

(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2005-292045

(P2005-292045A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.⁷

G01R 15/24

F I

G01R 15/07

C

テーマコード (参考)

2G025

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-110281 (P2004-110281)

(22) 出願日 平成16年4月2日(2004. 4. 2)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(74) 代理人 100075753

弁理士 和泉 良彦

(74) 代理人 100081341

弁理士 小林 茂

(72) 発明者 都甲 浩芳

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

日本電信電話株式会

社内

(72) 発明者 永妻 忠夫

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

日本電信電話株式会

社内

Fターム(参考) 2G025 AA00 AB11 AC06

(54) 【発明の名称】 光学センサおよび光学センサの組立方法

(57) 【要約】

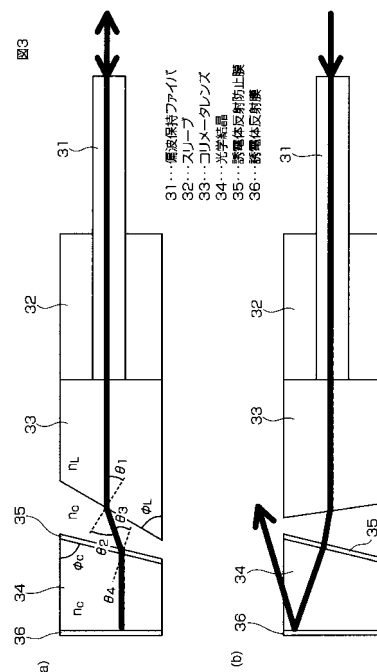
【課題】 最大感度を得る状態に簡便かつ正確に位置決めする。

【解決手段】 相対する面のそれぞれに誘電体反射膜36と誘電体反射防止膜35とが形成された光学結晶34、コリメータレンズ33および偏波保持ファイバ31を偏波保持ファイバ31の光軸に沿って接続し、コリメータレンズ33の屈折率を n_L 、コリメータレンズ33と光学結晶34との間に満たされる媒質の屈折率を n_0 、光学結晶34の屈折率を n_C 、コリメータレンズ33の接続面の角度を φ_L 、光学結晶34の接続面の角度を φ_C としたとき、光学結晶34とコリメータレンズ33とが接する面が光学結晶34の任意の結晶軸に対して次式

$$\varphi_L + \sin^{-1} \{ (n_L / n_0) \cos \varphi_L \} = \varphi_C + \sin^{-1} \{ (n_C / n_0) \cos \varphi_C \}$$

の条件を満たすようにする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

相対する面のそれぞれに誘電体反射膜と誘電体反射防止膜とが形成された光学結晶、レンズおよび偏波保持ファイバを有する光学センサにおいて、

上記光学結晶、上記レンズ、上記偏波保持ファイバが上記偏波保持ファイバの光軸に沿って接続され、上記レンズの屈折率を n_L 、上記レンズと上記光学結晶との間に満たされる媒質の屈折率を n_0 、上記光学結晶の屈折率を n_c 、上記レンズの接続面の角度を φ_L 、上記光学結晶の接続面の角度を φ_c としたとき、上記光学結晶と上記レンズとが接する面が上記光学結晶の任意の結晶軸に対して次式

$$\varphi_L + \sin^{-1} \{ (n_L / n_0) \cos \varphi_L \} = \varphi_c + \sin^{-1} \{ (n_c / n_0) \cos \varphi_c \}$$

の条件を満たすことを特徴とする光学センサ。

10

【請求項 2】

相対する面のそれぞれに誘電体反射膜と誘電体反射防止膜とが形成された光学結晶、ガラス柱、レンズおよび偏波保持ファイバを有する光学センサにおいて、

上記光学結晶、ガラス柱、上記レンズ、上記偏波保持ファイバが上記偏波保持ファイバの光軸に沿って接続され、上記ガラス柱の屈折率を n_G 、上記ガラス柱と上記光学結晶との間に満たされる媒質の屈折率を n_0 、上記光学結晶の屈折率を n_c 、上記ガラス柱の接続面の角度を φ_G 、上記光学結晶の接続面の角度を φ_c としたとき、上記光学結晶と上記ガラス柱とが接する面が上記光学結晶の任意の結晶軸に対して次式

$$\varphi_G + \sin^{-1} \{ (n_G / n_0) \cos \varphi_G \} = \varphi_c + \sin^{-1} \{ (n_c / n_0) \cos \varphi_c \}$$

の条件を満たすことを特徴とする光学センサ。

20

【請求項 3】

請求項 1 記載の光学センサを組み立てる光学センサの組立方法において、

上記レンズと上記偏波保持ファイバとを光軸が一致するように固定した後、上記光学結晶と上記レンズとを光軸に沿って配置し、光源から上記偏波保持ファイバに直線偏光を入射し、上記レンズを透過させた後、上記光学結晶に入射し、上記誘電体反射膜により反射された光を上記レンズ、上記偏波保持ファイバを透過させ、サーキュレータにより取り出し、光量を監視し、上記光量が最大になるように上記光学結晶または上記レンズを光軸の周回方向に回転させて位置決めすることを特徴とする光学センサの組立方法。

