



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107209364 A

(43)申请公布日 2017.09.26

(21)申请号 201580074017.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.01.23

G02B 26/10(2006.01)

A61B 1/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.07.20

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/000305 2015.01.23

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/116968 JA 2016.07.28

(71)申请人 奥林巴斯株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 岛本笃义

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

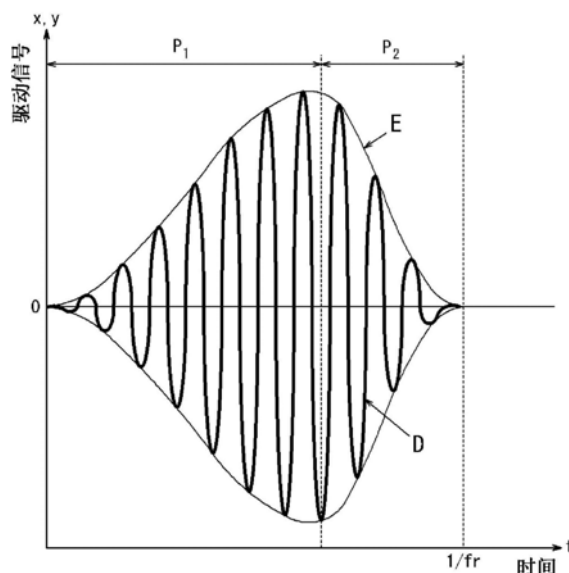
权利要求书2页 说明书11页 附图14页

(54)发明名称

光扫描装置

(57)摘要

光扫描型内窥镜装置具有:照明用光纤,其从被支承为能够摆动的前端部射出光;驱动部,其对照明用光纤的前端部进行驱动;以及信号生成部,其针对驱动部生成驱动信号(D),该驱动信号(D)使照明用光纤的前端部螺旋扫描。信号生成部生成如下的驱动信号(D),该驱动信号(D)包含使所述光纤的驱动信号(D)的振幅从实质为0扩大到最大值的振幅扩大期间(P_1)和使驱动信号的振幅从最大值缩小到实质为0的振幅缩小期间(P_2),在振幅扩大期间(P_1)与振幅缩小期间(P_2)的边界上,驱动信号(D)的包络线(E)的斜率实质为0而平滑地连续,将振幅扩大期间(P_1)和振幅缩小期间(P_2)中的较长一方的期间设为有效扫描期间。



1. 一种光扫描装置,其具有:

光纤,其从被支承为能够摆动的前端部射出光;

驱动部,其对所述光纤的所述前端部进行驱动;以及

信号生成部,其针对所述驱动部生成驱动信号,该驱动信号使所述光纤的所述前端部进行螺旋扫描,

所述信号生成部生成如下的驱动信号,该驱动信号在1次扫描期间内包含使所述光纤的驱动信号的振幅从实质为0扩大到最大值的第1期间和使所述驱动信号的振幅从所述最大值缩小到实质为0且长度与第1期间不同的第2期间,在所述第1期间与所述第2期间的边界上,所述驱动信号的包络线的斜率实质为0而平滑地连续,将所述第1期间和所述第2期间中的较长一方的期间设为有效扫描期间。

2. 根据权利要求1所述的光扫描装置,其中,

以偏离了谐振频率的驱动频率驱动所述光纤的所述前端部。

3. 根据权利要求1或2所述的光扫描装置,其中,

所述第1期间的所述驱动信号的包络线和所述第2期间的所述驱动信号的包络线是彼此不同周期的正弦波形的一部分。

4. 根据权利要求1所述的光扫描装置,其特征在于,

在设所述第1期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数为 n_1 、设所述第2期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数为 n_2 时,满足

[数学式1]

$$0.1 \leq \frac{n_1}{n_1 + n_2} \leq 0.9 \quad (1)。$$

5. 根据权利要求4所述的光扫描装置,其特征在于,

在设所述螺旋扫描的帧率为 f_r 时,

所述圈数 n_1 、所述圈数 n_2 满足

[数学式2]

$$f_r \geq 25 \quad (2)$$

$$0.2 \leq \frac{n_1}{n_1 + n_2} \leq 0.8 \quad (3)。$$

6. 根据权利要求4所述的光扫描装置,其特征在于,

在设所述螺旋扫描的帧率为 f_r 时,

所述圈数 n_1 、所述圈数 n_2 满足

[数学式3]

$$f_r \geq 60 \quad (4)$$

$$0.4 \leq \frac{n_1}{n_1 + n_2} \leq 0.6 \quad (5)。$$

7. 根据权利要求3所述的光扫描装置,其特征在于,

在设作为所述第1期间的振幅调制的频率的第1调制频率为 f_{m1} ,并且设作为所述第2期间的振幅调制的频率的第2调制频率为 f_{m2} 时,光纤的驱动频率 f_d 、螺旋扫描的帧率 f_r 、所述第1期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数 n_1 、所述第2期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数 n_2 满

足

[数学式4]

$$f_{m1} = \frac{f_d}{2n_1} \quad (6)$$

$$\frac{1}{2f_{m2}} \leq \frac{1}{f_r} - \frac{n_1}{f_d} \quad (7),$$

或者满足

[数学式5]

$$f_{m2} = \frac{f_d}{2n_2} \quad (8)$$

$$\frac{1}{2f_{m1}} \leq \frac{1}{f_r} - \frac{n_2}{f_d} \quad (9)。$$

8. 根据权利要求1至7中的任意一项所述的光扫描装置,其特征在于,

该光扫描装置具有:光检测部,其用于检测通过所述照明光的照射而从被摄体得到的光;以及图像生成部,其根据通过所述光检测部在所述有效扫描期间内检测到的信号而生成图像。

9. 根据权利要求8所述的光扫描装置,其特征在于,

所述图像生成部在所述第1期间与所述第2期间中的较短一方的期间内生成图像。

10. 根据权利要求1至9中的任意一项所述的光扫描装置,其特征在于,

在所述第1期间和所述第2期间中的较短一方的期间内,停止所述照明光的照射。

光扫描装置

技术领域

[0001] 本发明涉及使光纤前端进行螺旋扫描的光扫描装置。

背景技术

[0002] 作为通过激光来扫描对象物的光扫描装置,提出了光扫描型内窥镜等装置(例如,参照专利文献1~3)。在这样的装置中,从能够摆动的光纤的前端向观察对象物照射激光,通过使该光纤振动而在观察对象物上依次扫描激光,通过光电转换单元将来自该观察对象物的透过光、反射光或者荧光等转换成电信号而生成图像。

[0003] 作为对光扫描装置的光纤进行驱动的方式,采用所谓的螺旋扫描。在该方式中,在使光纤的前端旋转的同时,使光纤的振幅(即旋转半径)在0与最大值之间逐渐扩大和缩小,从而对扫描对象物的规定区域进行扫描。作为使光扫描装置的光纤进行扫描的手段,具有将压电元件安装在光纤上而使其振动的方式、或利用电磁线圈使安装在光纤上的永久磁铁振动的电磁线圈方式。无论何种方式,都是以使得在与光纤的光轴垂直的2个方向上产生驱动力的方式构成驱动单元。通过使压电元件或电磁线圈等驱动元件按照摆动的光纤的谐振频率或者谐振频率的附近频率进行振动驱动,从而能够以较小的能量得到光纤较大的偏转(位移、振幅)。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特许第5190267号公报

[0007] 专利文献2:日本特许第4672023号公报

[0008] 专利文献3:日本特开2014-145941号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的课题

[0010] 然而,当实际上通过螺旋扫描在谐振频率附近驱动光纤时,会产生就算是欲使一度扩大后的光纤的振幅成为0,振动也很难收敛的现象。例如,如果在螺旋扫描的振幅成为最大值之后,停止驱动信号而欲使光纤的振动自然衰减,该振动还会按照谐振频率或谐振频率的附近频率而慢慢地衰减。如果在光纤的振动衰减到0之前施加驱动信号而再次使振幅扩大,则对象物的与光纤的扫描中心对应的区域不会被扫描到。因此,在扫描型内窥镜的情况下,如果提高帧率,则可能会产生无法得到画面中心的图像等的现象。

[0011] 因此,在引用文献2所记载的光扫描装置中,在螺旋扫描中振幅从0变成最大值之后,施加与振幅扩大过程中相比相位偏移了 180° (即,相反方向)的驱动信号,由此施加所谓的“制动”而使光纤的振动急速衰减。但是,在光扫描装置中,由于因环境变化而产生的特性(例如,光纤的谐振频率和Q值)的变化,用于使光纤的振动衰减的条件敏感地变化。因此,不容易控制光纤的振动的衰减。例如,当环境温度变化时,光纤的谐振频率产生偏差,由此有可能使得振幅无法收敛为0。实际上,本发明者了解到,在假设谐振频率偏差了10Hz而进行

仿真时,光纤的振动不会完全地衰减而会保留一定时间的微小振动。另外,还考虑到在扫描装置中设置用于监视光纤的振动频率的传感器,根据实际的振动而施加相反方向的驱动信号,但在该情况下会导致扫描装置的前端部的大型化,特别是在内窥镜装置等的情况下并不优选。

[0012] 因此,在引用文献3中,提出了如下的扫描型内窥镜装置:在使驱动频率从谐振频率大幅偏移之后,使驱动信号的振幅调制波形呈正弦波状,使振幅缩小时的光纤的振动收敛到扫描中心,从而防止在图像上产生空缺。图17是示出引用文献3中进行1次的振幅扩大/缩小之间的驱动信号的图。在实际的光纤扫描中,反复进行这样的振幅的扩大、缩小。根据该方法,能够使光纤的振动振幅在振幅缩小时追随于驱动信号,与自然衰减相比能够迅速地收敛到0,因此能够进行短周期的反复动作。

[0013] 然而,当使用该方法在振幅扩大期间 P_{01} 和振幅缩小期间 P_{02} 这双方交替地取得图像而进行动画显示时,由于观察对象物上的振幅扩大时的螺旋扫描的路径(以下,也称为“往路”)与振幅缩小时的螺旋扫描的路径(以下,也称为“返路”)严格地说存在差异,因此图像有可能按每一帧稍微抖动、或者产生失真。另一方面,当在往路和返路中的任意一方取得图像并进行动画显示时,光纤的振幅扩大和缩小的期间中的用于图像生成的有效扫描期间缩短到一半。因此,在扫描型内窥镜装置的情况下,用于图像生成的光纤扫描的圈数变少,分辨率有可能降低到一半。

[0014] 因此,着眼于这些方面而完成的本发明的目的在于,提供如下的光扫描装置:能够在不会大幅损失有效扫描期间的情况下,减轻扫描中心处的扫描路径的空缺,进行稳定的扫描。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 达成上述目的的扫描装置的发明的特征在于,该扫描装置具有:

[0017] 光纤,其从被支承为能够摆动的前端部射出光;

[0018] 驱动部,其对所述光纤的所述前端部进行驱动;以及

[0019] 信号生成部,其针对所述驱动部生成驱动信号,该驱动信号使所述光纤的所述前端部进行螺旋扫描,

[0020] 所述信号生成部生成如下的驱动信号,该驱动信号在1次扫描期间内包含使所述光纤的驱动信号的振幅从实质为0扩大到最大值的第1期间和使所述驱动信号的振幅从所述最大值缩小到实质为0且长度与第1期间不同的第2期间,在所述第1期间与所述第2期间的边界上,所述驱动信号的包络线的斜率实质为0而平滑地连续,将所述第1期间和所述第2期间中的较长一方的期间设为有效扫描期间。另外,在本申请中,有效扫描期间是指有助于图像生成的期间。

