



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102679880 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201210025124. 6

(22) 申请日 2012. 02. 01

(30) 优先权数据

2011-055485 2011. 03. 14 JP

2011-130230 2011. 06. 10 JP

(73) 专利权人 欧姆龙株式会社

地址 日本京都府京都市

(72) 发明人 早川雅之 平田真理子

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司 72003

代理人 聂宁乐 向勇

(51) Int. Cl.

G01B 11/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6674572 B1, 2004. 01. 06, 全文.

DE 102005006724 A1, 2006. 08. 10, 全文.

US 2008/0151253 A1, 2008. 06. 26, 全文.

CN 101553721 A, 2009. 10. 07, 全文.

审查员 邢明浩

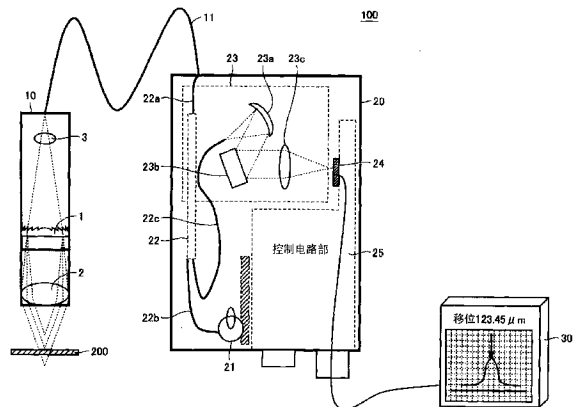
权利要求书1页 说明书12页 附图9页

(54) 发明名称

共焦计测装置

(57) 摘要

本发明提供利用共焦光学系统计测计测对象物位移的共焦计测装置,能够抑制在对计测对象物的位移进行计测时因光波长而导致的精度变动。本发明是利用共焦光学系统来对计测对象物的位移进行计测的共焦计测装置。共焦计测装置 100 具有:白色 LED21;衍射透镜 1,使从白色 LED21 出射的光沿光轴方向产生色差;物镜 2,配置在比衍射透镜 1 更靠近计测对象物 200 的一侧,使通过衍射透镜 1 而产生色差的光会聚在计测对象物 200 上;针孔,使通过物镜 2 而会聚的光中能够聚焦于计测对象物 200 上的光通过;波长测定部,测定通过了针孔的光的波长。衍射透镜 1 的焦距大于从衍射透镜 1 到物镜 2 的距离和物镜 2 的焦距之差。



1. 一种共焦计测装置,利用共焦光学系统来对计测对象物的位移进行计测,其特征在于,

具有:

光源,其出射多个波长的光,

衍射透镜,其使从所述光源出射的光,沿光轴方向产生色差,

物镜,其配置在比所述衍射透镜更靠近所述计测对象物的一侧,用于使通过所述衍射透镜而产生了色差的光会聚在所述计测对象物上,

针孔,其使通过所述物镜而会聚的光中的能够对焦于所述计测对象物上的光通过,

测定部,其以波长为单位对通过了所述针孔的光的强度进行测定;

所述衍射透镜的焦距,大于从所述衍射透镜到所述物镜为止的距离和所述物镜的焦距之差。

2. 根据权利要求 1 记载的共焦计测装置,其特征在于,

从所述衍射透镜到所述物镜为止的距离,与所述物镜的焦距相等。

3. 根据权利要求 1 或 2 记载的共焦计测装置,其特征在于,

所述物镜能够更换。

4. 根据权利要求 1 或 2 记载的共焦计测装置,其特征在于,

在从所述衍射透镜到所述测定部为止的光路上具有光纤;

将所述光纤作为所述针孔来使用。

5. 根据权利要求 1 或 2 记载的共焦计测装置,其特征在于,

所述衍射透镜具有玻璃基板和树脂层,该树脂层形成在所述玻璃基板的至少一个面上,并且,该树脂层具有使光沿光轴方向产生色差的图案。

共焦计测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及以非接触方式对计测对象物的位移进行计测的计测装置,特别涉及利用共焦光学系统来对计测对象物的位移进行计测的共焦计测装置。

背景技术

[0002] 在在以非接触方式对计测对象物的位移进行计测的计测装置中,专利文献 1 中公开了利用共焦光学系统来对计测对象物的位移进行计测的共焦计测装置。专利文献 1 公开的共焦计测装置具有色差透镜,该色差透镜使用于出射多个波长的光的光源(例如白色光源)所出射的光,沿其光轴产生色差。就在专利文献 1 中公开的共焦计测装置而言,因为根据计测对象物的位移而从色差透镜出射的聚焦的光的波长不同,所以通过针孔(pinhole)的光的波长发生变化,由此通过对通过了针孔的光的波长进行测定来对计测对象物的位移进行计测。

[0003] 另外,在专利文献 2 中公开的共焦计测装置,使用衍射透镜来代替色差透镜,从而使从光源出射的光沿其光轴产生色差。此外,专利文献 2 公开的共焦计测装置,针对从光源到准直透镜为止的光路以及从准直透镜到分光器为止的光路使用了光纤。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献 1:美国专利第 4585349 号说明书

