

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-197377

(P2008-197377A)

(43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 2 B 6/04 (2006.01) G 0 2 B 6/04 C 2 H 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-32422 (P2007-32422)
 (22) 出願日 平成19年2月13日 (2007.2.13)

(71) 出願人 000236436
 浜松ホトニクス株式会社
 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100092657
 弁理士 寺崎 史朗
 (74) 代理人 100124291
 弁理士 石田 悟
 (72) 発明者 菅原 武雄
 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜
 松ホトニクス株式会社内
 (72) 発明者 富永 晃
 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜
 松ホトニクス株式会社内
 Fターム(参考) 2H046 AA02 AB01 AD01 AD16

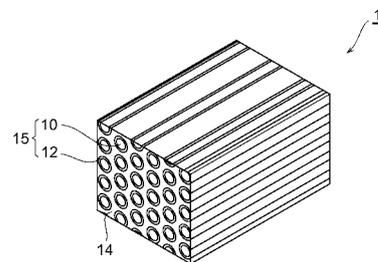
(54) 【発明の名称】 ファイバオプティック

(57) 【要約】

【課題】 吸収体の吸収能力が大幅に向上したF Oを提供すること。

【解決手段】 入射した光像を伝搬するファイバオプティックにおいて、吸収体ガラス14の酸化物着色剤として従来の酸化物着色剤であるF e OまたはF e ₂ O₃よりも吸収能力の高い鉄酸化物結晶であるF e ₃ O₄を採用することで、吸収体ガラス14の吸収能力を可視光域から近赤外域にわたって十分に高めることができ、解像度の劣化やノイズの少ないF Oを形成することができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を伝搬するコアガラスからなるコアとコアのそれぞれの外周部を覆い前記コアガラスよりも屈折率が低いクラッドガラスからなるクラッドとを備えるファイバを複数束ねて一体化したファイバオプティックであって、

前記ファイバの間に配置され前記ファイバから漏れる光を吸収する吸収体ガラスを備え、

前記吸収体ガラスが、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有すること、を特徴とするファイバオプティック。

【請求項 2】

前記吸収体ガラスが、前記複数のファイバの間に配置され前記複数のファイバの外周部を覆うこと、

を特徴とする請求項 1 に記載のファイバオプティック。

【請求項 3】

複数の前記吸収体ガラスを備え、前記クラッドが、前記複数の吸収体ガラスの間に配置され前記複数の吸収体ガラスの外周部を覆うこと、

を特徴とする請求項 1 に記載のファイバオプティック。

【請求項 4】

前記吸収体ガラスが、質量百分率で 18% より大きく 30% 未満の鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載のファイバオプティック。

【請求項 5】

前記吸収体ガラスの鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 が、前記吸収体ガラス内に粒状に析出して成ることを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載のファイバオプティック。

【請求項 6】

前記吸収体ガラスが、 Al_2O_3 を更に含有することを特徴とする請求項 5 に記載のファイバオプティック。

【請求項 7】

前記吸収体ガラスが、質量百分率で 7% 未満の Al_2O_3 を含有することを特徴とする請求項 6 に記載のファイバオプティック。

【請求項 8】

コアガラスをクラッドガラスで被覆した複数のシングルファイバと、熱処理により析出した鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有する複数の吸収体ガラスとを加熱融着しながら延伸して形成されたことを特徴とするファイバオプティック。

【請求項 9】

コアガラスをクラッドガラスで被覆した複数のシングルファイバと、 Fe_2O_3 を含有する複数の吸収体ガラスとを加熱融着しながら延伸して形成され、

前記吸収体ガラスが、加熱融着時の熱によって析出した鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有することを特徴とするファイバオプティック。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ファイバオプティックに関するものである。

【背景技術】

【0002】

ファイバオプティック (FO) は、光を伝搬する複数のファイバを束ねて一体化して構成されたイメージ素子であり、例えば、イメージインテンシファイアや CRT のフェースプレート、CCD カップリング等、光学機器の光導波路として利用されている。

【0003】

このような FO において、光を伝搬するファイバから漏れる光 (迷光) が他のファイバ

10

20

30

40

50

に入射することを防ぐことで解像度の劣化やノイズの発生を防止する構成が知られている。例えば、コア間に吸収体を介在させて迷光を吸収する構成である。

【0004】

このような吸収体には、酸化物着色剤が含有されており、この酸化物着色剤が吸収体の吸収特性を決定する。例えば、 Fe_2O_3 を酸化物着色剤として採用した場合、可視光における吸収体の吸収特性が良好になることが知られている（例えば、特許文献1参照）。また、 FeO を酸化物着色剤として採用した場合、近赤外域における吸収体の吸収特性が良好になる。このため、 FeO と Fe_2O_3 とを含ませることで、可視光域から近赤外域における吸収体の吸収特性が良好になることが知られている（例えば、特許文献2、特許文献3参照）。

10

【特許文献1】特開平2-38343号公報

【特許文献2】特開平9-71436号公報

【特許文献3】特開2003-137595号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

このように、吸収体の吸収特性はFOの解像度に大きく影響するため、更なる吸収体の吸収能力向上が要望されている。

【0006】

本発明はこのような技術課題を解決するためになされたものであって、吸収体の吸収能力が大幅に向上したFOを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、上記課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、吸収体ガラスに鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有させることによって、可視光域から近赤外域における吸収能力が大幅に改善されることを見出した。

【0008】

すなわち本発明に係るFOは、光を伝搬するコアガラスからなるコアとコアのそれぞれの外周部を覆いコアガラスよりも屈折率が低いクラッドガラスからなるクラッドとを備えるファイバを複数束ねて一体化したファイバオプティックであって、ファイバの間に配置されファイバから漏れる光を吸収する吸収体ガラスを備え、吸収体ガラスが、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有することを特徴とする。

30

【0009】

このように、吸収体ガラスの酸化物着色剤として従来の酸化物着色剤である FeO または Fe_2O_3 よりも吸収能力の高い鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を採用することで、吸収体ガラスの吸収能力を可視光域から近赤外域にわたって十分に高めることができる。これにより、解像度の劣化やノイズの少ないFOを形成することができる。なお、この吸収体ガラスは環境負荷物質である鉛化合物を必要としないため、廃棄時における環境汚染を低減できる。

