

(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
2010年7月1日(01.07.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/074074 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/22 (2006.01) G02B 1/02 (2006.01)
G01J 5/08 (2006.01) C01B 33/03 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/071315
- (22) 国際出願日: 2009年12月22日(22.12.2009)
- (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 2008-328241 2008年12月24日(24.12.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 村田製作所 (Murata Manufacturing Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP). 国立大学法人京都大学 (Kyoto University) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町36番地1 Kyoto (JP). 株式会社 トクヤマ (Tokuyama Corporation) [JP/JP]; 〒7458648 山口県周南市御影町1番1号 Yamaguchi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤井 高志 (FUJII Takashi) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社 村田製作所内 Kyoto (JP). 平尾 一之 (HIRAO Kazuyuki)

[JP/JP]; 〒6158510 京都府京都市西京区京都大学桂 国立大学法人京都大学大学院工学研究科内 Kyoto (JP). 坂田 勘治 (SAKATA Kanji) [JP/JP]; 〒7458648 山口県周南市御影町1番1号 株式会社 トクヤマ内 Yamaguchi (JP).

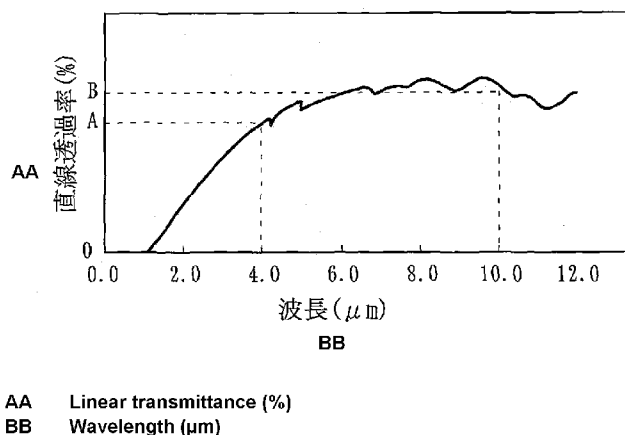
- (74) 代理人: 國弘 安俊 (KUNIHIRO Yasutoshi); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目14-10 サムティ新大阪フロントビル10階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

[続葉有]

(54) Title: INFRARED LIGHT-TRANSMITTING OPTICAL MEMBER AND MANUFACTURING METHOD THEREOF, OPTICAL DEVICE, AND OPTICAL APPARATUS

(54) 発明の名称: 赤外光線用透過光学部材とその製造方法、光学デバイス、及び光学装置

[図1]



(57) Abstract: The optical member is made of polycrystalline silicon formulated using high-purity trichlorosilane as the starting material and absorbs/scatters infrared light in a wavelength range of 4 μm or less. More specifically, the ratio (A/B) between the transmittance (A) of infrared light at a 4 μm wavelength and the transmittance (B) of infrared light at a 10 μm wavelength is 0.9 or less. In addition, the average crystal grain size of the polycrystalline silicon is 5 μm or less. The polycrystalline silicon is produced using a chemical deposition vapor method by heating a base material to 800-900°C and reducing SiHCl₃ with hydrogen. As a result, an infrared light-transmitting optical member capable of high-sensitivity, high-precision sensing of a human body and a manufacturing method thereof, an optical device, an infrared detector, and an optical apparatus are realized.

(57) 要約:

[続葉有]



GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, 添付公開書類:

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

高純度のトリクロロシランを原料として形成された多結晶シリコンからなり、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線を吸収・散乱する。具体的には、波長 $4\text{ }\mu\text{m}$ における赤外線の透過率 A と波長 $10\text{ }\mu\text{m}$ における赤外線の透過率 B との比 A/B が 0.9 以下とした。また、多結晶シリコンの平均結晶粒径は $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。この多結晶シリコンは、化学蒸着法を使用し、基材を $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ に加熱して SiHCl_3 を水素還元して作製する。これにより人体を高感度で精度良く感知できる赤外光線用透過光学部材とその製造方法、光学デバイス、赤外線検出器、及び光学装置を実現する。

明 細 書

発明の名称：

赤外光線用透過光学部材とその製造方法、光学デバイス、及び光学装置 技術分野

[0001] 本発明は、赤外光線用透過光学部材とその製造方法、光学デバイス、及び光学装置に関し、より詳しくは、人体感知に適した赤外光線用透過光学部材とその製造方法、前記赤外光線用透過光学部材を使用して人体感知を行う赤外線検出器等の光学デバイス、及び前記光学デバイスを使用して特定波長域の赤外光線を遮断する光学装置に関する。

背景技術

[0002] シリコン材料は、近赤外領域からテラヘルツ（THz）領域（波長：1.1 μm ～10mm程度）の広範囲に亘って良好な透過率を有し、加工性にも優れ、容易に入手できることから光学レンズや窓板用材料として広く使用されている。

[0003] 例えば、非特許文献1には、図9に示すような透過スペクトルを有する赤外用窓板が記載されている。

[0004] この非特許文献1の赤外用窓板は、図9に示すように、1.2～6 μm の波長帯域で直線透過率が約55%と良好であり、斯かる波長帯域で好適に使用することができると思われる。

[0005] 一方、近年では人体から発する赤外線を検出し、これにより人体を感知する赤外線検出器の研究・開発が盛んに行われている。

[0006] この種の赤外線検出器では、人体の温度（体温）である37℃近傍に相当する赤外線波長が約10.6 μm であることから、赤外線の透過作用を利用して人体を感知するためには、10.6 μm 近傍の8～12 μm の範囲の波長帯域で高い赤外線透過率を有するのが望まれる。

[0007] そして、特許文献1には、CVD法で作製された純度がナインナイン（9N：99.9999999%）以上の多結晶シリコンをレンズ形状或いはフ

ィルター形状に加工した赤外線光学素子が提案されている。

- [0008] この特許文献1では、CVD法により、モノシラン（ SiH_4 ）等の高純度の珪素化合物と水素の混合ガスを $900\sim 1200^\circ\text{C}$ に加熱して水素還元させ、これにより9Nという高純度の多結晶シリコンを作製している。そして、反射防止膜付きで波長 $9\mu\text{m}$ での透過率が90%以上の赤外線光学素子を得ている。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開平05-60901号公報（請求項1、段落番号〔0009〕、表1）