【請求項 4】

請求項 2 記載の光学センサを組み立てる光学センサの組立方法において、

上記ガラス柱と上記レンズと上記偏波保持ファイバとを光軸が一致するように固定した後、上記光学結晶と上記ガラス柱とを光軸に沿って配置し、光源から上記偏波保持ファイバに直線偏光を入射し、上記レンズ、上記ガラス柱を透過させた後、上記光学結晶に入射し、上記誘電体反射膜により反射された光を上記ガラス柱、上記レンズ、上記偏波保持ファイバを透過させ、サーキュレータにより取り出し、光量を監視し、上記光量が最大になるように上記光学結晶または上記ガラス柱を光軸の周回方向に回転させて位置決めすることを特徴とする光学センサの組立方法。

30

【請求項 5】

請求項 1 記載の光学センサを組み立てる光学センサの組立方法において、

上記光学結晶、上記レンズ、上記偏波保持ファイバを保持したスリーブの外径を同一の寸法に加工し、上記光学結晶、上記レンズ、上記スリーブを上記寸法に加工された溝に挿入し、上記光学結晶と上記スリーブの両端から加圧することにより位置決めすることを特徴とする光学センサの組立方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は交流電界や交流磁界などの物理量が印加されている電気光学結晶、磁気光学結晶、圧光学（光弾性）結晶などの光学結晶に光を入射させ、光学結晶から出射された光を検出することにより交流電界、交流磁界、音圧などに相当する信号を得る計測システムな

50

どに用いられる光学センサおよび光学センサの組立方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

図7は従来の光学センサすなわち交流電界を検出する電気光学結晶を用いた電界センサを有する電界計測システムを示す図である。図に示すように、信号処理部1の光源2を出射した光ビーム3は、偏光ビームスプリッタ(Polarizing-beam splitter; PBS)4、ファラデー回転子(Faraday rotator; FR)5、1/2波長板(Half-wave plate; HWP)6、偏光ビームスプリッタ7、1/4波長板(Quarter-wave plate; QWP)8、1/2波長板9、レンズ10を透過した後、光ファイバ11によってセンサヘッド12に伝搬される。センサヘッド12で空間に出射した光ビーム3はレンズ13でコリメートされ、電気光学(Electro-optic; EO)結晶14に入射する。電気光学結晶14に入射した光ビーム3は電気光学結晶14の端面に形成された誘電体鏡15で反射され、電気光学結晶14内を逆行する。 10

【0003】

一方で、被測定電界は誘電体鏡15を通して電気光学結晶14内に進入することが可能である。電気光学結晶14に電界が印加されると、電気光学結晶14の複屈折率が変化するため、電気光学結晶14内を伝播する光は偏光変調を受ける。偏光変調された光ビーム3は再び光ファイバ11に入射し、信号処理部1の偏光検出系に伝搬され、強度変調光に変換された後に、光検出器(Photodetector; PD)16、17で検出され、光検出器16、17の出力電気信号を差動増幅器18、電気信号測定器19で処理することにより、被測定電界を検出する。 20

【0004】

【特許文献1】特開2000-171487号公報

【特許文献2】特開2001-50908号公報

【特許文献3】特開2003-14801号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、このような光学センサにおいては、電気光学結晶14を用いた電界計測において最大の感度を得るために、光ファイバ11から出射される光の振動面を電気光学結晶14の感度を有する結晶軸に対して正確な角度で入射しなければならない。自然複屈折を有するKDP型結晶などの異方性結晶を電気光学結晶14として用いる場合、電気光学結晶14により偏光変化された戻り光を監視しながら電気光学結晶14もしくは光ファイバ11を回転させて最大感度の得られる状態に位置決めすることが可能である。しかし、閃亜鉛鉱型結晶などの等方性結晶は自然複屈折を有していないため、上記方法を取ることはできない。また、等方性結晶を電気光学結晶14として用いる場合は、電気光学結晶14に電界を印加して複屈折を生じさせ、偏光変調された戻り光を監視しながら電気光学結晶14もしくは光ファイバ11を回転させて最大感度の得られる状態に位置決めするが、この方法は電界を印加するための機構や偏光信号を出力するシステムが必要となり、組立装置が複雑かつ高価になるという問題があった。 40

【0006】

本発明は上述の課題を解決するためになされたもので、最大感度を得る状態に簡便かつ正確に位置決めすることができる光学センサおよび光学センサの組立方法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】

