

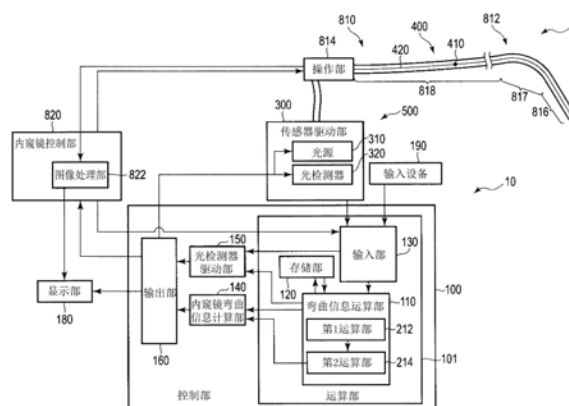


(45)授权公告日 2019.06.18

审查员 孙颖

权利要求书2页 说明书20页 附图22页

弯曲信息导出装置(10)导出表示设置在导光部件(420)中的被检测部组(410)的弯曲方向和弯曲大小的弯曲信息。被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部。各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由导光部件引导的光的强度进行调制。弯曲信息导出装置具有:输入部(190),其被输入与各被检测部对应的波长的光的检测光量信息;存储部(130),其存储各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示弯曲系数和强度调制信息与检测光量信息之间的关系的的光量信息关系;第1运算部(212),其根据光量信息和强度调制信息,计算每个被检测部的的光量变化信息;以及第2运算部(214),其根据光量变化信息和弯曲系数,计算被检测部组的弯曲信息。



1. 一种弯曲信息导出装置,其导出弯曲信息,该弯曲信息表示设置在导光部件中的被检测部组的弯曲方向和弯曲大小,所述被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部,各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由所述导光部件引导的光的强度进行调制,所述弯曲信息导出装置具有:

输入部,其被输入与各被检测部对应的波长的光的检测光量信息;

存储部,其存储各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示所述弯曲系数和所述强度调制信息与所述检测光量信息之间的关系的的光量信息关系;

第1运算部,其根据所述检测光量信息和所述光量信息关系,计算每个所述被检测部的光量变化信息;以及

第2运算部,其根据所述光量变化信息和所述弯曲系数,计算所述被检测部组的所述弯曲信息。

2. 根据权利要求1所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述弯曲系数是根据所述被检测部组的所述弯曲信息而变化的弯曲系数。

3. 根据权利要求2所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述弯曲系数用所述被检测部组的曲率和弯曲方向的周期函数表示。

4. 根据权利要求3所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述周期函数用正弦函数表示。

5. 根据权利要求1所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述光量信息关系包含基准光量信息,

所述基准光量信息是在使所述被检测部组成为规定的基准弯曲状态的状态下取得的所述检测光量信息。

6. 根据权利要求5所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述规定的基准弯曲状态是使所述被检测部组成为直线状而得到的形状。

7. 根据权利要求1所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述强度调制信息是所述被检测部中的光的吸收程度与波长之间的关系。

8. 根据权利要求1所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述光量信息关系以表示所述弯曲系数和所述强度调制信息与所述检测光量信息之间的关系的方程式来表示,所述弯曲系数以用周期函数表示所述第1运算部计算出的光量变化信息的方程式来表示,

所述第1运算部和所述第2运算部具有优化运算部,该优化运算部通过优化运算来计算所述被检测部的所述弯曲信息,

所述优化运算部在所述第1运算部的运算中对所述弯曲系数进行优化,使得表示所述光量信息关系的所述方程式的右边与左边之差最小,在所述第2运算部的运算中对所述弯曲信息进行优化,使得表示所述弯曲系数的所述方程式的右边与左边之差最小。

9. 根据权利要求1所述的弯曲信息导出装置,其中,

所述弯曲信息导出装置还具有取得所述检测光量信息的传感器,所述传感器具有:

光源;

所述导光部件,其引导从所述光源射出的光;

所述多个被检测部,它们具备具有相互不同的光调制特性的光学部件;以及

光检测器,其检测所述导光部件中引导的光在多个波段中的各个光量,输出所述检测光量信息。

10.一种内窥镜系统,其具有:

权利要求9所述的弯曲信息导出装置;

内窥镜,其在插入部中设置有所述导光部件;以及

内窥镜弯曲信息计算部,其根据所述弯曲信息计算所述插入部的弯曲信息。

11.一种弯曲信息导出方法,导出弯曲信息,该弯曲信息表示设置在导光部件中的被检测部组的弯曲方向和弯曲大小,所述被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部,各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由所述导光部件引导的光的强度进行调制,所述弯曲信息导出方法具有以下步骤:

取得与各被检测部对应的波长的光的检测光量信息;

取得各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示所述弯曲系数和所述强度调制信息与所述检测光量信息之间的关系的的光量信息关系;

根据所述检测光量信息和所述光量信息关系,计算每个所述被检测部的的光量变化信息;以及

根据所述光量变化信息和所述弯曲系数,计算所述被检测部组的所述弯曲信息。

12.一种记录介质,其记录有弯曲信息导出用的程序,该程序导出弯曲信息,该弯曲信息表示设置在导光部件中的被检测部组的弯曲方向和弯曲大小,所述被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部,各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由所述导光部件引导的光的强度进行调制,所述程序使计算机执行以下步骤:

取得与各被检测部对应的波长的光的检测光量信息;

取得各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示所述弯曲系数和所述强度调制信息与所述检测光量信息之间的关系的的光量信息关系;

根据所述检测光量信息和所述光量信息关系,计算每个所述被检测部的的光量变化信息;以及

根据所述光量变化信息和所述弯曲系数,计算所述被检测部组的所述弯曲信息。

弯曲信息导出装置、具有弯曲信息导出装置的内窥镜系统、弯曲信息导出方法和记录介质

技术领域

[0001] 本发明涉及导出弯曲信息的弯曲信息导出装置、具有弯曲信息导出装置的内窥镜系统、弯曲信息导出方法和记录介质,所述弯曲信息表示具有挠性的物体的弯曲状态。

背景技术

[0002] 公知有用于组入插入装置(例如内窥镜)的挠性插入部中来检测插入部的弯曲状态的装置。例如,在日本特开2007-143600号公报中公开了使用光纤的内窥镜形状检测探针。该检测探针具有与内窥镜的插入部一体弯曲的光纤。在光纤中,在其长度方向上大致相同的位置例如设置有用于检测X方向和Y方向这2个方向的曲率的2个光调制部。光调制部对光纤中传递的光的波长成分的强度等进行调制。在该探针中,根据穿过光调制部前后的波长成分的强度等,检测光调制部中的光纤的曲率、以及与光纤一体弯曲的插入部的曲率。

发明内容

[0003] 发明要解决的课题

[0004] 在日本特开2007-143600号公报中没有具体公开如何根据波长成分的强度等计算2个方向的曲率(弯曲大小)。并且,也没有具体公开如何与曲率一起计算光纤的弯曲方向。

[0005] 本发明的目的在于,提供导出弯曲信息(弯曲方向和弯曲大小)的弯曲信息导出装置。

[0006] 本发明的另一个目的在于,提供具有导出弯曲信息(弯曲方向和弯曲大小)的弯曲信息导出装置的内窥镜系统。

[0007] 本发明的另一个目的在于,提供导出弯曲信息(弯曲方向和弯曲大小)的弯曲信息导出方法。

[0008] 本发明的另一个目的在于,提供记录介质,其记录有导出弯曲信息(弯曲方向和弯曲大小)的弯曲信息导出用的程序。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本发明的一个实施方式是一种弯曲信息导出装置,其导出弯曲信息,该弯曲信息表示设置在导光部件中的被检测部组的弯曲方向和弯曲大小。所述被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部。各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由所述导光部件引导的光的强度进行调制。所述弯曲信息导出装置具有:输入部,其被输入与各被检测部对应的波长的光的检测光量信息;存储部,其存储各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示所述弯曲系数和所述强度调制信息与所述检测光量信息之间的光量信息关系;第1运算部,其根据所述检测光量信息和所述光量信息关系,计算每个所述被检测部的的光量变化信息;以及第2运算部,其根据所述光量变化信息和所述弯曲系数,计算所述被检测部组的所述弯曲信息。

[0011] 并且,本发明的另一个实施方式是一种内窥镜系统,其具有:上述弯曲信息导出装

置;内窥镜,其在插入部中设置有导光部件;以及内窥镜弯曲信息计算部,其根据所述弯曲信息计算所述插入部的弯曲信息。

[0012] 并且,本发明的另一个实施方式是一种弯曲信息导出方法,导出弯曲信息,该弯曲信息表示设置在导光部件中的被检测部组的弯曲方向和弯曲大小。所述被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部。各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由所述导光部件引导的光的强度进行调制。所述弯曲信息导出方法具有以下步骤:取得与各被检测部对应的波长的光的检测光量信息;取得各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示所述弯曲系数和所述强度调制信息与所述检测光量信息之间的关系的的光量信息关系;根据所述检测光量信息和所述光量信息关系,计算每个所述被检测部的的光量变化信息;以及根据所述光量变化信息和所述弯曲系数,计算所述被检测部组的所述弯曲信息。

[0013] 并且,本发明的另一个实施方式是一种记录介质,其记录有弯曲信息导出用的程序,该程序导出弯曲信息,该弯曲信息表示设置在导光部件中的被检测部组的弯曲方向和弯曲大小。所述被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部。各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由所述导光部件引导的光的强度进行调制。所述程序使计算机执行以下步骤:取得与各被检测部对应的波长的光的检测光量信息;取得各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示所述弯曲系数和所述强度调制信息与所述检测光量信息之间的关系的的光量信息关系;根据所述检测光量信息和所述光量信息关系,计算每个所述被检测部的的光量变化信息;以及根据所述光量变化信息和所述弯曲系数,计算所述被检测部组的所述弯曲信息。

[0014] 发明效果

[0015] 根据本发明,提供能够导出弯曲信息的弯曲信息导出装置、具有弯曲信息导出装置的内窥镜系统、弯曲信息导出方法和记录介质。

附图说明

[0016] 图1是概略地示出第1实施方式的包含弯曲信息导出装置的内窥镜系统的结构的图。

[0017] 图2是用于说明表示挠性部的弯曲状态的量的图。

[0018] 图3是示出传感器的结构的一例的框图。

[0019] 图4是示出光源射出的光的波长与强度之间的关系的一例的图。

[0020] 图5是示出入射到光检测器的光的波长与光检测器的检测灵敏度之间的关系的一例的图。

[0021] 图6是导光部件的包含光轴的剖视图。

[0022] 图7是沿着图6的A-A线的导光部件的径向的剖视图。

[0023] 图8是示出第1光吸收体和第2光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系的一例的图。

[0024] 图9A是概略地示出第1被检测部向内侧弯曲的状态下的光的传递的图。

[0025] 图9B是概略地示出第1被检测部为直线状态下的光的传递的图。

[0026] 图9C是概略地示出第1被检测部向外侧弯曲的状态下的光的传递的图。

- [0027] 图10是示出波长与基准光量信息之间的关系的一例的图。
- [0028] 图11是示出针对第1波长取得的弯曲系数的一例的图。
- [0029] 图12是示出针对第2波长取得的弯曲系数的一例的图。
- [0030] 图13是示出包含被检测部组的长度 L 的挠性部以角度 θ 、曲率 κ 弯曲的状态的图。
- [0031] 图14是示出图13的弯曲状态下的检测光量的一例的图。
- [0032] 图15是示出控制部中的处理流程的流程图。
- [0033] 图16是示出弯曲系数的取得的一例的流程图。
- [0034] 图17是示出基准光量信息的取得的一例的流程图。
- [0035] 图18是示出弯曲信息运算处理的一例的流程图。
- [0036] 图19是示出传感器的结构的一例的框图。
- [0037] 图20是示出第1光吸收体和第2光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系的一例的图。
- [0038] 图21是示出传感器的结构的一例的框图。
- [0039] 图22是示出某个时刻的波长与光源的发光强度之间的关系的一例的图。
- [0040] 图23是示出与图22对应的、入射到光检测器的光的波长与光检测器的检测灵敏度之间的关系的一例的图。
- [0041] 图24是示出第2实施方式中的弯曲信息运算部的一例的框图。
- [0042] 图25是示出第1光吸收体和第2光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系的一例的图。
- [0043] 图26是示出第3实施方式中的传感器的结构的一例的框图。
- [0044] 图27是示出第1、第2、第3和第4光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系的一例的图。
- [0045] 图28A是示出挠性部中的包含第1被检测部组的长度 L_1 的区域以角度 θ_1 、曲率 κ_1 弯曲的状态的图。
- [0046] 图28B是示出挠性部中的包含第2被检测部组的长度 L_2 的区域以角度 θ_2 、曲率 κ_2 弯曲的状态的图。
- [0047] 图29是示出关于第2被检测部组、针对第1波长取得的弯曲系数的一例的图。
- [0048] 图30是示出关于第2被检测部组、针对第2波长取得的弯曲系数的一例的图。
- [0049] 图31是概略地示出包含具有多个被检测部组的弯曲信息导出装置的内窥镜系统的结构的图。
- [0050] 图32A是具有能够代替第1～第3实施方式的被检测部的其他被检测部的导光部件的径向的剖视图。
- [0051] 图32B是图32A 所示的导光部件的包含光轴的剖视图。
- [0052] 图33是具有能够代替图32A和图32B所示的被检测部的其他被检测部的导光部件的包含光轴的剖视图。

具体实施方式

[第1实施方式]

- [0054] 图1是概略地示出本发明的第1实施方式的包含弯曲信息导出装置10 (以下称为导

出装置10)的内窥镜系统1的结构图。内窥镜系统1具有内窥镜810、内窥镜控制部820、导出装置10、显示部180、输入设备190。

[0055] 内窥镜810具有插入到被插入体中的细长的插入部812、以及与插入部812的基端侧连结的操作部814。插入部812具有前端硬质部816、设置在前端硬质部816的基端侧的弯曲部817、设置在弯曲部817的基端侧的挠性管部818。在前端硬质部816 中内置有未图示的照明光学系统、观察光学系统、摄像元件等。通过对操作部814 进行操作,弯曲部817向期望方向弯曲。挠性管部818弯曲自如。操作部814用于以上述弯曲操作为首的内窥镜810的各种操作。

[0056] 内窥镜控制部820对内窥镜810的各种动作进行控制。并且,内窥镜控制部820 具有用于对由上述观察光学系统和摄像元件取得的图像进行处理的图像处理部822。

[0057] 导出装置10是用于导出弯曲信息的装置,该弯曲信息表示插入部812的、特别是弯曲部817或挠性管部818(以下将它们称为挠性部819)的弯曲状态。

[0058] 参照图2对弯曲信息进行说明。在图2中,从原点 $P_0(0,0,0)$ 到点 $P_1(0,0,L)$ 利用实线示出呈直线状的长度 L 的挠性部819。设挠性部819如图2中假想线所示那样弯曲,点 $P_1(0,0,L)$ 变位到点 $P'_1(x,y,z)$ 。这里,为了简便,设挠性部819呈圆弧状弯曲。此时,为了表示挠性部819的弯曲状态,需要弯曲方向和弯曲大小这2个信息。弯曲方向例如用穿过将点 $P'_1(x,y,z)$ 投影到 xy 平面上而成的点 $(x,y,0)$ 和原点 $P_0(0,0,0)$ 的直线与 x 轴所成的角度 θ 表示。并且,弯曲大小例如用曲率 κ 、曲率半径 $r=\kappa^{-1}$ 、中心角 $\varphi=L/r=\kappa L$ 等表示。这样,在本说明书中,表示挠性部819的弯曲状态所需要的弯曲方向和弯曲大小被称为弯曲信息。

[0059] 导出装置10具有由传感器驱动部300和传感器部400构成的传感器500以及控制部100。它们的详细情况在后面叙述。

[0060] 显示部180是一般的显示装置,例如是液晶显示器、CRT显示器或有机EL显示器。显示部180与内窥镜控制部820连接,显示由内窥镜控制部820处理后的图像。并且,显示部180与控制部100连接,显示由导出装置10得到的弯曲信息等。

[0061] 输入设备190是一般的输入用设备,例如是键盘、鼠标等指示器件、标签阅读器、按钮开关、滑块、拨盘。输入设备190与控制部100连接。输入设备190用于供用户输入用于使导出装置10进行动作的各种指令。输入设备190也可以是存储介质。该情况下,存储介质中存储的信息被输入到控制部100。

[0062] 接着,对导出装置10的传感器500进行说明。图3是示出由传感器驱动部300 和传感器部400构成的传感器500的结构的一例的框图。传感器驱动部300具有光源 310、光检测器320、光分支部330、反射防止部件340。传感器部400具有设置有包含多个被检测部的被检测部组410的导光部件420以及反射部件430。

[0063] 光源310例如是灯、LED、激光二极管等一般公知的发光部。光源310也可以还具有用于对波长进行转换的荧光体等。

[0064] 如图3所示,被检测部组410至少包含第1被检测部411和第2被检测部412,也可以还包含第 m 被检测部41 m 。这里, m 是任意数。被检测部411、412、 $\cdots$ 、41 m 在导光部件420的长度方向(光轴方向)上设置在大致相同位置。下面,设被检测部组410由第1被检测部411和第2被检测部412构成而继续说明。

[0065] 各被检测部411、412例如可以通过降低由导光部件420引导的光的强度的物质、例

如光吸收体构成。在其他例子中,各被检测部411、412可以通过吸收由导光部件 420引导的光并发出与所引导的光不同波段的光的物质、例如荧光体构成。

[0066] 图4是示出光源310射出的光的波长与强度之间的一例的关系的图。光源310 射出包含第1波长 λ_1 和第2波长 λ_2 的发光波长区域的光。第1波长 λ_1 例如是构成被检测部组410的第1被检测部411的光吸收体(以下称为第1光吸收体424)吸收的光谱的特征波长。这里,特征波长例如是吸收极大的波长(参照图8)。同样,第2 波长 λ_2 是构成被检测部组410的第2被检测部412的光吸收体(以下称为第2光吸收体425的)吸收的光谱的特征波长。

