



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110546453 B

(45) 授权公告日 2021.07.06

(21) 申请号 201880024668.6

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

(22) 申请日 2018.04.24

公司 11021

(65) 同一申请的已公布的文献号

代理人 刘建

申请公布号 CN 110546453 A

(51) Int.CI.

(43) 申请公布日 2019.12.06

G01B 11/14 (2006.01)

(30) 优先权数据

F01D 25/00 (2006.01)

2017-086222 2017.04.25 JP

F02C 7/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2019.10.11

JP S59142408 A, 1984.08.15

(86) PCT国际申请的申请数据

US 4326804 A, 1982.04.27

PCT/JP2018/016574 2018.04.24

JP 2003254091 A, 2003.09.10

(87) PCT国际申请的公布数据

JP 2009168602 A, 2009.07.30

W02018/199076 JA 2018.11.01

US 2010268509 A1, 2010.10.21

(73) 专利权人 三菱重工业株式会社

JP 2016017921 A, 2016.02.01

地址 日本东京

EP 2698502 A1, 2014.02.19

(72) 发明人 福山美笑 近藤明生 大西智之

EP 0806680 A3, 1998.07.08

宫本贵洋

审查员 刘梦婉

权利要求书2页 说明书10页 附图7页

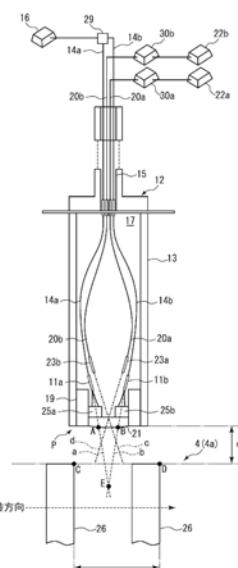
(54) 发明名称

间隙测量装置、间隙测量传感器及间隙测量

方法

(57) 摘要

间隙测量装置是用于测量壳体的内周面与旋转体的外周面之间的间隙的装置。在该装置中，朝向旋转体的外周面分别射出具有第一波长的光及具有第二波长的光，经由具有与第一波长对应的透射波段的第一过滤器接受来自外周面的反射光，并经由具有与第二波长对应的透射波段的第二过滤器接受来自外周面的反射光，基于旋转体的检测时机的时间差来测量间隙。



1. 一种间隙测量装置，其用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在所述壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行测量，其中，

所述间隙测量装置具备：

第一照射部，其固定于所述壳体，朝向所述旋转体的外周面射出具有第一波长的光；

第二照射部，其固定于所述壳体，朝向所述旋转体的外周面射出具有与所述第一波长不同的第二波长的光；

第一受光部，其经由具有与所述第一波长对应的透射波段的第一过滤器部，接受来自所述旋转体的外周面的反射光；

第二受光部，其经由具有与所述第二波长对应的透射波段的第二过滤器部，接受来自所述旋转体的外周面的反射光；以及

测量部，其基于所述第一受光部及所述第二受光部的受光结果，并基于所述第一受光部及所述第二受光部中的所述旋转体的检测时机的时间差，来测量所述间隙，

所述第一受光部配置为能够接受基于从所述第一照射部照射的光的来自所述外周面的正反射光，

所述第二受光部配置为能够接受基于从所述第二照射部照射的光的来自所述外周面的正反射光，

所述第一受光部及所述第二受光部配置为，彼此的光轴在将所述壳体的内部空间与外部隔离的隔离壁的内表面上交叉。

2. 根据权利要求1所述的间隙测量装置，其中，

所述第一照射部包括第一荧光体，该第一荧光体配置在所述第一照射部的光路上，并具有与所述第一波长对应的激发波长，

所述第二照射部包括第二荧光体，该第二荧光体配置在所述第二照射部的光路上，并具有与所述第二波长对应的激发波长。

3. 根据权利要求2所述的间隙测量装置，其中，

所述第一荧光体及所述第二荧光体以能够供来自所述外周面的反射光在不与所述第一荧光体及所述第二荧光体发生干涉的情况下通过的方式，彼此隔开间隔地配置。

4. 根据权利要求2或3所述的间隙测量装置，其中，

将从共用的光源部输出的光源光通过光耦合器分光来向所述第一照射部及所述第二照射部供给。

5. 根据权利要求1所述的间隙测量装置，其中，

向所述第一照射部供给从第一光源部输出并具有所述第一波长的光源光，

向所述第二照射部供给从第二光源部输出并具有所述第二波长的光源光。

6. 根据权利要求1至3中任一项所述的间隙测量装置，其中，

所述第一照射部、所述第二照射部、所述第一受光部以及所述第二受光部隔着隔离壁配置于所述壳体的内部空间。

7. 根据权利要求1至3中任一项所述的间隙测量装置，其中，

在所述第一照射部及所述第二照射部的光路上配置有扩散板。

8. 根据权利要求1至3中任一项所述的间隙测量装置，其中，

所述第一照射部及所述第二照射部是包含多条光纤的光纤集合体。

9. 一种间隙测量传感器，其用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在所述壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行检测，其中，

所述间隙测量传感器具备：

传感器主体，其能够固定于所述壳体；

第一照射部，其收容于所述传感器主体的内部空间，朝向所述旋转体的外周面射出具有第一波长的光；

第二照射部，其收容于所述传感器主体的内部空间，朝向所述旋转体的外周面射出具有与所述第一波长不同的第二波长的光；

第一受光部，其收容于所述传感器主体的内部空间，经由具有与所述第一波长对应的透射波段的第一过滤器部，接受来自所述旋转体的外周面的反射光；以及

第二受光部，其收容于所述传感器主体的内部空间，经由具有与所述第二波长对应的透射波段的第二过滤器部，接受来自所述旋转体的外周面的反射光，

所述第一照射部包括第一荧光体，该第一荧光体配置在所述第一照射部的光路上，并具有与所述第一波长对应的激发波长，

所述第二照射部包括第二荧光体，该第二荧光体配置在所述第二照射部的光路上，并具有与所述第二波长对应的激发波长，

所述第一受光部配置为能够接受基于从所述第一照射部照射的光的来自所述外周面的正反射光，

所述第二受光部配置为能够接受基于从所述第二照射部照射的光的来自所述外周面的正反射光，

所述第一受光部及所述第二受光部配置为，彼此的光轴在将所述壳体的内部空间与外部隔离的隔离壁的内表面上交叉。

10. 一种间隙测量方法，其用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在所述壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行测量，其中，

所述间隙测量方法包括以下步骤：

朝向所述旋转体的外周面分别射出具有第一波长的光和具有与所述第一波长不同的第二波长的光；

经由具有与所述第一波长对应的透射波段的第一过滤器来接受来自所述旋转体的外周面的反射光的正反射光成分，并且经由具有与所述第二波长对应的透射波段的第二过滤器来接受来自所述旋转体的外周面的反射光的正反射光成分；以及

基于具有所述第一波长的光的反射光的检测时机与具有所述第二波长的光的反射光的检测时机的时间差，来测量所述间隙，

在接受正反射光成分的步骤中，使经由所述第一过滤器接受的正反射光成分的光轴与经由所述第二过滤器接受的正反射光成分的光轴在将所述壳体的内部空间与外部隔离的隔离壁的内表面上交叉。

间隙测量装置、间隙测量传感器及间隙测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行测量的间隙测量装置、能够用于该间隙测量装置的间隙测量传感器、以及能够通过该间隙测量装置实施的间隙测量方法。

背景技术

[0002] 已知有旋转体在壳体内旋转的蒸汽轮机、燃气轮机或涡轮增压器这样的旋转机械。在壳体的内周面与在壳体内旋转的旋转体的外周面之间设定有规定的间隙，为了发挥适当的性能确保间隙的值合适很重要。

[0003] 在专利文献1中，公开了一种在作为旋转机械的压缩机中使用非接触传感器来测量转子所具备的动叶与壳体之间的叶尖间隙的技术。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1：日本特开2003-254091号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 作为专利文献1这样用于测量间隙的非接触传感器，例如使用光传感器。例如在动叶的外周面设置反射率与外周面不同的标志，将从光传感器的光纤照射的激光照射在动叶的外周面，基于其反射光量的变化来检测标志经过了规定位置的情况。而且，根据该检测结果来求出标志经过不同的两个规定位置之间的经过时间，并与动叶的旋转时间等一起计算壳体与动叶的间隙。

