

ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 観察対象の表面における正反射光による光斑を小さく抑え、光の利用効率を向上することを目的として、本発明に係る内視鏡(1)は、細長い挿入部(2)と、挿入部(2)の先端面に配置された前方観察窓および前方照明系と、先端面よりも基端側に配置された側方観察窓および側方照明系と、前方観察窓および側方観察窓を介して入射した光を撮影する撮像素子とを備え、前方照明系が、前方観察窓の周囲を取り囲む位置に配置されたリング状の拡散素子と、拡散素子の基端側の周方向に間隔をあけた複数の入射箇所、光源から導いてきた照明光を先端側に向かって入射させる複数の導光ファイバとを備え、拡散素子が、1種類以上の微粒子を該微粒子とは異なる材質からなる均一媒質中に分散させてなり、条件式 $0.06 < \mu_s \leq 100$ および $0.7 \leq g < 1$ を満足する。ここで、 μ_s は拡散素子の散乱係数(1/mm)、 g は微粒子の異方性パラメータである。

明 細 書

発明の名称：内視鏡

技術分野

[0001] 本発明は、内視鏡に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、大腸内観察等のために挿入方向前方と斜め後方を含む側方とを観察できるようにした内視鏡が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

この内視鏡は、前方用の観察窓と側方用の観察窓とを別々に設け、照明系も前方用と側方用とに分けている。そして、前方用の照明系は、内視鏡の挿入部の先端面に配置された前方用の観察窓を取り囲むように円環状の拡散素子を配置し、1本の光ファイバ束の射出端を拡散素子の側面に配置し、射出端から拡散素子の側面に入射される光を拡散素子の強い拡散作用によって均一化して照射している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5596889号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1の照明系は、円環状の拡散素子全体が均一に光るため、実質上リング状の二次光源が構成され、内視鏡の観察対象である濡れた生体組織の表面における反射光により画像内に形成されるリング状の光斑が観察の邪魔になるという不都合がある。また、全体を均一に光らせるための強い拡散作用により、拡散素子の表面における内面反射により外部に射出されない光や後方散乱によって戻ってしまう光が多く存在し、光の利用効率が低いという不都合もある。

[0005] 本発明は上述した事情に鑑みてなされたものであって、観察対象の表面における正反射光による光斑を小さく抑えるとともに光の利用効率を向上して

、明るくかつ鮮明な画像による観察を行うことができる内視鏡を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、細長い挿入部と、該挿入部の先端面に配置された前方観察窓および前方照明系と、前記先端面よりも基端側に配置された側方観察窓および側方照明系と、前記前方観察窓および前記側方観察窓を介して入射した光を撮影する撮像素子とを備え、前記前方照明系が、前記前方観察窓の周囲を取り囲む位置に配置されたリング状の拡散素子と、該拡散素子の基端側の周方向に間隔をあけた複数の入射箇所、光源から導いてきた照明光を先端側に向かって入射させる複数の導光ファイバとを備え、前記拡散素子が、1種類以上の微粒子を該微粒子とは異なる材質からなる均一媒質中に分散させてなり、以下の条件式を満足する内視鏡である。

$$0.06 < \mu_s \leq 100$$

$$0.7 \leq g < 1$$

ここで、 μ_s は前記拡散素子の散乱係数（1/mm）、 g は前記微粒子の異方性パラメータである。

[0007] 本態様によれば、前方照明系および側方照明系から射出され被写体において反射した光が前方観察窓および側方観察窓を経由して挿入部内に入射し、撮像素子により撮影されることにより、挿入部の前方および側方に配置されている被写体を観察することができる。

前方照明系においては、光源から導光ファイバによって導かれてきた照明光が拡散素子の基端側に入射されることにより拡散素子において拡散されて射出され、主として挿入部の前方に配置されている被写体を照明する。散乱係数および微粒子の異方性パラメータが条件式を満足することにより、拡散素子の拡散性は比較的強く、均一に拡散されずに射出される。

[0008] 照明光がリング状の拡散素子によって均一に拡散されることなく射出されるので、拡散素子全体がリング状に均一な強度で光るのではなく、導光ファイバからの照明光の入射箇所において最も高くなる強度で光り、他の部分は

それよりも低い強度で光るようになる。その結果、拡散素子全体が2次光源とならず、濡れた生体組織のような被写体を観察する場合においても、画像内に拡散部材のリング状の光斑が形成されることを防止することができる。また、拡散性を抑えることにより、拡散素子の表面の内面反射により外部に射出されない光や後方散乱によって戻ってしまう光を低減し、光の利用効率を向上することができる。

[0009] また、上記態様においては、複数の前記導光ファイバが、前記光源からの前記照明光を入射させる基端面をまとめて前記光源の発光部に対向する位置に配置されていてもよい。

このようにすることで、光源からの照明光を射出する発光部に複数の導光ファイバの入射端が対向させられるので、発光部の数を削減してコストを低減するとともに挿入部の小径化を図ることができる。

[0010] また、上記態様においては、前記発光部が、前記光源からの光を前記挿入部の長手方向に沿って導光する光ファイバ束の射出端前であってもよい。

このようにすることで、光ファイバ束によって省スペースで光源からの照明光を挿入部の先端部近傍まで導光することができる。

[0011] また、上記態様においては、前記側方観察窓が周方向200°以上300°以下の範囲にわたって設けられ、前記導光ファイバが、前記側方観察窓の設けられていない周方向位置において前記側方観察窓の位置を長手方向に横切るように配置されていてもよい。

このようにすることで、側方用観察窓の視界を遮らない位置を通過して導光ファイバにより照明光を導光することができる。

[0012] また、上記態様においては、前記導光ファイバが3本または4本備えられ、周方向に略等間隔をあけた各前記入射箇所に入射させてもよい。

このようにすることで、画像内におけるリング状の光斑の形成を防止しながら、前方観察窓を介した観察のための照明光を被写体に均一に照射することができる。

[0013] また、上記態様においては、前記導光ファイバが、プラスチック製のマルチコアファイバであってもよい。

このようにすることで、挿入部の先端近傍の限られた狭いスペースにおいて小さい曲げ半径で導光ファイバを配置することができる。

[0014] また、上記態様においては、各前記導光ファイバの先端における中心軸が、基端側から先端側向かって、前記前方観察窓に直交する軸線に対して、前記拡散素子の径方向外方に 0° 以上 30° 以下の角度をなして配置されていてもよい。

このようにすることで、照明光が、導光ファイバの先端から、先端側に向かって拡散素子の径方向に拡がる方向に射出される。挿入部の先端面に配置されているリング状の拡散素子の先端外周部には挿入部の挿入性を向上するためのR面が形成されるが、この構成により、拡散素子から射出される照明光がR面によって屈折させられても、照明光が中央のみに集中することを防止して、中央のみが明るく照明されないように照明の均一化を図ることができる。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、観察対象の表面における正反射光による光斑を小さく抑えるとともに光の利用効率を向上して、明るくかつ鮮明な画像による観察を行うことができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の一実施形態に係る内視鏡を示す全体構成図である。

[図2]図1の内視鏡の挿入部の先端部の一部を拡大して示す斜視図である。

[図3]図1の内視鏡の挿入部の先端部を示す正面図である。

[図4]図1の内視鏡の挿入部の先端部を示す部分的な縦断面図である。

[図5]図1の内視鏡の挿入部の先端部の内部構造を示す斜視図である。

[図6]図1の内視鏡の導光ファイバの配置を示す正面図である。

[図7]図1の内視鏡の拡散素子と導光ファイバとの組立体を示す斜視図である。

[図8]図7の組立体を基端側から見た斜視図である。

[図9]図9の組立体の基端側に蓋をした状態を示す斜視図である。

[図10]図1の内視鏡における拡散素子に対する導光ファイバの先端の方向を示す部分的な縦断面図である。

[図11]図1の内視鏡の変形例における導光ファイバの配置を示す正面図である。

[図12]図1の内視鏡の他の変形例における導光ファイバの配置を示す正面図である。

[図13]図1の内視鏡の他の変形例における図10と同様の縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明の一実施形態に係る内視鏡1について、図面を参照して以下に説明する。

本実施形態に係る内視鏡1は、図1に示されるように、体腔内等に挿入される細長い挿入部2と、該挿入部2の基端に設けられる操作部3と、操作部3から延びるユニバーサルコード4と、該ユニバーサルコード4の末端に設けられたコネクタ部5とを備えている。

