

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4112126号

(P4112126)

(45) 発行日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(24) 登録日 平成20年4月18日(2008.4.18)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 6 / 3 2 (2006. 01) G O 2 B 6 / 3 2
G 0 2 B 6 / 3 8 (2006. 01) G O 2 B 6 / 3 8

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-232369
 (22) 出願日 平成11年8月19日(1999.8.19)
 (65) 公開番号 特開2001-56418(P2001-56418A)
 (43) 公開日 平成13年2月27日(2001.2.27)
 審査請求日 平成18年6月26日(2006.6.26)

(73) 特許権者 000000572
 アンリツ株式会社
 神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号
 (74) 代理人 100067323
 弁理士 西村 敦光
 (72) 発明者 津田 幸夫
 東京都港区南麻布五丁目10番27号 ア
 ンリツ株式会社内

審査官 前川 慎喜

(56) 参考文献 特開平09-258059(JP,A)
 特開平05-027146(JP,A)
 特開平02-151820(JP,A)
 特開平02-281210(JP,A)
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバコード(2)から出力される光を平行光に変換して出射、又は平行光を前記光ファイバコードへ集光する光学系(1)において、

前記光ファイバコードの端部に設けられ、端面(3a)が斜めに研磨された斜研磨フェルルール(3)と、

コリメートレンズ(4)と、

両端面(5a, 5b)が平行に斜め研磨された斜研磨光学素子(5)と、

前記斜研磨フェルルールの出射位置(3a)が前記コリメートレンズの焦点位置であって、且つ前記斜研磨フェルルールの中心軸(L1)と前記コリメートレンズの光軸が一致するように、前記斜研磨フェルルール、前記コリメートレンズ、前記斜研磨光学素子の順にこれらの部品を固定するホルダー(6)とを備えており、

出射又は入射される光の光軸が前記ホルダーの中心軸と一致するように、前記斜研磨光学素子の形状及び材質の屈折率が規定されていることを特徴とする光学系。

【請求項2】

前記斜研磨フェルルール、前記コリメートレンズ及び前記斜研磨光学素子はそれぞれ円柱状をなしており、

前記ホルダー(6)は割スリーブからなることを特徴とする請求項1記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバコードから出射される光を平行光に変換し、平行光を光ファイバコードへ集光するコリメート/集光光学系に関する。

【0002】**【従来の技術】**

従来、光ファイバコードのコア中を伝搬する光のパワーや波長帯域を制限する場合、図7に示すような構成の光学系が一般的に採用されている。

【0003】

図7に示す光学系21では、光ファイバコード22のコア中を伝搬する光をレンズ23を用いて空気中での平行な光に変換した後、所望の減衰素子24あるいはフィルタ素子25を通過させ、その後レンズ26にて再び光ファイバコード27へ集光している。

10

【0004】

ところで、近年、光ファイバコード22, 27の先端部に設けられるフェルール28としては、図8に示すように、端面28aが斜めにカットされた斜研磨フェルール28Aが使用されつつある。これにより、端面28aで反射した光が再び光ファイバコード22, 27へ入射し、戻り光として光源の安定度に影響を及ぼさないようにしている。

【0005】

しかしながら、光ファイバコード22, 27のフェルール28として斜研磨フェルール28Aを用いると、図8に示すように、出射された光の光軸L10は、斜研磨フェルール28Aの中心軸L11と一致しなくなる。通常使用されるフェルール28の光軸はコアの中心と一致している。

20

【0006】

そして、一对のコリメート/集光光学系を組み立てる場合、出射側の光学系を組み立てた後、光学部品を配置し、最後に受け側である集光側の光学系の軸合わせを行っている。

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上述した軸合わせ作業には熟練が必要であった。この問題を解決するため、図9(a), (b)に示すように、円筒状ホルダー31と出射光光軸とが一致するように斜研磨フェルール28Aとレンズ23(又は26)を円筒状ホルダー31に固定したコリメート/集光光学系が提案されている。