[0021] 优选按照偏离了谐振频率的驱动频率来驱动所述光纤的所述前端部。

[0022] 并且可以构成为,所述第1期间的所述驱动信号的包络线和所述第2期间的所述驱动信号的包络线是彼此不同周期的正弦波形的一部分。

[0023] 优选在设所述第1期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数为 n_1 、设所述第2期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数为 n_2 时,满足

[0024] [数学式1]

[0025] $0.1 \leq \frac{n_1}{n_1 + n_2} \leq 0.9$ (1)。

[0026] 此外可以构成为,在设所述螺旋扫描的帧率为 f_r 时,

[0027] 所述圈数 n_1 、所述圈数 n_2 满足

[0028] [数学式2]

[0029] $f_r \geq 25$ (2)

[0030] $0.2 \leq \frac{n_1}{n_1 + n_2} \leq 0.8$ (3)。

[0031] 并且可以构成为,在设所述螺旋扫描的帧率为 f_r 时,

[0032] 所述圈数 n_1 、所述圈数 n_2 满足

[0033] [数学式3]

[0034] $f_r \geq 60$ (4)

[0035] $0.4 \leq \frac{n_1}{n_1 + n_2} \leq 0.6$ (5)。

[0036] 此外,优选在设作为所述第1期间的振幅调制的频率的第1调制频率为 f_{m1} ,并且设作为所述第2期间的振幅调制的频率的第2调制频率为 f_{m2} 时,光纤的驱动频率 f_d 、螺旋扫描的帧率 f_r 、所述第1期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数 n_1 、所述第2期间的所述光纤的螺旋扫描的圈数 n_2 满足

[0037] [数学式4]

[0038] $f_{m1} = \frac{f_d}{2n_1}$ (6)

[0039] $\frac{1}{2f_{m2}} \leq \frac{1}{f_r} - \frac{n_1}{f_d}$ (7),

[0040] 或者满足

[0041] [数学式5]

[0042] $f_{m2} = \frac{f_d}{2n_2}$ (8)

[0043] $\frac{1}{2f_{m1}} \leq \frac{1}{f_r} - \frac{n_2}{f_d}$ (9)。

[0044] 并且可以构成为,所述光扫描装置具有:光检测部,其用于检测通过所述照明光的照射而从被摄体得到的光;以及图像生成部,其根据通过所述光检测部在所述有效扫描期间内检测到的信号而生成图像。

[0045] 在该情况下,优选所述图像生成部在所述第1期间与所述第2期间中的较短一方的期间内生成图像

[0046] 此外,优选在所述第1期间和所述第2期间中的较短一方的期间内,停止所述照明光的照射。

[0047] 发明效果

[0048] 根据本发明,信号生成部生成如下的驱动信号,该驱动信号在1次扫描期间中包含使光纤的驱动信号的振幅从0扩大到最大值的第1期间和使驱动信号的振幅从最大值缩小

到0且长度与第1期间不同的第2期间,在第1期间与第2期间的边界上,驱动信号的包络线的斜率为0而平滑地连续,将第1期间和第2期间中的较长一方的期间设为有效扫描期间,因此能够提供如下的光扫描装置:能够在不会大幅损失有效扫描期间的情况下,减轻扫描中心处的扫描路径的空缺,进行稳定的扫描。

附图说明

[0049] 图1是示出作为第1实施方式的光扫描装置的一例的光扫描型内窥镜装置的概略结构的框图。

[0050] 图2是概略性地示出图1的镜体的概要图。

[0051] 图3是图2的镜体的前端部的剖视图。

[0052] 图4A是示出图3的驱动部和照明用光纤的摆动部的侧视图。

[0053] 图4B是沿图4A的A-A线的剖视图。

[0054] 图5是简化示出信号生成部所生成的1次扫描的驱动信号的图。

[0055] 图6A是示出三角波的驱动信号的包络线的例子的图。

[0056] 图6B是示出正弦波的驱动信号的包络线的例子的图。

[0057] 图7A是示出输入了图6A的包络线的驱动信号时的光纤扫描轨迹的图。

[0058] 图7B是示出输入了图6B的包络线的驱动信号时的光纤扫描轨迹的图。

[0059] 图8是示出光纤的扫描路径的图。

[0060] 图9A是示出光纤在1帧中的扫描轨迹的一例的图。

[0061] 图9B是放大地示出在图9A的振幅的最小值附近的扫描轨迹的图。

[0062] 图10是示出图像中心部的图像信息的欠缺的例子的图。

[0063] 图11是示出基于仿真的振幅收敛率相对于圈数比和频率比的变化率的图。

[0064] 图12A是示出将帧率设为15fps而实施图11的仿真的结果的图。

[0065] 图12B是示出将帧率设为25fps而实施图11的仿真的结果的图。

[0066] 图12C是示出将帧率设为60fps而实施图11的仿真的结果的图。

[0067] 图13A是示出在帧率为15fps时使驱动波形的圈数比从0.1变化到0.9时的光纤振动轨迹的包络线的图。

[0068] 图13B是示出在帧率为25fps时使驱动波形的圈数比从0.1变化到0.9时的光纤振动轨迹的包络线的图。

[0069] 图13C是示出在帧率为60fps时使驱动波形的圈数比从0.1变化到0.9时的光纤振动轨迹的包络线的图。

[0070] 图14是示出使光纤的振动Q值从50变化到400时的光纤振幅收敛率的仿真结果的图。

[0071] 图15是示出使光纤的谐振频率从8500Hz变化到9500Hz时的光纤振幅收敛率的仿真结果的图。

[0072] 图16是简化示出信号生成部所生成的1次扫描的驱动信号的另一例的图。

[0073] 图17是示出现有例的螺旋扫描的驱动信号的图。

具体实施方式

[0074] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0075] 图1是示出作为光扫描装置的一例的光扫描型内窥镜装置的概略结构的框图。在图1中,光扫描型内窥镜装置10具有镜体20、控制装置主体30以及显示器40。

[0076] 首先,说明控制装置主体30的结构。控制装置主体30具有:控制光扫描型内窥镜装置10整体的控制部31;发光时机控制部32;激光器33R、33G、33B;耦合器34;光检测器35(光检测部);ADC(模拟-数字转换器)36、图像生成部37以及信号生成部38。

[0077] 发光时机控制部32根据来自控制部31的控制信号来控制分别射出红(R)、绿(G)以及蓝(B)的激光的激光器33R、33G、33B的发光时机。各色的光被设定为按照根据发光次数比率的设定值(例如,按照R、G、B的顺序为1:2:1)所决定的发光顺序(例如,R、G、B、G的顺序)每隔一定的时间间隔发光。

[0078] 激光器33R、33G、33B构成选择性地射出多个不同色(在本实施方式中为R、G和B这3色)的光的光源。作为激光器33R、33G、33B可以例如使用DPSS激光器(半导体激励固体激光器)或激光二极管。

[0079] 从激光器33R、33G、33B射出的激光经由通过耦合器34而同轴合成的光路,作为照明光射入到作为单模光纤的照明用光纤11(光纤)中。耦合器34例如使用分色棱镜等而构成。激光器33R、33G、33B和耦合器34也可以被收纳在通过信号线与控制装置主体30连结且与控制装置主体30分体的壳体中。

[0080] 从耦合器34射入到照明用光纤11中的光被引导到镜体20的前端部,朝向对象物100照射。此时,控制装置主体30的信号生成部38对镜体20的驱动部21进行振动驱动,由此对照明用光纤11的前端部进行振动驱动。由此,从照明用光纤11射出的照明光在对象物100的观察表面上进行2维扫描。因照明光的照射而从对象物100得到的反射光或散射光等光在由多模光纤构成的检测用光纤12的前端处被接收,在镜体20内通过并被引导到控制装置主体30。

[0081] 光检测器35在光源的每个发光周期检测因R、G或者B中的任意色的光的照射而从对象物100经由检测用光纤12得到的光并输出模拟信号(电信号)。

[0082] ADC 36将来自光检测器35的模拟信号转换成数字信号(电信号),并输出给图像生成部37。

[0083] 图像生成部37将在每个发光周期从ADC 36输入的与各色对应的数字信号分别与发光时机和扫描位置对应起来而依次存储于存储器(未图示)。该发光时机和扫描位置的信息从控制部31得到。在控制部31中,根据信号生成部38所施加的振动电压的振幅和相位等信息计算出扫描路径上的扫描位置的信息。或者,控制部31也可以将与从驱动开始起的经过时间相对的扫描路径上的扫描位置的信息预先保持为表。并且,图像生成部37在扫描结束后或者扫描中根据从ADC 36输入的各数字信号进行强调处理、 γ 处理、插值处理等所需的图像处理而生成图像信号,在显示器40上显示对象物100的图像。

[0084] 接着,说明镜体20的结构。图2是概略性地示出镜体20的概要图。镜体20具有操作部22和插入部23。操作部22分别连接有从控制装置主体30延伸出的照明用光纤11、多个检测用光纤12以及配线线缆13。这些照明用光纤11、检测用光纤12以及配线线缆13穿过插入部23内部而延伸到插入部23的前端部24(图2中的虚线部内的部分)。

[0085] 图3是放大地示出图2的镜体20的插入部23的前端部24的剖视图。镜体20的插入部

23的前端部24构成为包含驱动部21、投影用镜头25a、25b、通过中心部的照明用光纤11以及通过外周部的多个检测用光纤12。

[0086] 驱动部21对照明用光纤11的前端部11c进行振动驱动。驱动部21构成为包含通过安装环26而被固定在镜体20的插入部23的内部的致动器管27、以及被配置在致动器管27内的光纤保持部件29和压电元件28a~28d(参照图4A和图4B)。照明用光纤11被光纤保持部件29支承住,并且从被光纤保持部件29支承的固定端11a到前端部11c的部分成为被支承为能够摆动的摆动部11b。另一方面,检测用光纤12被配置为在插入部23的外周部通过,延伸到前端部24的前端。此外,在检测用光纤12的各光纤的前端部也可以具有未图示的检测用镜头。

[0087] 此外,投影用镜头25a、25b和检测用镜头被配置在镜体20的插入部23的前端部24的最前端。投影用镜头25a、25b构成为使得从照明用光纤11的前端部11c射出的激光大致会聚而照射在对象物100上。并且,检测用镜头被配置为取入会聚在对象物100上的激光被对象物100反射、散射、折射等后的光等,并将这些光会聚、耦合在被配置于检测用镜头之后的多个检测用光纤12上。另外,投影用镜头不限于两片的结构,也可以由一片或其他的多片透镜构成。

[0088] 图4A是示出光扫描型内窥镜装置10的驱动部21的振动驱动机构和照明用光纤11的摆动部11b的图,图4B是沿图4A的A-A线的剖视图。照明用光纤11贯穿具有棱柱状的形状的光纤保持部件29的中央,并且被固定保持在光纤保持部件29中。光纤保持部件29的4个侧面分别朝向 $\pm Y$ 方向和 $\pm X$ 方向。并且,在光纤保持部件29的 $\pm Y$ 方向的两侧面上固定有用于Y方向驱动的具备相同的伸缩特性的一对压电元件28a、28c,在 $\pm X$ 方向的两侧面上固定有用于X方向驱动的具备相同的伸缩特性的一对压电元件28b、28d。