【0010】

また、FOにおいて、吸収体ガラスが複数のファイバの間に配置され複数のファイバの外周部を覆うことを特徴として構成されてもよい。もしくは、FOにおいて、複数の吸収体ガラスを備え、クラッドが、複数の吸収体ガラスの間に配置され複数の吸収体ガラスの外周部を覆うことを特徴として構成されてもよい。このように構成した場合であっても、吸収体ガラスの吸収特性を可視光域から近赤外域にわたって十分に高めることができる。

40

【0011】

また、FOにおいて、吸収体ガラスが質量百分率で18%より大きく30%未満の鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有することが好ましい。吸収体ガラスに鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を18%より大きく含有させることにより、より高い吸収能力を得ることができる。また、吸収体ガラスに鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を30%未満の範囲で含有

50

させることによって、吸収体ガラスを均質に形成することができる。

【0012】

また、FOにおいて、吸収体ガラスの鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 が、吸収体ガラス内に粒状に析出して成ることが好ましい。このように、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 が粒状で存在することにより、 Fe_3O_4 が塊で存在する場合に比べ Fe_3O_4 の総表面積が大きくなるため、吸収体ガラスの吸収能力を大幅に向上することができる。

【0013】

また、FOにおいて、吸収体ガラスは Al_2O_3 を更に含有することが好ましい。これにより、 Al_2O_3 が結晶化促進剤の働きをするため、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の結晶析出を促進することができる。よって、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の結晶析出を効率良く行うことができる。また、 Al_2O_3 が結晶核形成剤として働くことにより、析出する Fe_3O_4 の結晶数を増大することができる。これにより、同一質量の Fe_3O_4 であっても、個々の結晶サイズが小さくなり、結晶全体の総表面積が大きくなるため、吸収体ガラスの吸収能力を大幅に向上することができる。

【0014】

また、FOにおいて、吸収体ガラスは質量百分率で7%未満の Al_2O_3 を含有することがさらに好ましい。このように、吸収体ガラスに Al_2O_3 を7%未満の範囲で含有させることによって、吸収体ガラスを均質に形成することができる。7%以上だとガラスの均質な溶解が出来なくなる。

【0015】

また、本発明に係るFOは、コアガラスをクラッドガラスで被覆した複数のシングルファイバと、熱処理により析出した鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有する複数の吸収体ガラスとを加熱融着しながら延伸して形成される。また、本発明に係るFOは、コアガラスをクラッドガラスで被覆した複数のシングルファイバと、 Fe_2O_3 を含有する複数の吸収体ガラスとを加熱融着しながら延伸して形成され、吸収体ガラスが、加熱融着時の熱によって析出した鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有して形成される。このように製造されたFOは、同様の効果を得ることができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、FOにおいて、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を用いて吸収体の吸収特性を大幅に向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図中の寸法比率は必ずしも説明中のものとは一致していない。

【0018】

(第一実施形態)

図1は第一実施形態に係るFO1の斜視図、図2は図1のFO1の内部構造を拡大して示す斜視図である。図1に示すFO1は、複数の光ファイバを束にして一体化した光学デバイスであって、入射面2および出射面3を有する。このFO1は、入射面2から入射された光や像50を出射面3へ伝達する機能を備えており、例えば、イメージインテンシファイアやCRTのフェースプレート、CCDカップリング、指紋検出機等、光学機器の光導波路として利用されるものである。

【0019】

図2に示すように、FO1は、コア10とクラッド12からなるファイバ15を複数束ねて一体化して形成されており、光像を伝達する複数のコア10と、複数のコア10の外周部をそれぞれ被覆する複数のクラッド12と、ファイバ15の間に配置されファイバ15から漏れる光(迷光)を吸収する吸収体ガラス14とを有している。

【0020】

10

20

30

40

50

複数のコア10は、細いファイバの形状から成り、軸線方向と交差する方向に整列して配設されている。このコア10は、コアガラスにより形成され、一方の端から入射した光を他方の端へ伝達する機能を備えている。

【0021】

クラッド12は、複数のコア10それぞれに対応して複数設けられており、コアガラスよりも屈折率の低いクラッドガラスにより形成される。このクラッド12の屈折率がコア10の屈折率より低いため、コア10内に入射した光はコア10とクラッド12との境界面で全反射される。よって、コア10は光を一方の端から他方の端へ伝搬することができる。

【0022】

コア10、クラッド12を形成するコアガラス、クラッドガラスは、ガラス網目形成酸化物(NWF: Network former)である SiO_2 を主成分として構成されている。また、コアガラスおよびクラッドガラスは、単独ではガラスにならずNWFと溶融することによりガラスに適当な性質を与えるガラス網目修飾酸化物(NWM: Network modifier)や、両者の中間的な性質を持つ中間酸化物を含んで構成されてもよい。

【0023】

また、複数のファイバ15の間には迷光を吸収する吸収体ガラス14が介在している。この吸収体ガラス14は、ファイバ15の外周部を覆って配設されている。なお、吸収体ガラス14をEMA(Extra Mural Absorption)と称し、上述の構成となるFO1を作成する方法を、EMA方法と称する。

【0024】

吸収体ガラス14は、酸化物着色剤であり鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有している。そして、この Fe_3O_4 は、幅広い吸収波長帯を有し、酸化物着色剤として従来用いられている Fe_2O_3 よりも優れた吸収能力を有している。このため、吸収体ガラス14に鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有させることで、可視光域から近赤外域にわたり優れた吸収特性を得ることができる。また、吸収体ガラス14において、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の含有率は質量百分率で18%より大きく30%未満であることが好ましい。吸収体ガラス14に Fe_3O_4 を18%より大きく含有させることにより、より高い吸収能力を得ることができる。また、吸収体ガラス14に Fe_3O_4 を30%未満の範囲で含有させることによって、吸収体ガラス14を均質に形成することができる。

【0025】

また、吸収体ガラス14は、NWFである SiO_2 を含有している。また、この吸収体ガラス14はNWFである B_2O_3 をさらに含有してもよい。 SiO_2 および B_2O_3 は、ガラスの骨格を形成する材料である。これらの含有率は、吸収体ガラス14の吸収特性、安定性、および強度を損なわない限り特に制限されないが、例えば、 SiO_2 は吸収体ガラス14に質量百分率で27~46%の範囲で含有され、 B_2O_3 は吸収体ガラス14に質量百分率で5~20%の範囲で含有される。