[0009] 在这样的光学测量方法中，基于来自在动叶的外周面设置的标志的反射光来进行间隙的计算。来自标志的反射光包含正反射光及散射光，若被照射光的标志附近的表面性状变化特别是散射光变化，则测量结果变得不稳定，成为导致测量误差的主要因素。

[0010] 本发明的至少一个实施方式是鉴于上述情况提出的，目的在于提供一种能够高精度且稳定地实施旋转机械中的间隙测量的间隙测量装置、间隙测量传感器及间隙测量方法。

[0011] 用于解决课题的方案

[0012] (1)为了解决上述课题，本发明至少一个实施方式的间隙测量装置用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在所述壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行测量，其中，所述间隙测量装置具备：第一照射部，其固定于所述壳体，朝向所述旋转体的外周面射出具有第一波长的光；第二照射部，其固定于所述壳体，朝向所述旋转体的外周面射出具有与所述第一波长不同的第二波长的光；第一受光部，其从所述旋转体的外周面接受与所述第一照射部的照射光对应的反射光；第二受光部，其从所述旋转体的外周面接受与所述第二照射部的照射光对应的反射光；第一接收部，其经由具有与所述第一波长对应的透

射波段的第一过滤器部接收由所述第一受光部接受到的反射光；第二接收部，其经由具有与所述第二波长对应的透射波段的第二过滤器部接收由所述第二受光部接受到的反射光；以及测量部，其基于所述第一接收部及所述第二接收部的接收结果，并基于所述第一受光部及所述第二受光部中的所述旋转体的检测时机的时间差，来测量所述间隙。

[0013] 根据上述(1)的结构，第一照射部及第二照射部朝向旋转体的外周面分别照射具有第一波长的光及具有第二波长的光，并由第一受光部及第二受光部接受来自旋转体的外周面的反射光。在第一受光部中接受与第一照射部的照射光对应的反射光并经由第一过滤器部向第一接收部传送，从而去除反射光所包含的第二波长成分。在第二受光部中接受与第二照射部的照射光对应的反射光并经由第二过滤器部向第二接收部传送，将反射光所包含的第一波长成分去除。由此，在第一接收部及第二接收部中，能够获得由第一受光部及第二受光部将反射光所包含的不需要的波长成分去除的结果。其结果是，无论旋转体的外周面的性状如何，均能够实现高精度且稳定的间隙测量。

[0014] (2) 在几个实施方式中，在上述(1)的结构的基础上，所述第一受光部及所述第二受光部配置为，彼此的光轴在将所述壳体的内部空间与外部隔离的隔离壁的内表面上交叉，所述第一受光部配置为能够接受基于从所述第一照射部照射的光的来自所述外周面的正反射光，所述第二受光部配置为能够接受基于从所述第二照射部照射的光的来自所述外周面的正反射光。

[0015] 根据上述(2)的结构，第一受光部及第二受光部按照以上结构配置，从而能够在第一受光部及第二受光部中分别可靠地接受第一照射部及第二照射部的照射光的正反射光成分。正反射光成分与散射光成分相比，无论旋转体的外周面的性状如何，均能够获得稳定的测量结果，因此能够实现更高精度的测量。

[0016] (3) 在几个实施方式中，在上述(1)或(2)的结构的基础上，所述第一照射部包括第一荧光体，该第一荧光体配置在所述第一照射部的光路上，并具有与所述第一波长对应的激发波长，所述第二照射部包括第二荧光体，该第二荧光体配置在所述第二照射部的光路上，并具有与所述第二波长对应的激发波长。

[0017] 根据上述(3)的结构，第一照射部及第二照射部通过在各自的光路上配置的第一荧光体及第二荧光体，能够将照射光的波长设定为第一波长及第二波长。

[0018] (4) 在几个实施方式中，在上述(3)的结构的基础上，将从共用的光源部输出的光源光通过光耦合器分光来向所述第一照射部及所述第二照射部供给。

[0019] 根据上述(4)的结构，能够基于来自共用的光源的光源光生成从第一照射部及第二照射部照射的彼此不同波长的照射光。这样的结构与第一照射部及第二照射部具有独立光源的情况相比，能够简化装置结构。

[0020] (5) 在几个实施方式中，在上述(1)或(2)的结构的基础上，向所述第一照射部供给从第一光源部输出并具有所述第一波长的光源光，向所述第二照射部供给从第二光源部输出并具有所述第二波长的光源光。

[0021] 根据上述(5)的结构，第一发光部及第二发光部具有与各第一波长及第二波长对应的独立的第一光源部及第二光源部，从而能够以灵活的装置结构实现可靠性优异的间隙测量装置。另外，由于不需要像上述(4)的结构那样在装置内部设置用于进行波长转换的荧光体，因此能够简化装置的内部结构，并有利于小型化。

[0022] (6) 在几个实施方式中,在上述(1)至(5)中任一结构的基础上,所述第一照射部、所述第二照射部、所述第一受光部以及所述第二受光部隔着隔离壁配置于所述壳体的内部空间。

[0023] 根据上述(6)的结构,第一照射部、第二照射部、第一受光部及第二受光部经由隔离壁而相对于间隙被隔离在壳体内。因此,即使在像蒸汽轮机、燃气轮机或涡轮增压器这样间隙处于高温、高压的苛刻条件下的情况下,也能够适当地保护第一照射部、第二照射部、第一受光部及第二受光部,能够实现良好的测量。

[0024] (7) 在几个实施方式中,在上述(1)至(6)中任一结构的基础上,在所述第一照射部及所述第二照射部的光路上配置有扩散板。

[0025] 根据上述(7)的结构,通过在第一照射部及第二照射部的光路上配置扩散板,从而来自第一照射部及第二照射部的照射光在透过扩散板时扩散,配光特性的偏差减小。在间隙测量中,存在照射光受到由外周面上的凹凸形成的镜面反射的影响而无法良好捕捉的情况,且存在旋转体的经过时间产生误差的情况。在本结构中,通过具有上述特征,从而能够抑制通过测量区域的旋转体表面的镜面反射,能够准确地测量间隙。

[0026] (8) 在几个实施方式中,在上述(1)至(6)中任一结构的基础上,所述第一照射部及所述第二照射部是包含多条光纤的光纤集合体。

[0027] 根据上述(8)的结构,由于第一照射部及第二照射部是包含多条光纤的光纤集合体,因此能够获得更宽的照射面,无需使用上述(7)那样的扩散板便能够实现均匀的光的照射。

[0028] (9) 为了解决上述课题,本发明至少一个实施方式的间隙测量传感器用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在所述壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行检测,其中,所述间隙测量传感器具备:所述间隙测量传感器具备:传感器主体,其能够固定于所述壳体;第一照射部,其收容于所述传感器主体的内部空间,朝向所述旋转体的外周面射出具有第一波长的光;第二照射部,其收容于所述传感器主体的内部空间,朝向所述旋转体的外周面射出具有与所述第一波长不同的第二波长的光;第一受光部,其收容于所述传感器主体的内部空间,经由具有与所述第一波长对应的透射波段的第一过滤器部,接受来自所述旋转体的外周面的反射光;以及第二受光部,其收容于所述传感器主体的内部空间,经由具有与所述第二波长对应的透射波段的第二过滤器部,接受来自所述旋转体的外周面的反射光,所述第一照射部包括第一荧光体,该第一荧光体配置在所述第一照射部的光路上,并具有与所述第一波长对应的激发波长,所述第二照射部包括第二荧光体,该第二荧光体配置在所述第二照射部的光路上,并具有与所述第二波长对应的激发波长。

[0029] 上述(9)的结构应用于壳体和在该壳体内旋转的旋转机械,从而能够适当地实现上述的间隙测量装置(包含上述各种方式)。

[0030] (10) 为了解决上述课题,本发明至少一个实施方式的间隙测量方法用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在所述壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行测量,其中,所述间隙测量方法包括以下步骤:朝向所述旋转体的外周面分别射出具有第一波长的光和具有与所述第一波长不同的第二波长的光;经由具有与所述第一波长对应的透射波段的第一过滤器来接受来自所述旋转体的外周面的反射光,并且经由具有与所述第二波长对应的透射波段的第二过滤器来接受来自所述旋转体的外周面的反射光;以及基于具有