【0007】

この目的を達成するため、本発明においては、相対する面のそれぞれに誘電体反射膜と誘電体反射防止膜とが形成された光学結晶、レンズおよび偏波保持ファイバを有する光学センサにおいて、上記光学結晶、上記レンズ、上記偏波保持ファイバを上記偏波保持ファイバの光軸に沿って接続し、上記レンズの屈折率を n_L 、上記レンズと上記光学結晶との 50

間に満たされる媒質の屈折率を n_0 、上記光学結晶の屈折率を n_c 、上記レンズの接続面の角度を φ_L 、上記光学結晶の接続面の角度を φ_c としたとき、上記光学結晶と上記レンズとが接する面が上記光学結晶の任意の結晶軸に対して次式

$$\varphi_L + \sin^{-1} \{ (n_L / n_0) \cos \varphi_L \} = \varphi_c + \sin^{-1} \{ (n_c / n_0) \cos \varphi_c \}$$

の条件を満たすようにする。

【0008】

また、相対する面のそれぞれに誘電体反射膜と誘電体反射防止膜とが形成された光学結晶、ガラス柱、レンズおよび偏波保持ファイバを有する光学センサにおいて、上記光学結晶、ガラス柱、上記レンズ、上記偏波保持ファイバが上記偏波保持ファイバの光軸に沿って接続され、上記ガラス柱の屈折率を n_g 、上記ガラス柱と上記光学結晶との間に満たされる媒質の屈折率を n_0 、上記光学結晶の屈折率を n_c 、上記ガラス柱の接続面の角度を φ_g 、上記光学結晶の接続面の角度を φ_c としたとき、上記光学結晶と上記ガラス柱とが接する面が上記光学結晶の任意の結晶軸に対して次式

$$\varphi_g + \sin^{-1} \{ (n_g / n_0) \cos \varphi_g \} = \varphi_c + \sin^{-1} \{ (n_c / n_0) \cos \varphi_c \}$$

の条件を満たすようにする。

【0009】

また、上記の光学センサを組み立てる光学センサの組立方法において、上記レンズと上記偏波保持ファイバとを光軸が一致するように固定した後、上記光学結晶と上記レンズとを光軸に沿って配置し、光源から上記偏波保持ファイバに直線偏光を入射し、上記レンズを透過させた後、上記光学結晶に入射し、上記誘電体反射膜により反射された光を上記レンズ、上記偏波保持ファイバを透過させ、サーキュレータにより取り出し、光量を監視し、上記光量が最大になるように上記光学結晶または上記レンズを光軸の周回方向に回転させて位置決めする。

【0010】

また、上記の光学センサを組み立てる光学センサの組立方法において、上記ガラス柱と上記レンズと上記偏波保持ファイバとを光軸が一致するように固定した後、上記光学結晶と上記ガラス柱とを光軸に沿って配置し、光源から上記偏波保持ファイバに直線偏光を入射し、上記レンズ、上記ガラス柱を透過させた後、上記光学結晶に入射し、上記誘電体反射膜により反射された光を上記ガラス柱、上記レンズ、上記偏波保持ファイバを透過させ、サーキュレータにより取り出し、光量を監視し、上記光量が最大になるように上記光学結晶または上記ガラス柱を光軸の周回方向に回転させて位置決めする。

【0011】

また、上記の光学センサを組み立てる光学センサの組立方法において、上記光学結晶、上記レンズ、上記偏波保持ファイバを保持したスリーブの外径を同一の寸法に加工し、上記光学結晶、上記レンズ、上記スリーブを上記寸法に加工された溝に挿入し、上記光学結晶と上記スリーブの両端から加圧することにより位置決めする。

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る光学センサにおいては、偏波保持ファイバにより伝送される戻り光の光量が最大になるように光学結晶またはレンズ、ガラス柱を光軸の周回方向に回転させることにより、全ての素子を通過する光の光軸を合わせることが可能となるとともに、直線偏光の振動面を任意の結晶軸に対して正確な角度に合わせることが可能となる。

【0013】

これにより、本発明に係る光学センサの組立方法においては、電界等を印加するための機構や偏光信号を出力するシステムが不要であり、最大感度を得る状態に簡便かつ正確に位置決めすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

図1は本発明に係る光学センサを示す概略斜視図である。図に示すように、偏波保持ファイバ (Polarization-maintaining fiber; PMF) 31、円柱形状のスリーブ32、円

