桁大きい。そのため、可視光域の内部透過率をより低下させる。そのため、 Fe^{2+} の含有量が少ないことが、可視光域の内部透過率を高めるうえで好ましい。

[0030] 本発明のガラスは、質量ppm表示で Fe_2O_3 に換算した二価鉄 (Fe^{2+}) の含有量が10質量ppm以下に抑制されている。好ましくは8.0質量ppm以下であり、より好ましくは6.0質量ppm以下であり、特に好ましくは4.0質量ppm以下であり、最も好ましくは3.5質量ppm以下である。

[0031] このように、本発明の一実施形態によるガラス板では、鉄成分の量を制御することで、鉄成分による特定波長の光の吸収を有意に抑制できる。

[0032] なお、ガラス板に含まれる全酸化鉄量を80ppm以下に抑制し、かつ質

量 ppm 表示で Fe_2O_3 に換算した二価鉄 (Fe^{2+}) の含有量が 10.0 質量 ppm 以下であると、ガラス板の製造が難しくなることがある。特に、従来のガラスに比べて溶解時の窯内での均質性を高くしにくいということが本発明者らの検討により明らかとなった。

[0033] すなわち、鉄成分、特に Fe^{2+} が過度に排除された熔融ガラスは、光、特に赤外光を吸収し難いという特性を有する。このため、そのような熔融ガラスを加熱するには、多大なエネルギーを投与する必要がある。その結果、製造工程におけるエネルギー効率が非現実的なレベルまで低下してしまう懸念がある。また、このような加熱状態では、熔融ガラスの上部と底部とで組成が変化し、最終的に得られるガラス板の組成が不均一になる懸念がある。さらに、そのような高温状態での操業では、製造設備の破損や劣化が生じる懸念がある。逆に加熱状態を通常のガラス相当に抑えてしまうと、ガラスの熔融が促進されないために泡欠点が多くなる、熔融ガラスの粘性が低いために不均質になる等、製品の品質を低下させてしまう懸念がある。

[0034] しかしながら、本発明の一実施形態によるガラス板では、このような問題に対処するため、Ni、Mn、Cr、Co および V からなる群から選定された金属イオンの合計含有量が、0.1 質量 ppm 以上となるように制御されている。

[0035] これらの金属イオンは、紫外域から近赤外域の範囲で光を吸収する特性を有する。このため、熔融ガラスにこれらの遷移金属イオンが含まれる場合、鉄成分、特に Fe^{2+} が過度に排除された場合であっても、加熱が比較的容易になり、前述のような問題が軽減される。

[0036] また、これらの遷移金属イオンはガラスの着色成分としても機能する。このため、これらの遷移金属イオンの量を調整することで、鉄成分による光吸収以外の波長域に意図的に微弱な光吸収を生じさせることで波長 400~700 nm の範囲における光吸収スペクトルをより平坦化できる。これにより、単純に鉄成分を減らして得られるガラス板と比べて、光路長が 200 mm 以上と長くなっても入射光と出射光の色ずれを抑制することが可能となる。

[0037] 一方、ガラス原料中にこれらの遷移金属イオンが多く含まれると、最終的に得られるガラス板の透明性が低下してしまう。

[0038] しかしながら、本発明の一実施形態によるガラス板では、これらの遷移金属イオンの総和は、最大10.0質量ppm以下となるように制御されている。このため、本発明の一実施形態では、透明性に悪影響を及ぼすことなく、均質なガラス板を、現実的なプロセスで製造可能となる。これらの遷移金属イオンのうち、特に透明性に悪影響を及ぼしやすいNi、Cr、Co、Vの総和は、好ましくは7.0質量ppm以下であり、より好ましくは3.0質量ppm以下であり、さらに好ましくは2.0質量ppm以下であり、特に好ましくは1.5質量ppm以下であり、最も好ましくは1.0質量ppm以下である。

[0039] また、本願発明者らは、Ni、Mn、Cr、CoおよびVが透明性に与える影響の程度を明確にした。Ni 1ppmあたりの波長400～700nmの範囲における平均吸光係数は、0.0026である。Mn 1ppmあたりの波長400～700nmの範囲における平均吸光係数は、0.00005である。Cr 1ppmあたりの波長400～700nmの範囲における平均吸光係数は、0.0013である。Co 1ppmあたりの波長400～700nmの範囲における平均吸光係数は、0.0085である。V 1ppmあたりの波長400～700nmの範囲における平均吸光係数は、0.00007である。本願発明者らは、これらの知見をもとに、下記(A)式を満たすことが所望の高透過ガラスを得るうえで好ましいことを見出した：

$$2.6 \times [\text{Ni}] + 0.5 \times [\text{Mn}] + 1.3 \times [\text{Cr}] + 8.5 \times [\text{Co}] + 0.7 \times [\text{V}] < 7.0$$

(A) 式

また、下記(B)式を満たすことがさらに好ましい：

$$26 \times [\text{Ni}] + 0.5 \times [\text{Mn}] + 13 \times [\text{Cr}] + 85 \times [\text{Co}] + 0.7 \times [\text{V}] < 18$$

(B) 式

ここで、 $[\text{Ni}]$ 、 $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{Cr}]$ 、 $[\text{Co}]$ および $[\text{V}]$ は、Ni、Mn、Cr、Co および V の各含有量（質量 ppm）である。

[0040] 以上の特徴により、本発明の一実施形態によるガラス板は、各種着色成分の影響を最小に抑えているため高い透明性を有する上、特定の波長の光が選択的に吸収されるという問題を有意に抑制できる。このため、本発明の一実施形態によるガラス板は、これまで適用の難しかった、比較的大画面のエッジライト方式の導光板としても適用できる。

[0041] また、本発明の一実施形態によるガラス板は、該ガラス板の中心部分から、該ガラス板を第1の主表面に垂直な方向で切断して、縦50mm×横50mm×厚さ θ のサンプルを採取し、該サンプルの第1および第2の主表面、ならびに前記サンプルの相互に対向する第1および第2の2つの切断面を、算術平均粗さ R_a が $0.1 \mu\text{m}$ 以下となるようにされたサンプルAにおいて、

該サンプルAの前記第1の主表面において、その法線方向で測定した、波長400～700nmにおける平均吸光係数を α_{ave1} とし、前記第1の切断面において、前記法線方向と直交する方向で測定した波長400～700nmにおける平均吸光係数を α_{ave2} としたとき、 α_{ave1} は、0.009以下であり、比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ は、1.3以下であるという特徴を有する。

[0042] 特に、 α_{ave1} は、0.007以下であることが好ましく、0.006以下であることがより好ましく、0.005以下であることがさらに好ましく、0.0045以下であることが特に好ましい。また、比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ は、1.25以下であることが好ましく、1.2以下であることがより好ましく、1.15以下であることがさらに好ましく、1.1以下であることがもっとも好ましい。

[0043] この α_{ave1} と α_{ave2} の比が1.3以下であるという特徴は、ガラス板主表面の法線方向とそれに直交する端面の法線方向における光学的均質性の差が少ないということを意味する。

[0044] 端面の法線方向における光学的均質性はガラスを溶解する際に窯内で均質な熔融ガラスを得ることで実現され、特に、ガラス板の主表面に対する法線方向から見た場合の光学的均質性と比べて、溶解時の窯内での深さ方向の均質性の影響が大きいことを発明者らは実験的に見出した。しかし前述のように一般的なガラスや従来の高透過ガラスと異なり、ガラス板中の鉄成分、特に Fe^{2+} が過度に排除された場合、通常の溶解方法では窯内での深さ方向の均質性を高くすることが困難である。

[0045] しかしながら鋭意検討の結果、ガラス原料に含まれるガラスカレット割合と清澄剤の量の最適化と、ガラス溶解槽内でのスターラーによる攪拌速度の制御、溶解ガラス上部空間でのバーナー加熱と溶解ガラスへの通電加熱による深さ方向での温度制御、溶解槽内での最高温度域から清澄温度域までの温度勾配制御等、の一部または全てを組みあわせること、またはこれらの方法に加えて、ガラス中に含まれる $\beta-OH$ 量をガラス中に含まれる Fe^{2+} 量に応じて制御することにより、鉄成分、特に Fe^{2+} が過度に排除されたガラスにおいても窯内での深さ方向での均質性を維持できることを見出した。本発明の一実施形態によるガラス板は、これらの方法により端面の法線方向における光学的均質性の低下を防ぎ、 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ が1.3以下となるよう制御されている。

[0046] ガラス中の $\beta-OH$ 量が、鉄成分、特に Fe^{2+} が過度に排除された場合において窯内での深さ方向での均質性に影響する機構についてはまだ完全に理解されていないが、以下のような仮説により説明できる。なお、ここで議論する $\beta-OH$ 量は、後述の方法で分光的に定義される値である。ガラス中の $\beta-OH$ 量を高くすることで、ガラス原料バッチの溶け落ちを良くし、均質な溶解をしやすくする効果が知られている。加えて $\beta-OH$ を高くすることで溶解中に発生するガラス融液中の泡の径を大きくすることができ、清澄性

