



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103703355 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201380002324. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 03. 14

G01N 21/17(2006. 01)

(30) 优先权数据

2012-063984 2012. 03. 21 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 01. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/057139 2013. 03. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/141128 JA 2013. 09. 26

(71) 申请人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 长谷川健美 平野充遥

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 顾红霞 何胜勇

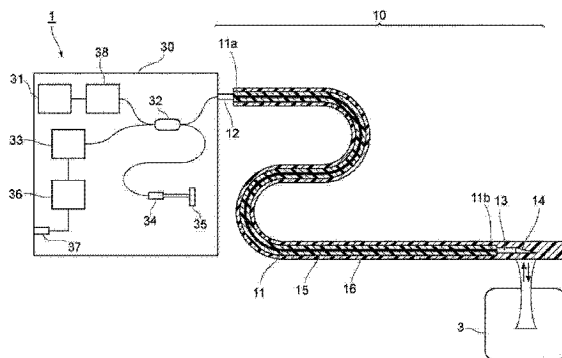
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

光学探头和光学测量方法

(57) 摘要

本发明提供一种光学测量方法以及适用于该方法的 光学探头, 其中, 即使光学探头弯曲, 仍然能够抑制检测灵敏度的波动。光学探头(10)设置有: 光纤(11), 其在近端(11a) 与远端(11b) 之间传送光; 光学连接器(12), 其与光纤(11) 的近端(11a) 侧耦合; 聚焦光学系统(13) 和偏转光学系统(14), 其与光纤(11) 的远端(11b) 侧光学地耦合; 以及支撑管(15) 和护套管(16), 其围绕光纤(11) 并沿着光纤(11) 延伸。光纤(11) 以光纤的轴线为中心在 1-50 圈/m 的圈数范围内扭转, 由此固定到支撑管(15) 上。



1. 一种光学探头,包括:

光纤,其在近端与远端之间传送光;

光学连接器,其与所述光纤的近端侧相连;

聚焦光学系统,其一端与所述光纤的远端相连,所述聚焦光学系统使从所述光纤的远端发出的光聚焦;

偏转光学系统,其与所述光纤的远端侧光学地相连,所述偏转光学系统使从所述光纤的远端发出的光偏转;

支撑管,其围绕所述光纤,沿着所述光纤延伸,在所述近端侧相对于所述光学连接器固定,并在所述远端侧相对于所述光纤、所述聚焦光学系统和所述偏转光学系统中的任意一者固定;以及

护套管,其围绕所述支撑管,沿着所述支撑管延伸,并能相对于所述光纤、所述光学连接器、所述聚焦光学系统、所述偏转光学系统和所述支撑管旋转,

其中,所述光纤以所述光纤的轴线为中心在 1 圈 /m 至 50 圈 /m 的圈数范围内扭转,并相对于所述支撑管固定。

2. 根据权利要求 1 所述的光学探头,其中,

所述偏转光学系统的一端与所述聚焦光学系统的另一端相连。

3. 根据权利要求 1 所述的光学探头,其中,

所述支撑管具有多根线状体相绞合并扭转的构造,并且

在没有从所述光学连接器导入旋转的自由状态下,所述光纤的扭转方向与所述支撑管的扭转方向彼此相反。

4. 一种采用根据权利要求 1 所述的光学探头、光源、偏振调节部、光分支部、光学检测器和分析部实施的光学测量方法,所述光源发射近红外光,所述偏振调节部将所述光源所发射的近红外光转换成圆偏振状态的近红外光并输出近红外光,所述光分支部将所述偏振调节部所输出的所述近红外光分成照明光和基准光这两路光并输出所述照明光和所述基准光,所述光学检测器检测所述近红外光,所述分析部分析所述近红外光的衰减光谱并获取分析结果作为图像信息;所述方法包括:

利用照明光来照射对象,所述照明光从所述光分支部输出,进入所述光纤的近端并从所述光纤的远端射出;

通过使照射所述对象而产生的向后反射光进入所述光纤的远端并从所述光纤的近端射出来把所述向后反射光引导到所述光学检测器,同时把从所述光分支部输出的所述基准光引导到所述光学检测器;