[0089] 各压电元件28a~28d连接有从控制装置主体30的信号生成部38延伸出的配线线缆13,并且通过被信号生成部38施加电压而被驱动。

[0090] 在X方向上的压电元件28b与28d之间例如始终被施加正负相反且大小相等的电压,同样地在Y方向上的压电元件28a与28c之间也始终被施加方向相反且大小相等的电压。隔着光纤保持部件29而对置配置的压电元件28b、28d在彼此中的一方伸长时另一方收缩,由此使光纤保持部件29产生挠曲,通过反复进行该动作而产生X方向上的振动。关于Y方向上的振动也同样。

[0091] 信号生成部38通过对X方向驱动用的压电元件28b、28d和Y方向驱动用的压电元件28a、28c施加振幅同等地逐渐扩大和缩小且相位相差90度的振动电压,从而使Y方向驱动用的压电元件28a、28c和X方向驱动用的压电元件28b、28d分别进行振动驱动。由此,图3、图4A、图4B所示的照明用光纤11的摆动部11b振动,前端部11c以描绘螺旋轨道的方式偏转,因此使得从前端部11c射出的激光在对象物100的表面上依次进行螺旋扫描。

[0092] 图5是简化示出信号生成部38所生成的1次扫描的驱动信号的图。这里,1次扫描是指将驱动信号的振幅从0扩大到最大值,再从最大值缩小到0的扫描,对应于光扫描型内窥镜装置10所取得的图像中的1帧。关于图5的驱动信号D的曲线,纵轴表示x、y方向上的驱动信号的信号值(驱动电压),横轴表示时间。x方向和y方向上的驱动信号错开90度相位,然而对该差异在此未做图示。驱动信号D是对振动电压进行了振幅调制后的信号,其包络线E表示调制波形。另外,图5是为了说明而简化的图,实际上的驱动信号D的周期远远比1帧短。例

如,相对于1帧的频率为几十Hz的量级,可以使驱动频率为几百~几千Hz的量级。另外,在本申请中针对驱动信号的振幅或调制波形的斜率言及为0的情况包含可在误差的范围内认为是0的范围(实质上为0)。

[0093] 本实施方式的信号生成部38的驱动信号的包络线E、即调制波形在振幅扩大期间P₁(第1期间)与振幅缩小期间P₂(第2期间)之间的边界上斜率实质为0而平滑地连续。由此,在振幅缩小期间P₂内光纤扫描的振幅追随驱动信号D而减小。应该关注的方面是在驱动信号D的振幅达到最大值之后,在本发明中并非使驱动信号D截止,而是使驱动电压的振幅在较短的振幅缩小期间P₂内缩小。由此,与使信号截止而使照明用光纤11的振动自然衰减相比能够更快地使振幅收敛于0。由此,能够进行在中心部无空缺的稳定的扫描。另外,“斜率实质为0而平滑地连续”是指包络线(调制波形)在振幅扩大期间P₁与振幅缩小期间P₂的边界上以微分值为0的方式连接。

[0094] 对于斜率实质为0而平滑地连续的效果进行说明。图6A和图6B中示出驱动信号的包络线的波形的例子。图6A是三角波,并没有平滑地连续。另一方面,图6B是正弦波,是平滑地连续的一例。所有的驱动信号都由振幅扩大期间和振幅缩小期间交替地重复而形成。

[0095] 图7A和图7B中示出在分别输入了图6A和图6B所示的驱动信号时的光纤扫描轨迹的响应。图7A是包络线为三角波的情况,图7B是包络线为正弦波的情况。由于在图7A的情况下斜率并没有平滑地连续,因此会在振幅扩大期间与振幅缩小期间的边界上对光纤施加急剧的加速度的变化,因此包络线成为波浪般的振动,状态变得不稳定。另一方面,由于在图7B的情况下斜率平滑地连接,因此在振幅扩大期间与振幅缩小期间的边界上不会对光纤施加急剧的加速度的变化,而使振动更稳定。由此,优选斜率实质为0而平滑地连续。

[0096] 并且,在图5中,在振幅扩大期间P₁和振幅缩小期间P₂中,振幅扩大期间P₁比振幅缩小期间P₂长。并且,在本实施方式中,根据在振幅扩大期间P₁中由光检测器35取得的图像信号,由图像生成部37生成图像。因此,在该情况下,振幅扩大期间P₁是有助于图像生成的有效扫描期间。

[0097] 此外,图像生成部37能够在振幅缩小期间P₂中处理由光检测器35在振幅扩大期间P₁中所取得的图像信号。由此,控制装置主体30的处理负荷在时间上被分散,装置整体能够进行有效的处理。

[0098] 特别是在本实施方式中,在振幅扩大期间P₁和振幅缩小期间P₂的各个期间中,包络线E、即振幅调制波形分别成为调制频率不同的正弦波的一部分。例如,在设振幅扩大期间P₁的调制频率为f_{m1}、设振幅缩小期间P₂的调制频率为f_{m2}时,f_{m1}由如下的式子(6)(再次示出)得到。

[0099] [数学式6]

$$f_{m1} = \frac{f_d}{2n_1} \quad (6)$$

[0101] 这里,f_d是驱动信号的驱动频率,n₁是振幅扩大期间P₁中的照明用光纤11的前端部11c的期望的圈数。

[0102] 并且,f_{m2}被设定为满足下面的不等式(7)(再次示出)。

[0103] [数学式7]

$$[0104] \quad \frac{1}{2f_{m2}} \leq \frac{1}{f_r} - \frac{n_1}{f_d} \quad (7)$$

[0105] 这里, f_r 是帧率。这样, 通过使振幅调制波形为正弦波形状, 并使其不包含额外的频率成分, 由此能够减轻振幅扩大期间 P_1 中的图像失真, 并且能够在不进行图像生成的振幅缩小期间 P_2 中快速地使照明用光纤 11 的前端部 11c 返回到扫描中心, 能够使所生成的图像中的空缺减轻。

[0106] 图8是示出照明用光纤 11 在对象物 100 上的扫描路径的图像的图。实线表示振幅扩大期间 P_1 中的扫描路径, 虚线表示振幅缩小期间 P_2 中的扫描路径。光扫描型内窥镜装置 10 在振幅扩大期间 P_1 中一边从扫描中心起描绘螺旋一边扩大振幅并取得图像信号, 当达到扫描振幅的最大值时, 在振幅缩小期间 P_2 中更快速地朝向扫描中心使振幅减小。但是, 图8是用于说明的图, 要注意到实际的扫描波形的圈数与图8所示的情况相比多得多, 实际的径向上的扫描密度也比图8所示情况高得多。

[0107] 这样, 相比振幅缩小期间 P_2 更有助于图像生成的振幅扩大期间 P_1 较长, 由此若从 1 次扫描期间整体来看, 未用于图像生成的振幅缩小期间 P_2 的比率较小, 因此不会大幅损失有效扫描期间。由此, 能够使有效扫描期间中的照明用光纤 11 的前端部 11c 的圈数变高, 能够使光扫描型内窥镜装置 10 的分辨率变高。

[0108] 并且, 优选将信号生成部 38 所生成的驱动信号的驱动频率设定成从照明用光纤 11 的摆动部 11b 的谐振频率偏离的值。由此, 能够在振幅缩小期间 P_2 中使振幅快速地减小。

[0109] 这里, 考察使光纤的振幅以何种程度返回扫描中心则不会给图像中心的画质带来较大的影响。图9A中示出光纤的 1 帧中的扫描轨迹的一例。并且, 图9B中放大地示出振幅的最小值附近的扫描轨迹。设 1 帧中的光纤振幅的最大值为 h_{max} , 设最小值为 h_{min} , 将振幅收敛率定义为 $h_{min} \div h_{max} \times 100 [\%]$ 。被摄体上的照明区域的最大半径与振幅的最大值 h_{max} 被关联起来。另一方面, 在光纤未衰减到 0 的情况下, 照明区域的中心部发生中间空缺, 产生未被照明的区域。该区域的半径与振幅的最小值 h_{min} 被关联起来。当产生中间空缺时, 在预先由 PSD (Position Sensor Device: 位置传感器装置) 等测量器测定扫描轨迹位置并根据该信息生成图像的情况下, 如图 10 所示, 图像中心部的像素信息会缺损。这里较白的部分表示轨迹所通过的像素, 较黑的部分表示轨迹未通过的像素。并且, 图 10 的图像是 100×100 像素、振幅收敛率约为 5% 的情况下的例子。

[0110] 光纤扫描型内窥镜为了与同样能够使直径变细的使用了光纤束的图像光导相比在分辨率方面获得优越的效果, 优选进行至少相当于 100×100 像素以上的图像显示。在 100×100 像素的图像中, 如果上述的振幅收敛率为 2%, 则中心部的像素信息缺损为 $100 \times 0.02 = 2$ 像素。如果为 2 像素以下, 则通过像素插值处理等的图像处理, 不至于给分辨感带来显著的影响, 但如果在 2 像素以上, 则会给图像中心部的分辨感带来较大的影响。由此, 在光纤扫描型内窥镜中, 优选振幅收敛率为 2% 以下。

[0111] 这里, 考察用于将振幅收敛率抑制在 2% 以下的驱动信号的波形的条件。设 n_1 为振幅扩大期间 P_1 中的照明用光纤 11 的前端部 11c 的期望的圈数, 设 n_2 为振幅缩小期间 P_2 中的照明用光纤 11 的前端部 11c 的期望的圈数, 将圈数比确定为 $n_1 / (n_1 + n_2)$ 。圈数比取从 0 到 1 的值, 由此决定驱动波形的包络线的波形。值越接近 0, 越成为振幅缩小侧的期间长的包络线的驱动波形, 值越接近 1, 越成为振幅扩大侧的期间长的包络线的驱动波形。并且, 设驱动信号的

驱动频率为 f_d ,设照明用光纤11的振动的谐振频率为 f_c ,将频率比确定为 f_d/f_c 。驱动频率越远离谐振频率、即频率比越大于1或者越小于1,则振幅收敛率越小。

[0112] 图11示出在改变了如上所述定义的2个参数“圈数比”和“频率比”的值时,对振幅收敛率如何变化进行仿真的一例。在该仿真中,将光纤的振动Q值设为100,将光纤的谐振频率设为9000Hz,将帧率设为25Hz,假设光纤追随衰减振动来进行计算。并且,以使驱动频率大于谐振频率的方式进行驱动。从图11可知,越使圈数比变小、越使频率比大于1,则轨迹的中间空缺越少,振幅收敛率越变小,中心部的分辨率越良好。虽然图中未示出,但根据本发明者的计算,无论振动Q值或光纤的谐振频率的值如何,上述的关系都成立。并且,虽然在图中未示出,但根据本发明者的计算,在使频率比越来越小于1的情况下,上述的关系同样成立。

[0113] 关于上述的仿真,在图12A、图12B和图12C中示出通过改变帧率而实施的结果。这里,图12A是采用15帧率的情况,图12B是采用25帧率的情况,图12C是采用60帧率的情况,都是能够充分地拍摄动画的条件。根据图12A、图12B以及图12C可知,如果频率比和圈数比固定,则帧率越大,振幅收敛率变得越大。如上所述,使得不会给图像中心部的分辨感带来影响的振幅收敛率被要求为2%以下。在圈数比为0.9时,为了达成该条件,根据图12A只要将帧率设为15、将频率比设为1.05即可。由此,优选圈数比为0.9以下。