[0067] 光检测器320具有分光器或滤色器这样的分光用元件以及光电二极管这样的受光元件。光检测器320检测规定波长区域的光的强度,输出检测光量信息。这里,检测光量信息是表示规定波长区域中的特定波长与该波长处的光强度之间的关系的信息。

[0068] 图5是示出入射到光检测器320的光的波长与光检测器320的检测灵敏度之间的一例的关系的图。光检测器320在包含上述第1波长 λ_1 和第2波长 λ_2 的波长区域内具有检测灵敏度。光检测器320例如将表示波长 λ_1 、 λ_2 处检测到的光强度的检测光量信息输出到控制部100。

[0069] 另外,光检测器不限于具有分光特性的光检测器。在光源和光检测器中包含如下形式:通过光源和光检测器的组合来检测多个规定波长区域中的每一个波长区域的光量。例如,在光源和光检测器中包含如下形式:在时间上依次从光源射出窄带光,利用宽带光检测器检测各波长区域的光量。

[0070] 再次参照图3时,光分支部330与光源310和光检测器320光学连接。光分支部 330具有光耦合器或半透半反镜等。光分支部330将从光源310射出的光引导至导光部件420,并且,将由导光部件420引导的光引导至光检测器320。

[0071] 反射防止部件340与光分支部330光学连接。反射防止部件340防止从光源310 射出的光中的未入射到导光部件420的光返回光检测器320。

[0072] 导光部件420例如是光纤,具有挠性。导光部件420的基端与光分支部330连接。如图1中概略示出的那样,导光部件420在插入部812内沿着其长度方向组入。在导光部件420中,在插入部812中的希望计算弯曲信息的部位、例如挠性部819中配置有被检测部组410。

[0073] 图6是导光部件420的包含光轴的剖视图。图7是沿着图6的A-A线的导光部件420的径向的剖视图。导光部件420具有芯423、包围芯423的包层422、包围包层422的护套421。

[0074] 去除护套421和包层422的一部分而使芯423露出,在露出的芯423上设置第1 光吸收体424,由此形成第1被检测部411。在导光部件420的长度方向上与第1被检测部411大致相同的位置、并且例如在导光部件420的径向截面中与第1被检测部 411大致垂直的位置,通过与第1被检测部411相同的做法设置第2光吸收体425,由此形成第2被检测部412。另外,不限于光吸收体,也可以使用对被引导的光的光谱造成影响的光学部件,光学部件例如可以是波长转换部件(荧光体)。

[0075] 图8是示出第1光吸收体424和第2光吸收体425中的光的波长与吸收系数之间的一例的关系的图。如图8所示,设置在不同被检测部411、412中的光吸收体424、425的吸收系数依赖于波长而变化,即具有相互不同的吸光特性。

[0076] 对被检测部411、412的弯曲状态与导光部件420中引导的光的传递量之间的关系进行说明。图9A~图9C是概略地示出导光部件420的第1被检测部411附近引导的光的图。在

这些图中,未图示第2被检测部412。在导光部件420为直线状态的情况下,如图9B所示,导光部件420中引导的光的一部分被光吸收体424吸收。与此相对,在导光部件420弯曲以使光吸收体424朝向内侧的情况下,到达光吸收体424的光减少,所以,基于光吸收体424的光的吸收量减小(图9A)。因此,导光部件420中引导的光的传递量增加。另一方面,在导光部件420弯曲以使被检测部组410朝向外侧的情况下,到达光吸收体424的光增加,所以,基于光吸收体424的光的吸收量增大(图9C)。因此,导光部件420中引导的光的传递量减少。

[0077] 这样,根据第1被检测部411的弯曲状态,导光部件420中引导的光的量变化。第2被检测部412也同样。

[0078] 再次参照图3时,在导光部件420的不与光分支部330连接的一侧的端部、即前端设置有反射部件430。反射部件430使从光分支部330通过导光部件420引导的光反射,以使其朝向光分支部330的方向返回。

[0079] 接着,再次参照图1对导出装置10的控制部100进行说明。控制部100例如可以由个人计算机等电子计算机构成。控制部100具有运算部101、内窥镜弯曲信息计算部140、光检测器驱动部150、输出部160。

[0080] 运算部101例如由包含CPU或ASIC等的设备等构成。运算部101具有输入部130、存储部120、弯曲信息运算部110。

[0081] 从传感器驱动部300的光检测器320对输入部130输入检测光量信息。输入部130将所输入的检测光量信息传递到弯曲信息运算部110。并且,对输入部130输入被检测部组410的后述弯曲系数。进而,还对输入部130输入从内窥镜控制部820输出的信息。输入部130将这些所输入的信息传递到弯曲信息运算部110或光检测器驱动部150。

[0082] 存储部120存储弯曲信息运算部110进行的运算所需要的各种信息。存储部120例如存储包含计算算法的程序、被检测部组410的弯曲系数、光量信息关系、基准光量信息、强度调制信息等。

[0083] 弯曲信息运算部110根据经由输入部130取得的检测光量信息、存储部120中存储的后述光量信息关系、基准光量信息、强度调制信息和弯曲系数,计算被检测部组410的弯曲信息。弯曲信息运算部110具有第1运算部212和第2运算部214。第1运算部212根据经由输入部130取得的检测光量信息、存储部120中存储的光量信息关系、基准光量信息和强度调制信息,计算每个被检测部411、412的光量变化信息。第2运算部214根据由第1运算部212计算出的光量变化信息和存储部120中存储的弯曲系数,计算被检测部组410中的弯曲信息。弯曲信息运算部110将计算出的弯曲信息传递到内窥镜弯曲信息计算部140和输出部160。并且,弯曲信息运算部110将光检测器320的增益等、弯曲信息的计算所需要的与光检测器320的动作有关的信息输出到光检测器驱动部150。

[0084] 内窥镜弯曲信息计算部140例如包含CPU或ASIC等。内窥镜弯曲信息计算部140根据由弯曲信息运算部110计算出的被检测部组410的弯曲信息,计算配置有被检测部组410的插入部812的弯曲信息。计算出的弯曲信息被传递到输出部160。另外,内窥镜弯曲信息计算部140也可以组入弯曲信息运算部110中。

[0085] 光检测器驱动部150根据从输入部130或弯曲信息运算部110取得的信息,生成光检测器320的驱动信号。通过该驱动信号,光检测器驱动部150例如根据经由输入部130取得的用户指示来切换光检测器320的驱动动作的接通/断开,或者根据从弯曲信息运算部110取得

的信息调整光检测器320的增益。并且,光检测器驱动部150也可以构成还光源310的动作进行控制。光检测器驱动部150将所生成的驱动信号传递到输出部160。

[0086] 输出部160将从弯曲信息运算部110取得的被检测部组410的弯曲信息和从内窥镜弯曲信息计算部140取得的插入部812的弯曲信息输出到显示部180。并且,输出部160将所取得的这些弯曲信息输出到内窥镜控制部820。并且,输出部160将来自光检测器驱动部150的驱动信号输出到光检测器320。

[0087] 对本实施方式的内窥镜系统1和导出装置10的动作进行说明。

[0088] 内窥镜810的插入部812由用户插入到被插入体内。此时,插入部812追随于被插入体的形状而弯曲。内窥镜810通过插入部812内的观察光学系统和摄像元件得到图像信号。所得到的图像信号被传递到内窥镜控制部820的图像处理部822。图像处理部822根据所取得的图像信号生成被插入体的内部的图像。图像处理部822使显示部180显示所生成的图像。

[0089] 在用户希望使显示部180显示插入部812的弯曲信息时、或希望使内窥镜控制部820进行使用插入部812的弯曲信息的各种动作时,用户通过输入设备190对控制部100输入该意思。此时,导出装置10进行动作。

[0090] 当导出装置10进行动作时,传感器驱动部300的光源310射出规定的发光波长区域的光。从光源310射出的光经由光分支部330引导至传感器部400的导光部件420。被引导的光在导光部件420内从基端侧向前端侧传递。此时,根据设置在导光部件420中的被检测部组410的弯曲状态,导光部件420中的光量变化,所传递的光量按照每个波长而变化。而且,该光由反射部件430反射并进行折返,在导光部件420内从前端侧向基端侧传递。该反射光经由光分支部330到达光检测器320。光检测器320按照每个波长来检测所到达的光的强度。

[0091] 光检测器320将波长和检测到的光的强度的检测光量信息输出到控制部100的输入部130。利用弯曲信息运算部110从输入部130取得所输入的检测光量信息,弯曲信息运算部110计算被检测部组410的弯曲信息。

[0092] 利用内窥镜弯曲信息计算部140取得计算出的被检测部组410的弯曲信息。内窥镜弯曲信息计算部140根据所取得的弯曲信息计算插入部812的弯曲信息。

[0093] 利用内窥镜控制部820,经由输出部160取得由弯曲信息运算部110计算出的被检测部组410的弯曲信息和由内窥镜弯曲信息计算部140计算出的插入部812的弯曲信息。内窥镜控制部820根据所取得的这些弯曲信息对内窥镜810的动作进行控制。并且,经由输出部160在显示部180中显示这些弯曲信息。

[0094] 进而,利用光检测器驱动部150取得输入到输入部130的信息和由弯曲信息运算部110计算出的被检测部组410的弯曲信息。光检测器驱动部150根据所取得的信息,经由输出部160向光检测器320传递驱动信号,对光检测器320的动作进行控制。

[0095] 这样,根据导出装置10,通过运算部101取得被检测部组410的弯曲信息。进而,内窥镜弯曲信息计算部140根据所取得的弯曲信息计算插入部812的弯曲信息。由此,在内窥镜810的操作中,用户能够掌握被检测部组410或插入部812的弯曲信息。并且,内窥镜控制部820能够根据这些弯曲信息对内窥镜810的动作进行适当控制。

[0096] 详细叙述本实施方式的导出装置10中由运算部101进行的运算。

[0097] 首先,对在导出装置10的使用前预先准备的信息进行说明。由光检测器320检测到

的波长 λ_n 的光的检测光量信息 D_{λ_n} 由以下式(1)给出。

[0098] [数学式1]

$$[0099] \quad D_{\lambda_n} = E_{\lambda_n} \times A_{\lambda_n} \times B_{\lambda_n} \times C_{\lambda_n} \cdots (1)$$

[0100] 这里, E_{λ_n} 是从光源310射出的波长 λ_n 的光的射出光量, A_{λ_n} 是第1光吸收体424 中的波长 λ_n 的光的吸收率, B_{λ_n} 是第2光吸收体425中的波长 λ_n 的光的吸收率, C_{λ_n} 是光分支部330、导光部件420、反射部件430等传感器驱动部300和传感器部400 中传递光的光路中包含的被检测部组410以外的部件对波长 λ_n 的光的吸收率。

[0101] 射出光量 E_{λ_n} 和吸收率 C_{λ_n} 不依赖于被检测部组410的弯曲方向和弯曲大小。因此,表示检测光量信息 D_{λ_n} 的式(1)如式(2)那样改写。

[0102] [数学式2]

$$[0103] \quad D_{\lambda_n} = I_{\lambda_n} \times F_{\lambda_n} \times G_{\lambda_n} \cdots (2)$$

[0104] 这里, I_{λ_n} 是基准光量信息,是被检测部组410(各被检测部411、412)为作为基准的规定形状(以下称为基准弯曲状态)时由光检测器320检测到的波长 λ_n 的光的光量。并且, F_{λ_n} 是由于仅第1被检测部411对光的吸收而产生的光量的变化率,是第2被检测部412处于基准弯曲状态时的波长 λ_n 的光的光量与基准光量信息 I_{λ_n} 之比。 G_{λ_n} 是由于仅第2被检测部412对光的吸收而产生的光量的变化率,是第1被检测部411处于基准弯曲状态时的波长 λ_n 的光的光量与基准光量信息 I_{λ_n} 之比。

[0105] 被检测部组410的各被检测部411、412的各光吸收体424、425中的光的吸收系数根据被检测部组410的弯曲方向例如上述角度 θ 和弯曲大小例如曲率 κ 而变化。因此,被检测部组410的第1被检测部411和第2被检测部412中的变化率 F_{λ_n} 和 G_{λ_n} 分别由以下式(3)和式(4)给出。

[0106] [数学式3]

$$[0107] \quad F_{\lambda_n} = e^{\alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda_n}} \cdots (3)$$

[0108] [数学式4]

$$[0109] \quad G_{\lambda_n} = e^{\beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda_n}} \cdots (4)$$

[0110] 这里,函数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 和 $\beta(\theta, \kappa)$ 分别是被检测部组410的第1被检测部411和第2被检测部412的弯曲系数。 $U_{\alpha \lambda_n}$ 和 $U_{\beta \lambda_n}$ 分别是被检测部组410的第1被检测部411 和第2被检测部412的强度调制信息。根据式(2)、式(3)、式(4)得到以下式(5)。

[0111] [数学式5]

$$[0112] \quad D_{\lambda_n}(\theta, \kappa) = I_{\lambda_n} \cdot e^{\alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda_n}} \cdot e^{\beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda_n}} \cdots (5)$$

[0113] 在式(5)中,左边表示任意弯曲状态下的检测光量信息,右边表示根据基准光量信息、弯曲系数和强度调制信息生成的计算光量值。通过取式(5)的两边的自然对数,得到以下式(6)所表示的光量信息关系。

[0114] [数学式6]

$$[0115] \quad \ln[D_{\lambda_n}(\theta, \kappa)] = \ln[I_{\lambda_n}] + \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda_n} + \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda_n} \cdots (6)$$

[0116] 通过取对数,式(5)的右边用加法来表达。由此,与式(5)相比,式(6)的计算容易。

[0117] 在用于确定基准光量信息 I_{λ_n} 的基准弯曲状态中,例如采用被检测部组410为直线

形状的情况、即被检测部411、412的曲率为0且曲率半径为 ∞ 的情况。但是,基准弯曲状态不限于此,也可以是直线形状以外的形状。下面,对采用被检测部组410为直线形状的状态作为基准弯曲状态的情况进行说明。另外,为了简便,直线形状的被检测部组410的上述角度 θ 设为0。

[0118] 图10是示出波长与基准光量信息之间的关系的一例的图。基准光量信息 $I_{\lambda n}$ 由被检测部组410为基准弯曲状态时、即 $\theta=0$ 、 $\kappa=0$ 时的光量 $D_{\lambda n}(0,0)$ 给出。即,基准光量信息 $I_{\lambda n}$ 由以下式(7)给出。

[0119] [数学式7]

$$[0120] \quad I_{\lambda n} = D_{\lambda n}(0,0) \cdots (7)$$

[0121] 通过使被检测部组410的上述角度 θ 和曲率 κ 在可取范围内变化,取得弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 。运算中使用的波长 λ_n 是被检测部411、412中分别吸收的光的波长 λ_1 、 λ_2 。图11是示出针对第1波长 λ_1 取得的弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、即第1被检测部411的弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 的一例的图。图12是示出针对第2波长 λ_2 取得的弯曲系数 $\beta(\theta, \kappa)$ 、即第2被检测部412的弯曲系数 $\beta(\theta, \kappa)$ 的一例的图。这样,振幅和相位根据曲率而不同,由此,能够导出角度 θ 和曲率 κ 。在图11和图12中,分别示出针对2个曲率 κ_a 、 κ_b ($\kappa_a > \kappa_b$) 的弯曲系数。但是,所取得的弯曲系数不限于此,可以针对各种曲率 κ 取得角度 θ 与被检测部组410中的弯曲系数之间的关系。

[0122] 弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 都可以用周期函数表示,例如,可以分别利用以下式(8)、式(9)的正弦函数近似地表示。

[0123] [数学式8]

$$[0124] \quad \alpha(\theta, \kappa) = a_\alpha(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_\alpha(\kappa)] + c_\alpha(\kappa) \cdots (8)$$

[0125] [数学式9]

$$[0126] \quad \beta(\theta, \kappa) = a_\beta(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_\beta(\kappa)] + c_\beta(\kappa) \cdots (9)$$

[0127] 这里, $a_\alpha(\kappa)$ 、 $a_\beta(\kappa)$ 是振幅, $b_\alpha(\kappa)$ 、 $b_\beta(\kappa)$ 是相位, $c_\alpha(\kappa)$ 、 $c_\beta(\kappa)$ 是偏置。

[0128] 另外,周期函数不限于用一次正弦波表示,例如,如果使用组合高次正弦波而得到的傅里叶级数作为函数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$,则精度较高。

[0129] 例如在内窥镜系统1的制造时或内窥镜系统1的组装时等预先取得弯曲系数和基准光量信息,将其预先存储在存储部120中。或者,也可以每当使用时取得弯曲系数和基准光量信息。

[0130] 接着,对导出装置10的使用时由运算部101进行的运算进行说明。考虑包含被检测部组410的长度 L 的挠性部819以图13所示的角度 θ 、曲率 κ 弯曲的状态。图14是示出该弯曲状态下的波长与检测光量之间的关系的一例的图。

[0131] 在本实施方式中,如下所述求出被检测部组410中的角度 θ 和曲率 κ 。

[0132] 首先,在第1运算部212中,根据由光检测器320检测到的第1波长 λ_1 和第2波长 λ_2 中的检测光量信息 D_{λ_1} 和 D_{λ_2} ,针对 $\alpha(\theta, \kappa)$ 和 $\beta(\theta, \kappa)$,求解根据光量信息关系得到的以下式(10)所表示的二元一次联立方程式。