利用所述光学检测器来检测所述向后反射光和所述基准光的干涉光;以及

利用所述分析部来分析所述向后反射光的光谱,并获取所述对象中的物质的分布信息作为所述图像信息。

5. 根据权利要求 4 所述的光学测量方法,其中,

所述支撑管具有多根线状体相绞合并扭转而成的构造,

在没有从所述光学连接器导入旋转的自由状态下,所述光纤的扭转方向与所述支撑管的扭转方向彼此相反,并且

在所述光纤、所述光学连接器、所述聚焦光学系统、所述偏转光学系统和所述支撑管沿

与所述支撑管的扭转方向相反的方向一起旋转的同时,利用所述照明光来扫描所述对象的内部。

6. 根据权利要求 4 所述的光学测量方法,其中,

通过使所述光纤、所述光学连接器、所述聚焦光学系统、所述偏转光学系统和所述支撑管一起旋转,使所述光纤在 5 圈 /m 至 50 圈 /m 的圈数范围内扭转。

## 光学探头和光学测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及使用光学相干断层扫描(OCT)的方法来测量诸如血管等具有管腔形状的对管的管腔的断层构造的光学探头。

### 背景技术

[0002] 美国专利 No. 6, 445, 939 描述了 OCT 作为用于测量具有管腔形状的对管的管腔的断层构造的方法并且描述了插入所述对管的管腔中并用于 OCT 测量的光学探头。关于 OCT 测量,与单模光纤的末端(远端)相连的渐变折射率光纤起到透镜的作用,并且构造成具有大于 1mm 的作业距离和小于 100  $\mu\text{m}$  的光斑尺寸。因此,能够以小于 100  $\mu\text{m}$  的空间分辨率来光学地测量内径大于 1mm 的对管。

[0003] 在 OCT 测量中,从光源输出的光被分成两路:照明光和基准光。光学探头用照明光来照射对管,将对管处因为照射而产生的向后反射光引导到光学检测器,并且将基准光引导到光学检测器。然后,光学检测器检测向后反射光与基准光的干涉光。分析部分析向后反射光的光谱并且获取对管内物质的分布信息作为图像信息。

### 发明内容

[0004] < 技术问题 >

[0005] 本发明旨在提供一种光学测量方法和适用于该光学测量方法的光学探头,该光学测量方法即使在光学探头发生弯曲的情况下仍然能够抑制检测灵敏度的变化。

[0006] < 技术方案 >

[0007] 一种根据本发明的光学探头包括:(1) 光纤,其在近端与远端之间传送光;(2) 光学连接器,其与所述光纤的近端侧相连;(3) 聚焦光学系统,其一端与所述光纤的远端侧相连,所述聚焦光学系统使从所述光纤的远端发出的光聚焦;(4) 偏转光学系统,其与所述光纤的远端侧光学地相连,所述偏转光学系统使从所述光纤的远端发出的光偏转;(5) 支撑管,其围绕所述光纤,沿着所述光纤延伸,在所述近端侧相对于所述光学连接器固定,并在所述远端侧相对于所述光纤、所述聚焦光学系统和所述偏转光学系统中的任意一者固定;以及(6) 护套管,其围绕所述支撑管,沿着所述支撑管延伸,并能相对于所述光纤、所述光学连接器、所述聚焦光学系统、所述偏转光学系统和所述支撑管旋转。此外,所述光纤以所述光纤的轴线为中心在 1 圈/m 至 50 圈/m 的圈数(节距)范围内扭转,并固定于所述支撑管。所述偏转光学系统的一端可以与所述聚焦光学系统的另一端相连。可选地,一端被倾斜地切除的渐变折射率(GI)透镜可以形成所述聚焦光学系统和所述偏转光学系统两者。

[0008] 在本发明的光学探头中,所述支撑管可以具有多根线状体相绞合并扭转的构造,并且在没有从所述光学连接器导入旋转的自由状态下,所述光纤的扭转方向与所述支撑管的扭转方向可以彼此相反。

[0009] 一种采用上述光学探头、光源、偏振调节部、光分支部、光学检测器和分析部实施的根据本发明的光学测量方法,所述光源发射近红外光,所述偏振调节部将所述光源所发

射的近红外光转换成圆偏振状态的近红外光并输出近红外光,所述光分支部将所述偏振调节部所输出的所述近红外光分成照明光和基准光这两路光并输出所述照明光和所述基准光,所述光学检测器检测所述近红外光,所述分析部分析所述近红外光的衰减光谱并获取分析结果作为图像信息;所述方法包括:利用照明光来照射对象,所述照明光从所述光分支部输出,进入所述光纤的近端并从所述光纤的远端射出;通过使照射所述对象而产生的向后反射光进入所述光纤的远端并从所述光纤的近端射出来把所述向后反射光引导到所述光学检测器,同时把从所述光分支部输出的所述基准光引导到所述光学检测器;利用所述光学检测器来检测所述向后反射光和所述基准光的干涉光;以及利用所述分析部来分析所述向后反射光的光谱,并获取所述对象中的物质的分布信息作为所述图像信息。