を改善する効果もある。さらに、本発明におけるガラスのように全酸化鉄量が80 ppm以下と極めて低く、さらに Fe_2O_3 に換算した Fe^{2+} 量も4.0 ppm以下と従来に無い極めて低い場合では、ガラス中の $\beta\text{-OH}$ を高くするとともに、ガラス融液の近赤外～赤外域での吸収を大きくすることでガラス融液の加熱を促進し、均質性を高くする作用があることを実験的に見出した。これは Fe^{2+} による吸光の影響がある波長域に $\beta\text{-OH}$ に起因する吸光が存在していることも影響している。 Fe^{2+} の量が低く抑制されると、 Fe^{2+} による吸光が小さくなるため分光的に定義される $\beta\text{-OH}$ の値も低くなる。そのような状態でも十分な吸光が得られて加熱を促進するためには、 $\beta\text{-OH}$ 量を高くする必要があるためである。

[0047] 本発明の一実施形態によるガラス板中の $\beta\text{-OH}$ 量は、 $0.015 \times [\text{Fe}^{2+}]$ 以上であることが望ましく、 $0.025 \times [\text{Fe}^{2+}]$ 以上であることがより望ましく、 $0.03 \times [\text{Fe}^{2+}]$ 以上であることが最も望ましい。ここで、 $[\text{Fe}^{2+}]$ は、 Fe_2O_3 に換算した Fe^{2+} 量（質量ppm）である。

[0048] このようなガラス板を導光板30に使用した場合、入射端面34Aから入射され、導光板30の内部を伝播して、出射主表面32Aから出射される光の光路長が比較的長くなっても、内部での光の減衰を有意に抑制できる。

[0049] このような特徴により、本発明の一実施形態によるガラス板を表示装置10の導光板30に適用した場合、例えば、導光板30が、長さLが20cm以上で、厚さ θ が1.0mm以上のような大きな寸法であっても、導光板30の入射端面34Aから光を入射させて、出射主表面32Aから出射させた際に、比較的減衰の少ない出射光を出射させることが可能になる。また、導光板30内での特定の波長の選択的な吸収を抑制することが可能となり、入射光と出射光の色ずれを有意に抑制できる。

[0050] （平均吸光係数 α_{ave1} および α_{ave2} の評価方法）

ここで、本願における平均吸光係数 α_{ave1} および α_{ave2} の評価方法について、より詳しく説明する。

[0051] ガラス板の平均吸光係数 α_{ave1} および α_{ave2} は、以下の方法により評価で

きる。

[0052] まず、ガラス板を第1の主表面に垂直な方向で切断して、ガラス板の略中心部分から、縦50mm×横50mm×厚さ θ mmのサンプルを採取する。得られたサンプルの主表面および切断面が平滑でない場合は、サンプルの第1の主表面および第2の主表面、ならびにサンプルの相互に対向する第1および第2の2つの切断面を、それぞれの算術平均粗さ R_a が0.1 μ m以下となるまで研磨して、サンプルAを調製する。

[0053] 次に、サンプルAのいずれかの主表面（第1の主表面）に対して、該主表面の法線方向において、波長400nm～700nmの範囲で、反射率 R_1 および透過率 T_1 を1nm間隔で測定する。なお、反射率 R_1 は、サンプルAの両主表面での多重反射を考慮して得られた値である。

[0054] 次に、得られた反射率 R_1 および透過率 T_1 から、以下の(1)式により、サンプルAの吸光係数 α_1 を1nm間隔で求め、これを平均することで α_{ave1} が求められる：

$$\alpha_1 = -10 \log_e \{ [T_1^2 - (1 - R_1)^2 + ((T_1^2 - (1 - R_1)^2)^2 + 4T_1^2)^{0.5}] / 2T_1 \} / (0.1\theta) \quad (1) \text{式}$$

一方、サンプルAの平均吸光係数 α_{ave2} は、以下の方法で評価できる。

[0055] サンプルAの研磨された切断面のうちいずれか一つの端面（第1の端面）に対して、該端面の法線方向において、波長400nm～700nmの範囲で、透過率 T_2 を測定する。

[0056] 次に、得られた透過率 T_2 から、以下の(2)式により、吸光係数 α_2 を1nm間隔で求め、これを平均することで α_{ave2} が求められる：

$$\alpha_2 = -10 \log_e \{ [- (1 - R_2)^2 + ((1 - R_2)^4$$

$$+ 4 R_2^2 \cdot T_2^2)^{0.5}] / 2 R_2^2 \cdot T_2\} / 5$$

(2) 式

ここで、 R_2 はサンプルAの片面における反射率であるため、多重反射を考慮して得られた反射率 R_1 とその光路長に対応する透過率 T_1 から、

$$R_2 = R_1 / \{1 + T_1 \times \exp(-\alpha_1 \times 0.1 \theta)\} \quad (3) \text{ 式}$$

となる。

[0057] サンプルAにおいて得られた平均吸光係数 α_{ave1} および平均吸光係数 α_{ave2} を、そのガラス板の平均吸光係数 α_{ave1} および平均吸光係数 α_{ave2} とする。

[0058] このような方法により、ガラス板の平均吸光係数 α_{ave1} および平均吸光係数 α_{ave2} を評価できる。

[0059] (本発明の一実施形態によるガラス板のその他の特徴について)

本発明の一実施形態によるガラス板は、透明性および均質性が高く、特に端面の法線方向において透明性および均質性が高いため、光の直進性が良いという特徴を有する。端面の法線方向における透明性および均質性が高いということは、 μm オーダーでの微細な泡や屈折率ムラが抑制され、光の直進性が優れているということである。

[0060] そこで、以下、これらの特徴について、定量的に説明する。

[0061] (屈折率分布)

本発明の一実施形態によるガラス板は、二つの主表面に垂直な方向での断面内における屈折率分布 Δn の標準偏差 σ が 5×10^{-5} 以下であるという特徴を有する。

[0062] ここで、ガラス板の屈折率分布 Δn の標準偏差 σ は、以下のように評価される。

[0063] まず、ガラス板を主表面に垂直な方向で切断して、ガラス板の略中心部分

から、縦50mm×横3mmのサンプルを採取する。得られたサンプルの主表面および切断面が平滑でない場合は、サンプルの両主表面、およびサンプルの一辺の長さが50mmの2つの切断面のそれぞれを、算術平均粗さ R_a が $0.1\mu\text{m}$ 以下となるまで研磨し、サンプルBを調製する。

[0064] 次に、サンプルBの研磨した2つの切断面の一方の側において、透過型二光束干渉顕微鏡を用いて、屈折率分布 Δn （測定領域における屈折率のマップ）を測定する。得られた屈折率分布 Δn から、標準偏差 σ を算定する。

[0065] このような屈折率分布 Δn の標準偏差 σ は、ガラス板の二つの主表面に垂直な方向での断面内における均質性を表す一つの指標として使用できる。すなわち、屈折率分布 Δn の標準偏差 σ が小さいほど、光学特性に影響を及ぼす異物や組成変動領域が少なく、ガラス板の均質性が高いと言える。

[0066] 屈折率分布 Δn の標準偏差 σ は、 4.0×10^{-5} 以下であることが好ましく、 3.0×10^{-5} 以下であることがより好ましく、 2.5×10^{-5} 以下であることがさらに好ましく、 2.0×10^{-5} 以下であることが特に好ましい。

[0067] （光の直進性）

本願において、ガラス板内の光の直進性は、図2に示したような装置を用いて、評価できる。

[0068] 図2には、ガラス板内の光の直進性を評価する際に使用される装置の構成を模式的に示す。図2に示すように、装置100は、レーザ光源110およびスクリーン120を有する。レーザ光源110からスクリーン120までの距離 d_1 は、160mmである。

[0069] 装置100を用いてガラス板内の光の直進性を評価する際には、まず評価用のサンプルが調製される。

[0070] サンプルは、被測定対象となるガラス板を主表面に垂直な方向で切断して、ガラス板の略中心部分から、縦50mm×横50mmの寸法で採取される。なお、得られたサンプルの主表面および切断面が平滑でない場合は、サンプルの両主表面、およびサンプルの対向する2つの切断面のそれぞれを、算

術平均粗さ R_a が $0.1 \mu\text{m}$ 以下となるまで研磨して、サンプル 130 を調製する。なお、サンプル 130 は、前述の平均吸光係数 α_{ave1} および α_{ave2} の評価の際に使用されるサンプル A であっても良い。

[0071] 次に、装置 100 内にサンプル 130 を設置せずに、レーザ光源 110 からスクリーン 120 に向かってレーザ光を照射し、スクリーンに形成されたスポット 140 の面積 S_0 を測定する。

[0072] 次に、レーザ光源 110 とスクリーン 120 の間に、サンプル 130 を配置して、同様の測定を行う。この際には、サンプル 130 は、研磨された一つの切断面（以下、「照射面」という）の略中央部分にレーザ光が照射されるように配置される。レーザ光源 110 からサンプル 130 の照射面までの距離 d_2 は、 40mm である。スクリーン 120 に形成されたスポット 140 の面積を S_1 とする。

[0073] 使用するレーザ光としては、一例として市販の赤色レーザポインタ（波長 635nm 等）が挙げられる。レーザ光のビーム径がサンプル 130 の厚さよりも大きい場合は、レーザ光源 110 とサンプル 130 の間に適宜スリットを設置して、ビーム径がサンプル 130 の厚さよりも小さくなるようにしても良い。