非特許文献

- [0010] 非特許文献1：シグマ光機株式会社WEBカタログ“赤外用窓板—シリコン”
[online]、[平成20年8月11日検索]、インターネット<URL：<http://www.sigma-koki.com/B/Windows/WindowsSilicon/OPSI/OPSI.html>>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] しかしながら、非特許文献1の赤外用窓板では、図9から分かるように、赤外光線の直線透過率は、 $6.5\mu\text{m}$ 付近の波長域から低下し、波長 $9\mu\text{m}$ では20%以下となっている。すなわち、非特許文献1では、 $1.2\sim 6\mu\text{m}$ の波長域では高い透過率を示すものの、波長が $9\mu\text{m}$ 近傍になると、大きな吸収による損失が存在している。これは不純物欠陥（酸素）によるものと考えられるが、 $9\mu\text{m}$ 近傍の波長域での直線透過率が低いことから、人体感知用の赤外線検出器には適さない。
- [0012] 一方、特許文献1の赤外線光学素子では、人体感知に関連する $9\mu\text{m}$ 付近の波長域では、良好な直線透過率を得ることができるものの、 $4\mu\text{m}$ 以下の中・近赤外領域でも $9\mu\text{m}$ の波長域と略同等の直線透過率を有している。このため、これら中・近赤外領域の光線が、人体から発する光線に対する迷光

となり、その結果S/N比が劣化し、高感度で人体を感知することができないという問題点があった。

[0013] すなわち、赤外光線のうち、中・近赤外光線（波長が0.78～4 μm 程度）は、上述した8～12 μm の遠赤外光線に比べて、波長が短いことから光線強度が強い。そして、これら中・近赤外領域の赤外光線が光学素子を透過すると、人体から発する光線に対し迷光となり、S/N比を劣化させてしまうおそれがある。したがって、中・近赤外光領域における赤外光線の直線透過率を抑制する必要がある。

[0014] しかしながら、本発明者らがトリクロロシランを原料とし、特許文献1と同様の方法で多結晶シリコンを作製したところ、9 μm 付近の波長域のみならず、波長の短い中・近赤外光線領域でも、高い直線透過率を示すことが判明した。したがって、上述したようにS/N比の劣化を招き、高感度で人体を感知できなくなるおそれがある。

[0015] 本発明はこのような事情に鑑みなされたものであって、人体を高感度で精度良く感知できる赤外光線用透過光学部材とその製造方法、該赤外光線用透過光学部材を使用した光学デバイス、該光学デバイスを使用した赤外線検出器、及び光学装置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

[0016] 上記目的を達成するために本発明に係る赤外光線用透過光学部材（以下、単に「透過光学部材」という。）は、高純度のトリクロロシランを原料として形成された多結晶シリコンからなり、4 μm 以下の波長域の赤外光線を吸収・散乱することを特徴としている。

[0017] ここで、本発明では、「吸収・散乱する」とは、4 μm 以下の波長域での透過率と10 μm 近傍の波長域での透過率との比が1未満であることを意味する。

[0018] また、本発明の透過光学部材は、波長4 μm における赤外線の透過率Aと波長10 μm における赤外線の透過率Bとの比A/Bが0.9以下であることを特徴としている。

- [0019] また、本発明の透過光学部材は、前記多結晶シリコンの平均結晶粒径が、 $5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴としている。
- [0020] さらに、本発明の透過光学部材は、前記多結晶シリコンが、化学蒸着法を使用して形成されていることを特徴としている。
- [0021] また、本発明に係る透過光学部材の製造方法は、反応容器に内蔵された基材を $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱すると共に、高純度のトリクロロシラン及び水素を少なくとも含む原料ガスを前記反応容器に供給して前記トリクロロシランを還元し、前記基材上に多結晶シリコンを堆積することを特徴としている。
- [0022] また、本発明に係る光学デバイスは、主要部が上記透過光学部材を備えたことを特徴としている。
- [0023] さらに、本発明の光学デバイスは、赤外線検出器であることを特徴としている。
- [0024] また、本発明に係る光学装置は、同一の光軸上にレーザ光を出射する第1及び第2の半導体レーザと、前記光軸上に配されて前記レーザ光が入射される非線形光学結晶と、前記非線形光学結晶から出射されるレーザ光のうち特定波長域の光線をフィルタリングするフィルタ手段とを有し、前記フィルタ手段が、上述した光学デバイスで構成されていることを特徴としている。

発明の効果

- [0025] 本発明の透過光学部材によれば、高純度のトリクロロシランを原料として形成された多結晶シリコンからなり、 $4\mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線を吸収・散乱するので、中・近赤外領域の赤外光線が透過し難く、高いS/N比で人体感知を行うことが可能となる。しかも、多結晶シリコンで形成しているので、単結晶シリコンに比べて低コストで得ることができる。
- [0026] また、波長 $4\mu\text{m}$ における赤外線の透過率Aと波長 $10\mu\text{m}$ における赤外線の透過率Bとの比 A/B が0.9以下であるので、 $10\mu\text{m}$ 及びその近傍（以下、単に「 $10\mu\text{m}$ 近傍」と記す。）の波長域の赤外光線に対する透過率が高く、中・近赤外領域の赤外光線の透過率が低くなる。したがって、こ

れら中・近赤外領域の赤外光線が $10\ \mu\text{m}$ 近傍の波長域の赤外光線に対して迷光となるのを回避することができ、高い S/N 比で人体感知を行うことが可能となる。

[0027] また、前記多結晶シリコンの平均結晶粒径は、 $5\ \mu\text{m}$ 以下であるので、平均結晶粒径も微小であり、 $4\ \mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線の透過率を抑制することができる。

[0028] さらに、前記多結晶シリコンが、化学蒸着法を使用して形成されているので、CZ 法（チョクラルスキー法）や FZ 法（フローティング法）のように不純物が混入するのを回避することができ、 $10\text{N} \sim 11\text{N}$ の高純度の多結晶シリコンを容易に得ることができる。

[0029] また、本発明の透過光学部材の製造方法によれば、反応容器に内蔵された基材を $800 \sim 900^\circ\text{C}$ の温度に加熱すると共に、高純度のトリクロロシラン及び水素を少なくとも含む原料ガスを前記反応容器に供給して前記トリクロロシランを還元し、前記基材上に多結晶シリコンを堆積するので、結晶粒子の粗大化を招くこともなく、所望の透過スペクトルを有する透過光学材料を安価に得ることができる。

[0030] また、本発明の光学デバイスによれば、主要部が上記透過光学部材を備えているので、 $4\ \mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線の透過率を抑制しつつ、 $10\ \mu\text{m}$ 近傍の波長域の赤外光線を透過することのできる光学デバイスを得ることができる。

[0031] さらに、本発明の光学デバイスは赤外線検出器であるので、人体を高感度で検出することが可能となる。

[0032] また、本発明に係る光学装置は、同一の光軸上にレーザ光を出射する第 1 及び第 2 の半導体レーザと、前記光軸上に配されて前記レーザ光が入射される非線形光学結晶と、前記非線形光学結晶から出射されるレーザ光のうち特定波長域の光線を遮断するフィルタ手段とを有し、前記フィルタ手段が、上述した光学デバイスで構成されているので、第 1 及び第 2 の半導体レーザの励起周波数のみをフィルタリングしてこれら第 1 及び第 2 の半導体レーザの

