(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年8月8日(08.08.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/162147 A1

(51) 国際特許分類:
C03C 21/00 (2006.01) *G02B 6/12* (2006.01)
C03C 3/085 (2006.01) *G02B 6/125* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/002112

(22) 国際出願日： 2024年1月24日(24.01.2024)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2023-013069 2023年1月31日(31.01.2023) JP

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

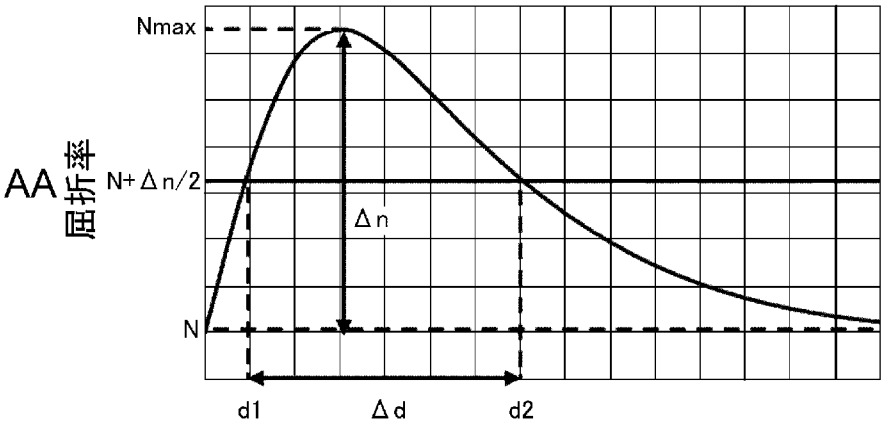
(72) 発明者: 金原 一樹 (**KANEHARA Kazuki**); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 ＡＧＣ株式会社内 Tokyo (JP). 大原 盛輝 (**OHARA Seiki**); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 ＡＧＣ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人栄光事務所 (**EIKOH, P.C.**); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目７番１３号 虎ノ門イーストビルディング１０階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) **Title:** GLASS SUBSTRATE AND PHOTONIC INTEGRATED DEVICE

(54) 発明の名称： ガラス基板及び光集積デバイス



AA Refractive index
BB Depth from glass surface layer

(57) **Abstract:** The present invention relates to a glass substrate which includes a core part serving as an optical waveguide and a cladding part, wherein the core part and the cladding part are each made of a glass, the core part has a higher Ag concentration than the cladding part, there is an Ag concentration gradient from the interface between the core part and the cladding part toward a region of the core part where the Ag concentration reaches a maximum, the refractive-index difference Δn between the maximum refractive index Nmax of the core part and the refractive index N of the cladding part is 0.005 or greater, and the core part has a core-layer thickness Δd of 2.5-10 μm along the thickness direction of

WO 2024/162147 A1

［続葉有］

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:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

the glass substrate.

(57) 要約:本発明は、光導波路となるコア部と、クラッド部と、を有し、前記コア部及び前記クラッド部は、共にガラスからなり、前記コア部は前記クラッド部よりもＡｇ濃度が高く、前記コア部と前記クラッド部との境界から、前記コア部のうちＡｇ濃度が最大となる領域に向けて、Ａｇの濃度勾配があり、前記コア部における屈折率の最大値Ｎｍａｘと、前記クラッド部の屈折率Ｎとの屈折率差Δｎは０．００５以上であり、前記コア部の、前記ガラス基板の厚み方向におけるコア層厚みΔｄは２．５～１０μｍである、ガラス基板に関する。

明　細　書

発明の名称 ： ガラス基板及び光集積デバイス

技術分野

[0001] 本発明はガラス基板及び上記ガラス基板を用いた光集積デバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、マイクロ波やミリ波といった５Ｇ、６Ｇの無線伝送に始まり、高速大容量伝送技術が注目されている。さらなる大容量、低遅延伝送を実現するために、これまでパソコン等の内部で電気的に行っていた通信の一部を光で通信する「光電気融合技術」が検討されている。

電気信号に代えて光信号を用いることにより、低消費電力、大容量通信及び低遅延伝送といった点が期待される。

[0003] 光電気融合技術では電気と光の両方が伝送できる基板が求められている。このような基板として、SiO_2に対してＧｅをドープしたＳｉ－Ｇｅ系基板やＳｉの周囲をSiO_2で囲ったＳｉ細線の基板、異種のポリマーを接合したポリマー系基板等、様々な材料が検討されている。

[0004] 上記に対し、耐熱性、剛性、電気通信の伝送線の集積度合い、コスト等の観点からガラス材料を用いた基板が検討され始めている。

例えば特許文献１では、ガラス中のＮａイオンをＡｇイオンにイオン交換することで光導波路とし得ることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特表２０２１－５１１５３８号公報

特許文献2：日本国特許第７０５９９９３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ガラス中のイオンを他のイオンにイオン交換する技術は、例えば特許文献

２で示されるように、主としてガラスの強度を高めるための技術として知られている。

[0007] これに対し、本発明者らが検討したところ、上記のような従来のイオン交換技術を用いて光導波路を形成しても、コア厚みの制御や高い均質性を実現した、安定した光導波路を得るのは難しいことが分かった。特にシングルモード伝搬された光に対応できる光導波路を形成するのは難しい。

[0008] そこで、本発明は、シングルモード伝搬された光にも対応可能な光導波路を有するガラス基板の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らはさらに検討を進めたところ、ガラスの強度を高めるための従来のイオン交換技術は、イオン交換速度が非常に速いために、光導波路となるコア厚みの制御や高い均質性の実現が難しいことが分かった。そこで、イオン交換速度を遅くし、適切な速度とする方法を見出し、上記課題を解決できるガラス基板を得て、本発明を完成するに至った。

[0010] すなわち、本発明は以下の［１］～［１１］に関する。

［１］ 光導波路となるコア部と、クラッド部と、を有するガラス基板であって、

前記コア部及び前記クラッド部は、共にガラスからなり、

前記コア部は前記クラッド部よりもＡｇ濃度が高く、

前記コア部と前記クラッド部との境界から、前記コア部のうちＡｇ濃度が最大となる領域に向けて、Ａｇの濃度勾配があり、

前記コア部における屈折率の最大値Ｎｍａｘと、前記クラッド部の屈折率Ｎとを用いて、（Ｎｍａｘ－Ｎ）で表される屈折率差をΔｎとすると、

前記コア部は、屈折率が｛Ｎ＋（Δｎ／２）｝で表される値以上となる領域であり、

前記屈折率差Δｎは０．００５以上であり、

前記コア部の、前記ガラス基板の厚み方向におけるコア厚みΔｄは２．５～１０μｍである、ガラス基板。

［２］　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が、

SiO_2　４５～８０％、

Al_2O_3　０～１５％、

B_2O_3　０～２０％、

ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、並びに、

Na_2O　４．５～２５％、を満たし、

前記コア部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が、

SiO_2　４５～８０％、

Al_2O_3　０～１５％、

B_2O_3　０～２０％、

ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、

Na_2O　０～２０％、並びに、

Ag_2O　０．０１％以上、を満たす、前記［１］に記載のガラス基板。

［３］　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、（$MgO+CaO+SrO\times2+BaO\times2-Al_2O_3\times2$）で表される値が０～３０％である、前記［１］又は［２］に記載のガラス基板。

［４］　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、（$MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4-Al_2O_3\times2$）で表される値が０～６０％である、前記［１］～［３］のいずれか１に記載のガラス基板。

［５］　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、｛Na_2O／（$MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4$）｝で表される値が０．１～０．７である、前記［１］～［４］のいずれか１に記載のガラス基板。

［６］　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、｛Na_2O／（$MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4-$

Al_2O_3）｝で表される値が０．１～２である、前記［１］～［５］のいずれか１に記載のガラス基板。

［７］　厚みが１００～２０００μｍである、前記［１］～［６］のいずれか１に記載のガラス基板。

［８］　前記コア部における波長１２００～１６００ｎｍの光の伝搬損失量が、最大で５．０ｄＢ／ｃｍ以下である、前記［１］～［７］のいずれか１に記載のガラス基板。

［９］　前記屈折率差Δｎが０．００７以上である、前記［１］～［８］のいずれか１に記載のガラス基板。

［１０］　前記コア厚みΔｄが３～６μｍである、前記［１］～［９］のいずれか１に記載のガラス基板。

［１１］　前記［１］～［１０］のいずれか１に記載のガラス基板と、半導体基板と、が接続され、

シングルモード伝搬された光が、前記ガラス基板の前記コア部を介して、前記半導体基板に導入される、光集積デバイス。

発明の効果

[0011]　本発明に係るガラス基板は、シングルモード伝搬された光にも対応可能な光導波路を有する。そのため、光集積デバイスにおいて、シングルモード伝搬された光をフォトニクス基板に導入するための光導波路を有するガラス基板としても好適である。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図１は、ガラス基板におけるコア部とクラッド部を説明するための模式図である。

[図2]図２は、屈折率の最大値Ｎｍａｘ、屈折率Ｎ、屈折率差Δｎ、及びコア厚みΔｄを説明するための図である。

[図3]図３は、ガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における（ＭｇＯ＋ＣａＯ＋ＳｒＯ×２＋ＢａＯ×２－Al_2O_3×２）で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示すグラフである。

[図4]図４は、ガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3×２）で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示すグラフである。

[図5]図５は、ガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４）｝で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示すグラフである。

[図6]図６は、ガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3）｝で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明を詳細に説明するが、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、任意に変形して実施できる。また、数値範囲を示す「～」とは、その前後に記載された数値を下限値及び上限値として含む意味で使用される。

[0014] ＜ガラス基板＞

本実施形態に係るガラス基板は、光導波路となるコア部と、クラッド部とを有し、コア部及びクラッド部は、共にガラスからなる。

コア部はクラッド部よりもＡｇ濃度が高く、コア部とクラッド部との境界から、コア部のうちＡｇ濃度が最大となる領域に向けて、Ａｇの濃度勾配がある。

コア部における屈折率の最大値Ｎｍａｘと、クラッド部の屈折率Ｎとを用いて、（Ｎｍａｘ－Ｎ）で表される屈折率差をΔｎとすると、コア部は、屈折率が｛Ｎ＋（Δｎ／２）｝で表される値以上となる領域である。

上記屈折率差Δｎは０．００５以上である。また、ガラス基板の厚み方向におけるコア部のコア厚みΔｄは２．５～１０μｍである。

[0015] 本実施形態に係るガラス基板の製造方法の詳細は後述するが、ガラス基板の所望する領域におけるＮａイオンをＡｇイオンにイオン交換することにより、光導波路となるコア部を形成する。そのため、クラッド部のうち、イオン交換の影響がない部分のガラスの組成は、ガラス基板の母組成と同じとなる。なお、イオン交換の影響がない部分とは、コア部から十分離れた部分であり、例えば、コア部とクラッド部との境界から５０μｍ以上離れていれば、イオン交換の影響がないと言える。また、コア部となるガラスの組成も、イオン交換に関与しない成分については、ガラス基板の母組成と同じとなる。

[0016] そのため、コア部のＡｇ濃度がクラッド部のＡｇ濃度よりも高いことで、コア部の屈折率はクラッド部の屈折率よりも高くなり、光導波路として機能するようになる。

[0017] 上記のように、コア部はイオン交換により形成されるため、コア部におけるＡｇ濃度は一律ではなく、コア部とクラッド部との境界から、コア部のうちＡｇ濃度が最大となる領域に向けて、Ａｇの濃度勾配がある。すなわち、クラッド部からコア部の中心に向けて、Ａｇ濃度は連続的に変化する。ただしこれは、コア部の中心付近において、Ａｇ濃度に変化がないことを許容しないものではない。

[0018] コア部は、光導波路の経路に対して垂直方向となる断面視において、略円形が好ましい。略円形とは、同断面視において、水平方向の最大幅と鉛直方向の最大高さから算出される縦横比が０．３３～１．２５の形状を意味する。上記縦横比は、光を閉じ込める観点から、０．４以上が好ましく、０．６以上がより好ましく、また、１．２以下が好ましく、１．０以下がより好ましい。なお、上記縦横比が１である場合が真円である。

コア部が同断面視において略円形である場合には、略円形の中心に近い領域のＡｇ濃度が高く、中心から離れるにつれてＡｇ濃度が低くなる。

[0019] コア部は、同断面視において、半円形を含む扇形でもよく、半円形が好ましい。また、扇形とは、２本の半径とその間にある弧により構成されるが、

弧となる部分が、同断面視において、鉛直方向下側に位置する形状が好ましい。

コア部が同断面視において扇形である場合には、２本の半径の交点に近い領域のＡｇ濃度が高く、交点から離れるにつれてＡｇ濃度が低くなる。なお、扇形の弧となる部分が、同断面視において、鉛直方向下側に位置する形状である場合であって、上記交点がガラス基板の最表面やそれに近い場所に位置する場合には、コア部の上部に、屈折率の低い層を別途設けることにより、コア部が光導波路として機能する。上記屈折率の低い層は特に限定されず、当該屈折率の低い層がクラッド部として機能する。