【0026】

また、吸収体ガラス14は、 Al_2O_3 をさらに含有していてもよい。 Al_2O_3 は、ガラスの化学的耐久性を高めるだけでなく、酸化物着色剤である鉄酸化物(Fe_3O_4)の結晶化を促進する作用を有している。このため、吸収体ガラス14に Al_2O_3 を含有させることで、熱処理時において鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の微結晶が多数析出し、粒状に成長する。また、吸収体ガラス14において、 Al_2O_3 を質量百分率で7%未満の範囲で含有させることによって、吸収体ガラス14を均質に形成することができる。

【0027】

また、吸収体ガラス14は、 K_2O 及び Na_2O をさらに含有していてもよい。 K_2O 及び Na_2O は、吸収体ガラス14の熱膨張係数を高めると共に、ガラス転移点および屈伏点を低め、ガラスの溶融を容易にする作用を有する。例えば、 K_2O は吸収体ガラス14に質量百分率で3~11%の範囲で含有され、 Na_2O は吸収体ガラス14に質量百分率で0~10%の範囲で含有される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

また、吸収体ガラス 1 4 は、CaO をさらに含有していてもよい。CaO は、Na⁺ や K⁺ などのアルカリイオンの動きを抑え、ガラスの化学的耐久性を高める作用を有しており、例えば、吸収体ガラス 1 4 に質量百分率で 0 ~ 3 . 5 % の範囲で含有される。

【 0 0 2 9 】

また、吸収体ガラス 1 4 は、BaO をさらに含有していてもよい。BaO は、ガラスの溶解を容易にする作用を有しており、例えば、吸収体ガラス 1 4 に質量百分率で 0 ~ 4 . 6 % の範囲で含有される。

【 0 0 3 0 】

上述した吸収体ガラス 1 4 を備えた FO1 において、FO1 の入射面 2 に入射した光は、コア 1 0 内で全反射を繰り返し、出射面 3 へ伝達される。このとき、全反射しないでコア 1 0 から漏れる光（迷光）が生じる場合があるが、複数のコア 1 0 の間に介在する吸収体ガラス 1 4 は、鉄酸化物結晶である Fe₃O₄ 粒子を含んでおり、可視光域から近赤外域にわたって良好な吸収特性を有しているため、迷光が他のコア 1 0 に入射する現象を十分に防止することができ、可視光域のみならず近赤外域においても高解像度を維持しつつイメージ伝達することができる。

10

【 0 0 3 1 】

以上のように、第一実施形態によれば、吸収体ガラス 1 4 に鉄酸化物結晶である Fe₃O₄ を含有させることによって、可視光域から近赤外域における吸収能力が大幅に改善できる。これにより、解像度の劣化やノイズの少ない FO1 を形成することができる。また、この吸収体ガラス 1 4 は環境負荷物質である鉛化合物を必要としないため、廃棄時における環境汚染を低減できる。

20

【 0 0 3 2 】

また、FO1 において、鉄酸化物結晶である Fe₃O₄ が粒状で存在することにより、Fe₃O₄ が塊で存在する場合に比べ Fe₃O₄ の総表面積が大きくなるため、吸収体ガラス 1 4 の吸収能力を大幅に向上することができる。

【 0 0 3 3 】

また、FO1 において、Al₂O₃ が結晶核形成剤の働きをするため、鉄酸化物結晶である Fe₃O₄ の結晶析出を促進することができる。よって、鉄酸化物結晶である Fe₃O₄ の結晶析出を効率良く行うことができる。また、Al₂O₃ が結晶核形成剤として働くことにより、析出する鉄酸化物結晶である Fe₃O₄ の結晶数を増大することができる。これにより、同一質量の Fe₃O₄ であっても、個々の結晶サイズが小さくなり、結晶全体の総表面積が大きくなるため、吸収体ガラス 1 4 の吸収能力を大幅に向上することができる。

30

【 0 0 3 4 】

次に、第一実施形態に係る FO1 の製造方法について図 3 ~ 6 を用いて説明する。図 3 ~ 6 は、FO1 の製造プロセスを示す。

【 0 0 3 5 】

まず、図 3 に示すように、シングルファイバ 2 0 を製造する。このシングルファイバ 2 0 は、コアガラス 1 1 とその周囲を被覆するクラッドガラス 1 3 及び吸収体ガラス 1 4 から形成されている。この吸収体ガラス 1 4 は、後に結晶化して Fe₃O₄ となる Fe₂O₃ を含有している。なお、図 1 に示す FO1 のコア 1 0、クラッド 1 2 は、各々図 3 に示すコアガラス 1 1、クラッドガラス 1 3 により形成される。コアガラス 1 1、クラッドガラス 1 3、および吸収体ガラス 1 4 からなる複合体 1 7 を、加熱装置に通しローラーで延伸することにより、その断面が複合体 1 7 と相似形であるシングルファイバ 2 0 が得られる。

40

【 0 0 3 6 】

次に、作成したシングルファイバ 2 0 を用いて、図 4 に示すようなマルチファイバ 2 2 を作成する。複数のシングルファイバ 2 0 を整列させて加熱装置に通しローラーで延伸することによって、複数のシングルファイバ 2 0 は加熱融着され、マルチファイバ 2 2 が得

50

られる。

【0037】

次に、図5に示すように、マルチファイバ22を加熱プレス装置40の八角形の金型に整列して高温プレスすることにより、複数のマルチファイバ22は加熱融着され、図6に示すような八角柱状のインゴット24が得られる。

【0038】

上述の図3～図5に示した工程の中で行われた加熱処理によって、吸収体ガラス14において Fe_2O_3 が結晶化し、粒状の鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 となって析出する。