発振周波数の差周波のみを高効率で取り出すことが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0033] [図1] 本発明に係る透過光学部材の透過スペクトルの一例を示す図である。
- [図2] 本発明に係る透過光学部材の製造に使用されるCVD装置の一例を示す内部構造図である。
- [図3] 本発明の透過光学部材を使用した赤外線フィルタを模式的に示す断面図である。
- [図4] 本発明に係る光学デバイスとしての赤外線検出器の一実施の形態を示す断面図である。
- [図5] 本発明に係る光学装置の一実施の形態の概略を示す装置構成図である。
- [図6] 実施例1の試料の透過スペクトルを示す図である。
- [図7] 比較例1の試料の透過スペクトルを示す図である。
- [図8] 比較例2の試料の透過スペクトルを示す図である。
- [図9] 非特許文献1に記載された赤外用窓板の透過スペクトルを示す図である。

発明を実施するための形態

- [0034] 次に、本発明の実施の形態を詳説する。
- [0035] 本発明に係る透過光学部材は、 $10\text{ N} \sim 11\text{ N}$ の高純度のトリクロロシラン(SiHCl_3)を原料とした多結晶シリコンからなり、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線を吸収・散乱するように構成されている。そして、これにより、人体感知に好適な透過光学材料を得ることができる。
- [0036] すなわち、人間の体温は 37°C 近傍であり、これに相当する赤外線波長は $10.6\text{ }\mu\text{m}$ 付近である。したがって、人体から発する赤外線により、人体の存在を感知するためには、 $10.6\text{ }\mu\text{m}$ を中心とした $8 \sim 12\text{ }\mu\text{m}$ の範囲の波長域で赤外線の透過率が高いことが必要である。
- [0037] 一方、中赤外領域(波長： $2 \sim 4\text{ }\mu\text{m}$)及び近赤外領域(波長： $0.78 \sim 2\text{ }\mu\text{m}$)は、上述した $8 \sim 12\text{ }\mu\text{m}$ の波長域より短波長であり、赤外光線の光線強度が強い。したがって、波長が $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下の中・近赤外領域での赤

外線透過率が大きいと、これら中・近赤外領域の赤外光線が人体から発する赤外光線の迷光となってS/N比が劣化するおそれがある。その結果、人体を高精度で感知できなくなり、人体感知に対する信頼性を損なうおそれがある。

[0038] そこで、本発明の透過光学部材では、 $4\mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線が吸収・散乱されるように構成されている。すなわち、上記透過光学部材は、 $4\mu\text{m}$ 以下の波長域での透過率と $10\mu\text{m}$ 近傍の波長域での透過率との比が1未満となるように構成されている。

[0039] 図1は上記透過光学部材の透過スペクトルの一例を示す図である。横軸は波長(μm)、縦軸は赤外線の直線透過率(%)を示している。

[0040] 上記透過光学部材は、この図1に示すように、 $10\mu\text{m}$ 近傍の $8\sim 12\mu\text{m}$ の波長域での透過率は高く、波長が短くなるに伴い、透過率は低くなっている。そして、本実施の形態では、波長 $4\mu\text{m}$ における赤外線の透過率Aと波長 $10\mu\text{m}$ における赤外線の透過率Bとの比 A/B が0.9以下となるように構成されている。

[0041] このように比 A/B を0.9以下とすることにより、 $4\mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線が、 $10\mu\text{m}$ 近傍、例えば $8\sim 12\mu\text{m}$ の波長域の赤外光線に対し、迷光となるのを極力回避することができる。そしてこれにより、良好なS/N比を得ることができ、人体を高精度で感知することが可能となる。

[0042] 尚、多結晶シリコンの平均結晶粒径が大きくなると、中赤外領域から遠赤外領域の広範な波長帯域に亘って透過スペクトルが平坦となり、このため波長が $4\mu\text{m}$ 以下の赤外光線が迷光となって高精度な人体感知を行うのが困難になるおそれがある。したがって、多結晶シリコンの平均結晶粒径は、極力小さいのが好ましく、具体的には $5\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。

[0043] 上記透過光学部材は、 SiHCl_3 を原料とした化学蒸着法(CVD法)により、容易に製造することができる。

[0044] 図2は、透過光学部材の製造に使用されるCVD装置の一実施の形態を示す内部構造図である。

- [0045] すなわち、このCVD装置は、高純度多結晶シリコンで形成され且つヒータ1が埋設された所定径のロッド2が、反応容器3内に装着され、ヒータ1には加熱用電源4が接続されている。
- [0046] そして、真空ポンプで反応容器3内を吸引して減圧状態にすると共に、加熱用電源4をオンしてヒータ1を800～900℃に昇温させ、反応容器3内を加熱する。
- [0047] ここで、ヒータ設定温度（ロッド温度）を800～900℃にしたのは、ヒータ設定温度が900℃を超えると、ロッド2上に成膜される多結晶シリコンの平均結晶粒径が粗大化し、このため中赤外領域から遠赤外領域の広範な波長帯域で透過スペクトルが平坦になり、その結果、波長が4 μm 以下の赤外光線が吸収・散乱されることなく透過してしまうおそれがあるからである。
- [0048] すなわち、多結晶シリコンは、今日では太陽電池等の材料として広く使用されているが、従来では、生産性の観点から成膜速度を確保すべく、1000℃を超える高温に反応容器内の温度を設定し、これにより多結晶シリコンをロッド上に成膜させていた。
- [0049] しかしながら、上記高温で得られた多結晶シリコンを赤外線フィルタに使用しようとした場合、中・近赤外領域から遠赤外領域の広範な波長帯域で赤外線透過スペクトルが平坦となり、このため4 μm 以下の中・近赤外領域の赤外光線が遠赤外領域の迷光となってS/N比の低下を招いていた。
- [0050] しかるに、本発明者らの研究結果により、ヒータ設定温度を900℃以下に低下させて多結晶シリコンをロッド上に析出させると、成膜速度は低下するものの、平均結晶粒径が5 μm 以下に微小化し、これにより4 μm 以下の波長域の赤外光線は透過することなく吸収・散乱されることが判明した。
- [0051] すなわち、人体感知に適した透過光学部材を実現するためには、10 μm 近傍、例えば8～12 μm の波長域の赤外光線を透過し、4 μm 以下の波長域の中・近赤外領域を散乱・吸収させる必要があり、そのためには平均結晶粒径を5 μm 以下に微細化するのが好ましいが、そのためにはヒータ設定温

度を900℃以下にする必要がある。ただし、ヒータ設定温度が800℃未満の低温になると成膜速度が極端に低下する。このため生産性を考慮すると、ヒータ設定温度の下限を800℃とするのが望ましい。

[0052] そこで、本実施の形態では、ヒータ設定温度を800～900℃にしている。

[0053] 次いで、このように温度設定された反応容器3に高純度の SiHCl_3 及び H_2 からなる混合ガスを導入する。すると、化学反応式(1)に示すように、 SiHCl_3 が水素還元され、これにより多結晶シリコン(Si)が生成される。