[0018] 挿入部2の先端には、図2から図4に示されるように、先端面10aに直視用の前方観察用対物レンズ（前方観察窓）6が前方に向けて配置されるとともに、前方観察用対物レンズ6の周囲を取り囲むように前方を照明するリング状の前方照明系7が配置されている。また、前方照明系7よりも挿入部2の基端側には、側視用の側方観察用対物レンズ（側方観察窓）8および照明用レンズ（側方照明系）9が配置されている。これにより、本実施形態に係る内視鏡1は、前方視野と側方視野とを同時に観察し得る広い視野範囲を有している。

[0019] 前方観察用対物レンズ6は、挿入部2の前方の被写体を結像させるようになっている。また、側方観察用対物レンズ8は、挿入部2の側方の被写体を結像させるように前方に向かって先細になる円錐台状に形成されている。

[0020] 挿入部2は、図1に示されるように、最先端部に設けられる硬性の先端部

１０と、該先端部１０の基端側に接続する湾曲部１１と、該湾曲部１１の基端側に接続し可撓性を有する長尺の管状部材からなる可撓管部１２とを備え、先端部１０の外径は１４ｍｍ以下である。

先端部１０の先端には、図２および図３に示されるように、処置具チャンネル開口１３や前方観察用対物レンズ６、照明用レンズ９および送水ノズル１４等が配置されている。

[0021] また、挿入部２の先端部１０内には、図４に示すように、前方観察用対物レンズ６および側方観察用対物レンズ８により集光された光を結像させる結像光学系１５と、該結像光学系１５により結像された被写体の像を撮影する撮像素子１６とを備えている。

[0022] 挿入部２内には、処置具チャンネル１７、ライトガイド（光ファイバ束）１８および信号ケーブル（不図示）等が配置されている。処置具チャンネル１７は、処置具チャンネル開口１３から挿入部２内を長手方向に貫通して挿入部２と操作部３との接続部近傍に配置された処置具挿入口まで延びている。また、ライトガイド１８および信号ケーブルは、挿入部２の先端部１０から、挿入部２内を長手方向に貫通し、操作部３内を経てユニバーサルコード４の内部を通過して、最終的にユニバーサルコード４の末端のコネクタ部５に接続している。

[0023] ライトガイド１８は、照明光を導光するための複数のライトガイドファイバ１９を束ねて形成されたファイババンドルにより構成されている。

コネクタ部５を介して外部装置である制御プロセッサ２０、光源装置（光源）２１および表示装置２２が接続されることによって、内視鏡システム１００が構成されている。

[0024] 操作部３は、使用者が内視鏡１を使用する際に把持する部位であり、その外装表面上には、湾曲操作ノブ２３やその他各種の動作に対応する複数の操作部材が配置されている。ここで、例えば、湾曲操作ノブ２３は、使用者が手指等を用いて回転操作することによって、挿入部２の湾曲部１１を上下左右の任意の方向に湾曲させる操作部材である。

[0025] 光源装置 21 は照明光を発生させる装置である。制御プロセッサ 20 は、内視鏡システム 100 全体を統括的に制御する信号処理装置である。表示装置 22 は、内視鏡 1 によって取得された撮像信号に基づいて内視鏡画像を表示させる表示部であって、例えば、LCD パネル等により構成されている。

[0026] 制御プロセッサ 20 は、内視鏡 1 内を挿通する信号ケーブルを介して制御信号や各種の検出信号、取得した画像信号等の伝送を行う。そして、処理済みの画像信号を表示装置 22 へと伝達して、内視鏡画像や各種の情報等を表示させる。また、光源装置 21 からの照明光はコネクタ部 5 を介してユニバーサルコード 4 および操作部 3 を介して挿入部 2 に配置されている照明用レンズ 9 へと導かれ、周辺の観察対象物に向けて照射されるようになっている。

[0027] 前方照明系 7 は、図 4 および図 5 に示されるように、ライトガイド 18 によって挿入部 2 内を導光されてきた照明光が入射される導光ファイバ 24 と、該導光ファイバ 24 により導光された照明光を拡散させるリング板状の拡散素子 25 とを備えている。

本実施形態においては、導光ファイバ 24 は 3 本備えられている。各導光ファイバ 24 は、プラスチック製のマルチコアファイバによって構成されている。

[0028] プラスチック製のマルチコアファイバからなる導光ファイバ 24 としては、例えば、外径 0.2 から 1 mm、NA 0.2 から 0.7 のものが好ましく、例えば、ポリメタクリル酸メチル樹脂 (PMMA) からなるコアを複数、例えば、200 本以上束ねて構成されている。コア径は 100 μm 以下、好ましくは 50 μm 以下、さらに好ましくは約 30 μm である。マルチコアファイバのクラッドはフッ素樹脂により構成されている。

[0029] 各導光ファイバ 24 の先端はリング板状の拡散素子 25 の基端面側から先端面側に向かって拡散素子 25 内に照明光を入射させるように、拡散素子 25 の基端面側の入射箇所に対向して配置されている。3 本の導光ファイバ 24 からの照明光を入射させる 3 つの入射箇所は、図 6 に示されるように、周

方向に等間隔をあけて配置されている。

[0030] 図5および図10に示されるように、各導光ファイバ24の先端面および基端面は前方観察用対物レンズ6の先端面と略平行に配置されている。各導光ファイバ24の基端面は側方観察用対物レンズ8よりも基端側に配置されている。

3本の導光ファイバ24の基端は1箇所に纏められている。そして、各導光ファイバ24の基端面はライトガイド18の先端面（発光部）に対向して配置されている。これにより、ライトガイド18によって導光されてきた照明光を導光ファイバ24の基端面に入射させ、導光ファイバ24の先端面から射出させることで、拡散素子25に入射させることができるようになっている。なお、光ファイバ24の基端面とライトガイド18の先端面とは、必要に応じて、透明な接着剤により接着される。

[0031] すなわち、各導光ファイバ24は、側方観察用対物レンズ8よりも基端側から、側方観察用対物レンズ8の周方向の一部において側方観察用対物レンズ8の位置を挿入部2の長手方向に横切った後に、逆方向に2回湾曲して、拡散素子25の3つの入射位置にそれぞれの先端面に対向させるように配置されている。そして、各導光ファイバ24の先端面は各入射箇所において拡散素子25に透明な接着剤によって接着されている。

[0032] 側方観察用対物レンズ8の視野角は 200° 以上 300° 以下に設定されており、導光ファイバ24は、側方観察用対物レンズ8の視野から外れた位置（周方向位置）において側方観察用対物レンズ8を前後方向（長手方向）に通過している。

[0033] 拡散素子25は、前方観察用対物レンズ6を取り囲む位置に配置されており、光学的に透明な樹脂材料（均一媒質、樹脂）に少なくとも1種類の微粒子を分散させて構成されている。微粒子はMie散乱により照明光を拡散させるものである。

拡散素子25は、Mie散乱理論における散乱係数 μ_s （ $1/\text{mm}$ ）および異方性パラメータ g が、以下の条件式を満たすものである。

$$0.06 \leq \mu s \leq 100 \quad (1)$$

$$0.7 \leq g < 1 \quad (2)$$

[0034] これらの条件式を満たすことにより、拡散素子 25 の拡散性が十分に低く、照明光を散乱によって徐々に広げることができるとともに、後方散乱が少なく、ライトガイド 18 側に戻る照明光の成分を十分に低減することができるようになっている。

[0035] 微粒子としては、シリカ、アルミナ、タルク、ジルコニア、酸化亜鉛あるいは二酸化チタン等の無機系微粒子や、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリウレタン樹脂、ベンゾグアナミン樹脂あるいはシリコーン樹脂等の有機系微粒子を採用することができる。また、気泡を微粒子として採用してもよい。

[0036] また、樹脂材料としては、ポリエステル系樹脂、アクリル系樹脂、アクリルウレタン系樹脂、ポリエステルアクリレート系樹脂、ポリウレタンアクリレート系樹脂、エポキシアクリレート系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、セルロース系樹脂、アセタール系樹脂、ビニル系樹脂、ポリエチレン系樹脂、ポリスチレン系樹脂、ポリプロピレン系樹脂、ポリアミド系樹脂、メラミン系樹脂、フェノール系樹脂、シリコーン系樹脂あるいはフッ素系樹脂等が使用可能である。人体内に挿入する内視鏡 1 の最外層として使用する場合には生体適合性や耐薬品性等の観点からシクロオレフィン系樹脂またはスルホン酸系樹脂が望ましい。

[0037] また、条件 (1)、(2) を満足する場合は、拡散素子 25 が、先端（射出面）側から見たときに、入射箇所に対向して配置された導光ファイバ 24 の存在を目視により認識可能となる。拡散性が弱い場合はそのまま目視可能であるが、拡散性が強い場合でも、照明光を導入することにより認識可能となる。