30

【0008】

このコリメート/集光光学系では、図9(a), (b)に示す如く、円筒状ホルダー31の外形の中心軸と光軸とが一致するように、円筒状ホルダー31の内径の中心を外形の中心からずらして切削されている。

【0009】

そして、上記のような軸外し円筒状ホルダー31に斜研磨フェルール28Aとレンズ23(又は26)とが組み込まれたコリメータ/集光光学系を、図10に示すようなコの字型の保持台32にドリルを貫通させてあけた2箇所穴33に対して用いると、円柱状ホルダー31の外形中心と光軸とを一致させることができる。これにより、光軸調整を行わなくても、損失の小さい光学系を製作することができる。

40

【0010】

しかしながら、上記のような従来の軸外し円筒状ホルダー31を用いた光学系では、外形と内径の中心をわずかにずらせるという精密な加工を必要とする欠点があった。

【0011】

そこで、本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、精密な加工を必要とすることなく製作の簡易化を図って斜研磨フェルールによりずれる出射光又は入射光の光軸を一致させることができる光学系を提供することを目的としている。

【0012】**【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成するため、請求項1の発明は、光ファイバコード2から出力される光を

50

平行光に変換して出射、又は平行光を前記光ファイバコードへ集光する光学系 1 において、

前記光ファイバコードの端部に設けられ、端面 3 a が斜めに研磨された斜研磨フェルール 3 と、

コリメートレンズ 4 と、

両端面 5 a , 5 b が平行に斜め研磨された斜研磨光学素子 5 と、

前記斜研磨フェルールの出射位置 3 a が前記コリメートレンズの焦点位置であって、且つ前記斜研磨フェルールの中心軸 L 1 と前記コリメートレンズの光軸が一致するように、前記斜研磨フェルール、前記コリメートレンズ、前記斜研磨光学素子の順にこれらの部品を固定するホルダー 6 とを備えており、

出射又は入射される光の光軸が前記ホルダーの中心軸と一致するように、前記斜研磨光学素子の形状及び材質の屈折率が規定されていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 の光学系において、

前記斜研磨フェルール、前記コリメートレンズ及び前記斜研磨光学素子はそれぞれ円柱状をなしており、

前記ホルダー 6 は割スリーブからなることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明による光学系の実施の形態を示す図である。

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すように、本例における光学系 1 は、光ファイバコード 2 の先端部に設けられる斜研磨フェルール 3、レンズ 4、斜研磨光学素子 5、ホルダー 6 を備えて構成される。単一のホルダー 6 内には、斜研磨フェルール 3、レンズ 4、斜研磨光学素子 5 の順にこれらの部品 3, 4, 5 が所定間隔をおいて固定されている。そして、斜研磨光学素子 5 は、出射又は入射される光の光軸がホルダー 6 の中心軸と一致するように、形状及び材質の屈折率が規定されている。

【 0 0 1 6 】

本例における光学系 1 では、斜研磨フェルール 3 側から光が入射されると、その光をレンズ 4 を介して平行光に変換して斜研磨光学素子 5 から出射している。これに対し、斜研磨光学素子 5 側から平行光が入射されると、その平行光をレンズ 4 を介して斜研磨フェルール 3 のコア中心軸（図中一点鎖線で示す L 1）上に集光している。

【 0 0 1 7 】

ホルダー 6 は、部品加工精度を吸収することを目的として、円筒状の割スリーブが用いられる。ホルダーをなす割スリーブ 6 には、円筒の中心軸と平行で、かつ中心軸に沿って貫通したスリット状の切れ目 6 a が形成されている。

【 0 0 1 8 】

円柱状をなす斜研磨フェルール 3 は、先端面 3 a がコア中心軸 L 1 と直交する面に対し、例えば 4° ~ 8° 程度の角度を持って斜めにカットされている。これにより、先端面 3 a で反射した光が再び光ファイバコード 2 へ入射し、戻り光として光源の安定度に影響を及ぼさないようにしている。斜研磨フェルール 3 は、先端面 3 a がレンズ 4 側に向くように割スリーブ 6 内に設置して固定されている。