[0054] $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Si} + 3\text{HCl} \cdots (1)$

すなわち、多結晶シリコン5は、化学反応式(1)に従って生成されてロッド2上に堆積し、これにより10N(テンナイン)から11N(イレブンナイン)の高純度の多結晶シリコンからなる透過光学材料を低コストで容易に得ることができる。

[0055] 尚、従来では、赤外光線用の透過光学部材としては、CZ法(チョクラルスキー法)やFZ法(フローティング法)により作製された単結晶シリコンが広く使用されていた。

[0056] しかしながら、単結晶シリコンは、通常、多結晶シリコンを原料にして作製されるため、多結晶シリコンに比べて高価になる。しかも、CZ法の場合は、多結晶シリコンを石英製の坩堝に入れて加熱融解しているため、酸素や金属不純物が混入し易く、このため高純度の透過光学部材が得るのが困難である。また、FZ法の場合は、高真空中又は不活性ガス中での高周波加熱により多結晶シリコンを単結晶化させているので、CZ法に比べると高純度化は可能であるが、不純物の混入を完全には避けることはできず、このため遠赤外領域での透過スペクトルを安定させることは困難である。

[0057] これに対して本発明の透過光学部材は、CVD法により10N～11Nの高純度の多結晶シリコンを得ているので、安定した所望の透過スペクトルを有する透過光学部材を得ることができる。しかも、800～900℃の温度

で水素還元しているので、多結晶シリコンの平均結晶粒径を $5\ \mu\text{m}$ 以下に抑制でき、結晶粒子の粗大化を招くのを回避することができる。そしてこれにより $4\ \mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線を効果的に吸収・散乱させることができ、その結果、 $10\ \mu\text{m}$ 近傍、例えば $8\sim 12\ \mu\text{m}$ の波長域の赤外光線のみを効率よく透過させることができる。また、この多結晶シリコンは、半導体デバイス等の作製に使用する単結晶シリコンの育成用に使用することができるものであり、したがって、斯かる多結晶シリコンを透過光学部材に利用することにより、低コストで得ることができる。

[0058] 尚、上述した高純度の SiHCl_3 は、以下のような周知の方法で作製することができる。

[0059] すなわち、まず、化学反応式 (2) に示すように、炭素電極アーク炉内で珪石 (SiO_2) を炭素 (C) と反応させて珪石から酸素を分離し、純度が 98% 程度の金属級 Si を作製する。

[0060] $\text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO} \cdots (2)$

次いで、化学反応式 (3) で示すように、金属級 Si を HCl と反応させる。金属級 Si に含まれる各種金属不純物は BCl_3 や FeCl_3 等の塩化物の形態で除去され、これにより高純度の SiHCl_3 を得ることができる。

[0061] $\text{Si} + 3\text{HCl} \rightarrow \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \cdots (3)$

尚、 SiHCl_3 の沸点は 31.8°C であることから、蒸留精製を繰り返すことによって純度を向上させることができ、これにより 11N の高純度を有する SiHCl_3 を容易に得ることができる。

[0062] 次に、上記透過光学材料を使用した光学デバイスについて説明する。

[0063] 図 3 は本発明に係る光学デバイスの一実施の形態としての赤外線フィルタを模式的に示した断面図である。

[0064] 該赤外線フィルタ 6 は、上記透過光学部材からなるフィルタ素子 7 と、該赤外線素子 6 の上面及び下面に形成された Ge からなる第 1 の反射防止膜 8a、8b と、該第 1 の反射防止膜 8a、8b の上面及び下面に形成された ZnS からなる第 2 の反射防止膜 9a、9b とを備えている。

- [0065] 図4は上記赤外線フィルタ6を備えた赤外線検出器の断面図である。
- [0066] この赤外線検出器は、赤外線フィルタ6が、焦電素子10を収容したパッケージ11の上面に設けられている。
- [0067] パッケージ11は、上面に開口部11aが形成され、かつ底面に孔が形成された箱型形状からなり、例えば、42Ni、りん青銅、真鍮、Cu-Ni-Zn合金、鉄などの金属材料で形成されている。
- [0068] また、該パッケージ11の内面及び外底面には、ガラスやLCP（液晶ポリエステル）樹脂等で形成された絶縁部材12a、12bが貼設されている。さらに、絶縁部材12aの内底面の所定位置には配線パターン13及びFET14が配設され、不図示の電極や配線と電氣的に接続され、表面実装型に対応するように構成されている。
- [0069] そして、赤外線フィルタ6は、前記パッケージ11の開口部11a全域を覆うように導電性接着剤15を介して前記パッケージ11に接着され、これにより赤外線フィルタ6とパッケージ11とが電氣的に接続されている。すなわち、赤外線フィルタ6は、焦電素子10に8～12 μ mの波長の赤外光線を高感度で受光させる機能と、パッケージ11の開口部11aを封止する蓋体としての機能とを有している。尚、本実施の形態では、赤外線フィルタ6は、部分的な遮蔽が施されておらず、したがって全面が赤外線を透過させるように構成されており、これにより赤外線受光領域を広くでき、検出精度の高い赤外線検出器を得ることができる。
- [0070] 上記焦電素子10は、本実施の形態では、主要部がPZT等で形成された所謂デュアルタイプで構成されている。そして焦電体16の表面に配設された2つの上部電極（受光電極）17a、17aが、直列かつ逆極性に接続され、赤外線がこれら上部電極17a、17aに同時に入射されると外部の温度変化等に伴う外部雑音を打ち消すように構成されている。
- [0071] また、絶縁部材12aの内底面適所には支持部材18が配設され、該支持部材18に前記焦電素子10が載置されている。すなわち、焦電素子10は、下部電極17b、17bを介して前記支持部材18により支持されている。

。

[0072] また、配線パターン 13 の下面には外部接続端子 19 が設けられると共に、外部接続端子 19 とパッケージ 11 の間にはガラス等の絶縁体 20 が介装され、パッケージ 11 と外部接続端子 19 とが電氣的に絶縁されるように構成されている。そして、これにより前記焦電素子 10 は、配線パターン 13 や外部接続端子 19 を介して外部機器と電氣的に接続されるようになっている。

[0073] このように構成された赤外線検出器では、人体から発する体温に応じた赤外線が赤外線フィルタ 6 を介して上部電極 17a に入射されると、焦電素子 10 は赤外線量に応じて分極の大きさが変化し、その大きさに比例した焦電電流を出力し、該焦電電流に対応する電圧信号が FET 14 のゲート端子に入力される。そして、FET 14 のドレイン端子及びソース端子間の抵抗値とソース抵抗の抵抗値とで分圧されたバイアス電圧と、ゲート端子に入力された電圧信号とが重畳されてソース端子から電圧信号が出力され、これにより人体を感知することができる。