所述第一波长的光的反射光的检测时机与具有所述第二波长的光的反射光的检测时机的时间差,来测量所述间隙。

[0031] 上述(10)的方法能够适当地由上述的间隙测量装置(包含上述各种方式)实施。

[0032] 发明效果

[0033] 根据本发明的至少一个实施方式,能够提供能够高精度且稳定地实施旋转机械中的间隙测量的间隙测量装置、间隙测量传感器及间隙测量方法。

附图说明

[0034] 图1是示出具备本发明至少一个实施方式的间隙测量装置的旋转机械的整体结构的概要图。

[0035] 图2是关联技术的间隙测量传感器的轴向剖视图。

[0036] 图3是与从图2的间隙测量传感器向测量部输入的受光信号的信号强度相关的曲线图。

[0037] 图4是示意性示出第一实施方式的间隙测量传感器的内部结构的剖视图。

[0038] 图5是向图4的测量部输入的受光信号的测量结果的一例。

[0039] 图6是图5的比较例。

[0040] 图7是示意性示出第二实施方式的间隙测量传感器的内部结构的剖视图。

[0041] 图8是示意性示出第三实施方式的间隙测量传感器的内部结构的剖视图。

具体实施方式

[0042] 以下参照附图说明本发明的几个实施方式。采用实施方式记载或附图中示出的结构部件的尺寸、材质、形状、其相对配置等并非旨在将本发明的范围限定于此,而只不过是说明例。

[0043] 例如,“某方向”、“沿某方向”、“平行”、“正交”、“中心”、“同心”或“同轴”等表示相对或绝对配置的表现不仅严格表示相应的配置,而且也表示具有公差或能够获得相同功能的程度的角度和/或距离而相对位移的状态。

[0044] 例如,“相同”、“相等”及“均匀”等表示物体处于等同状态的表现不仅严格表示等同状态,还表示存在公差或能够获得相同功能的程度的差的状态。

[0045] 例如,四边形状或圆筒形状等表示形状的表现不仅表示几何学上严格意义的四边形状或圆筒形状等形状,也表示在获得相同效果的范围包含凹凸部或倒角部等的形状。

[0046] 另一方面,“包括”、“设有”、“具备”、“包含”或“具有”一个结构要素的表现,并不是排除其他结构要素存在的排他性表现。

[0047] 图1是示出具备本发明至少一个实施方式的间隙测量装置的旋转机械的整体结构的概要图。旋转机械1具备:壳体2,其具有大致圆筒形状;以及旋转体4,其以能够旋转的方式配置在壳体2内。在壳体2的内周面2a与旋转体4的外周面4a之间设有间隙d,与旋转轴6连接的旋转体4构成为能够在壳体2内旋转。

[0048] 旋转机械1是例如蒸汽轮机、燃气轮机或涡轮增压器。在该情况下,旋转体4具备沿旋转轴6的周向以规定间隔排列设置的多个动叶,在驱动时,通过该多个动叶形成旋转体4的外周面4a。

[0049] 间隙测量装置10具备用于对在壳体2的内周面2a与旋转体4的外周面4a之间设置的间隙d进行测量的间隙测量传感器12。间隙测量传感器12是光学传感器，以位于前端的检测面P(参照图4)与旋转体4的外周面4a对置的方式固定配置在壳体2上。在旋转机械1是蒸汽轮机、燃气轮机或涡轮增压器的情况下，间隙测量传感器12暴露在壳体2与旋转体(动叶)4之间的高温、高压环境下的间隙d中。

[0050] 间隙测量传感器12经由照射用光纤14与光源部16连接。光源部16包含能够发出照射光的发光元件。发光元件是例如具有规定波长的激光光源。来自光源部16的照射光经由照射用光纤14被传输至间隙测量传感器12，并朝向旋转体4的外周面4a照射。

[0051] 来自间隙测量传感器12的照射光在旋转体4的外周面4a反射，其反射光的一部分由间隙测量传感器12接受。此时，来自旋转体4的外周面4a的反射光具有依赖于旋转体4的外周面4a的沿周向(旋转方向)变化的形状或者图案的规定的强度周期。在此，“形状”在例如旋转体4为涡轮的情况下是动叶的形状，“图案”表示例如通过标注反射率与外周面4a不同的标志(耐热涂料等)而形成明暗的结构。

[0052] 来自旋转体4的外周面4a的反射光由间隙测量传感器12接受，经由第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b被分别输入第一接收部22a及第二接收部22b。输入至第一接收部22a及第二接收部22b的反射光转换为与信号强度对应的电受光信号并向测量部24发送，用于间隙d的测量运算。

[0053] 测量部24是基于间隙测量传感器12的测量结果来测量间隙d的运算单元，由例如计算机这样的使用半导体设备的电子运算装置构成。测量部24构成为，基于预先安装的程序实施本发明至少一个实施方式的间隙测量方法，从而实现本发明至少一个实施方式的间隙测量装置10。例如，测量部24通过向间隙测量传感器12输出发光信号，从而控制将照射光向旋转体4的外周面4a照射的照射时机，并获取与来自旋转体4的外周面4a的反射光对应的受光信号，进行间隙d的运算。

[0054] 在此，参照图2，以关联技术的间隙测量传感器为参考来说明间隙d的测量原理。图2是关联技术的间隙测量传感器的轴向剖视图。需要说明的是，在图2中，对与本发明至少一个实施方式的间隙测量传感器12对应的结构标注共用的附图标记，并适当省略重复的说明。

[0055] 关联技术的间隙测量传感器以检测面P与旋转体4的外周面4a对置的方式配置，具备与光源部16连接的照射用光纤14、与第一接收部22a连接的第一受光用光纤20a、与第二接收部22b连接的第二受光用光纤20b。

[0056] 照射用光纤14的一端与光源部16连接(参照图1)，另一端的端面延伸至检测面P。从光源部16输出的照射光经由照射用光纤14传递，并从检测面P向旋转体4的外周面4a照射。

[0057] 第一受光用光纤20a的一端与第一接收部22a连接(参照图1)，另一端的端面延伸至检测面P。由旋转体4的外周面4a反射的反射光在检测面P被接受，并经由第一受光用光纤20a向第一接收部22a传递。

[0058] 第二受光用光纤20b的一端与第二接收部22b连接(参照图1)，另一端的端面延伸至检测面P。由旋转体4的外周面4a反射的反射光在检测面P被接受，并经由第二受光用光纤20b向第二接收部22b传递。

[0059] 在此,照射用光纤14与第一受光用光纤20a作为光纤组X而捆扎为一组,以包围第一受光用光纤20a周围的方式配置有多条照射用光纤14。同样地,照射用光纤14与第二受光用光纤20b作为光纤组Y而捆扎为一组,以包围第二受光用光纤20b周围的方式配置有多条照射用光纤14。这些光纤组X、Y沿间隙测量传感器的大致轴向延伸,以在前端侧(检测面P侧)彼此的间隔距离增大的方式倾斜配置。在图2中,光纤组X、Y的端面分别以A点、B点表示,并示出在A点、B点处垂直穿过端面的假想直线a、b。另外,作为间隙测量传感器的基准点示出假想直线a、b的交点0,交点0处的假想直线a、b的交叉角以 α 表示。

[0060] 需要说明的是,光纤组X、Y如上所述由多条光纤构成,但在图2中,为了简化,光纤X、Y的前端面的位置分别会聚在A点及B点而视为一个点。另外,在图2中,以旋转体4为涡轮的情况为例,示出形成外周面4a的动叶26。在此,C点是动叶26的外侧端面上的角部(两个角部中的旋转方向前方侧的角部)与假想直线a相交叉的点,D点是动叶26的外侧端面上的角部(两个角部中的旋转方向前方侧的角部)与假想直线b相交叉的点。