【0039】

次に、インゴット24を軸線方向に垂直にスライスし、研磨することで、図1および図2に示すFO1が完成する。

【0040】

以上の工程によって、吸収体ガラス14に鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の粒子が析出したFO1が作成される。この製法の場合、通常のFO製造工程内の熱によって粒状の Fe_3O_4 が形成されることから、新たな設備を必要としないため、コスト面で優れている。また、図3において、 Fe_2O_3 を含有する吸収体ガラス14を用いてシングルファイバ20を作成する工程を説明したが、 Fe_2O_3 を含有する吸収体ガラス14の熱処理を事前に行い、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を粒状に析出させた吸収体ガラス14を用いてシングルファイバ20を作成してもよい。例えば、電気炉を用い、 Fe_2O_3 を含有する吸収体ガラス14を750で1時間保持し、その後自然冷却させたものをシングルファイバ20の原料とした場合でも、吸収体ガラス14に鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の粒子が確実に析出したFO1が作成される。

【0041】

(第二実施形態)

次に本発明の第二実施形態について説明する。図7は第二実施形態に係るFO2の内部構造を示した斜視図である。第二実施形態は、第一実施形態に係るFO1とほぼ同様に構成されるものであり、複数のコア10の間に吸収体ガラス14が複数に分割されて設けられている点で第一実施形態と異なっている。

【0042】

すなわち、第一実施形態においては、クラッド12が複数存在して複数のコア10の外周部をそれぞれ被覆する構成となっていたが、第二実施形態においては、クラッド12が一体化して複数のコア10の外周部を覆う構成となっている。また、第一実施形態においては、吸収体ガラス14がクラッド12の外周部を被覆する構成となっていたが、第二実施形態においては、クラッド12が、複数の吸収体ガラス14の外周部を被覆する構成となっている。なお、上述の構成となるFO2を作成する方法を、ISA (Interstitial Absorption) 方法と称する。

【0043】

また、FO2のコア10、クラッド12、及び吸収体ガラス14に用いられる材料は、第1実施形態と同様である。このような材料によってFO2を構成した場合、FO2の入射面に入射した光は、コア10内で全反射を繰り返し、出射面へ伝達される。このとき、全反射しないでコア10から漏れる光(迷光)が生じる場合があるが、複数のコア10の間に介在する複数の吸収体ガラス14は、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 粒子を含んでおり、可視光域から近赤外域にわたって良好な吸収特性を有しているため、迷光が他のコア10に入射する現象を十分に防止することができ、可視光域のみならず近赤外域においても高解像度を維持しつつイメージ伝達することができる。

【0044】

以上のように、第二実施形態によれば、吸収体ガラス14に鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有させることによって、可視光域から近赤外域における吸収能力が大幅に改善できる。これにより、解像度の劣化やノイズの少ないFO2を形成することができる。

【0045】

10

20

30

40

50

以下では、第二実施形態に係るF O 2の作成方法について説明する。図8、9、及び10は、F O 2の製造プロセスを示す。

【0046】

まず、図8に示すように、シングルファイバ26を製造する。このシングルファイバ26は、吸収体ガラスを備えない点で第一実施形態のシングルファイバ20と相違しており、コアガラス11とその周囲を被覆するクラッドガラス13から形成されている。コアガラス11およびクラッドガラス13からなる複合体19を、加熱装置に通しローラーで延伸することにより、その断面が複合体19と相似形であるシングルファイバ26が得られる。

【0047】

次に、図9に示すように、複数のシングルファイバ26の間に複数の吸収体ファイバ28を配置してこれらを整列させる。そして、図10に示すように、これを加熱装置に通しローラーで延伸することによって、シングルファイバ26及び吸収体ファイバ28は加熱融着され、マルチファイバ30が得られる。なお、吸収体ファイバ28は吸収体ガラスを溶融して延伸させたものであり、第一実施形態と同様の組成である。

【0048】

次に、作成した複数のマルチファイバ30を整列させ、加熱装置に通しローラーで延伸することによって、マルチ-マルチファイバ(不図示)を作成する。このように作成したマルチ-マルチファイバを加熱プレス装置の金型に整列させ、高温プレスすることにより、マルチ-マルチファイバは加熱融着され、第一実施形態と同様に八角柱状のインゴットが得られる。このインゴットをスライスして、研磨することでF O 2が完成する。

【0049】

また、上述の工程の中で行われた加熱処理によって、吸収体ファイバ28において Fe_2O_3 が結晶化し、粒状の鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 となって析出する。

【0050】

以上の工程によって、吸収体ガラスに鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の粒子が析出したF O 2が作成される。また、図9において、 Fe_2O_3 を有する吸収体ファイバ28を用いたが、事前に Fe_2O_3 を有する吸収体ガラスの熱処理を行い、鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を粒状に析出させた吸収体ファイバ28を用いてもよい。例えば、電気炉を用い、吸収体ガラスを750で1時間保持し、その後自然冷却させたものを吸収体ファイバ28の原料とした場合でも、吸収体ガラスに鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 の粒子が確実に析出したF O 2が作成される。

(実施例)

【0051】

以下、実施形態に係るF Oの効果について、実験結果に基づいて詳細に説明する。本発明者らは、 SiO_2 、 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 、 BaO 、 Fe_2O_3 を含有する吸収体ガラスを作成した。また、この吸収体ガラスを750で1時間熱処理を行い、質量百分率で SiO_2 を34.5%、 B_2O_3 を18.2%、 Al_2O_3 を3.6%、 Na_2O を9.1%、 K_2O を4.5%、 CaO を2.7%、 BaO を4.5%、および Fe_3O_4 を22.7%含有する吸収体ガラスを作成した。

【0052】

この吸収体ガラスの構造を以下の手順で評価した。まず、熱処理後の吸収体ガラスを透過光観察が可能な厚さに加工して、顕微鏡で観察した。吸収体ガラスの顕微鏡写真を図11に示す。また、熱処理後の吸収体ガラスに含まれる鉄酸化物の構造をレーザーラマン分光分析によって解析した。吸収体ガラスのラマンスペクトルを図12に示す。なお、図13および図14は、図12と比較するための参考スペクトルであり、図13は鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 のラマンスペクトルを示し、図14は鉄酸化物結晶の Fe_2O_3 のラマンスペクトルを示す。

【0053】

図11の顕微鏡写真から、この吸収体ガラスには、約 $1\mu m$ の結晶が熱処理によって多

10

20

30

40

50

数析出していることが確認された。また、図12に示すラマンスペクトルは、図14に示す鉄酸化物結晶の Fe_2O_3 のラマンスペクトルよりも図13に示す鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 のラマンスペクトルに近いため、吸収体ガラスには鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 （マグネタイト）が析出していることが確認された。これにより、図11に示した析出粒子は鉄酸化物結晶の Fe_2O_3 （ α -マグヘマイト）ではなく鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 であることが確認された。