[0074] 図 5 は本発明に係る光学装置の一実施の形態を示す模式図である。

[0075] すなわち、この光学装置は、所定の離間距離を有して配された同一の励起周波数（例えば、波長：1.55 μm ）を有する第 1 及び第 2 の半導体レーザ 22a、22b と、該第 1 及び第 2 の半導体レーザ 22a、22b から発せられるレーザ光を光軸 C1 上に案内する第 1 及び第 2 の反射鏡 23a、23b と、光軸 C1 上に配されてレーザ光が入射する LiNbO₃ 等の非線形光学結晶 24 と、第 1 及び第 2 の半導体レーザ 22a、23b からの励起光の波長（1.55 μm ）をフィルタリングする本発明の赤外線フィルタ 6 とを備えている。

[0076] このように構成された光学装置では、第 1 の半導体レーザ 22a と第 2 の半導体レーザ 22b の温度を任意の手段で極僅か変化させると、これら第 1 の半導体レーザ 22a 及び第 2 の半導体レーザ 22b の発振周波数に差が生じる。例えば、第 1 の半導体レーザ 22a の発振周波数を ω_1 、第 2 の半導

体レーザ 2 2 b の発振周波数を ω_2 とすると、第 1 の半導体レーザ 2 2 a と第 2 の半導体レーザ 2 2 b の各々発振周波数には差が生じ、差周波 $\Delta\omega$ ($=\omega_1 - \omega_2$) を有することとなる。この状態でレーザ光が非線形光学結晶 2 4 に入射すると、該非線形光学結晶 2 4 から励起周波数に起因するレーザ光（基本レーザ光）と差周波 $\Delta\omega$ に起因する差周波光が同一の光軸 C 1、C 2 上に出射する。そして、上記赤外線フィルタ 6 は、波長が $1.55\mu\text{m}$ の近赤外領域の赤外光線（励起光）をフィルタリングすることができるので、波長の大きな遠赤外光線の差周波 $\Delta\omega$ のみを光軸 C 2 上に出射することができ、差周波光のみを容易に取り出すことができる。

[0077] 尚、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。上記実施の形態では、赤外線フィルタ 6 として、平板上のものを例示したが、レンズ形状としてもよく、この場合はフィルタ機能とレンズ機能とを併せ持つ各種光学部品を実現することが可能である。

[0078] 次に、本発明の実施例を具体的に説明する。

実施例

[0079] 〔試料の作製〕

〔実施例 1〕

〔発明を実施するための最良の形態〕の項で説明した CVD 装置（図 2）を使用して多結晶シリコンを作製した。

[0080] すなわち、ヒータが埋設された直径 5～6 mm の高純度の多結晶シリコンからなるロッドを反応容器内に装着して減圧状態とする一方、ヒータ設定温度を 850°C に昇温させた。そして、高純度の SiHCl_3 と H_2 からなる原料ガスを反応容器内に導入し、 SiHCl_3 を還元し、Si をロッド上に析出させて堆積させ、これにより実施例 1 の試料（多結晶シリコン）を作製した。

[0081] 作製した多結晶シリコンの純度を測定したところ、11N（99.9999999999%）であった。

[0082] 〔比較例 1〕

ヒータ設定温度を1050℃とした以外は、〔実施例1〕と同様の方法で比較例1の試料（多結晶シリコン）を作製した。尚、比較例1の純度は、11Nであった。

[0083] 〔比較例2〕

比較例1の多結晶シリコンを使用し、FZ法により単結晶シリコンを作製した。

[0084] すなわち、容器内に比較例1の多結晶シリコンを配し、印加周波数3MHzとして高周波加熱を行い、前記多結晶シリコンを溶融させた後、種結晶（単結晶シリコン）を用いて種結晶と同一の方位に再凝固させ、これにより比較例2の試料（単結晶シリコン）を作製した。純度は、11Nであった。

[0085] 〔試料の評価〕

実施例1、比較例1、2の各試料を平行に切り出して両面を光学研磨し、高速フーリエ赤外分光装置（FT-IR）によって赤外線の透過スペクトルを測定した。すなわち、まず、試料の存在しない状態で各波長のブランク値を測定し、その後、測定装置に試料を装着して同様の測定を行い、各波長における比から直線透過率を測定し、透過スペクトルを得た。

[0086] 図6は実施例1の透過スペクトル、図7は比較例1の透過スペクトル、図8は比較例2の透過スペクトルをそれぞれ示している。横軸は波長（ μm ）、縦軸は直線透過率（%）を示している。

[0087] また、表1は波長10 μm における赤外光線の直線透過率を1とし、波長4 μm 、波長3 μm 、及び波長2 μm における直線透過率の比率をそれぞれ示している。

[0088] 尚、各直線透過率は、それぞれ10回測定してその平均値を算出し、各比率は、これら直線透過率の平均値から求めた。

[0089] また、実施例1と比較例1については、結晶粒子の平均結晶粒径を測定した。すなわち、各試料を鏡面研磨して電子顕微鏡／後方散乱電子回折パターン（FE-SEM／EBSP）システムで計測し、EBSP解析ソフトウェア（TSLソリューションズ社製、OIM Analysis Ver. 4

6) を使用して結晶粒子の平均粒径を算出した。

[0090] 表 2 は実施例 1 と比較例 1 の試料の平均結晶粒径を示している。

[0091] [表1]

試料 No.	波長			
	10 μ m	4 μ m	3 μ m	2 μ m
実施例1	1	0.81	0.69	0.45
比較例1	1	1.03	0.98	0.88
比較例2	1	1.05	1.03	1.01

[0092] [表2]

試料 No.	結晶粒子の平均粒径 (μ m)
実施例1	1
比較例1	10

[0093] 比較例 1 の試料は、図 7 から明らかなように、波長が 2 ～ 6 μ m の中・近赤外領域でも波長 8 ～ 12 μ m の波長域と略同等の直線透過率を示している。また、表 1 に示すように、波長 4 μ m、波長 3 μ m、及び波長 2 μ m の直線透過率は、波長 10 μ m の直線透過率に対し、比率がそれぞれ 1.03、0.98、及び 0.88 であった。したがって、中赤外領域の赤外光線が迷光となって S/N 比が劣化し、人体感知の精度低下を招くため、人体感知用の透過光学材料としては不向きである。

[0094] これは比較例 1 の試料は、1050℃の高温で多結晶シリコンを作製しているため、表 2 に示すように、平均結晶粒径が 10 μ m と粗大化したためと考えられる。

[0095] 比較例 2 の試料も、図 8 から明らかなように、広範な波長域で透過スペクトルは平坦であり、比較例 1 と略同様、波長が 2 ～ 6 μ m の中・近赤外領域でも波長 8 ～ 12 μ m の波長域と略同等の直線透過率を示している。また、表 1 に示すように、波長 4 μ m、波長 3 μ m、及び波長 2 μ m の直線透過率は、波長 10 μ m の直線透過率に対し、比率がそれぞれ及び 1.05、1.03、及び 1.01 であった。したがって、比較例 1 と略同様、中赤外の光