[0074] スポット 140 の面積は、デジタルカメラにて撮影したスポット像を画像処理ソフトの輝度プロファイル機能を用いることで評価する。画像処理ソフトの輝度プロファイル機能の一例として、ImageJ 1.48v の Plot profile 機能が挙げられる。本願では、ピーク強度の半値全幅区間をスポット 140 の面積と定めた。スポット 140 の形状が略矩形の場合、面積 S_0 、 S_1 は、スポット 140 の縦、横それぞれの辺の長さの積により計算できる。

[0075] このようにして得られた S_0 と S_1 の比 S_1/S_0 は、ガラス板内の光の直進性を表す指標として、使用できる。すなわち、比 S_1/S_0 が小さい（すなわち 1 に近い）ほど、ガラス板の端面に垂直な方向に沿ってガラス板内を伝播する光の直進性が良好であると言える。

[0076] 本発明の一実施形態によるガラス板は、 2.25 以下の比 S_1/S_0 を有する。比 S_1/S_0 は、 2.0 以下であることがより好ましく、 1.5 以下であることが最も好ましい。

[0077] (ガラス板の形状)

本発明の一実施形態によるガラス板の寸法は、前述の特徴を有する限り、特に限られない。ガラス板は、例えば、少なくとも一辺の長さ L が 20 cm 以上であり、厚さ θ が 1.0 mm 以上のような、大きな寸法を有しても良い。

[0078] ガラス板の厚さは、特に一辺の長さが 50 cm 以上の大面積のエッジライト方式の導光板で用いる場合、剛性の維持と光源からの光の入射効率を高くする観点から厚い方が望ましい。 1.5 mm 以上が好ましく、 1.8 mm 以上がより好ましく、 2.0 mm 以上がさらに好ましい。ただし、厚くなると重量が重くなるため、 4.0 mm 以下が好ましい。 3.5 mm 以下がより好ましく、 3.0 mm 以下がさらに好ましく、 2.8 mm 以下が特に好ましい。

[0079] 本発明のガラス板を建築用外装およびガラスカーテン、ガラスリブのような内装材、テーブル、棚板のような家具、什器等に用いる場合は、意匠性に応じて板厚を 1.0 mm 以上の厚さで適宜選択して良い。板厚を 12 mm 以上等、特に厚くしたい場合は複数枚のガラス板を貼合して用いても良い。

[0080] また、ガラス板の形状は、特に限られず、ガラス板は、例えば、矩形状または円盤状等の形状であっても良い。

[0081] なお、矩形状のガラス板では、端面が4つ存在するのに対して、円盤状のガラス板の場合、端面は一つとなることに留意する必要がある。

[0082] また、ガラス板は平板でなく、主表面が曲率を持った板であっても良い。

[0083] (ガラス板の組成)

本発明の一実施形態によるガラス板の組成は、前述の特徴を有する限り、多種多様であって良い。下記する3種類（ガラス組成A、ガラス組成B、ガラス組成Cを有するガラス）が代表的な例として挙げられるが、本発明のガ

ラスにおけるガラス組成は、ここにおいて示したガラス組成の例に限定されるものではない。

[0084] 例えば、ガラス組成Aであるガラス板は、酸化物基準の質量百分率表示で、実質的に、 SiO_2 を60～80%、 Al_2O_3 を0～7%、 MgO を0～10%、 CaO を0～20%、 SrO を0～15%、 BaO を0～15%、 Na_2O を3～20%、および K_2O を0～10%含んでも良い。

[0085] あるいは、ガラス組成Bであるガラス板は、酸化物基準の質量百分率表示で、実質的に、 SiO_2 を45～80%、 Al_2O_3 を7%超30%以下、 B_2O_3 を0～15%、 MgO を0～15%、 CaO を0～6%、 SrO を0～5%、 BaO を0～5%、 Na_2O を7～20%、 K_2O を0～10%、および ZrO_2 を0～10%含んでも良い。

[0086] あるいは、ガラス組成Cであるガラス板は、酸化物基準の質量百分率表示で、実質的に、 SiO_2 を45～70%、 Al_2O_3 を10～30%、 B_2O_3 を0～15%含むとともに、 MgO 、 CaO 、 SrO および BaO からなる群から選ばれる少なくとも1種の成分を、合計5～30%含み、さらに Li_2O 、 Na_2O および K_2O からなる群から選ばれる少なくとも1種の成分を、合計0%以上3%未満含んでも良い。

[0087] 上記した成分を有する本発明のガラス板のガラスの組成の各成分の組成範囲について、以下に説明する。本明細書において、ガラスの成分は、 SiO_2 、 Al_2O_3 等の酸化物換算で表し、ガラス全体に対する各成分の含有量（ガラス組成）は、酸化物基準の質量百分率、又は質量ppm（質量百分率を単に%、又は質量ppmを単にppmと表記する場合もある）で表す。

[0088] SiO_2 は、ガラスの主成分である。

[0089] SiO_2 の含有量は、ガラスの耐候性、失透特性を保つため、酸化物基準の質量百分率表示で、ガラス組成Aにおいては、好ましくは60%以上、より好ましくは63%以上であり、ガラス組成Bにおいては、好ましくは45%以上、より好ましくは50%以上であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは45%以上、より好ましくは50%以上である。

[0090] 一方、 SiO_2 の含有量は、溶解を容易にし、泡品質を良好なものとするために、またガラス中の二価鉄 (Fe^{2+}) の含有量を低く抑え、光学特性を良好なものとするため、ガラス組成Aにおいては、好ましくは80%以下、より好ましくは75%以下であり、ガラス組成Bにおいては、好ましくは80%以下、より好ましくは70%以下であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは70%以下、より好ましくは65%以下である。

[0091] Al_2O_3 は、ガラス組成B及びCにおいてはガラスの耐候性を向上させる必須成分である。本発明のガラスにおいて実用上必要な耐候性を維持するためには、 Al_2O_3 の含有量は、ガラス組成Aにおいては、好ましくは1%以上、より好ましくは2%以上であり、ガラス組成Bにおいては、好ましくは7%超、より好ましくは10%以上であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは10%以上、より好ましくは13%以上である。

[0092] 但し、二価鉄 (Fe^{2+}) の含有量を低く抑え、光学特性を良好なものとし、泡品質を良好なものとするため、 Al_2O_3 の含有量は、ガラス組成Aにおいては、好ましくは7%以下、より好ましくは5%以下であり、ガラス組成Bにおいては、好ましくは30%以下、より好ましくは23%以下であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは30%以下、より好ましくは20%以下である。

[0093] B_2O_3 は、ガラス原料の溶融を促進し、機械的特性や耐候性を向上させる成分であるが、ガラス組成Aのようなソーダライムシリケート系のガラスにおいては、揮発による脈理 (ream) の生成、炉壁の侵食等の不都合が生じないために5%以下であることが好ましく、2%以下であることがより好ましく、1%以下であることが特に好ましく、実質的に含有しないことが最も好ましい。以下、本明細書において、実質的に含有しないとは、不可避免の不純物を除き含有しない意味である。また、ガラス組成B及びCにおいては、 B_2O_3 の含有量は好ましくは15%以下、より好ましくは、12%以下である。

[0094] Li_2O 、 Na_2O 、及び、 K_2O といったアルカリ金属酸化物は、ガラス原

料の溶融を促進し、熱膨張、粘性等を調整するのに有用な成分である。

[0095] そのため、 Na_2O の含有量は、ガラス組成Aにおいては、好ましくは3%以上、より好ましくは、8%以上である。 Na_2O の含有量は、ガラス組成Bにおいては、好ましくは7%以上、より好ましくは、10%以上である。但し、溶解時の清澄性を保持し、製造されるガラスの泡品質を保つために、 Na_2O の含有量は、ガラス組成A及びBにおいては、20%以下とするのが好ましく、15%以下とするのがさらに好ましく、ガラス組成Cにおいては、3%以下とするのが好ましく、1%以下とするのがより好ましい。

[0096] また、 K_2O の含有量は、ガラス組成A及びBにおいては、好ましくは10%以下、より好ましくは7%以下であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは2%以下、より好ましくは1%以下である。

[0097] また、 Li_2O は、任意成分であるが、ガラス化を容易にし、原料に由来する不純物として含まれる鉄含有量を低く抑え、バッチコストを低く抑える。このため、ガラス組成A、B及びCにおいて、 Li_2O を2%以下含有させることができる。

[0098] また、これらアルカリ金属酸化物の合計含有量($\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)は、溶解時の清澄性を保持し、製造されるガラスの泡品質を保つために、ガラス組成A及びBにおいては、好ましくは5%~20%、より好ましくは8%~15%であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは0%~2%、より好ましくは、0%~1%である。

[0099] MgO 、 CaO 、 SrO 、及び BaO といったアルカリ土類金属酸化物は、ガラス原料の溶融を促進し、熱膨張、粘性等を調整するのに有用な成分である。

[0100] MgO は、ガラス溶解時の粘性を下げ、溶解を促進する作用がある。また、比重を低減させ、ガラス板に疵をつきにくくする作用があるために、ガラス組成A、B及びCにおいて、含有させることができる。また、ガラスの熱膨張係数を低く、失透特性を良好なものとするために、 MgO の含有量は、ガラス組成Aにおいては、好ましくは10%以下、より好ましくは8%以下