拡散素子 25 には、図 7 から図 9 に示されるように、リング板状部分から径方向外方に延びる支持部 26 が設けられている。支持部 26 は、図 8 に示されるように、3 本の導光ファイバ 24 を収容する溝 27 を備え、各溝 27

に導光ファイバ24を1本ずつ収容して接着することにより、導光ファイバ24を拡散素子25に固定した状態に支持するようになっている。

[0038] 本実施形態においては、拡散素子25は挿入部2の先端面10aの周縁に配置されるので、図4および図7に示されるように、全周にわたってR面が形成され、挿入部2の体腔内への挿入容易性を向上するようになっている。また、挿入部2の外周面に複数の部品の接合部を露出させないように、光学素子として機能する部分と導光ファイバ24を支持する部分とが継ぎ目のない一体的な部品として成形されている。図9に示されるように、溝27内に導光ファイバ24を収容した拡散素子25の基端面は蓋28によって閉じられている。

[0039] 照明用レンズ9は、結像光学系15の径方向外方に、結像光学系15の光軸を中心とした所定の周方向範囲にわたって、結像光学系15を取り囲むように配置されている。側方観察用対物レンズ8の外径は、拡散素子25の外径より大きく設定され、照明用レンズ9の外径は側方観察用対物レンズ8の外径より大きく設定されている。

[0040] このように構成された本実施形態に係る内視鏡1の作用について、以下に説明する。

本実施形態に係る内視鏡1によれば、ライトガイド18により導光されてきた照明光が、ライトガイド18の先端面から射出され、該先端面に対向して配置されている3本の導光ファイバ24の基端面にそれぞれ入射される。導光ファイバ24に入射された照明光は、導光ファイバ24によって導光されて、挿入部2の先端の前方観察用対物レンズ6の周囲を取り囲んで配置されているリング板状の拡散素子25に入射される。

[0041] 3本の導光ファイバ24はリング板状の拡散素子25の周方向に等間隔をあけた入射箇所から射出面を対向させて配置されているので、照明光は、拡散素子25の周方向の3箇所において拡散素子25内に入射され、拡散素子25内を導光する間に微粒子によって拡散され、主として前方に射出される。

この場合において、拡散素子25は条件式(1)、(2)を満たしている

ので、拡散性が低く抑えられており、照明光を散乱によって徐々に広げることができるとともに、後方散乱が少なく、ライトガイド 18 側に戻る照明光の成分を十分に低減することができる。

[0042] その結果、リング板状の拡散素子 25 が均一に光ることはなく、導光ファイバ 24 による照明光の入射箇所が高い強度で光り、その他の箇所は、それよりも低い強度で光るようになる。これにより、拡散素子 25 全体が 2 次光源となることが防止され、濡れた生体組織のような被写体を観察する場合においても、撮像素子 16 により取得される被写体の画像にリング状の光斑が形成されることを防止することができる。すなわち、画像の光斑は、最も大きくても照明光の入射箇所のみに限定されるので、リング状の光斑に邪魔されることなく被写体の観察を行うことができるという利点がある。

[0043] また、本実施形態に係る内視鏡 1 によれば、拡散素子 25 の拡散性を低く抑えることにより、後方散乱およびライトガイド 18 側に戻る照明光の成分を十分に低減しているので、前方に射出される照明光の成分を増大させ、照明光の利用効率を増大させることができるという利点もある。

[0044] また、本実施形態に係る内視鏡 1 においては、プラスチック製のマルチコアファイバからなる導光ファイバ 24 を用いているので、設置スペースが極めて小さく限られている内視鏡 1 の先端部 10 において、導光ファイバ 24 を極めて小さい曲げ半径で湾曲させて配置することができ、ライトガイド 18 によって導光されてきた照明光を拡散素子 25 の複数の入射箇所に分配することができる。

[0045] なお、本実施形態においては、3 本の導光ファイバ 24 によって拡散素子 25 の周方向に等間隔を開けた 3 箇所に照明光を入射させる場合を例示したが、これに限定されるものではなく、2 箇所または 4 箇所以上に入射させるように、2 本または 4 本以上の導光ファイバ 24 を採用してもよい。2 本の導光ファイバ 24 を採用する場合には、図 11 および図 12 に示されるように 180° 離れた位置に照明光を入射させるように配置すればよい。

[0046] また、本実施形態においては、拡散素子 25 が全周にわたるリング板状に

形成されている場合を例示したが、周方向の一部が途切れていてもよいし、周方向に分割されていてもよい。

また、本実施形態においては、導光ファイバ24の先端面が前方観察用対物レンズ6の先端面と略平行に配置されている場合について例示したが、これに代えて、図13に示されるように、導光ファイバ24の先端面における中心軸が基端から先端に向かって、前方観察用対物レンズ6の光軸に対して径方向外方に傾斜するように配置されていてもよい。

[0047] 上述したように、挿入部2の最先端面の周縁を構成する拡散素子25の周縁はR面により構成されているので、前方観察用対物レンズ6の光軸に平行に照明光を入射させると、R面における屈折により、光軸に向かう方向に集光されて、中央部のみを明るく照明してしまう場合がある。そこで、先端に向かって径方向外方に傾斜する方向に照明光を入射させることにより、拡散素子25の周縁において屈折が発生しても中央部のみが明るく照明されないように均一に照明することができる。

[0048] なお、本実施形態の説明で用いた散乱係数および異方性パラメータは一般的なものであるが、念のため、以下に簡単に説明しておく。（参考文献：“Absorption and Scattering of Light by Small Particles”，Craig F. Bohren, Donald R. Huffman著，Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA社）

拡散素子25の散乱係数 μ_s は、微粒子の散乱断面積を σ_s 、拡散素子25中に分散された微粒子の数密度を ρ_s とすると下記の式（3）により表すことができる。

$$[0049] \quad \mu_s = \rho_s \sigma_s \quad (3)$$

式（3）中の σ_s は、微粒子の幾何的断面積をA、微粒子の散乱効率を Q_s とすると、下記の式（4）により表すことができる。

$$\sigma_s = Q_s A \quad (4)$$

式（4）中の Q_s は、下記の式（5）で表される。

[0050] [数1]

$$Q_S = \frac{2}{x^2} \sum_{k=1}^{\infty} (2k+1) (|a_k|^2 + |b_k|^2) \quad (1)$$

ここで、

[0051] [数2]

$$a_k = \frac{n^2 j_k(nx) [x j_k(x)]' - j_k(x) [kx j_k(nx)]'}{n^2 j_k(nx) [x h_k^{(1)}(x)]' - h_k^{(1)}(x) [nx j_k(nx)]'} \quad (2)$$

[0052] [数3]

$$b_k = \frac{j_k(nx) [x j_k(x)]' - j_k(x) [nx j_k(nx)]'}{j_k(nx) [x h_k^{(1)}(x)]' - h_k^{(1)}(x) [nx j_k(nx)]'} \quad (3)$$

[0053] [数4]

$$h_k^{(1)}(z) = j_k(z) + i y_k(z) \quad (4)$$

[0054] [数5]

$$j_k(z) = \sqrt{\frac{\pi}{2z}} J_{k+0.5}(z) \quad (5)$$

[0055] [数6]

$$y_k(z) = \sqrt{\frac{\pi}{2z}} Y_{k+0.5}(z) \quad (6)$$

である。

式 (5) の $J_k + 0.5(z)$ 、式 (6) の $Y_k + 0.5(z)$ はそれぞれ第 1 種ベッセル関数および第 2 種ベッセル関数である。なお、 i は虚数単位である。

また、 n は微粒子と透明樹脂の屈折率の比を表し、下記の式 (7) で表される。

[0056] [数7]

$$n = \frac{n_2}{n_1} \quad (7)$$

x は、微粒子の半径 a と照明光の波長 λ の比を表し、下記の式 (8) で表される。

[0057] [数8]

$$x = 2\pi \frac{a}{\lambda} \quad (8)$$

微粒子の異方性パラメータ g は、単一粒子によって光が散乱する際の、散乱角の余弦の平均を意味し、 $-1 \leq g \leq 1$ の値をとりうる。特に $g = -1$ のときは、入射角と間逆の方向にのみ散乱し、 $g = 1$ のときは入射角と同一の方向にのみ散乱する（すなわち、散乱しない）。また、 $g = 0$ で完全な等方散乱となる。 g は下記の式 (9) より算出される。

[0058] [数9]

$$Q_S \cdot g = \frac{4}{x^2} \left[\sum_{k=1}^{\infty} \frac{k(k+2)}{k+1} \operatorname{Re} \{ a_k a_{k+1}^* + b_k b_{k+1}^* \} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2k+1}{k(k+1)} \operatorname{Re} \{ a_k b_k^* \} \right] \quad (9)$$