線が迷光となってS/N比が劣化し、人体感知の精度低下を招くため、人体感知用の透過光学材料としては不向きである。

[0096] これは比較例2の試料は、FZ法で作製しているため、酸素欠陥が比較的少なく、このため10 μ m近傍の8～12 μ mの波長域でも良好な赤外透過性を有しているものの、粒界部での散乱がないため、中赤外領域での透過率が高くなったものと考えられる。

[0097] これに対し実施例1はヒータ設定温度を850 $^{\circ}$ Cにして高純度の多結晶シリコンを得ているので、表2に示すように、平均結晶粒径を1 μ mとなって5 μ m以下に抑制でき、結晶粒子は粗大化するのを回避できた。

[0098] そしてその結果、図6に示すように、8～12 μ mの波長域の直線透過率に比べ、波長4 μ m以下の波長域の直線透過率を低下している。そして、表1に示すように、波長10 μ mの赤外光線に比べ、波長4 μ mの赤外光線は81%、波長3 μ m赤外光線は69%しか透過せず、また波長2 μ mの赤外光線は45%しか透過しないことが分かった。

[0099] すなわち、実施例1の試料は、10 μ m近傍の8～12 μ mの波長域での直線透過率が良好で、かつ波長4 μ m以下の赤外光線を効果的に吸収・散乱できることが確認された。

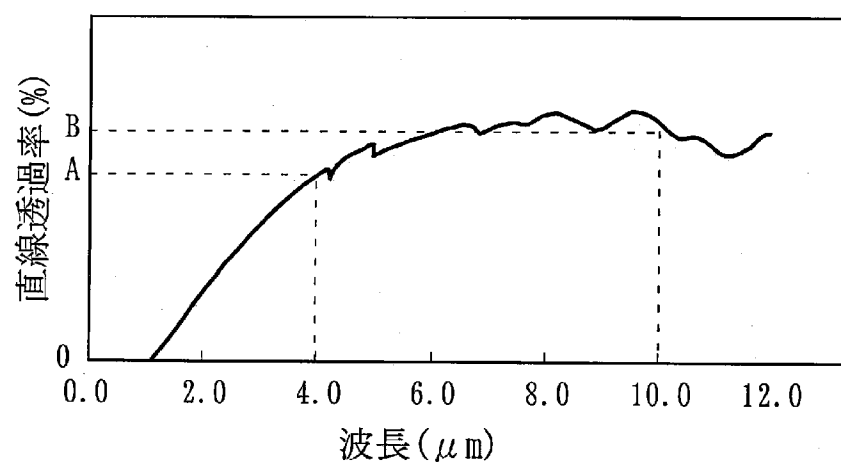
符号の説明

- [0100] 2 ロッド（基材）
3 反応容器
5 多結晶シリコン
6 赤外線フィルタ
22a 第1の半導体レーザ
22b 第2の半導体レーザ
24 非線形光学結晶

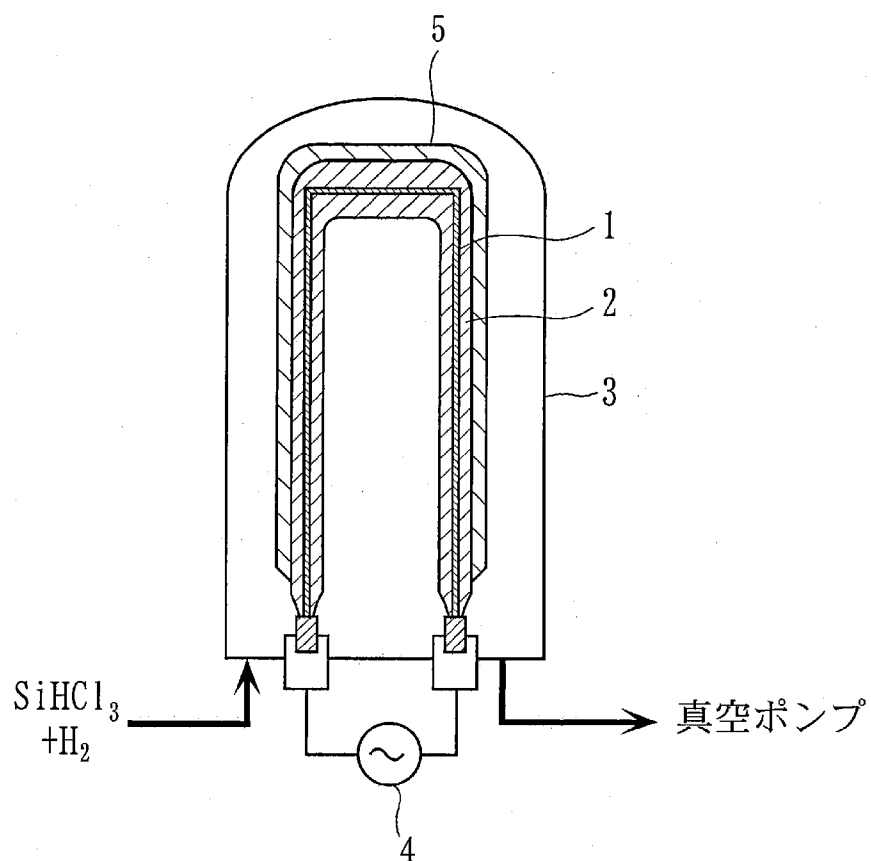
請求の範囲

- [請求項1] 高純度のトリクロロシランを原料として形成された多結晶シリコンからなり、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下の波長域の赤外光線を吸収・散乱することを特徴とする赤外光線用透過光学部材。
- [請求項2] 波長 $4\text{ }\mu\text{m}$ における赤外線の透過率Aと波長 $10\text{ }\mu\text{m}$ における赤外線の透過率Bとの比 A/B が0.9以下であることを特徴とする請求項1記載の赤外光線用透過光学部材。
- [請求項3] 前記多結晶シリコンの平均結晶粒径が、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の赤外光線用透過光学部材。
- [請求項4] 前記多結晶シリコンは、化学蒸着法を使用して形成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の赤外光線用透過光学部材。
- [請求項5] 反応容器に内蔵された基材を $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱すると共に、高純度のトリクロロシラン及び水素を少なくとも含む原料ガスを前記反応容器に供給して前記トリクロロシランを還元し、前記基材上に多結晶シリコンを堆積することを特徴とする赤外光線用透過光学部材の製造方法。
- [請求項6] 主要部が、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の赤外光線用透過光学部材を備えたことを特徴とする光学デバイス。
- [請求項7] 赤外線検出器であることを特徴とする請求項6記載の光学デバイス。
- [請求項8] 同一の光軸上にレーザ光を出射する第1及び第2の半導体レーザと、前記光軸上に配されて前記レーザ光が入射される非線形光学結晶と、前記非線形光学結晶から出射されるレーザ光のうち特定波長域の光線をフィルタリングするフィルタ手段とを有し、
前記フィルタ手段が、請求項6記載の光学デバイスで構成されていることを特徴とする光学装置。