[0133] [数学式10]

$$[0134] \quad \begin{cases} \ln[D_{\lambda_1}(\theta, \kappa)] - \ln(I_{\lambda_1}) = \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha_{\lambda_1}} + \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta_{\lambda_1}} \\ \ln[D_{\lambda_2}(\theta, \kappa)] - \ln(I_{\lambda_2}) = \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha_{\lambda_2}} + \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta_{\lambda_2}} \end{cases} \cdots (10)$$

[0135] 基准光量信息 $I_{\lambda 1}$ 、 $I_{\lambda 2}$ 和强度调制信息 $U_{a\lambda 1}$ 、 $U_{b\lambda 1}$ 、 $U_{a\lambda 2}$ 、 $U_{b\lambda 2}$ 如上所述预先取得并存储在存储部120中。因此,在第1运算部212中,能够根据检测光量信息 $D_{\lambda 1}$ 、 $D_{\lambda 2}$ 、基准光量信息 $I_{\lambda 1}$ 、 $I_{\lambda 2}$ 和强度调制信息 $U_{a\lambda 1}$ 、 $U_{b\lambda 1}$ 、 $U_{a\lambda 2}$ 、 $U_{b\lambda 2}$,计算被检测部组410的第1被检测部411和第2被检测部412中的光量变化信息 α 和 β 。

[0136] 接着,在第2运算部214中,关于 θ 和 κ ,求解根据由第1运算部212计算出的光量变化信息 α 和 β 以及存储部120中存储的弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 得到的以下式(11)所表示的二元联立方程式。

[0137] [数学式11]

$$\begin{cases} \alpha(\theta, \kappa) = a_{\alpha}(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_{\alpha}(\kappa)] + c_{\alpha}(\kappa) \\ \beta(\theta, \kappa) = a_{\beta}(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_{\beta}(\kappa)] + c_{\beta}(\kappa) \end{cases} \quad \dots(11)$$

[0139] 这样,能够求出被检测部组410的弯曲信息、即被检测部组410中的角度 θ 和曲率 κ 、换言之为被检测部组410的弯曲方向和弯曲大小。另外,光量信息关系不限于用上述函数的形式来表示,也可以用保存有波长与光量之间的关系的表(一览表)来表示。

[0140] 并且,设表示被检测部组的弯曲大小的参数为曲率,对使用弯曲系数的弯曲信息导出运算进行了说明,但是,作为表示弯曲大小的参数,也可以采用曲率半径等其他参数,并且,可以采用使用了与其对应的弯曲系数的弯曲信息导出运算。

[0141] 图15是示出控制部100中的处理流程的流程图。在步骤S1中,控制部100读入存储部120中存储的强度调制信息。

[0142] 例如,在工厂出厂时将强度调制信息存储在存储部120中。或者,强度调制信息可以保存在移动性存储介质中并从输入设备190读入。

[0143] 例如,如下所述那样取得强度调制信息。在传感器的被检测部中配置希望取得强度调制信息的光吸收体,所述传感器具有仅形成有一个被检测部的导光部件。将导光部件设定成基准弯曲状态,得到基准光量信息。使被检测部弯曲成任意形状,得到检测光量信息。任意形状的检测光量信息除以基准光量信息,取其自然对数。

[0144] 在步骤S2中,控制部100判定弯曲系数是否存储在存储部120中。在判定为未存储的情况下(否),进入步骤S3,控制部100取得弯曲系数。

[0145] 图16是示出弯曲系数的取得的一例的流程图。在步骤S31中,控制部100取得基准光量信息 I_{λ} 。

[0146] 图17是示出基准光量信息的取得的一例的流程图。在步骤S311中,控制部100将被检测部组410设定成基准弯曲状态(在本实施方式中为直线形状)。另外,在手动将被检测部组410设定成基准弯曲状态的情况下,在步骤S311中,控制部100确认被检测部组410是否成为基准弯曲状态。在步骤S312中,控制部100取得基准弯曲状态下的基准光量信息 I_{λ} (式(7))。在步骤S313中,将所取得的基准光量信息 I_{λ} 存储在存储部120中。然后,基准光量信息 I_{λ} 的取得结束,进入步骤S32。

[0147] 再次参照图16,在步骤S32中,使配置有被检测部组410的导光部件420的部分以已知的弯曲方向和曲率弯曲,取得检测光量信息。例如,将弯曲大小调节成曲率 κ_a 、 κ_b ,手动使弯曲方向变化,或者利用未图示的弯曲设定机构使其机械变化,由此能够取得检测光量信息。或者,也可以在以已知的弯曲方向和曲率弯曲时使用校正器。

[0148] 在步骤S33中,使用光量信息关系,分解成各被检测部的光量变化信息成分,求出各被检测部的弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 。弯曲状态(弯曲方向和曲率)已知,所以,能够描绘图11、图12所示的曲线图,能够得到各被检测部的弯曲系数的近似式。

[0149] 在步骤S34中,将所得到的各被检测部的弯曲系数存储在存储部120中。至此,弯曲系数的取得结束。

[0150] 再次参照图15,在步骤S3中的弯曲系数的取得后、或步骤S2中判定为弯曲系数存储在存储部120中的情况下(是),进入步骤S4。另外,步骤S2中判定为“是”的情况例如是在内窥镜系统1的工厂出厂时或组装时取得弯曲系数的情况。

[0151] 在步骤S4中,控制部100判定是否存在基准光量信息的再次取得的请求。在判定为存在请求的情况下(是),进入步骤S5。然后,在步骤S5中,控制部100通过上述基准光量信息的取得的子进程(步骤S311~S313)取得基准光量信息。另外,存在这种再次取得的请求的情况例如是跟与上述控制部100不同的其他控制部进行连接的情况、进行传感器驱动部300与传感器部400的分离和再次连接的情况。

[0152] 在步骤S5中的基准光量信息 I_λ 的取得后、或步骤S4中判定为不存在请求的情况下(否),进入步骤S6,控制部100的运算部101进行被检测部组410的弯曲信息运算。

[0153] 图18是示出弯曲信息运算处理的一例的流程图。在步骤S61中,弯曲信息运算部110从存储部120中读出光量信息关系、基准光量信息 I_λ 、强度调制信息 $U_{\alpha\lambda 1}$ 、 $U_{\beta\lambda 1}$ 、 $U_{\alpha\lambda 2}$ 、 $U_{\beta\lambda 2}$ 、弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 。在步骤S62中,弯曲信息运算部110经由输入部130,通过光检测器320取得任意弯曲状态下的波长 λ_1 、 λ_2 的光的检测光量信息 $D_{\lambda 1}$ 、 $D_{\lambda 2}$ 。

[0154] 在步骤S63中,第1运算部212根据检测光量信息 $D_{\lambda 1}$ 、 $D_{\lambda 2}$ 、光量信息关系、基准光量信息 I_λ 、强度调制信息 $U_{\alpha\lambda 1}$ 、 $U_{\beta\lambda 1}$ 、 $U_{\alpha\lambda 2}$ 、 $U_{\beta\lambda 2}$,求出光量变化信息 α 、 β 。具体而言,根据 $D_{\lambda 1}(\theta, \kappa) = D_{\lambda 1}$ 、 $D_{\lambda 2}(\theta, \kappa) = D_{\lambda 2}$ 求解式(10)所表示的二元一次联立方程式,求出 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 的值。这样求出的 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 的值分别是被检测部411、412中的光量变化信息 α 、 β 。该二元一次联立方程式能够通过矩阵运算来求解,所以,计算负荷较轻。

[0155] 在步骤S64中,第2运算部214根据由第1运算部212求出的光量变化信息 α 、 β 、式(8)和式(9)所表示的弯曲系数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ 的近似式,求出被检测部组410中的角度 θ 和曲率 κ 、即被检测部组410的弯曲方向和曲率。具体而言,根据 $\alpha(\theta, \kappa) = \alpha$ 、 $\beta(\theta, \kappa) = \beta$ 求解式(11)所表示的二元联立方程式,求出 θ 、 κ 的值。

[0156] 在步骤S65中,弯曲信息运算部110将所求出的角度 θ 和曲率 κ 传递到输出部160。至此,弯曲信息运算结束。

[0157] 再次参照图15,在步骤S6中的弯曲信息运算处理后,进入步骤S7。在步骤S7中,控制部100判定是否进行弯曲信息的运算。在判定为进行的情况下(是),返回步骤S2,反复进行步骤S2以后的处理。在判定为不进行的情况下(否),结束。

[0158] 另外,弯曲系数仅依赖于被检测部组410的光吸收体424、425的吸光特性,不依赖于光源310和光检测器320的特性。因此,也可以对传感器驱动部300的各结构部进行分离,例如,使用射出规定发光波长区域的光的光源、以及在控制部100需要的全部波长范围内具有检测灵敏度的光检测器。即,能够利用其他光源和光检测器取得弯曲系数,并且,能够与其他传感器驱动部进行替换。

[0159] 根据本实施方式,在构成传感器部400的导光部件420中设置有包含在其长度方向

上形成在大致相同位置的多个被检测部的被检测部组410。为了导出被检测部组410的弯曲信息,使用被检测部的个数以上的波长。通过传感器驱动部300的光检测器320检测被检测部组410中的这些波长中的每个波长的检测光量信息。首先,弯曲信息运算部110在第1运算部212中根据检测光量信息和存储部120中预先存储的光量信息关系计算光量变化信息,接着,在第2运算部214中根据计算出的光量变化信息和存储部120中预先存储的弯曲系数导出被检测部组410、乃至插入部812的弯曲信息。这样,根据本实施方式,能够提供能够导出弯曲信息的弯曲信息导出装置。

[0160] 并且,根据本实施方式,为了求出弯曲信息,使用被检测部组410中的光的弯曲系数。因此,能够进行弯曲信息运算,而不依赖于传感器驱动部300的光源310的光谱和光检测器320的分光感光度。

[0161] 并且,根据本实施方式,在弯曲信息运算中不需要光源310与设置在导光部件420中的被检测部组410之间的距离的信息。因此,能够进行弯曲信息运算,而不用考虑光源310与被检测部组410的位置关系。

[0162] 进而,根据本实施方式,传感器驱动部300的光分支部330和传感器部400的反射部件430引起的光的吸收和损失是恒定的,而不依赖于被检测部组410的弯曲大小。因此,在求出基准光量信息时,也处于包含这些损失的状态。因此,能够进行计算,而不用额外考虑光分支部330和反射部件430的影响。

[0163] 第1实施方式可以是以下方式。

[0164] (第1方式)

[0165] 例如,在进行传感器驱动部300的光分支部330与传感器部400的导光部件420的分离、再次连接的情况下,产生步骤S4中判断的基准光量信息的再次取得的请求。控制部100也可以构成为,判断在这种情况下是否维持连接、即是否进行分离、再次连接。

[0166] (第2方式)

[0167] 图19是示出传感器500的结构的一例的框图。在该方式中,传感器部400具有传感器存储部440。在传感器存储部440中,例如在工厂出厂时或设备的组装时预先存储有传感器识别信息和弯曲系数。传感器识别信息、即所谓的ID信息是用于识别传感器部400的类别和个体的信息,优选是唯一的。并且,在弯曲系数的取得中,也在图17的步骤S53中将弯曲系数存储在传感器存储部440中。由此,在将传感器部400跟与传感器驱动部300不同的其他传感器驱动部连接的情况下,也能够从传感器存储部440中读出传感器识别信息和弯曲系数。

[0168] 并且,在与其他控制部进行连接的情况下(存储部120中不存在弯曲系数的情况下),代替在图16的步骤S3中进行弯曲系数的取得,而从传感器存储部440中读出弯曲系数。由此,在将传感器驱动部300与其他控制部连接的情况下,也不需要重新取得弯曲系数。

[0169] 在使用多个传感器部的环境下,也可以在图15所示的流程刚刚开始后的步骤S2之前,设置控制部100确认所连接的传感器部400的传感器识别信息的步骤。另外,该情况下,前提在于将弯曲系数和传感器识别信息关联起来,并且,弯曲系数(多个传感器部各自的弯曲系数)存储在存储部120中。

[0170] 在确认传感器识别信息的步骤中,例如,通过输入设备190从输入部130输入传感器识别信息。传感器识别信息可以印刻或粘贴在传感器部400上,也可以存储在标签中。优

选标签是RF-ID这样的非接触标签。或者,也可以存储在上述这种传感器存储部440中并从该传感器存储部440中读出,还可以读出其他存储介质中保存的信息。并且,在不满足上述前提、即未存储在存储部120中的传感器识别信息的情况下,也可以按照图15的流程进行处理。

[0171] 根据第2方式,能够从传感器识别信息中提取弯曲系数,所以,在与其他传感器部进行连接的情况下,也能够从传感器识别信息中提取弯曲系数。因此,不需要重新取得弯曲系数。

[0172] (第3方式)

[0173] 图20是示出第1光吸收体和第2光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系的一例的图。弯曲信息的计算中使用的波长不限于特定波长 λ_1 、 λ_2 ,也可以是分别具有图20所示的带宽的第1波段 d_{λ_1} 和第2波段 d_{λ_2} 。例如,第1被检测部411和第2被检测部412具有被检测部的个数以上(即2个以上)的、相互吸收的波长范围(即第1光吸收体和第2光吸收体都在该波长范围内具有吸收系数)、且吸收波长特性相互不同(即第1光吸收体和第2光吸收体的吸收系数相互不同)的波长范围的波段(特征性吸收段)。

[0174] 该情况下,在检测光量信息中,例如使用对象波段中的光量信息的平均值。

[0175] 根据第3方式,弯曲信息的计算中使用的波长不是特定的一个波长,而具有带宽,所以,不需要提高光检测器320的波长分辨率。因此,能够实现光检测器320的低成本化。并且,不是仅使用局部波长,所以,耐受噪声。

[0176] 并且,所使用的波段也可以包含其他波段的一部分。例如,第1波段和第2波段可以重叠。

[0177] (第4方式)

[0178] 图21是示出传感器驱动部300和传感器部400的结构的一例的框图。传感器驱动部300具有光源310和光检测器320。并且,传感器部400具有设置有被检测部组410的导光部件420。未设置上述光分支部330、反射防止部件340和反射部件430。光源310与导光部件420的基端光学连接。并且,光检测器320与导光部件420的前端光学连接。从光源310射出的光被引导至导光部件420。被引导的光在导光部件420内从基端侧向前端侧传递,到达光检测器320。

[0179] 在未设置光分支部、反射防止部件和反射部件的方式中,能够减少由于它们引起的光的损失,所以,能够减小光源的光量。

[0180] (第5方式)

[0181] 光检测器320构成为能够检测多个规定波长 λ_1 和 λ_2 或波段 d_{λ_1} 和 d_{λ_2} 处的各个检测光量信息 D_{λ_1} 和 D_{λ_2} 即可。例如,使导入到导光部件420的光的发光强度的波长特性时刻变化,检测该时刻的光量。

[0182] 图22是示出相互不同的时刻 t_1 和 t_2 的波长与光源的发光强度之间的关系的一例的图。在图22中,用实线示出时刻 t_1 的关系,用虚线示出时刻 t_2 的关系。光源310通过滤波器等,在时刻 t_1 射出在波长 λ_1 具有峰值的光,在时刻 t_2 射出在波长 λ_2 具有峰值的光。并且,图23是示出与图22对应的、入射到光检测器的光的波长与光检测器的检测灵敏度之间的关系的一例的图。光检测器320具备如下受光元件(不具有基于滤镜等的分光功能的受光元件),所述受光元件针对在波长 λ_1 、 λ_2 具有峰值的光的强度具有检测灵敏度。

[0183] 根据第5方式,通过在时刻 t_1 和 t_2 同步检测来自受光元件的光量,能够得到检测光量信息(各波段的检测光量)。

[0184] 可以反复进行光源310的发光。例如,时刻 t_1 和 t_2 可以是与时间函数的正弦波的相互不同的相位对应的时刻。即,光源310可以以一定周期射出在波长 λ_1 具有峰值的光和在波长 λ_2 具有峰值的光。

[0185] [第2实施方式]

[0186] 参照图24和图25对本发明的第2实施方式进行说明。下面,省略与第1实施方式相同的部分的说明,仅对不同部分进行说明。

[0187] 图24是示出第2实施方式中的弯曲信息运算部110a的一例的框图。弯曲信息运算部110a具有第1运算部212、第2运算部214、作为优化运算部的评价价值运算部216。评价价值运算部216进行以下说明的用于对被检测部组410的弯曲信息进行优化的运算。

[0188] 在第2实施方式中,利用与第1实施方式相同的第1光吸收体和第2光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系,还使用第3波长 λ_3 处的检测光量信息 D_{λ_3} 、基准光量信息 I_{λ_3} 、强度调制信息 $U_{\alpha\lambda_3}$ 、 $U_{\beta\lambda_3}$ 、被检测部组410的弯曲系数 $\gamma(\theta, \kappa)$,导出被检测部组410的弯曲信息。图25是示出本实施方式中的第1光吸收体和第2光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系的一例的图。第3波长 λ_3 是吸收系数与第1波长 λ_1 和第2波长 λ_2 不同的波长。

[0189] 在本实施方式中,在图18所示的流程的步骤S63中,评价价值运算部216在第1运算部212的运算中对被检测部组410的弯曲系数进行优化,使得光量信息关系的右边与左边之差最小。

[0190] 因此,首先,求出式(10)中的右边与右边的差分 $\Delta\lambda_n$ ($n=1, 2, 3$)。

[0191] [数学式12]

$$[0192] \quad \Delta\lambda_n = \ln[D_{\lambda n}(\theta, \kappa)] - \ln[I_{\lambda n}] - \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha\lambda n} - \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta\lambda n} \quad \dots(12)$$