[0010] 在本发明的光学测量方法中,所述支撑管可以具有多根线状体相绞合并扭转而成的构造,在没有从所述光学连接器导入旋转的自由状态下,所述光纤的扭转方向与所述支撑管的扭转方向可以彼此相反,并且在所述光纤、所述光学连接器、所述聚焦光学系统、所述偏转光学系统和所述支撑管沿与所述支撑管的扭转方向相反的方向一起旋转的同时,可以利用所述照明光来扫描所述对象的内部。另外,可以通过使所述光纤、所述光学连接器、所述聚焦光学系统、所述偏转光学系统和所述支撑管一起旋转,使所述光纤在 5 圈 /m 至 50 圈 /m 的圈数范围内扭转。

[0011] < 本发明的有益效果 >

[0012] 利用本发明,即使在光学探头发生弯曲的情况下仍然能够抑制检测灵敏度的变化。

## 附图说明

[0013] 图 1 是根据本发明实施例的包括光学探头的 OCT 装置的概念图。

[0014] 图 2 是示出根据实施例的光学探头的内部构造的概念图。

[0015] 图 3 是根据实施例的光学探头中的支撑管的概念图。

[0016] 图 4 是示出基准扭转率和弯曲半径之间的关系的曲线图。

## 具体实施方式

[0017] 下面参考附图来描述本发明的实施例。附图是出于解释的目的,而不意图限制本发明的范围。在附图中,相同的附图标记表示相同的部件,以避免重复的描述。各幅附图中的尺寸的比例不一定精确。

[0018] 使用现有光学探头的 OCT 装置存在如下问题:如果光学探头发生弯曲,则经由光学探头传播的照明光的偏振状态以及向后反射光的偏振状态改变,由此导致检测灵敏度变化。可以利用如下方法来解决上述问题:例如,对向后反射光的各种偏振状态进行检测。然而,该方法需要附加的检测器,并且增加了装置成本。

[0019] 图 1 是根据本发明实施例的包括光学探头 10 的 OCT 装置 1 的概念图。OCT 装置 1 包括光学探头 10 和测量单元 30,并获取对象 3 的光学相干断层扫描图像。

[0020] 光学探头 10 包括:光纤 11,其在近端 11a 与远端 11b 之间传送光;光学连接器 12,其与光纤 11 的近端 11a 侧相连;聚焦光学系统 13 和偏转光学系统 14,其与光纤 11 的远端 11b 侧相连;以及支撑管 15 和护套管 16,其围绕光纤 11 并且沿着光纤 11 延伸。光学连接

器 12 与测量单元 30 光学地相连。

[0021] 测量单元 30 包括：光源 31，其发射近红外光；偏振调节部 38，其将光源 31 所发射的近红外光转换成偏振状态的近红外光并输出该近红外光；光分支部 32，其将从偏振调节部 38 输出的近红外光分成照明光和基准光这两路光，并输出照明光和基准光；光学检测器 33，其检测来自光分支部 32 的光；光学终端 34，其输出从光分支部 32 到达的基准光；反射镜 35，其将从光学终端 34 输出的基准光反射到光学终端 34；分析部 36，其分析光学检测器 33 所检测到的光的光谱；以及输出口 37，其输出分析部 36 所做分析的分析结果。

[0022] 在测量单元 30 中，光源 31 输出线偏振状态的近红外光，偏振调节部 38 将上述近红外光转换成圆偏振状态的近红外光。从偏振调节部 38 输出的圆偏振状态的近红外光被光分支部 32 分成照明光和基准光这两路光，并输出为照明光和基准光。从光分支部 32 输出的照明光经由光学连接器 12 入射到光纤 11 的近端 11a 上，由光纤 11 引导，从远端 11b 射出，并且经由聚焦光学系统 13 和偏转光学系统 14 照射到对象 3 上。照明光照射到对象 3 上，由此产生的向后反射光经由偏转光学系统 14 和聚焦光学系统 13 入射到光纤 11 的远端 11b 上。然后，上述光由光纤 11 引导，从近端 11a 射出，并经由光学连接器 12 及光分支部 32 与光学检测器 33 耦合。