10

20

30

40

50

柱形状のコリメータレンズ 33、光学結晶 34 を有している。偏波保持ファイバ 31 を伝搬する光の進行方向（光軸）を z 軸、および図のように x、y 軸を設定する。コリメータレンズ 33 との接続を容易にかつ正確に行なうため、偏波保持ファイバ 31 の端部をスリーブ 32 に挿入し、固定している。偏波保持ファイバ 31 をスリーブ 32 に固定した後、スリーブ 32 の端面を切断、研磨することにより、平滑かつ平坦な偏波保持ファイバ 31 の端面を形成する。偏波保持ファイバ 31 から出射された光が光学結晶 34 に垂直に入射されるように、偏波保持ファイバ 31、コリメータレンズ 33 および光学結晶 34 は z 軸方向に接続されている。接続部におけるフレネル反射を低減するため、コリメータレンズ 33 と光学結晶 34 は屈折率を整合させた光学接着剤により固定されている。光学結晶 34 の入射端面には誘電体反射防止膜 35 が形成され、光学結晶 34 の入射端面と対向する端面には誘電体反射膜 36 が形成されている。電界を測定するときの光学結晶 34 としては CdTe、ZnTe、DAST などの電気光学結晶が用いられ、磁界を測定するときの光学結晶 34 としては YIG や希薄磁性半導体（DMSS）などの磁気光学結晶が用いられる。

【0015】

この光センサにおいては、後述の図 6 に示す光センサの誘電体管 25 とガラス柱 24 とが取り除かれて、構成がより簡素にかつ寸法がより小型になっている。

【0016】

図 2 は閃亜鉛鉱型結晶における最大の感度を得る結晶面と光の振動面の関係を示す概要図であり、図 2 (a) は光の伝搬方向に対して垂直な電界を検出（横電界検出）するときの配置を示し、図 2 (b) は光の伝搬方向に平行な電界を検出（縦電界検出）するときの配置を示している。図 2 (a) のように、(110) 面に平行かつ (-110) 面に垂直に振動する光を (110) 面に対して垂直に結晶に入射すると、(110) 面に平行かつ (-110) 面に垂直な電界のみに感度を有する。また、図 2 (b) のように (001) 面に平行かつ (010) 面に垂直に振動する光を (001) 面に対して垂直に結晶に入射すると、(-100) 面に平行かつ (001) 面に垂直な電界のみに感度を有する。このことから、横電界検出のときには、(110) 面、(-110) 面に誘電体反射防止膜 35、誘電体反射膜 36 を蒸着し、(-110) 面に垂直な方向に振動する直線偏光が (110) 面に垂直に入射するように偏波保持ファイバ 31 の偏波主軸（Fast 軸もしくは Slow 軸）を配置する。従って、コリメータレンズ 33 との接続面は (110) 面である。また、縦電界検出のときは、(001) 面、(00-1) 面に誘電体反射防止膜 35、誘電体反射膜 36 を蒸着し、(010) 面に垂直な方向に振動する直線偏光が (001) 面に垂直に入射するように偏波保持ファイバ 31 の偏波主軸（Fast 軸もしくは Slow 軸）を配置する。従って、コリメータレンズ 33 との接続面は (001) 面である。

【0017】

図 3 は接続面の角度と光学センサを伝搬する光の関係を示す概要図で、図 3 (a) は接続面の角度が適当な条件を満たしているとき、偏波保持ファイバ 31 に入射された直線偏光が最小の損失で戻ること示しており、図 3 (b) は接続面の角度が適当な条件を満たしていないとき、偏波保持ファイバ 31 に入射された直線偏光が戻らない、もしくは、より大きな損失で戻ること示している。接続面の角度が適当な条件を満たさない状態は、光学結晶 34 もしくはコリメータレンズ 33 が光軸の周回方向に回転しているときである。接続面の角度が適当な条件を満たす状態は光学結晶 34 に入射した光が誘電体反射膜 36 に垂直（z 軸方向）に入射される状態である。コリメータレンズ 33 の屈折率を n_L 、コリメータレンズ 33 と光学結晶 34 との間に満たされる媒質（空気）の屈折率を n_0 、光学結晶 34 の屈折率を n_c 、コリメータレンズ 33 から空気への入射角を θ_1 、コリメータレンズ 33 から空気への屈折角を θ_2 、空気から光学結晶 34 への入射角を θ_3 、空気から光学結晶 34 への屈折角を θ_4 としたとき、スネルの法則から次式が得られる。

【0018】

$$n_L \sin \theta_1 = n_0 \sin \theta_2 \quad (1)$$

$$n_0 \sin \theta_3 = n_c \sin \theta_4 \quad (2)$$

また、入射角 θ_1 、屈折角 θ_4 をコリメータレンズ 33 の接続面の角度 φ_L 、光学結晶 34 の接続面の角度 φ_C で表すと、次式が得られる。

【0019】

$$\theta_1 = 90^\circ - \varphi_L \quad (3)$$

$$\theta_4 = 90^\circ - \varphi_C \quad (4)$$

また、コリメータレンズ 33 と光学結晶 34 内を伝搬する光の方向が誘電体反射膜 36 に垂直であることから次式が得られる。

【0020】

$$\varphi_L + \theta_2 = \varphi_C + \theta_3 \quad (5)$$

上記の数式から戻り光の光量が最大になる次式の条件が得られる。

10

【0021】

$$\varphi_L + \sin^{-1} \{ (n_L / n_0) \cos \varphi_L \} = \varphi_C + \sin^{-1} \{ (n_C / n_0) \cos \varphi_C \} \quad (6)$$