[0007] 专利文献 2:美国专利第 5785651 号说明书

[0008] 然而,就在专利文献 1 及专利文献 2 中公开的共焦计测装置而言,由于利用色差透镜或衍射透镜来使光聚焦在计测对象物上,因而因色差透镜或衍射透镜的光学特性,导致景深依赖于光波长而发生大幅变化。若因光的波长而导致景深发生大幅变化,则能够通过针孔的光量会因各光的波长而不同,因而专利文献 1 及专利文献 2 中公开的共焦计测装置存在如下问题:在对计测对象物的位移进行计测时,因光的波长而导致精度(分辨率)发生大变动。

发明内容

[0009] 本发明是鉴于上述问题而做出的,目的在于,提供一种共焦计测装置,该共焦计测装置利用共焦光学系统来对计测对象物的位移进行计测,能够抑制在对计测对象物的位移进行计测时因光的波长而导致的精度变动。

[0010] 本发明的共焦计测装置是利用共焦光学系统来对计测对象物的位移进行计测的计测装置。共焦计测装置具有:光源,其出射多个波长的光,衍射透镜,其使从光源出射的光,沿光轴方向产生色差,物镜,其配置在比衍射透镜更靠近计测对象物的一侧,使通过衍射透镜而产生了色差的光会聚在计测对象物上,针孔,其使通过物镜而会聚的光中的会聚于计测对象物上的光通过,测定部,其以波长为单位对通过了针孔的光的强度进行测定;衍射透镜的焦距大于从衍射透镜到物镜为止的距离和物镜的焦距之差。

[0011] 另外,在本发明的共焦计测装置中,优选从衍射透镜到物镜为止的距离大致与物镜的焦距相等。

[0012] 另外,在本发明的共焦计测装置中,优选能够更换物镜。另外,在本发明的共焦计测装置中,优选在从衍射透镜到测定部为止的光路上具有光纤,并且,将光纤作为针孔来使用。

[0013] 另外,在本发明的共焦计测装置中,优选衍射透镜具有玻璃基板和树脂层,该树脂层形成在玻璃基板的至少一个面上,并且,该树脂层具有使光沿光轴方向产生色差的图案。

[0014] 若采用上述结构,则本发明的共焦计测装置通过将物镜配置在比衍射透镜更靠近计测对象物的一侧,并使衍射透镜的焦距大于从衍射透镜到物镜为止的距离和物镜的焦距之差,由此能够抑制因光的波长而导致的景深变化,抑制在对计测对象物的位移进行计测时因光的波长而导致的精度变动。

附图说明

[0015] 图 1 是示出了本发明的第一实施方式的共焦计测装置的结构示意图。

[0016] 图 2 是示出了以往的共焦计测装置所采用的头部的共焦光学系统的结构示意图。

[0017] 图 3 是示出了使用以往的共焦计测装置来对计测对象物的位移进行计测时的光谱波形的一例的图。

[0018] 图 4 是示出了在本发明的第一实施方式的共焦计测装置中采用的头部的共焦光学系统的结构示意图。

[0019] 图 5 是示出了使用本发明的第一实施方式的共焦计测装置来对计测对象物的位移进行计测时的光谱波形的一例的图。

[0020] 图 6 是示出了光谱的半光谱幅值相对于工件高度的变化的曲线图。

[0021] 图 7 是示出了对衍射透镜的数值孔径和物镜的数值孔径进行比较的情况的曲线图。

[0022] 图 8 是示出了本发明的第一实施方式的共焦计测装置的头部的结构示意图。

[0023] 图 9 是由多材料构成的衍射透镜的示意图。

[0024] 图 10 是示出了本发明的第二实施方式的共焦计测装置的头部的结构的概略图。

[0025] 图 11 是示出了本发明的第二实施方式的共焦计测装置的分光器的结构的概略图。

[0026] 图 12 是示出了本发明的第二实施方式的共焦计测装置的白色 LED 和光纤的连接部的结构的概略图。

[0027] 图 13 是示出了采用了荧光体方式的白色 LED 的光谱的图。

[0028] 图 14 是示出了拍摄器件的受光波形和阈值之间的关系图。

[0029] 图 15 是用于说明对白色 LED 的发光强度进行调整的动作用的流程图。

[0030] 附图标记的说明

[0031] 1、400 衍射透镜

[0032] 2 物镜

[0033] 3、23c 会聚透镜

- [0034] 4 间隔物
- [0035] 5 环
- [0036] 10、10a 头部
- [0037] 11、22a、22b、22c 光纤
- [0038] 12 主体单元
- [0039] 13 物镜单元
- [0040] 14、23e 光纤插座
- [0041] 15 光连接器
- [0042] 20 控制部
- [0043] 21 白色 LED
- [0044] 22 分支光纤
- [0045] 22b1、22c1 光纤套管部
- [0046] 23、230 分光器
- [0047] 23a 凹面镜
- [0048] 23b 衍射光栅
- [0049] 23d 准直透镜
- [0050] 23f 分光器基部
- [0051] 24 拍摄器件
- [0052] 25 控制电路部
- [0053] 30 监视部
- [0054] 100 共焦计测装置
- [0055] 200 计测对象物
- [0056] 210 保持框体
- [0057] 211 光纤卡销
- [0058] 300 准直透镜。