[0061] 在这样的光纤组X、Y中,分别从照射用光纤14的端面向外周面4a照射照射光,并由第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b接受其反射光。图3是与从图2的间隙测量传感器向测量部24输入的受光信号的信号强度相关的曲线图。在图3中,横轴表示时间,纵轴表示信号强度。

[0062] 如图3所示,作为受光信号,检测到与旋转体4的外周面4a上的测量点(动叶的旋转方向前方侧的角部)从C点移动到D点所需的时间 Δt 对应的两个信号峰值。在此,若将旋转体4的旋转周期设为T,将旋转体4的半径设为R,则间隙d通过下式计算。

[0063] [公式1]

$$[0064] d = \frac{\frac{1}{2}\overline{CD}}{\tan\frac{\alpha}{2}} - \frac{\frac{1}{2}\overline{AB}}{\tan\frac{\alpha}{2}} = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t}{T}}{\tan\frac{\alpha}{2}} - \frac{\frac{1}{2}L}{\tan\frac{\alpha}{2}} \quad \dots (1)$$

[0065] 如上所述,在关联技术的间隙测量传感器中,检测旋转体4的外周面4a从C点移动到D点所需的时间 Δt ,并基于上述(1)式计算间隙d。因此,为了高精度地检测间隙d,要求高精度且稳定地检测时间 Δt 。发明人进行深入研究而发现,对于来自旋转体4的外周面4a的反射光,若照射光的照射区域附近的表面性状发生变化,则测量结果不稳定,成为导致测量误差的主要因素。发明人鉴于这样的问题,提出了一种通过减小光照射区域附近的表面性状的影响从而能够高精度且稳定地实施间隙测量的间隙测量装置。

[0066] (第一实施方式)

[0067] 图4是示意性示出第一实施方式的间隙测量传感器12的内部结构的剖视图。间隙测量传感器12以检测面P与旋转体4的外周面4a对置的方式配置,具备与光源部16连接的第一照射用光纤14a及第二照射用光纤14b、以及分别与第一接收部22a及第二接收部22b连接的第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b。

[0068] 间隙测量传感器12具有大致圆筒形状的传感器主体13。传感器主体13从在一端侧设置的第一开口部15向内部空间17导入有第一照射用光纤14a、第二照射用光纤14b、第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b。导入至内部空间17的第一照射用光纤14a、第二照射用光纤14b、第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b以各自的前端朝向在传感器主体13的另一端侧设置的第二开口部19的方式配置。

[0069] 第二开口部19被由透射性材料构成的隔离壁21闭合,从而将内部空间17与间隙d隔离。因此,即使在间隙d处于高温、高压的苛刻环境的情况下,也能够可靠地保护收容于内部空间17中的各光纤以确保良好的可靠性。

[0070] 需要说明的是,作为隔离壁21所使用的透射性材料,例如有金刚石或蓝宝石等。

[0071] 第一照射用光纤14a及第二照射用光纤14b的一端与光源部16连接(参照图1),另一端的端面配置于传感器主体13的内部空间17。在第一照射用光纤14a及第二照射用光纤14b的照射侧的前端,分别设有用于照射从光源部16传递来的照射光的第一照射部11a及第二照射部11b。

[0072] 在内部空间17中,第一受光部23a及第二受光部23b以彼此的光轴c、d在隔离壁21的内侧表面上交叉的方式配置。以从第一照射部11a照射的光在荧光体25a中荧光发光、且来自外周面的正反射光能够由第一受光部23a接受的方式来配置第一照射部11a和第一受光部23a。以从第二照射部11b照射的光在荧光体25b中荧光发光、且来自外周面的正反射光能够由第二受光部23b接受的方式来配置第二照射部11b和第二受光部23b。其结果是,在本实施方式中,第一照射部11a及第二照射部11b具有左右对称(光学对称)的配置。

[0073] 在从第一照射部11a及第二照射部11b输出的照射光的光轴a、b上,分别配置有第一荧光体25a及第二荧光体25b。第一荧光体25a及第二荧光体25b被从第一照射用光纤14a及第二照射用光纤14b输出的照射光激发,分别生成具有第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 的激发光。在此,第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 是可见光波段,且波长彼此不同。来自第一荧光体25a及第二荧光体25b的激发光透过隔离壁21而向旋转体4的外周面4a照射。

[0074] 需要说明的是,第一荧光体25a及第二荧光体25b在与隔离壁21相比靠内侧的内部空间17中,以来自旋转体4的外周面4a的反射光能够不与第一荧光体25a及第二荧光体25b干涉地通过的程度彼此隔开间隔地配置。由此,能够避免对来自旋转体4的外周面4a的反射光的影响,以适当转换各照射光的波长。

[0075] 需要说明的是,在本实施方式中,将从共用的光源部16输出的光源光通过光耦合器29进行分光而向第一照射用光纤14a及第二照射用光纤14b供给,并通过在间隙测量传感器12内设置的第一荧光体25a及第二荧光体25b而分别转换为第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 。因此光源部16存在一个即可,能够简单地构成间隙测量传感器12的外部结构。

[0076] 第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b的一端分别与第一接收部22a及第二接收部22b连接(参照图1),另一端配置在内部空间17中。在内部空间17侧的端部分别设有用于接受来自外周面4a的反射光的第一受光部23a及第二受光部23b,由第一受光部23a及第二受光部23b接受的反射光分别经由第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b向第一接收部22a及第二接收部22b传递。

[0077] 第一受光部23a及第二受光部23b配置在能够接受经由隔离壁21透射的反射光的位置,并如上所述那样,特别是以彼此的光轴c、d在隔离壁21的内侧表面上交叉的方式配置。由此,如上所述,第一受光部23a配置在能够接受基于从第一照射部11a照射的光的来自外周面的正反射光的位置,第二受光部23b配置在能够接受基于从第二照射部11b照射的光的来自外周面的正反射光的位置。其结果是,在本实施方式中,第一受光部23a及第二受光部23b具有左右对称(光学对称)的配置,并以朝向第二开口部19而彼此的间隔距离减小的方式倾斜。

[0078] 第一照射部11a、第二照射部11b、第一受光部23a及第二受光部23b在内部空间17中配置为上述那样的位置关系,从而基于来自第一照射部11a的照射光的反射光由第一受光部23a接受,基于来自第二照射部11b的照射光的反射光由第二受光部23b接受。

[0079] 参照图2,在上述的关联技术中,根据各光纤的几何学位置关系,能够在第二受光用光纤20b接受正反射光成分,但在第一受光用光纤20a无法接受正反射光成分,而主要接受反射光的散射光成分。根据发明人的深入研究,反射光的散射光成分在照射光的照射区域附近的表面性状变化时容易变得不稳定,成为导致测量误差的主要因素。

[0080] 对此,在本实施方式中,第一照射部11a、第二照射部11b、第一受光部23a及第二受光部23b配置为上述那样的位置关系,从而构成为在第一受光部23a及第二受光部23b中均能够接受正反射光成分。因此,无论照射区域附近的表面性状如何均能够获得稳定的测量结果,能够实现测量误差少的高精度的间隙测量。

[0081] 另外,在这种间隙测量传感器中,有可能检测面P由于暴露在高温、高压的环境中而发生热延伸,从而A点与B点的间隔距离L发生变化。在本实施方式中,与关联技术相比,能够减小A点与B点的间隔距离L。因此,在上述(1)式中,能够减小包含间隔距离L的“ $-(1/2)L/\tan(\alpha/2)$ ”项,能够提高测量精度。

[0082] 第一受光用光纤20a及第二受光用光纤20b分别在第一接收部22a及第二接收部22b之间具备第一过滤器部30a及第二过滤器部30b。第一过滤器部30a及第二过滤器部30b分别具有与第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 对应的透射波段。

[0083] 在由第一受光部23a接受的反射光中,不仅包含作为目标的来自第一照射部11a的具有第一波长 λ_1 的正反射光成分,还包含不少来自第二照射部11b的具有第二波长 λ_2 的散射光成分。这样的具有第二波长 λ_2 的散射光成分对于第一接收部22a来说成为噪声成分,成为使测量误差增大的主要因素。因此,能够利用第一过滤器部30a通过过滤而将这样的不需要的散射光成分去除。由此,在第一接收部22a中,能够提取作为目标的基于来自第一照射部11a的照射光的具有第一波长 λ_1 的正反射光成分,能够获得良好的测量精度。