【 0 0 1 9 】

レンズ 4 は、斜研磨フェルール 3 側から入射された光を平行光に変換して出力し、斜研磨光学素子 5 から入射された平行光を斜研磨フェルール 3 のコア中心軸 L 1 上に集光している。レンズ 4 は、例えば図 1 に示すような両端面が凸状の球面をなす円柱状のドラムレンズの他、セルフロックレンズ等のコリメータレンズで構成することができる。レンズ 4 は、斜研磨フェルール 3 と斜研磨光学素子 5 との間で割スリーブ 6 内のほぼ中心位置で、かつ先端面 3 a からレンズの主点までの距離が焦点距離となる位置に設置して固定されている。

10

20

30

40

50

【0020】

斜研磨光学素子5は、両端面が平行に斜め研磨された円柱状の光学素子で構成される。斜研磨光学素子5は、一方の斜研磨面がレンズ4側に向くように割スリーブ6内に設置して固定されている。斜研磨光学素子5は、光が入射する二つの面(両端面)5a, 5bが互いに高精度に平行であり、出射又は入射される光の光軸が割スリーブ6の中心軸と一致するように、その形状、材質の屈折率、斜研磨角度、長さ、斜研磨フェルールとの距離、光軸との角度、軸回りの設置角等が規定されている。

【0021】

ここで、上記斜研磨光学素子5の両端面5a, 5bの平行度は高精度に仕上げられている必要があり、特に長い距離に亘って平行光を伝搬する場合には、特に重要となる。例えば円柱状の光学素子の両端面を独立して斜研磨した場合には、その平行度は非常に悪く、実用的に用いることが出来ない。

10

【0022】

このため、上記円柱状の斜研磨光学素子5は、以下に説明する加工方法の手順によって作製される。

【0023】

まず、図2(a)に示すように、高精度に仕上げられた平面平板11を四角柱状に切り出す。続いて、図2(b)に示すように、四角柱状に切り出したもの12を一般的な加工精度で斜め8°に傾いた四角柱状に切り分ける。この時、円柱状に切り出す必要はない。その後、図2(c)に示すように、斜め8°に傾いた四角柱状に切り分けたもの13を円筒ホルダ14内に挿入し、回りを接着固定する。これにより、円柱状の斜研磨光学素子5が完成する。

20

【0024】

次に、上記斜研磨光学素子5の具体例を図3(a)~(c)に基づいて説明する。

【0025】

図3(a)に示すように、斜研磨フェルール3のコア部分の屈折率を $n_0 (= 1.5)$ 、先端面3aの斜研磨角度を $\theta_0 (= 8^\circ)$ 、空気の屈折率を $n_1 (= 1)$ とすると、出射光の回折角 θ_1 は、スネルの法則より、 $n_0 \cdot \sin \theta_0 = n_1 \cdot \sin \theta_1$ 、 $\theta_1 = \sin^{-1}(n_0 / n_1 \cdot \sin \theta_0) = 12^\circ$ となる。よって、振れ角(斜研磨フェルール3のコア中心軸L1と出射光軸L2とがなす角)は、 $\theta = \theta_1 - \theta_0 = 4^\circ$ となる。

30

【0026】

図3(b)に示すように、斜研磨フェルール3の先端面3aに対するレンズ4の焦点距離を $f (= 2 \text{ mm})$ とすると、平行光軸のずれ量 x (斜研磨フェルール3のコア中心軸L1-L1から平行光の光軸L3-L3までの距離)は、 $x = f \cdot \tan \theta = 0.14 \text{ mm}$ となる。

【0027】

斜研磨光学素子5として、屈折率 $n_3 (= 1.5)$ のBK7(ホウケイ酸クラウンガラス)を、斜研磨角度 $\theta_2 (= 8^\circ)$ にて研磨したものをを用いる場合の素子の長さ I を以下の手順にて求める。

【0028】

光軸L4と入射面5aとの交点を点A、光軸L4と出射面5bとの交点を点B、点Aから斜研磨フェルール3のコア中心軸L1に下した垂線との交点を点C、入射面5aと斜研磨フェルール3のコア中心軸L1との交点を点Dとする。