なお、フレネル反射や屈折により直線偏光の垂直成分間に光量差が生じないように、接続面は入射する直線偏光の振動方向に対して平行もしくは垂直な方向にのみ角度を有するように切断されることが好ましい。

【0022】

図 4 により本発明に係る光学センサの組立方法を説明する。まず、コリメータレンズ 3 と偏波保持ファイバ 31 とを光軸が一致するように固定した後、光学結晶 34 とコリメータレンズ 33 とを光軸に沿って配置する。つぎに、DFB-LD などの光源 41 から直線偏光を出射する。すると、光源 41 から出射された直線偏光はレンズ 42 によりコリメートされ、サーキュレータ 43 とレンズ 44 を経由して偏波保持ファイバ 31 に入射される。偏波保持ファイバ 31 に入射された直線偏光はコリメータレンズ 33、誘電体反射防止膜 35 を経由して光学結晶 34 に伝送される。誘電体反射膜 36 で反射された直線偏光は光学結晶 34、誘電体反射防止膜 36、コリメータレンズ 33、偏波保持ファイバ 31、レンズ 44 を経由してサーキュレータ 43 に伝送され、サーキュレータ 43 によりレンズ 45 を介して光検出器 46 に入射される。光学結晶 34、コリメータレンズ 33 のいずれかに x、y、z 軸方向および z 軸を中心とする回転方向への微動調整を行なう微動制御装置 48 が設けられており、微動制御装置 48 は光量表示器 47 により光検出器 46 の出力信号をパラメータとしてフィードバック制御される。そして、光量表示器 47 により光量を監視し、光量が最大になるように光学結晶 34 またはコリメータレンズ 33 を光軸の周回方向に回転させて位置決めし、この状態で光学接着剤等で光学結晶 34 とコリメータレンズ 33 とを固定すれば、任意の結晶軸に直線偏光の振動面を合わせた光学センサを組み立てることが可能となる。もしくは、あらかじめ、光学結晶 34 とコリメータレンズ 33 の間に UV 硬化型接着剤を満たし、位置決めした後に、UV 照射して、硬化してもよい。

20

30

【0023】

図 1 に示した光センサにおいては、誘電体反射膜 36 により反射され、偏波保持ファイバ 31 により伝送される戻り光の光量が最大になるように光学結晶 34、コリメータレンズ 33 のいずれかに光軸の周回方向への微動調整を行なうことにより、直線偏光の振動面を任意の結晶軸に対して正確な角度に合わせることが可能となる。

40

【0024】

また、図 4 により説明した光学センサの組立方法においては、電界等を印加するための機構や偏光信号を出力するシステムが不要であり、また自動的に直線偏光の振動面を任意の結晶軸に対して正確な角度に合わせることが可能となるから、最大感度を得る状態に簡便かつ正確に位置決めすることができる。

【0025】

図 5 により本発明の他の光学センサの組立方法を説明する。まず、精密機械加工により光学結晶 34、コリメータレンズ 33、スリーブ 32 の外径を同一寸法にするとともに、接続面の角度を一致させる。つぎに、光学結晶 34 と同じ幅を有する溝が設けてあるガイ

50

ド 5 1 の上記溝に光学結晶 3 4、コリメータレンズ 3 3、スリーブ 3 2 を挿入し、密着させる。つぎに、全長が最小になるように、コリメータレンズ 3 3、スリーブ 3 2 を回転させながら、光学結晶 3 4 とスリーブ 3 2 の両端から加圧することにより位置決めすると、接続面の角度を一致させることができる。

【 0 0 2 6 】

ここで、結晶軸と振動面の角度誤差は結晶面の決定精度と接続面の加工精度に関係する。X 線などを用いた結晶面の決定精度は $(1/360)^\circ$ 以下である。また、近年の機械加工精度はフォトリソ技術を脅かす存在となり、角度精度は $(1/1000)^\circ$ 以下であり、角度誤差は $(1/360)^\circ$ 以下であると考えられる。したがって、精密に機械加工されたガイド 5 1 を用いることによって、パッシブに任意の結晶軸に直線偏光の振動面を

10

【 0 0 2 7 】

図 5 により説明した光学センサの組立方法においては、電界等を印加するための機構や偏光信号を出力するシステムが不要であり、またガイド 5 1 の溝に挿入したコリメータレンズ 3 3、スリーブ 3 2 を回転させながら加圧することにより、直線偏光の振動面を任意の結晶軸に対して正確な角度に合わせることが可能となるから、最大感度を得る状態に簡便かつ正確に位置決めすることができる。