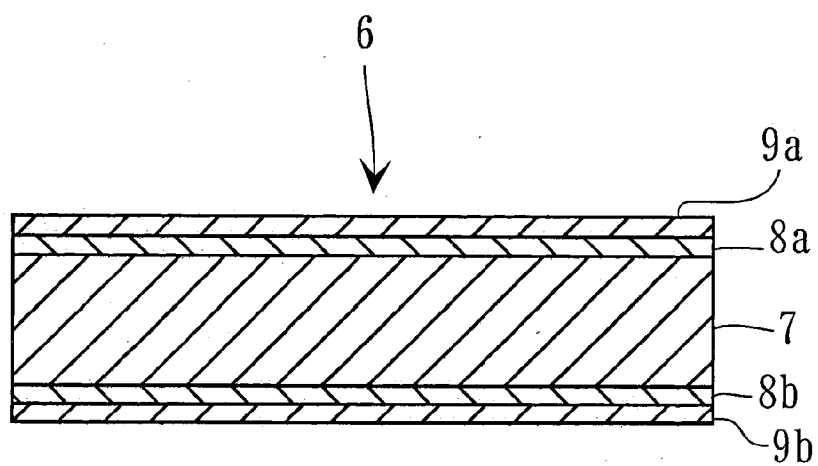
[図1]



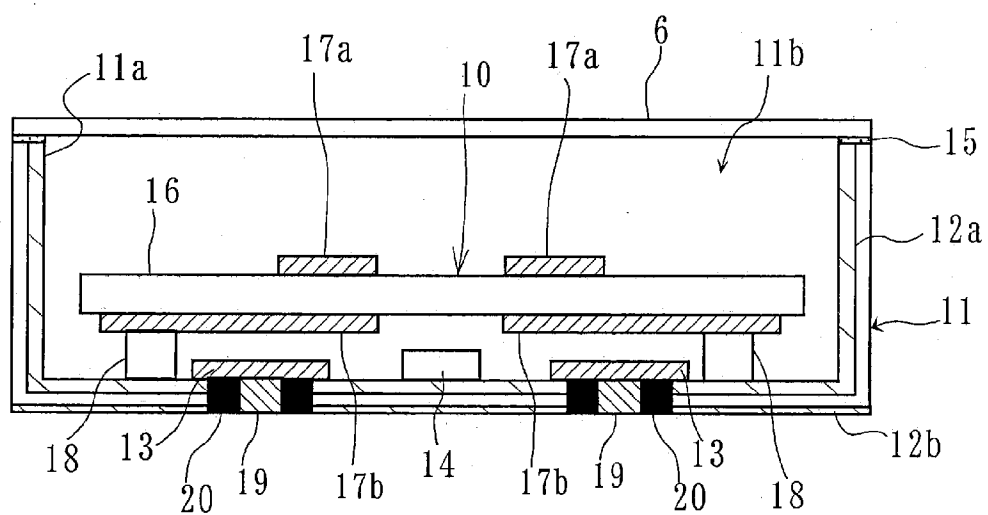
[図2]



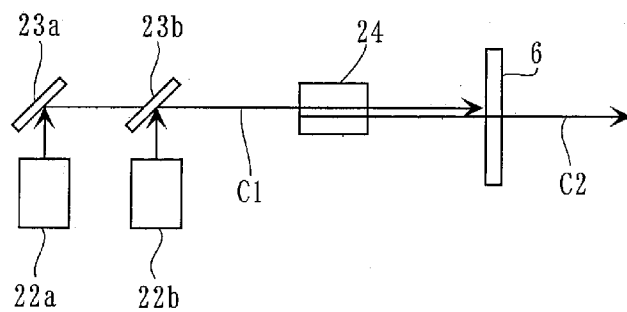
[図3]



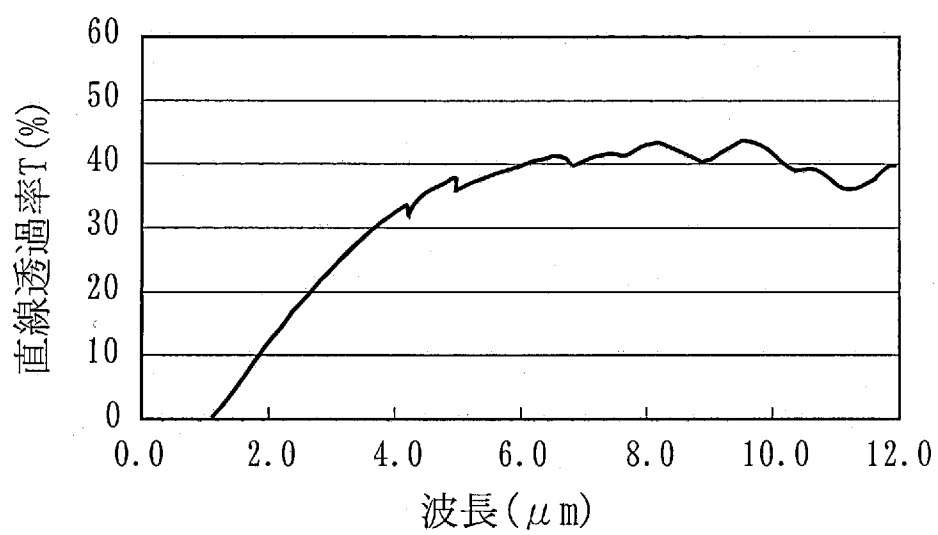
[図4]



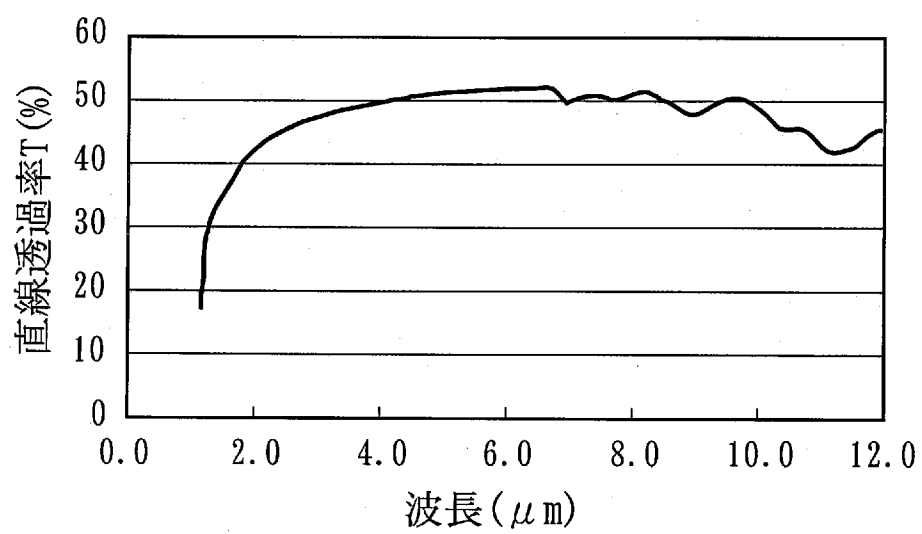
[図5]