40

【0029】

屈折角 θ_3 は、スネルの法則より、 $n_1 \cdot \sin \theta_2 = n_3 \cdot \sin \theta_3$ 、 $\theta_3 = \sin^{-1}(n_1 / n_3 \cdot \sin \theta_2) = 5.3^\circ$ となる。

【0030】

よって、 $\angle CAB$ は、 $\angle CAB = 90^\circ - \theta_2 + \theta_3 = 87.3^\circ$ となる。また、辺CBの長さは、 $CB = x \cdot \tan \angle CAB = 2.97 \text{ mm}$ となる。さらに、辺DCの長さは、 $DC = x \cdot \tan \theta_2 = 0.02 \text{ mm}$ となる。

50

【0031】

よって、斜研磨光学素子5の長さIは、 $I = CB + DC = 3 \text{ mm}$ となる。

【0032】

ところで、図10に示すような光学系において、コア径 $10 \mu\text{m}$ で先端面の斜研磨角度が 8° に形成された斜研磨フェルール28Aと、焦点距離 2 mm のレンズ23（又は26）とを用いた場合、平行光の軸ずれ量と結合効率の関係を計算すると、図4の様な特性を示す。

【0033】

そして、上記光学系のように、斜研磨光学素子5を用いない場合の軸ずれ量の最悪値は $140 \mu\text{m} \times 2 = 280 \mu\text{m}$ となる。従って、斜研磨光学素子5を用いない光学系では、最悪 10 dB 近くの損失を発生することになる。

10

【0034】

これに対し、本例では、斜研磨フェルール3及びレンズ4に加えて斜研磨光学素子5を同一の割スリーブ（ホルダー）6に固定して光学系1を構成し、以下に説明するように、損失を抑えて十分実用に耐えられるようになっている。

【0035】

まず、斜研磨光学素子5の長さIの加工精度が結合効率に及ぼす影響について説明すると、斜研磨光学素子5の長さIと軸ずれ量 x は比例関係にあり、長さIの変化量 ΔI に対する軸ずれ量 x の変化量 Δx は、 $\Delta x / x = \Delta I / I$ と表される。この式に、前記の値 $x = 140 \mu\text{m}$ 、 $I = 3 \text{ mm}$ 、及び、一般的な加工精度として $\Delta I = \pm 0.1 \text{ mm}$ 程度を代入すると、 $\Delta x = \pm 4.7 \mu\text{m}$ となる。

20

【0036】

従って、両コリメート間の軸ずれ量は $10 \mu\text{m}$ 以下、損失の最悪値は 0.02 dB 以下と非常に小さいものであり、十分実用に用いる事が出来る。

【0037】

次に、斜研磨光学素子5の斜研磨角度 θ_2 の加工精度が結合効率に及ぼす影響について説明すると、斜研磨光学素子5の斜研磨角度 θ_2 の加工精度は $\pm 0.5^\circ$ 程度である。この時の屈折角 θ_3 の変化量 $\Delta \theta_3$ は、 θ_3 を求める式を θ_2 にて微分することにより求められ、 $\Delta \theta_3 = \pm 0.33^\circ$ である。そして、この時の軸ずれ量 x の変化量 Δx は、 $\Delta x = BC / \cos \theta_3 \cdot \tan \theta_3 \cdot \Delta \theta_3 = \pm 17 \mu\text{m}$ となる。

30

【0038】

従って、両コリメート間の軸ずれ量は $35 \mu\text{m}$ 以下、損失の最悪値は前記平行軸ずれの場合よりは大きくなり 0.2 dB 以下である。しかしながら、実用に用いる場合でも十分許容できる範囲である。