、さらに好ましくは5%以下であり、ガラス組成Bにおいては、好ましくは15%以下、より好ましくは12%以下、さらに好ましくは10%以下であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは10%以下、より好ましくは5%以下である。

[0101] CaOは、ガラス原料の熔融を促進し、また粘性、熱膨張等を調整する成分であるので、ガラス組成A、B及びCにおいて含有させることができる。上記の作用を得るためには、ガラス組成Aにおいては、CaOの含有量は、好ましくは3%以上、より好ましくは5%以上である。また、失透を良好にするためには、ガラス組成Aにおいては、好ましくは20%以下、より好ましくは10%以下であり、ガラス組成Bにおいては、好ましくは6%以下であり、より好ましくは4%以下である。

[0102] SrOは、熱膨張係数の増大及びガラスの高温粘度を下げる効果がある。かかる効果を得るために、ガラス組成A、B及びCにおいて、SrOを含有させることができる。但し、ガラスの熱膨張係数を低く抑えるため、ガラス組成A及びCにおいて、SrOの含有量は、15%以下とするのが好ましく、10%以下とするのがより好ましく、ガラス組成Bにおいては5%以下とするのが好ましく、3%以下とするのがより好ましい。

[0103] BaOは、SrO同様に熱膨張係数の増大及びガラスの高温粘度を下げる効果がある。上記の効果を得るためにBaOを含有させることができる。但し、ガラスの熱膨張係数を低く抑えるため、ガラス組成A及びCにおいてBaOの含有量は、15%以下とするのが好ましく、10%以下とするのがより好ましく、ガラス組成Bにおいては5%以下とするのが好ましく、3%以下とするのがより好ましい。

[0104] また、これらアルカリ土類金属酸化物の合計含有量(MgO+CaO+SrO+BaO)は、熱膨張係数を低く抑え、失透特性を良好なものとし、強度を維持するために、ガラス組成Aにおいては、好ましくは10%以上、より好ましくは13%以上であり、ガラス組成Bにおいては1%以上、より好ましくは10%以上であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは5%以上

、より好ましくは10%以上である。ただし多くなると相対的に他の成分の量が少なくなることにより失透特性と強度に問題が出てしまうため、ガラス組成Aにおいては30%以下が好ましく、より好ましくは27%以下であり、ガラス組成Bにおいては、好ましくは15%以下、より好ましくは10%以下であり、ガラス組成Cにおいては、好ましくは30%以下、より好ましくは20%以下である。

[0105] 本発明のガラス板のガラスのガラス組成においては、ガラスの耐熱性及び表面硬度の向上のために、任意成分として ZrO_2 を、ガラス組成A、B及びCにおいて、10%以下、好ましくは5%以下含有させてもよい。但し、10%超であると、ガラスが失透しやすくなるので、好ましくない。

[0106] また、本発明のガラス板のガラスは、清澄剤として SO_3 を含有してもよい。この場合、 SO_3 含有量は、質量百分率表示で0%超、0.5%以下が好ましい。0.4%以下がより好ましく、0.3%以下がさらに好ましく、0.25%以下であることがさらに好ましい。

[0107] また、本発明のガラス板のガラスは、酸化剤及び清澄剤として Sb_2O_3 、 SnO_2 及び As_2O_3 のうちの一つ以上を含有してもよい。この場合、 Sb_2O_3 、 SnO_2 または As_2O_3 の含有量は、質量百分率表示で0~0.5%が好ましい。0.2%以下がより好ましく、0.1%以下がさらに好ましく、実質的に含有しないことがさらに好ましい。

[0108] ただし、 Sb_2O_3 、 SnO_2 及び As_2O_3 は、ガラスの酸化剤として作用するため、ガラスの Fe^{2+} の量を調節する目的により上記範囲内で添加してもよい。ただし、 As_2O_3 は、環境面から積極的に含有させるものではない。

[0109] 本発明のガラス板のガラスは、 TiO_2 を含んでいてもよい。 TiO_2 を含有する場合、 TiO_2 は、可視光を吸収する成分としても機能するので、 TiO_2 の含有量は、上記したガラス組成の含量に対し、1000ppm以下とするのが好ましい。 TiO_2 は、波長400~700nmにおけるガラス板の内部透過率を低下させないという観点から、含有量を500ppm以下とすることがより好ましく、100ppm以下とすることが特に好ましい。

[0110] 本発明のガラス板のガラスは、 CeO_2 を含んでもよい。 CeO_2 には鉄のレドックスを下げる効果があり、波長400～700nmにおけるガラスの吸収を小さくすることができる。しかし、 CeO_2 を多量に含有する場合、 CeO_2 は、ソーラリゼーションの原因となるだけでなく可視光を吸収する成分としても機能するため上記したガラス組成の含量に対し、1000ppm以下とするのが好ましい。また、 CeO_2 の含有量は、500ppm以下とするのがより好ましく、400ppm以下とするのがさらに好ましく、300ppm以下とするのが特に好ましく、250ppm以下とするのが最も好ましい。添加する場合は製造時の製品特性のばらつき、特に色味のばらつきを抑制しやすくするために常に0.1ppm以上添加してあることが好ましい。色味の制御には1.0ppm以上の添加が好ましく5.0ppm以上の添加がより好ましい。鉄のレドックスを下げる効果を期待する場合は、ガラス中に含まれる Fe_2O_3 に換算した鉄量（質量ppm）と同じ量以上添加することが好ましく、鉄量の1.5倍以上添加することがより好ましく、3倍以上添加することがさらに好ましく、5倍以上添加することが特に好ましい。

[0111] また、本発明のガラス板のガラスは、 NiO を含有してもよい。 NiO を含有する場合、 NiO は、着色成分としても機能するので、 NiO の含有量は、上記したガラス組成の含量に対し、10ppm以下とするのが好ましい。特に、 NiO は、波長400～700nmにおけるガラス板の内部透過率を低下させないという観点から、1.0ppm以下とするのが好ましく、0.8ppm以下とするのがより好ましく、0.6ppm以下とするのがさらに好ましく、0.5ppm以下とすることが特に好ましい。

[0112] 本発明のガラス板のガラスは、 Cr_2O_3 を含有してもよい。 Cr_2O_3 を含有する場合、 Cr_2O_3 は、着色成分としても機能するので、 Cr_2O_3 の含有量は、上記したガラス組成の含量に対し、10ppm以下とするのが好ましい。特に、 Cr_2O_3 は、波長400～700nmにおけるガラス板の内部透過率を低下させないという観点から、2.0ppm以下とするのが好ましく

、 1. 6 p p m以下とするのがより好ましく、 1. 2 p p m以下とするのがさらに好ましく、 1. 0 p p m以下とすることが特に好ましく、 0. 8 p p m以下とすることが一段と好ましく、 0. 6 p p m以下とすることが最も好ましい。

[0113] 本発明のガラス板のガラスは、 MnO_2 を含有してもよい。 MnO_2 を含有する場合、 MnO_2 は、可視光を吸収する成分としても機能するので、 MnO_2 の含有量は、上記したガラス組成の含量に対し、50 p p m以下とするのが好ましい。特に、 MnO_2 は、波長400～700 nmにおけるガラス板の内部透過率を低下させないという観点から、30 p p m以下とするのが好ましく、20 p p m以下とするのがより好ましく、15 p p m以下とするのがさらに好ましく、10 p p m以下とするのが特に好ましい。

[0114] 本発明のガラス板のガラスは、Se、CoO、 V_2O_5 及びCuOからなる群より選ばれる少なくとも1種の成分を含んでいてもよい。これらの成分を含有する場合、可視光を吸収する成分としても機能するので、前記成分の含有量はそれぞれ5. 0 p p m以下とするのが好ましく、2. 0 p p m以下とすることがより好ましく、1. 0 p p m以下とするのがさらに好ましい。特に、これら成分は、波長400～700 nmにおけるガラス板の内部透過率を低下させないように、実質的に含有しないことが最も好ましい。

[0115] (本発明の一実施形態によるガラス板の製造方法について)

次に、前述のような特徴を有する本発明の一実施形態によるガラス板の製造方法（以下、「第1の製造方法」と称する）の一例について、簡単に説明する。

[0116] 図3には、第1の製造方法の概略的なフローを示す。

[0117] 図3に示すように、第1の製造方法は、

- (1) ガラス原料を溶解して溶融ガラスを製造する工程（工程S110）と、
- (2) 溶融ガラスをガラスリボンに形成する工程（工程S120）と、
- (3) ガラスリボンを冷却する工程（工程S130）と

を有する。

[0118] 以下、各工程について、説明する。

[0119] (工程 S 1 1 0)

まず、所定の原料成分を混合することにより、ガラス原料が調合される。

また、このガラス原料が加熱され、熔融ガラスが製造される。

[0120] 熔融ガラスは、不純物としての鉄成分（特に Fe^{2+} ）ができる限り含まれないように調製される。このため、ガラス原料には、高純度のものが使用される。また、混合処理および溶解処理は、清浄度の高い環境で実施される。

[0121] ただし、鉄が過度に排除されたガラス原料は、溶解の際に赤外光を吸収し難いという特性を有する。このため、そのような鉄成分の少ないガラス原料から熔融ガラスを得るには、ガラス原料に多大なエネルギーを投与して、ガラス原料を加熱する必要がある。その結果、製造工程におけるエネルギー効率が非現実的なレベルまで低下してしまう。