[0084] 同样地,由第二受光部23b接受的反射光中不仅包含作为目标的来自第二照射部11b的具有第二波长 λ_2 的正反射光成分,而且包含不少来自第一照射部11a的具有第一波长 λ_1 的散射光成分。这样的具有第一波长 λ_1 的散射光成分对于第二接收部22b而言成为噪声成分,成为使测量误差增大的主要因素。因此,能够利用第二过滤器部30b通过过滤而将这样的不需要的散射光成分去除。由此,在第二接收部22b中,能够提取作为目标的来自第二照射部11b的具有第二波长 λ_2 的正反射光成分,能够获得良好的测量精度。

[0085] 图5是向图4的测量部24输入的受光信号的测量结果的一例,图6是图5的比较例。如图5所示,在本实施方式中,在第一接收部22a及第二接收部22b中,通过分别进行分离为第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 的检测,从而受光信号波形中的畸变少,且两者的波形也获得了类似的结果。这表明,能够准确捕捉旋转体4的外周面4a且能够实现高精度的间隙测量。

[0086] 另一方面,图6的比较例是对基于在第一接收部22a及第二接收部22b以不经由第一过滤器部30a及第二过滤器部30b的方式从第一受光部23a及第二受光部23b受光的结果的受光信号进行测量的情况。在该情况下,与图5相比,结果是在所测量的波形中产生畸变且两者的波形也差异很大。像这样将图5及图6的测量结果对比可知,证明了在本实施方式中通过在第一过滤器部30a及第二过滤器部30b中进行过滤,能够由第一接收部22a及第二

接收部22b实现高精度的检测。

[0087] 如上所述,根据本实施方式,向旋转体4的外周面4a分别照射具有第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 的照射光,对接受到的反射光实施与第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 对应的过滤处理。由此,无论照射面的性状如何均能够良好地测量时间 Δt ,其结果是,能够高精度且稳定地测量间隙d。

[0088] (第二实施方式)

[0089] 接下来,对第二实施方式的间隙测量传感器12进行说明。图7是示意性示出第二实施方式的间隙测量传感器12的内部结构的剖视图。需要说明的是,在以下的说明中,对与上述实施方式对应的结构标注相同的附图标记并适当省略重复的说明。

[0090] 在第二实施方式中,导入至间隙测量传感器12的传感器主体13的第一照射用光纤14a及第二照射用光纤14b具有独立的两个第一光源部16a及第二光源部16b,这一点与上述第一实施方式不同。第一光源部16a及第二光源部16b分别是输出具有第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 的照射光的光源。

[0091] 从第一光源部16a输出的具有第一波长 λ_1 的照射光经由第一照射用光纤14a传递,并从第一照射部11a照射。从第一照射部11a照射的照射光在配置于其光路上的扩散板40的作用下均匀化,并穿过由透射性材料构成的隔离壁21而向旋转体4的外周面4a照射。而且,来自旋转体4的外周面4a的反射光由第一受光部23a接受,并从第一受光用光纤20a经由第一过滤器部30a而由第一接收部22a检测。

[0092] 从第二光源部16b输出的具有第二波长 λ_2 的照射光经由第二照射用光纤14b传递,并从第二照射部11b照射。从第二照射部11b照射的照射光在配置于其光路上的扩散板40的作用下均匀化,并穿过由透射性材料构成的隔离壁21向旋转体4的外周面4a照射。而且,来自旋转体4的外周面4a的反射光由第二受光部23b接受,并从第二受光用光纤20b经由第二过滤器部30b而由第二接收部22b检测。

[0093] 如上所述,在第二实施方式中,通过具有独立的两个第一光源部16a及第二光源部16b,从而无需像第一实施方式那样在传感器主体13的内部空间17中配置第一荧光体25a及第二荧光体25b便能够照射具有第一波长 λ_1 及第二波长 λ_2 的照射光。因此,能够简化传感器结构,且有利于小型化。

[0094] (第三实施方式)

[0095] 接下来,对第三实施方式的间隙测量传感器12进行说明。图8是示意性示出第三实施方式的间隙测量传感器12的内部结构的剖视图。需要说明的是,在以下的说明中,对与上述的实施方式对应的结构标注相同的附图标记并适当省略重复的说明。

[0096] 在第三实施方式中,在导入至间隙测量传感器12的传感器主体13的第一照射用光纤14a及第二照射用光纤14b的前端设置的第一照射部11a及第二照射部11b分别是包含多条光纤的光纤集合体50a,这一点与上述第二实施方式不同。

[0097] 第一照射用光纤14a将从第一光源部16a输出的照射光导入传感器主体13的内部空间,并从在其前端设置的光纤集合体50a朝向外周面4a照射。光纤集合体50a是多条光纤的束,构成为能够将由第一照射用光纤14a传递来的照射光进行分光来照射。因此,在光纤集合体50a中,无需像第二实施方式那样在内部空间17中配置扩散板40便能够获得更宽的照射面,从而能够实现均匀的光照射。

[0098] 第二照射用光纤14b也同样地,将从第二光源部16b输出的照射光导入传感器主体13的内部空间,并从在其前端设置的光纤集合体50b向外周面4a照射。光纤集合体50b是多条光纤的束,构成为能够将由第二照射用光纤14b传递来的照射光进行分光来照射。因此,在光纤集合体50b中,无需像第二实施方式那样在内部空间17配置扩散板40便能够获得更宽的照射面,从而能够实现均匀的光照射。

[0099] 如上所述,根据本实施方式,无需在内部空间17设置扩散版40便能够照射均匀的照射光,从而能够实现高精度的间隙测量。因此,能够简化间隙测量传感器12的结构且有利于小型化。

[0100] 产业上的可利用性

[0101] 本发明能够用于对在具有圆筒形状的壳体的内周面与在壳体内旋转的旋转体的外周面之间形成的间隙进行测量的间隙测量装置、能够用于该间隙测量装置的间隙测量传感器、以及能够通过该间隙测量装置实施的间隙测量方法。

[0102] 附图标记说明:

- [0103] 1 旋转机械
- [0104] 2 壳体
- [0105] 4 旋转体
- [0106] 6 旋转轴
- [0107] 10 间隙测量装置
- [0108] 12 间隙测量传感器
- [0109] 13 传感器主体
- [0110] 14 照射用光纤
- [0111] 15 第一开口部
- [0112] 16 光源部
- [0113] 19 第二开口部
- [0114] 20 受光用光纤
- [0115] 21 隔离壁
- [0116] 22 接收部
- [0117] 24 测量部
- [0118] 25 荧光体
- [0119] 26 动叶
- [0120] 29 光耦合器
- [0121] 30 过滤器部
- [0122] 40 扩散板
- [0123] 50 光纤集合体