[0020] 従来のコア部の形成方法は、例えば、基板表面の一部に屈折率の高い成分をスパッタ等により成膜し、再度基板と同じ成分等の屈折率の低い成分で成膜する方法が挙げられる。また、屈折率の異なる異種の材料を接合する方法も挙げられる。

[0021] このような上記従来のコア部の形成方法を用いて、コア部とクラッド部とにおいて、高屈折率を示す成分の濃度に差を付けようとすると、コア部とクラッド部との境界の高屈折率を示す成分濃度と、コア部の高屈折率を示す成分濃度とは、不連続に変化する。上記点で、本実施形態におけるクラッド部からコア部にかけての高屈折率を示す成分であるＡｇの濃度変化の態様と、従来のクラッド部及びコア部にかけての高屈折率を示す成分の濃度変化の態様とは、明確に区別できる。

[0022] 本実施形態におけるコア部はイオン交換により形成されることから、コア部におけるＡｇ濃度は一定ではなく、屈折率にも差が生じる。同様に、クラッド部のうち、コア部との境界に近い領域は、Ａｇ濃度が一定ではなく、屈折率にも差がある。

[0023] そこで本実施形態では、コア部を以下のように定義する。なお、図１はコア部とクラッド部を説明するための模式図である。また、図２は、屈折率の最大値Ｎｍａｘ、屈折率Ｎ、屈折率差Δｎ、及びコア厚みΔｄを説明するための図であり、ガラス基板のうちコア部を含む領域についての、ガラス基板

表面からの深さと屈折率との関係を示したグラフである。図１、図２は共に、実際に得られたガラス基板に関するものではない。

なお本明細書における屈折率とは、波長５８９ｎｍの光の屈折率である。

[0024] まず、図１に示すような、ガラス基板１０においてコア部１の光導波路の経路に対して垂直方向となる断面視において、屈折率の最大値をＮｍａｘとする。なお、図１においては、色の濃淡で屈折率の多寡を模式的に示しており、色が濃いほど屈折率が高く、色が薄いほど屈折率が低いことを表す。

ここで、ガラス基板１０の表層からの深さと、各深さにおける屈折率とは、図２のグラフに示したような関係となる。そして、光導波路となるコア部１の屈折率の方がクラッド部２の屈折率よりも高いことから、ガラス基板１０表面からの深さ方向に屈折率を測定した際に最も高い屈折率を、コア部１における屈折率の最大値Ｎｍａｘとしてよい。

[0025] 次いで、クラッド部２の屈折率をＮとする。なお、先述したように、イオン交換によりコア部２が形成されることから、クラッド部２の屈折率も、コア部１との境界に近い領域では高くなり、一定ではない。そこで、上記クラッド部２の屈折率Ｎは、イオン交換を行う前のガラスの母組成と同じ組成のガラス、すなわち母ガラスの屈折率を用いる。なお、本実施形態に係るガラス基板１０のクラッド部２のうち、コア部１から十分に離れた領域のクラッド部１の屈折率であれば、上記母組成の屈折率と同じとなる。そのため、ガラス基板１０の厚みによっても異なるが、例えば、ガラス基板１０の板厚中心におけるガラスの屈折率を、クラッド部２の屈折率Ｎとしてもよい。

[0026] 上記のような上記ＮｍａｘとＮとの差（Ｎｍａｘ－Ｎ）で表される屈折率差をΔｎとし、屈折率が｛Ｎ＋（Δｎ／２）｝で表される値以上となる領域、すなわち図１の点線で囲まれる領域をコア部１と定義する。

そして、屈折率が｛Ｎ＋（Δｎ／２）｝以上となるコア部１の板厚方向の深さの最大値を、コア部１のガラス基板１０の厚み方向におけるコア厚みΔｄとする。

[0027] 本実施形態において、クラッド部の屈折率Ｎとコア部の屈折率の最大値Ｎ

ｍａとの屈折率差Δｎは０．００５以上であり、屈折率が｛Ｎ＋（Δｎ／２）｝以上となるコア厚みＤｄが２．５～１０μｍであることによりシングルモード伝搬された光にも対応可能な光導波路とできる。

[0028] Δｎは０．００５以上であればよいが、Δｎは例えば０．００５～０．０５が好ましく、０．００７～０．０４がより好ましく、０．００９～０．０３、０．０１～０．０２、又は０．０１２～０．０１８でもよい。ここで、入れた光を曲げられるなどコントロールする観点から、Δｎは０．００５以上であり、０．００７以上が好ましく、０．００９以上、０．０１以上、又は０．０１２以上でもよい。また、Δｎの上限に特に限定はないが、イオン交換により生じさせることのできる屈折率差は、通常０．０５以下であり、０．０４以下が好ましく、０．０３以下、０．０２以下、又は０．０１８以下でもよい。

[0029] 本実施形態において、コア部のガラス基板の厚み方向におけるコア厚みＤｄは２．５～１０μｍであり、３～９μｍが好ましく、３．５～８μｍ、４～７μｍ、４．２５～６μｍ、又は４．５～５．５μｍでもよい。また、３～８μｍ、３～７μｍ、３～６μｍ、又は３～５．５μｍでもよい。ここで、コア厚みが小さいほど、コア部とクラッド部の屈折率差を大きくする必要があるが、そうすると、僅かな屈折率の変動でモードフィールド径が変化し、コア厚みを厳密に制御するのが難しい。また、光導波路として曲がった領域があった場合に、光を閉じ込めておくことが難しい。そのため、Δｄは２．５μｍ以上とし、３μｍ以上が好ましく、３．５μｍ以上、４μｍ以上、４．２５μｍ以上、又は４．５μｍ以上でもよい。また、光導波路の経路に曲がった領域がある場合、曲げ損失を抑制する観点から、Δｄは１０μｍ以下とし、９μｍ以下が好ましく、８μｍ以下、７μｍ以下、６μｍ以下、又は５．５μｍ以下でもよい。

[0030] コア部における屈折率の最大値Ｎｍａｘは特に限定されないが、光導波路に通常用いるガラス基板の母組成の屈折率を鑑みると、Ｎｍａｘは例えば１．５０～２．０が好ましく、１．５１～１．９がより好ましく、１．５２～

１．８がさらに好ましく、１．５２５～１．７がよりさらに好ましく、１．５３～１．６が特に好ましい。ここで、シリコン半導体と屈折率を一致させ、接合によるロスを低減する観点から、Ｎｍａｘは１．５０以上が好ましく、１．５１以上がより好ましく、１．５２以上がさらに好ましく、１．５２５以上がよりさらに好ましく、１．５３以上が特に好ましい。また、SiO_2などの光ファイバーから光を受光する観点から、Ｎｍａｘは２．０以下が好ましく、１．９以下がより好ましく、１．８以下がさらに好ましく、１．７以下がよりさらに好ましく、１．６以下が特に好ましい。

[0031] クラッド部における屈折率Ｎは特に限定されないが、光導波路に通常用いるガラス基板の母組成の屈折率を鑑みると、Ｎは例えば１．５０～１．５９が好ましく、１．５１～１．５８がより好ましく、１．５２～１．５７がさらに好ましく、１．５２５～１．５６がよりさらに好ましく、１．５３～１．５５５が特に好ましい。ここで、シリコン半導体と屈折率を一致させ、接合によるロスを低減する観点から、Ｎは１．５０以上が好ましく、１．５１以上がより好ましく、１．５２以上がさらに好ましく、１．５２５以上がよりさらに好ましく、１．５３以上が特に好ましい。また、SiO_2などの光ファイバーから光を受光する観点から、Ｎは１．５９以下が好ましく、１．５８以下がより好ましく、１．５７以下がさらに好ましく、１．５６以下がよりさらに好ましく、１．５５５以下が特に好ましい。

[0032] 本実施形態に係るガラス基板の母組成、すなわちクラッド部のガラスの組成は、ガラス中のＮａイオンがＡｇイオンに適切にイオン交換されることで、所望する条件のコア部が形成されれば特に限定されない。

[0033] コア部の所望する条件とは、例えば、上述したようなΔｎが０．００５以上であり、かつΔｄが２．５～１０μｍであるといったようなものである。特にシングルモード伝搬された光に対応するためには、コア部とクラッド部とで十分な屈折率差があること、及び、Ａｇイオンにイオン交換されたイオン交換深さが制御できることが求められる。

[0034] 上記のうち、コア部とクラッド部とで十分な屈折率差をつける、すなわち

、屈折率差Δｎを０．００５以上とするためには、ガラス中に十分な量のＮａを含むことが重要となる。

[0035] 上記のうち、イオン交換深さが制御されたコア部を安定して形成するためには、ＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換速度が速過ぎないことが重要となることが分かった。本発明者らが検討したところ、従来のガラス強度の向上を目的として行われていたイオン交換をそのまま採用してコア部を形成しようとすると、イオン交換速度が速過ぎて、イオン交換深さの制御が難しい。その結果、コア厚みΔｄが１０μｍ超となってしまい、シングルモード伝搬された光への対応が難しい。また、コア厚みΔｄが１０μｍ以下となる程度のイオン交換深さにするためには、溶融塩にガラスを接触させる時間も短時間にする必要があるが、その結果、ガラスの温まり方にムラが生じ、コア部の均質性が低下する。

[0036] これに対し、例えば、２０分以上のイオン交換処理で、コア厚みΔｄが２．５～１０μｍを実現できる程度のイオン交換速度であれば、イオン交換深さを適切に制御でき、コア部の均質性が保たれることが分かった。また、生産性の観点からは、上記イオン交換処理の時間は６時間以下が好ましい。

[0037] 上記のような処理時間でＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換が適切に行われるための、ガラス基板の母組成、すなわち、クラッド部のガラスの組成として、ＡｌＯ成分の含有量を少なくすると良いことが分かった。また、アルカリ土類金属成分の含有量を入れるとＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換速度が増加するが、その含有量を一定量以上とすることで、逆にイオン交換速度が低下することも分かった。

[0038] そこで、本実施形態に係るガラス基板の母組成、すなわちクラッド部のガラスは、ケイ酸塩ガラスである場合には、酸化物基準のモル百分率表示で、Al_2O_3の含有量は０～１５％が好ましく、また、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計の含有量は１０～３０％が好ましい。

[0039] すなわち、本実施形態におけるクラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が、SiO_2　４５～８０％、及び、Al_2O_3　０～１

５％を満たすことが好ましい。また、SiO_2　４５～８０％、並びに、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％を満たすことも好ましく、SiO_2　４５～８０％、Al_2O_3　０～１５％、並びに、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％を満たすことがより好ましい。上記において、さらにNa_2O　４．５～２５％を満たすことが、さらに好ましい。

[0040]　より具体的には、本実施形態におけるクラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が下記を満たすことがよりさらに好ましい。

SiO_2　４５～８０％、

Al_2O_3　０～１５％、

B_2O_3　０～２０％、

ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、並びに、

Na_2O　４．５～２５％。

[0041]　クラッド部のガラスを構成する各成分について、以下に述べる。

[0042]　SiO_2の含有量は４０～８０％が好ましく、４５～８０％がより好ましく、４５～７５％がさらに好ましく、５０～７０％がよりさらに好ましく、５２．５～６７．５％がことさらに好ましく、５５～６５％が特に好ましい。ガラスの骨格を構成し、また、化学的耐久性を上げる観点から、SiO_2の含有は４０％以上が好ましく、４５％以上がより好ましく、５０％以上がさらに好ましく、５２．５％以上がよりさらに好ましく、５５％以上が特に好ましい。また、溶融性の観点から、SiO_2の含有量は８０％以下が好ましく、７５％以下がより好ましく、７０％以下がさらに好ましく、６７．５％以下がよりさらに好ましく、６５％以下が特に好ましい。

[0043]　Al_2O_3の含有量は０～１５％が好ましく、１～１２．５％がより好ましく、１．５～１０％がさらに好ましく、２～８％がよりさらに好ましく、２．５～７．５％が特に好ましい。Al_2O_3は含まなくてもよいが、イオン交換速度を高め、生産性を上げる観点からは、Al_2O_3の含有量は１％以上が好ましく、１．５％以上がより好ましく、２％以上がさらに好ましく、２．

５％以上がよりさらに好ましい。また、ガラス中のＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換速度を低下させ、所望するコア厚みΔｄを実現し、また、均質性の高いコア部を形成する観点から、Al_2O_3の含有量は１５％以下が好ましく、１２．５％以下がより好ましく、１０％以下がさらに好ましく、８％以下がよりさらに好ましく、７．５％以下が特に好ましい。

[0044] B_2O_3の含有量は０～２０％が好ましく、２～１７．５％がより好ましく、４～１５％がさらに好ましく、６～１２．５％がよりさらに好ましく、８～１１％が特に好ましい。B_2O_3は含まなくてもよいが、溶融性の向上の観点からは、B_2O_3の含有量は、２％以上が好ましく、４％以上がより好ましく、６％以上がさらに好ましく、８％以上がよりさらに好ましい。一方、溶融時に脈理が発生してガラス基板の品質が低下するのを抑制する観点から、B_2O_3の含有量は２０％以下が好ましく、１７．５％以下がより好ましく、１５％以下がさらに好ましく、１２．５％以下がよりさらに好ましく、１１％以下が特に好ましい。耐酸性を高くするためにはB_2O_3を含有しないことが好ましい。