[0122] また、このような加熱状態では、熔融ガラスの上部と底部とで、組成が変化し、最終的に得られるガラス板の組成が不均質になるおそれがある。さらに、そのような高温状態での操業では、製造設備の破損や劣化が生じる懸念がある。

[0123] 第 1 の製造方法では、このような問題に対処するため、ガラス原料に含まれる Ni 、 Mn 、 Cr 、 Co および V の群からなる遷移金属イオンの含有量を制御する。すなわち、これらの遷移金属イオンは、ガラス原料中に、含有量を合計で 0.1 質量 ppm 以上含むように調整される。これらの遷移金属イオンは、紫外域から近赤外域の範囲で光を吸収する特性を有する。このため、熔融ガラスがこれらの遷移金属イオンを含む場合、鉄成分が過度に排除された場合であっても、加熱が比較的容易になり、前述のような問題が軽減される。

[0124] ただし、これらの遷移金属イオンは、ガラスの着色成分としても機能する。このため、ガラス原料中にこれらの遷移金属イオンが多く含まれると、最終的に得られるガラス板の透明性が低下してしまう。

[0125] そこで、第1の製造方法では、これらの遷移金属イオンの総和は、10.0質量ppm以下となるように制御される。これにより、透明性に悪影響を及ぼすことなく、均質なガラス板を、現実的なプロセスで製造することが可能となる。

[0126] 加えて、ガラス原料に含まれるガラスカレット割合の最適化、ガラス溶解槽内でのスターラーによる攪拌速度の制御、溶解ガラス上部空間でのバーナー加熱と溶解ガラスへの通電加熱による深さ方向での温度制御、溶解槽内での最高温度域から清澄温度域までの温度勾配制御等、の一部または全てを組みあわせること、またはこれらの方法に加えて、ガラス中に含まれる β -OH量をガラス中に含まれる Fe^{2+} 量に応じて制御することにより、鉄成分、特に Fe^{2+} が過度に排除されたガラスにおいても窯内での深さ方向での均質性を維持することを可能とした。

[0127] (工程S120)

次に、前述の工程で得られた溶融ガラスをガラスリボンに成形する。成形方法はフロート法、ロールアウト法、フュージョン法、モールドキャスト法等の方法が用いられる。例えばフロート法では、溶融ガラスは、予め溶融スズが収容されたフロートバスに流入され、溶融スズ上に浮遊して、ガラスリボンが形成され、溶融スズ上を移動する間に均一な厚さに形成される。

[0128] 成形方法は、ガラス組成により成形に適した温度域が異なることや、目的とする板の厚さ、製造設備の都合などを勘案して、上記した方法を含む一般的な成形方法を適宜選択して良い。

[0129] (工程S130)

その後、ガラスリボンは、所定の温度まで徐冷される。また、ガラスリボンを切断することにより、ガラス板が得られる。ガラス板の主表面は成形時のままでも良く、あるいは研磨して仕上げてても良い。

[0130] 以上の工程により、本発明の一実施形態によるガラス板を製造できる。

[0131] 以上、本発明の一実施形態によるガラスの製造方法の一例について、詳しく説明した。ただし、本発明の一実施形態によるガラス板の製造方法は、以

上の記載に限定されるものではない。

[0132] また、上記記載では、本発明の一実施形態によるガラス板がエッジライト方式の導光板として適用される場合を例に、本発明の一実施形態によるガラス板の特徴を説明した。

[0133] しかしながら、本発明によるガラス板は、導光板以外の各種用途にも適用できる。特に、本発明によるガラス板は、コンタミネーション物質の含有量が少なく、透過率が高いため、上記した各種表示装置や照明装置の導光体をはじめとする各種電子デバイスの光源用途や、太陽電池用基板ガラス、カバーガラス、各種電子デバイスの外装用途等の高い可視光透過率が要求される用途に有効に使用できる。加えて、従来のガラスに比べて透過率が高いだけでなく、端面の法線方向から見た際の透明性に優れ像の歪みが少ないという特徴を有するため、高い意匠性が要求される建築用外装材、内装材、および家具等にも適用可能である。

実施例

[0134] 以下、本発明の実施例について説明する。なお、以下の説明において、例1～例8は、実施例であり、例9～例11は、比較例である。

[0135] (例1)

前述の図3に示したような方法で、ガラス板を製造した。成形方法としてはフロート法を採用した。ガラスの母組成は前述のガラス組成Aの範囲である。原料中に含まれる鉄成分と各種の遷移金属イオン量は極めて微量であるため原料混合過程で均質に配合できるよう、適宜投入量の調整を行った。また、特に遷移金属イオン原料は高価であるため、コスト低減のために他の原料中に不純物として含まれるものも用いられるよう原料構成の最適化も行った。溶解工程では、ガラス融液が均質になるよう、回転数を制御したスターラーを用い、通常の燃焼に用いるバーナー以外の補助加熱も使用して窯内のガラス融液の温度勾配を制御した。また、原料調湿、原料バッチ中のガラスカレット比率を制御して β OHが適切な範囲となるようにした。

[0136] これらの工夫により、ガラス原料を均一に溶融することができた。その後

、ガラスリボンの製造工程、および冷却工程を経て、厚さが2.5 mmのガラス板（「ガラス板1」と称する）が製造された。

[0137] （例2～例4）

例1と同様の方法で、ガラス板を製造した。ガラスの母組成は前述のガラス組成Aの範囲である。ただし、この例2～例4では、原料ガラスの組成とガラス中の β -OH量を例1の場合とは変化させた。その他の製造条件は、例1の場合と同様である。これらの工夫により、ガラス原料を均一に熔融することができた。その後、ガラスリボンの製造工程、および冷却工程を経て、厚さ2.1 mmのガラス板（ガラス板2）、厚さ1.8 mmのガラス板（ガラス板3）、厚さ3.8 mmのガラス板（ガラス板4）が製造された。

[0138] （例5、例6）

ガラス板の成形方法としてロールアウト法を用いて、ガラス板を製造した。ガラスの母組成は前述のガラス組成Aの範囲であるが、窯構造や成形方法が異なることによる加熱状態の違い、成形温度付近粘性の違いを考慮に入れて例1の場合とは変化させた。これらの工夫により、ガラス原料を均一に熔融することができた。その後、ガラスリボンの製造工程、および冷却工程、研磨工程を経て、厚さ2.5 mmのガラス板（ガラス板5）、厚さ4.0 mmのガラス板（ガラス板6）が製造された。

[0139] （例7、例8）

ガラス板の成形方法としてモールドキャスト法を用いて、ガラス板を製造した。例7の母組成は、前述のガラス組成Bの範囲であり、例8の母組成は、前述のガラス組成Cの範囲である。原料中に含まれる鉄成分と各種の遷移金属イオン量は極めて微量であるため原料混合過程で均質に配合できるよう、事前に原料珪砂の一部へ均質混合させておいたものを使用した。さらに、回転数を制御したスターラーの使用と、溶解時間、溶解温度プロファイルおよび雰囲気制御によって均質なガラス融液を得た。これを予熱した200 mm×600 mmのモールドへキャストし、徐冷工程、切断、研磨等の加工工程を経て、厚さ1.0 mmのガラス板（ガラス板7）、厚さ1.8 mmのガ

ラス板（ガラス板 8）が製造された。

[0140] （例 9）

前述の図 3 に示したような方法で、ガラス板を製造した。成形方法としてはフロート法を採用した。ガラスの母組成は前述のガラス組成 A の範囲であり、ガラス板 1 と同じである。ただし例 9 は Ni、Mn、Cr、Co、V を加えず、 β -OH も低くなるような条件で製造し、厚さ 2.5 mm のガラス板（ガラス板 9）を得た。

[0141] （例 10）

前述の図 3 に示したような方法で、ガラス板を製造した。成形方法としてはフロート法を採用した。ガラスの母組成は前述のガラス組成 A の範囲であり、太陽電池用基板ガラスとして用いられる高透過ソーダライムシリケートガラスである。ガラス溶解時は、ガラス板主表面の法線方向に見た均質性が十分得られるような製造条件で製造し、厚さ 1.8 mm のガラス板（ガラス板 10）を得た。

[0142] （例 11）

ガラス板の成形方法としてロールアウト法を用いて、ガラス板を製造した。ガラスの母組成は前述のガラス組成 A の範囲であり、太陽電池用カバーガラスとして用いられる高透過ソーダライムシリケートガラスである。ガラス溶解時は、ガラス板主表面の法線方向に見た均質性が十分得られるような製造条件で製造したものを研磨して厚さ 2.5 mm のガラス板（ガラス板 11）を得た。

[0143] 以下の表 1 には、ガラス板 1 ～ガラス板 11 の組成と成形方法、溶解時のスターラー使用状態、補助加熱の有無をまとめて示した。全酸化鉄量（質量 ppm）は蛍光 X 線分析により、 Fe^{2+} の含有量は ASTM C169-92 に準じて測定した。なお、測定した Fe^{2+} の含有量は、 Fe_2O_3 に換算して表記した。

[0144] ガラス中の Fe^{2+} 含有量が 4.0 質量 ppm を下回る場合は、以下の方法によって Fe^{2+} 量を求めた。まず、同じガラス母組成で全鉄量を適宜調整し