[0114] 并且,考察在帧率为25以上的情况下用于满足振幅收敛率为2%以下的条件。根据图12B可知,在圈数比为0.9以上时,需要使频率比大于1.05,这样就会按照大幅远离共振的频率进行驱动,因此振幅会大幅降低。在圈数比为0.8时,只要使频率比为1.04以上即可,因此在帧率为25以上的情况下,优选圈数比为0.8以下。

[0115] 同样,考察在帧率为60以上的情况下用于满足振幅收敛率为2%以下的条件。根据图12C可知,在圈数比为0.7以上时,需要使频率比大于1.05,这样就会按照大幅远离共振的频率进行驱动,因此振幅会大幅降低。在圈数比为0.6时,只要使频率比为1.05即可,因此在帧率为60以上的情况下,优选圈数比为0.6以下。

[0116] 接着,考察圈数比的下限条件。在图13A、图13B以及图13C中示出使驱动波形的圈数比从0.1变化到0.9时的光纤振动轨迹的包络线。包络线是正好1帧的轨迹,光纤的振动在每帧反复进行沿着该包络线的振动。图13A是帧率为15时的仿真结果,图13B是帧率为25时的仿真结果,图13C是帧率为60时的仿真结果。在该仿真中,将光纤的振动Q值设为100,将光纤的谐振频率设为9000Hz,将频率比设为1.03,假设光纤追随衰减振动而进行计算。并且,以使驱动频率大于谐振频率的方式进行驱动。

[0117] 从图13A、图13B以及图13C可知,使圈数比越小,则包络线越会产生波动,振动变得不稳定。并且,若包络线产生波动,则螺旋扫描的扫描密度容易产生疏密,因此会给分辨率带来影响。并且,从图13A、图13B以及图13C可知,帧率越大,则包络线的曲线越会发生复杂的波动,振动变得更不稳定。由此,优选根据帧率而使得圈数比大于某个值。虽然在图中未示出,但根据本发明者的计算,无论振动Q值或光纤的谐振频率的值如何,上述的关系都成立。

[0118] 具体而言,在圈数比为0.1时,要想使包络线的曲线稳定,根据图13A可知,只要使帧率为15、使频率比为0.1即可。由此,优选圈数比为0.1以上。并且,在帧率为25以上的情况下,要想使包络线的曲线稳定,根据图13B可知,优选使频率比为0.2以上。同样地,在帧率为

60以上的情况下,要想使包络线的曲线稳定,根据图13C可知,优选使频率比为0.4以上。

[0119] 图14中示出使光纤的振动Q值从50变化到400时的光纤振幅收敛率的仿真结果。在该仿真中,将光纤的谐振频率设为9000Hz,将帧率设为25Hz,将频率比设为1.03,将圈数比设为0.7,假设光纤追随衰减振动而进行计算。从图14可知,如果光纤的振动Q值在从50到400左右之间,则振幅收敛率几乎不会受到振动Q值的影响,而像上述那样,频率比和圈数比的参数占主导地位。虽然在图中未示出,但根据本发明者的计算,在频率比小于1的情况下,上述的关系也同样成立。

[0120] 图15中示出使光纤的谐振频率从8500Hz变化到9500Hz时的光纤振幅收敛率的仿真结果。在该仿真中,将光纤的振动Q值设为100,将帧率设为25Hz,将频率比设为1.03,假设光纤追随衰减振动而进行计算。从图15可知,对于振幅收敛率,如上所述,与光纤的谐振频率相比,频率比和圈数比的参数更占主导地位。虽然在图中未示出,但根据本发明者的计算,在频率比小于1的情况下,相同的关系也成立。

[0121] 并且,由于在振幅缩小期间P₂中未将照明光用于图像生成,因此即使在该期间中停止了照明光的照射,也不会影响图像的画质。另一方面,激光的每单位时间的光量需要低于激光安全的额定值。由此,通过在振幅扩大期间P₁中照射照明光,而在振幅缩小期间P₂中停止照射照明光,从而能够减少每1帧的激光的总照射光量,能够降低激光安全的阈值。

[0122] 像以上说明的那样,根据本实施方式,信号生成部38生成如下的驱动信号,该驱动信号在1次扫描期间中包含使照明用光纤11的驱动信号的振幅从0扩大到最大值的振幅扩大期间P₁和使驱动信号的振幅从最大值缩小到0的振幅缩小期间P₂,在振幅扩大期间P₁与振幅缩小期间P₂的边界上,驱动信号D的包络线E的斜率为0而平滑地连续,并且将作为振幅扩大期间P₁和振幅缩小期间P₂中的较长一方的期间的振幅扩大期间P₁设为有效扫描期间,因此能够在不会大幅损失有效扫描期间的情况下,减轻扫描中心处的扫描路径的空缺,进行稳定的扫描。

[0123] 另外,本发明不仅限于上述实施方式,能够进行多种变形或变更。例如,在振幅扩大期间P₁与振幅缩小期间P₂之中,有效扫描期间不限于振幅扩大期间P₁,例如在光扫描型内窥镜装置10中,也可以在扫描振幅缩小时取得图像信号。在该情况下,如图16所示,对驱动信号的振幅进行调制以使振幅缩小期间P₂比振幅扩大期间P₁长。

[0124] 在使振幅缩小期间P₂比振幅扩大期间P₁长的情况下,基于与式子(6)相同的思路,f_{m2}可通过下面的式子(8)(再次示出)得到。

[0125] [数学式8]

$$[0126] \quad f_{m2} = \frac{f_d}{2n_2} \quad (8)$$

[0127] 这里,f_d是驱动信号的驱动频率,n₂是振幅缩小期间P₂中的照明用光纤11的前端部11c的期望的圈数。

[0128] 并且,f_{m1}被设定为满足下面的不等式(9)(再次示出)。

[0129] [数学式9]

$$[0130] \quad \frac{1}{2f_{m1}} \leq \frac{1}{f_r} - \frac{n_2}{f_d} \quad (9)$$

[0131] 这里,f_r是帧率。这样,将振幅调制波形设为正弦波形状,并使其不包含额外的频

率成分,由此能够减轻振幅缩小期间 P_2 中的图像失真,并且能够快速地将照明用光纤11的前端部11c返回扫描中心,能够减轻所生成的图像的中间空缺。

[0132] 并且,光扫描装置的照明用光纤的驱动部不限于使用压电元件的结构。例如,还可以采用使用了磁铁和线圈的电磁驱动方法。在上述实施方式中,利用驱动信号来控制被施加给压电元件的电压,而在该情况下,在电磁驱动方法中,可利用驱动信号来控制流过线圈的电流值。

[0133] 此外,光扫描装置不限于在光扫描型内窥镜中的应用,例如还能够应用于投影仪及其他的光扫描装置中。

[0134] 标号说明

[0135] 10:光扫描型内窥镜装置;11:照明用光纤;11a:固定端;11b:摆动部;11c:前端部;12:检测用光纤;13:配线线缆;20:镜体;21:驱动部;22:操作部;23:插入部;24:前端部;25a、25b:投影用镜头;26:安装环;27:致动器管;28a~28d:压电元件;29:光纤保持部件;30:控制装置主体;31:控制部;32:发光时机控制部;33R、33G、33B:激光器;34:耦合器;35:光检测器;36:ADC;37:图像生成部;38:信号生成部;40:显示器;100:对象物; P_1 :振幅扩大期间; P_2 :振幅缩小期间;D:驱动信号;E:包络线。