なお、式（９）中の＊は複素共役を示し、 Re は{ }内の実部を表す。

符号の説明

- [0059]
- １ 内視鏡
 - ２ 挿入部
 - ６ 前方観察用対物レンズ（前方観察窓）
 - ７ 前方照明系
 - ８ 側方観察用対物レンズ（側方観察窓）
 - ９ 照明用レンズ（側方照明系）
 - １０a 先端面
 - １６ 撮像素子
 - １８ ライトガイド（光ファイバ束）
 - ２１ 光源装置（光源）
 - ２４ マルチコアファイバ（導光ファイバ）
 - ２５ 拡散素子

請求の範囲

[請求項1]

細長い挿入部と、
該挿入部の先端面に配置された前方観察窓および前方照明系と、
前記先端面よりも基端側に配置された側方観察窓および側方照明系と、
前記前方観察窓および前記側方観察窓を介して入射した光を撮影する撮像素子とを備え、
前記前方照明系が、前記前方観察窓の周囲を取り囲む位置に配置されたリング状の拡散素子と、該拡散素子の基端側の周方向に間隔をあけた複数の入射箇所、光源から導いてきた照明光を先端側に向かって入射させる複数の導光ファイバとを備え、
前記拡散素子が、1種類以上の微粒子を該微粒子とは異なる材質からなる均一媒質中に分散させてなり、以下の条件式を満足する内視鏡。
$$0.06 < \mu_s \leq 100$$
$$0.7 \leq g < 1$$

ここで、 μ_s は前記拡散素子の散乱係数（1/mm）、 g は前記微粒子の異方性パラメータである。

[請求項2]

複数の前記導光ファイバが、前記光源からの前記照明光を入射させる基端面をまとめて前記光源の発光部に対向する位置に配置されている請求項1に記載の内視鏡。

[請求項3]

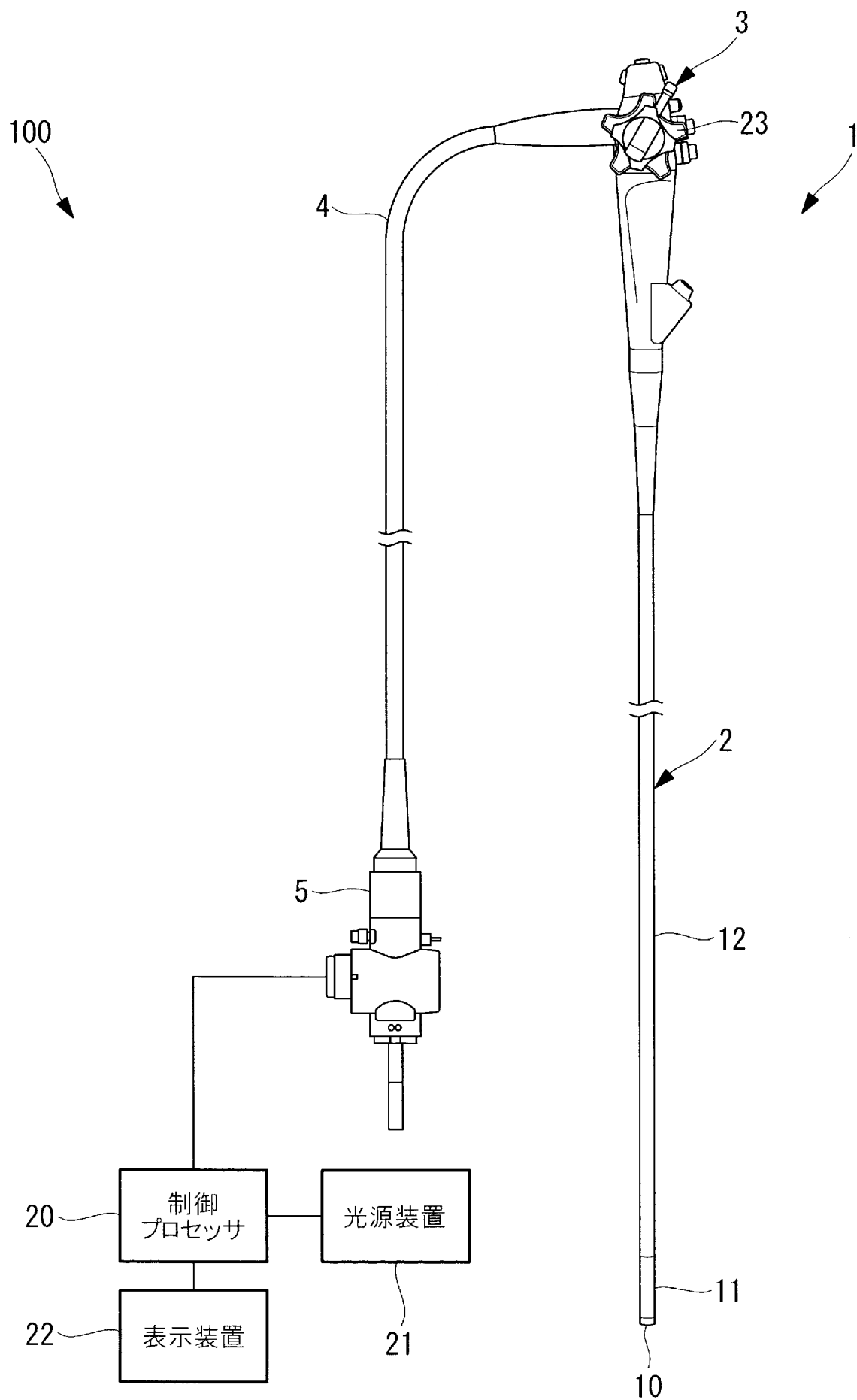
前記発光部が、前記光源からの光を前記挿入部の長手方向に沿って導光する光ファイバ束の射出端である請求項2に記載の内視鏡。

[請求項4]

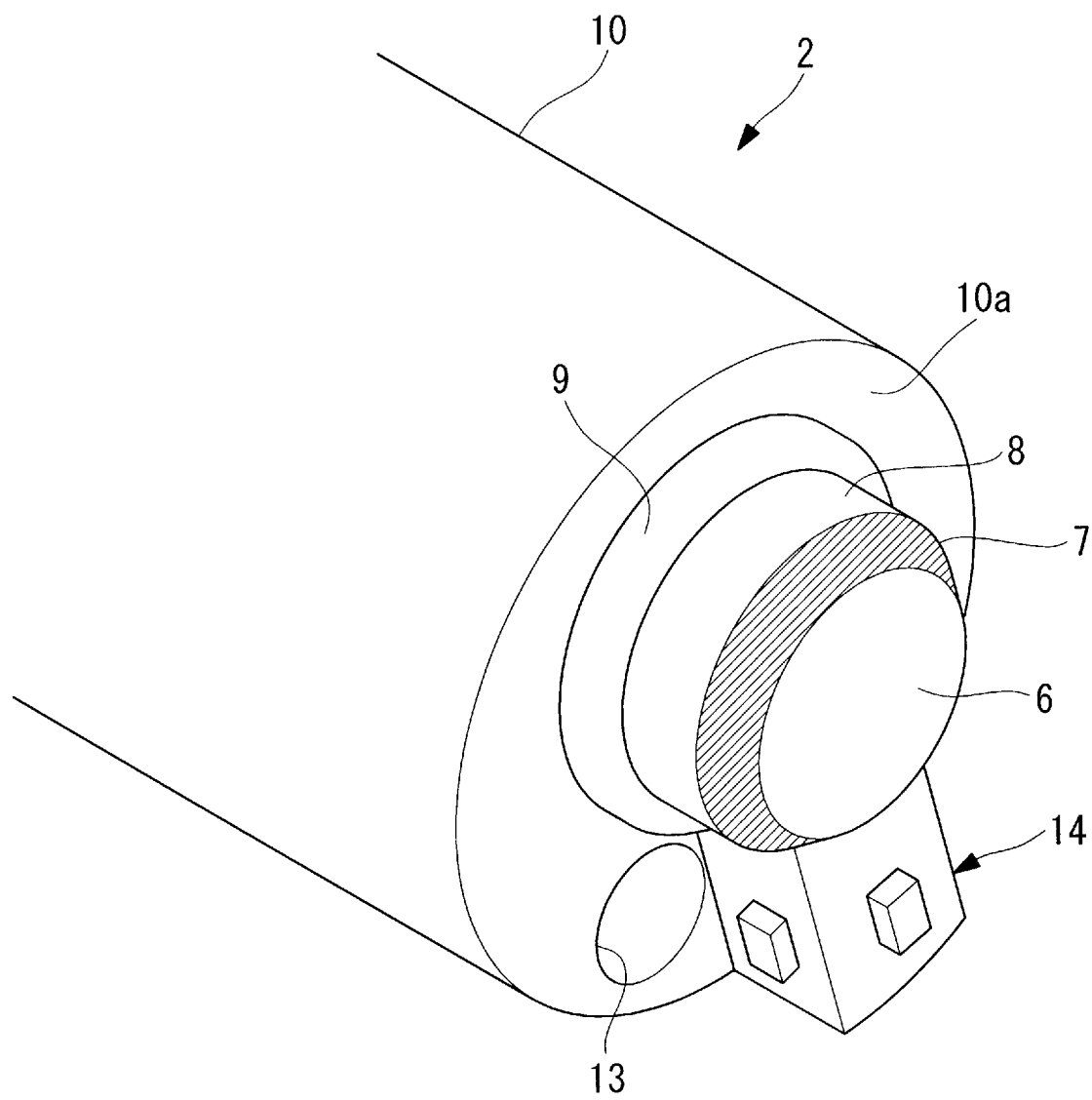
前記側方観察窓が周方向200°以上300°以下の範囲にわたって設けられ、
前記導光ファイバが、前記側方観察窓の設けられていない周方向位置において前記側方観察窓の位置を長手方向に横切るように配置されている請求項2に記載の内視鏡。