[0023] 从光分支部 32 输出的基准光从光学终端 34 射出，被反射镜 35 反射，穿过光学终端 34 及光分支部 32，并与光学检测器 33 耦合。在光学检测器 33 中，来自对象 3 的向后反射光与基准光发生干涉。光学检测器 33 检测干涉光。将干涉光的光谱输出到分析部 36。分析部 36 分析干涉光的光谱，由此计算出对象 1 中相应点处的向后反射率的分布。基于计算结果来计算对象 3 的断层扫描图像。

[0024] 光学探头 10 的光纤 11、聚焦光学系统 13、偏转光学系统 14 和支撑管 15 可以在护套管 15 中一起旋转。利用这种旋转，可以利用照明光来扫描对象 3。在利用照明光来扫描对象 3 的各点的同时，计算各部分的反射率分布，由此计算出对象 3 的断层扫描图像并且从信号输出口 37 输出断层扫描图像作为图像信号。

[0025] 在上述机构中，从光纤 11 的远端 11b 发射的照明光到达对象 3 并重新返回到光纤 11 的远端 11b，严格地说，这种机构可能包含反射、折射和散射。然而，对本发明而言，不必区分反射、折射和散射之间的差异；因此，在本说明书中，为了便于描述，将反射、折射和散射统称为向后反射。

[0026] 图 2 是示出根据实施例的光学探头 10 的内部构造的概念图。光纤 11 是典型的单模光纤。该光纤具有如下构造：用树脂涂层 11d 覆盖玻璃纤维 11c。玻璃纤维 11c 包括：芯部，其具有高折射率；以及包层，其具有低折射率。光纤 11 在近端 11a 侧相对于光学连接器 12 固定，并且在远端 11b 侧利用粘合剂 17 粘接并固定到支撑管 15。光纤 11 扭转并具有圆双折射率(circular birefringence)，所述圆双折射率是由于光纤 11 扭转而产生的。从固定至光学连接器 12 的部分和固定至支撑管 15 的部分上移除树脂涂层 11d。光学连接器 12 和支撑管 15 相对于玻璃纤维 11c 固定。因此，当光学连接器 12 旋转时，可以将扭矩高效地传递到玻璃纤维 11c。

[0027] 在光纤 11 的远端 11b 处，用作聚焦光学系统 13 的渐变折射率(GRIN)透镜和用作偏转光学系统 14 的反射镜借助熔接法而被串联地连接起来。聚焦光学系统 13 会聚从光纤 11 的远端 11b 射出的光。偏转光学系统 14 使从聚焦光学系统 13 射出的光沿径向偏转。可

选地,一端被倾斜地切除的 GI 透镜可以形成聚焦光学系统 13 和偏转光学系统 14 两者。透镜(聚焦光学系统 13)和反射镜(偏转光学系统 14)由石英玻璃或硼硅酸盐玻璃形成。

[0028] 光纤 11 容纳在支撑管 15 的内腔中。支撑管 15 在远端 11b 侧粘接并固定到光纤 11,并且在近端 11a 侧相对于光学连接器 12 固定。因此,当光学连接器 12 旋转时,支撑管 15 一起旋转。此外,转矩传递到光纤 11,因而光纤 11、聚焦光学系统 13、偏转光学系统 14 和支撑管 15 一起旋转。

[0029] 图 3 是根据实施例的光学探头 10 中的支撑管 15 的概念图。支撑管 15 在近端 15a 侧与光学连接器 12 相连,并在远端 15b 侧与光纤 11 相连。支撑管 15 具有如下构造:由不锈钢、Co-Cr 合金或 Ni-Ti 合金形成的多根(典型的是 5 至 50 根)金属线 15c 绞合并扭转成空心形状。支撑管 15 的厚度为 0.15mm 以上,杨氏模量在 100 至 300GPa 的范围内。因此,支撑管 15 可以具有挠性,从而允许支撑管 15 插入例如血管等柔软且弯曲的对象中。同时,支撑管 15 可以将施加到近端 11a 侧的转矩高效地传递到远端 11b 侧。

[0030] 支撑管 15 的扭转方向用从近端 11a 观察远端 11b 并且视点朝远端 11b 移动时的旋转方向来定义。另外,在使用期间施加到光纤 11 的近端 11a 上的旋转的旋转方向用从近端 11a 观察远端 11b 时近端 11a 的旋转方向来定义。支撑管 15 的扭转方向是与使用期间施加到光纤 11 的近端 11a 上的旋转的旋转方向相反的方向,也就是因旋转而使支撑管 15 更加强烈地扭转的方向。