【0054】

次に、熱処理後における鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 の結晶化の効果を確認するために、吸収体ガラスの透過率を以下の手順で評価した。まず、熱処理前の吸収体ガラスを青板ガラスにエポキシ接着剤で接着し、厚さ150 μm まで薄くラップ研磨した。この吸収体ガラスに、分光器を用いて波長約600～約980nmのLEDの光を入射させ、分光透過率を測定した。次に、同様の方法で熱処理後の吸収体ガラスの分光透過率測定を行った。熱処理前後における吸収体ガラスの分光透過率測定結果を図15に示す。

10

【0055】

図15に示すように、熱処理前の吸収体ガラスは、約600～約980nmの波長領域において約10%以上の透過率を有していたが、熱処理後の吸収体ガラスは、約600～約980nmの波長領域において 1×10^{-3} %以下の透過率となり、特に約600nm～約750nmの範囲では約 1×10^{-5} ～約 1×10^{-6} %という極めて低い透過率となった。これにより、熱処理後の吸収体ガラスの透過率は、熱処理前の吸収体ガラスの透過率に比べて大幅に減少することが確認された。

20

【0056】

以上により、熱処理によって吸収体ガラスに Fe_3O_4 が結晶化して析出することで、吸収能力が大幅に向上することが確認された。また、鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 が粒子化することによって、同一質量において総表面積が増加したため、吸収能力が大幅に向上することが確認された。

【0057】

次に、本発明者らは、鉄酸化物の含有率を変化させた吸収体ガラスを作成した。図16は、それら作成した吸収体ガラスを冷却後、750 μm 1時間熱処理を行ったNo.1～13の試料について、それぞれのガラスの組成の質量百分率（吸収体ガラス作成後の数値）、熱膨張係数、ガラス転移点、屈伏点、ガラス化状態、及び波長850nmの光に対する透過率を示している。なお、No.5の試料は、熱処理前後において構造解析および分光透過率測定を実施した吸収体ガラスと同様の組成である。また、 Fe_3O_4 を含有する吸収体ガラスとの比較例として、 Fe_3O_4 を実質的に含有しない試料No.1及びNo.3を作成した。また、これらの吸収体ガラスの透過率は、試料の厚さを100 μm までラップ研磨し、前述した分光透過率測定装置で波長850nmに固定して測定した。なお、図16の試料No.2において、表示していない残りの組成は質量百分率でZnO:4.5%とLa₂O₃:4.5%である。

30

【0058】

まず、鉄酸化物が Fe_3O_4 となった吸収体ガラスの透過率と鉄酸化物が Fe_2O_3 のままに結晶化していない吸収体ガラスの透過率とを比較した。No.1とNo.3に示すように、鉄酸化物が Fe_2O_3 のままである吸収体ガラスは、波長850nmの入射光に対して約10～20%の透過率を有しているが、No.2およびNo.4～13に示す鉄酸化物が Fe_3O_4 となった吸収体ガラスは、波長850nmの入射光に対して約 1×10^{-5} ～約 1×10^{-6} %の透過率を有していた。これにより、鉄酸化物が Fe_3O_4 となった吸収体ガラスは、鉄酸化物が Fe_2O_3 のままである吸収体ガラスに比べて、大幅に低い透過率を有していることが確認された。

40

【0059】

次に、鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 の含有率に着目して、吸収体ガラスのガラス化状態を確認した。No.1～12の試料、すなわち Fe_3O_4 の含有率が質量百分率で18.2～25%である試料についてガラス化状態が良好であることが確認された。しかし、No

50

. 13の試料、すなわち鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 の含有率が質量百分率で30%である試料においてもガラス化状態が不十分であった。よって、鉄酸化物結晶の Fe_3O_4 の含有率が質量百分率で30%未満の範囲においてガラス化を良好に行うことができる。

【0060】

次に、ガラス中に鉄酸化物の結晶が析出するための条件について検討した。ガラス中に結晶を析出させるには、結晶核生成と結晶成長のプロセスが必要である。この結晶核生成には、多くの場合、結晶核形成剤が使用されている。この結晶核形成剤をガラスに添加して熱処理を行うと、結晶核形成成分を含む多数の微結晶が析出し、それらの周りに主結晶が成長する。また、このような結晶核生成および結晶成長の速度は、ガラスの粘性と逆比例の関係にある。よって、粘性が低いガラスの方が原子の移動が容易となり、結晶核生成および結晶成長が進行する。ガラスの粘性については、屈伏温度(A_t)が目安となる。さらに、結晶となる材料がガラス中に十分な量含まれていることが必要となる。

10

【0061】

本実施例に即して結晶が析出しやすいガラスの条件を整理すると、(1)結晶核形成剤として Al_2O_3 が添加されて原子の移動距離が短いこと、(2)屈伏温度が低いこと、および(3)鉄酸化物の含有率が一定以上であることである。以上の条件を基に、透過率が大きい試料について、良好な結晶析出条件を満たしているか確認した。まず、No. 1の試料においては、鉄酸化物の含有量が質量百分率で18.2%と低い値を示しており、結晶となる材料が十分に含まれておらず、結晶化が起こりにくいことが確認された。また、No. 3の試料においては、 SiO_2 の含有量が多く粘性が高めであり、750で1時間の熱処理条件では原子の移動が十分に行われていないため、結晶化が起こりにくいことが確認された。また、 Fe_3O_4 が確認されたNo. 4の試料においても、鉄酸化物の含有量が十分でなく、また粘性も高いことから十分に結晶化が起こらないことが確認された。このように、No. 4の試料は十分に結晶化が起こらなかったため、 Fe_3O_4 が結晶化したNo. 2およびNo. 5~13の試料に比べて透過率が大きくなった。これに対し、No. 2およびNo. 5~13の試料が示すように、結晶核形成剤として Al_2O_3 を添加し、かつ屈伏温度が低く、鉄酸化物の含有率が一定以上である吸収体ガラスにおいて、良好な結晶析出が起こり、吸収能力が向上することが確認された。