- [請求項5] 前記導光ファイバが3本または4本備えられ、周方向に略等間隔をあけた各前記入射箇所前記照明光を入射させる請求項1から請求項4のいずれかに記載の内視鏡。
- [請求項6] 前記導光ファイバが、プラスチック製のマルチコアファイバである請求項1から請求項5のいずれかに記載の内視鏡。
- [請求項7] 各前記導光ファイバの先端における中心軸が、基端側から先端側向かって、前記前方観察窓に直交する軸線に対して、前記拡散素子の径方向外方に 0° 以上 30° 以下の角度をなして配置されている請求項1から請求項6のいずれかに記載の内視鏡。

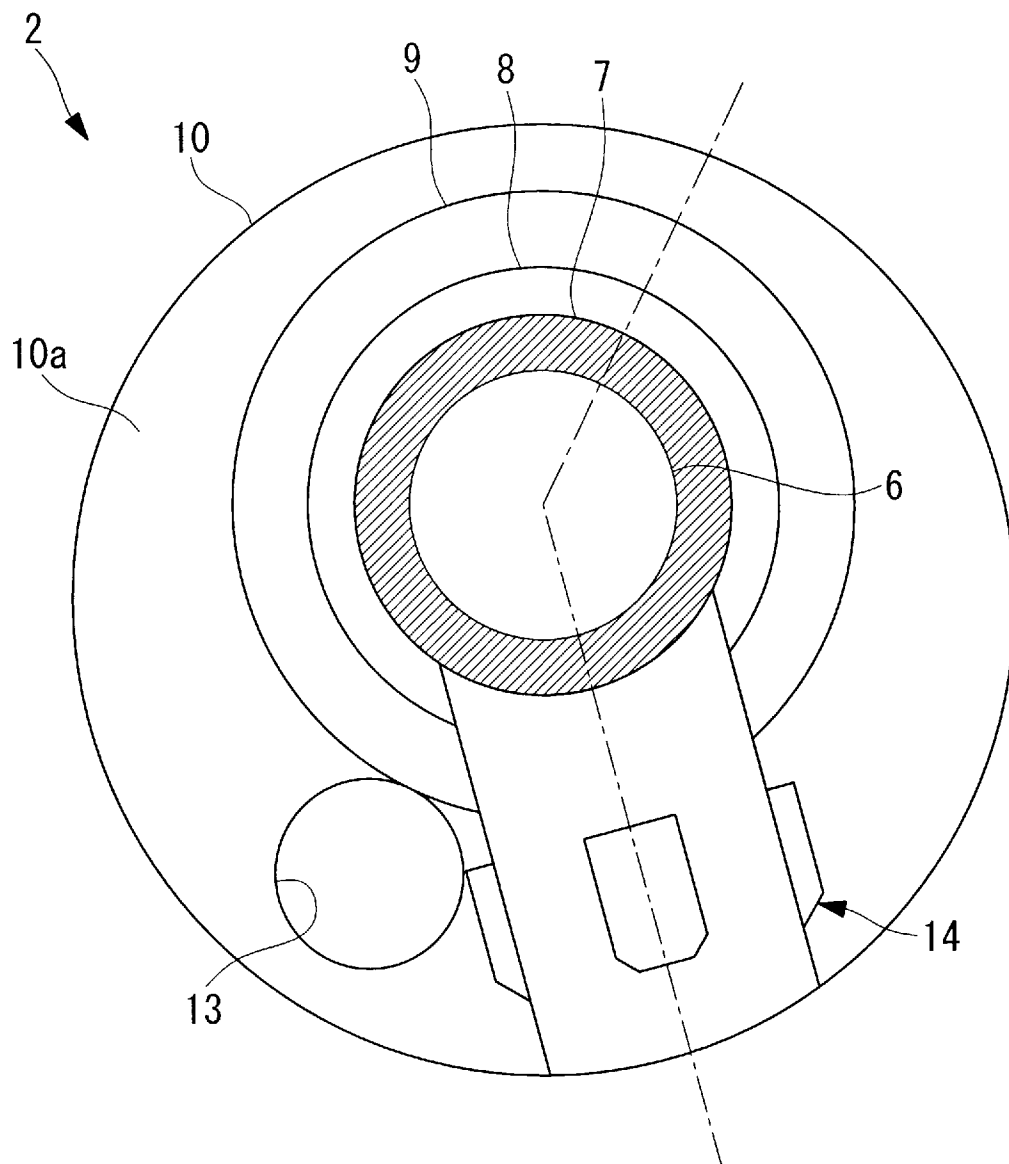
[図1]



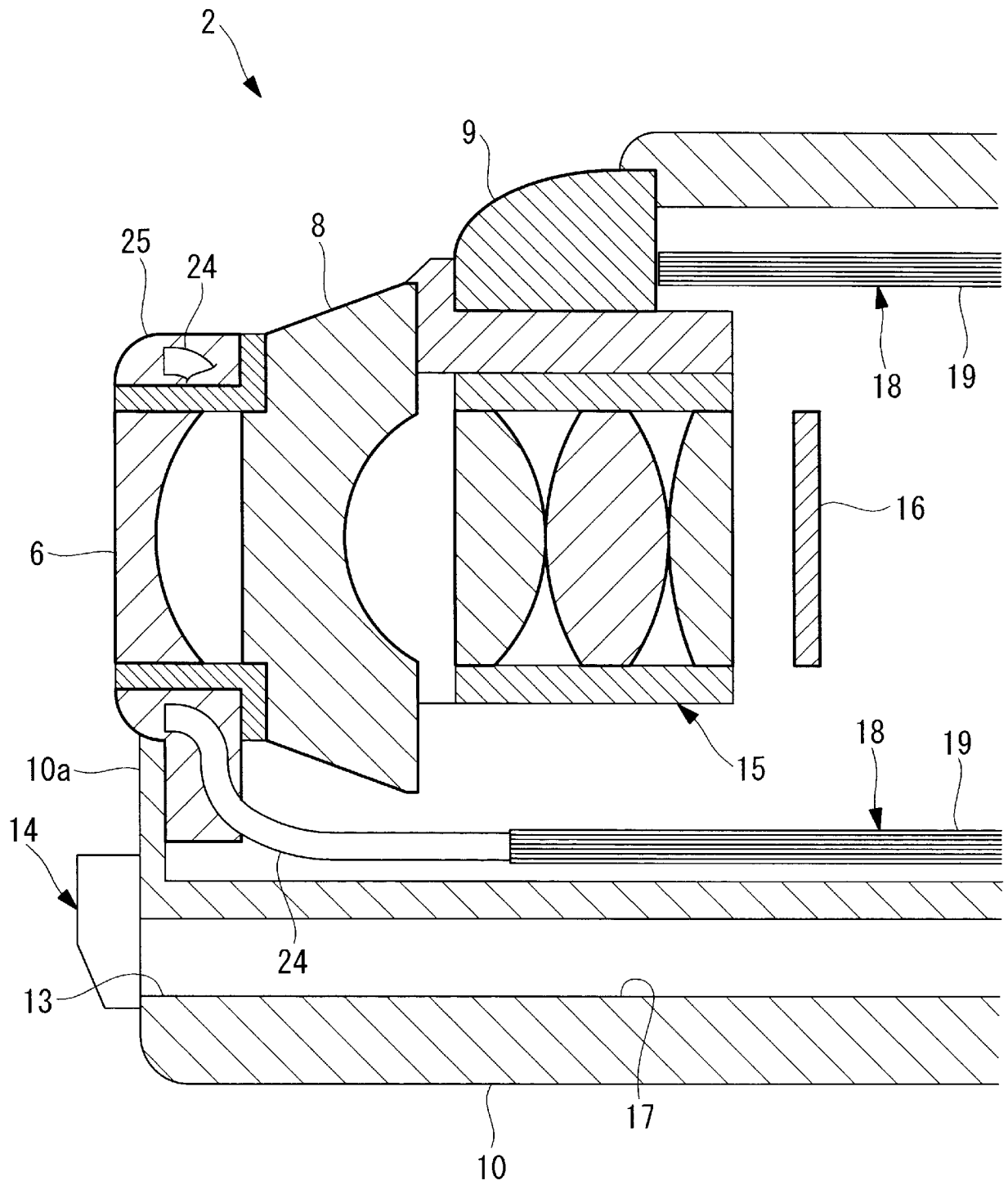
[図2]