具体实施方式

[0059] 下面,参照附图,对本发明的实施方式进行详细的说明。

[0060] (第一实施方式)

[0061] 图 1 是示出了本发明的第一实施方式的共焦计测装置的结构示意图。在图 1 所示的共焦计测装置 100 中,利用共焦光学系统来对计测对象物 200 的位移进行计测。使用共焦计测装置 100 来进行计测的计测对象物 200,例如有液晶显示面板的单元间隙 (cell gap) 等。

[0062] 共焦计测装置 100 具有:头部 10,其具有共焦光学系统;控制部 20,其经由光纤 11 而被光学连接;监视部 30,其显示从控制部 20 输出的信号。

[0063] 头部 10 具有:衍射透镜 1;物镜 2,其配置在比衍射透镜 1 更靠近计测对象物 200 的一侧。衍射透镜 1 的焦距,大于从衍射透镜到物镜为止的距离和物镜的焦距之差。

[0064] 在这里,衍射透镜 1 是使从后述的用于出射多个波长的光的光源(例如,白色光源)出射的光,沿其光轴方向而产生色差的光学元件。就衍射透镜 1 而言,在其透镜的表面

上,例如周期性形成有相息图(kinofom:位相衍射成像图)形状或二元(binary)形状(阶段形状、台阶形状)等的微细的起伏形状,或者,形成有周期性变更光透过率的振幅型的波带片(zone plate)。此外,衍射透镜1的结构并不限定于上述记载的结构。

[0065] 物镜2,是用于使通过衍射透镜1而产生了色差的光会聚在计测对象物200上的光学元件。此外,下面,对共焦计测装置100使用白色光源来作为出射多个波长的光的光源的情况进行说明。

[0066] 从白色光源出射的光经由光纤11而被导入至头部10。为了使用衍射透镜1来有效地利用从光纤11出射的光,需要使光纤11的数值孔径(NA:numerical aperture)与衍射透镜1的数值孔径一致。因此,通过在光纤11和衍射透镜1之间设置会聚透镜3,来将光纤11的数值孔径和衍射透镜1的数值孔径调整为一致。

[0067] 光纤11,是从头部10到控制部20为止的光路,并且还作为针孔(pinhole)发挥功能。即,在通过物镜2而会聚的光中,可在计测对象物200上聚焦(对焦)的光会在光纤11的开口部聚焦(对焦)。因此,光纤11作为针孔来发挥功能,该针孔对不在计测对象物200上聚焦(对焦)的波长的光进行遮挡(遮光),并使在计测对象物200上聚焦(对焦)的光通过。在从头部10到控制部20为止的光路上使用光纤11,因而不需要另设针孔。

[0068] 在共焦计测装置100中,也可以对从头部10到控制部20为止的光路不使用光纤11,但通过对该光路使用光纤11,能够相对于控制部而灵活地移动头部10。另外,就共焦计测装置100而言,采用对从头部10到控制部20为止的光路不使用光纤11的结构的情况下,需要具备针孔,但在使用光纤11的结构的情况下,共焦计测装置100不需具备针孔。

[0069] 控制部20具有作为白色光源的白色LED(LightEmittingDiode)21、分支光纤22、分光器23、拍摄器件24及控制电路部25。使用白色LED21来作为白色光源,但也可以使用其他光源,只要是能够出射白色光的光源即可。

[0070] 在分支光纤22上,在与光纤11连接的一侧具有一根光纤22a,并在其相反侧具有两根光纤22b、22c。此外,光纤22b与白色LED21相连接,光纤22c与分光器23相连接。因此,分支光纤22能够将白色LED21出射的光导入至光纤11,并且,能够将经由光纤11而从头部10返回的光导入至分光器23。

[0071] 分光器23具有:凹面镜23a,其反射从头部10返回的光;衍射光栅23b,其被入射从凹面镜23a反射出来的光;会聚透镜23c,其使从衍射光栅23b出射的光会聚。就分光器23而言,只要能够根据波长而分离从头部10返回的光即可,也可以采用“切尔尼-特纳(Czerny-Turner)”型、“利特罗(Littrow)”型等任一种结构。

[0072] 拍摄器件24是对从分光器23出射的光的强度进行测定的线性CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor:互补金属氧化物半导体)或CCD(ChargeCoupledDevice:电荷耦合装置)。在这里,在共焦计测装置100中,由分光器23及拍摄器件24构成以波长为单位对从头部10返回的光的强度进行测定的测定部。此外,就测定部而言,只要能够以波长为单位对从头部10返回的光的强度进行测定即可,也可以由CCD等拍摄器件24的单体构成。另外,拍摄器件24也可以是二维CMOS或二维CCD。

[0073] 控制电路部25是对白色LED21及拍摄器件24等的动作进行控制的电路。另外,虽未图示,但控制电路部25具有输入接口、输出接口等,其中,该输入接口输入用于对白色LED21及拍摄器件24等的动作进行调整的信号,该输出接口输出拍摄器件24的信号。