[0193] 为了对弯曲系数进行优化,例如,求出由各波长处的差分 $\Delta\lambda_n$ 的平方总和构成的评价价值J,确定被检测部组410的弯曲系数,使得评价价值J最小。评价价值J由以下式(13)给出。

[0194] [数学式13]

$$[0195] \quad \begin{aligned} J &= \sum (\Delta\lambda_n)^2 \\ &= \Delta\lambda_1^2 + \Delta\lambda_2^2 + \Delta\lambda_3^2 \end{aligned} \quad \dots(13)$$

[0196] 并且,例如,如以下式(14)所示,也可以给出加权系数 w_n ,调整每个强度调制信息针对评价价值J的帮助度。

[0197] [数学式14]

$$[0198] \quad \begin{aligned} J &= \sum w_n (\Delta\lambda_n)^2 \\ &= w_1 \Delta\lambda_1^2 + w_2 \Delta\lambda_2^2 + w_3 \Delta\lambda_3^2 \end{aligned} \quad \dots(14)$$

[0199] 在加权系数 w_n 的设定中,例如,可以增大被检测部组410的光吸收体的光吸收量达到极大的强度调制信息的帮助度。

[0200] 评价价值运算部216还在图18所示的流程的步骤S64中,在第2运算部214的运算中对被检测部组410的弯曲信息进行优化,使得弯曲系数的右边与左边之差最小。弯曲信息的优化方法与上述弯曲系数的优化方法相同。

[0201] 根据本实施方式,评价值运算部216进行优化运算,由此,更高精度地求出被检测部组410的弯曲信息。并且,能够提供具有冗长性且耐受噪声等影响的弯曲信息导出装置。

[0202] 并且,优化运算可以包含收敛性相互不同的多个优化运算。例如,第1优化运算是全局优化运算,精度较高,并且,第2优化运算是收敛性比第1优化运算高的局部优化运算。全局优化运算例如是粒子群优化(PSO)、差分进化(DE)、遗传算法(GA)、模拟退火法(SA)那样能够导出最优解而不陷入局部解的方法。局部优化运算例如是牛顿法、最速下降法、单纯形法这样的求出局部解的附近搜索方法。弯曲信息导出装置可以构成为,能够由用户选择是进行某个运算、还是进行它们的并列运算。这样,用户能够自己选择运算的准确度和速度。例如,如果使用它们的并列运算,则能够快速计算适当的最优解。

[0203] [第3实施方式]

[0204] 参照图26~图30对本发明的第3实施方式进行说明。下面,省略与第1实施方式相同的部分的说明,仅对不同部分进行说明。

[0205] 图26是示出由传感器驱动部300和传感器部400构成的传感器500的结构的一例的框图。在第3实施方式中,在导光部件420中设置有由第1被检测部411和第2被检测部412构成的第1被检测部组410、以及由第3被检测部451和第4被检测部452构成的第2被检测部组450。第2被检测部组450在导光部件420的长度方向上配置在与第1被检测部组410不同的位置。第2被检测部组450与第1被检测部组410同样地形成。在第3被检测部451中设置有第3光吸收体,在第4被检测部452中设置有第4光吸收体。第3被检测部451与第4被检测部452的位置关系也跟第1被检测部411与第2被检测部412的位置关系相同。

[0206] 图27是示出第1~第4光吸收体中的光的波长与吸收系数之间的关系的一例的图。如图27所示,设置在不同被检测部411、412、451、452中的光吸收体的每个波长的光吸收系数不同,即具有相互不同的吸光特性。

[0207] 接着,对为了导出第1被检测部组410中的弯曲信息(角度 θ_1 和曲率 κ_1)和第2被检测部组450中的弯曲信息(角度 θ_2 和曲率 κ_2)而由导出装置10的运算部101进行的运算进行说明。考虑挠性部819中的包含第1被检测部组410的长度 L_1 以图28A所示的角度 θ_1 和曲率 κ_1 弯曲、包含第2被检测部组450的长度 L_2 以图28B所示的角度 θ_2 和曲率 κ_2 弯曲的状态。另外,如图28A和图28B所示,角度 θ_1 、 θ_2 用各个被检测部组410、450中的局部坐标系($x_1y_1z_1$ 坐标系和 $x_2y_2z_2$ 坐标系)表示。因此,弯曲方向例如用穿过将点 $P'_{11}(x_1, y_1, z_1)$ 投影到 x_1y_1 平面上而成的点 $(x_1, y_1, 0)$ 和原点 $P_{10}(0, 0, 0)$ 的直线与 x_1 轴所成的角度 θ_1 (图28A)以及穿过将点 $P'_{21}(x_2, y_2, z_2)$ 投影到 x_2y_2 平面上而成的点 $(x_2, y_2, 0)$ 和原点 $P_{20}(0, 0, 0)$ 的直线与 x_2 轴所成的角度 θ_2 (图28B)表示。并且,弯曲大小例如用曲率 κ_1 、曲率 κ_2 表示。

[0208] 与式(2)同样,使用基准光量信息 $I_{\lambda n}$ 、第1被检测部组410的被检测部411和412上的光量的变化率 $F_{\lambda n}$ 和 $G_{\lambda n}$ 、第2被检测部组450的被检测部451和452上的光量的变化率 $M_{\lambda n}$ 和 $N_{\lambda n}$ 之积,如下那样表示由光检测器320检测到的检测光量信息 $D_{\lambda n}$ 。

[0209] [数学式15]

$$D_{\lambda n} = I_{\lambda n} \times F_{\lambda n} \times G_{\lambda n} \times M_{\lambda n} \times N_{\lambda n} \cdots (15)$$

[0211] 这里,基准光量信息 $I_{\lambda n}$ 是第1被检测部组410和第2被检测部组450都处于基准弯曲状态时由光检测器320检测到的波长 λ_n 的光的光量。 $F_{\lambda n}$ 是由于仅第1被检测部411对光的吸收而产生的光量的变化率,是仅第1被检测部组410的第1被检测部411相对于基准弯曲状

态弯曲时由光检测器320检测到的波长 λ_n 的光的光量与基准光量 I_{λ_n} 之比。 G_{λ_n} 是由于仅第2被检测部412对光的吸收而产生的光量的变化率,是仅第1被检测部组410的第2被检测部412相对于基准弯曲状态弯曲时由光检测器320检测到的波长 λ_n 的光的光量与基准光量 I_{λ_n} 之比。 M_{λ_n} 是由于仅第3被检测部451对光的吸收而产生的光量的变化率,是仅第2被检测部组450的第3被检测部451相对于基准弯曲状态弯曲时由光检测器320检测到的波长 λ_n 的光的光量与基准光量 I_{λ_n} 之比。 N_{λ_n} 是由于仅第4被检测部452对光的吸收而产生的光量的变化率,是仅第2被检测部组450的第4被检测部452相对于基准弯曲状态弯曲时由光检测器320检测到的波长 λ_n 的光的光量与基准光量 I_{λ_n} 之比。

[0212] 与第1实施方式同样,变化率 F_{λ_n} 、 G_{λ_n} 、 M_{λ_n} 、 N_{λ_n} 分别由以下式(16)、式(17)、式(18)、式(19)给出。

[0213] [数学式16]

$$F_{\lambda n} = e^{\alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha 1, \lambda n}} \quad \dots (16)$$

[0215] [数学式17]

$$G_{\lambda n} = e^{\beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 1, \lambda n}} \quad \dots (17)$$

[0217] [数学式18]

$$M_{\lambda n} = e^{\alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha 2, \lambda n}} \quad \dots (18)$$

[0219] [数学式19]

$$N_{\lambda n} = e^{\beta_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\beta 2, \lambda n}} \quad \dots (19)$$

[0221] 这里,函数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 和 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 分别是第1被检测部组410的第1被检测部411和第2被检测部412的弯曲系数,函数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 和 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 分别是第2被检测部组450的第3被检测部451和第2被检测部452的弯曲系数。 $U_{\alpha 1, \lambda n}$ 和 $U_{\beta 1, \lambda n}$ 分别是被检测部组410的第1被检测部411和第2被检测部412的强度调制信息, $U_{\alpha 2, \lambda n}$ 和 $U_{\beta 2, \lambda n}$ 分别是被检测部组450的第3被检测部451和第4被检测部452的强度调制信息。根据式(15)、式(16)、式(17)、式(18)、式(19)得到以下式(20)。

[0222] [数学式20]

$$D_{\lambda n}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2) = I_{\lambda n} \cdot e^{\alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha 1, \lambda n}} \cdot e^{\beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 1, \lambda n}} \cdot e^{\alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha 2, \lambda n}} \cdot e^{\beta_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\beta 2, \lambda n}} \quad \dots (20)$$

[0224] 在式(20)中,左边表示任意弯曲状态下的检测光量信息,右边表示根据基准光量信息、弯曲系数、强度调制信息生成的计算光量值。通过取式(20)的两边的自然对数,得到以下式(21)所表示的光量信息关系。

[0225] [数学式21]

$$\ln[D_{\lambda n}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] = \ln(I_{\lambda n}) + \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha 1, \lambda n} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 1, \lambda n} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha 2, \lambda n} + \beta_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\beta 2, \lambda n} \quad \dots (21)$$

[0227] 通过取对数,式(20)的右边用加法来表现。由此,与式(20)相比,式(21)的计算容

易。

[0228] 在用于确定基准光量信息 $I_{\lambda n}$ 的基准弯曲状态中,例如采用两个被检测部组410、450为直线形状的情况、即被检测部组410、450的曲率为0且曲率半径为 ∞ 的情况。另外,为了简便,被检测部组410、450的角度 θ_1 、 θ_2 设为0。基准光量信息 $I_{\lambda n}$ 由被检测部组410、450处于基准弯曲状态时的光量 $D_{\lambda n}(0,0,0,0)$ 给出。即,基准光量信息 $I_{\lambda n}$ 由以下式(22)给出。

[0229] [数学式22]

$$[0230] \quad I_{\lambda n} = D_{\lambda n}(0,0,0,0) \cdots (22)$$

[0231] 将第2被检测部组450设定成基准弯曲状态,使第1被检测部组410的角度 θ_1 和曲率 κ_1 在可取范围内变化,由此取得弯曲系数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 。并且,将第1被检测部组410设定成基准弯曲状态,使被检测部组450的角度 θ_2 和曲率 κ_2 在可取范围内变化,由此取得弯曲系数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 。运算中使用的波长是被检测部411、412、451、452中分别吸收的光的波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 。第1被检测部组410的第1被检测部411和第2被检测部412的弯曲系数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 和 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 例如与图11和图12相同。图29是示出针对第3波长 λ_3 取得的弯曲系数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、即第2被检测部组450的第3被检测部451的弯曲系数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 的一例的图。图30是示出针对第4波长 λ_4 取得的弯曲系数 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、即第2被检测部组450的第4被检测部452的弯曲系数 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 的一例的图。这样,振幅和相位根据波长而不同,由此,能够导出角度 θ_2 和曲率 κ_2 。在图29和图30中,分别示出针对2个曲率 κ_c 、 κ_d 的弯曲系数。

[0232] 弯曲系数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 都可以用周期函数表示,例如,可以分别利用以下式(23)、式(24)、式(25)、式(26)的正弦函数近似地表示。

[0233] [数学式23]

$$[0234] \quad \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\alpha_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\alpha_1}(\kappa_1)] + c_{\alpha_1}(\kappa_1) \cdots (23)$$

[0235] [数学式24]

$$[0236] \quad \beta_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\beta_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\beta_1}(\kappa_1)] + c_{\beta_1}(\kappa_1) \cdots (24)$$

[0237] [数学式25]

$$[0238] \quad \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\alpha_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\alpha_2}(\kappa_2)] + c_{\alpha_2}(\kappa_2) \cdots (25)$$

[0239] [数学式26]

$$[0240] \quad \beta_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\beta_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\beta_2}(\kappa_2)] + c_{\beta_2}(\kappa_2) \cdots (26)$$

[0241] 这里, $a_{\alpha_1}(\kappa_1)$ 、 $a_{\beta_1}(\kappa_1)$ 、 $a_{\alpha_2}(\kappa_2)$ 、 $a_{\beta_2}(\kappa_2)$ 是振幅, $b_{\alpha_1}(\kappa_1)$ 、 $b_{\beta_1}(\kappa_1)$ 、 $b_{\alpha_2}(\kappa_2)$ 、 $b_{\beta_2}(\kappa_2)$ 是相位, $c_{\alpha_1}(\kappa_1)$ 、 $c_{\beta_1}(\kappa_1)$ 、 $c_{\alpha_2}(\kappa_2)$ 、 $c_{\beta_2}(\kappa_2)$ 是偏置。

[0242] 在本实施方式中,如下所述那样求出第1被检测部组410和第2被检测部组450中的角度 θ_1 和 θ_2 以及曲率 κ_1 和 κ_2 。

[0243] 首先,在第1运算部212中,根据由光检测器320检测到的第1、第2、第3、第4波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 中的检测光量信息 D_{λ_1} 、 D_{λ_2} 、 D_{λ_3} 、 D_{λ_4} ,针对 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 求解以下式(27)所表示的四元一次联立方程式。

[0244] [数学式27]

$$\begin{cases}
 \ln[D_{\lambda 1}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 1}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{1\lambda 1}} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{1\lambda 1}} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha_{2\lambda 1}} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{2\lambda 1}} \\
 \ln[D_{\lambda 2}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 2}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{1\lambda 2}} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{1\lambda 2}} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha_{2\lambda 2}} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{2\lambda 2}} \\
 \dots(27) \\
 \ln[D_{\lambda 3}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 3}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{1\lambda 3}} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{1\lambda 3}} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha_{2\lambda 3}} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{2\lambda 3}} \\
 \ln[D_{\lambda 4}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 4}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{1\lambda 4}} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{1\lambda 4}} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha_{2\lambda 4}} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{2\lambda 4}}
 \end{cases}$$

[0246] 基准光量信息 $I_{\lambda 1}$ 、 $I_{\lambda 2}$ 、 $I_{\lambda 3}$ 、 $I_{\lambda 4}$ 和强度调制信息 $U_{\alpha_{1\lambda 1}}$ 、 $U_{\alpha_{1\lambda 2}}$ 、 $U_{\alpha_{1\lambda 3}}$ 、 $U_{\alpha_{1\lambda 4}}$ 、 $U_{\beta_{1\lambda 1}}$ 、 $U_{\beta_{1\lambda 2}}$ 、 $U_{\beta_{1\lambda 3}}$ 、 $U_{\beta_{1\lambda 4}}$ 、 $U_{\alpha_{2\lambda 1}}$ 、 $U_{\alpha_{2\lambda 2}}$ 、 $U_{\alpha_{2\lambda 3}}$ 、 $U_{\alpha_{2\lambda 4}}$ 、 $U_{\beta_{2\lambda 1}}$ 、 $U_{\beta_{2\lambda 2}}$ 、 $U_{\beta_{2\lambda 3}}$ 、 $U_{\beta_{2\lambda 4}}$ 预先被取得并被存储在存储部120中。因此,在第1运算部212中,能够分别计算被检测部 411、412、451、452 中的光量变化信息 α_1 、 β_1 、 α_2 、 β_2 。

[0247] 接着,在第2运算部214中,关于 θ_1 和 κ_1 求解根据由第1运算部212计算出的光量变化信息 α_1 、 β_1 和存储部120中存储的弯曲系数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 得到的以下式(28)所表示的二元联立方程式。

[0248] [数学式28]

$$\begin{cases}
 \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\alpha_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\alpha_1}(\kappa_1)] + c_{\alpha_1}(\kappa_1) \\
 \beta_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\beta_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\beta_1}(\kappa_1)] + c_{\beta_1}(\kappa_1)
 \end{cases} \dots(28)$$

[0250] 进而,在第2运算部214中,关于 θ_2 和 κ_2 求解根据由第1运算部212求出的光量变化信息 α_2 、 β_2 和存储部120中存储的弯曲系数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 得到的以下式(29)所表示的二元联立方程式。

[0251] [数学式29]

$$\begin{cases}
 \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\alpha_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\alpha_2}(\kappa_2)] + c_{\alpha_2}(\kappa_2) \\
 \beta_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\beta_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\beta_2}(\kappa_2)] + c_{\beta_2}(\kappa_2)
 \end{cases} \dots(29)$$

[0253] 这样,能够求出被检测部组410中的角度 θ_1 和曲率 κ_1 即弯曲信息、以及被检测部组450中的角度 θ_2 和曲率 κ_2 即弯曲信息。

[0254] 本实施方式构成为在导光部件420的长度方向上的不同位置、在导光部件420 中设置有2个被检测部组410、450,但是,如图31所示,也可以变形为在导光部件 420中设置有更多被检测部组410的结构。

[0255] 该情况下,能够通过同样方法求出各被检测部组410的弯曲信息。具体而言,如下那样求出。这里,被检测部组410的个数设为 m 。并且,将 $1 \sim m$ 的自然数设为 n (即, $n = 1, 2, \dots, m$)。

[0256] 将第 n 被检测部组以外的被检测部组设定成基准弯曲状态,使第 n 被检测部组的角

度 θ_n 和曲率 κ_n 在可取范围内变化,由此取得第 n 被检测部组的第 $(2n-1)$ 被检测部和第 $(2n)$ 被检测部的弯曲系数 $\alpha_n(\theta_n, \kappa_n)$ 和 $\beta_n(\theta_n, \kappa_n)$ 。

[0257] 如下那样进行弯曲信息运算。

[0258] 首先,关于 $\alpha_n(\theta_n, \kappa_n)$ 和 $\beta_n(\theta_n, \kappa_n)$ 求解以下式(30)所表示的 $2m$ 元一次联立方程式。