【 0 0 2 8 】

なお、光の伝搬方向に沿った光学結晶 3 4 の長さが短いときには、コリメータレンズ 3 3 を用いる必要がないため、ガイド 5 1 の溝に光学結晶 3 4、スリーブ 3 2 を挿入し、スリーブ 3 2 のみを回転させて密着させることにより、光学結晶 3 4 の結晶軸と直線偏光の振動面を一致させることが可能となる。

20

【 0 0 2 9 】

図 6 は本発明に係る他の光学センサを示す概略斜視図である。図に示すように、偏波保持ファイバ 2 1、スリーブ 2 2、コリメータレンズ 2 3、ガラス柱 2 4、光学結晶 2 6、誘電体管 2 5 を有している。偏波保持ファイバ 2 1 を伝搬する光の進行方向（光軸）を z 軸、および図のように x、y 軸を設定する。コリメータレンズ 2 3 との接続を容易にかつ正確に行なうため、偏波保持ファイバ 2 1 の端部をスリーブ 2 2 に挿入し、固定している。偏波保持ファイバ 2 1 をスリーブ 2 2 に固定した後、スリーブ 2 2 の端面を切断、研磨することにより、平滑かつ平坦な偏波保持ファイバ 2 1 の端面を形成する。偏波保持ファイバ 2 1 から出射された光が光学結晶 2 6 に垂直に入射されるように、偏波保持ファイバ 2 1、コリメータレンズ 2 3、ガラス柱 2 4 および光学結晶 2 6 は z 軸方向に接続されている。接続部におけるフレネル反射を低減するため、コリメータレンズ 2 3 とガラス柱 2 4、ガラス柱 2 4 と光学結晶 2 6 は屈折率を整合させた光学接着剤により固定されている。光学結晶 2 6 の入射端面には誘電体反射防止膜 2 7 が形成され、光学結晶 2 6 の入射端面と対向する端面には誘電体反射膜 2 8 が形成されている。電界を測定するときの光学結晶 2 6 としては C d T e、Z n T e、D A S T などの電気光学結晶が用いられ、磁界を測定するときの光学結晶 2 6 としては Y I G や希薄磁性半導体（D M S）などの磁気光学結晶が用いられる。そして、ガラス柱 2 4 の屈折率を n_G 、ガラス柱 2 4 と光学結晶 2 6 との間に満たされる媒質の屈折率を n_0 、ガラス柱 2 4 の接続面の角度を φ_G としたとき、光学結晶 2 6 とガラス柱 2 4 とが接する面が光学結晶 2 4 の任意の結晶軸に対して次式の条件を満たす。

30

40

【 0 0 3 0 】

$$\varphi_G + \sin^{-1} \{ (n_G / n_0) \cos \varphi_G \} = \varphi_C + \sin^{-1} \{ (n_C / n_0) \cos \varphi_C \}$$

(7)

また、図 6 に示した光学センサについても、図 4 で説明した方法と同様の方法より組み立てることができる。すなわち、ガラス柱 2 4 とコリメータレンズ 2 3 と偏波保持ファイバ 2 1 とを光軸が一致するように固定した後、光学結晶 2 6 とガラス柱 2 4 とを光軸に沿って配置し、光源 4 1 からサーキュレータ 4 3 を介して偏波保持ファイバ 2 1 に直線偏光を入射し、コリメータレンズ 2 3、ガラス柱 2 4、誘電体反射防止膜 2 7 を透過させた後

50

、光学結晶 2 6 に入射し、誘電体反射膜 2 8 により反射された光を光学結晶 2 6、誘電体反射防止膜 2 7、ガラス柱 2 4、コリメータレンズ 2 3、偏波保持ファイバ 2 1 を透過させ、サーキュレータ 4 3 により取り出し、光量を監視し、上記光量が最大になるように光学結晶 2 6 またはガラス柱 2 4 を光軸の周回方向に回転させて位置決めする。

【 0 0 3 1 】

図 6 に示した光センサにおいては、誘電体反射膜 2 8 により反射され、偏波保持ファイバ 2 1 により伝送される戻り光の光量が最大になるように光学結晶 2 6、ガラス柱 2 4 のいずれかに光軸の周回方向への微動調整を行なうことにより、直線偏光の振動面を任意の結晶軸に対して正確な角度に合わせることが可能となるから、最大感度を得る状態に簡便かつ正確に位置決めすることができる。

10

【 0 0 3 2 】

また、図 6 に示した光学センサの上述の組立方法においては、電界等を印加するための機構や偏光信号を出力するシステムが不要であり、また自動的に直線偏光の振動面を任意の結晶軸に対して正確な角度に合わせることが可能となるから、最大感度を得る状態に簡便かつ正確に位置決めすることができる。