【0039】

次に、軸回りの回転トレランスについて説明する。斜研磨フェルール3と斜研磨光学素子5が割スリーブ6の中心軸L5に対して相対的に回転すると、出射光軸L6が中心軸L5と一致しなくなる。図5の破線で示すように、出射光軸L6は、出射側から光学系1を見ると、一端が中心軸L5を通り半径 $140 \mu\text{m}$ の円周上に位置する。相対回転角を微小角 θ とすると、軸ずれ量 x の変化量 Δx は、 $\Delta x = x \cdot \theta$ 、但し θ はradなので、加工（調整）精度を $\pm 2^\circ$ とすると、 $\Delta x = 5 \mu\text{m}$ となる。

40

【0040】

従って、平行軸ずれの場合と同様に、損失の最悪値は 0.02 dB 以下と非常に小さいものであり、十分実用に用いる事が出来る。

【0041】

ところで、光学系1を設計する場合においては、多重反射の影響を考慮に入れなければならない。

【0042】

具体的には、図6に示すように、斜研磨フェルール3の端面3aと斜研磨光学素子5の端面5a間の多重反射、斜研磨光学素子5の両端5a, 5b間の多重反射、それらの複合多

50

重反射、上記以外の面における多重反射等々を考慮する必要がある。

【0043】

この多重反射の影響は、結合効率の波長依存性の劣化として現れたり、光源へ戻り光として戻る場合には光源の安定性の劣化として現れたりする。

【0044】

そこで、主光ビームおよび多重反射光のビーム径、多重反射光の軸ずれ量、多重反射光の角度ずれ量、反射面における反射率、透過率等から受光系に対する結合効率（および戻り光の比率）を計算し、系に影響を及ぼさない値となるように、斜研磨光学素子5の材質（屈折率）、斜研磨角度、長さ、減反射コーティング、斜研磨フェルール3との距離等を決定する。

10

【0045】

このように、本実施の形態の光学系1では、斜研磨フェルール3及びレンズ4の構成に加え、両端5a, 5bが平行に斜研磨されている斜研磨光学素子5を同一のホルダー（割スリーブ）6に収容固定している。そして、斜研磨光学素子5は、出射又は入射される光の光軸がホルダー6の中心軸L5と一致するように形状及び材質の屈折率が規定されている。これにより、従来のような精密な加工を必要とすることなく光学系の製作の簡易化が図れ、斜研磨フェルール3によりずれる出射光又は入射光の光軸を一致させることができる。

【0046】

そして、光ファイバコードを伝搬する光のパワーや波長帯域を制限する場合には、各構成部品（斜研磨フェルール3、レンズ4、斜研磨光学素子5）が対称に配置されるように、図10の破線で囲む部分（保持台32の2箇所穴33, 33）に本例の光学系1を対にして取り付ければ、特別な光軸調整を行うことなく、損失の小さい平行光学系を構成することができる。

20

【0047】

【発明の効果】

以上の説明で明らかなように、本発明によれば、従来のような高精度の加工技術を用いなくても、斜研磨フェルールによりずれる出射光又は入射光の光軸を一致させることができ、製作の簡易化が図れるという効果を奏する。

【0048】

特に、請求項2の光学系によれば、各部品（斜研磨フェルール、コリメートレンズ、斜研磨光学素子）の加工精度を吸収した状態で、従来のような高精度の加工技術を用いることなく、斜研磨フェルールによりずれる出射光又は入射光の光軸を一致させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光学系の実施の形態を示す側断面図