[0259] [数学式30]

$$\begin{cases}
 \ln[D_{\lambda 1}(\theta_1, \kappa_1, \dots, \theta_m, \kappa_m)] - \ln(I_{\lambda 1}) \\
 \quad = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{\lambda 1}} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{\lambda 1}} + \dots \\
 \quad + \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\alpha_{m\lambda 1}} + \beta_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\beta_{m\lambda 1}} \\
 \ln[D_{\lambda 2}(\theta_1, \kappa_1, \dots, \theta_m, \kappa_m)] - \ln(I_{\lambda 2}) \\
 \quad = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{\lambda 2}} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{\lambda 2}} + \dots \\
 \quad + \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\alpha_{m\lambda 2}} + \beta_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\beta_{m\lambda 2}} \\
 \vdots \\
 \ln[D_{\lambda 2m}(\theta_1, \kappa_1, \dots, \theta_m, \kappa_m)] - \ln(I_{\lambda 2m}) \\
 \quad = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{\lambda 2m}} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{\lambda 2m}} + \dots \\
 \quad + \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\alpha_{m\lambda 2m}} + \beta_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\beta_{m\lambda 2m}}
 \end{cases} \quad \dots(30)$$

[0261] 接着,关于 θ_n 和 κ_n 求解以下式(31)所表示的 m 组的二元联立方程式。

[0262] [数学式31]

$$\begin{cases}
 \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\alpha_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\alpha_1}(\kappa_1)] + c_{\alpha_1}(\kappa_1) \\
 \beta_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\beta_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\beta_1}(\kappa_1)] + c_{\beta_1}(\kappa_1) \\
 \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\alpha_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\alpha_2}(\kappa_2)] + c_{\alpha_2}(\kappa_2) \\
 \beta_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\beta_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\beta_2}(\kappa_2)] + c_{\beta_2}(\kappa_2) \\
 \vdots \\
 \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) = a_{\alpha_m}(\kappa_m) \cdot \sin[\theta_m + b_{\alpha_m}(\kappa_m)] + c_{\alpha_m}(\kappa_m) \\
 \beta_m(\theta_m, \kappa_m) = a_{\beta_m}(\kappa_m) \cdot \sin[\theta_m + b_{\beta_m}(\kappa_m)] + c_{\beta_m}(\kappa_m)
 \end{cases} \quad \dots(31)$$

[0264] 由此,求出各被检测部组410的弯曲信息 (θ_n, κ_n) 。

[0265] [变形例]

[0266] 图32A和图32B示出能够代替被检测部411、412、 $\dots$ 、41 m 、451、452的其他被检测部461。图32A 是设置有被检测部461的部位的导光部件420的径向的剖视图。图32B 是设置有被检测部461的部位的导光部件420的包含光轴的剖视图。

[0267] 被检测部461在光纤的长度轴方向的期望位置去除护套421和包层422而使芯 423的一部分露出,在该露出的芯423的部分,通过光致聚合物以全息方式形成光学特性变化部件即光栅426。另外,通过激光加工,或者利用光工序和蚀刻工序等进行护套421和包层422的去除。此时,当对芯423造成微小损伤时,光泄漏,使引导的光损失,不耐受弯曲,所以,优

选以尽量不对芯423造成损伤的方法进行加工。

[0268] 这样,被检测部461中,以与芯423接触的方式形成光栅426。并且,光栅426 也可以不接触,如图33所示,也可以形成在包层422的一部分上。

[0269] 光栅426在内部传播光或在表面反射光时引起衍射现象,以加强的方式传播在与针对该光栅426的入射方向不同的规定方向上行进的特定波长的光。在图32B中,利用实线箭头表示测定光,利用虚线箭头表示通过光栅426而在规定方向上行进的特定波长的光。

[0270] 至此,作为应用弯曲信息导出装置的装置的一例,举出内窥镜,对内窥镜系统进行了说明,但是,组入弯曲信息导出装置的对象不限于内窥镜,也可以应用于插入到被插入体内的导管、手术辅助机器人等。

[0271] 以上说明了本发明的实施方式,但是,本发明不限于上述实施方式,能够在不脱离本发明主旨的范围内进行各种改良和变更。

[0272] 标号说明

[0273] 1:内窥镜系统;10:弯曲信息导出装置;100:控制部;101:运算部;110、110a:弯曲信息运算部;120:存储部;130:输入部;140:内窥镜弯曲信息计算部;150:光检测器驱动部;160:输出部;180:显示部;190:输入设备;212:第1运算部; 214:第2运算部;216:评价价值运算部;300:传感器驱动部;310:光源;320:光检测器;330:光分支部;340:反射防止部件;400:传感器部;410、450:被检测部组;411、412、…、41m、451、452、461:被检测部;420:导光部件;421:护套;422:包层;423:芯;424、425:光吸收体;430:反射部件;440:传感器存储部;500:传感器;810:内窥镜;812:插入部;814:操作部;816:前端硬质部; 817:弯曲部;818:挠性管部;819:挠性部;820:内窥镜控制部;822:图像处理部。