[0031] 当沿顺时针方向提供旋转时,施加使得近端 11a 相对于远端 11b 沿顺时针方向移动的力。远端 11b 由于惯性和摩擦而无法移动。因此,由于上述力,近端 11a 相对于远端 11b 沿顺时针方向扭转。此时的扭转方向是逆时针方向。也就是说,当沿逆时针方向扭转的支撑管 15 沿顺时针方向旋转时,支撑管 15 更加强烈地扭转。因此,支撑管 15 能够高效地传递转矩。

[0032] 此外,支撑管 15 优选地通过绞合呈多个同心环的形式的金属线来形成。因此,可以进一步提高支撑管 15 的转矩传递性能。在这种情况下,最外层环上的支撑管 15 的扭转方向优选地与使用期间的转矩的方向相反。

[0033] 光纤 11 在使用期间的扭转方向和旋转方向是顺时针方向(cw 方向)(参见图 2),支撑管的扭转方向是与上述方向相反的逆时针方向(ccw 方向)(参见图 3)。因此,当使用期间施加转矩时,该转矩使得支撑管 15 进一步沿逆时针方向扭转。光纤 11 沿顺时针方向的扭转一旦恢复,然后光纤 11 沿逆时针方向扭转。

[0034] 因此,光纤 11 沿逆时针方向的扭转的减少量为光纤 11 最初沿顺时针方向的扭转量。当光学探头 10 高速旋转时,转矩向光纤 11 施加大的扭转,从而光纤 11 有可能被上述大的扭转破坏,因而存在断裂的风险。然而,通过预先使光纤 11 朝与转矩方向相反的方向扭转,可以降低断裂的风险。可选地,光纤 11 的扭转方向和旋转方向可以是逆时针方向,并且支撑管 15 的扭转方向可以是顺时针方向。

[0035] 已知的是:如果光纤扭转,则会产生圆双折射率。如 R. E. Schuh, Electronics Letters, Vol. 31, No. 20, pp. 1172-1173 (1995) 中描述的,令  $\gamma$  是扭转率(每单位长度的扭转角),圆双折射率的传播常数差  $\Delta \beta t$  如下:

[0036]  $\Delta \beta t = g \times \gamma$

[0037] 其中,在玻璃光纤的情况下,比例系数  $g$  典型地是 0.14。

[0038] 另外,已知的是:如果向光纤施加弯曲,则在光纤中产生线双折射率(linear birefringence)。如 R. Ulrich, Optics Letters, Vol. 5, No. 6, pp. 273-275 (1980) 中描述的,令  $r$  是光纤的玻璃半径,  $R$  是弯曲半径,线双折射率的传播常数差  $\Delta \beta_b$  如下:

$$[0039] \quad \Delta \beta_b = 0.25 \times n^3 \times k \times \Delta p \times (1 + \nu) \times (r/R)^2$$

[0040] 其中,  $n$  是折射率,  $k$  是波数,  $\Delta p$  是光学应变各向异性系数(anisotropy of an optical strain coefficient),  $\nu$  是泊松比。在玻璃光纤的情况下,对于  $1.3 \mu\text{m}$  的波长,  $n=1.447$ ,  $\Delta p=-0.15$ ,  $\nu=0.17$ 。

[0041] 当向光纤同时施加扭转和弯曲时,光纤会产生圆双折射率和线双折射率。此时,大的双折射率的效果成为主导。因此,尽管向光纤施加的弯曲有可能根据使用状态而变化,但通过预先扭转光纤来产生比弯曲所导致的线双折射率更大的双折射率,并使处于圆偏振状态的光进入光纤,可以稳定地保持经由光纤传播的光的偏振状态。可以通过向光纤施加比基准扭转率  $\gamma_0$  更大的扭转来实现这种条件。基准扭转率  $\gamma_0$  的表达式如下:

$$[0042] \quad \gamma_0 = (0.25/g) \times n^3 \times k \times |\Delta p| \times (1 + \nu) \times (r/R)^2。$$