【図2】(a)～(c)斜研磨光学素子の加工手順を示す図

【図3】(a)～(c)斜研磨光学素子の具体例を説明するための図

【図4】斜研磨光学素子を用いない場合の軸ずれ量に対する損失の特性図

【図5】本発明による光学系を出射側から見た図

40

【図6】(a)斜研磨フェルール端面と斜研磨光学素子端面間の多重反射を示す図

(b)斜研磨光学素子両端面間の多重反射を示す図

【図7】光ファイバコードを伝搬する光のパワーや波長帯域を変換するときに採用される一般的な光学系の構成図

【図8】斜研磨フェルールを有する光ファイバコードの側面図

【図9】(a)出射光の光軸合わせに円筒状ホルダーを採用した従来の光学系の側断面図

(b)円筒状ホルダーを出射側から見た断面図

【図10】図9の円筒状ホルダーを採用した光学系を保持台に取り付けた状態の断面図

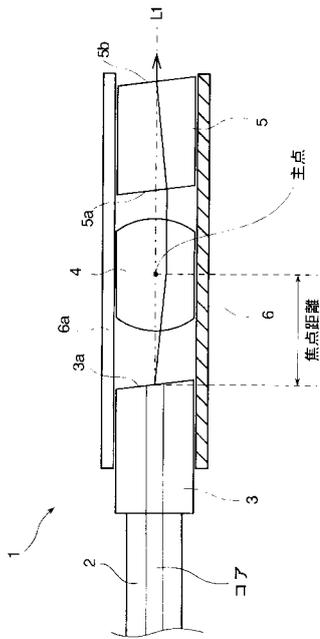
【符号の説明】

1...光学系、2...光ファイバコード、3...斜研磨フェルール、3a...先端面、4...レンズ

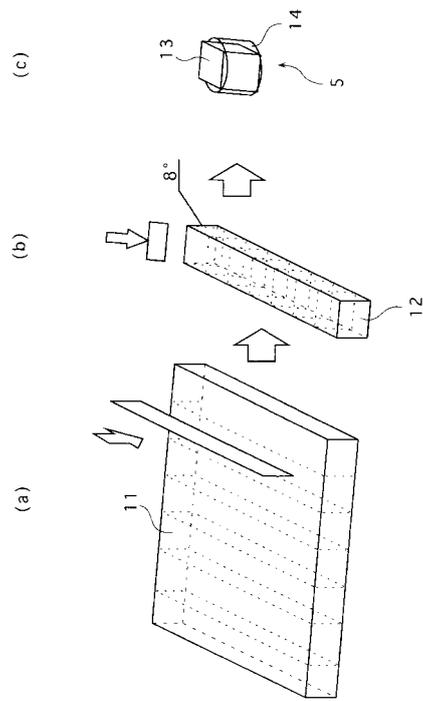
50