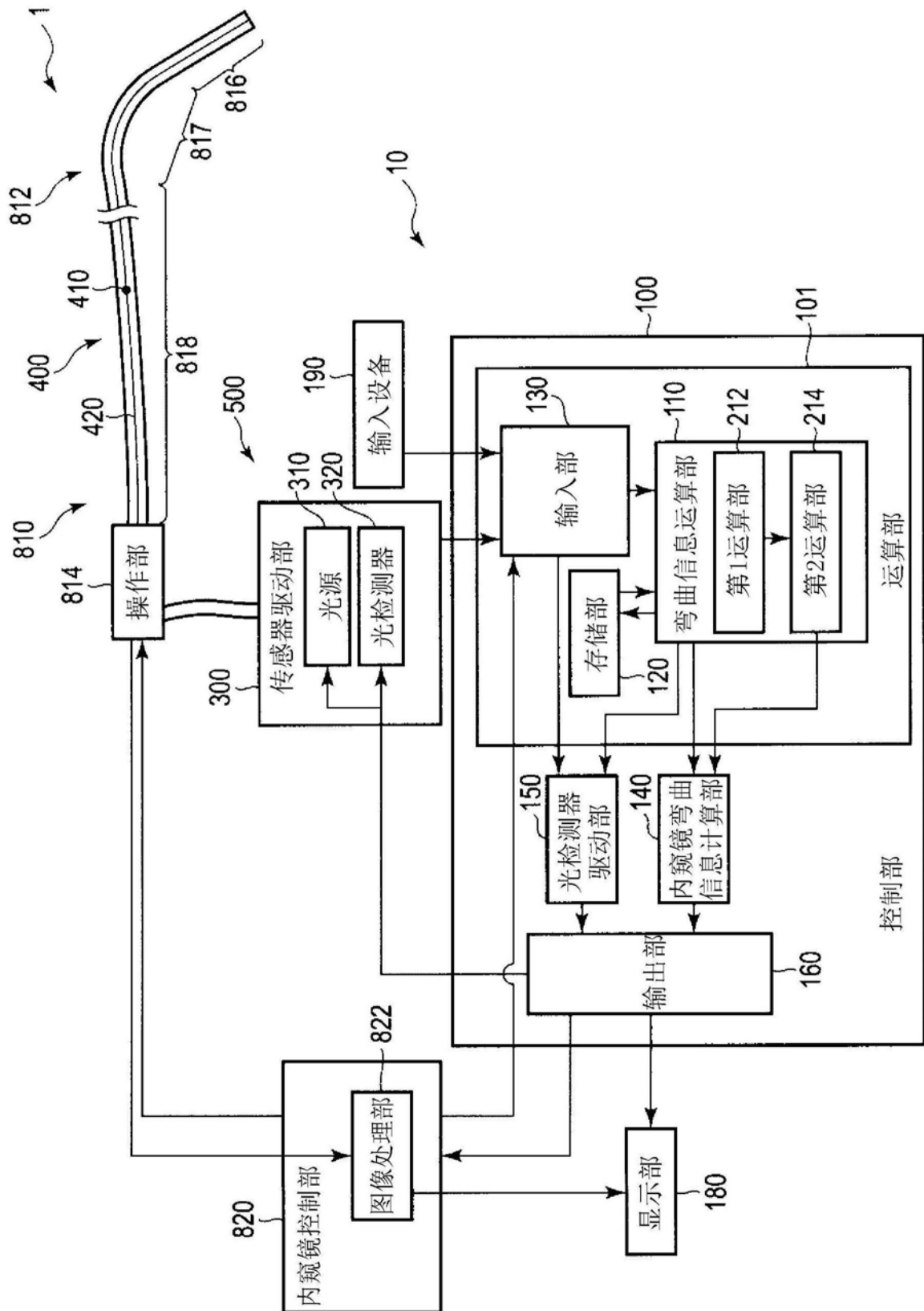


图1

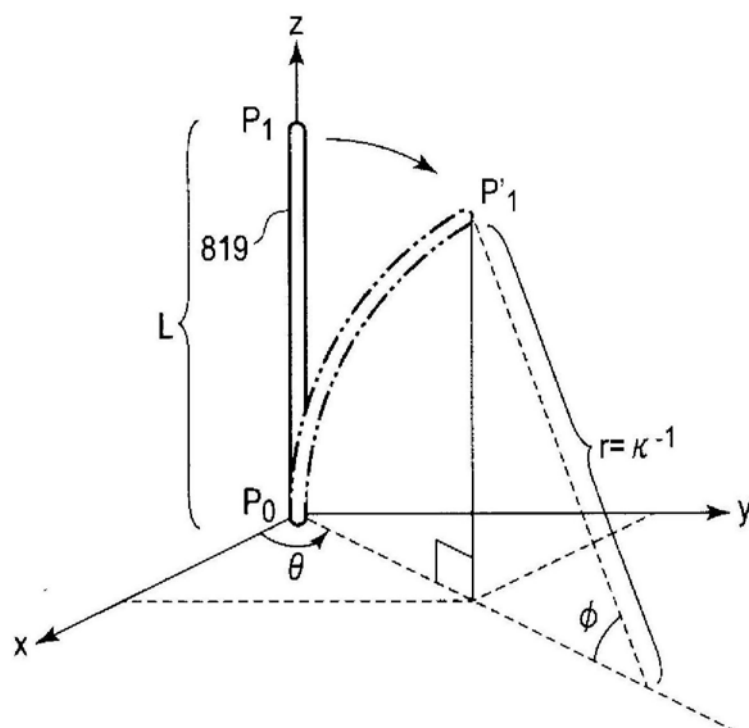


图2

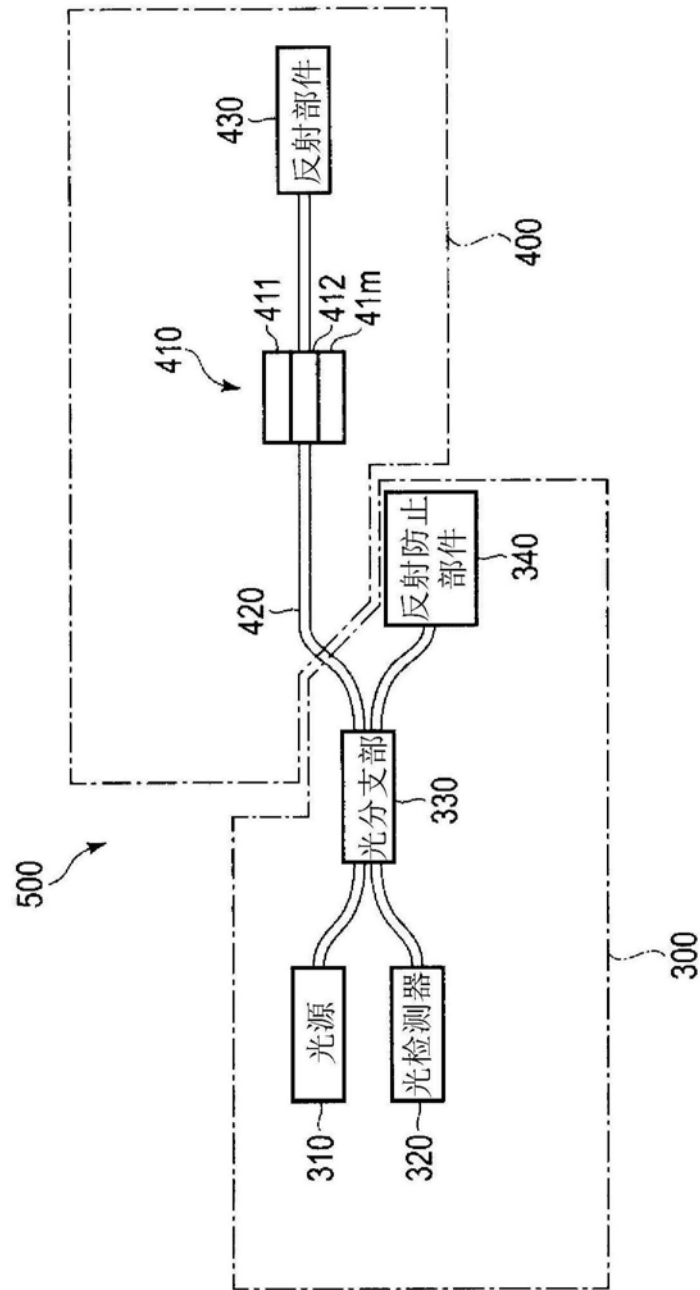


图3

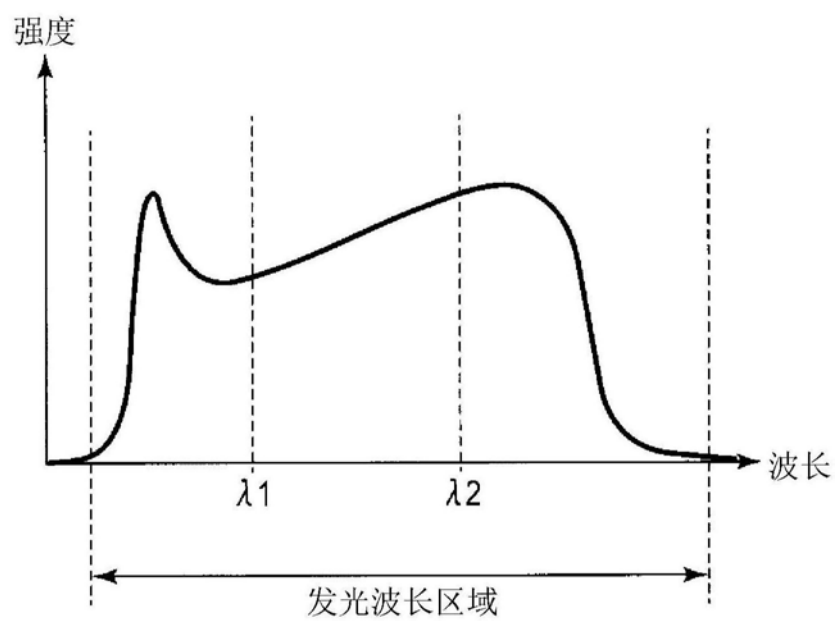


图4

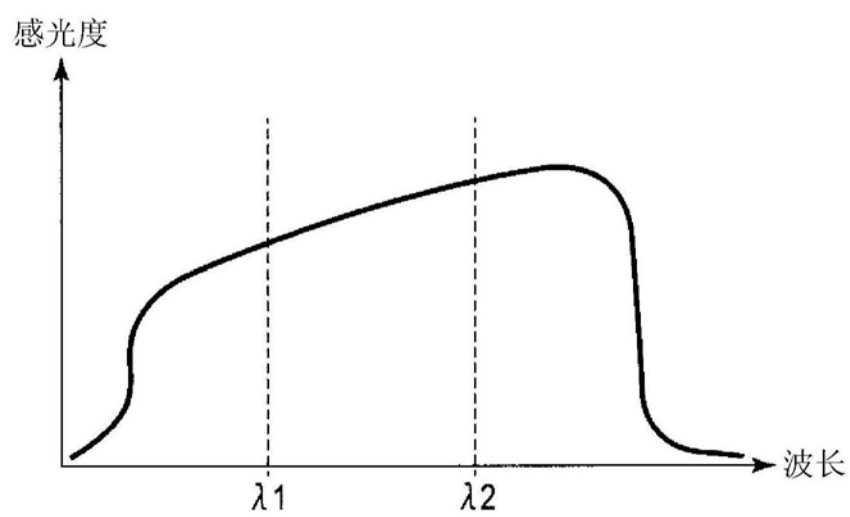


图5

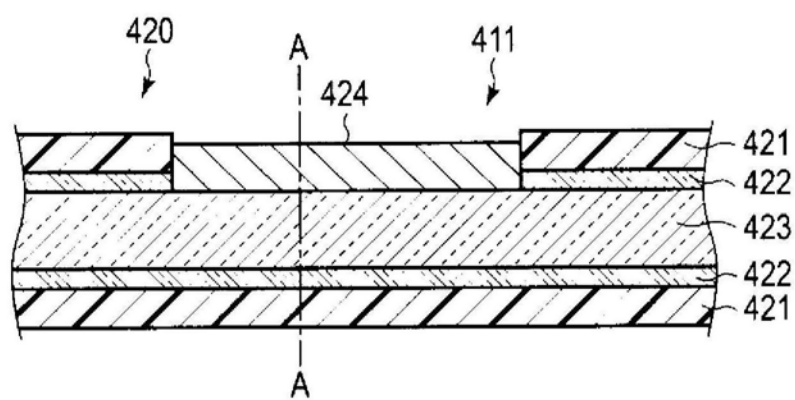


图6

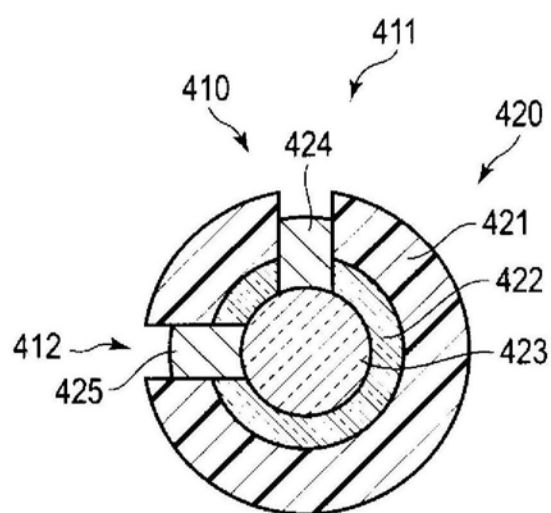


图7

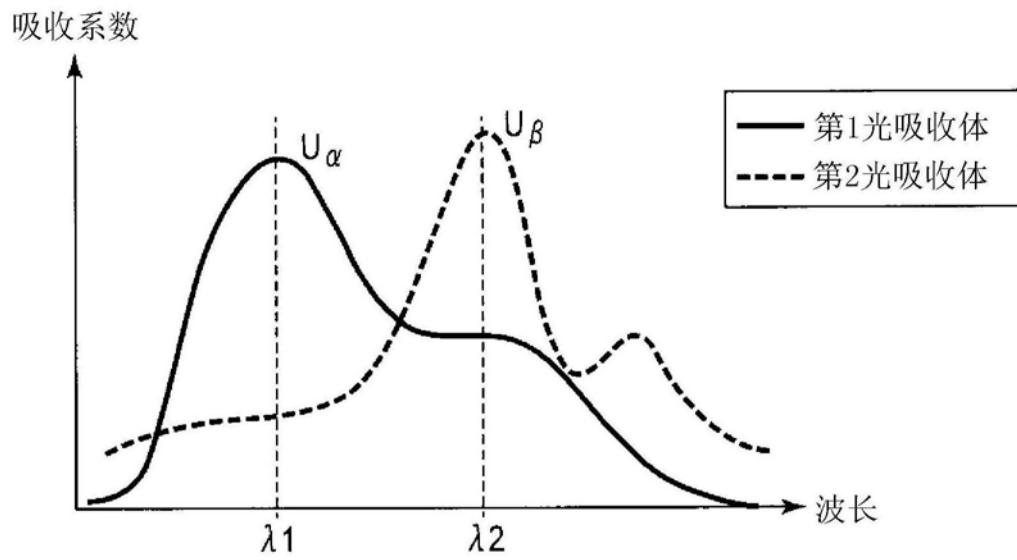


图8

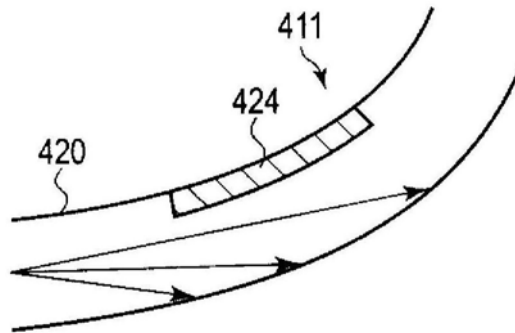


图9A

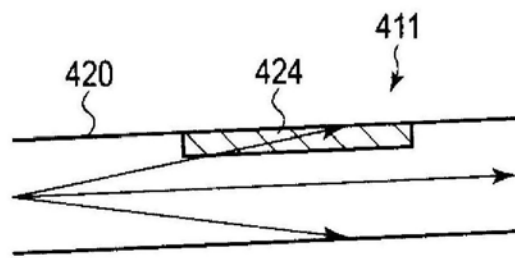


图9B

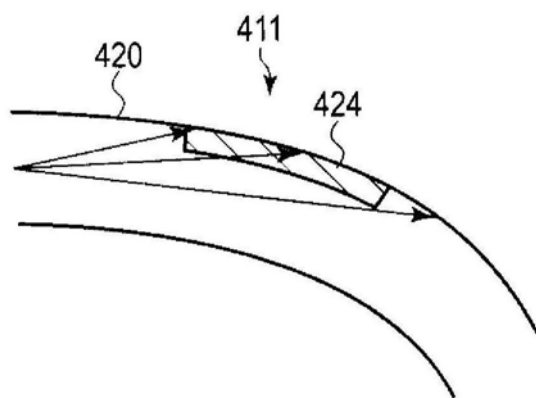


图9C

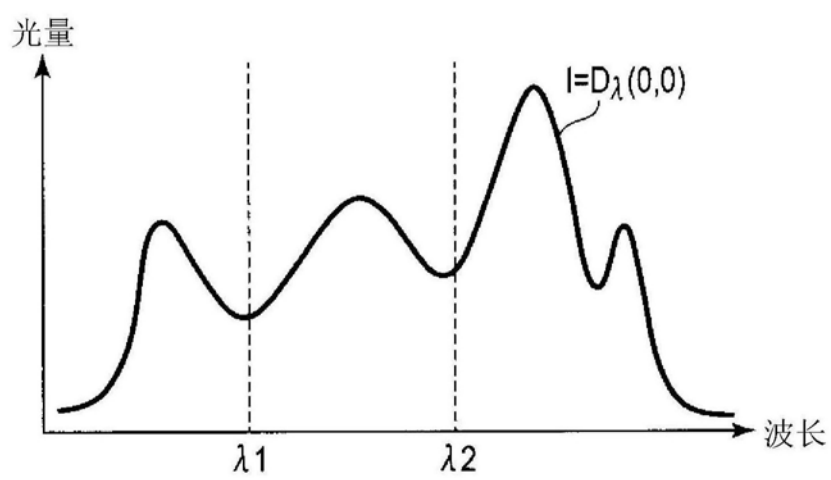


图10

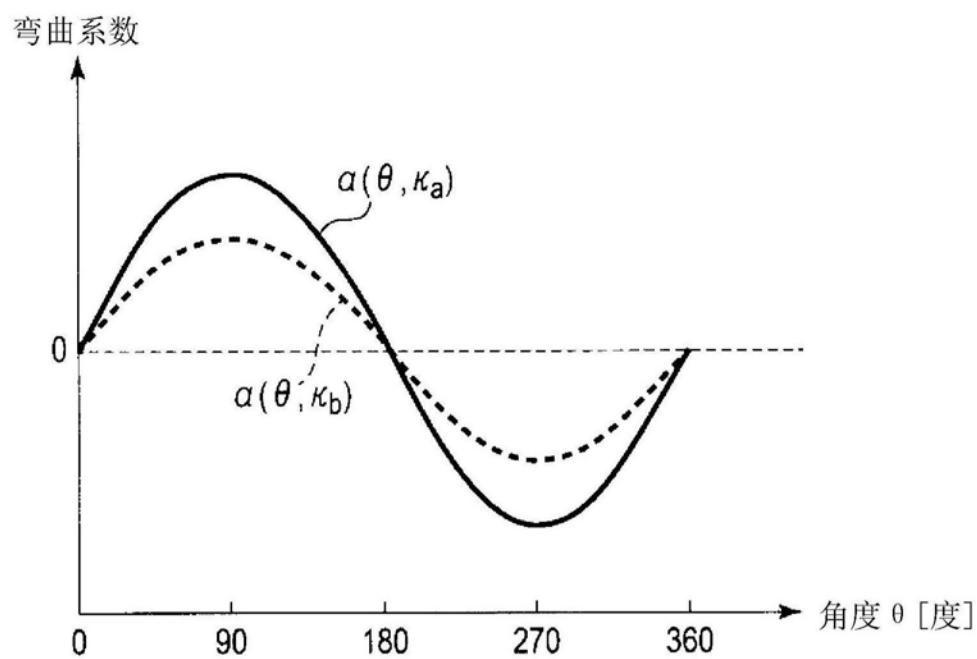


图11

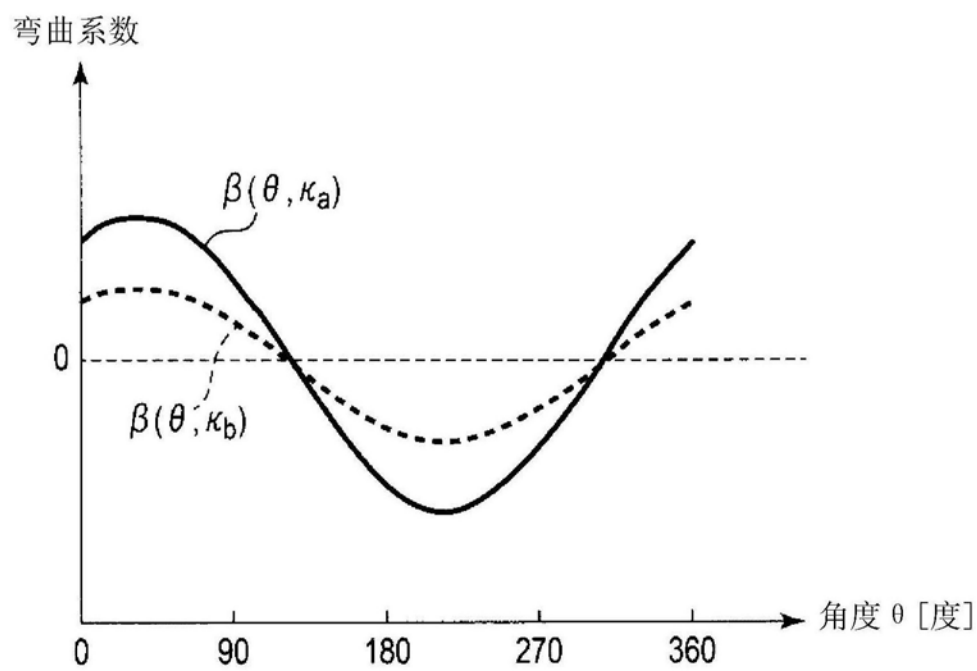


图12

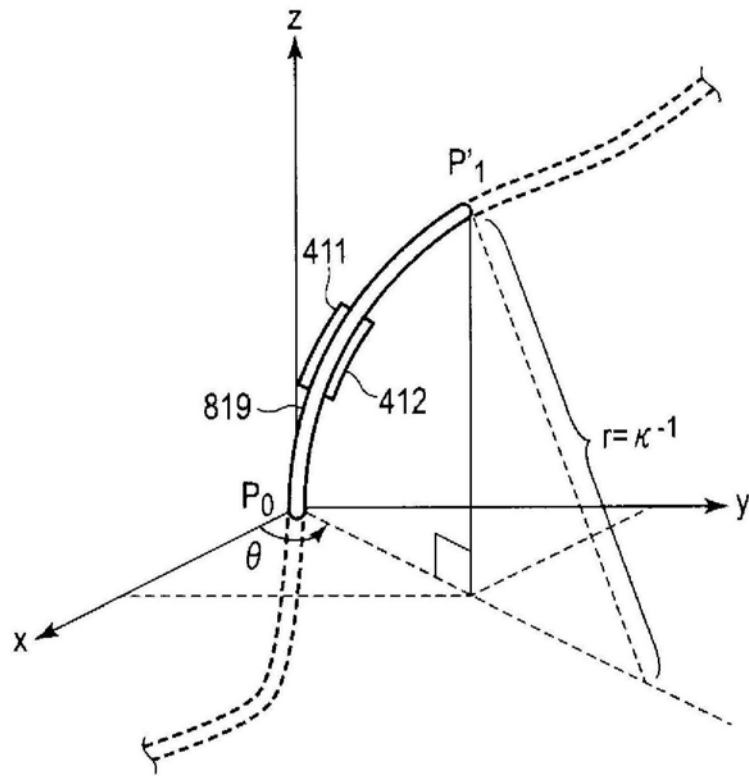