[0045] ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計で表されるアルカリ土類金属酸化物の合計の含有量は１０～３０％が好ましく、１１～２７．５％がより好ましく、１２～２５％がさらに好ましく、１３～２２．５％がよりさらに好ましく、１４～２０％が特に好ましい。ガラス中のＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換速度を低下させ、所望するコア厚みΔｄを実現し、また、均質性の高いコア部を形成する観点から、上記合計の含有量は１０％以上が好ましく、１１％以上がより好ましく、１２％以上がさらに好ましく、１３％以上がよりさらに好ましく、１４％以上が特に好ましい。また、イオン交換速度をある程度高めることで導波路を作る生産性を上げる観点から、上記合計の含有量は３０％以下が好ましく、２７．５％以下がより好ましく、２５％以下がさらに好ましく、２２．５％以下がよりさらに好ましく、２０％以下が特に好ましい。

[0046] ＭｇＯの含有量は、０～２０％が好ましく、１～１８％がより好ましく、

２～１６％がさらに好ましく、３～１４％がよりさらに好ましく、４～１２％が特に好ましい。ＭｇＯは含まなくてもよいが、ガラスの溶融性を向上し、イオン交換速度をコントロールする観点からは、ＭｇＯの含有量は１％以上が好ましく、２％以上がより好ましく、３％以上がさらに好ましく、４％以上が特に好ましい。また、溶融時の失透を防ぐ観点から、ＭｇＯの含有量は２０％以下が好ましく、１８％以下がより好ましく、１６％以下がさらに好ましく、１４％以下がよりさらに好ましく、１２％以下が特に好ましい。

[0047] ＣａＯの含有量は、０～２０％が好ましく、１～１８％がより好ましく、２～１６％がさらに好ましく、３～１４％がよりさらに好ましく、４～１２％がことさらに好ましく、４．５～１２％が特に好ましい。ＣａＯは含まなくてもよいが、ガラスの溶融性を向上し、イオン交換速度をコントロールする観点からは、ＣａＯの含有量は１％以上が好ましく、２％以上がより好ましく、３％以上がさらに好ましく、４％以上がよりさらに好ましく、４．５％以上が特に好ましい。また、溶融時の失透を防ぐ観点から、ＣａＯの含有量は２０％以下が好ましく、１８％以下がより好ましく、１６％以下がさらに好ましく、１４％以下がよりさらに好ましく、１２％以下が特に好ましい。

[0048] ＳｒＯの含有量は、０～２０％が好ましく、１～１８％がより好ましく、２～１６％がさらに好ましく、３～１４％がよりさらに好ましく、４～１２％がことさらに好ましく、４．５～１２％が特に好ましい。ＳｒＯは含まなくてもよいが、ガラスの溶融性を向上し、イオン交換速度をコントロールする観点からは、ＳｒＯの含有量は１％以上が好ましく、２％以上がより好ましく、３％以上がさらに好ましく、４％以上がよりさらに好ましく、４．５％以上が特に好ましい。また、溶融時の失透を防ぐ観点から、ＳｒＯの含有量は２０％以下が好ましく、１８％以下がより好ましく、１６％以下がさらに好ましく、１４％以下がよりさらに好ましく、１２％以下が特に好ましい。

[0049] ＢａＯの含有量は、０～２０％が好ましく、１～１８％がより好ましく、

２～１６％がさらに好ましく、３～１４％がよりさらに好ましく、４～１２％がことさらに好ましく、４．５～１２％が特に好ましい。ＢａＯは含まなくてもよいが、ガラスの溶融性を向上し、イオン交換速度をコントロールする観点からは、ＢａＯの含有量は１％以上が好ましく、２％以上がより好ましく、３％以上がさらに好ましく、４％以上がよりさらに好ましく、４．５％以上が特に好ましい。また、溶融時の失透を防ぐ観点から、ＢａＯの含有量は２０％以下が好ましく、１８％以下がより好ましく、１６％以下がさらに好ましく、１４％以下がよりさらに好ましく、１２％以下が特に好ましい。

[0050] 上記Al_2O_3の含有量とＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計で表されるアルカリ土類金属酸化物の合計の含有量は、共に、ガラス中のＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換速度を低下させる成分である。上述したように、２０分～６時間程度のイオン交換処理で、コア部のコア厚みΔｄを２．５～１０μｍとすることが好ましいが、クラッド部のガラスの組成について検討を進めた結果、上記各成分の含有量を用いた特定の関係式が、イオン交換速度とよい相関があることも見出した。

[0051] 上記関係式のひとつとして、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いた（$MgO+CaO+SrO\times2+BaO\times2-Al_2O_3\times2$）で表される式（１）が挙げられる。

図３に、実際に得られたガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における式（１）；（$MgO+CaO+SrO\times2+BaO\times2-Al_2O_3\times2$）で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示す。なお、上記イオン交換処理は、$NaNO_3$：$AgNO_3$＝９９：１（質量比）の混合溶融塩を用い、４００℃の上記混合溶融塩に１時間ガラス基板を浸漬させることにより行った。また、図３におけるＡｇイオンの侵入深さは、折原製作所製の光導波表面応力計を用いてガラス表面からの屈折率分布を測定した際に、屈折率がイオン交換処理前のガラスの屈折率と一致する、ガラス表面からの深さを採用した。

[0052] 図３より、式（１）で表される値と、Ａｇイオンの侵入深さには相関が見られる。すなわち、式（１）で表される値とＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換のしやすさには相関がある。

式（１）で表される値は、０～３０％が好ましく、２．５～２７．５％がより好ましく、５～２５％がさらに好ましく、７．５～２２．５％がよりさらに好ましく、１０～２０％が特に好ましい。ここで、コア部のコア厚みΔｄの制御性の観点から、式（１）で表される値は０％以上が好ましく、２．５％以上がより好ましく、５％以上がさらに好ましく、７．５％以上がよりさらに好ましく、１０％以上が特に好ましい。また、生産性の観点から、式（１）で表される値は３０％以下が好ましく、２７．５％以下がより好ましく、２５％以下がさらに好ましく、２２．５％以下がよりさらに好ましく、２０％以下が特に好ましい。

[0053] また、上記関係式のひとつとして、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いた（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3×２）で表される式（２）が挙げられる。

図４に、実際に得られたガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における式（２）；（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3×２）で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示す。なお、イオン交換処理やＡｇイオンの侵入深さの測定方法は、上記式（１）の検討で用いたイオン交換処理及びＡｇイオンの侵入深さの測定方法と同様である。

[0054] 図４より、式（２）で表される値と、Ａｇイオンの侵入深さには相関が見られる。すなわち、式（２）で表される値とＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換のしやすさには相関がある。

式（２）で表される値は、０～６０％が好ましく、５～５５％がより好ましく、１０～５０％がさらに好ましく、１５～４５％がよりさらに好ましく、２０～４０％が特に好ましい。ここで、コア部のコア厚みΔｄの制御性の観点から、式（２）で表される値は０％以上が好ましく、５％以上がより好

ましく、１０％以上がさらに好ましく、１５％以上がよりさらに好ましく、２０％以上が特に好ましい。また、生産性の観点から、式（２）で表される値は６０％以下が好ましく、５５％以下がより好ましく、５０％以下がさらに好ましく、４５％以下がよりさらに好ましく、４０％以下が特に好ましい。

[0055] Na_2Oの含有量は４．５～２５％が好ましく、６～２２．５％がより好ましく、７～２０％がさらに好ましく、８～１７．５％がよりさらに好ましく、９～１６％が特に好ましい。Na_2OはＡｇイオンへのイオン交換により、コア部が光導波路となるための高い屈折率を付与する成分であり、またガラスの溶融性を向上させる。上記観点より、Na_2Oの含有量は４．５％以上が好ましく、６％以上がより好ましく、７％以上がさらに好ましく、８％以上がよりさらに好ましく、９％以上が特に好ましい。一方、ガラスの耐水性の観点から、Na_2Oの含有量は２５％以下が好ましく、２２．５％以下がより好ましく、２０％以下がさらに好ましく、１７．５％以下がよりさらに好ましく、１６％以下が特に好ましい。

[0056] クラッド部のガラス組成について、上記式（１）、式（２）の他に、Na_2Oの含有量とＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計で表されるアルカリ土類金属酸化物の合計の含有量も、イオン交換速度とよい相関があることも見出した。

[0057] 具体的には、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いた｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４）｝で表される式（３）が挙げられる。

図５に、実際に得られたガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における式（３）；｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４）｝で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示す。なお、イオン交換処理やＡｇイオンの侵入深さの測定方法は、上記式（１）の検討で用いたイオン交換処理及びＡｇイオンの侵入深さの測定方法と同様である。

[0058] 図５より、式（３）で表される値と、Ａｇイオンの侵入深さには相関が見られる。すなわち、式（３）で表される値とＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換のしやすさには相関がある。

式（３）で表される値は、０．１～０．７が好ましく、０．１２５～０．６がより好ましく、０．１５～０．５がさらに好ましく、０．１７５～０．４５がよりさらに好ましく、０．２～０．４が特に好ましい。ここで、生産性の観点から、式（３）で表される値は０．１以上が好ましく、０．１２５以上がより好ましく、０．１５以上がさらに好ましく、０．１７５以上がよりさらに好ましく、０．２以上が特に好ましい。また、コア部のコア厚みΔｄの制御性の観点から、式（３）で表される値は０．７以下が好ましく、０．６以下がより好ましく、０．５以下がさらに好ましく、０．４５以下がよりさらに好ましく、０．４以下が特に好ましい。

[0059] また、クラッド部のガラス組成について、Na_2Oの含有量、並びに、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計で表されるアルカリ土類金属酸化物の合計の含有量に加えて、Al_2O_3の含有量も、イオン交換速度とよい相関があることも見出した。

[0060] 具体的には、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いた｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3）｝で表される式（４）が挙げられる。

図６に、実際に得られたガラス基板におけるクラッド部のガラス組成における式（４）；｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3）｝で表される値と、イオン交換処理をした際のＡｇイオンの侵入深さとの関係を示す。なお、イオン交換処理やＡｇイオンの侵入深さの測定方法は、上記式（１）の検討で用いたイオン交換処理及びＡｇイオンの侵入深さの測定方法と同様である。

[0061] 図６より、式（４）で表される値と、Ａｇイオンの侵入深さには相関が見られる。すなわち、式（４）で表される値とＮａイオンからＡｇイオンへのイオン交換のしやすさには相関がある。

式（４）で表される値は、０．１～２が好ましく、０．１２５～１．５がより好ましく、０．１５～１がさらに好ましく、０．１７５～０．８がよりさらに好ましく、０．２～０．５が特に好ましい。ここで、生産性の観点から、式（４）で表される値は０．１以上が好ましく、０．１２５以上がより好ましく、０．１５以上がさらに好ましく、０．１７５以上がよりさらに好ましく、０．２以上が特に好ましい。また、コア部のコア厚みΔｄの制御性の観点から、式（４）で表される値は２以下が好ましく、１．５以下がより好ましく、１以下がさらに好ましく、０．８以下がよりさらに好ましく、０．５以下が特に好ましい。

[0062] Li_2Oの含有量は０～１０％が好ましく、０．１～５％がより好ましく、０．３～４％がさらに好ましく、０．４～３％がよりさらに好ましく、０．５～２．５％が特に好ましい。Li_2Oは含まなくてもよいが、溶融性を向上させる観点からは、Li_2Oの含有量は０．１％以上が好ましく、０．３％以上がより好ましく、０．４％以上がさらに好ましく、０．５％以上が特に好ましい。一方、Δｎを増やす観点から、Li_2Oの含有量は１０％以下が好ましく、５％以下がより好ましく、４％以下がさらに好ましく、３％以下がよりさらに好ましく、２．５％以下が特に好ましい。

[0063] K_2Oの含有量は０～１０％が好ましく、０．１～５％がより好ましく、０．３～４％がさらに好ましく、０．４～３％がよりさらに好ましく、０．５～２．５％が特に好ましい。K_2Oは含まなくてもよいが、溶融性を向上させる観点からは、K_2Oの含有量は０．１％以上が好ましく、０．３％以上がより好ましく、０．４％以上がさらに好ましく、０．５％以上がよりさらに好ましい。一方、Δｎが低下を抑制する観点から、K_2Oの含有量は１０％以下が好ましく、５％以下がより好ましく、４％以下がさらに好ましく、３％以下がよりさらに好ましく、２．５％以下が特に好ましい。

[0064] P_2O_5の含有量は０～４％が好ましく、０．５～３％がより好ましく、１～２％がさらに好ましい。P_2O_5は含まなくてもよいが、イオン交換性能及びチッピング耐性の観点からは、P_2O_5の含有量は０．５％以上が好ましく

、１％以上がより好ましく、２％以上がさらに好ましい。一方、破砕性及び耐酸性の観点から、P_2O_5の含有量は４％以下が好ましく、３％以下がより好ましく、２％以下がさらに好ましく、１％以下がよりさらに好ましい。耐酸性の観点からは、P_2O_5は実質的に含有しないことが好ましい。

なお、本明細書において「実質的に含有しない」とは、原材料等に含まれる不可避の不純物を除いて含有しない、すなわち、意図的に含有させたものではないことを意味する。具体的には、ガラス組成中の含有量が、０．１モル％未満であることを指す。