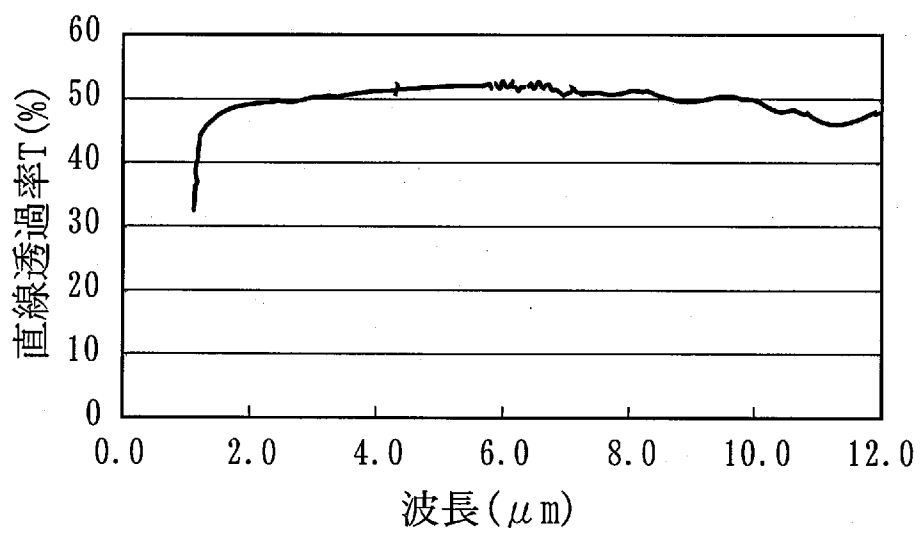
[図6]



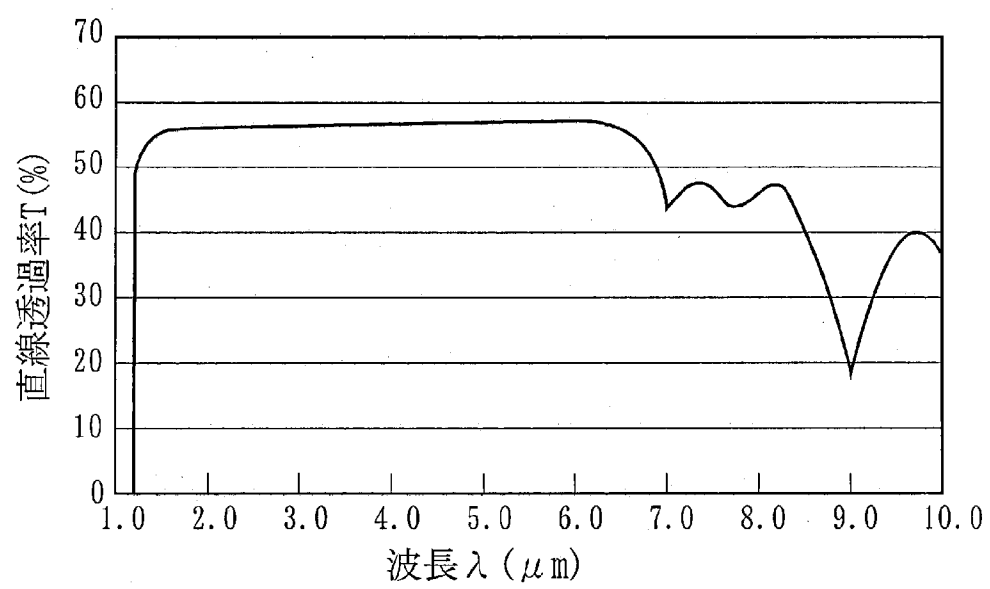
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/071315

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B5/22(2006.01)i, G01J5/08(2006.01)i, G02B1/02(2006.01)i, C01B33/03(2006.01)n

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)

G02B5/22, G01J5/08, G02B1/02, C01B33/03

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 5-60901 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 March 1993 (12.03.1993), paragraphs [0009] to [0013]; sample no.2; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-6
A	JP 2002-234774 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 23 August 2002 (23.08.2002), paragraphs [0013], [0022] to [0027]; fig. 1 & US 2003/0020887 A1 & EP 1340730 A1 & WO 2002/046120 A1 & DE 60138642 D & TW 546487 B & CN 1409155 A	1-3, 6, 7



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

18 March, 2010 (18.03.10)

Date of mailing of the international search report

30 March, 2010 (30.03.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/071315

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-233802 A (Kobe Steel, Ltd.), 19 August 2004 (19.08.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 4-315927 A (Horiba, Ltd.), 06 November 1992 (06.11.1992), entire text; all drawings (Family: none)	7
A	JP 6-213725 A (Terumo Corp.), 05 August 1994 (05.08.1994), entire text; all drawings (Family: none)	7
A	JP 2003-42950 A (Zaidan Hojin Oyo Kogaku Kenkyusho), 13 February 2003 (13.02.2003), paragraphs [0012], [0013], [0019], [0020]; fig. 3 (Family: none)	8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02B5/22(2006.01)i, G01J5/08(2006.01)i, G02B1/02(2006.01)i, C01B33/03(2006.01)n			
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（I P C）） Int.Cl. G02B5/22, G01J5/08, G02B1/02, C01B33/03			
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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6年 1 9 7 1－2 0 1 0年 1 9 9 6－2 0 1 0年 1 9 9 4－2 0 1 0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
A	J P 5－6 0 9 0 1 A（松下電器産業株式会社） 1 9 9 3. 0 3. 1 2, 【0 0 0 9】－【0 0 1 3】試料No. 2, 第1－3図 （ファミリーなし）		1－6
☒ 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 1 8. 0 3. 2 0 1 0		国際調査報告の発送日 3 0. 0 3. 2 0 1 0	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号1 0 0－8 9 1 5 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） 本田 博幸 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 2 7 1	2 0 2 9 0 5

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
A	JP 2002-234774 A (住友電気工業株式会社) 2002.08.23, 【0013】, 【0022】 - 【0027】, 第1図 & US 2003/0020887 A1 & EP 1340730 A1 & WO 2002/046120 A1 & DE 60138642 D & TW 546487 B & CN 1409155 A	1-3, 6, 7
A	JP 2004-233802 A (株式会社神戸製鋼所) 2004.08.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 4-315927 A (株式会社堀場製作所) 1992.11.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7
A	JP 6-213725 A (テルモ株式会社) 1994.08.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7
A	JP 2003-42950 A (財団法人応用光学研究所) 2003.02.13, 【0012】, 【0013】, 【0019】, 【0020】, 第3図 (ファミリーなし)	8