图13

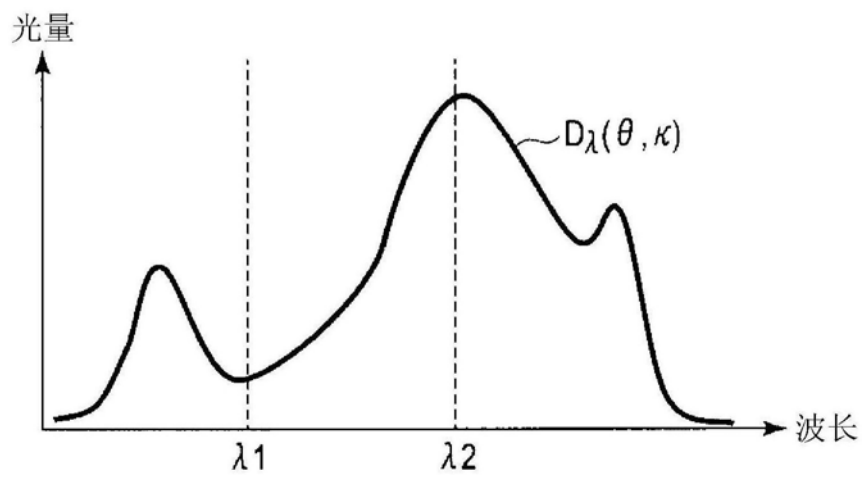


图14

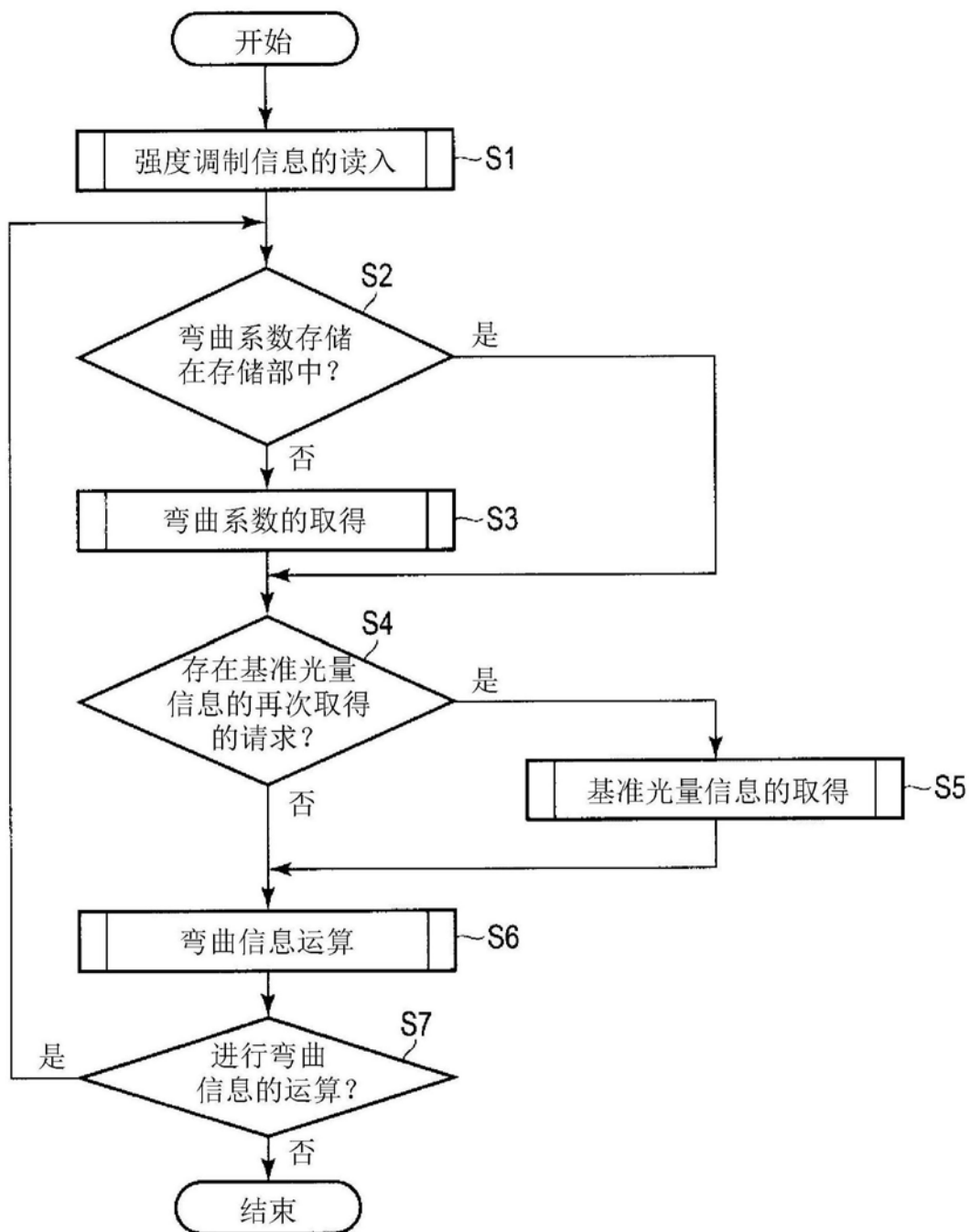


图15

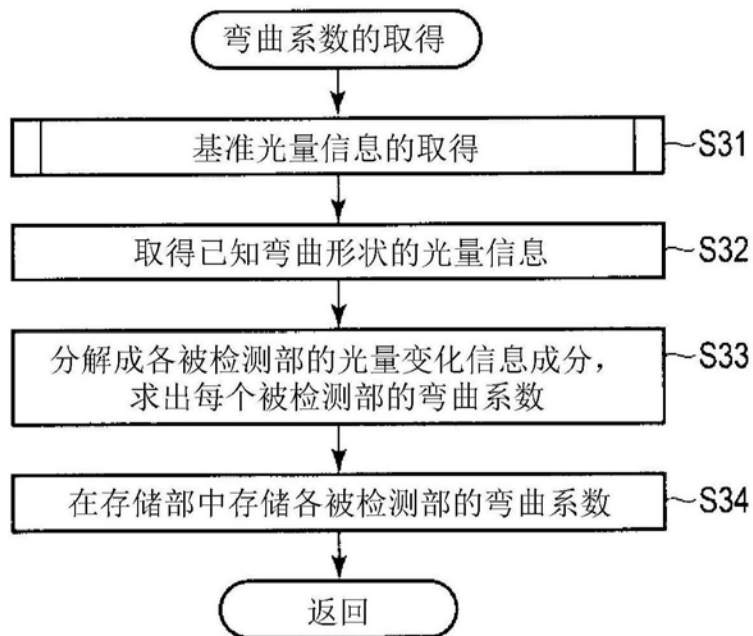


图16

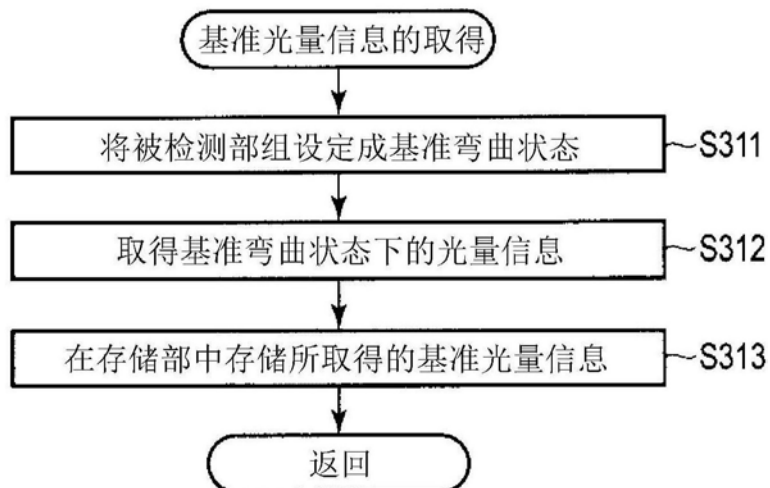


图17

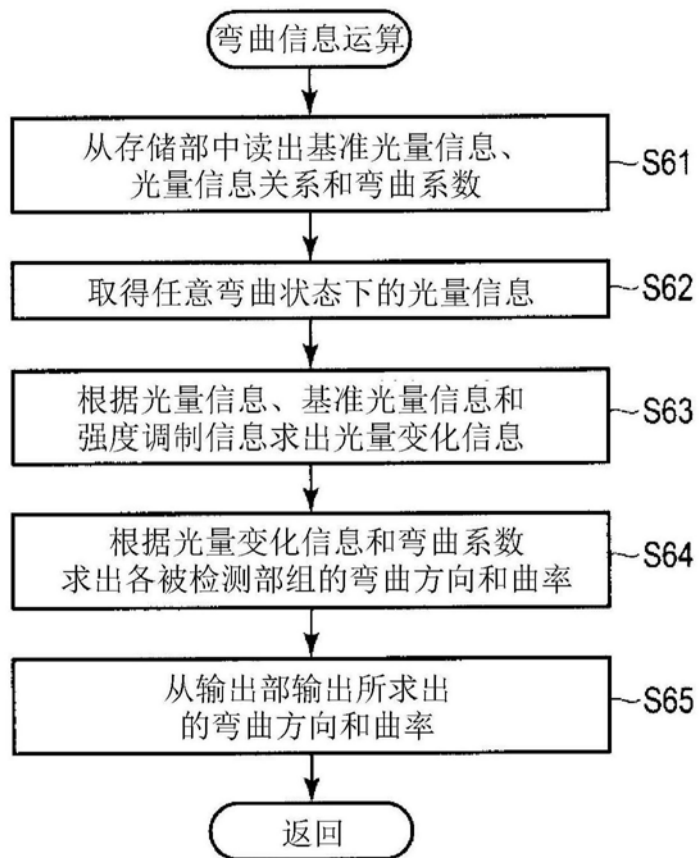


图18

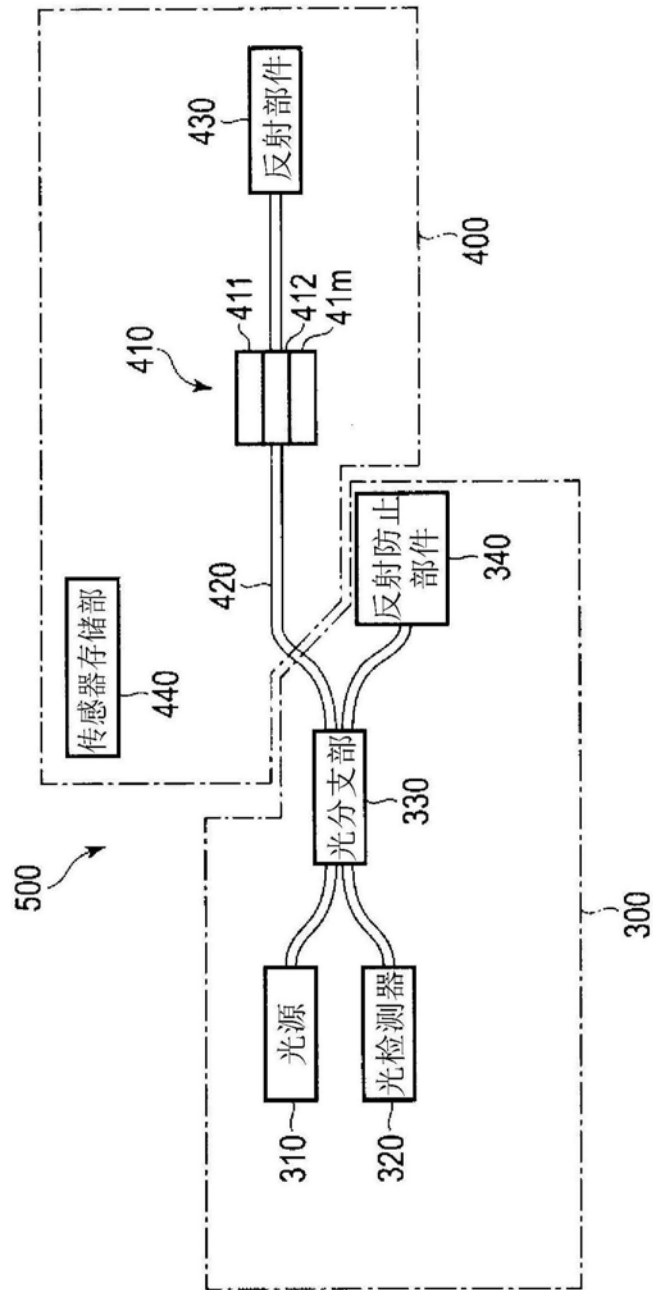


图19

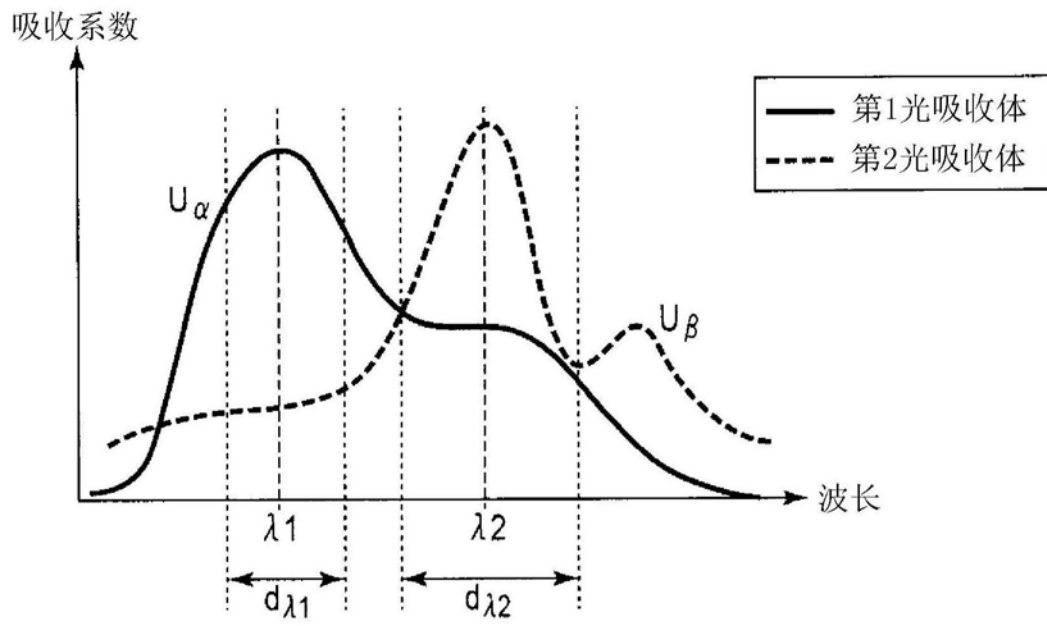


图20

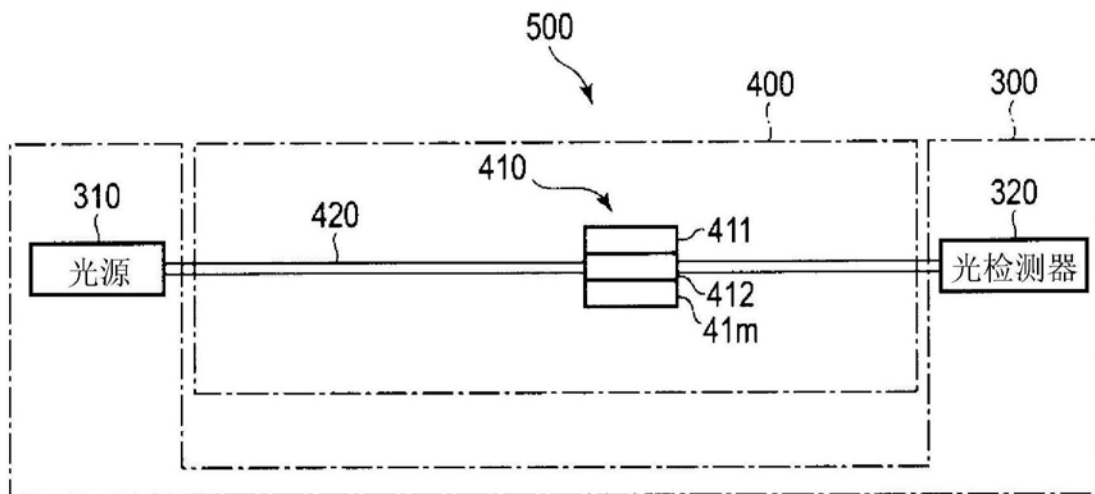


图21

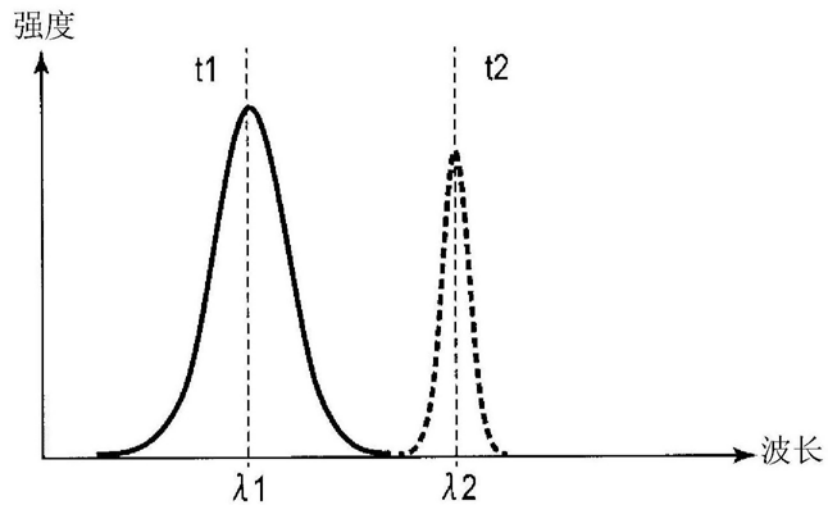


图22

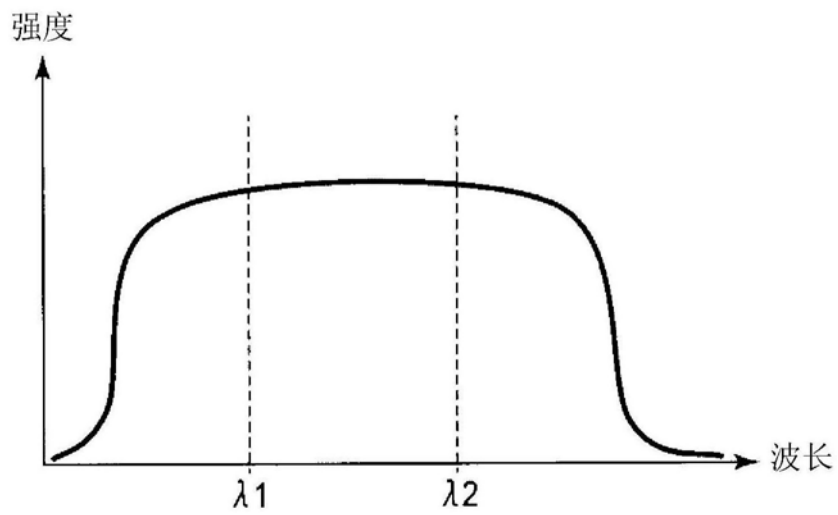


图23

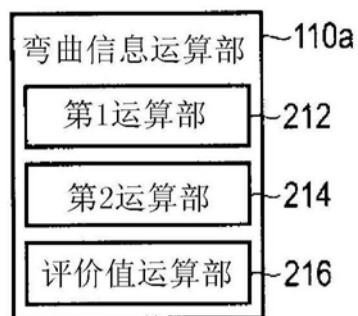


图24

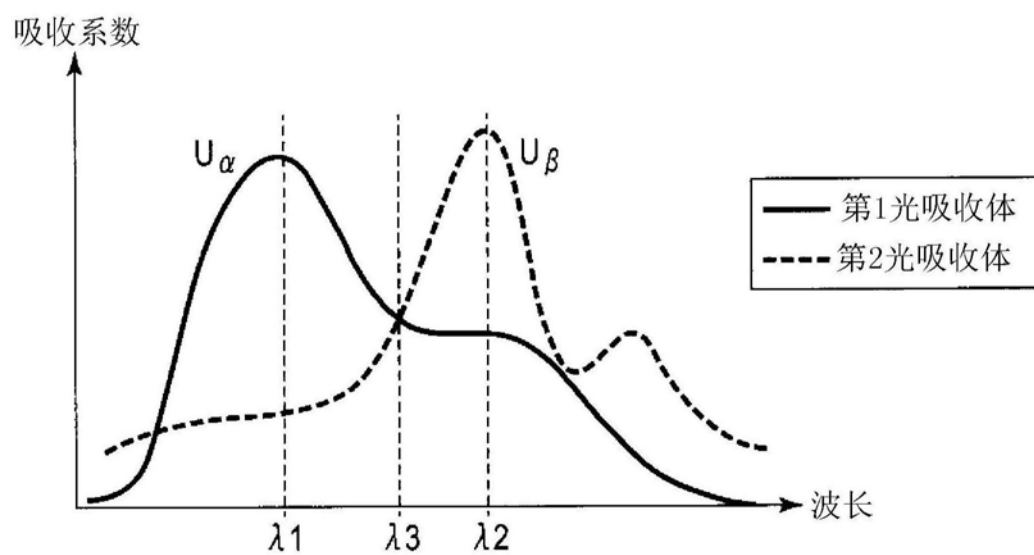


图25

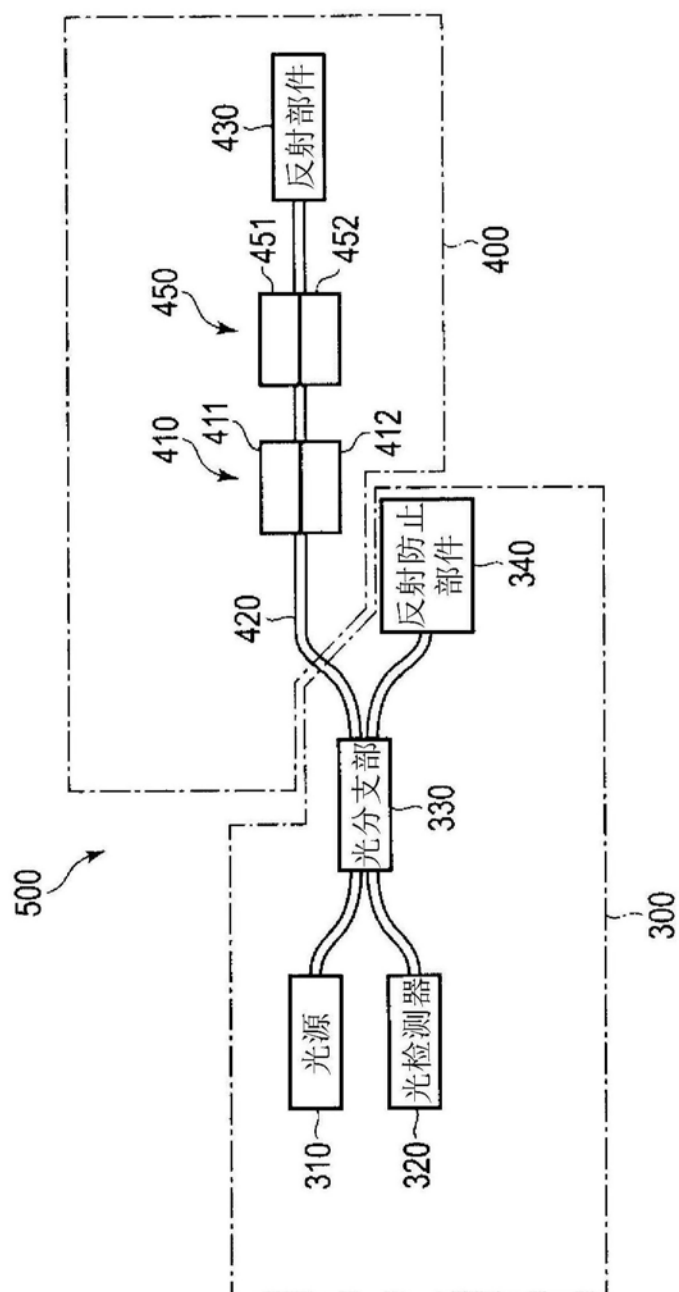


图26

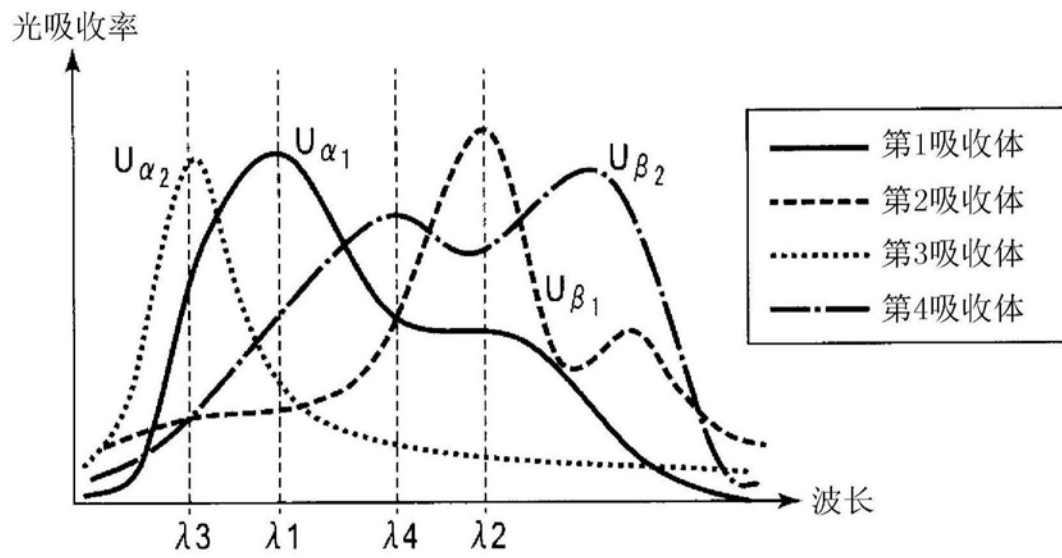


图27