[0065] ＺｎＯの含有量は０～１０％が好ましく、０．２５～７％がより好ましく、０．２５～５％がさらに好ましく、０．５～２％がよりさらに好ましく、０．５～１％が特に好ましい。ＺｎＯは含まなくてもよいが、溶融性の観点からは、ＺｎＯの含有量は０．２５％以上が好ましく、０．５％以上がより好ましい。一方、耐候性の観点から、ＺｎＯの含有量は１０％以下が好ましく、７％以下がより好ましく、５％以下がさらに好ましく、２％以下がよりさらに好ましく、１％以下が特に好ましい。

[0066] TiO_2の含有量は０～１％が好ましく、０．１～０．５％がより好ましく、０．１５～０．５％がさらに好ましく、０．２～０．２５％がよりさらに好ましい。TiO_2は含まなくてもよいが、破砕性の観点からは、TiO_2の含有量は０．１％以上が好ましく、０．１５％以上がより好ましく、０．２％以上がさらに好ましい。一方、失透による品質低下を抑制する観点から、TiO_2の含有量は１％以下が好ましく、０．５％以下がより好ましく、０．２５％以下がさらに好ましい。

[0067] ZrO_2の含有量は０～８％が好ましく、０．５～６％がより好ましく、０．５～４％がさらに好ましく、１～２％がよりさらに好ましく、１～１．２％が特に好ましい。ZrO_2は含まなくてもよいが、耐候性を向上させる観点からは、ZrO_2の含有量は０．５％以上が好ましく、１％以上がより好ましい。一方、失透による品質低下を抑制する観点から、ZrO_2の含有量は８％以下が好ましく、６％以下がより好ましく、４％以下がさらに好ましく、２

％以下がよりさらに好ましく、１．２％以下が特に好ましい。

[0068] Y_2O_3、La_2O_3、Nb_2O_5の含有量は、各々０～８％が好ましく、０．５～６％がより好ましく、１～５％がさらに好ましく、１．５～４％がよりさらに好ましく、２～３％がことさらに好ましく、２．５～３％が特に好ましい。Y_2O_3、La_2O_3、Nb_2O_5は含まれなくてもよいが、耐候性を向上させる観点からは、Y_2O_3、La_2O_3、Nb_2O_5の含有量は、各々０．５％以上が好ましく、１％以上がより好ましく、１．５％以上がさらに好ましく、２％以上がよりさらに好ましく、２．５％以上が特に好ましい。一方、失透による品質低下を抑制する観点から、Y_2O_3、La_2O_3、Nb_2O_5の各々の含有量は８％以下が好ましく、６％以下がより好ましく、５％以下がさらに好ましく、４％以下がよりさらに好ましく、３％以下が特に好ましい。

[0069] Ta_2O_5、Gd_2O_3の含有量は、各々０～１％が好ましく、０～０．５％がより好ましい。Ta_2O_5、Gd_2O_3は含まれなくてもよいが、耐候性を向上させる観点からは少量含有してもよい。一方で、屈折率や反射率の観点から、Ta_2O_5、Gd_2O_3の各々の含有量は１％以下が好ましく、０．５％以下がより好ましく、実質的に含有しないことがさらに好ましい。

[0070] さらに、ガラスに着色を行い使用する際は、所望の効果を阻害しない範囲において着色成分を添加してもよい。着色成分としては、例えば、Co_3O_4、MnO_2、Fe_2O_3、NiO、CuO、Cr_2O_3、V_2O_5、Bi_2O_3、SeO_2、TiO_2、CeO_2、Er_2O_3、Nd_2O_3等が挙げられる。

[0071] 着色成分の合計の含有量は０～７％が好ましく、０～５％がより好ましく、０～３％がさらに好ましく、０～１％がよりさらに好ましい。失透を抑制する観点から、着色成分の合計の含有量は７％以下が好ましく、５％以下がより好ましく、３％以下がさらに好ましく、１％以下がよりさらに好ましく、実質的に含有しないことが特に好ましい。

[0072] ガラスの溶融の際の清澄剤として、SO_3、塩化物、フッ化物などを適宜含有してもよい。

また、As_2O_3は実質的に含有しないことが好ましい。Sb_2O_3を含有す

る場合は、０．３％以下が好ましく、０．１％以下がより好ましく、実質的に含有しないことがよりさらに好ましい。

[0073] Ag_2Oはイオン交換性向上の観点から含有してもよいが、コア部の屈折率を高めるために用いる成分であることから、Ag_2Oを含む場合であっても、その含有量は０．０１％未満が好ましく、０．００５％以下がより好ましく、０．００１％以下がさらに好ましい。また、コア部の屈折率を高める観点からは、Ag_2Oは実質的に含有しないことがよりさらに好ましい。なお、Ag_2Oについては、実質的に含有しないとは、装置の検出限界値未満を意味する。

[0074] 本実施形態に係るガラス基板のコア部のガラスは、ガラス基板に対し、光導波路としたい領域についてＮａイオンをＡｇイオンにイオン交換することで形成される。そのため、ガラス基板の母組成、すなわちクラッド部のガラスの組成に対し、Na_2O及びAg_2O以外の成分の含有量は共通する。

[0075] 本実施形態におけるコア部のガラスは、クラッド部のガラスと同様、ケイ酸塩ガラスである場合には、酸化物基準のモル百分率表示で、Al_2O_3の含有量は０～１５％が好ましく、また、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計の含有量は１０～３０％が好ましい。その上で、Na_2Oの含有量は４～２０％が好ましく、Ag_2Oの含有量は０．０１％以上が好ましい。

[0076] すなわち、本実施形態におけるコア部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が、SiO_2　４５～８０％、Al_2O_3　０～１５％、Na_2O　０～２０％、及びAg_2O　０．０１％以上を満たすことが好ましい。また、SiO_2　４５～８０％、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、Na_2O　０～２０％、並びに、Ag_2O　０．０１％以上を満たすことも好ましく、SiO_2　４５～８０％、Al_2O_3　０～１５％、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、Na_2O　０～２０％、並びに、Ag_2O　０．０１％以上を満たすことがより好ましい。

[0077] より具体的には、本実施形態におけるコア部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が下記を満たすことがよりさらに好ましい。

SiO_2　４５～８０％、

Al_2O_3　０～１５％、

B_2O_3　０～２０％、

ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、

Na_2O　０～２０％、並びに、

Ag_2O　０．０１％以上。

[0078] コア部のガラスを構成する各成分について、Na_2O及びAg_2O以外の成分の好適な含有量及びその理由はクラッド部のガラスを構成する各成分と同様である。

[0079] コア部のガラスにおけるNa_2O含有量は、クラッド部のガラスにおけるNa_2O含有量よりも低く、クラッド部のNa_2O含有量によって異なるため一概に規定できないが、例えば、０～２０％が好ましく、１～１７．５％がより好ましく、２～１５％がさらに好ましく、３～１２．５％がよりさらに好ましく、４～１０％が特に好ましい。ガラスの溶融性の観点から、コア部のNa_2O含有量は０％以上が好ましく、１％以上がより好ましく、２％以上がさらに好ましく、３％以上がよりさらに好ましく、４％以上が特に好ましい。一方、Δｎが高くなりすぎてしまい、シングルモード伝搬しなくなるのを防ぐ観点から、Na_2Oの含有量は２０％以下が好ましく、１７．５％以下がより好ましく、１５％以下がさらに好ましく、１２．５％以下がよりさらに好ましく、１０％以下が特に好ましい。

[0080] コア部のガラスとクラッド部のガラスとのNa_2O含有量の差は、ＮａイオンとＡｇイオンとのイオン交換量に関係するが、１～１５％が好ましく、１．５～１４％がより好ましく、２～１３％がさらに好ましく、２．５～１２％がよりさらに好ましく、３～１１％が特に好ましい。Na_2O含有量の差は、Ａｇイオンへのイオン交換によるコア部の屈折率を高め、コア厚みΔｄが小さい場合でも光導波路としてシングルモード伝搬された光への対応をより好適にする観点から、１％以上が好ましく、１．５％以上がより好ましく、２％以上がさらに好ましく、２．５％以上がよりさらに好ましく、３％以上

が特に好ましい。一方、コアとクラッドの屈折率差が高すぎてシングルモードの光の伝搬に必要なコア径が極端に狭くなるのを防ぐ観点から、Na_2O含有量の差は１５％以下が好ましく、１４％以下がより好ましく、１３％以下がさらに好ましく、１２％以下がよりさらに好ましく、１１％以下が特に好ましい。

[0081] コア部のガラスにおけるAg_2O含有量は、例えば、０．０１％以上が好ましく、０．０１～１０％がより好ましく、０．５～８％がさらに好ましく、１～６％がよりさらに好ましく、１．５～５％が特に好ましい。コア部の屈折率を高める観点から、コア部のAg_2O含有量は０．０１％以上が好ましく、０．５％以上がより好ましく、１％以上がさらに好ましく、１．５％以上がよりさらに好ましい。一方、屈折率差が付きすぎるとコア径を小さくしなくてはならない観点から、Ag_2Oの含有量は１０％以下が好ましく、８％以下がより好ましく、６％以下がさらに好ましく、５％以下が特に好ましい。

[0082] 本実施形態に係るガラス基板の厚みは、搭載するデバイスによっても異なるが、例えば０．１～２．０ｍｍ（１００～２０００μｍ）が好ましく、０．１５～１．５ｍｍがより好ましく、０．２～１．２５ｍｍがさらに好ましく、０．２５～１．０ｍｍがよりさらに好ましく、０．３～０．８ｍｍが特に好ましい。ここで、部材の取り扱いやすさの観点から、ガラス基板の厚みは０．１ｍｍ以上が好ましく、０．１５ｍｍ以上がより好ましく、０．２ｍｍ以上がさらに好ましく、０．２５ｍｍ以上がよりさらに好ましく、０．３ｍｍ以上が特に好ましい。一方、電子部材を低背化する観点から、ガラス基板の厚みは２．０ｍｍ以下が好ましく、１．５ｍｍ以下がより好ましく、１．２５ｍｍ以下がさらに好ましく、１．０ｍｍ以下がよりさらに好ましく、０．８ｍｍ以下が特に好ましい。

[0083] 本実施形態におけるコア部の波長１２００～１６００ｎｍの光の伝搬損失量は、最大で５．０ｄＢ／ｃｍ以下が好ましく、４．０ｄＢ／ｃｍ以下がより好ましく、３．０ｄＢ／ｃｍ以下がさらに好ましく、２．０ｄＢ／ｃｍ以下がよりさらに好ましく、１．５ｄＢ／ｃｍ以下が特に好ましい。上記光の

伝搬損失量は小さいほど好ましいため下限は特に限定されないが、通常０．００１ｄＢ／ｃｍ以上である。

[0084] 本実施形態に係るガラス基板は、例えば光集積デバイスに搭載できる。光集積デバイスの一態様として、ガラス基板と半導体基板とが接続され、シングルモード伝搬された光が、上記ガラス基板のコア部を介して、上記半導体基板に導入される。上記半導体基板は、例えばシリコン半導体基板が好ましい。

また、本実施形態に係るガラス基板は上記に限らず、プラガブルデバイスにも搭載できる。

[0085] 本実施形態に係るガラス基板は、上記のような光伝送線路のみならず、インターポーザー等の場所にも適用できる。

[0086] ＜ガラス基板の製造方法＞

本実施形態に係るガラス基板の製造方法は、上記＜ガラス基板＞に記載したものが得られれば特に限定されないが、例えば、下記工程を含む。

（ｉ）Na_2Oを含むガラス板を用意する工程、

（ｉｉ）上記ガラス板の光導波路とする領域をＡｇイオンを含む溶融塩に接触させ、ガラスのＮａイオンをＡｇイオンにイオン交換する工程。

[0087] 工程（ｉ）は、ガラスを製造しても、市販のガラスをそのまま用いてもよい。

ガラスを製造する際は従来公知の方法を採用できる。例えば、ガラスの各成分の原料を調合し、ガラス溶融窯で加熱溶融する。その後、公知の方法によりガラスを均質化し、所望の形状に成形し、徐冷することでガラス板を得る。

[0088] ガラスの成形法は、例えば、フロート法、プレス法、フュージョン法及びダウンドロー法が挙げられる。特に、大量生産に適したフロート法が好ましい。また、フロート法以外の連続成形法、すなわち、フュージョン法およびダウンドロー法も好ましい。

その後、成形したガラスを必要に応じて研削および研磨処理して、ガラス

板を形成する。

[0089] 工程（ｉｉ）のイオン交換する工程の一態様として、溶融塩へのガラス板の浸漬によりイオン交換を行う場合には、光導波路とする領域以外の部分をマスキングすることが好ましい。

マスキングは、溶融塩に反応せず、溶融塩と接触してもガラスを構成する成分と溶融塩の成分とのイオン交換を阻害するものであればよい。例えば、Al_2O_3、SiO_2、ＳｉＮ、TiO_2、ＩＴＯ等を用いてマスキングを行う。