[0043] 图 4 是示出基于旋转圈数的基准扭转率和弯曲半径之间的关系的曲线图。在对血管等的测量中,光学探头 10 的光纤 11 可能典型地、不可避免地具有大于 50mm 的弯曲半径,而且偶尔可能具有大于 25mm 的弯曲半径。如图 4 所示,与 50mm 的弯曲半径相对应的基准扭转率是 1.11 圈/m,与 25mm 的弯曲半径相对应的基准扭转率是 4.5 圈/m。因此,通过典型地向光纤 11 施加 1 圈/m 的扭转,可以稳定地保持经由光纤 11 传播的照明光的偏振状态和向后反射光的偏振状态。另外,通过向光纤 11 施加 5 圈/m 以上的弯曲,更可以稳定地保持照明光的偏振状态和向后反射光的偏振状态。

[0044] 然而,还已知的是:如果扭转率过大,则断裂的风险增大。如 M. Legre, Journal of Lightwave technology, Vol. 21, No. 12, pp. 3374-3378 (2003) 中描述的,已知的是当扭转率是 70 至 80 圈/m 时,断裂的风险增大。为了保证断裂的风险足够低,光纤 11 的扭转率优选的是每米 50 圈以下。

[0045] 当旋转光纤 11 以利用照明光扫描对象 3 时,由转矩而产生的附加扭转被施加至光纤 11。为了高速地执行测量,优选的是提高转速。然而,附加扭转随之增大。如上所述,在本实施例中,通过预先沿与旋转所导致额外扭转的方向的相反的方向向光纤 11 施加扭转,旋转期间的扭转的绝对值减小,因而光纤 11 断裂的风险降低。更具体地说,旋转期间光纤 11 的扭转率优选的是 50 圈/m 以下。此外,为了保持照明光的偏振状态和向后反射光的偏振状态恒定,光纤 11 的扭转率优选的是 5 圈/m 以下。另外,即使当仅测量对象 3 的一部分而无旋转时,为了保持照明光的偏振状态和向后反射光的偏振状态恒定,优选的是预先向光纤 11 施加 1 圈/m 以上的扭转。