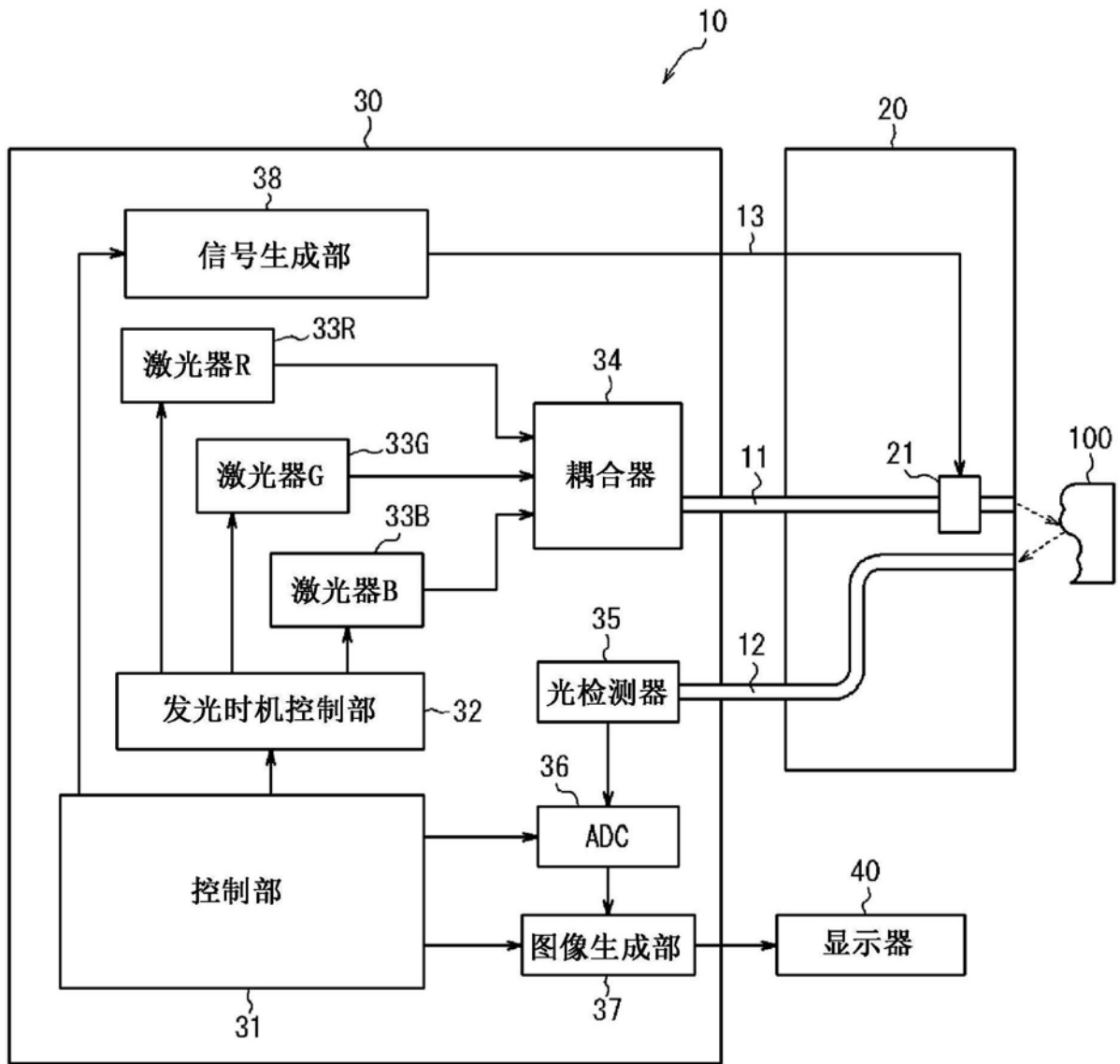


图1

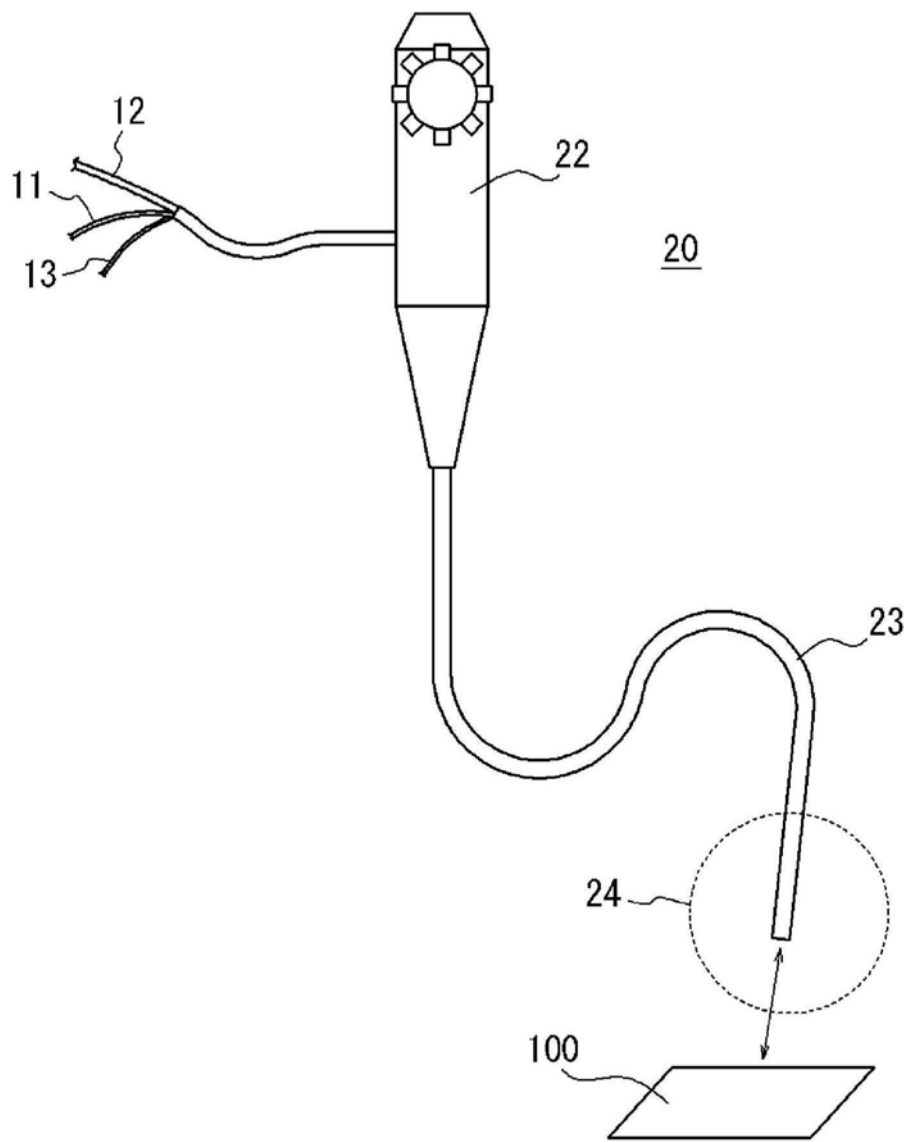


图2

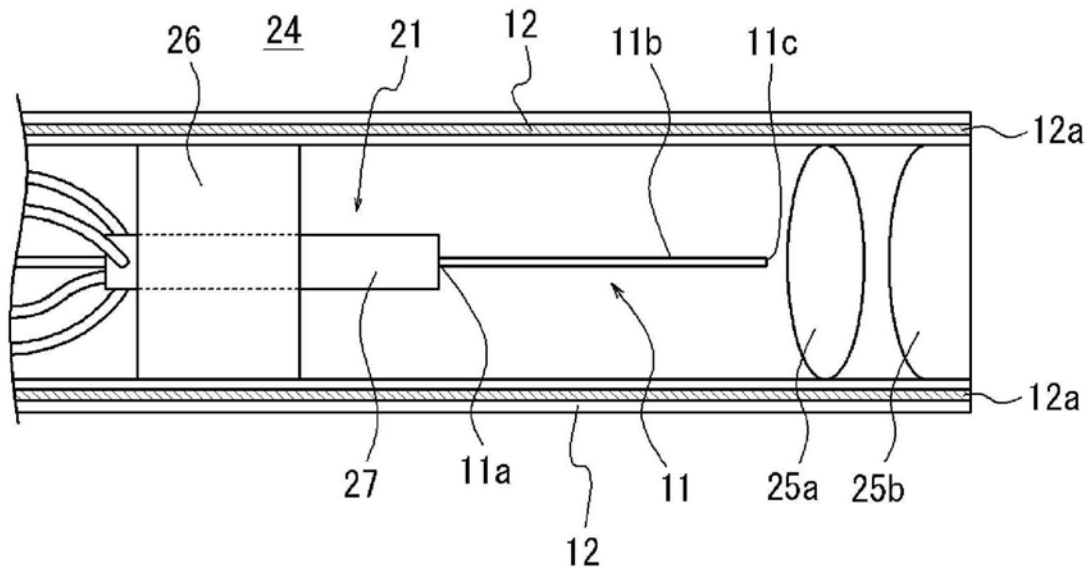


图3

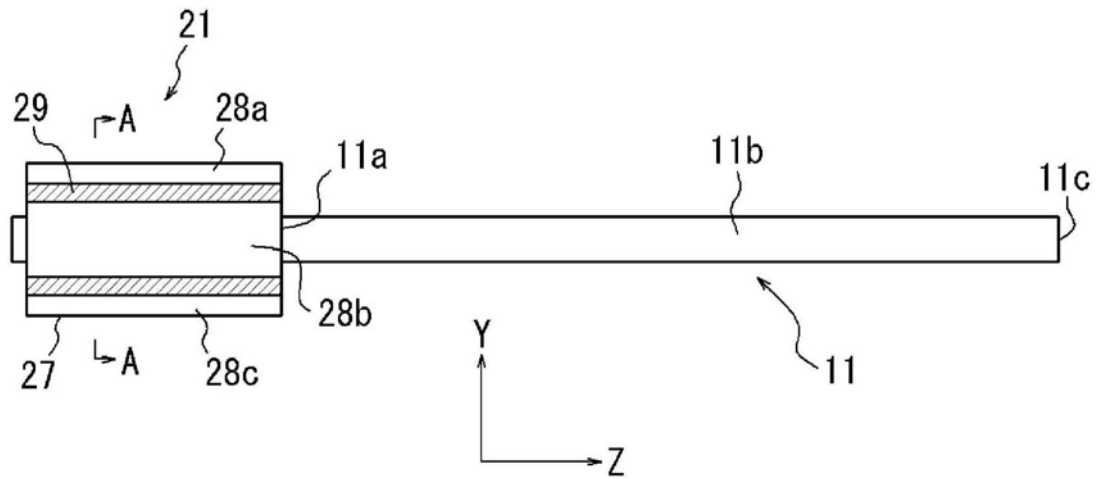


图4A

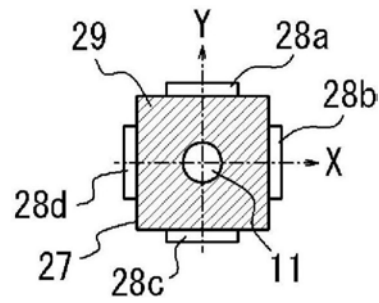


图4B

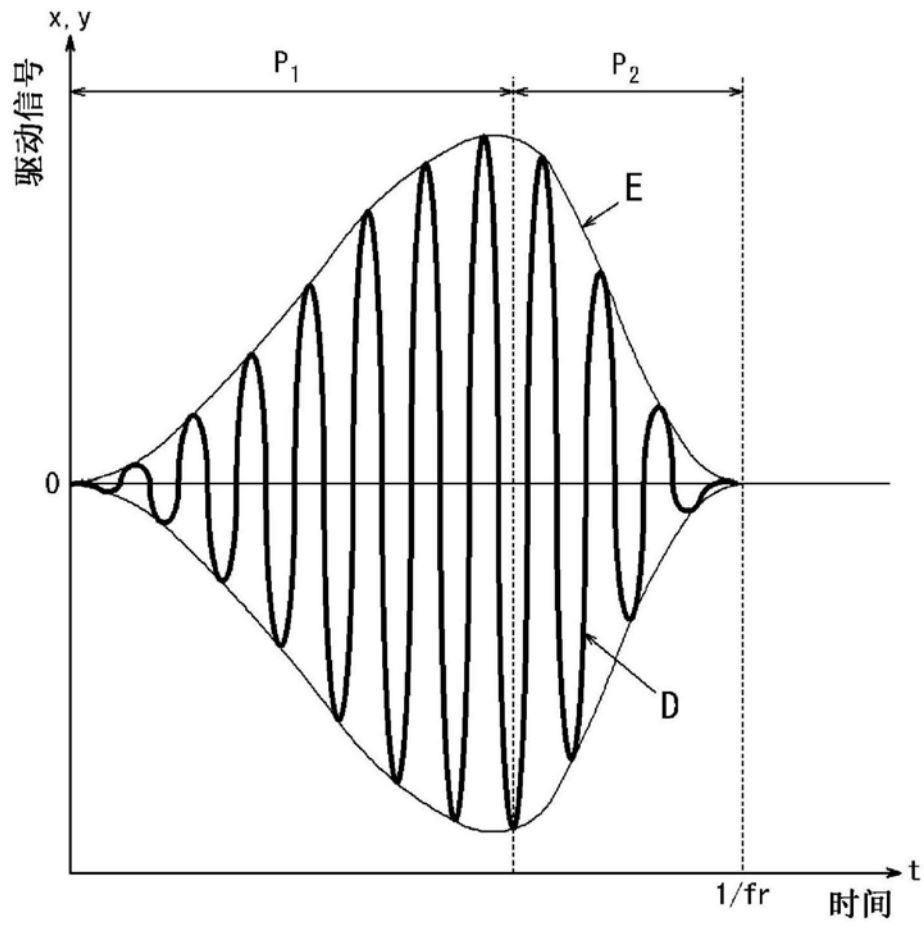


图5



图6A

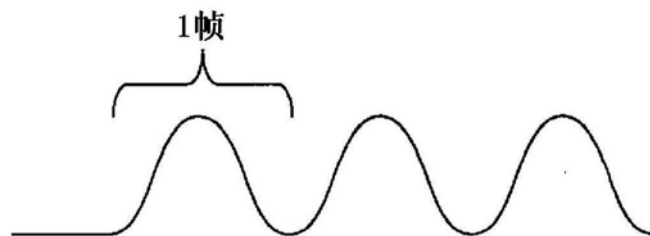


图6B

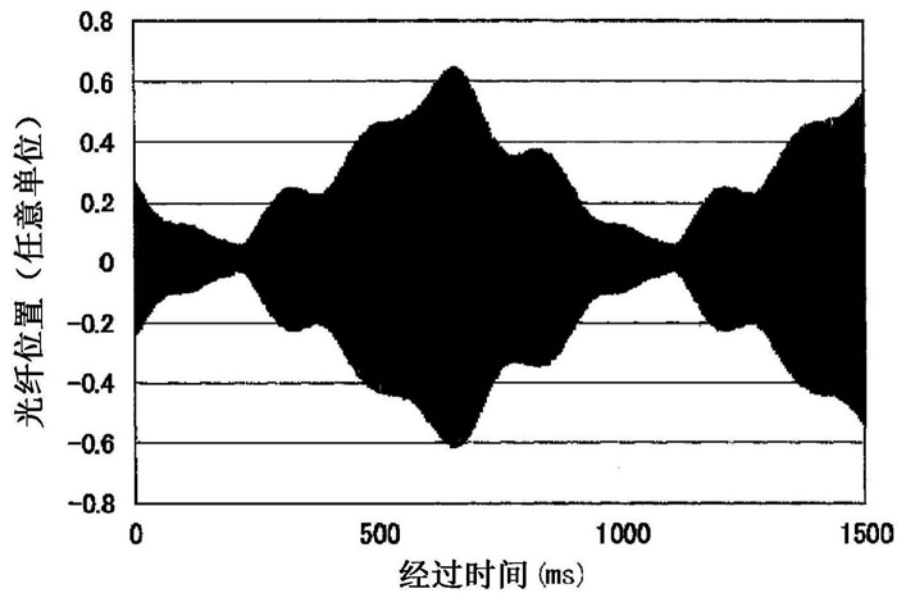


图7A

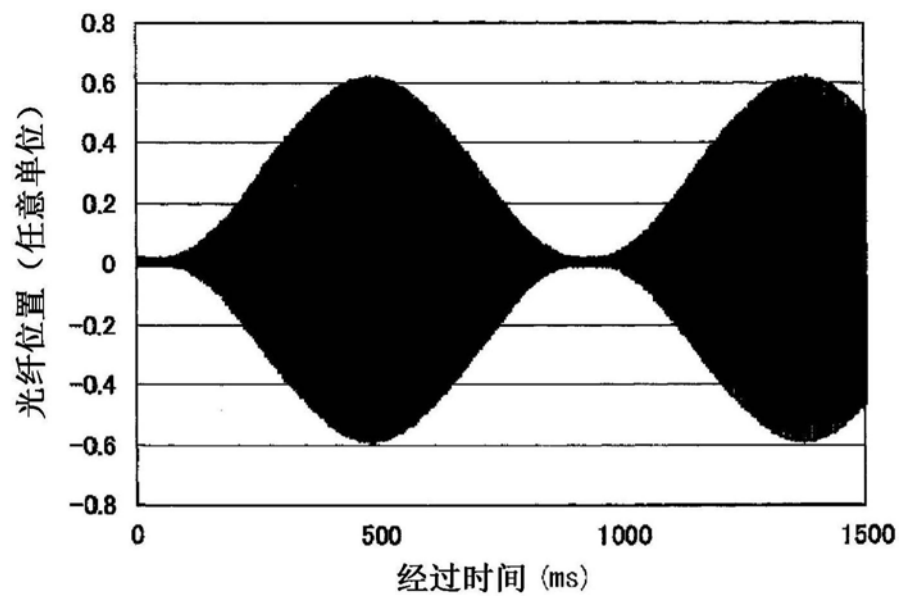


图7B

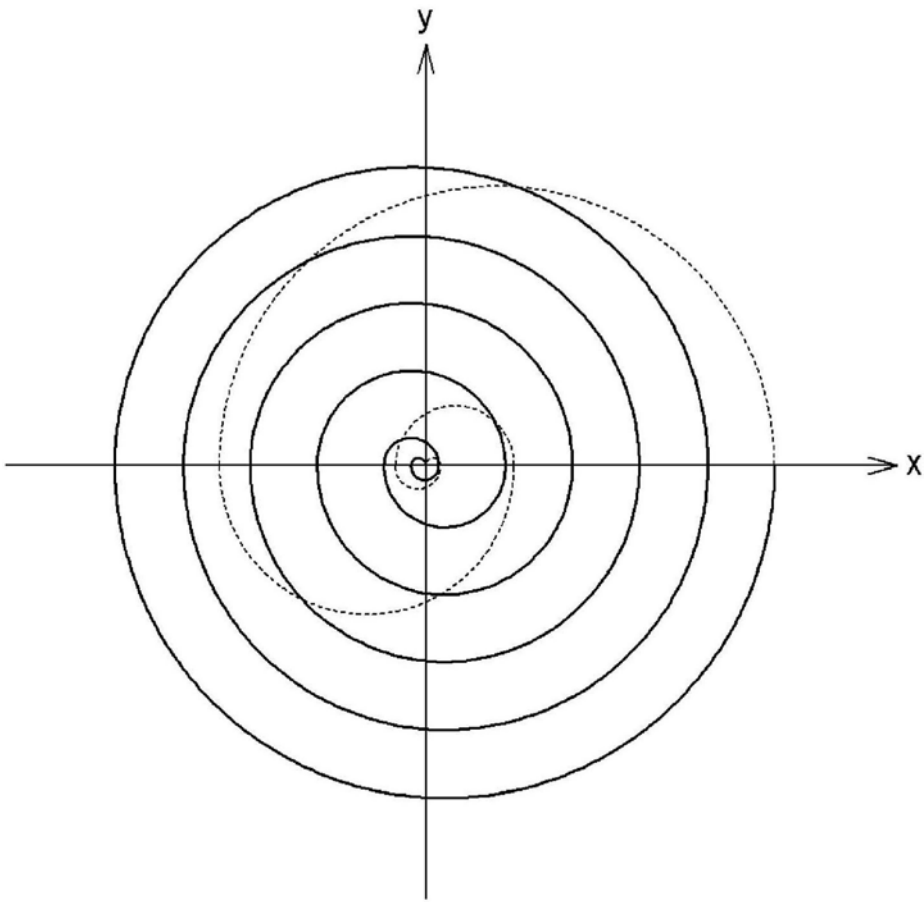