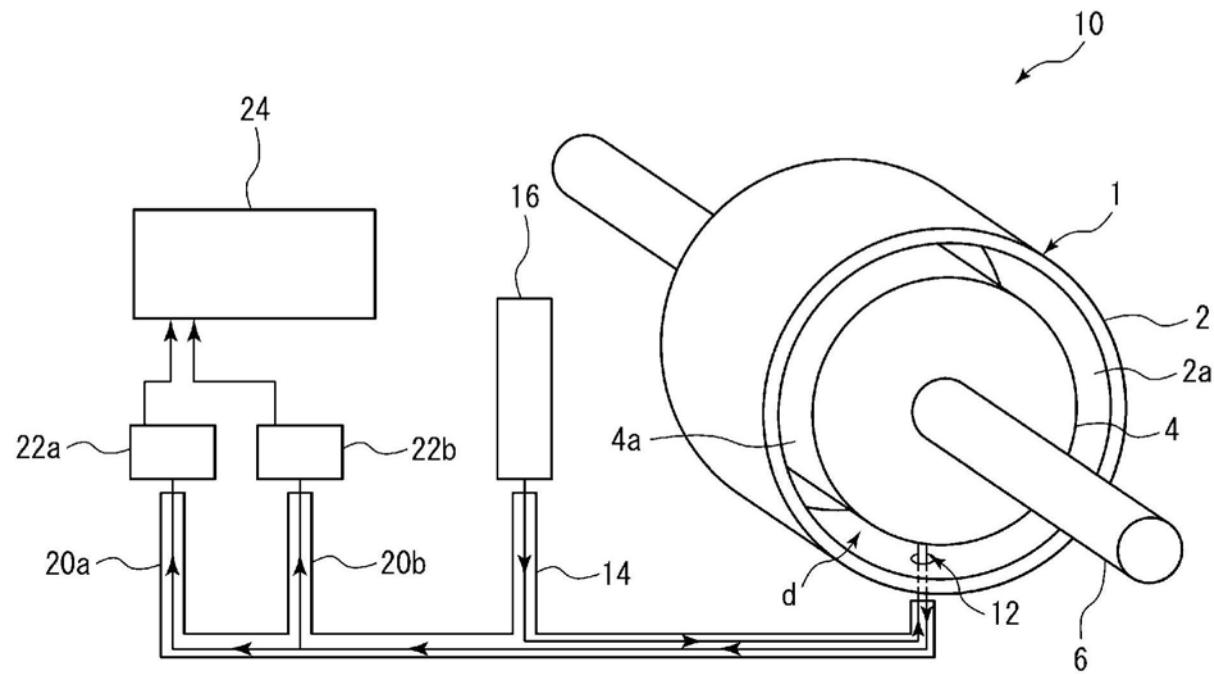


图1

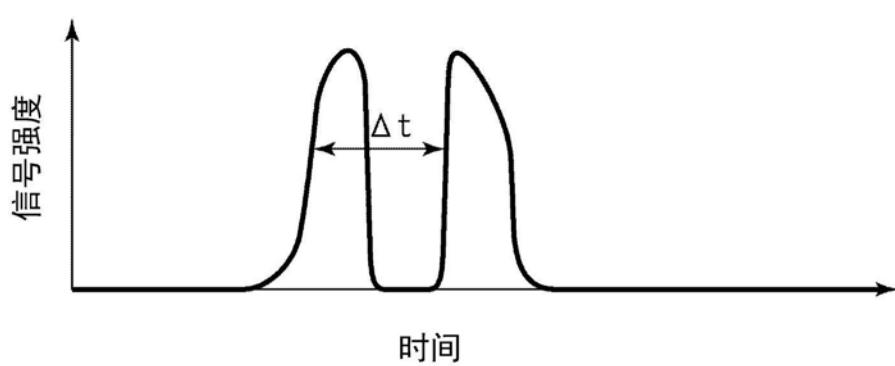
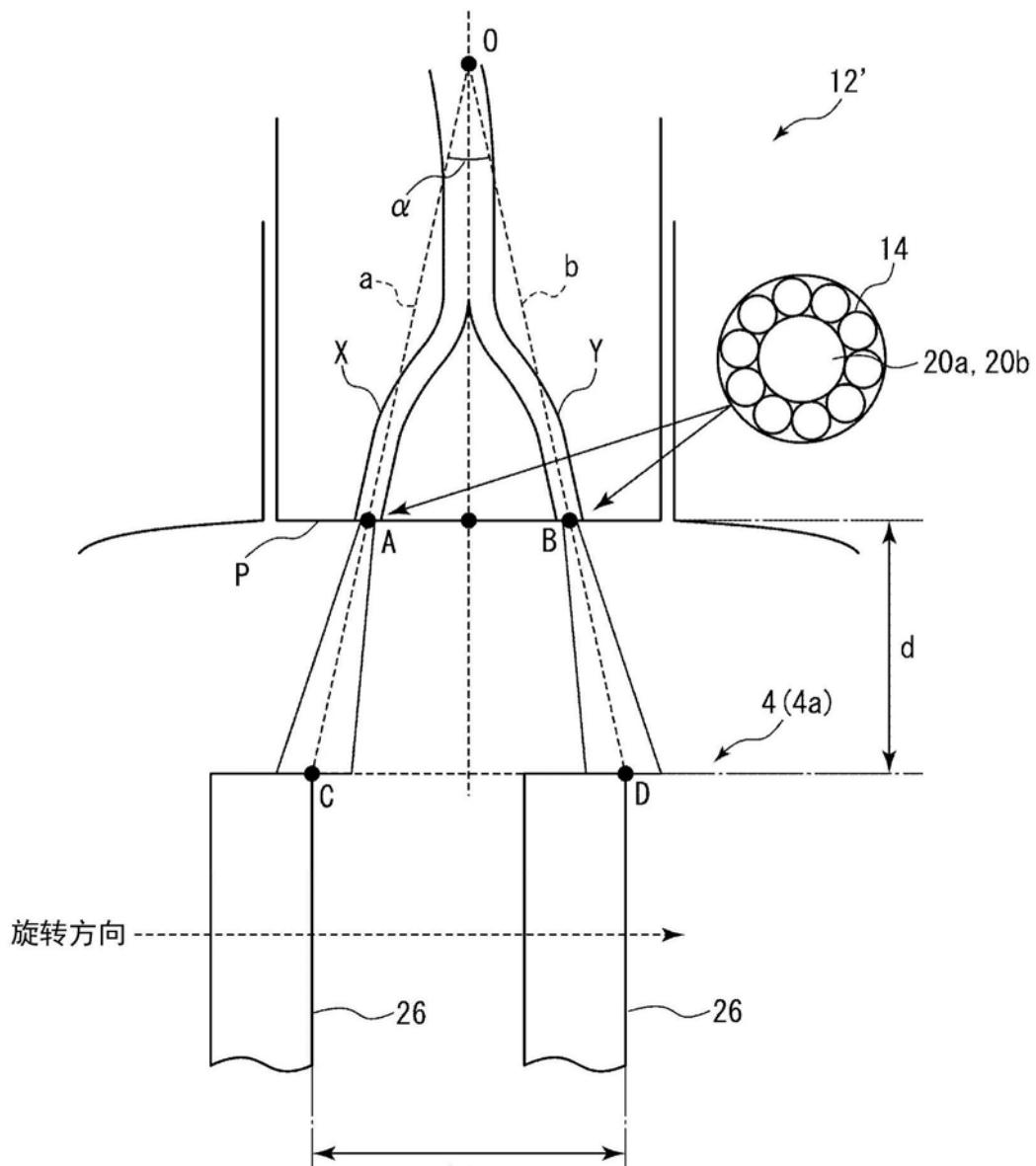