[0090] マスキングは、光導波路となるコア部のコア厚みΔｄや、光導波路の経路に対して垂直方向となる断面視における水平方向の最大幅に合わせて適宜調整すればよいが、例えば、コア部を形成するための隙間の幅は４～１２μｍが好ましく、５～１１μｍがより好ましく、６～１０μｍがさらに好ましい。ここで、光を閉じ込める効果を高める観点から、上記幅は４μｍ以上が好ましく、５μｍ以上がより好ましく、６μｍ以上がさらに好ましい。一方、光をシングルモードで伝送する観点から、上記幅は１２μｍ以下が好ましく、１１μｍ以下がより好ましく、１０μｍ以下がさらに好ましい。

[0091] マスキングを行ったガラス板を、Ａｇイオンを含む溶融塩に接触させる方法は特に限定されないが、溶融塩へのガラス板の浸漬の他、溶融塩の塗布、溶融塩の噴霧等が挙げられる。中でも、高温で長時間で処理できる観点から溶融塩への浸漬が好ましい。

[0092] 溶融塩はＡｇイオンを含むものであればよいが、Ａｇイオンを含む塩として、$AgNO_3$、Ag_2SO_4、Ag_2CO_3、ＡｇＣｌ等が挙げられる。中でも、溶融温度の点から、$AgNO_3$が好ましい。Ａｇイオンを含む塩は１種を用いても、複数種を組み合わせて用いてもよい。

[0093] 溶融塩中のＡｇイオン濃度の調整のため、Ａｇイオンを含む塩を他の塩と混合した混合溶融塩を用いることが好ましい。

他の塩としては、硝酸塩、硫酸塩、炭酸塩、塩化物などが挙げられる。このうち硝酸塩としては、硝酸リチウム、硝酸ナトリウム、硝酸カリウム、硝

酸セシウム等が挙げられる。硫酸塩としては、硫酸リチウム、硫酸ナトリウム、硫酸カリウム、硫酸セシウム等が挙げられる。炭酸塩としては、炭酸リチウム、炭酸ナトリウム、炭酸カリウム等が挙げられる。塩化物としては、塩化リチウム、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化セシウム等が挙げられる。

中でも、ガラスに不用意に応力を入れない観点から、硝酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、炭酸ナトリウム、塩化ナトリウムを含むことが好ましく、硝酸ナトリウム、硫酸ナトリウムがより好ましい。

上記他の塩は単独で用いてもよいし、複数種を組み合わせて用いてもよい。

[0094] 溶融塩中のカチオン総量に対するＡｇイオンの含有量は、質量比で０．５～２０％が好ましく、１．０～１９％がより好ましく、１．５～１８％がさらに好ましく、２．０～１７％がよりさらに好ましく、２．５～１６％が特に好ましい。ここで、屈折率差を大きくつける観点から、Ａｇイオンの含有量は０．５％以上が好ましく、１．０％以上がより好ましく、１．５％以上がさらに好ましく、２．０％以上がよりさらに好ましく、２．５％以上が特に好ましい。一方、屈折率が大きくつきすぎるとコア径のコントロールが繊細になりすぎてしまう観点から、Ａｇイオンの含有量は２０％以下が好ましく、１９％以下がより好ましく、１８％以下がさらに好ましく、１７％以下がよりさらに好ましく、１６％以下が特に好ましい。

[0095] 溶融塩中のカチオン総量に対するＡｇイオンの含有量は、カチオン％表示で０．１～２０％が好ましく、０．５～１７．５％がより好ましく、１．０～１５％がさらに好ましく、２．０～１２．５％がよりさらに好ましく、２．５～１１％が特に好ましい。ここで、屈折率差を大きくつける観点から、Ａｇイオンの含有量は０．１％以上が好ましく、０．５％以上がより好ましく、１．０％以上がさらに好ましく、２．０％以上がよりさらに好ましく、２．５％以上が特に好ましい。一方、屈折率が大きくつきすぎるとコア径のコントロールが繊細になりすぎてしまう観点から、Ａｇイオンの含有量は２

０％以下が好ましく、１７．５％以下がより好ましく、１５％以下がさらに好ましく、１２．５％以下がよりさらに好ましく、１１％以下が特に好ましい。

[0096] 溶融塩の温度は、塩の融点以上であれば特に限定されないが、例えば３５０～４９０℃が好ましく、３６０～４８０℃がより好ましく、３７０～４７０℃がさらに好ましく、３７５～４６０℃がよりさらに好ましく、３８０～４５０℃が特に好ましい。ここで、生産性の観点から、溶融塩の温度は３５０℃以上が好ましく、３６０℃以上がより好ましく、３７０℃以上がさらに好ましく、３７５℃以上がよりさらに好ましく、３８０℃以上が特に好ましい。一方、均質性がより高い、所望するコア厚みΔｄを実現する観点から、溶融塩の温度は４９０℃以下が好ましく、４８０℃以下がより好ましく、４７０℃以下がさらに好ましく、４６０℃以下がよりさらに好ましく、４５０℃以下が特に好ましい。

[0097] 溶融塩へ接触させる時間は、接触方法によっても異なるが、溶融塩へガラス板を浸漬させる場合の浸漬時間は、２０分～６時間が好ましく、３０分～４時間がより好ましく、３５分～３時間がさらに好ましく、４０分～２．５時間がよりさらに好ましく、４５分～２時間が特に好ましい。ここで、均質性がより高い、所望するコア厚みΔｄを実現する観点から、浸漬時間は２０分以上が好ましく、３０分以上がより好ましく、３５分以上がさらに好ましく、４０分以上がよりさらに好ましく、４５分以上が特に好ましい。一方、生産性の観点から、浸漬時間は６時間以下が好ましく、４時間以下がより好ましく、３時間以下がさらに好ましく、２．５時間以下がよりさらに好ましく、２時間以下が特に好ましい。

[0098] 上記により、ガラス中のＮａイオンを溶融塩中のＡｇイオンとイオン交換した後、さらに下記工程（ｉｉｉ）を含むことが好ましい。

（ｉｉｉ）工程（ｉｉ）で得られたガラス板をＮａイオンを含む溶融塩に接触させ、工程（ｉｉ）でイオン交換されたガラス中のＡｇイオンの一部を再度Ｎａイオンにイオン交換する工程。

[0099] 工程（ｉｉｉ）により、ガラス板表面のＡｇイオン濃度が高い領域におけるＡｇイオンが再度Ｎａイオンにイオン交換される。その結果、ガラス板表面の屈折率が低くなり、クラッド部となることで、ガラス基板にコア部が形成される。

工程（ｉｉ）においてマスキングを行った場合、工程（ｉｉｉ）では、マスキングされたままのガラス板をＮａイオンを含む溶融塩に接触させて、非マスキング部の表面付近のＡｇイオンをＮａイオンにイオン交換してもよい。また、マスキングを除去して、ガラス板全体をＮａイオンを含む溶融塩に接触させてもよい。

なお、工程（ｉｉｉ）を経ない場合には、先述したように、コア部が光導波路として機能するように、コア部の上部に屈折率の低い層を別途設ければよい。

[0100] 工程（ｉｉｉ）に用いる溶融塩はＮａイオンを含むものであればよいが、Ｎａイオンを含む塩として、$NaNO_3$、Na_2SO_4、Na_2CO_3、ＮａＣｌが挙げられる。中でも、溶融温度の点から、$NaNO_3$、Na_2SO_4が好ましい。Ｎａイオンを含む塩は１種を用いても、複数種を組み合わせて用いてもよい。

[0101] 溶融塩には、Ｎａイオンを含む塩を他の塩と混合した混合溶融塩を用いてもよい。

他の塩としては、硝酸塩、硫酸塩、炭酸塩、塩化物などが挙げられる。このうち硝酸塩としては、硝酸リチウム、硝酸カリウム、硝酸セシウム等が挙げられる。硫酸塩としては、硫酸リチウム、硫酸カリウム、硫酸セシウム等が挙げられる。炭酸塩としては、炭酸リチウム、炭酸カリウム等が挙げられる。塩化物としては、塩化リチウム、塩化カリウム、塩化セシウム等が挙げられる。

中でも、化学的安定性の観点から、硝酸塩を含むことが好ましい。

上記他の塩は単独で用いてもよいし、複数種を組み合わせて用いてもよい。

[0102] 溶融塩中のカチオン総量に対するＮａイオンの含有量は、質量％表示で６０～１００％が好ましく、７０～９９．９％がより好ましく、８０～９９．８％がさらに好ましく、９０～９９．７％がよりさらに好ましく、９５～９９．５％が特に好ましい。ここで、ガラス表面の屈折率を十分低下させる観点から、Ｎａイオンの含有量は６０％以上が好ましく、７０％以上がより好ましく、８０％以上がさらに好ましく、９０％以上がよりさらに好ましく、９５％以上が特に好ましく、多いほど好ましく１００％でもよい。一方で、生産性の観点からは、Ｎａイオンの含有量は１００％以下が好ましく、９９．９％以下がより好ましく、９９．８％以下がさらに好ましく、９９．７％以下がよりさらに好ましく、９９．５％以下が特に好ましい。

[0103] 溶融塩中のカチオン総量に対するＮａイオンの含有量は、カチオン％表示で４０～９９．９％が好ましく、５０～９９％がより好ましく、６０～９８％がさらに好ましく、７０～９７％がよりさらに好ましく、８０～９６％が特に好ましい。ここで、ガラス表面の屈折率を十分低下させる観点から、Ｎａイオンの含有量は４０％以上が好ましく、５０％以上がより好ましく、６０％以上がさらに好ましく、７０％以上がよりさらに好ましく、８０％以上が特に好ましい。一方で、生産性の観点からは、Ｎａイオンの含有量は９９．９％以下が好ましく、９９％以下がより好ましく、９８％以下がさらに好ましく、９７％以下がよりさらに好ましく、９６％以下が特に好ましい。

[0104] 溶融塩の温度は、塩の融点以上であれば特に限定されないが、例えば３５０～４９０℃が好ましく、３６０～４８０℃がより好ましく、３７０～４７０℃がさらに好ましく、３７５～４６０℃がよりさらに好ましく、３８０～４５０℃が特に好ましい。ここで、生産性の観点から、溶融塩の温度は３５０℃以上が好ましく、３６０℃以上がより好ましく、３７０℃以上がさらに好ましく、３７５℃以上がよりさらに好ましく、３８０℃以上が特に好ましい。一方、均質性がより高い、所望するコア厚みΔｄを実現する観点から、溶融塩の温度は４９０℃以下が好ましく、４８０℃以下がより好ましく、４７０℃以下がさらに好ましく、４６０℃以下がよりさらに好ましく、４５０

℃以下が特に好ましい。

[0105] 溶融塩へ接触させる時間は、接触方法によっても異なるが、溶融塩へガラス板を浸漬させる場合の浸漬時間は、２０分～６時間が好ましく、３０分～４時間がより好ましく、３５分～３時間がさらに好ましく、４０分～２．５時間がよりさらに好ましく、４５分～２時間が特に好ましい。ここで、均質性がより高い、所望するコア厚みΔｄを実現する観点から、浸漬時間は２０分以上が好ましく、３０分以上がより好ましく、３５分以上がさらに好ましく、４０分以上がよりさらに好ましく、４５分時間以上が特に好ましい。一方、生産性の観点から、浸漬時間は６時間以下が好ましく、４時間以下がより好ましく、３時間以下がさらに好ましく、２．５時間以下がよりさらに好ましく、２時間以下が特に好ましい。

[0106] 工程（ｉｉ）や工程（ｉｉｉ）を行うに際し、ガラス板を予熱してもよい。予熱温度は溶融塩の温度によっても異なるが、例えば１００℃以上が好ましい。

[0107] 工程（ｉｉ）と工程（ｉｉｉ）との間や、工程（ｉｉ）の後、工程（ｉｉｉ）の後には、洗浄する工程や乾燥する工程を行ってもよい。

[0108] 洗浄する工程では工水、イオン交換水等を用いてガラスの洗浄を行う。工水は必要に応じて処理したものを用いる。中でもイオン交換水が好ましい。

洗浄の条件は用いる洗浄液によっても異なるが、イオン交換水を用いる場合には、付着した塩を完全に除去させる観点から、０～１００℃で洗浄することが好ましい。

洗浄する工程では、イオン交換水等が入っている水槽にガラス板を浸漬する方法、ガラス板表面を流水にさらす方法、シャワーにより洗浄液をガラス板表面に向けて噴射する方法等、様々な方法を採用できる。

実施例

[0109] 以下、具体的な実施例を基に、本発明を説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

なお、例１～例３６はいずれも、ガラス基板に対してマスキングを行うこ

となくイオン交換を行ったため、光導波路となるコア部とクラッド部とを有するガラス基板ではない。しかしながら、イオン交換前の母ガラスの屈折率と、イオン交換後の屈折率の変化は、マスキングを行ってイオン交換を行い、光導波路となるコア部を形成した場合と同じと見做せる。また、イオン交換により形成されるコア厚みΔｄも、マスキングを行ってイオン交換を行い、光導波路となるコア部を形成した場合と同じと見做せる。そのため、例１～例３６の結果は、光導波路となるコア部とクラッド部とを有するガラス基板の結果と同視でき、実質的に実施例又は比較例として扱える。したがって、例１～例３１が実施例であり、例３２～例３６は比較例である。