20

【0062】

次に、吸収体ガラスの性能評価を行った。FOは構成要素であるシングルファイバの中心軸と入射面を傾斜させていくと、次第に空気中からの光がFO内に入射できなくなる。この状態であらゆる方向からFOの入射面に光を入射させ、FOの出射面側から透過してくる光量を測定することにより吸収体ガラスの性能評価が可能である。透過してくる光量が少ないほど性能が良い。

30

【0063】

まず、No. 4及びNo. 8に示す吸収体ガラスを用いてスラント(傾斜)FOを作成した。これらの吸収体ガラスには鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 が含まれており、前述のようにNo. 8の吸収体ガラスに含まれる Fe_3O_4 の方がNo. 4に比べて結晶化している。また、比較例として、No. 3に示す Fe_2O_3 を含有する吸収体ガラスを用いてスラントFOを作成した。No. 3に示す Fe_2O_3 の含有率は、No. 4に示す Fe_3O_4 の含有率と同じであり、組成に起因する吸収能力を比較する上で好適である。また、本実施例で用いたコアガラスおよびクラッドガラスのガラス組成、屈折率、熱膨張係数、ガラス転移点、屈伏点および密度を図17に示す。なお、コアガラスは、クラッドガラスよりも屈折率が高ければ足り、本実施例では質量百分率で表示したコアガラスの組成例を2つ示している。なお、指紋検出用に使われるスラントFOにおいては、解像度の観点から開口数を0.35~0.45にすることが好ましい。

40

【0064】

作成したスラントFOの透過率を以下の手順で評価した。図18に示すように、厚さ1mmにラップ研磨したスラントFO42に、波長850nmのLEDの光Lをオパールガラスからなる拡散板40を通して入射させ、透過光をシリコンフォトダイオード44で検

50

出した。測定結果を図19に示す。なお、図19に示す透過率は、図16のNo.8が示す吸収体ガラスを用いた場合の傾斜角40°における透過率を100として規格化している。

【0065】

まず、図16のNo.3に示す Fe_2O_3 を含有する吸収体ガラスの透過率と、No.4に示す鉄酸化物結晶である Fe_3O_4 を含有する吸収体ガラスの透過率とを比較すると、No.4で示す吸収体ガラスの透過率の方が小さいことが確認された。また、No.8に示す吸収体ガラスの透過率と、No.4に示す吸収体ガラスの透過率とを比較すると、 Fe_3O_4 がより結晶化していたNo.8に示す吸収体ガラスの透過率の方が小さく、吸収能力に優れていることが確認された。

10

【0066】

本実施例において、光Lは拡散板40によって様々な方向に拡散されてスラントFO42に入射され、傾斜角が大きい場合(ここでは40°)は最大受光角度内の入射光はファイバ内を伝達される光量とFOを横切ってくる光量の合わさったものが出力となるが、傾斜角が小さい場合(ここでは32°~36°)はFOを横切ってくる光量のみが出力となる。すなわちスラントFO42に入射した光の内の最大受光角度を超えた光(迷光)がFOを横切って出射する光は、 Fe_3O_4 の結晶が析出している吸収体ガラスを採用することにより、遮蔽できることが示された。従って、解像度の劣化等を好適に防ぐことができる。

【0067】

なお、上述した各実施形態は本発明に係るFOの一例を示すものである。本発明に係るFOは、これらの各実施形態に係るFOに限られるものではなく、各請求項に記載した要旨を変更しない範囲で、各実施形態に係るFOを變形し、又は他のものに適用したものであってもよい。

20

【0068】

例えば、FOやスラントFOを接着剤で接合して用いる場合においても、本実施形態と同様の効果を得ることができる。また、本発明に用いられるシングルファイバは、本実施形態で示した形状に限られるものではなく、例えばテーパ状であっても同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0069】

【図1】第一実施形態に係るFO1の斜視図である。

【図2】図1のFO1の内部構造を拡大して示す斜視図である。

【図3】図1のFO1に用いるシングルファイバ20の製造工程を示す斜視図である。

【図4】図1のFO1に用いるマルチファイバ22の製造工程を示す斜視図である。

【図5】図4のマルチファイバ22を高温プレスする製造工程を示す斜視図である。

【図6】図4のマルチファイバ22をプレスして形成されたインゴットの斜視図である。

【図7】第二実施形態に係るFO2の内部構造を拡大して示す斜視図である。

【図8】図7のFO2に用いるシングルファイバ26の製造工程を示す斜視図である。

【図9】図7のFO2に用いるマルチファイバの製造工程を示す斜視図である。

40

【図10】図7のFO2に用いるマルチファイバの製造工程を示す斜視図である。

【図11】FOの吸収体ガラスの顕微鏡写真である。

【図12】FOの吸収体ガラスのラマンスペクトルである。

【図13】 Fe_3O_4 の参考ラマンスペクトルである。

【図14】 Fe_2O_3 の参考ラマンスペクトルである。

【図15】熱処理前後における吸収体ガラスの分光透過率測定結果である。

【図16】作成した吸収体ガラスの組成と特性を示す図表である。

【図17】FOのコアガラス、クラッドガラスの組成および特性の例を示した図表である。

【図18】スラントFOの透過率測定図である。

50

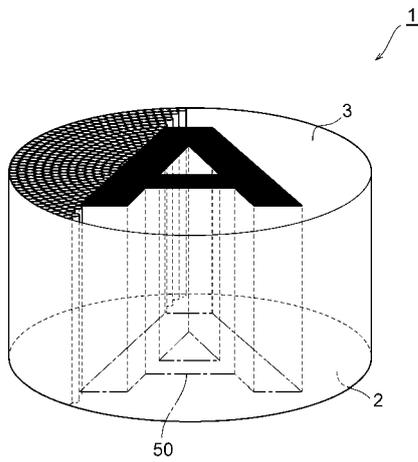
【図19】スラントFOの透過率測定結果である。

【符号の説明】

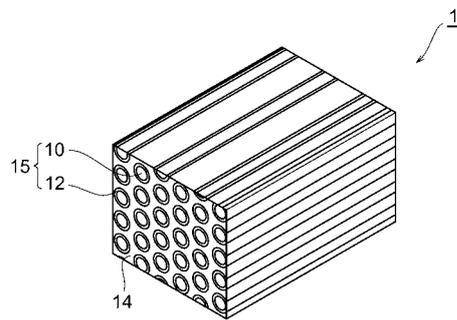
【0070】

1, 2 ... ファイバオプティック (FO)、10 ... コア、11 ... コアガラス、12 ... クラッド、13 ... クラッドガラス、14 ... 吸収体ガラス、15 ... ファイバ。