图3

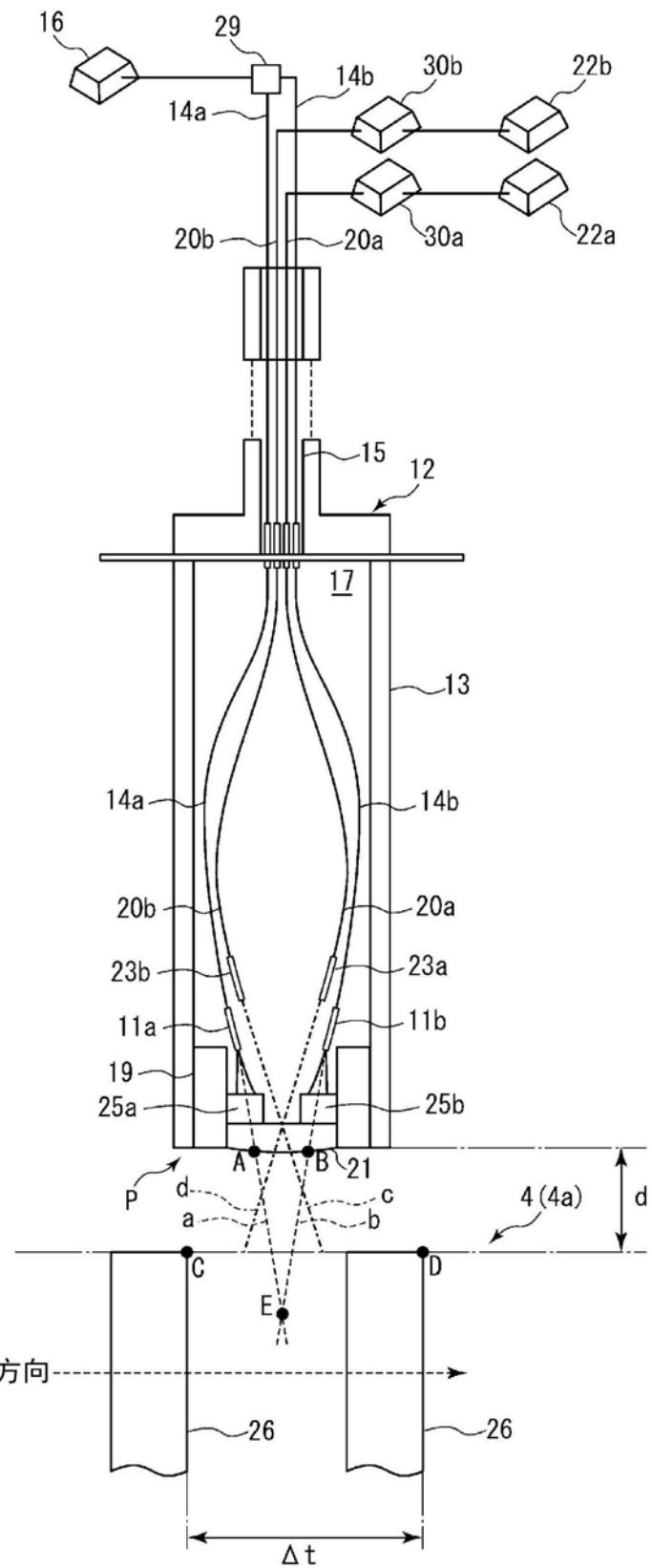


图4

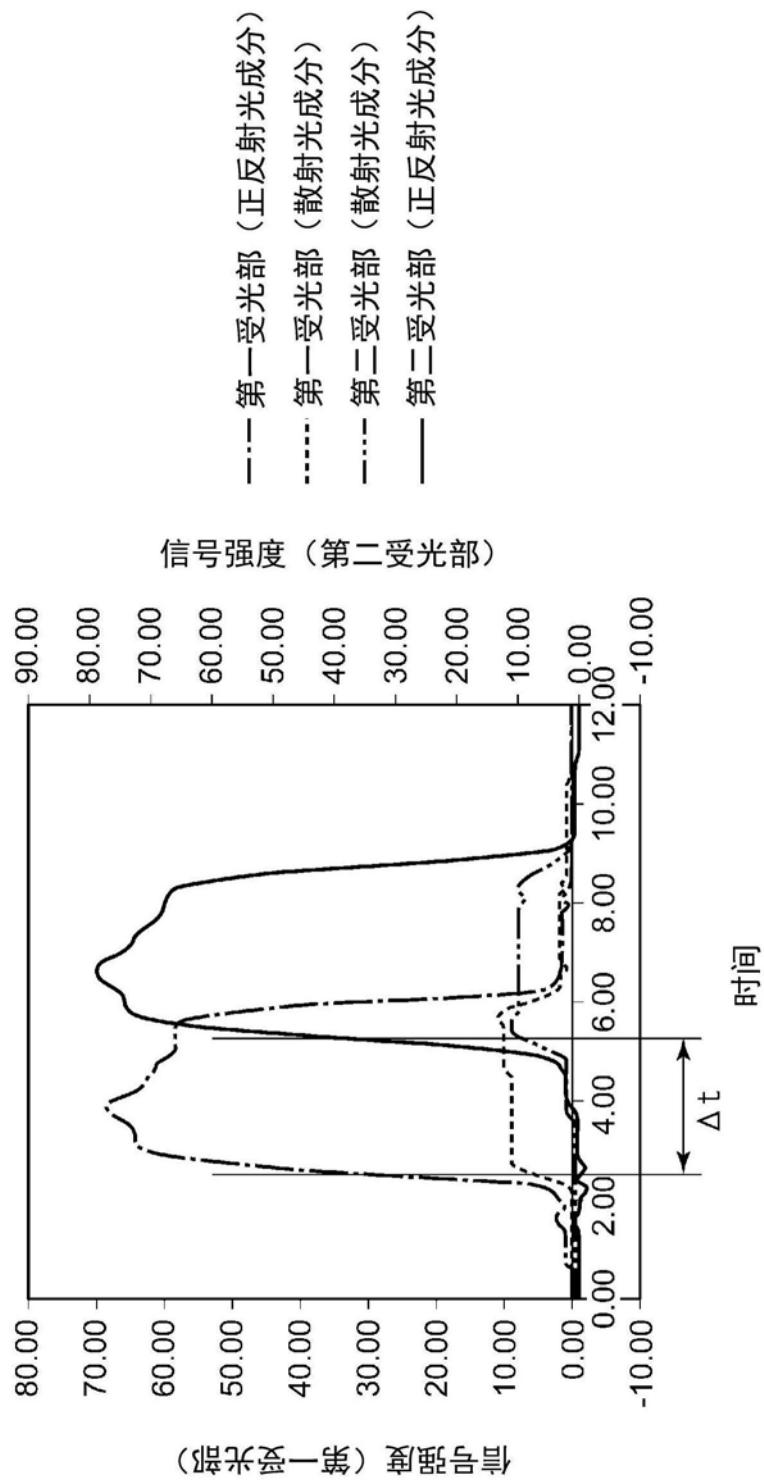


图5