[0110] ＜ガラス板の製造＞

表１及び表２に記載の、酸化物基準のモル百分率表示で示した組成、かつ、ガラス重量が４００ｇとなるようにガラス原料を秤量し、混合した。混合した原料を白金るつぼに入れ、１５００～１７００℃の電気炉にて３時間程度溶融し、脱泡及び均質化を行った。なお、表中の空欄である成分は意図的に添加していないことを意味する。

[0111] 上記で得られた溶融ガラスを金属型に流し込み、ガラス転移点より１０℃程度高い温度に１時間保持した。次いで、０．５℃／分の速度で室温まで冷却し、ガラスブロックを得た。

得られたガラスブロックを切断、研削し、最後に両面を鏡面研磨して、２０ｍｍ×２０ｍｍ×０．７ｍｍであるＧ１～Ｇ２０のガラス板を得た。

[0112] Ｇ１～Ｇ２０のガラス板を、$NaNO_3$：$AgNO_3$＝９９：１（質量比）である４００℃の混合溶融塩に１時間浸漬させた。その際の、ガラス板表面からのＡｇイオンの侵入深さをエネルギー分散型Ｘ線分光法（ＳＥＭ－ＥＤＸ）により測定した。測定は、Ａｇイオン濃度が実質的に０となる深さを、Ａｇイオンの侵入深さとした。結果を表１及び表２の「Ａｇイオンの侵入深さ（μｍ）」に示す。

[0113]

[表1]

表1

(mol%)	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
SiO_2	70.0	60.0	67.5	65.0	62.5	60.0	65.0	65.0	55.0	62.5
Al_2O_3		10.0	2.5	5.0	7.5	5.0	2.5	5.0	5.0	7.5
B_2O_3									10.0	
MgO	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	12.5	12.5	5.0	5.0	5.0
CaO	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	12.5	12.5		10.0	
SrO								10.0	5.0	15.0
BaO								5.0		
Na_2O	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.5	10.0	10.0	10.0
K_2O										
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
$(MgO+CaO+SrO\times2+BaO\times2-Al_2O_3\times2)$ [%]	20.0	0.0	15.0	10.0	5.0	15.0	20.0	25.0	15.0	20.0
$(MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4-Al_2O_3\times2)$ [%]	30.0	10.0	25.0	20.0	15.0	27.5	32.5	45.0	30.0	35.0
$\{Na_2O/(MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4)\}$	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.27	0.20	0.18	0.25	0.20
$\{Na_2O/(MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4-Al_2O_3)\}$	0.33	0.50	0.36	0.40	0.44	0.31	0.21	0.20	0.29	0.24
Agイオンの侵入深さ（μm）	8.7	25.4	11	16.5	20	9	6.2	4.7	4.8	3.7

[0114] [表2]

表 2

(mol%)	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
SiO_2	60.0	60.0	50.0	67.5	57.7	65.0	65.0	65.0	57.5	63.0
Al_2O_3	10.0	10.0	5.0	2.5	5.2	2.5	2.5	5.0		11.0
B_2O_3		5.0	15.0		10.5					
MgO			5.0	10.0		12.5	5.0	5.0	10.0	
CaO		5.0	10.0	10.0	3.8	10.0	5.0	5.0		8.5
SrO	10.0						7.5	5.0	15.0	
BaO	10.0	10.0			7.1				10.0	
Na_2O	10.0	10.0	15.0	8.0	15.7	10.0	15.0	15.0	7.5	16.5
K_2O				2.0						1.0
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
$(MgO+CaO+SrO\times2+BaO\times2-Al_2O_3\times2)$ [%]	20.0	5.0	5.0	15.0	7.5	17.5	20.0	10.0	60.0	-13.5
$(MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4-Al_2O_3\times2)$ [%]	50.0	30.0	15.0	25.0	25.4	27.5	32.5	20.0	95.0	-5.0
$\{Na_2O/(MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4)\}$	0.14	0.20	0.60	0.27	0.44	0.31	0.40	0.50	0.08	0.97
$\{Na_2O/(MgO+CaO\times2+SrO\times3+BaO\times4-Al_2O_3)\}$	0.17	0.25	0.75	0.29	0.51	0.33	0.43	0.60	0.08	2.75
Agイオンの侵入深さ（μm）	4.5	5.2	6.5	18.0	7.7	9.2	12.3	17.4	1.4	80

[0115] ＜例１～例３６＞

上記で得られたＧ１～Ｇ２０のガラス板に対し、表３～表６に記載した条件で二段階のイオン交換処理を施し、例１～例３６のガラス基板を作製した。

一段階目のイオン交換処理は、Ａｇ含有塩として、$AgNO_3$と$NaNO_3$の混合溶融塩を用いた。混合溶融塩中のカチオン総量に対するＡｇとＮａとの割合は表中の「Ａｇ含有塩」に記載のとおりとした。なお、上記割合は質量％表示と、括弧書きでカチオン％表示とを並記している。上記各Ａｇ含有塩の溶融塩に、２００℃に予熱したガラス板を浸漬させた。溶融塩の温度及び浸漬時間は、表３～表６の「温度１（℃）」及び「イオン交換時間（時間）」に記載のとおりである。

一段階目のイオン交換処理を行った後、６０℃程度の温水でガラス板の洗浄を行い、乾燥させてから、次の二段階目のイオン交換処理を行った。

[0116] 二段階目のイオン交換処理は、Ｎａ含有塩として、$NaNO_3$の溶融塩を用いた。したがって、溶融塩中のカチオン総量に対するＮａの割合はいずれも１００％である。

$NaNO_3$の溶融塩に、２００℃に予熱したガラス板を浸漬させた。溶融塩の温度及び浸漬時間は、表３～表６の「温度２（℃）」及び「イオン交換時間（時間）」に記載のとおりである。

二段階目のイオン交換処理を行った後、６０℃程度の温水でガラス板の洗浄を行い、乾燥させ、ガラス基板を得た。

[0117] 得られたイオン交換処理後のガラス基板に対し、その表面から深さ１００μｍにわたり、電子線マイクロアナライザ法によって、イオンの分布を測定した。ガラスの中で最大のＡｇイオン量になっている地点のＡｇの量とＮａの量は、それぞれ光導波路となるコア部のガラスにおけるAg_2O含有量、Na_2O含有量と見做すことができ、それぞれ表３～表６の「コア部のAg_2O含有量」、「コア部のNa_2O含有量」に示す。なお、Ｓｉなど他の元素についてはイオン交換処理前のガラス、すなわちクラッド部となるガラスと組成

の変化がなかったため、表中には記載していない。

[0118] [表3]

表３

		例１	例２	例３	例４	例５	例６	例７	例８	例９	例10
ガラス板		G1	G1	G1	G2	G2	G2	G3	G3	G4	G4
一段階目	Ag含有塩	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)
	温度１(℃)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	イオン交換時間(時間)	0.75	2	4	1	1	0.5	2	1	1	0.5
二段階目	Na含有塩	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%
	温度２(℃)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	イオン交換時間(時間)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
クラッド部の屈折率	N	1.525	1.525	1.525	1.535	1.535	1.535	1.527	1.527	1.529	1.529
コア部の屈折率最大値	Ｎｍａｘ	1.5323	1.5377	1.5416	1.5438	1.5502	1.5446	1.5397	1.5359	1.5443	1.5388
屈折率差	Δｎ	0.0073	0.0127	0.0166	0.0088	0.0152	0.0096	0.0127	0.0089	0.0153	0.0098
コア層厚み	Δｄ(μm)	4.0	5.0	6.0	6.0	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	5.5
光の伝搬損失量	(dB/cm)	1.5	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
コア部のNa_2O含有量	(mol%)	8.2	8.4	7.8	8.0	7.8	7.8	8.0	8.2	7.8	8.0
コア部のAg_2O含有量	(mol%)	1.8	1.6	2.2	2.0	2.3	2.2	2.0	1.8	2.3	2.0

[0119] [表4]

表４

		例11	例12	例13	例14	例15	例16	例17	例18	例19	例20
ガラス板		G4	G5	G5	G5	G6	G6	G6	G7	G7	G7
一段階目	Ag含有塩	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)
	温度１(℃)	380	380	400	400	400	400	400	400	400	400
	イオン交換時間(時間)	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1
二段階目	Na含有塩	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%
	温度２(℃)	400	400	350	350	350	350	350	350	400	400
	イオン交換時間(時間)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
クラッド部の屈折率	N	1.529	1.532	1.532	1.532	1.543	1.543	1.543	1.538	1.538	1.538
コア部の屈折率最大値	Ｎｍａｘ	1.5389	1.5419	1.5599	1.5669	1.5779	1.5632	1.5591	1.5571	1.5503	1.5532
屈折率差	Δｎ	0.0099	0.0099	0.0279	0.0349	0.0349	0.0202	0.0161	0.0191	0.0123	0.0152
コア層厚み	Δｄ(μm)	5.5	6.0	5.0	6.0	4.0	4.0	3.5	6.0	4.5	4.0
光の伝搬損失量	(dB/cm)	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
コア部のNa_2O含有量	(mol%)	8.0	8.0	7.8	7.6	7.6	7.7	7.9	6.0	6.0	5.8
コア部のAg_2O含有量	(mol%)	2.0	2.0	2.2	2.4	2.4	2.3	2.1	1.5	1.5	1.7

[0120]

[表5]

表５

		例21	例22	例23	例24	例25	例26	例27	例28	例29	例30
ガラス板		G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17
一段階目	Ag含有塩	Ag:15% (Ag:8%) Na:85% (Na:92%)	Ag:15% (Ag:8%) Na:85% (Na:92%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:15% (Ag:8%) Na:85% (Na:92%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:15% (Ag:8%) Na:85% (Na:92%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)
	温度１(℃)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	イオン交換時間(時間)	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
二段階目	Na含有塩	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%
	温度２(℃)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	イオン交換時間(時間)	1	1	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5
クラッド部の屈折率	N	1.543	1.546	1.541841	1.558835	1.547128	1.539947	1.525548	1.537963	1.530394	1.533
コア部の屈折率最大値	Ｎｍａｘ	1.5523	1.5531	1.5488	1.5737	1.5636	1.5509	1.5334	1.5504	1.5396	1.5463
屈折率差	Δn	0.0088	0.0072	0.0070	0.0149	0.0164	0.0110	0.0079	0.0125	0.0092	0.0134
コア層厚み	Δｄ(μm)	4.0	4.0	3.8	3.0	4.0	5.5	6.5	4.1	6.0	5.0
光の伝搬損失量	(dB/cm)	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5
コア部のNa_2O含有量	(mol%)	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	12.0	6.7	12.6	8.1	12.0
コア部のAg_2O含有量	(mol%)	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	3.0	1.3	3.1	1.9	3.0

[0121] [表6]

表６

		例31	例32	例33	例34	例35	例36
ガラス板		G18	G19	G19	G20	G20	G20
一段階目	Ag含有塩	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:10% (Ag:5%) Na:90% (Na:95%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:20% (Ag:11%) Na:80% (Na:89%)	Ag:1% (Ag:0.5%) Na:99% (Na:95.5%)
	温度１(℃)	380	400	400	400	400	400
	イオン交換時間(時間)	1	1	4	1	1	0.5
二段階目	Na含有塩	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%	Na:100%
	温度２(℃)	400	400	400	350	400	350
	イオン交換時間(時間)	0.5	1	4	0.5	0.5	0.5
クラッド部の屈折率	N	1.528	1.555	1.555	1.51	1.51	1.51
コア部の屈折率最大値	Ｎｍａｘ	1.5476	1.5604	1.5644	1.5388	1.5199	1.5144
屈折率差	Δn	0.0149	0.0056	0.0095	0.0288	0.0099	0.0044
コア層厚み	Δｄ(μm)	5.5	1.2	2.1	10.5	18.0	8.0
光の伝搬損失量	(dB/cm)	0.5	10.0	10.0	7.0	7.0	8.0
コア部のNa_2O含有量	(mol%)	12.0	6.2	6.0	13.0	13.2	15.7
コア部のAg_2O含有量	(mol%)	3.0	1.3	1.5	3.5	3.3	0.8

[0122] （屈折率の測定）

イオン交換前のガラス板の屈折率を、クラッド部の屈折率Ｎとして測定した。測定は、自動屈折率測定器（ＫＰＲ３０００、島津製作所社製）を用いて、波長５８９ｎｍの光の屈折率を測定した。

二段階のイオン交換処理を経て得られたガラス基板に対し、最も屈折率が高い場所の屈折率を、屈折率の最大値Ｎｍａｘとして、二光束干渉計（ＴＤ－１００２０、溝尻光学社製）を用いて測定した。最も屈折率が高い場所とは、ガラス基板表面から、深さ方向に０．５μｍごとに屈折率を測定してい

き、屈折率の極大が観測された箇所を意味する。なお、その後、ガラス基板表面からの厚さが深くなるにつれて屈折率が減少していくことも確認した。

上記で測定されたＮｍａｘとＮより、（Ｎｍａｘ－Ｎ）で表される屈折率差Δｎを求めた。

[0123] コア部は、屈折率が｛Ｎ＋（Δｎ／２）｝で表される値以上となる領域であるが、上記二光束干渉計（ＴＤ－１００２０、溝尻光学社製）を用いた深さ方向の屈折率の測定結果より、コア部のガラス基板の厚み方向におけるコア層厚みΔｄを求めた。