て Fe^{2+} 含有量が 4.0 質量 ppm を上回るよう準備したガラスに対して ASTM C 169-92 に準じる方法で Fe^{2+} 含有量 $C_{\text{Fe}^{2+}}$ (質量 ppm) を測定した。このガラスの波長 1000~1250 nm の範囲の分光透過率を測定した。この範囲での透過率の極小値 $\%T_{\text{MIN}}$ がガラス中の Fe^{2+} 含有量と比例するため、検量線 $Y = (C_{\text{Fe}^{2+}} / \%T_{\text{MIN}}) \times X$ を利用して、ガラス中の Fe^{2+} 含有量を算出した。ここで X は、 Fe^{2+} 含有量が 4.0 質量 ppm を下回るガラスの波長 1000~1250 nm の範囲の分光透過率の極小値であり、Y がそのガラスに含まれる Fe^{2+} 含有量である。

[0145] 又、ガラス中に含まれる CeO_2 に換算した全酸化セリウム量、Ni 量、Cr 量、Mn 量、Co 量、V 量に関しては、それぞれ ICP 発光分析法により求めた。

[0146] ガラス中に含まれる水分濃度の指標である $\beta\text{-OH}$ (mm^{-1}) は FT-IR により測定したガラスの赤外透過スペクトルから次式により算出した。

[0147] $\beta\text{-OH}$ (mm^{-1}) = $\text{Log}_{10} (T_{3500\text{cm}^{-1}} / T_{4000\text{cm}^{-1}}) / \theta$
 ここで $T_{3500\text{cm}^{-1}}$ 、 $T_{4000\text{cm}^{-1}}$ はそれぞれ、波数 3500cm^{-1} 、波数 4000cm^{-1} における透過率 (%) であり、 θ はガラス板の厚さ (mm) である。

[0148]

[表1]

ガラス板												
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
SiO ₂ (wt%)	69.7	69.7	69.7	68.5	72.8	72.8	60.9	59.9	69.7	71.6	72.8	
Al ₂ O ₃ (wt%)	3.0	3.0	3.0	5.0	1.0	1.0	12.8	17.3	3.0	1.9	1.0	
Na ₂ O (wt%)	11.0	11.0	11.0	14.6	14.0	14.0	12.2	0.0	11.0	13.4	14.0	
K ₂ O (wt%)	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.3	0.0	
CaO (wt%)	8.0	8.0	8.0	4.1	8.2	8.2	0.1	3.2	8.0	7.8	8.2	
MgO (wt%)	0.0	0.0	0.0	7.2	3.4	3.4	6.7	4.0	0.0	4.7	3.4	
SrO (wt%)	4.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.2	7.6	4.0	0.0	0.0	
BaO (wt%)	4.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	4.0	0.0	0.0	
ZrO ₂ (wt%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
B ₂ O ₃ (wt%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	
トータル Fe ₂ O ₃ (ppm)	30	25	35	80	60	60	80	80	30	100	60	
Fe ²⁺ (ppm)	0.5	2.5	0.1	4	4	4	6	8	0.5	30	11	
Ni (ppm)	0.2	0.2	0.3	0.4	1	1	0.5	0.5	0	2.1	1	
Mn (ppm)	1.5	0.6	2.2	1	4.2	4.2	0.5	0.5	0	6	4.2	
Cr (ppm)	0.3	0.2	0.4	0.4	1.3	1.3	0.5	0.5	0	1.4	1.3	
Co (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	
V (ppm)	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	
Se (ppm)	2500	2200	2300	4000	4000	4000	4000	0	2500	4000	4000	
SO ₃ (ppm)	0	0	0	0	2000	2500	0	0	0	0	2000	
Sb ₂ O ₃ (ppm)	250	150	450	0	0	0	0	0	250	0	0	
CeO ₂ (ppm)	250	150	450	250	0	0	0	250	200	200	0	
TiO ₂ (ppm)	0	0	0	100	0	0	800	800	0	0	0	
β-OH (mm ⁻¹)	0.15	0.17	0.14	0.17	0.4	0.4	0.25	0.5	0.12	0.17	0.4	
成形方法	フロート法	フロート法	フロート法	フロート法	ロールアウト法	ロールアウト法	キャスト法	キャスト法	フロート法	フロート法	ロールアウト法	
スターラー回転	高速	高速	高速	高速	高速	高速	高速	高速	高速	高速	低速	
補助加熱使用	あり	あり	あり	あり	なし	なし	なし	なし	あり	なし	あり	

(評価)

前述のガラス板 1 ～ガラス板 1 1 を用いて、以下の評価を行った。

[0149] (平均吸光係数の評価)

前述のような方法で、各ガラス板における平均吸光係数 α_{ave1} および α_{ave2} を求めた。

[0150] すなわち、まず、各ガラス板 1 ～ガラス板 1 1 の略中心部分から、縦 50 mm × 横 50 mm のサンプルを取り出した（それぞれ、「サンプル 1」～「サンプル 1 1」と称する）。

[0151] 次に、各サンプルの切断面を、算術平均粗さ R_a が $0.1 \mu m$ 以下となるまで研磨した。切断面は、最終的に、#4000～#8000に相当する砥粒により鏡面仕上げした。なお、各サンプルの主表面は、採取直後の段階から比較的平滑であったため（算術平均粗さ $R_a \leq 0.1 \mu m$ ）、研磨処理は実施しなかった。

[0152] 次に、分光測定器（U-4100：日立ハイテック株式会社製）を用いて、各サンプルの第 1 の主表面（製造時にスズ浴と接していなかった表面）において、波長 400 nm ～ 700 nm の範囲における透過率 T_1 および反射率 R_1 を測定した。反射率の測定には、絶対反射測定ユニットを用い、1 nm の波長間隔で測定した。なお、反射率 R_1 は、サンプルの両主表面での多重反射を考慮して得られた値である。

[0153] 得られた透過率 T_1 および反射率 R_1 を用いて、前述の（1）式により、波長 400 nm ～ 700 nm の範囲における吸光係数を 1 nm 間隔で求めた。またこれらの値を平均して、平均吸光係数 α_{ave1} を求めた。

[0154] 一方、平均吸光係数 α_{ave2} の評価の際には、サンプルの研磨された一切断面の側から、分光測定器（UH-4150：日立ハイテック株式会社製）の長尺サンプル測定ユニットを用いて、波長 400 nm ～ 700 nm の範囲における透過率 T_2 を測定した。

[0155] 反射率 R_2 は、サンプル A の片面における反射率であるため、多重反射を考

慮して得られた反射率 R_1 とその光路長に対応する反射率 T_1 から前述の（３）式を用いて得られた値である。

[0156] 得られた透過率 T_2 および反射率 R_2 を用いて、前述の（２）式により、波長 $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ の範囲における吸光係数を 1 nm 間隔で求めた。またこれらの値を平均して、平均吸光係数 α_{ave2} を求めた。

[0157] 以下の表２には、サンプル１（ガラス板１）～サンプル１１（ガラス板１１）のそれぞれにおいて得られた平均吸光係数 α_{ave1} 、比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ をまとめて示した。

[0158] [表２]

ガラス板	評価結果			
	平均吸光係数 α_{ave1} (-)	比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ (-)	屈折率分布 Δn の 標準偏差 σ	S_1/S_0
1	0.0031	1.00	1.2×10^{-5}	1.26
2	0.0030	1.20	1.3×10^{-5}	1.31
3	0.0032	1.00	1.2×10^{-5}	1.44
4	0.0041	1.05	1.3×10^{-5}	1.53
5	0.0040	1.10	1.4×10^{-5}	1.75
6	0.0040	1.24	3.1×10^{-5}	2.18
7	0.0060	1.28	3.0×10^{-5}	2.21
8	0.0080	1.30	4.2×10^{-5}	2.25
9	0.0030	1.40	3.3×10^{-5}	2.41
10	0.0140	1.16	1.3×10^{-5}	2.29
11	0.0093	1.40	5.1×10^{-5}	2.57

この結果から、サンプル 1～サンプル 8 では、平均吸光係数 α_{ave1} が 0.009 以下であり、十分に小さいことがわかった。また、比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ は、ほぼ 1 となり、主表面の法線方向における吸収率と切断面の法線方向の吸収率との差が十分に小さいことがわかった。

[0159] 一方、サンプル 10、11 では、平均吸光係数 α_{ave1} が 0.009 超となり、比較的吸収率が大きいことがわかった。また、サンプル 9、11 では、比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ は、1.3 を大きく超えており、切断面の法線方向の吸収率は、主表面の法線方向における吸収率に比べて、よりいっそう大きくなっていることがわかった。サンプル 10 は、加熱が容易であるため $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ は 1.3 以下であり、主表面の法線方向における吸収率と切断面の法線方向の吸収率との差は低く抑えられているが、 Fe^{2+} が多いため α_{ave1} が高く透明性が悪かった。

[0160] (屈折率の評価)

前述のような方法で、各ガラス板における屈折率分布 Δn の標準偏差 σ を求めた。

[0161] すなわち、まず、各ガラス板 1～ガラス板 11 の略中心部分から、縦 50 mm×横 3 mm のサンプルを取り出した（それぞれ、「サンプル 1A」～「サンプル 11A」と称する）。