、 5 ... 斜研磨光学素子、 5 a , 5 b ... 入出射面、 6 ... ホルダー（割スリーブ）、 6 a ... 切れ目。

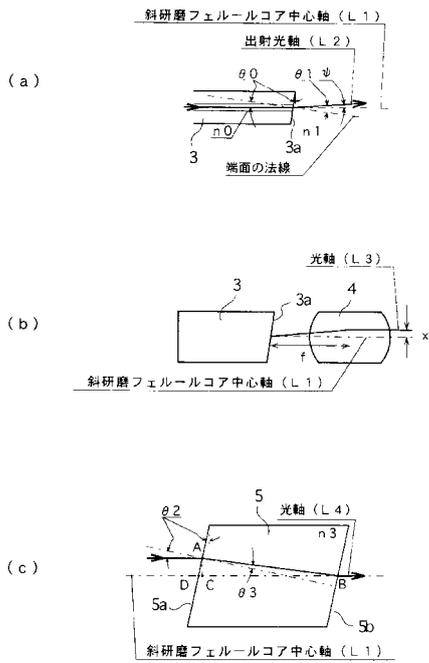
【図 1】



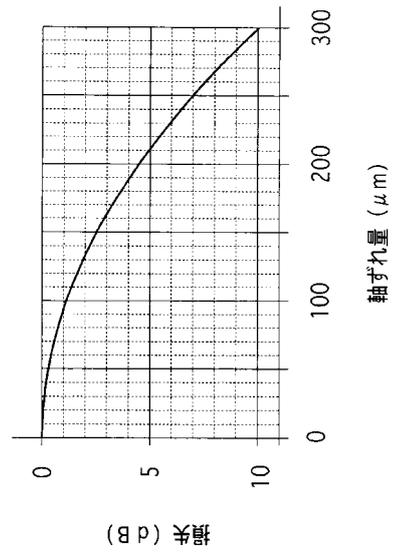
【図 2】



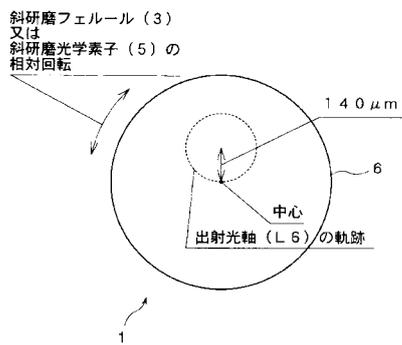
【図3】



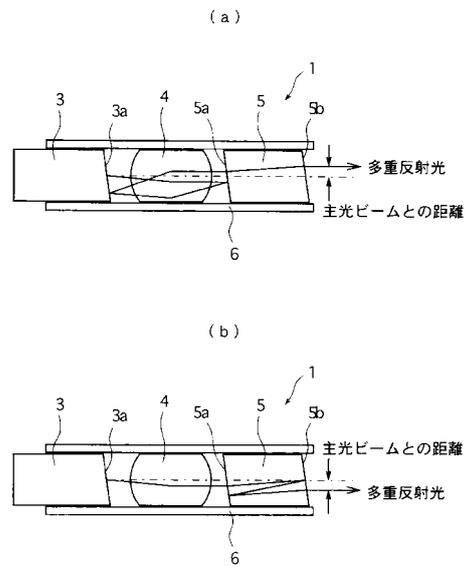
【図4】



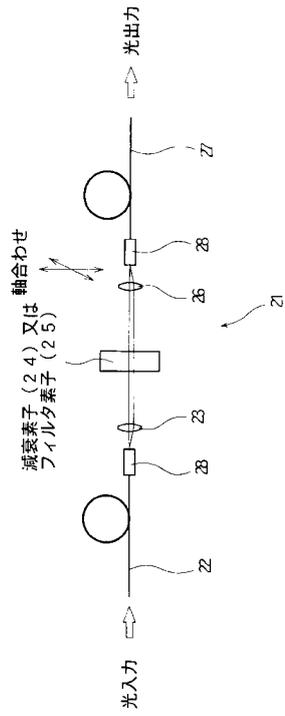
【図5】



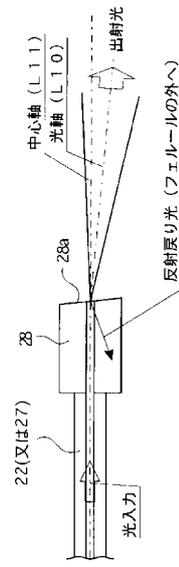
【図6】



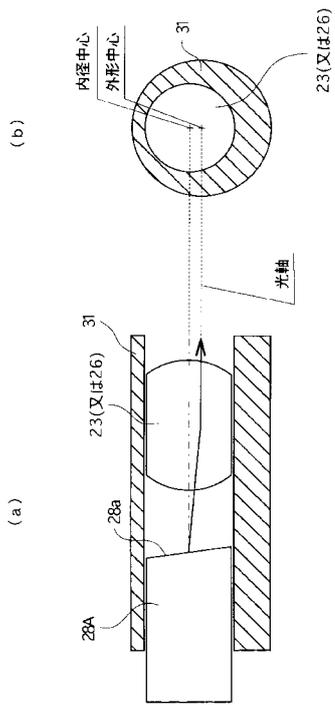
【 図 7 】



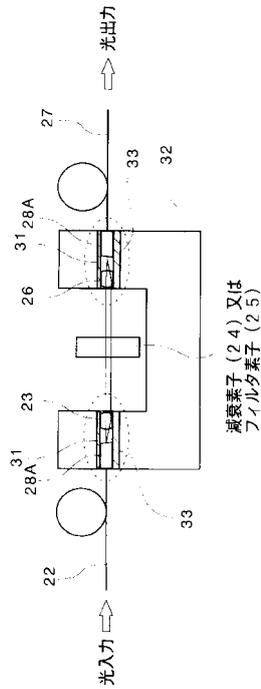
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G02B 6/24 - 6/255、6/36 - 6/40

G02B 6/26、6/27、6/30 - 6/35、6/43