【 0 0 3 3 】

また、上述実施の形態においては、D F B - L D などの光源 4 1 から出射された直線偏光をレンズ 4 2 によりコリメートし、サーキュレータ 4 3 とレンズ 4 4 を経由して偏波保持ファイバ 3 1 に入射したが、面発光レーザなどから出力された楕円偏光を波長板などの偏光調整器により直線偏光に変換し、レンズに入射することも可能であり、構成は若干複雑になるが、光源光学系を安価に構成することができる。また、上述実施の形態においては、円柱形状のコリメータレンズ 3 3、スリーブ 3 2 を用いたが、図 5 により説明した光学センサの組立方法においては、レンズ、スリーブの断面形状を円形以外の形状にしてもよく、この場合レンズ、スリーブの断面直径と光学結晶の幅とを一致させる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 4 】

【図 1】本発明に係る光学センサの一部を示す概略斜視図である。

【図 2】閃亜鉛鉱型結晶における最大の感度を得る結晶面と光の振動面の関係を示す概要図である。

【図 3】接続面の角度と光学センサを伝搬する光の関係を示す概要図である。

30

【図 4】本発明に係る光学センサの組立方法の説明図である。

【図 5】本発明の他の光学センサの組立方法の説明図である。

【図 6】本発明に係る他の光学センサの一部を示す概略斜視図である。

【図 7】従来の光学センサを有する電界計測システムを示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 5 】

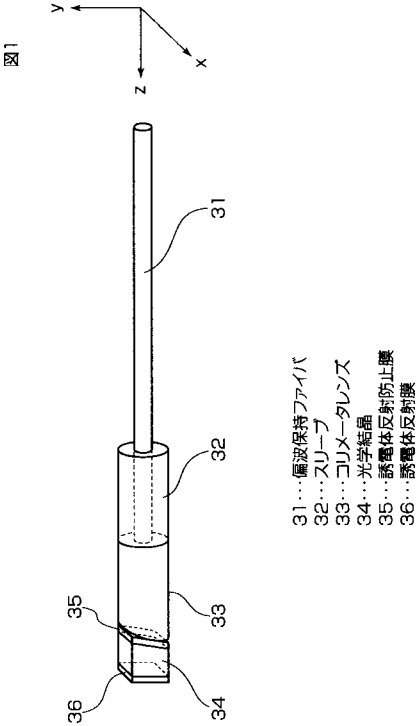
- 2 1 ... 偏波保持ファイバ
- 2 3 ... コリメータレンズ
- 2 4 ... ガラス柱
- 2 6 ... 光学結晶
- 2 7 ... 誘電体反射防止膜
- 2 8 ... 誘電体反射膜
- 3 1 ... 偏波保持ファイバ
- 3 3 ... コリメータレンズ
- 3 4 ... 光学結晶
- 3 5 ... 誘電体反射防止膜
- 3 6 ... 誘電体反射膜
- 4 1 ... 光源
- 4 3 ... サーキュレータ
- 4 6 ... 光検出器