[0074] 监视部 30 显示由拍摄器件 24 输出的信号。监视部 30 例如描画从头部 10 返回的光的光谱波形,并显示计测对象物的位移为 $123.45\mu\text{m}$ 。

[0075] 接着,对如下情况进行说明:在比衍射透镜 1 更靠近计测对象物 200 的一侧配置物镜 2,并使衍射透镜 1 的焦距大于从衍射透镜 1 到物镜 2 为止的距离和物镜 2 的焦距之差,以此构成头部 10 的共焦光学系统 100,通过该共焦计测装置 100 来抑制对计测对象物 200 的位移进行计测时因光的波长而导致的精度变动。

[0076] 首先,图 2 示出了以往的共焦计测装置所采用的头部的共焦光学系统的结构的示意图。在图 2 所示的共焦光学系统的结构中,在比准直透镜 300 更靠近计测对象物 200 的一侧配置衍射透镜 400。即,在以往的共焦计测装置中,使用准直透镜 300 来使从光纤 11 的端部出射的光成为平行光,使用衍射透镜 400 来使平行光会聚在计测对象物 200 上,并且,使其沿光轴方向产生色差。

[0077] 就以往的共焦计测装置而言,由于使用衍射透镜 400 来使光会聚在计测对象物 200 上,因此因衍射透镜 400 的光学特性而导致景深依赖于光的波长而发生大幅变化。若景深依赖于光的波长而发生大幅变化,则能够入射至光纤 11 的光量(能够通过针孔的光量)因每个光的波长而不同,因而以往的共焦计测装置对计测对象物的位移进行计测时,因光的波长而导致精度(分辨率)发生大幅变动。

[0078] 能够利用由共焦计测装置的测定部得到的光谱波形的光谱的半光谱幅值,来评定对计测对象物的位移进行计测时的精度。在这里,光谱的半光谱幅值是指,相对于波峰的光的强度而成为 $1/2$ 的光的强度的光谱的两点之间距离。

[0079] 图 3 是示出了使用以往的共焦计测装置来对计测对象物的位移进行计测时的光谱波形的一例的图。在图 3 所示的光谱波形中,横轴是与光的波长相对应的工件高度(将从计测对象物 200 到头部 10 的前端为止的高度设定为零)(mm),纵轴是光的强度(标准化了的值)。就光谱波形而言,图示出多个光谱的波峰,并且,与工件高度为正的一侧(光的波长长的一侧)的光谱的半光谱幅值相比,工件高度为负的一侧(光的波长短的一侧)的光谱的半光谱幅值更大。此外,该半光谱幅值还取决于光纤 11 的直径及光纤 11 一侧的透镜 300 的焦深。光纤 11 的直径变小或透镜 300 的焦深变浅,则会导致半光谱幅值变窄。其中,由于在计测装置内光纤 11 的直径及光纤 11 一侧的透镜 300 的焦深是固定的,因而不存在因工件高度而导致半光谱幅值的相对差异发生变化的情况。

[0080] 具体而言,工件高度约为 -0.6mm 的光谱的半光谱幅值 A 约为 0.046mm ,工件高度约为 0.6mm 的光谱的半光谱幅值 B 约为 0.023mm 。即,光谱的半光谱幅值 A 是光谱的半光谱幅值 B 的约 2 倍,随着工件高度变小(光的波长变短)而光谱的半光谱幅值变大。此外,由于因光的波长而导致包含在白色光源中的光的强度不同,因而光谱的波峰因工件高度而变化。

[0081] 就以往的共焦计测装置而言,可知由于随着工件高度变小(光的波长变短)而光谱的半光谱幅值变大,因而,随着工件高度变小(光的波长变短),对计测对象物 200 的位移进行计测的精度变差。

[0082] 接着,图 4 是示出了在本发明的第一实施方式的共焦计测装置中采用的头部的共焦光学系统的结构的示意图。在图 4 所示的共焦光学系统的结构中,在比衍射透镜 1 更靠近计测对象物 200 的一侧配置物镜 2。即,在共焦计测装置 100 中,使用衍射透镜 1 来使从

光纤 11 的端部出射的光沿其光轴方向产生色差,并使用物镜 2 来使产生了色差的光会聚在计测对象物 200 上。

[0083] 就共焦计测装置 100 而言,由于使用物镜 2 来使光会聚在计测对象物 200 上,而不是使用衍射透镜 1 来使光会聚在计测对象物 200 上,因此,根据后述的理由,能够抑制因光的波长而导致的景深变化,从而抑制对计测对象物 200 的位移进行计测时因光的波长而导致的精度变动。

[0084] 图 5 是示出了使用本发明的第一实施方式的共焦计测装置来对计测对象物的位移进行计测时的光谱波形的一例的图。在图 5 所示的光谱波形中,横轴是与光的波长相对应的工件高度(将从计测对象物 200 到头部 10 的前端为止的高度设定为零)(mm),纵轴是光的强度(标准化了的值)。就光谱波形而言,图示了多个光谱的波峰,工件高度为正的一侧(光的波长长的一侧)的光谱的半光谱幅值和工件高度为负的一侧(光的波长短的一侧)的光谱的半光谱幅值大致相等。