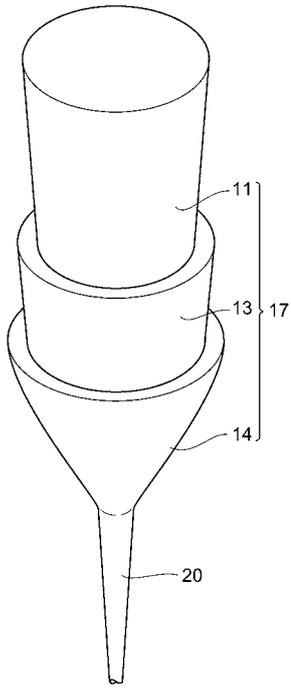
【図1】



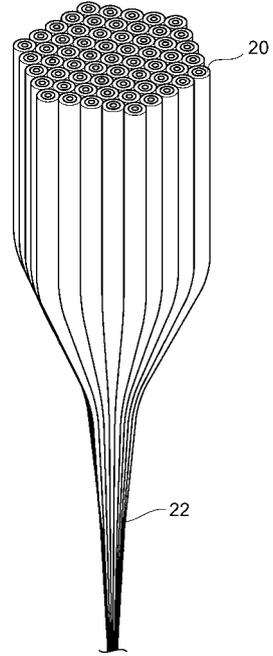
【図2】



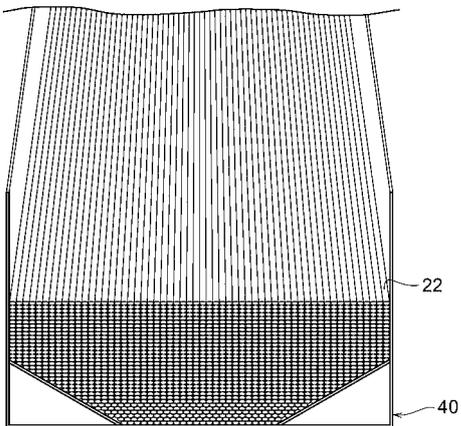
【 図 3 】



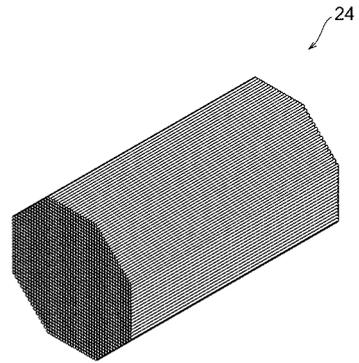
【 図 4 】



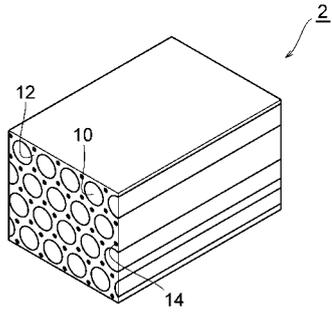
【 図 5 】



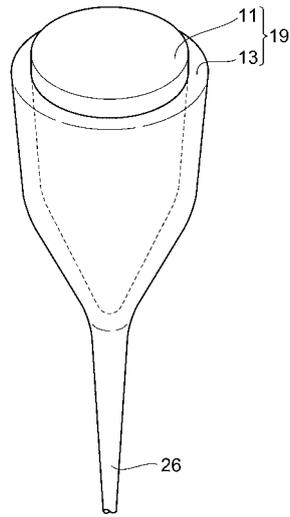
【 図 6 】



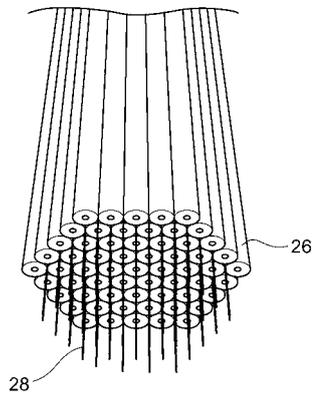
【 図 7 】



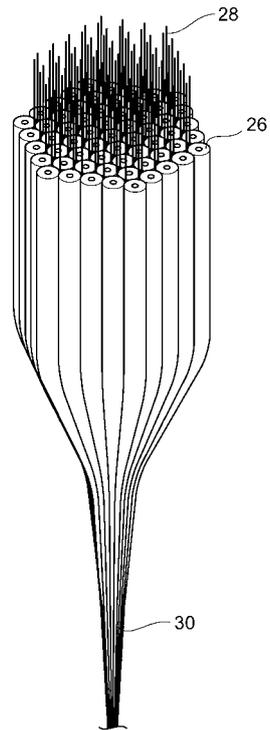
【 図 8 】



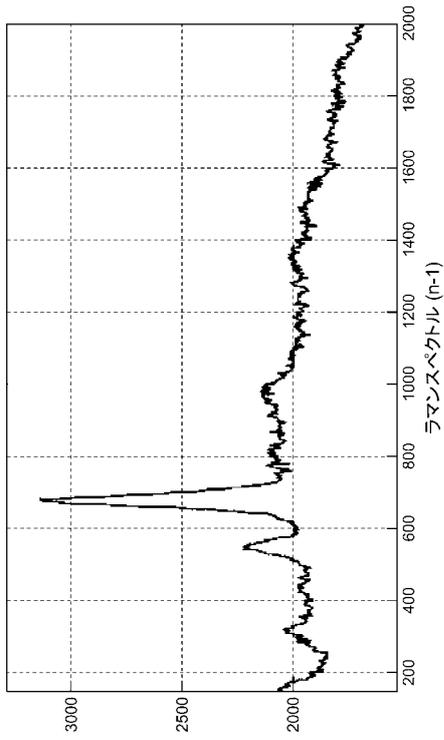
【 図 9 】



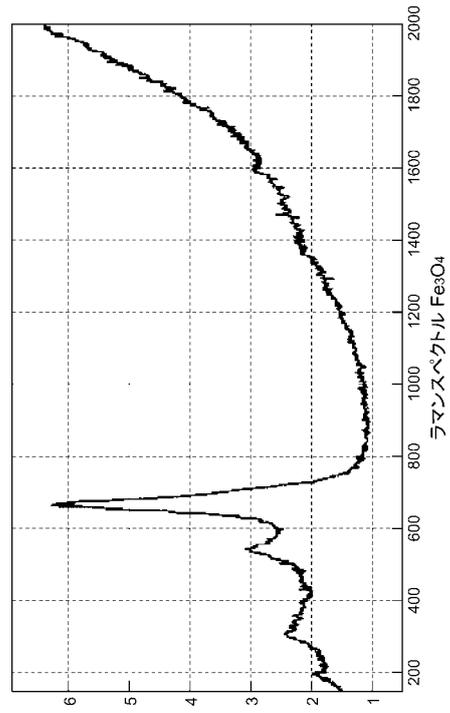
【 図 10 】



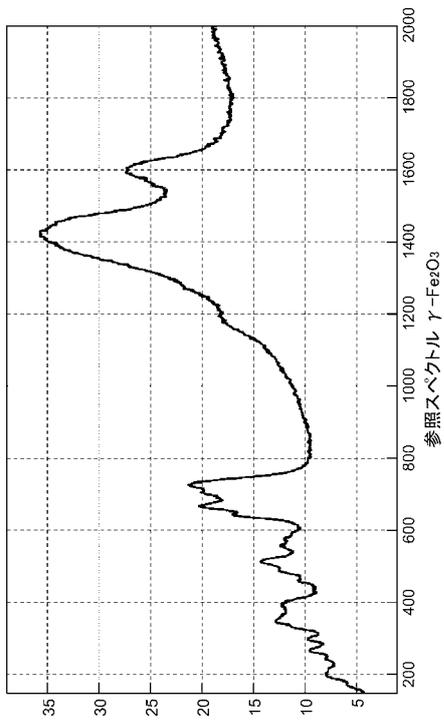
【 図 1 2 】



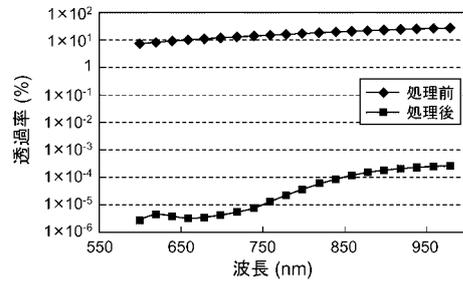
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



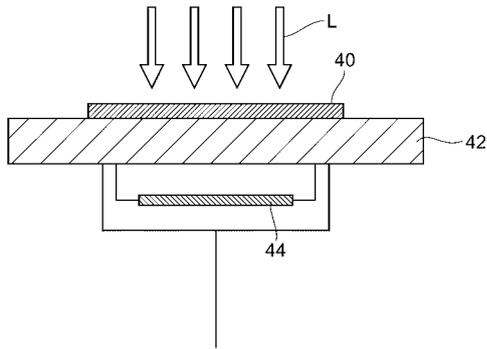
【図 16】

原料NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
組成[%]	SiO ₂	39.1	30.2	46.0	43.0	34.5	46.0	35.9	35.9	36.9	38.5	38.7	43.0
	B ₂ O ₃	18.2	18.2	11.7	14.7	18.2	11.7	18.2	18.2	16.5	16.5	16.7	5.5
	Al ₂ O ₃	3.6	3.6	3.3	3.3	3.6	3.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.4	3.3
	Na ₂ O	9.1	9.1	7.6	7.6	9.1	8.3	8.3	8.3	7.6	8.3	8.3	7.6
	K ₂ O	4.5	4.5	3.9	3.9	4.5	4.2	4.2	4.2	3.9	4.2	4.2	3.9