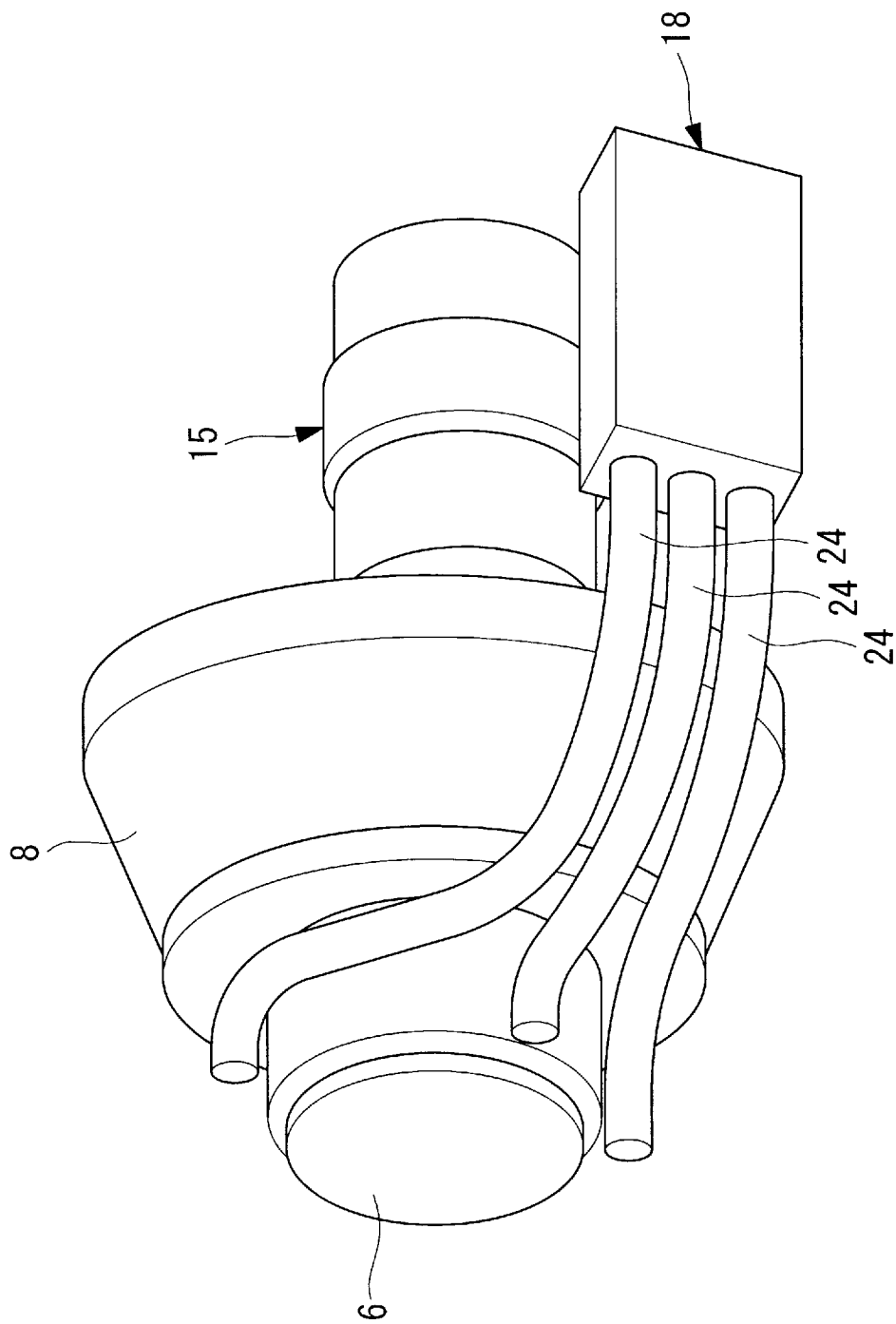
[図3]



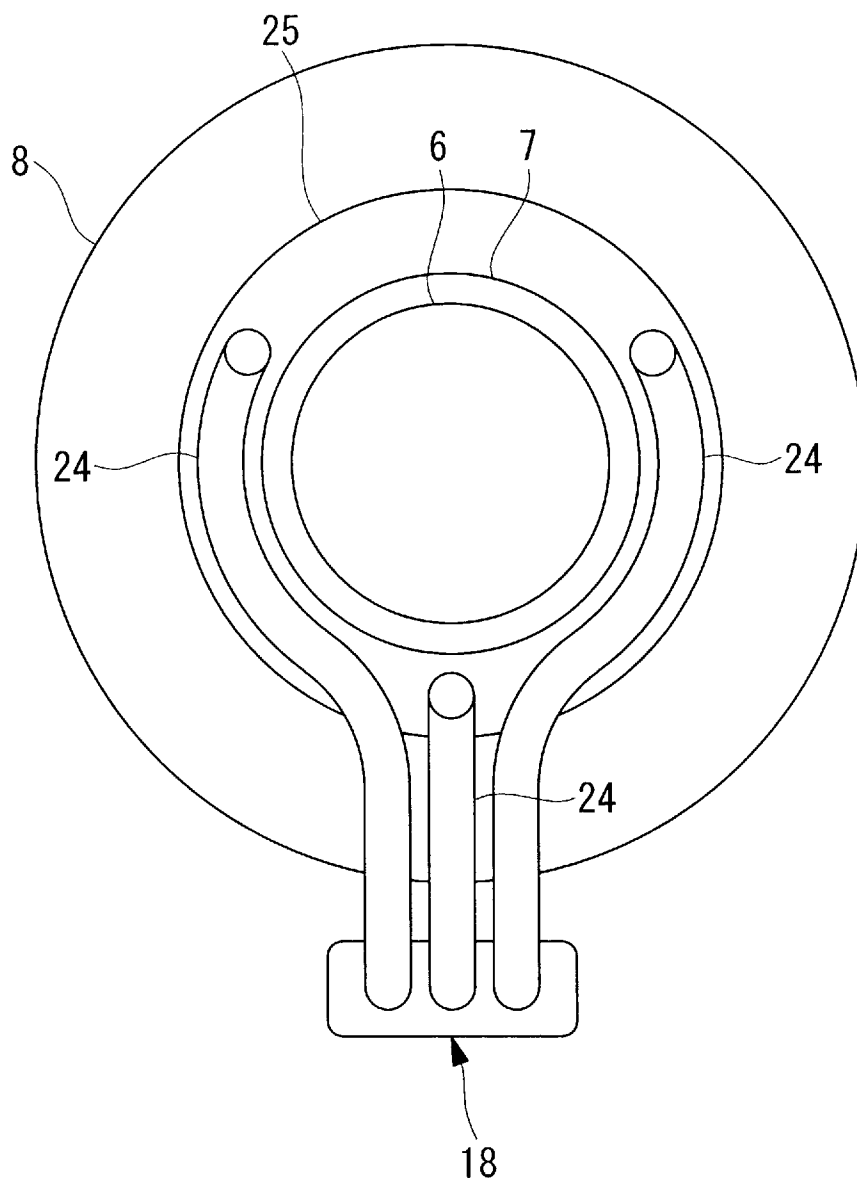
[図4]