[0085] 具体而言,工件高度为约 -0.6mm 的光谱的半光谱幅值 C 是约 0.025mm ,工件高度为约 0.6mm 的光谱的半光谱幅值 D 是约 0.029mm 。即,光谱的半光谱幅值 C 与光谱的半光谱幅值 D 大致相等。

[0086] 因此,就共焦计测装置 100 而言,即使工件高度(光的波长)发生变化,光谱的半光谱幅值也不容易发生变化,因而能够抑制对计测对象物 200 的位移进行计测时因光的波长而导致的精度变动。

[0087] 图 6 是示出了光谱的半光谱幅值相对于工件高度的变化的曲线图。在图 6 所示的曲线图中,图示了表示以往的共焦计测装置的光谱的半光谱幅值(在图 3 所示的光谱的半光谱幅值)的折线 a,和表示共焦计测装置 100 的光谱的半光谱幅值(在图 5 所示的光谱的半光谱幅值)的折线 b。就折线 a 而言,随着工件高度变小(光的波长变短)而光谱的半光谱幅值变大,但就折线 b 而言,半光谱幅值与工件高度(光的波长)无关地大致恒定。具体而言,折线 a 所表示的光谱的半光谱幅值,倾斜地从约 0.023mm 变化至约 0.046mm ,但折线 b 所表示的光谱的半光谱幅值以约 0.030mm 为中心从约 0.023mm 变化至约 0.034mm 。

[0088] 接着,利用数学式,在理论上说明共焦计测装置 100 抑制因光的波长而导致的景深变化,从而抑制对计测对象物 200 的位移进行计测时因光的波长而导致的精度变动。

[0089] 首先,在图 4 所示的共焦计测装置 100 的光学系统中,将从光纤 11 的端部到衍射透镜 1 为止的距离设定为 a,将从衍射透镜 1 到物镜 2 为止的距离设定为 b,将从物镜 2 到通过物镜 2 而聚焦的点为止的距离设定为 $c(\lambda)$ 。并且,就衍射透镜 1 而言,将光的波长为 λ_0 时的焦距设定为 f_{a0} ,将有效直径设定为 Φ_a 。此外,假设距离 a 与焦距 f_{a0} 相等。就物镜 2 而言,将焦距设定为 f_b ,将有效直径设定为 $\Phi_b(\lambda)$ 。

[0090] 另一方面,在图 2 所示的以往的共焦计测装置的光学系统中,为了计算简单,将从光纤 11 的端部到准直透镜 300 为止的距离设定为 a,将从准直透镜 300 到衍射透镜 400 为止的距离设定为 b,将从衍射透镜 400 到通过衍射透镜 400 而聚焦的点为止的距离设定为 $c(\lambda)$ 。并且,就准直透镜 300 而言,将焦距设定为 f_{a0} 。此外,假设距离 a 与焦距 f_{a0} 相等。就衍射透镜 400 而言,将光的波长为 λ_0 时的焦距设定为 f_b ,将有效直径设定为 Φ_a 。

[0091] 衍射透镜 400 的焦距 $f_d(\lambda)$ 是光的波长 λ 的函数,若将光的波长为 λ_0 时的焦距设定为 f_b ,则一般能够利用衍射透镜的公式来如(公式 1)那样表示。

[0092] $f_d(\lambda) = \frac{f_o \times \lambda_0}{\lambda} \dots$ (公式 1)

[0093] 并且,能够利用(公式 1)的关系,如(公式 2)那样表示衍射透镜 400 的数值孔径 $NA_1(\lambda)$ 。

[0094] $NA_1(\lambda) = \sin\left(\frac{\phi_o/2}{f_o \cdot \lambda_0 / \lambda}\right) = \sin\left(\frac{\phi_o}{2 \cdot f_o \cdot \lambda_0} \cdot \lambda\right) \dots$ (公式 2)

[0095] 接着,在图 4 所示的共焦计测装置 100 的光学系统中,能够利用一般的透镜的公式,如(公式 3)那样表示从光纤 11 的端部到衍射透镜 1 为止的距离 a 、从衍射透镜 1 到通过衍射透镜 1 使来自光纤 11 的出射光聚焦的点为止的距离 $a_g(\lambda)$ (未图示)、衍射透镜 1 的焦距 $f_d(\lambda)$ 之间的关系,以及从衍射透镜 1 到物镜 2 为止的距离 b 、从物镜 2 到通过物镜 2 而聚焦的点为止的距离 $c(\lambda)$ 、物镜 2 的焦距 f_o 之间的关系。此外,在这里,能够忽略物镜的色差。

[0096]
$$\begin{cases} \frac{1}{a} + \frac{1}{a_g(\lambda)} = \frac{1}{f_d(\lambda)} \\ \frac{1}{(b-a_g(\lambda))} + \frac{1}{c(\lambda)} = \frac{1}{f_o} \end{cases} \dots$$
 (公式 3)

[0097] 并且,利用(公式 3)的关系,能够如(公式 4)那样表示物镜 2 的有效直径 $\phi_b(\lambda)$ 。

[0098] $\phi_b(\lambda) = \phi_a(1 - b/a_g(\lambda)) = \phi_a\left(1 + \frac{b}{a} - \frac{b}{f_d(\lambda)}\right) \dots$ (公式 4)