40

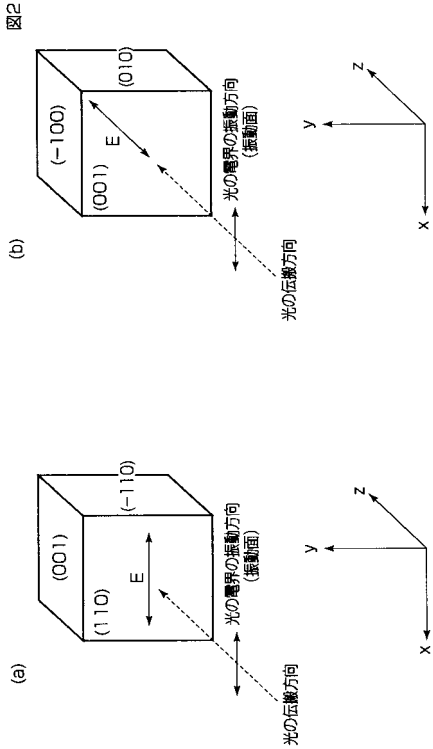
50

- 4 7 ... 光量表示器
- 4 8 ... 微動制御装置
- 5 1 ... ガイド

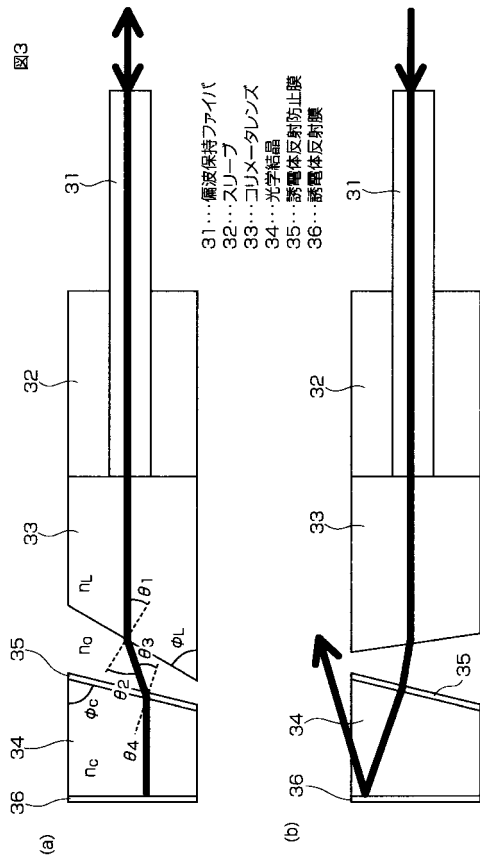
【 図 1 】



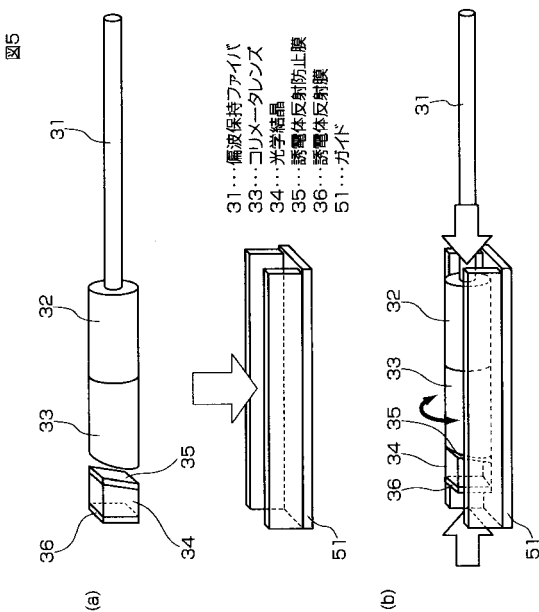
【 図 2 】



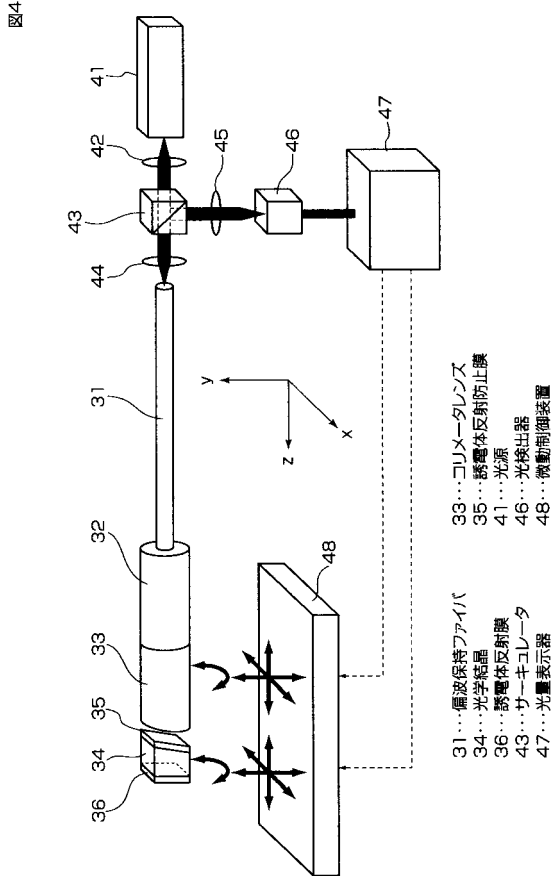
【図 3】



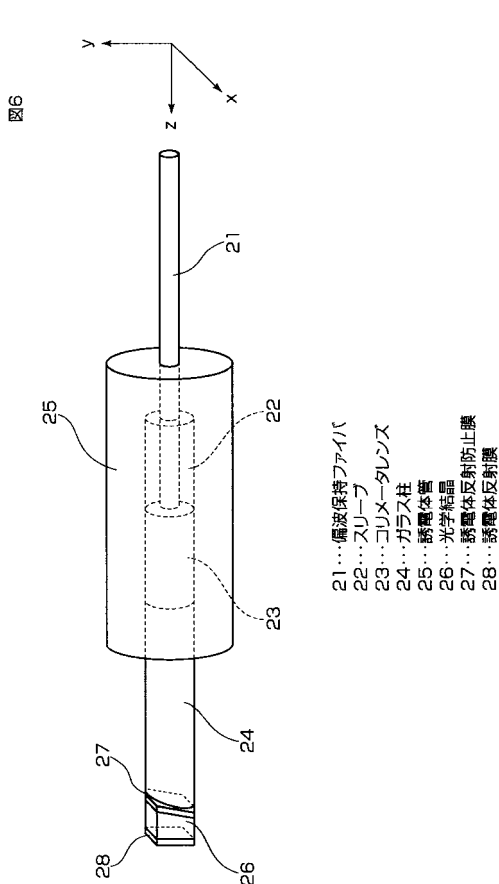
【図 5】



【図 4】



【図 6】



【 図 7 】