[0124] クラッド部の屈折率Ｎ、コア部における屈折率の最大値Ｎｍａｘ、屈折率差Δｎ、及びコア層厚みΔｄを表３～表６にまとめた。

[0125] （光の伝搬損失量の測定）

二段階のイオン交換処理を経て得られたガラス基板を用いて、コア部における波長１５５０ｎｍの光の伝搬損失量を求めた。具体的には、導波路長が１０ｍｍの光導波路と、導波路長が２２ｍｍの光導波路を用いて、それぞれの挿入損失量を求めた。そして、長さ１０ｍｍの時の挿入損失をＩＬ１０とし、長さ２２ｍｍの時の挿入損失をＩＬ２２とし、（ＩＬ２２－ＩＬ１０）／（２．２－１．０）（ｄＢ／ｃｍ）の式を用いる、いわゆるカットバック法によって、単位長さ当たりの伝搬損失量を求めた。得られた結果から、光の伝搬損失量の最大値を求めた。結果を表３～表６にまとめた。

[0126] Ｇ１～Ｇ１８のガラス板を用いて作製した例１～例３１のガラス基板は屈折率差Δｎが０．００５以上となり、かつコア層厚みΔｄが２．５～１０μｍの範囲内であるため、シングルモード伝搬された光を伝導できる。

一方、例３２、例３３のガラス基板はコア層厚みΔｄが２．５μｍ未満となり、光導波路として曲がった領域があった場合に光を閉じ込めておけない。また、例３４、例３５のガラス基板はコア層厚みΔｄが１０μｍ超となりシングルモード伝搬された光を伝導できない。また、例３６のガラス基板は屈折率差Δｎが０．００４４と低く、光の閉じ込めが弱いために、光を十分に伝搬できない。

[0127] 本発明を詳細に、また特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。本出願は２０２３年１月３１日出願の日本特許出願（特願２０２３－０１３０６９）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

請求の範囲

[請求項1] 光導波路となるコア部と、クラッド部と、を有するガラス基板であって、

前記コア部及び前記クラッド部は、共にガラスからなり、

前記コア部は前記クラッド部よりもＡｇ濃度が高く、

前記コア部と前記クラッド部との境界から、前記コア部のうちＡｇ濃度が最大となる領域に向けて、Ａｇの濃度勾配があり、

前記コア部における屈折率の最大値Ｎｍａｘと、前記クラッド部の屈折率Ｎとを用いて、（Ｎｍａｘ－Ｎ）で表される屈折率差をΔｎとすると、

前記コア部は、屈折率が｛Ｎ＋（Δｎ／２）｝で表される値以上となる領域であり、

前記屈折率差Δｎは０．００５以上であり、

前記コア部の、前記ガラス基板の厚み方向におけるコア厚みΔｄは２．５～１０μｍである、ガラス基板。

[請求項2] 前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が、

SiO_2　４５～８０％、

Al_2O_3　０～１５％、

B_2O_3　０～２０％、

ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、並びに、

Na_2O　４．５～２５％、を満たし、

前記コア部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量が、

SiO_2　４５～８０％、

Al_2O_3　０～１５％、

B_2O_3　０～２０％、

ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合計　１０～３０％、

Na_2O　０～２０％、並びに、

Ag_2O　０．０１％以上、を満たす、請求項１に記載のガラス基板。

[請求項3]　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、（ＭｇＯ＋ＣａＯ＋ＳｒＯ×２＋ＢａＯ×２－Al_2O_3×２）で表される値が０～３０％である、請求項１に記載のガラス基板。

[請求項4]　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3×２）で表される値が０～６０％である、請求項１に記載のガラス基板。

[請求項5]　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４）｝で表される値が０．１～０．７である、請求項１に記載のガラス基板。

[請求項6]　前記クラッド部のガラスは、酸化物基準のモル百分率表示での含有量を用いて、｛Na_2O／（ＭｇＯ＋ＣａＯ×２＋ＳｒＯ×３＋ＢａＯ×４－Al_2O_3）｝で表される値が０．１～２である、請求項１に記載のガラス基板。

[請求項7]　厚みが１００～２０００μｍである、請求項１に記載のガラス基板。

[請求項8]　前記コア部における波長１２００～１６００ｎｍの光の伝搬損失量が、最大で５．０ｄＢ／ｃｍ以下である、請求項１に記載のガラス基板。

[請求項9]　前記屈折率差Δｎが０．００７以上である、請求項１に記載のガラス基板。

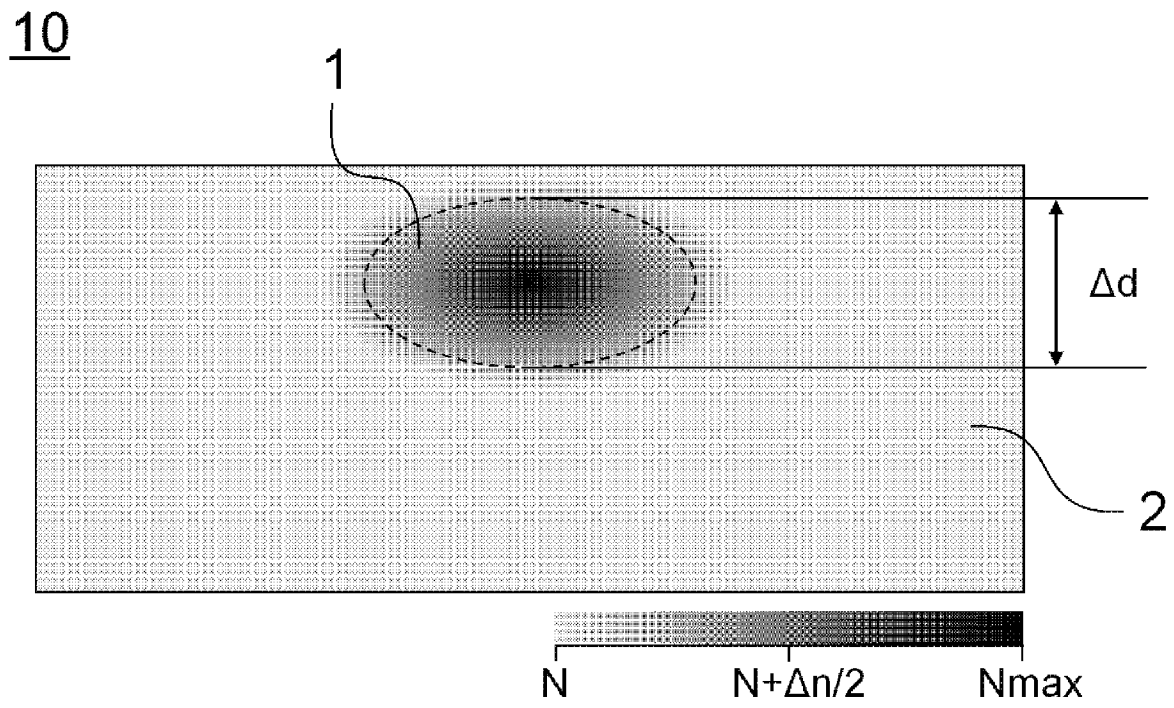
[請求項10]　前記コア厚みΔｄが３～６μｍである、請求項１に記載のガラス基

板。

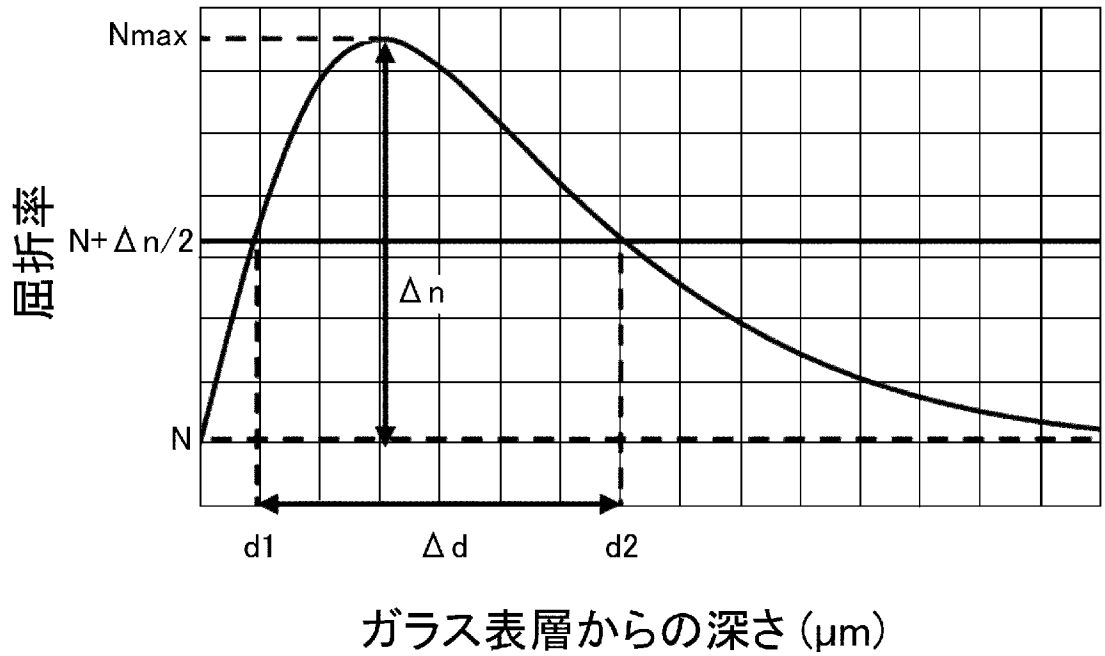
[請求項11] 請求項１～１０のいずれか１項に記載のガラス基板と、半導体基板と、が接続され、

シングルモード伝搬された光が、前記ガラス基板の前記コア部を介して、前記半導体基板に導入される、光集積デバイス。

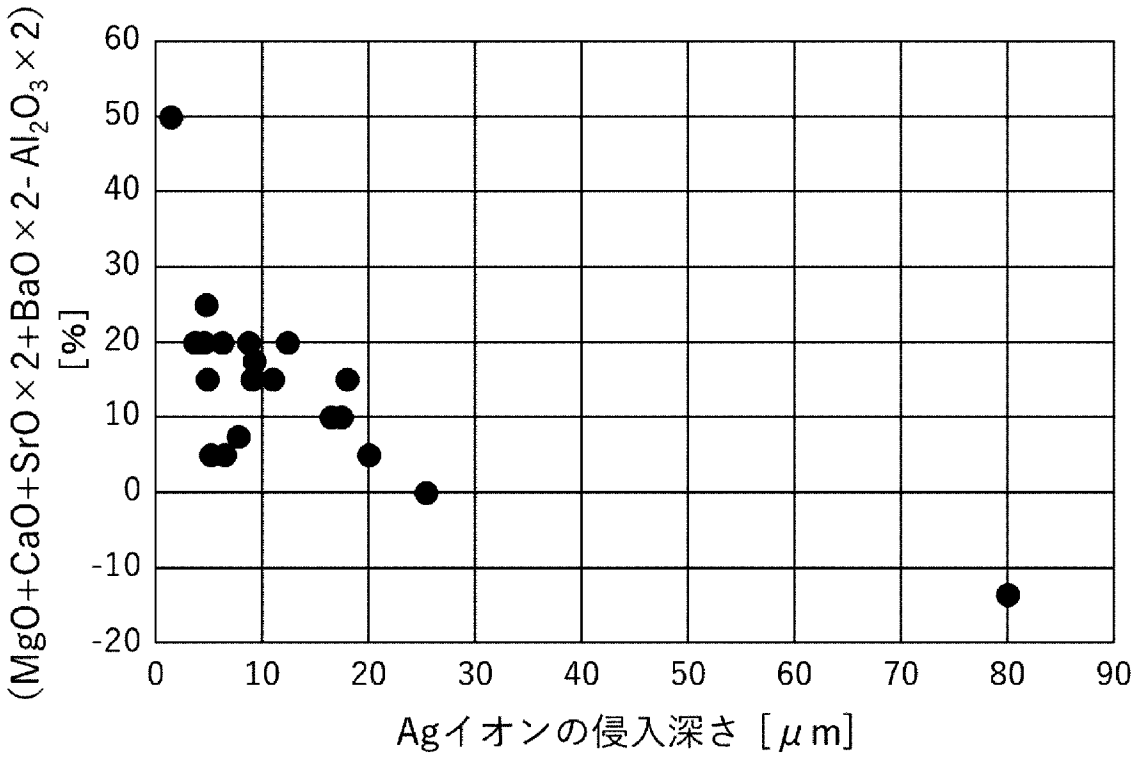
[図1]