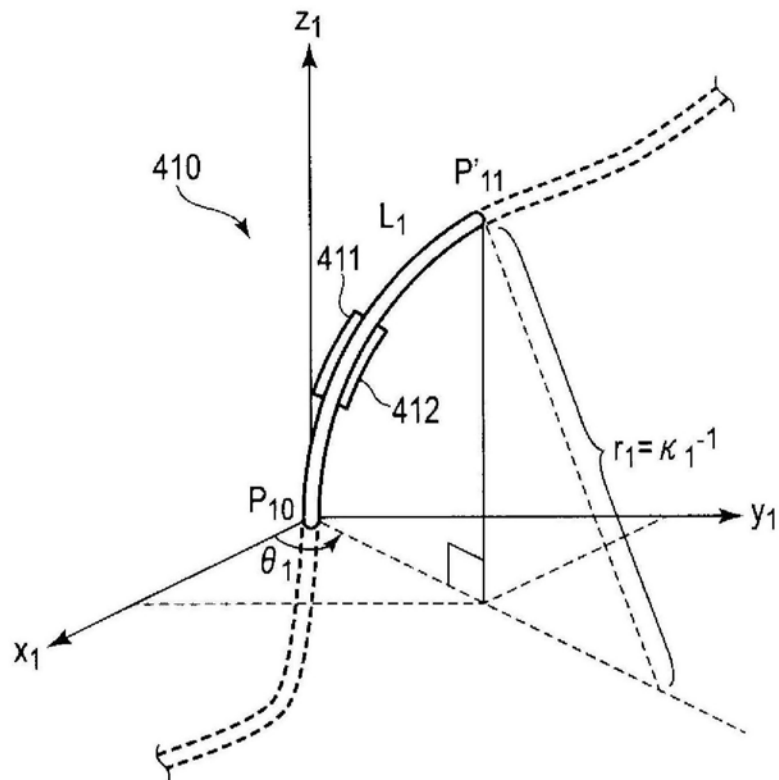


图28A

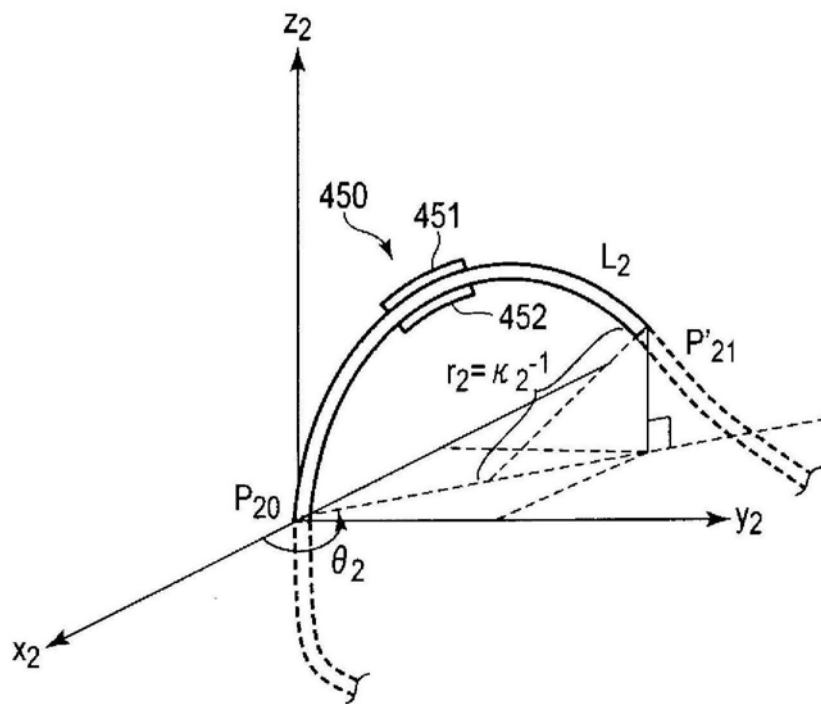


图28B

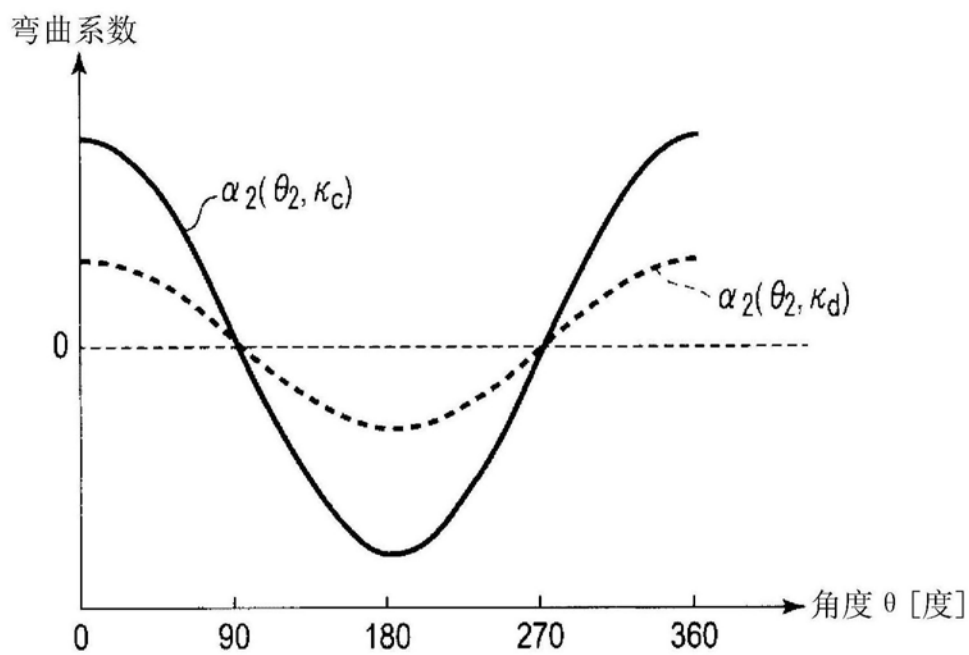


图29

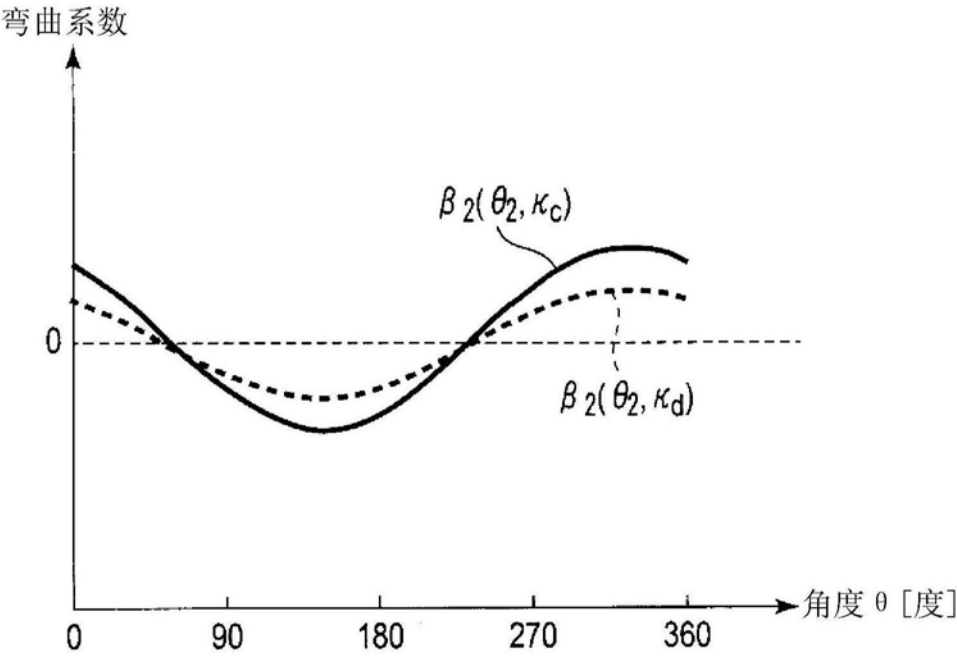


图30

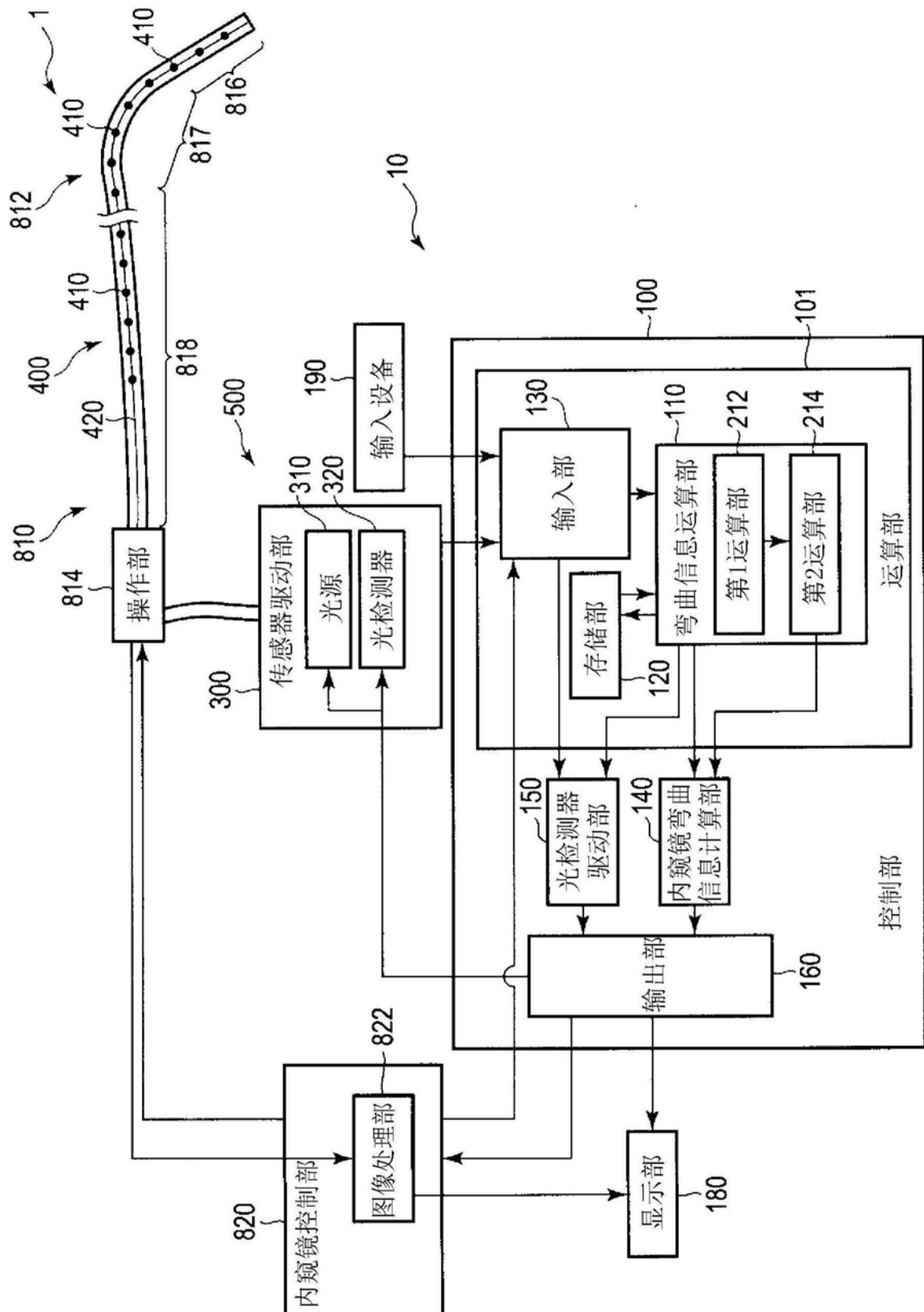


图31

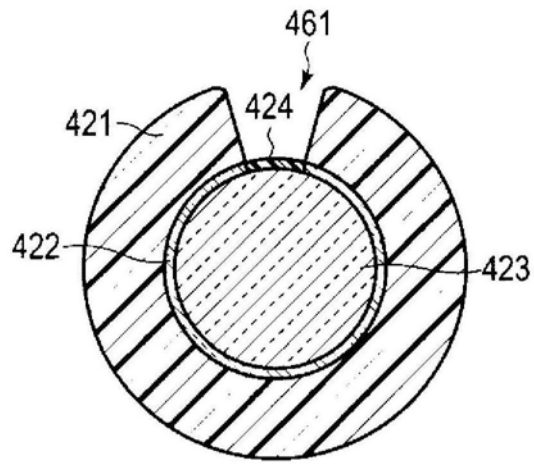


图32A

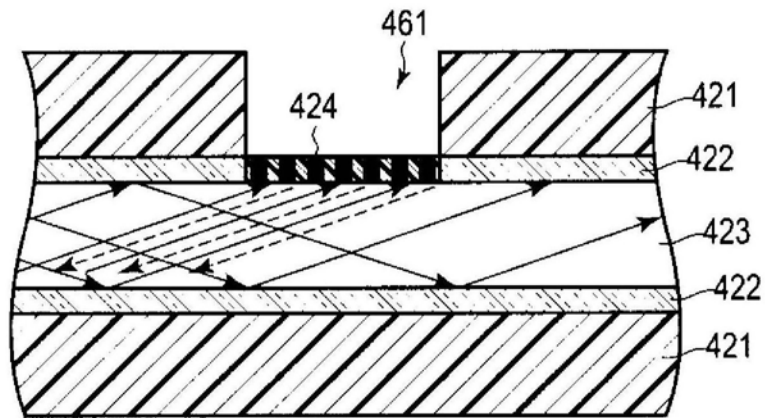


图32B

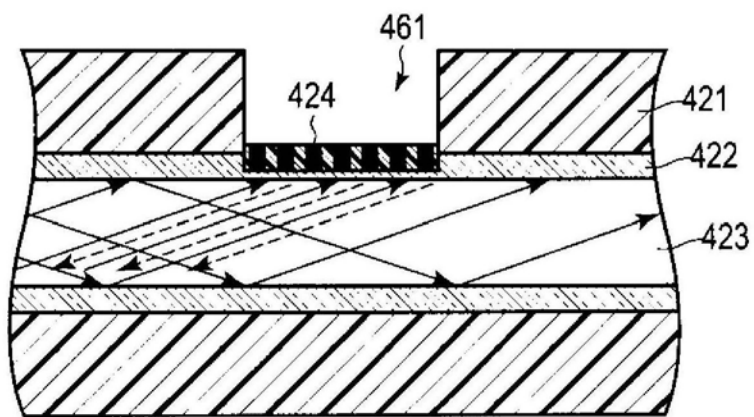


图33

弯曲信息导出装置(10)导出表示设置在导光部件(420)中的被检测部组(410)的弯曲方向和弯曲大小的弯曲信息。被检测部组具有在沿着导光部件的长度的相同位置配置的多个被检测部。各被检测部根据弯曲方向和弯曲大小对由导光部件引导的光的强度进行调制。弯曲信息导出装置具有：输入部(190)，其被输入与各被检测部对应的的波长的光的检测光量信息；存储部(130)，其存储各被检测部的弯曲系数和强度调制信息、以及表示弯曲系数和强度调制信息与检测光量信息之间的关系的的光量信息关系；第1运算部(212)，其根据光量信息和强度调制信息，计算每个被检测部的光量变化信息；以及第2运算部(214)，其根据光量变化信息和弯曲系数，计算被检测部组的弯曲信息。