[0099] 另外,利用(公式 3)、(公式 4)的关系,能够如(公式 5)那样表示从物镜 2 到通过物镜 2 而聚焦的点为止的距离 $c(\lambda)$ 。

[0100] $c(\lambda) = 1 / \left\{ \frac{1}{f_o} + \frac{\phi_a}{\phi_b(\lambda)} \left(\frac{1}{f_d(\lambda)} - \frac{1}{a} \right) \right\} \dots$ (公式 5)

[0101] 并且,利用(公式 3) ~ (公式 5)的关系,能够如(公式 6)那样表示物镜 2 的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 。

[0102] $NA_2(\lambda) = \sin\left(\frac{\phi_b}{2 \cdot c(\lambda)}\right) = \sin\left\{ \frac{\phi_o}{2 \cdot f_{d0}} \left(\left(1 - \frac{b}{f_o}\right) \frac{\lambda}{\lambda_0} + \frac{f_{d0}}{f_o} \left(1 + \frac{b}{a}\right) - \frac{f_{d0}}{a} \right) \right\} \dots$ (公式 6)

6)

[0103] 若假设距离 a 与焦距 f_{d0} 相等,则通过 $f_{d0} = a$ 而能够如(公式 7)那样表示(公式 6)。

[0104] $NA_2(\lambda) = \sin\left\{ \frac{\phi_o}{2 \cdot f_{d0}} \left(\left(1 - \frac{b}{f_o}\right) \frac{\lambda}{\lambda_0} + \frac{f_{d0}}{f_o} + \frac{b}{f_o} - 1 \right) \right\} \dots$ (公式 7)

[0105] 在这里,对与以往的结构物镜相当的衍射透镜 400 的数值孔径 $NA_1(\lambda)$ 和本发明的物镜 2 的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 进行比较。此时,考虑(公式 8)所示的条件。就(公式 8)所示的条件而言,光的波长为 λ_0 时的衍射透镜 1 的焦距 f_{d0} (设计波长的焦距)大于从衍射透镜 1 到物镜 2 为止的距离 b 和物镜的焦距之差。

$$[0106] \quad \left| \frac{1}{f_{d0}} \left(1 - \frac{b}{f_o} \right) \right| < \frac{1}{f_o} \Leftrightarrow |b - f_o| < f_{d0} \cdots (\text{公式 } 8)$$

[0107] 若考虑(公式8)所示的条件,则与衍射透镜400的数值孔径 $NA_1(\lambda)$ 相比,物镜2的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 相对于光的波长 λ 的变化率(光的波长 λ 的函数的倾斜度)更小。

[0108] 图7是示出了对衍射透镜的数值孔径和物镜的数值孔径进行比较的情况的曲线图。就图7所示的曲线图而言,横轴是光的波长,纵轴是数值孔径的反正弦值。并且,直线c表示衍射透镜400的数值孔径 $NA_1(\lambda)$,直线d表示物镜2的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 。

[0109] 若考虑(公式8)所示的条件,则直线d的倾斜度比直线c的倾斜度小。即,与衍射透镜400的数值孔径 $NA_1(\lambda)$ 相比,物镜2的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 相对于光的波长 λ 而不容易发生变化。因为物镜2的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 相对于光的波长 λ 而不容易发生变化,所以物镜2能够抑制因光的波长 λ 而导致的景深变化。

[0110] 此外,在距离b与焦距 f_{d0} 相等的情况下($b = f_{d0}$),物镜2的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 是不包含光的波长 λ 变量的恒定值。即,物镜2的数值孔径 $NA_2(\lambda)$ 相对于光的波长 λ 不发生变化。因此,就共焦计测装置100而言,即使改变光的波长 λ ,能够入射至光纤11的光量(能够通过针孔的光量)也是恒定的,因而与光的波长无关地,对计测对象物的位移进行计测的精度是恒定的。

[0111] 接着,再对头部10进行详细说明。图8是示出了本发明的第一实施方式的共焦计测装置的头部的结构的示意图。就图8所示的头部10而言,物镜2与间隔物(spacer)4接合,由于能够拆下该间隔物4,因而能够更换物镜2。具体而言,从头部10取下环5,并在光轴方向上移动间隔物4而从头部10拆下间隔物4,通过将不同焦距的物镜2接合的间隔物4插入至头部10,头部10能够容易地更换物镜2。通过更换不同焦距的物镜2,共焦计测装置100能够对头部10和计测对象物200之间的距离以及能够测定的工件高度(WD)的范围进行变更。

[0112] 在这里,就物镜2而言,使用一般光学透镜,但也可以使用消色差透镜,在该消色差透镜中,使得用不同折射率的两种硝材做成的凸透镜和凹透镜接合或接近。由于消色差透镜设计成能够除去色差,因此,共焦计测装置100通过使用消色差透镜来作为物镜2,能够抑制对计测对象物200的位移进行计测时因光的波长 λ 而导致的精度变动。