[0162] 次に、各サンプルにおいて、一辺の長さが 50 mm の 2 つの切断面のそれぞれを、算術平均粗さ R_a が 0.1 μm 以下となるまで研磨した。研磨面は、最終的に、#4000～#8000 に相当する砥粒により鏡面仕上げした。なお、各サンプルの主表面は、採取直後の段階から比較的平滑であったため（算術平均粗さ $R_a \leq 0.1 \mu m$ ）、研磨処理は実施しなかった。

[0163] 次に、各サンプルの研磨した 2 つの切断面の一方の側において、透過型二光束干渉顕微鏡（溝尻光学工業所製）を用いて、屈折率分布 Δn （測定領域における屈折率のマップ）を測定した。

[0164] 得られた屈折率分布 Δn から、標準偏差 σ を算定した。

[0165] 前述の表2には、サンプル1 A（ガラス板1）～サンプル1 1 A（ガラス板1 1）において得られた屈折率分布 Δn の標準偏差 σ をまとめて示した。

[0166] この結果から、ガラス板1～ガラス板8では、屈折率分布 Δn の標準偏差 σ は、 5.0×10^{-5} 以下であり、屈折率のばらつきが少ないことがわかった。このことから、ガラス板1～ガラス板8では、均質性が高いと言える。特に、ガラス板1～5では σ が 2.0×10^{-5} 以下であり、特に均質性が良好であると言える。

[0167] 一方、ガラス板1 1では、平屈折率分布 Δn の標準偏差 σ は、 5.0×10^{-5} を超えており、屈折率のばらつきが大きいことがわかった。このことから、ガラス板1 1では、ガラスの均質性は良好ではないと言える。

[0168] （光の直進特性の評価）

前述のような方法で、各ガラス板における光の直進特性を評価した。

[0169] サンプルには、前述の（平均吸光係数の評価）において使用した、切断面が研磨されたサンプル1～サンプル1 1を使用した。

[0170] まず、レーザ光源から160 mmの位置に、白色スクリーン（サイズ測定を容易とするよう1 mm間隔の方眼を印刷したもの）を垂直に設置した。レーザ光源には、波長635 nmの半導体レーザ光源を使用した。

[0171] この状態で、レーザ光源から白色スクリーンに向かってレーザ光を照射した。白色スクリーンに形成されたスポット（「参照スポット」という）の面積 S_0 を算定した。

[0172] 次に、レーザ光源と白色スクリーンの間に、サンプル1～サンプル1 1のいずれかを配置して同様の測定を行った。サンプルは、サンプルの一つの切断面（照射面）の略中央部分にレーザ光が照射されるように配置した。レーザ光源からサンプルの照射面までの距離は、40 mmである。白色スクリーンに形成されたスポット（「評価スポット」という）の面積 S_1 を測定した。

[0173] これらの測定から、各サンプル1～サンプル1 1において、比 S_1/S_0 を求めた。

[0174] 前述の表2には、サンプル1（ガラス板1）～サンプル1 1（ガラス板1

1) において得られた比 S_1/S_0 をまとめて示した。

[0175] なお、各サンプルにおける測定において、白色スクリーン上の評価スポットの輝度を評価したところ、サンプル 9～サンプル 11 では、評価スポットの輝度は、参照スポットの輝度に比べて、低下していることがわかった。これに対して、サンプル 1～サンプル 8 では、評価スポットの輝度は、参照スポットの輝度とあまり差異がないことがわかった。

[0176] 表 2 に示すように、測定の結果、サンプル 1～サンプル 8 では、比 S_1/S_0 は、2.25 以下であった。このことから、サンプル 1（ガラス板 1）～サンプル 8（ガラス板 8）では、サンプルの断面の法線方向において、良好な光の直進性が得られることがわかった。

[0177] 一方、サンプル 9（ガラス板 9）～サンプル 11（ガラス板 11）では、比 S_1/S_0 は、2.25 超であった。このことから、サンプル 9（ガラス板 9）～サンプル 11（ガラス板 11）では、サンプルの断面の法線方向における光の直進性は、あまり良好ではないことがわかった。

[0178] 以上の評価結果から、ガラス板 1～ガラス板 8 では、含まれる吸収成分が少なく、透明性が高いとともに、ガラスの均質性が高く、端面に垂直な方向においても、良好な光の直進性が得られることが確認された。

[0179] 本願は、2015 年 5 月 13 日に出願した日本国特許出願 2015-098558 号に基づく優先権を主張するものであり同日本国出願の全内容を本願に参照により援用する。

符号の説明

- [0180] 10 表示装置
 20 光源群
 21 光源
 30 導光板
 32A 第 1 の主表面
 32B 第 2 の主表面
 34A～34D 端面

4 0	表示素子
1 0 0	装置
1 1 0	レーザ光源
1 2 0	スクリーン
1 3 0	サンプル
1 4 0	スポット

請求の範囲

[請求項1] 一辺の長さLが200mm以上、厚さ θ が1.0mm以上であり、第1および第2の主表面と、該主表面同士を接続する1または複数の端面と、を有するガラス板であって、

Fe_2O_3 に換算した鉄を総量で1質量ppm以上80質量ppm以下、 Fe_2O_3 に換算した Fe^{2+} を0.1質量ppm以上10.0質量ppm以下、

Ni、Mn、Cr、CoおよびVを合計で0.1質量ppm以上10.0質量ppm以下含み、

前記第1の主表面に垂直な方向で切断することにより、当該ガラス板の中心部分から、縦50mm×横50mm×厚さ θ の寸法で採取され、前記2つの主表面、ならびに相互に対向する第1および第2の切断面が、算術平均粗さ $R_a \leq 0.1 \mu\text{m}$ となるようにされたサンプルAにおいて、

前記第1の主表面において、法線方向で測定した、波長400～700nmにおける平均吸光係数を α_{ave1} とし、前記第1の切断面において、前記法線方向と直交する方向で測定した波長400～700nmにおける平均吸光係数を α_{ave2} としたとき、前記 α_{ave1} は、0.009以下であり、比 $\alpha_{ave2}/\alpha_{ave1}$ は、1.3以下である、ガラス板。

[請求項2] 下記(A)式を満たす請求項1に記載のガラス板：

$$26 \times [\text{Ni}] + 0.5 \times [\text{Mn}] + 13 \times [\text{Cr}] + 85 \times [\text{Co}] + 0.7 \times [\text{V}] < 70$$

(A) 式

ここで、[Ni]、[Mn]、[Cr]、[Co]および[V]は、Ni、Mn、Cr、CoおよびVの各含有量（質量ppm）である。

[請求項3] 前記第1の主表面に垂直な方向で切断することにより、当該ガラス板の中心部分から、縦50mm×横3mm×厚さ θ の寸法で採取され、前記2つの主表面、ならびに縦の長さが50mmの相互に対向する第3および第4の切断面が、算術平均粗さ $R_a \leq 0.1 \mu m$ となるようにされたサンプルBにおいて、

前記第3または第4の切断面から、二光束干渉法により測定される屈折率分布 Δn の標準偏差は、 5.0×10^{-5} 以下である、請求項1または2に記載のガラス板。

[請求項4] レーザ光源から160mmの距離にあるスクリーンに、該レーザ光源からビーム径が前記サンプルAの板厚よりも小さいレーザ光を照射した際に、前記スクリーンに形成される前記レーザ光のスポット面積を S_0 とし、

前記レーザ光源と前記スクリーンの間の、前記レーザ光源から距離40mmの位置に、前記サンプルAを前記第1の切断面が前記レーザ光源と対向するように配置した際に、前記スクリーンに形成される前記レーザ光のスポット面積を S_1 としたとき、

比 S_1/S_0 は2.25以下である、請求項1から3のいずれか一つに記載のガラス板。

[請求項5] $\beta - OH$ (mm^{-1}) が、 $0.015 \times [Fe^{2+}]$ 以上である、請求項1から4のいずれか一つに記載のガラス板。ここで $[Fe^{2+}]$ は Fe_2O_3 に換算した Fe^{2+} 量（質量ppm）である。