图8

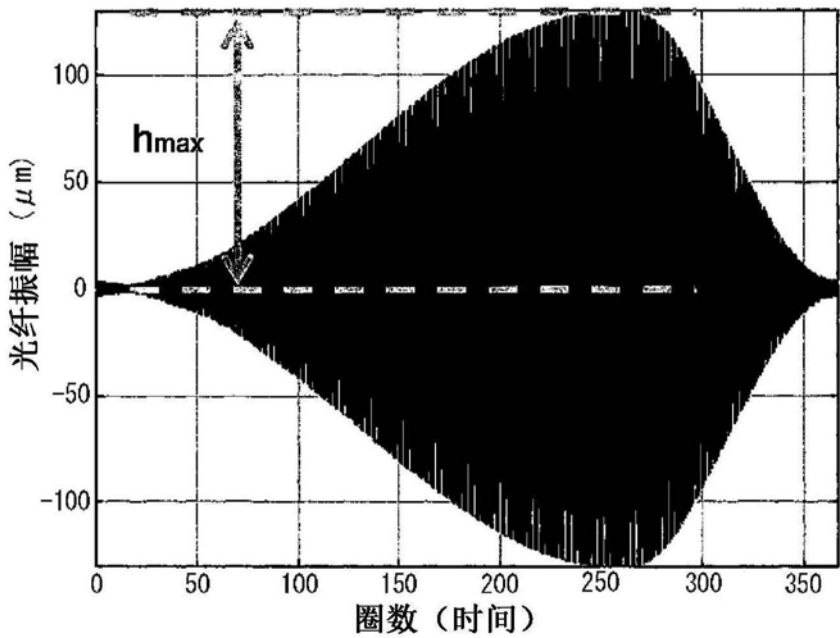


图9A

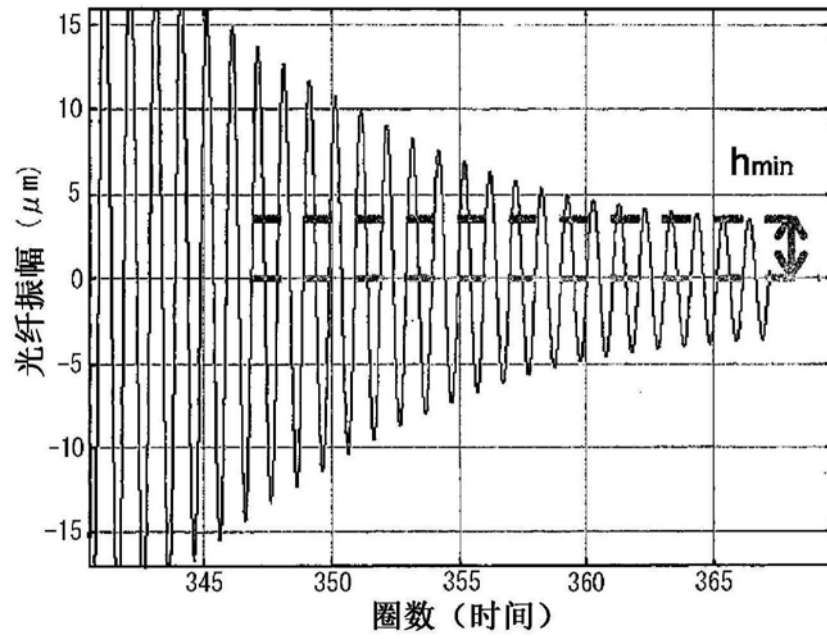


图9B

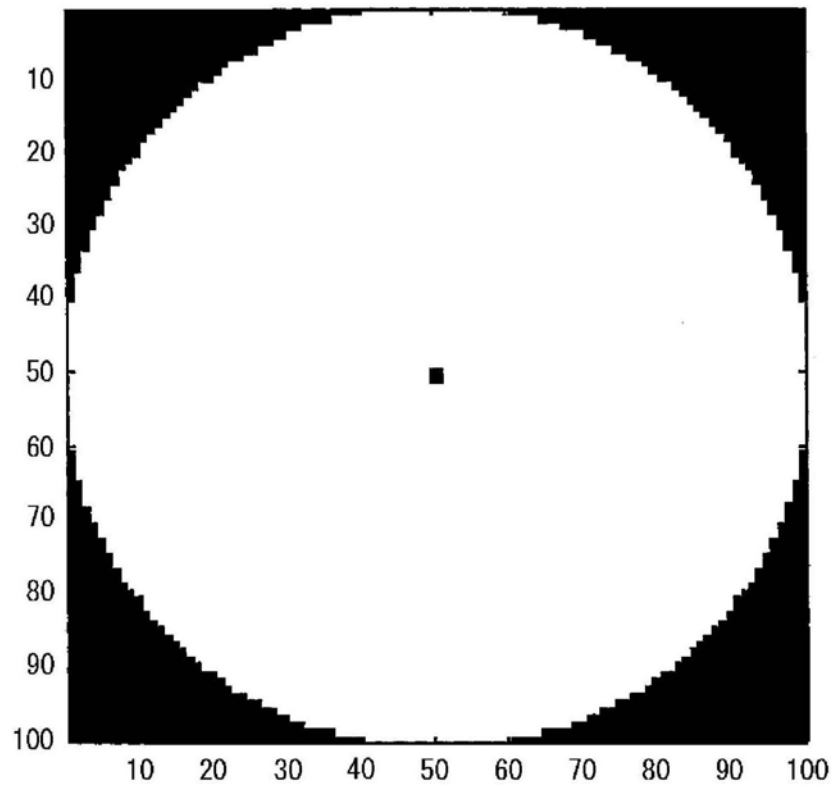


图10

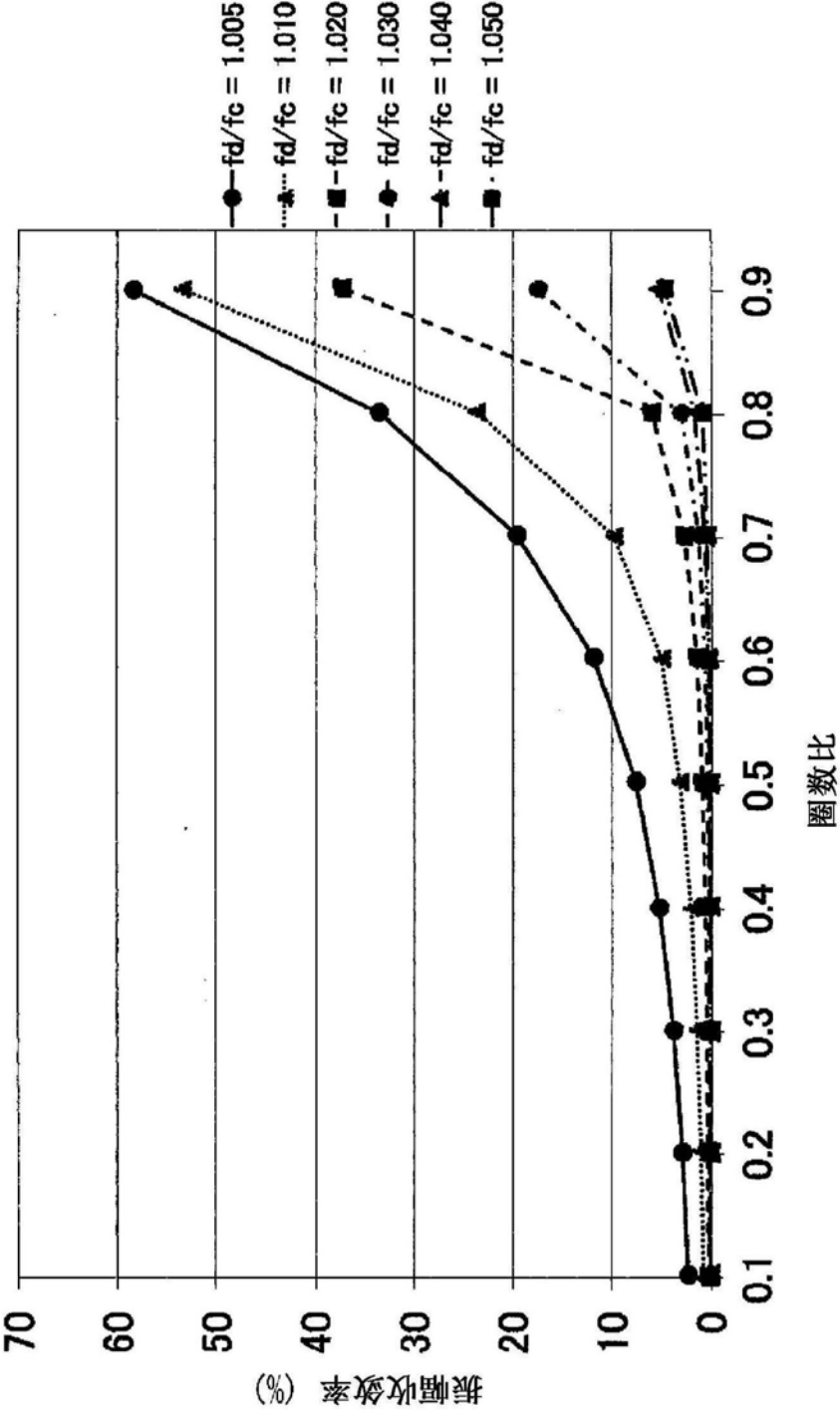


图11

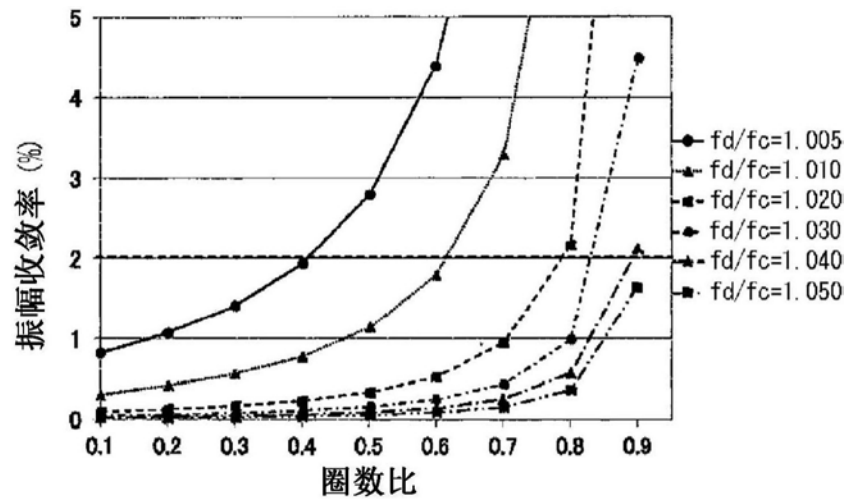


图12A

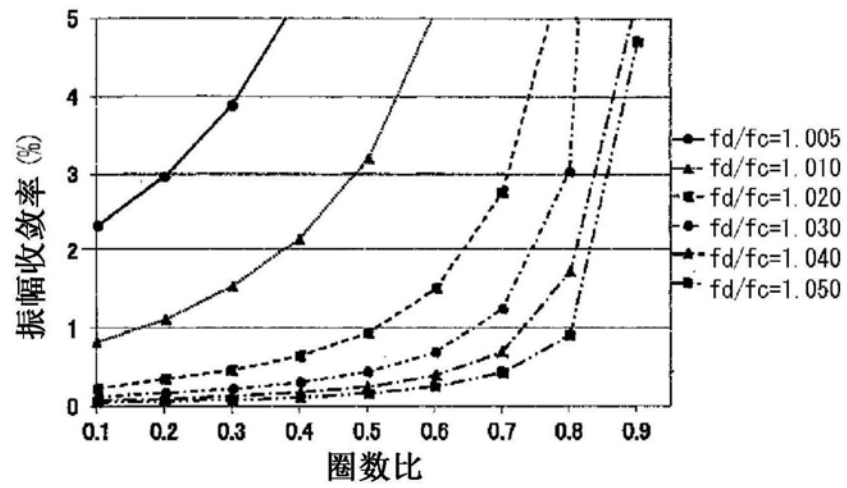


图12B

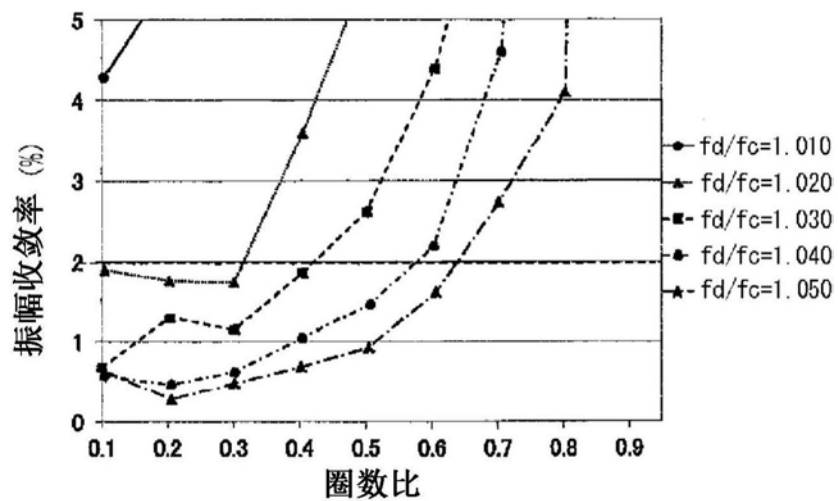


图12C

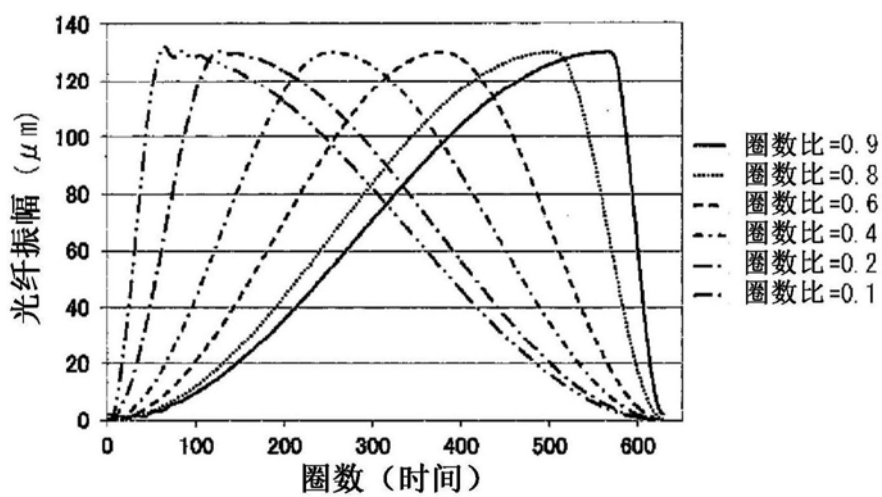


图13A

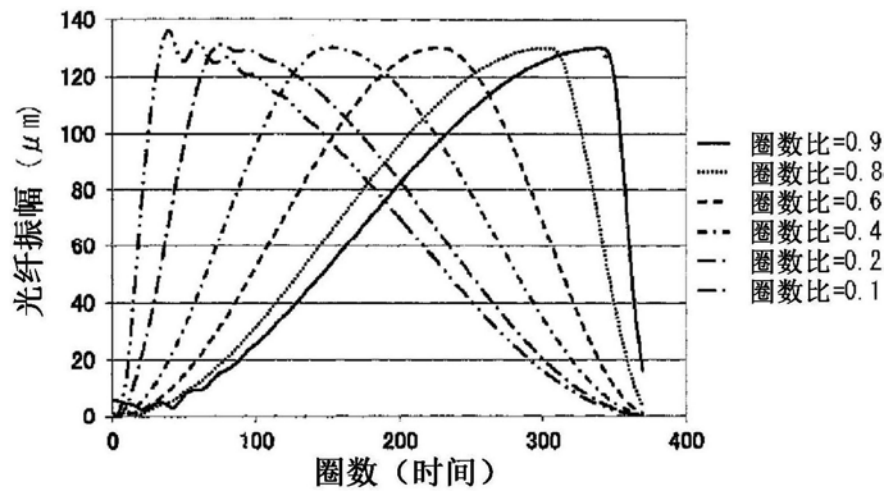


图13B