[0113] 另外,光纤11可以使用多模光纤,也可以使用单模光纤。由于使用多模光纤的光纤11的直径大,因而能够减少在传送来自白色LED21的出射光时的光功率损耗,从而,即使是光反射率低的计测对象物,也能够以高的S/N比率而稳定地进行计测。由于使用单模光纤的光纤11的直径为数 μm 而较小,因而通过还作为针孔来发挥功能,能够如前述那样使受光波形的半光谱幅值变窄,从而能够高精度地进行计测。一般而言,在共焦光学系统中使用光纤的情况下,常常由于光功率的损耗大而导致S/N比率成为问题,因而优选使用多模光纤来作为光纤11。

[0114] 另外,优选使用耐弯曲光纤来作为光纤11。头部10大多安装在电子元件安装装置等的驱动部分,在该情况下头部10自身也移动。因此,由于与头部10相连接的光纤11在头部10的移动方向上不断弯曲,因而通过使用耐弯曲光纤能够防止光纤11的损伤。

[0115] 并且,就衍射透镜1而言,也可以由多材料构成,而并不限定于在玻璃或树脂等单一材料的基板上形成用于使光沿光轴方向产生色差的图案。图9是由多材料构成的衍射透

镜的示意图。图 9 所示的衍射透镜 1 具有：玻璃基板 1a；树脂层 1b，其形成在玻璃基板 1a 的一个表面上，且形成为使光沿光轴方向产生色差的图案。

[0116] 能够通过如下方法形成树脂层 1b：在玻璃基板 1a 上涂布紫外线固化树脂，并将所希望的图案的模型按压在涂布了紫外线固化树脂的玻璃基板 1a 的表面上，再通过照射紫外线来使紫外线固化树脂固化。

[0117] 就仅由玻璃构成的衍射透镜 1 而言，由于通过对硬的玻璃进行加工来形成用于使光沿光轴方向产生色差的图案，因而制造成本高。但是，就由玻璃基板 1a 和树脂层 1b 构成的衍射透镜 1 而言，由于使用所希望的图案的模型来对树脂层 1b 进行加工而形成用于使光沿光轴方向产生色差的图案，因而制造成本低。

[0118] 另外，就仅由树脂构成的衍射透镜 1 而言，由于因环境温度而导致的形状变化较大，因而温度特性差。但是，就由玻璃基板 1a 和树脂层 1b 构成的衍射透镜 1 而言，由于因环境温度而导致的形状变化小的玻璃基板 1a 占结构的大部分，因而温度特性好。

[0119] 此外，就图 9 所示的衍射透镜 1 而言，也可以在玻璃基板 1a 的两个表面上形成树脂层 1b，而并不限定于在玻璃基板 1a 的一个表面上形成树脂层 1b。

[0120] 如上所述，本发明的共焦计测装置 100，通过将物镜 2 配置在比衍射透镜 1 更靠近计测对象物 200 的一侧，并使衍射透镜 1 的焦距大于从衍射透镜 1 到物镜 2 为止的距离和物镜 2 的焦距之差，来抑制因光的波长而导致的景深变化，从而抑制对计测对象物 200 的位移进行计测时因光的波长而导致的精度变动。

[0121] （第二实施方式）

[0122] 关于图 1 所示的构成共焦计测装置 100 的头部 10、分光器 23 以及白色 LED 21 和光纤 22b 之间的连接部，对另一结构的头部、分光器以及白色 LED 和光纤之间的连接部进行说明。

[0123] 图 10 是示出了本发明的第二实施方式的共焦计测装置的头部的结构的概略图。图 10 所示的头部 10a 包括：主体单元 12，其具有衍射透镜 1；物镜单元 13，其具有物镜 2。就物镜单元 13 而言，准备了根据要测定的对象物而具有不同物镜 2 的物镜单元，由于该物镜单元 13 是与主体单元 12 相嵌合的结构，因而能够易于进行更换。就主体单元 12 和物镜单元 13 的嵌合方式而言，只要能够固定主体单元 12 和物镜单元 13 即可，也可以是螺丝方式、嵌入方式等任一种方式。

[0124] 主体单元 12 设有用于与光纤 11 相连接的光纤插座 14。此外，就光纤 11 而言，在与主体单元 12 相连接的一侧的端部设有能够与光纤插座 14 嵌合的光连接器 15。就主体单元 12 而言，通过光纤插座 14 与光连接器 15 相嵌合，能够可装拆地连接光纤 11。由于能够装拆主体单元 12 与光纤 11，因此，即使在设置了共焦计测装置 100 的现场发生光纤 11 破损的情况下，也无需更换头部 10a 整体，而只需更换光纤 11 即可，由此能够降低共焦计测装置 100 的运转费 (running cost)。另外，由于只更换光纤 11，因而能够在更换光纤 11 之后立即再开始测定，而不需对头部 10a 的光轴进行再调整。

[0125] 就光纤 11 而言，使用 APC (Angled PC：斜球面) 研磨的光纤，该光纤的与主体单元 12 相连接的一侧的端部表面（端面），相对于光轴而被倾斜切割。因此，能够降低来自光纤 11 的端面的反射光，从而能够减少反射光对受光波形的抵消，从而抑制计测范围变窄。此外，在使用 APC 研磨的光纤 11 的情况下，由于光的出射方向相对于光纤 11 的光轴而倾斜，