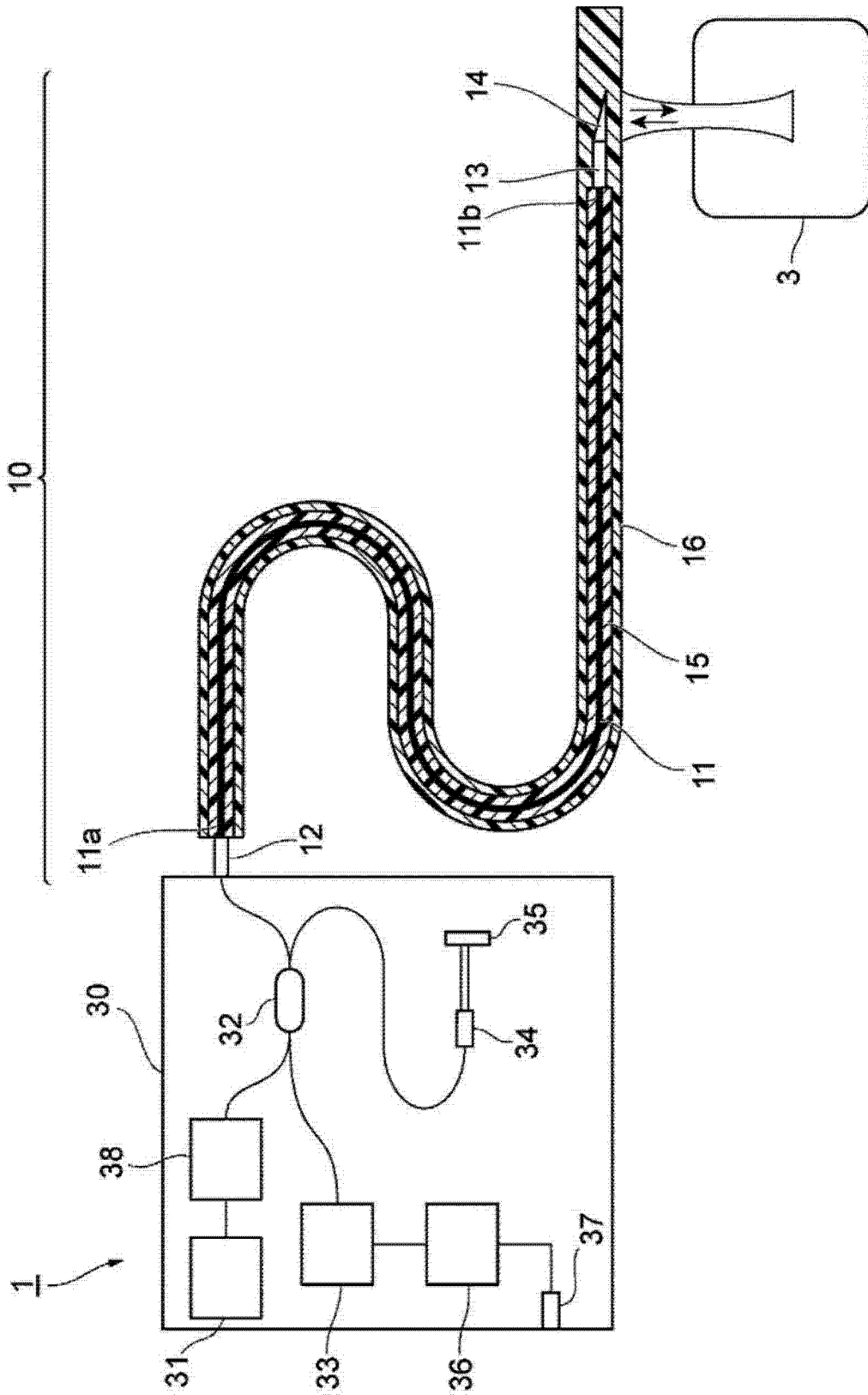


图 1

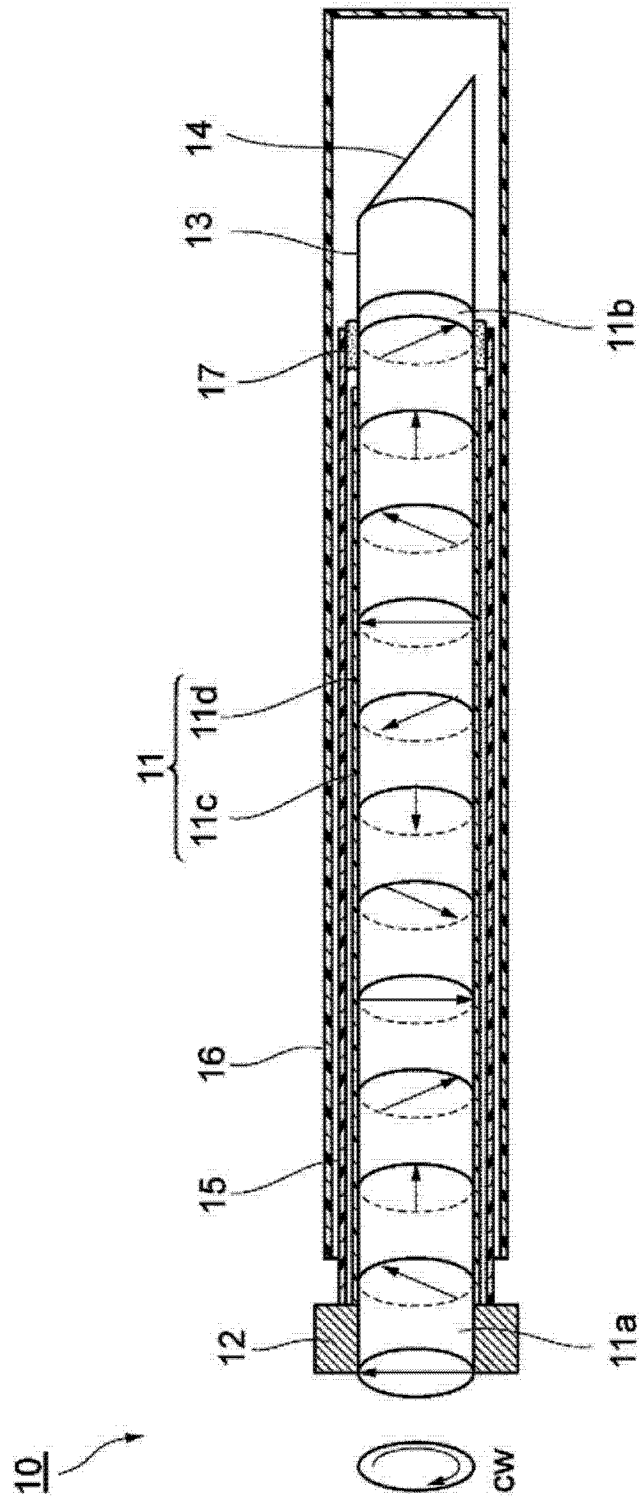


图 2