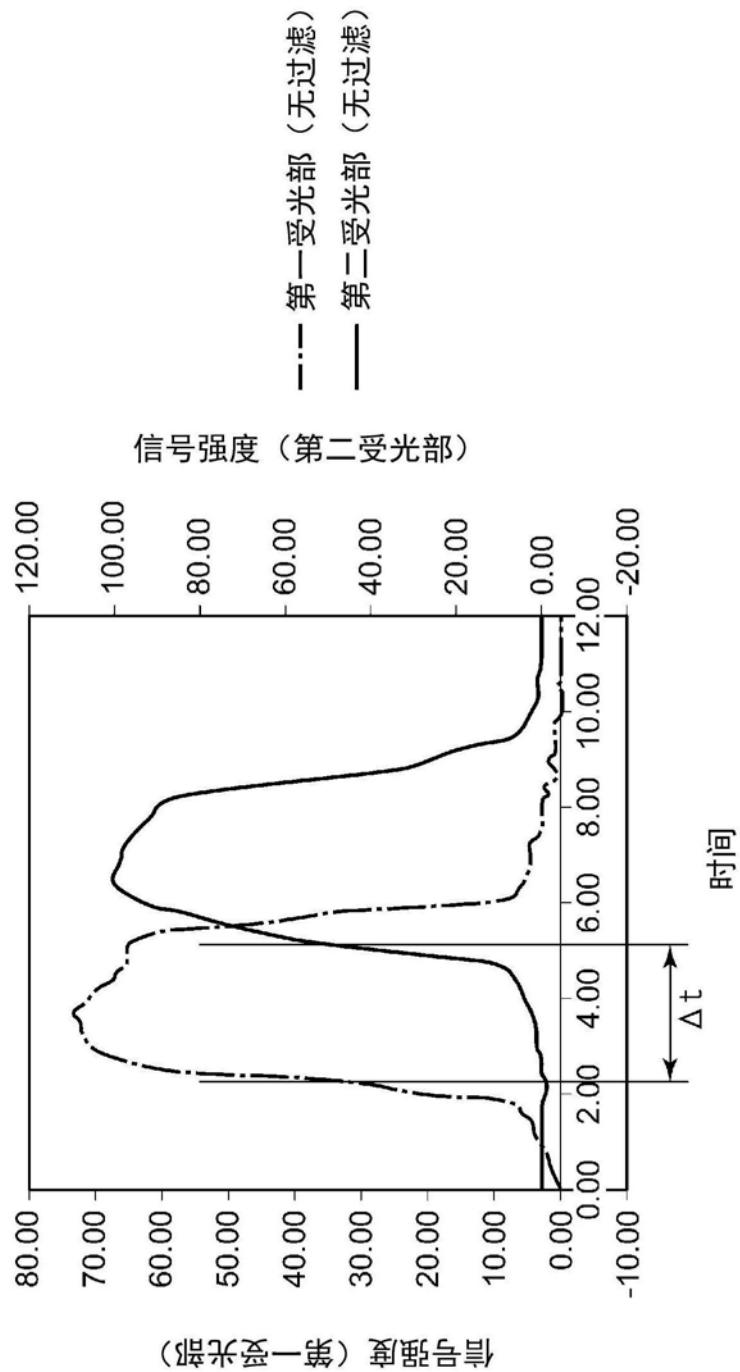


图6

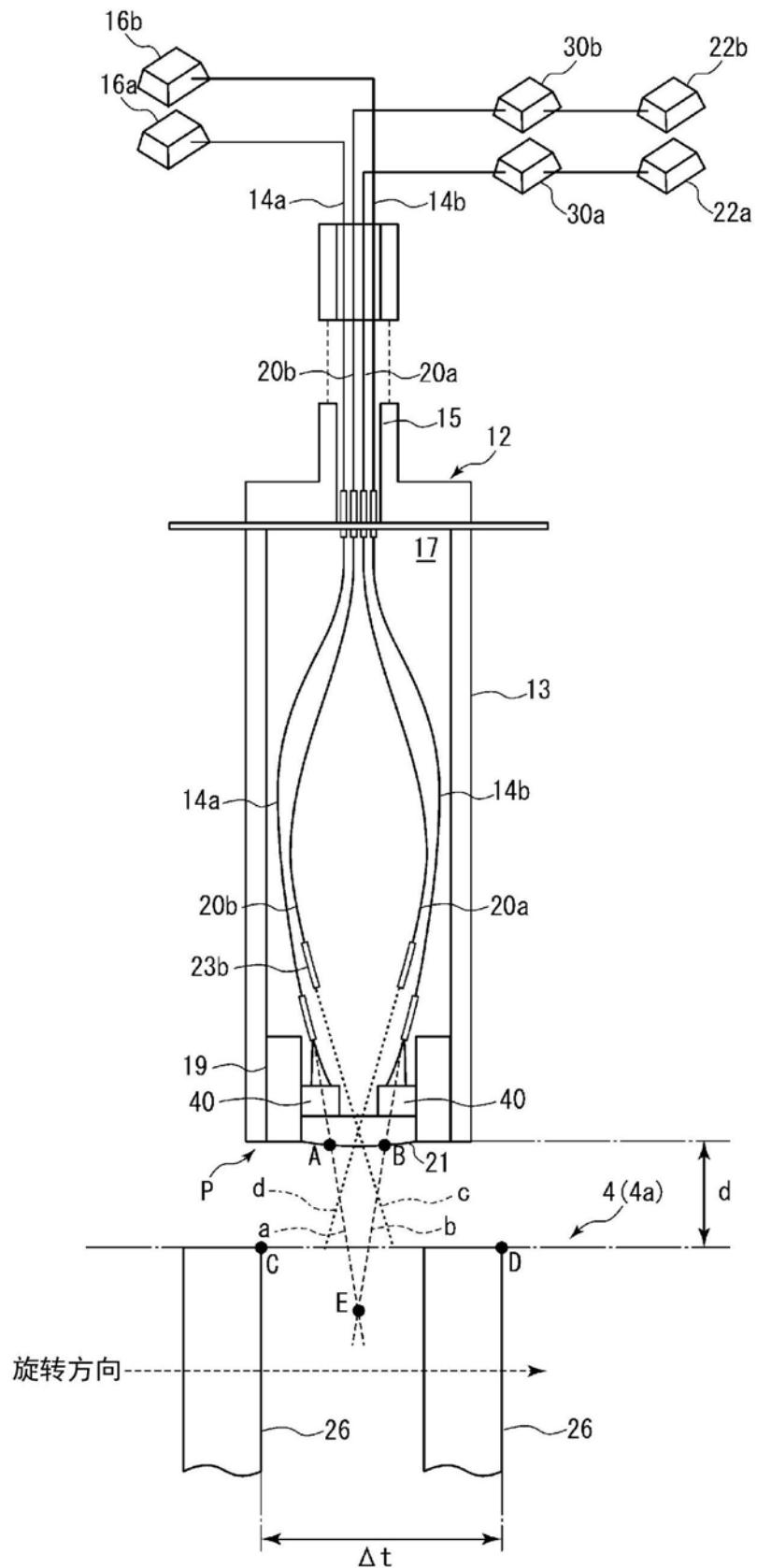


图7

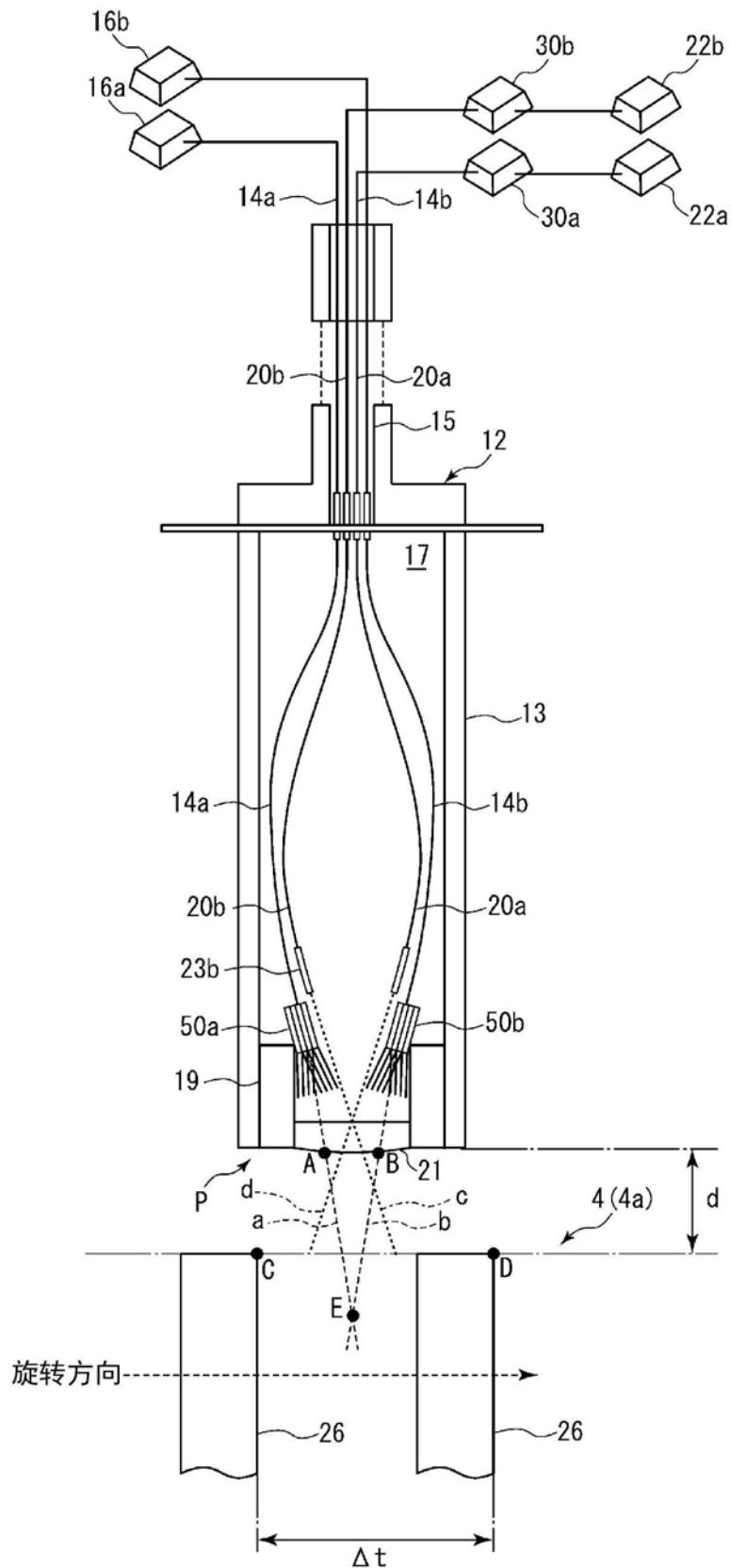


图8