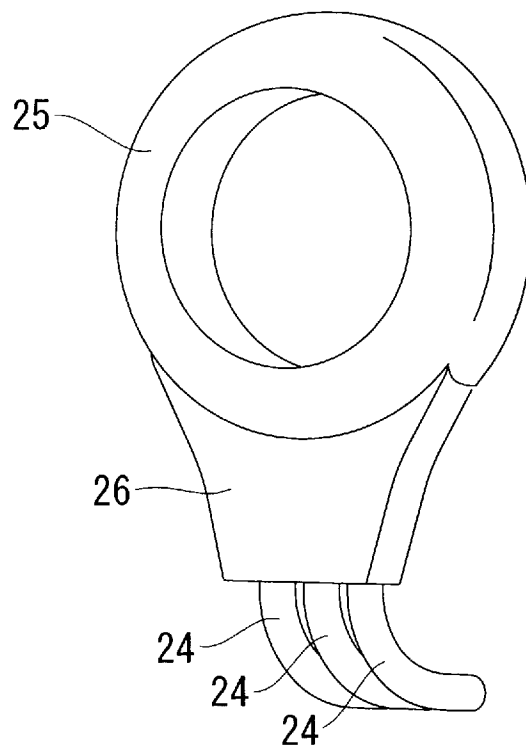
[図5]



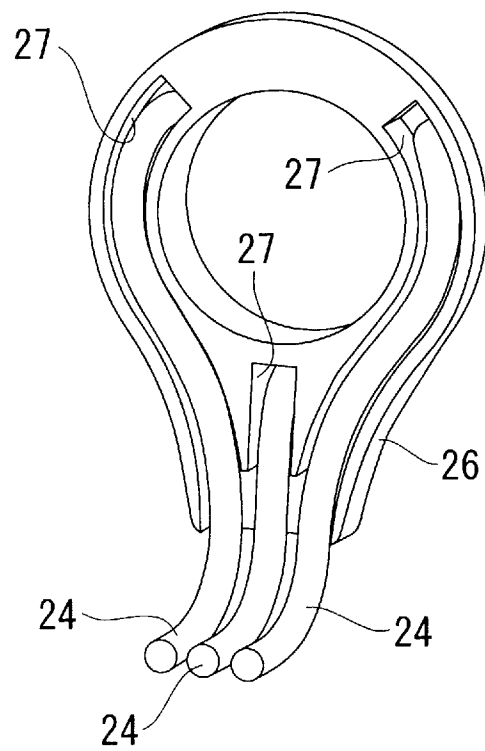
[図6]



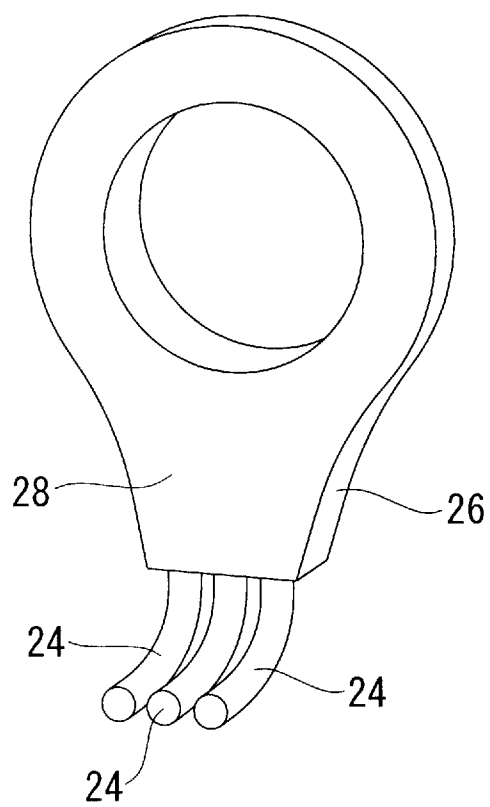
[図7]



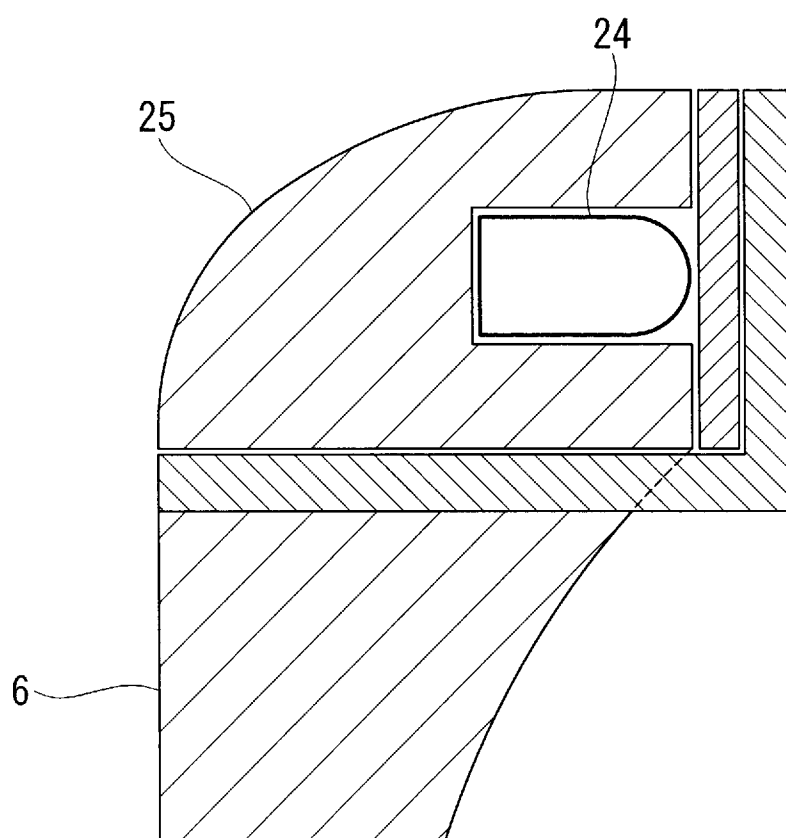
[図8]



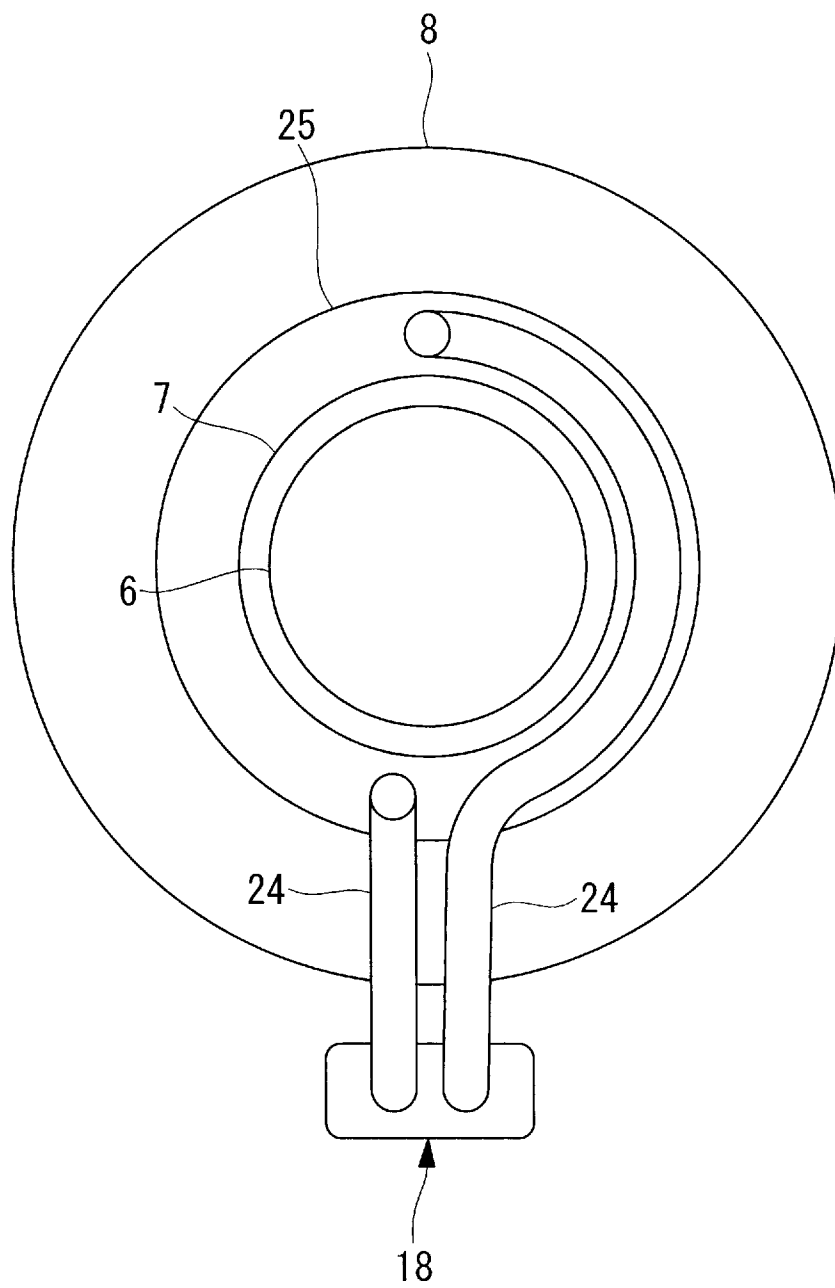
[図9]