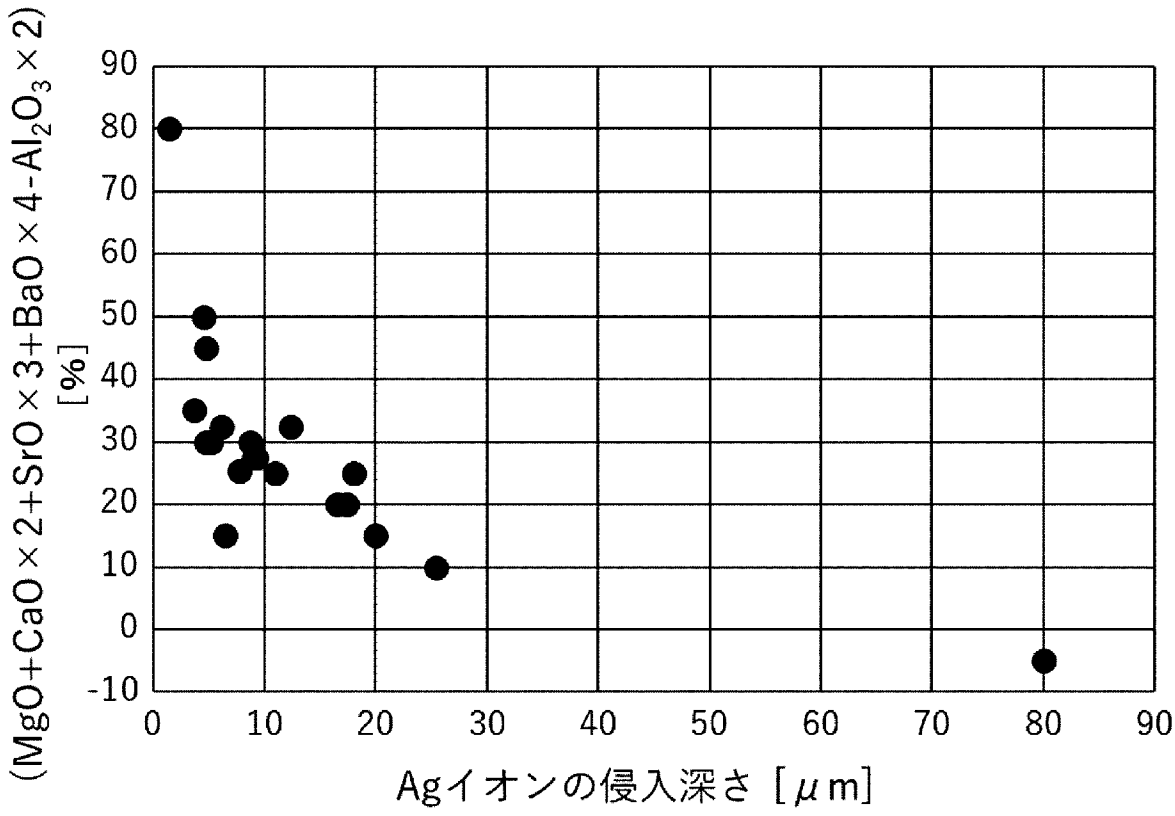
[図2]



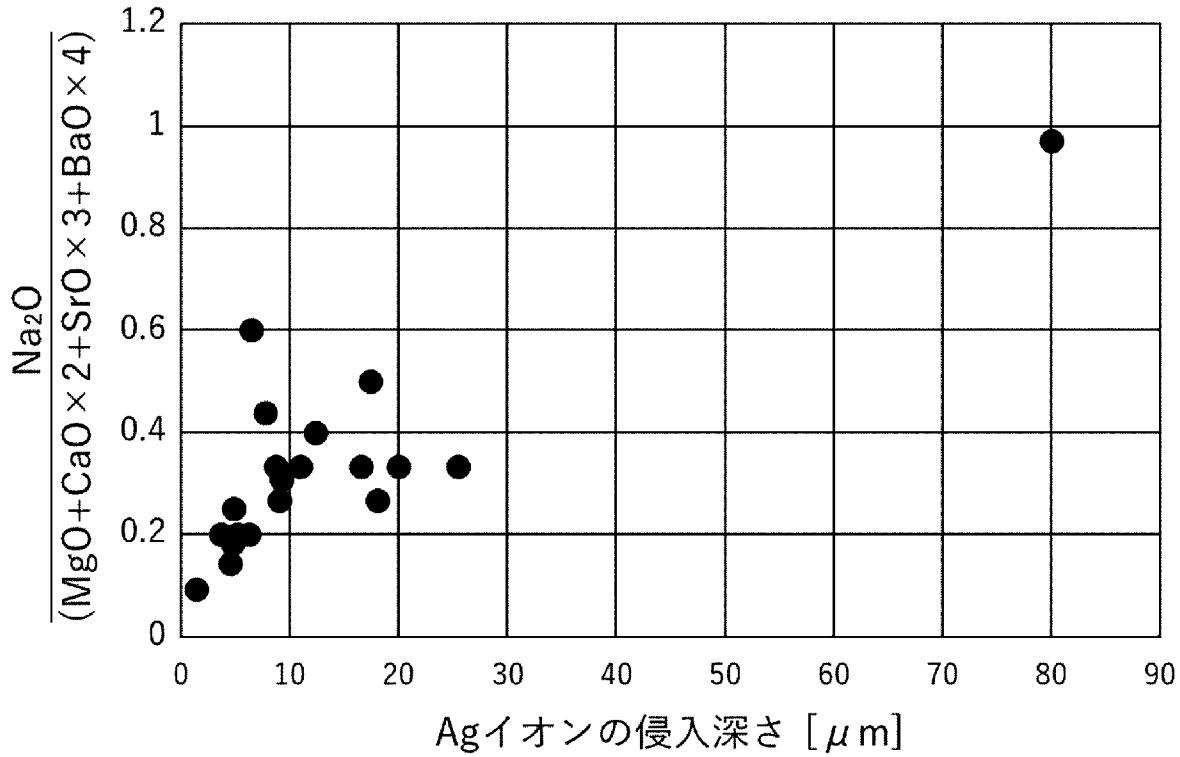
[図3]


(MgO+CaO+SrO×2+BaO×2-Al2O3×2)
[%]
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Agイオンの侵入深さ［μm］

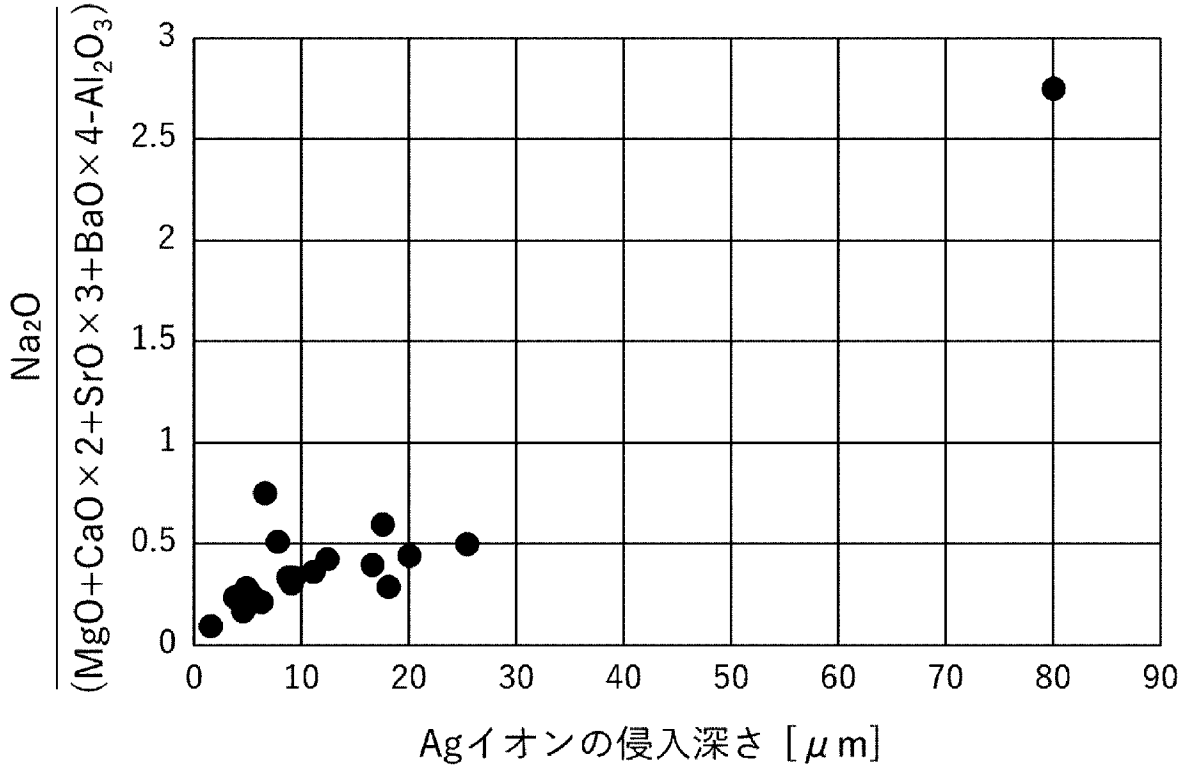
[図4]


(MgO+CaO×2+SrO×3+BaO×4-Al2O3×2)
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Agイオンの侵入深さ［μm］

[図5]


Na2O
(MgO+CaO×2+SrO×3+BaO×4)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Agイオンの侵入深さ［μm］

[図6]


Na2O
(MgO+CaO×2+SrO×3+BaO×4-Al2O3)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Agイオンの侵入深さ［μm］

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/002112

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C 21/00(2006.01)i; ***C03C 3/085***(2006.01)i; ***G02B 6/12***(2006.01)i; ***G02B 6/125***(2006.01)i
FI: C03C21/00 B; C03C3/085; G02B6/12 371; G02B6/125 301

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)

C03C21/00; C03C1/00-14/00; G02B6/10-6/14

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2021-511538 A (CORNING INC.) 06 May 2021 (2021-05-06) claims, paragraphs [0031]-[0044], [0058]-[0060], fig. 3B	1, 3-11
A		2
A	JP 2004-67404 A (OHARA INC.) 04 March 2004 (2004-03-04) paragraphs [0001], [0006], [0021]-[0023]	1-11
A	JP 2019-522821 A (CORNING INC.) 15 August 2019 (2019-08-15) paragraphs [0061]-[0067], fig. 10, 11	1-11
A	JP 2005-75706 A (FDK CORP.) 24 March 2005 (2005-03-24) paragraphs [0023]-[0028], fig. 2, 3	1-11
A	WO 2005/080284 A1 (ISUZU GLASS CO., LTD.) 01 September 2005 (2005-09-01) paragraphs [0060]-[0065], fig. 1-3	1-11

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

☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 April 2024	**23 April 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/002112

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2021-511538 A	06 May 2021	WO 2019/143644 A1 claims, paragraphs [0043]-[0058], [0074]-[0076], fig. 3B US 2020/0346967 A1 CN 111699424 A KR 10-2020-0105514 A	
JP 2004-67404 A	04 March 2004	(Family: none)	
JP 2019-522821 A	15 August 2019	WO 2018/013505 A1 paragraphs [0069]-[0075], fig. 10, 11 US 2021/0302649 A1 CN 109690373 A KR 10-2019-0028514 A	
JP 2005-75706 A	24 March 2005	(Family: none)	
WO 2005/080284 A1	01 September 2005	EP 1719740 A1 paragraphs [0052]-[0057], fig. 1-3 US 2008/0226248 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/002112

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C03C 21/00(2006.01)i; C03C 3/085(2006.01)i; G02B 6/12(2006.01)i; G02B 6/125(2006.01)i
FI: C03C21/00 B; C03C3/085; G02B6/12 371; G02B6/125 301

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））

C03C21/00; C03C1/00-14/00; G02B6/10-6/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４年

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

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 2021-511538 A (コーニング インコーポレイテッド) 06.05.2021 (2021-05-06) 特許請求の範囲,[0031]-[0044],[0058]-[0060],図3B	1,3-11
A		2
A	JP 2004-67404 A (株式会社オハラ) 04.03.2004 (2004-03-04) [0001],[0006],[0021]-[0023]	1-11
A	JP 2019-522821 A (コーニング インコーポレイテッド) 15.08.2019 (2019-08-15) [0061]-[0067],図10,11	1-11
A	JP 2005-75706 A (ＦＤＫ株式会社) 24.03.2005 (2005-03-24) [0023]-[0028],図2,3	1-11
A	WO 2005/080284 A1 (五鈴精工硝子株式会社) 01.09.2005 (2005-09-01) [0060]-[0065],図1-3	1-11

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"D" 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
11.04.2024	23.04.2024

名称及びあて先

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

権限のある職員（特許庁審査官）

永田　史泰 4T 3029

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/002112

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2021-511538 A	06.05.2021	WO 2019/143644 A1 特許請求の範囲,[0043]-[0058],[0074]-[0076],図3B US 2020/0346967 A1 CN 111699424 A KR 10-2020-0105514 A	
JP 2004-67404 A	04.03.2004	（ファミリーなし）	
JP 2019-522821 A	15.08.2019	WO 2018/013505 A1 [0069]-[0075],図10,11 US 2021/0302649 A1 CN 109690373 A KR 10-2019-0028514 A	
JP 2005-75706 A	24.03.2005	（ファミリーなし）	
WO 2005/080284 A1	01.09.2005	EP 1719740 A1 [0052]-[0057],図1-3 US 2008/0226248 A1	