	CaO	2.7	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5	2.7	2.7	2.7	2.7	2.5	2.5
	BaO	4.5	4.5	4.2	4.2	4.5	4.0	4.6	4.6	4.6	4.6	4.2	4.2
	Fe ₂ O ₃	18.2	0.0	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Fe ₃ O ₄	0.0	18.2	0.0	20.8	22.7	23.0	23.3	25.0	25.0	25.0	25.0	30.0
合計 [%]		100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
熱膨張係数 α [10 ⁻⁷ /°C]		91.9	101.4	87.4	86.9	94.9	91.4	91.9	92.9	92.9	92.9	85.4	87.9
ガラス転移点 T _g [°C]		476	475	491	489	471	487	483	479	505	480	505	477
屈伏点 A _t [°C]		533	526	556	547	529	559	533	529	565	534	574	564
ガラス化状態		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
透過率 [%]		18.3	17.2 × 10 ³	9.68	1.0 × 10 ³	2.0 × 10 ³	2.3 × 10 ³	2.2 × 10 ³	6.7 × 10 ³	13.0 × 10 ³	27.7 × 10 ³	12.7 × 10 ³	15.7 × 10 ³

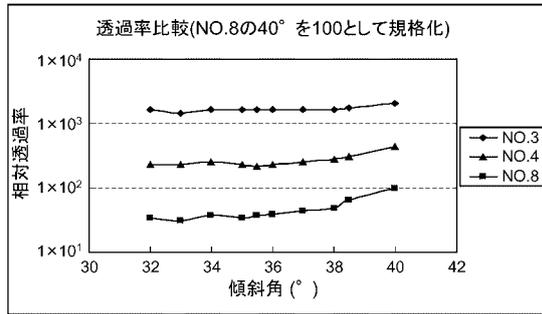
【図 17】

	コアガラス		クラッドガラス
	例1	例2	
組成[%]			
SiO ₂	43	66	69
B ₂ O ₃	10	0	1
Al ₂ O ₃	5	0	2
R ₂ O	13	21	17
RO	25	0	11
TiO ₂	0	11	0
ZrO ₂	4	0	0
F	0	2	0
合計 [%]	100	100	100
屈折率nd	1.57	1.55	1.52
熱膨張係数 α [10 ⁻⁷ /°C]	98	101	99
ガラス転移点 T _g [°C]	544	501	515
屈伏点 A _t [°C]	606	542	570
密度D [g/cc]	2.99	2.54	2.49

【図 18】



【図 19】



【 図 1 1 】