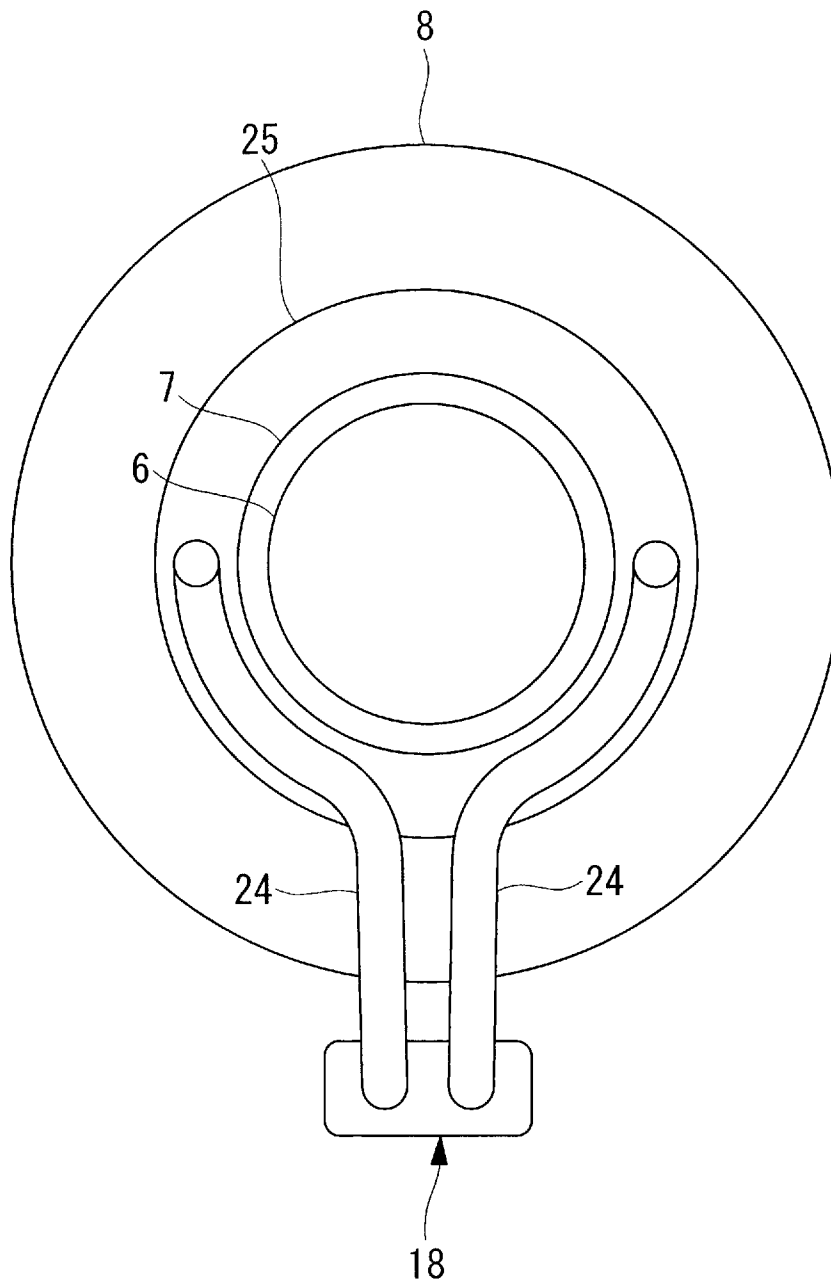
[図10]



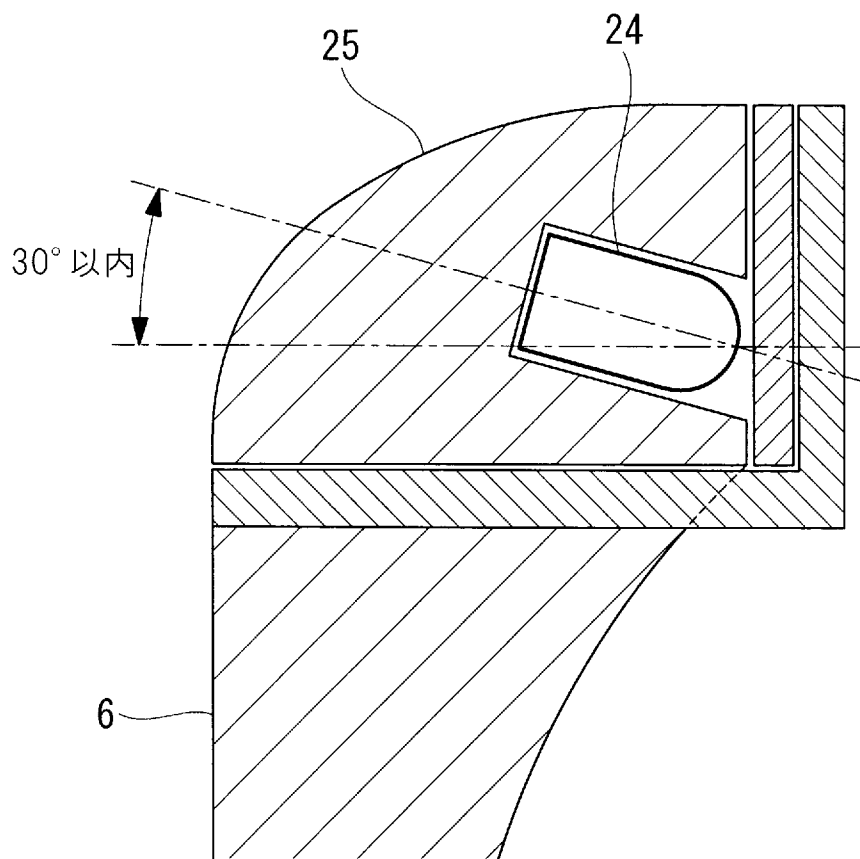
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006949

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B1/07(2006.01) i

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)

A61B1/00-1/32

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	WO 2016/098203 A1 (Olympus Corp.), 23 June 2016 (23.06.2016), abstract; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-7
A	JP 5596889 B1 (Olympus Medical Systems Corp., Olympus Corp.), 24 September 2014 (24.09.2014), abstract; fig. 1 to 13 & US 2014/0347878 A1 abstract; fig. 1 to 13 & EP 2815691 A1 & CN 104203070 A	1-7
A	WO 2016/088267 A1 (Olympus Corp.), 09 June 2016 (09.06.2016), abstract; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
27 April 2017 (27.04.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006949

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 2015-16020 A (Olympus Corp.), 29 January 2015 (29.01.2015), abstract; fig. 1 to 10 & US 2016/0100750 A1 abstract; fig. 1 to 10 & WO 2015/005108 A1	1-7
A	JP 8-254658 A (Shimadzu Corp.), 01 October 1996 (01.10.1996), abstract (Family: none)	1-7
A	JP 2013-161645 A (Nittoh Kogaku Kabushiki Kaisha, Yasuhiro KOIKE), 19 August 2013 (19.08.2013), paragraph [0052] (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B1/07 (2006.01) i

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))

Int.Cl. A61B1/00-1/32

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	WO 2016/098203 A1 (オリンパス株式会社) 2016.06.23, 要約、 第1-8図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 5596889 B1 (オリンパスメディカルシステムズ株式会社、オリン パス株式会社) 2014.09.24, 要約、第1-13図 & US 2014/0347878 A1 (要約、第1-13図) & EP 2815691 A1 & CN 104203070 A	1-7

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

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

27.04.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

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)

島田 保

2 Q

4 0 0 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

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	WO 2016/088267 A1 (オリンパス株式会社) 2016.06.09, 要約、 第 1-8 図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2015-16020 A (オリンパス株式会社) 2015.01.29, 要約、 第 1-10 図 & US 2016/0100750 A1 (要約、第 1-10 図) & WO 2015/005108 A1	1-7
A	JP 8-254658 A (株式会社島津製作所) 1996.10.01, 要約 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2013-161645 A (日東光学株式会社、小池康博) 2013.08.19, 段落 0052 (ファミリーなし)	1-7