[請求項6] Fe_2O_3 に換算した Fe^{2+} を0.1質量ppm以上4.0質量ppm以下含む、請求項1から5のいずれか一つに記載のガラス板。

[請求項7] CeO_2 を0.1質量ppm以上500質量ppm以下含む、請求項1から6のいずれか一つに記載のガラス板。

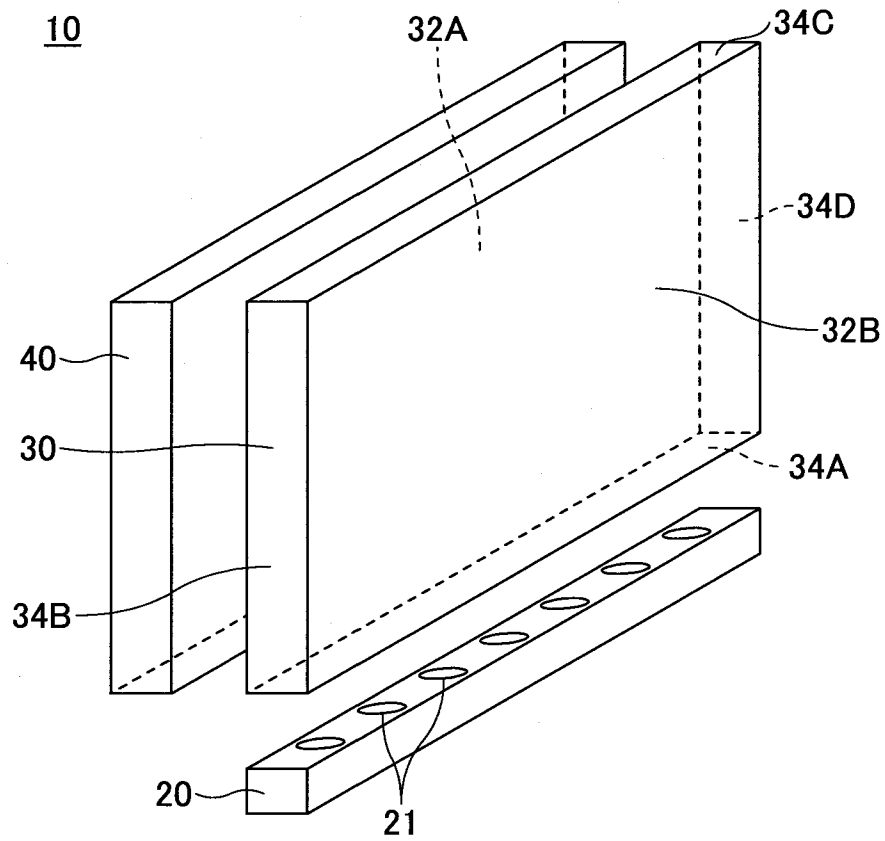
[請求項8] As_2O_3 および Sb_2O_3 を実質的に含まない、請求項1から7のいずれか一つに記載のガラス板。

[請求項9] 当該ガラス板は、前記第1または第2の主表面と前記端面の間、ま

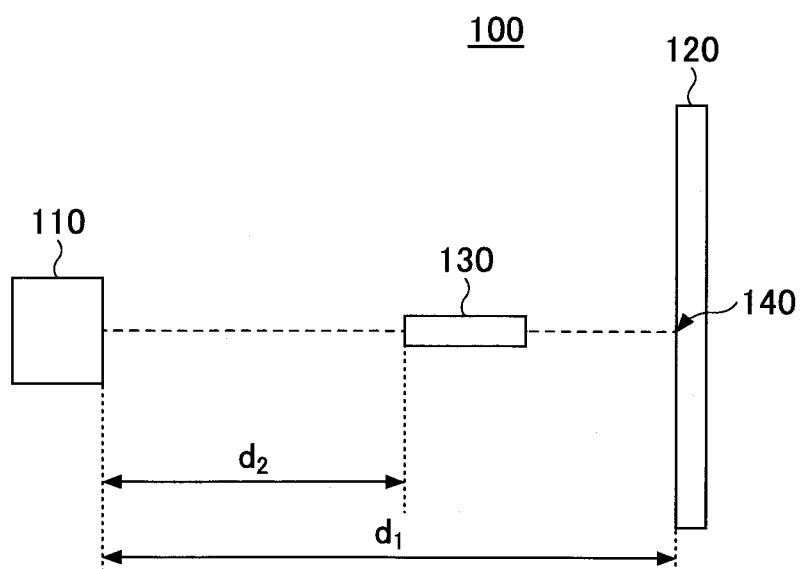
たは前記端面同士の間が面取りされている、請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載のガラス板。

[請求項10] 当該ガラス板は、表示装置または照明装置に用いるエッジライト方式の導光板に用いられる、請求項 1 から 9 のいずれか一つに記載のガラス板。

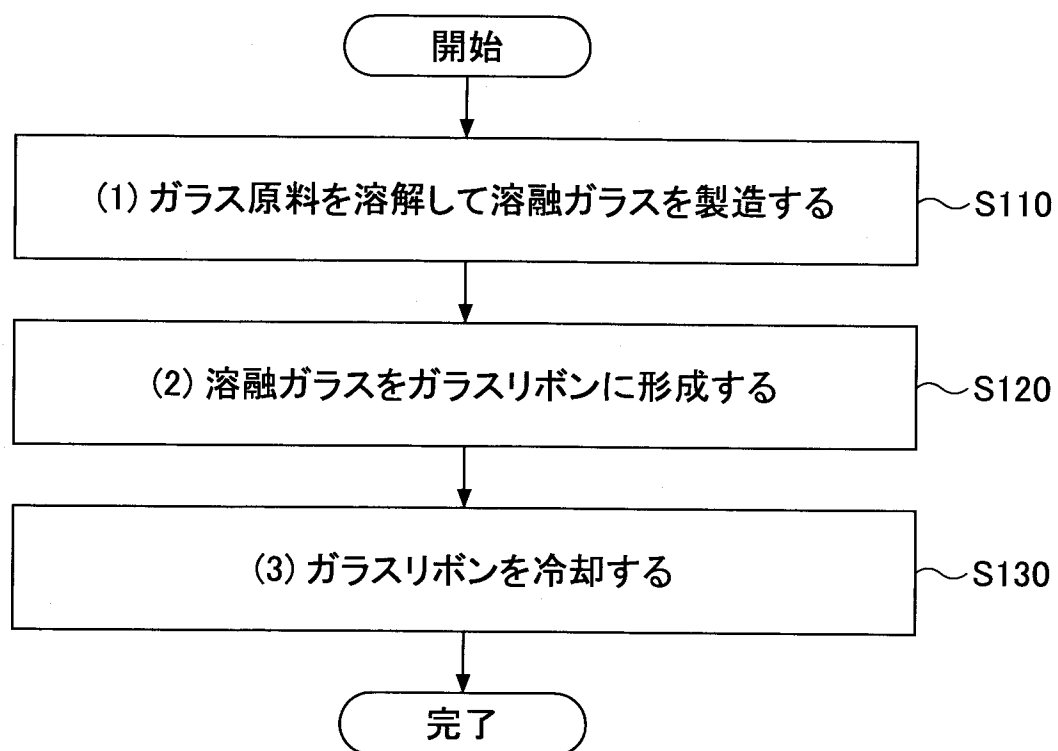
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/063408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C4/00(2006.01)i, C03C3/087(2006.01)i, C03C3/091(2006.01)i, F21S2/00(2016.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03C1/00-14/00, F21S2/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 Y A	WO 2014/180679 A1 (AGC GLASS EUROPE), 13 November 2014 (13.11.2014), claims; page 3, line 14 to page 4, line 8; page 8, line 12 to page 9, line 30; examples & JP 2016-519044 A claims; paragraphs [0012], [0030] to [0035]; examples & US 2016/0083291 A1 claims; paragraphs [0017], [0035] to [0040]; examples	1-4, 6, 8-9 1-4, 6-10 5

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 July 2016 (07.07.16)

Date of mailing of the international search report
19 July 2016 (19.07.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/063408

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2015-72896 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 16 April 2015 (16.04.2015), claims; paragraphs [0014], [0023] to [0032], [0035]; examples; fig. 1 & WO 2015/033866 A1 & TW 201512719 A & CN 105264284 A	1-4, 6-10 5
Y A	WO 2014/128016 A1 (AGC GLASS EUROPE), 28 August 2014 (28.08.2014), claims; page 8, line 1 to page 9, line 18; examples & JP 2016-513059 A paragraphs [0028] to [0033]; examples & US 2016/0002094 A1 paragraphs [0028] to [0033]; examples	1-4, 6-10 5
A	JP 2012-144435 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 02 August 2012 (02.08.2012), claims; examples & US 2009/0242809 A1 & WO 2007/046306 A1 & EP 1939147 A1	1-10
A	WO 2010/084670 A1 (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 29 July 2010 (29.07.2010), claims; examples & US 2011/0274916 A1	5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C03C4/00(2006.01)i, C03C3/087(2006.01)i, C03C3/091(2006.01)i, F21S2/00(2016.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C03C1/00-14/00, F21S2/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 Y A	WO 2014/180679 A1 (AGC GLASS EUROPE) 2014.11.13, 特許請求の範囲、第3頁第14行-第4頁第8行、 第8頁第12行-第9頁第30行、実施例 & JP 2016-519044 A, 特許請求の範囲, [0012], [0030]-[0035], 実施例 & US 2016/0083291 A1, 特許請求の範囲, [0017], [0035]-[0040], 実施例	1-4, 6, 8-9 1-4, 6-10 5

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.07.2016

国際調査報告の発送日

19.07.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山崎 直也

電話番号 03-3581-1101 内線 3465

4 T

3234

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2015-72896 A (日本電気硝子株式会社) 2015. 04. 16, 特許請求の範囲、[0014]、[0023]－[0032]、 [0035]、実施例、図1 & WO 2015/033866 A1 & TW 201512719 A & CN 105264284 A	1-4, 6-10 5
Y A	WO 2014/128016 A1 (AGC GLASS EUROPE) 2014. 08. 28, 特許請求の範囲、第8頁第1行－第9頁第18行、実施例 & JP 2016-513059 A, [0028]－[0033]、実施例 & US 2016/0002094 A1, [0028]－[0033]、実施例	1-4, 6-10 5
A	JP 2012-144435 A (日本電気硝子株式会社) 2012. 08. 02, 特許請求の範囲、実施例 & US 2009/0242809 A1 & WO 2007/046306 A1 & EP 1939147 A1	1-10
A	WO 2010/084670 A1 (日本電気硝子株式会社) 2010. 07. 29, 特許請求の範囲、実施例 & US 2011/0274916 A1	5