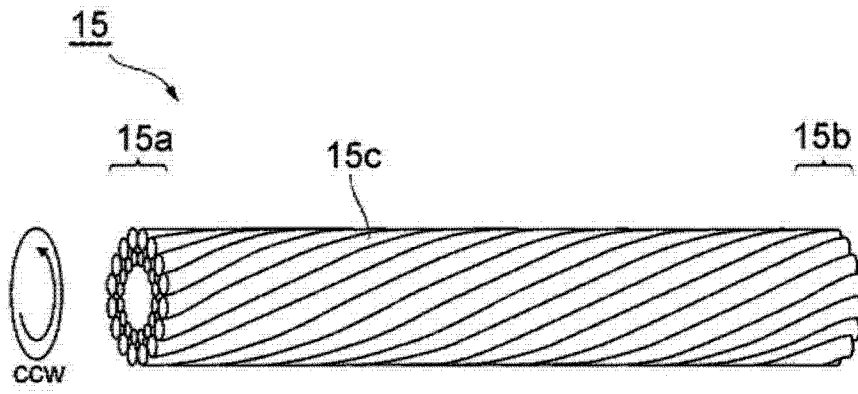


图 3

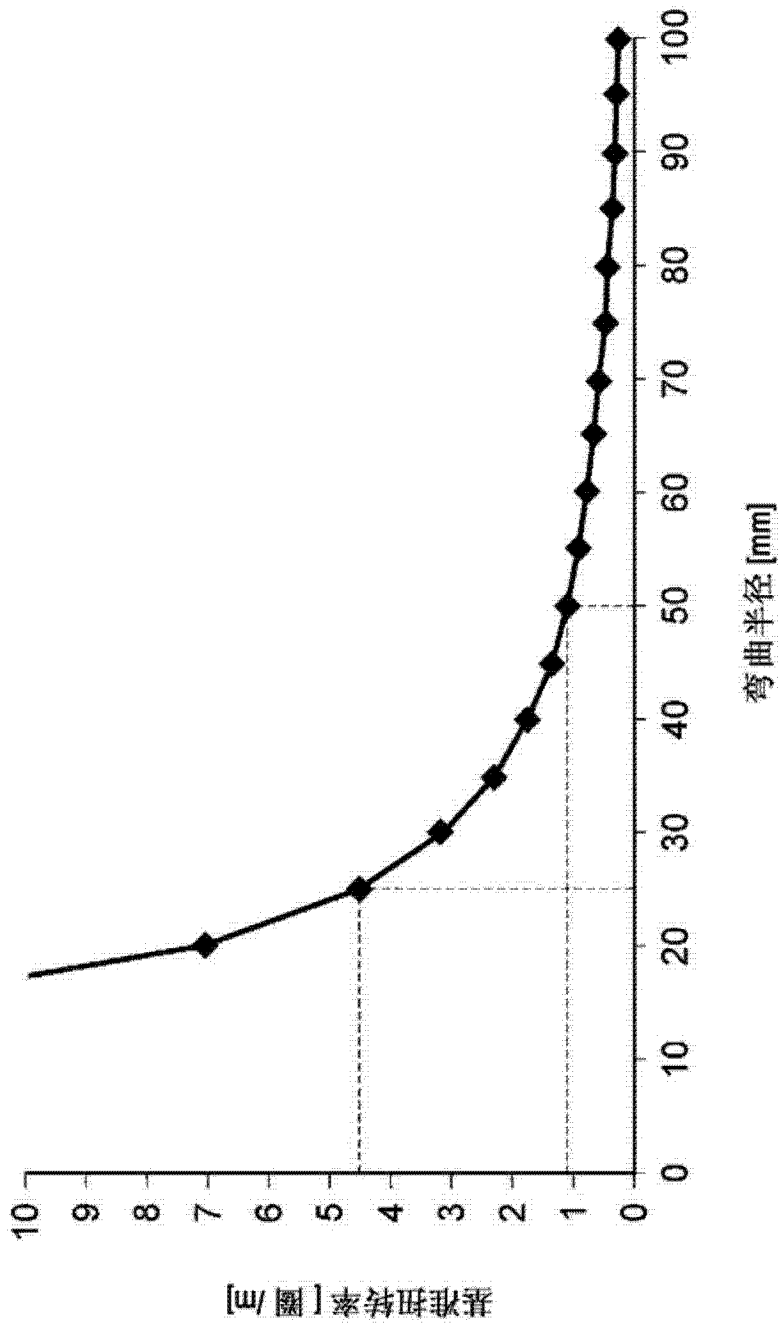


图 4