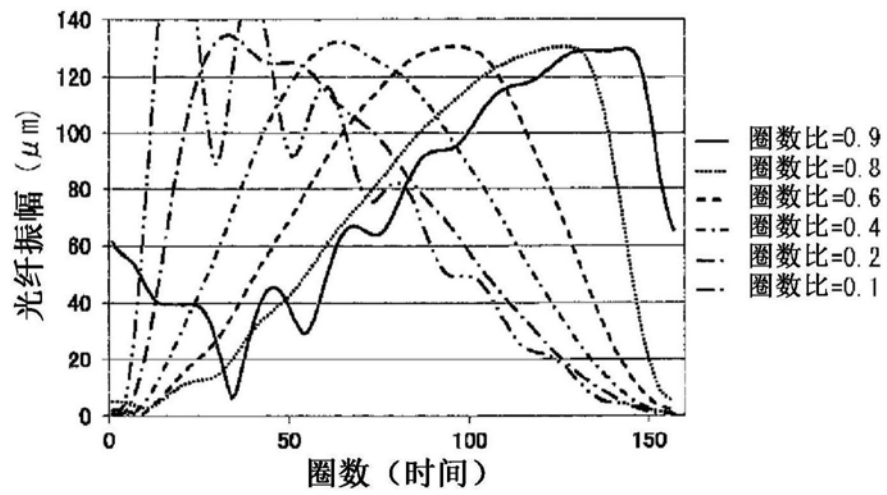


图13C

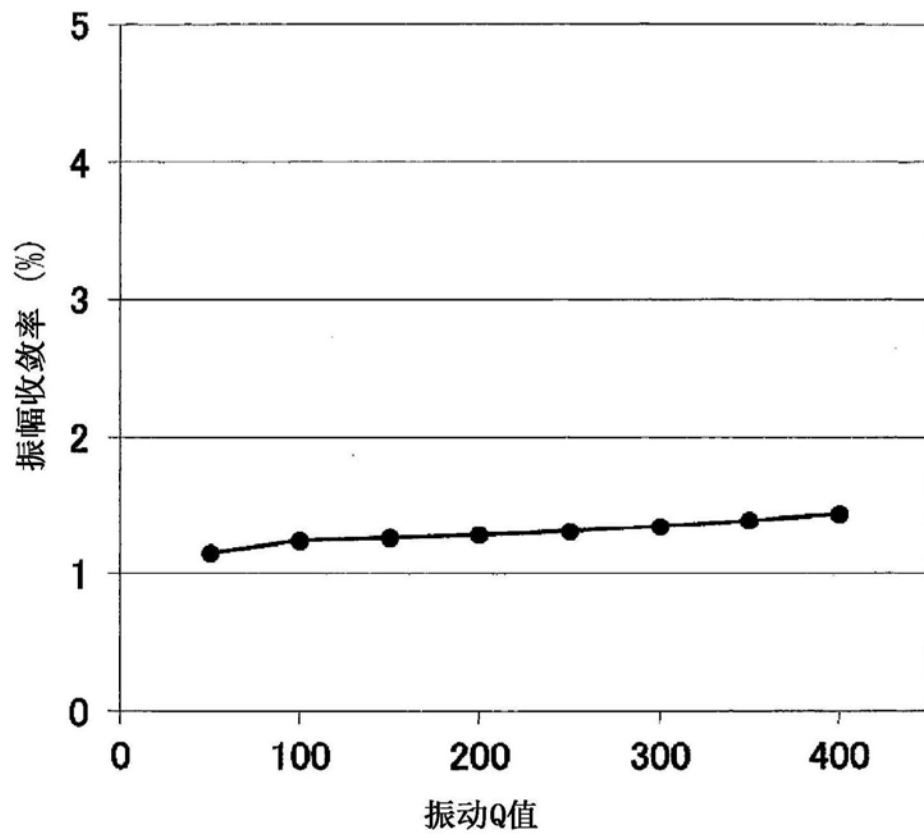


图14

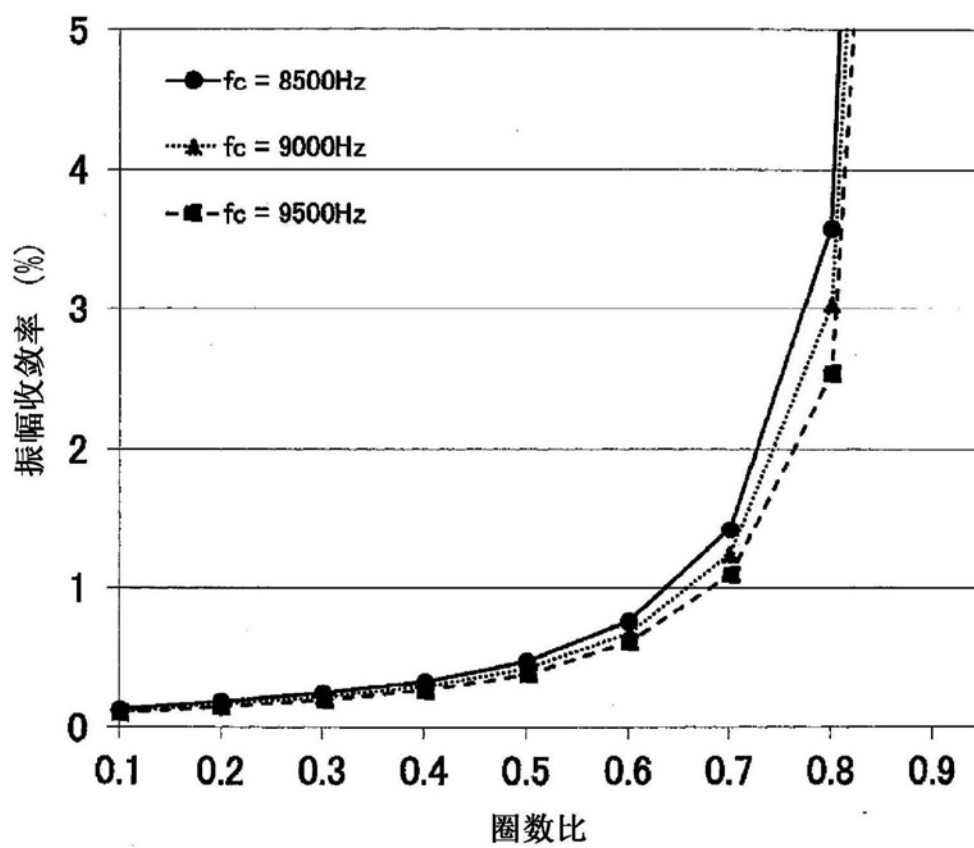


图15

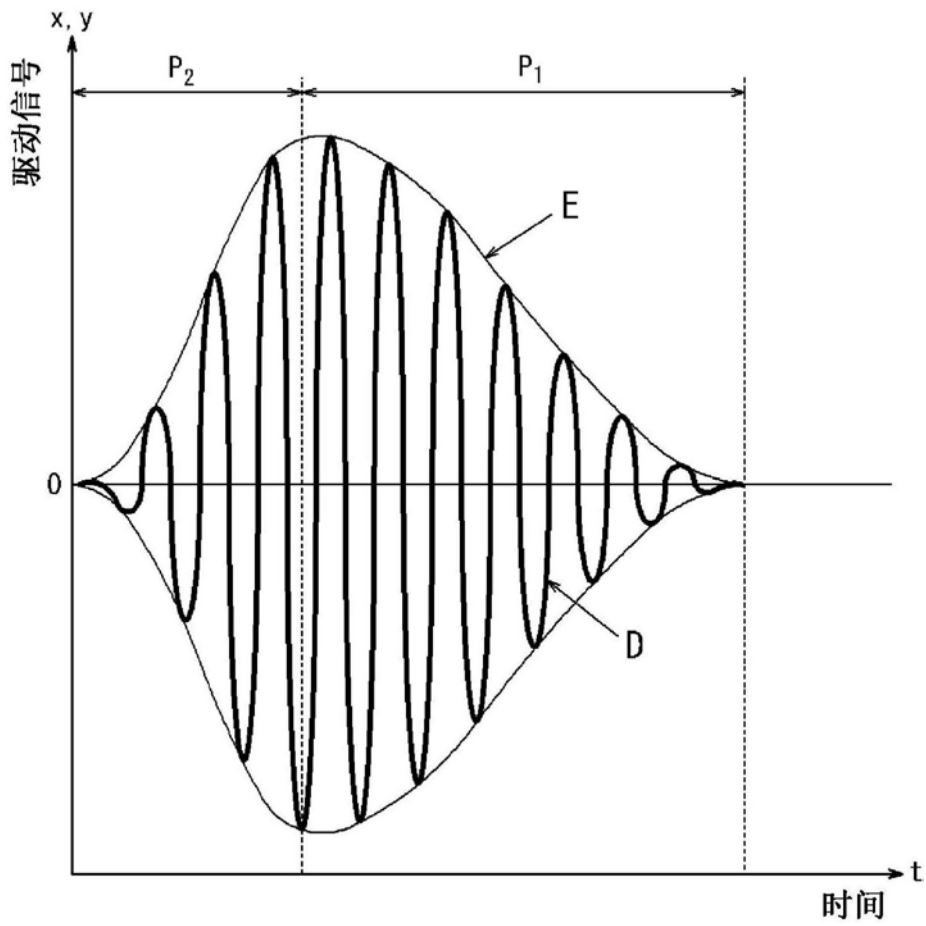


图16

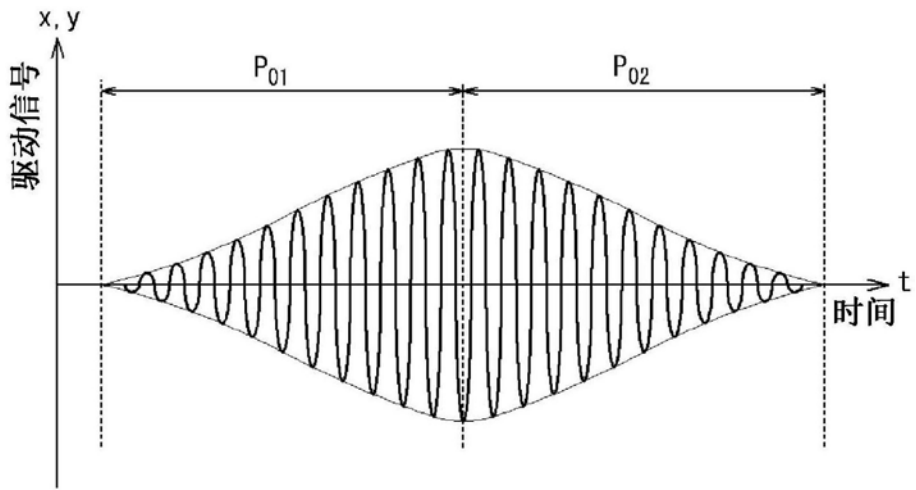


图17

专利名称(译)	光扫描装置		
公开(公告)号	CN107209364A	公开(公告)日	2017-09-26
申请号	CN201580074017.4	申请日	2015-01-23
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
[标]发明人	岛本笃义		
发明人	岛本笃义		
IPC分类号	G02B26/10 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00013 A61B1/00009 A61B1/00172 A61B1/07 G02B23/2469 G02B26/10 G02B26/103		
代理人(译)	李辉		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

光扫描型内窥镜装置具有：照明用光纤，其从被支承为能够摆动的前端部射出光；驱动部，其对照明用光纤的前端部进行驱动；以及信号生成部，其针对驱动部生成驱动信号(D)，该驱动信号(D)使照明用光纤的前端部螺旋扫描。信号生成部生成如下的驱动信号(D)，该驱动信号(D)包含使所述光纤的驱动信号(D)的振幅从实质为0扩大到最大值的振幅扩大期间(P1)和使驱动信号的振幅从最大值缩小到实质为0的振幅缩小期间(P2)，在振幅扩大期间(P1)与振幅缩小期间(P2)的边界上，驱动信号(D)的包络线(E)的斜率实质为0而平滑地连续，将振幅扩大期间(P1)和振幅缩小期间(P2)中的较长一方的期间设为有效扫描期间。