因而需要以相对于主体单元 12 的中心轴而倾斜的方式设置光纤插座 14 的中心轴,以使光的出射方向在主体单元 12 的中心轴的方向上。

[0126] 另外,由于使图 10 所示的头部 10a 的形状变小,因而与物镜 2 的焦距相比,使衍射透镜 1 和物镜 2 之间的距离变短。并且,图 10 所示的头部 10 不采用图 8 所示的会聚透镜 3。因此,就图 10 所示的头部 10a 而言,与图 8 所示的头部 10 相比,光的利用效率变差,但由于减少了透镜的个数,因而能够降低透镜的成本和透镜的调整工数。

[0127] 接着,图 11 是示出了本发明的第二实施方式的共焦计测装置的分光器的结构的概略图。就图 11 所示的分光器 230 而言,是“切尔尼-特纳”型分光器,包含衍射光栅 23b、会聚透镜 23c 及准直透镜 23d。此外,在图 11 中,对与图 1 所示的分光器 23 相同的分光器 230 的结构要素标注相同的附图标记。

[0128] 从头部 10 返回的光经由光纤 22c 而入射至分光器 230。从光纤 22c 出射的光通过准直透镜 23d 而成为准直光,并被衍射光栅 23b 反射之后,通过会聚透镜 23c 会聚而照射至作为拍摄器件 24 的 CCD 上。

[0129] 光纤 22c 的端部设有光纤套管 (fiber ferrule) 部 22c1,光纤套管部 22c1 固定在光纤插座部 23e 上。将衍射光栅 23b、会聚透镜 23c、准直透镜 23d、光纤插座 23e 及拍摄器件 24 固定在分光器基部 23f 上,使得它们的位置不容易互相发生偏离。

[0130] 为了使从光纤 22c 入射的光成为准直光,分光器 230 使用单透镜的准直透镜 23d,而不使用反射镜,因而能够减少成本。

[0131] 接着,图 12 是示出了本发明的第二实施方式的共焦计测装置的白色 LED 和光纤之间的连接部的结构的概略图。图 12 所示的白色 LED21 和光纤 22b 的连接部包含保持框体 210 及光纤卡销 211。使用螺丝等将安装了白色 LED21 的基板 21a 固定在保持框体 210 上。保持框体 210 是铝合金等的金属制框体,因而易于使点亮白色 LED21 时产生的热量经由基板 21a 进行放热。此外,为了抑制放热量,优选对白色 LED21 进行脉冲点亮,但为了抑制噪声,优选连续点亮。

[0132] 就保持框体 210 而言,通过将光纤 22b 的光纤套管部 22b1 插入设在白色 LED21 的光轴上的凹部,并使用光纤卡销 211 卡住光纤 22b,由此构成白色 LED21 和光纤 22b 的连接部。光纤 22b 的光纤套管部 22b1 是用于保护光纤前端的金属或陶瓷制构件,其前端的直径为 $50\mu\text{m}$ 左右。

[0133] 此外,为了提高光的利用效率,尽可能使白色 LED21 和光纤套管部 22b1 前端之间的距离短为佳。但是,考虑制造偏差,需要在白色 LED21 和光纤套管部 22b1 前端之间留出与白色 LED21 及光纤套管部 22b1 等的尺寸公差相对应的距离。

[0134] 接着,对在第二实施方式的共焦计测装置 100 所使用的白色 LED21 进行详细的说明。白色 LED21 采用荧光体方式的 LED。就荧光体方式的白色 LED 而言,用荧光体覆盖出射蓝色光或比蓝色光波长短的光的发光二极管芯片而构成,通过得到来自芯片的出射光和基于该出射光的荧光体激发光而得到白色光。

[0135] 图 13 是示出了采用了荧光体方式的白色 LED 的光谱的图。图 13 所示的光谱包含这样两个成分:在蓝色部分 (440nm 波长附近) 具有较强的强度的成分,以及在波长为 500nm ~ 700nm 的区间其强度平滑变化的成分。光谱中的具有较强的强度的成分是来自芯片的出射光的成分,光谱中的强度平滑变化的成分是荧光体的激发光的成分。

[0136] 在这里,在本发明的第二实施方式的共焦计测装置 100 中,由于理想的光源是在波长轴上具有接近均匀强度分布的光源,因而优选使用光谱中的强度平滑变化的成分。将相对于光谱中的强度平滑变化的成分的波峰(波长为 560nm)而能够得到一半以上强度的波长,作为共焦计测装置 100 的计测区域(波长为 520 ~ 650nm)。

[0137] 接着,在本发明的第二实施方式的共焦计测装置 100 中,为了得到稳定的测定结果,对白色 LED21 的发光强度进行调整。即,就共焦计测装置 100 而言,若白色 LED21 的发光强度过大,则会因拍摄器件 24 的受光波形饱和而导致不能得到准确的波峰,相反,若白色 LED21 的发光强度过小,则因拍摄器件 24 的受光波形会被噪声覆盖而导致不能得到准确的波峰。

[0138] 另外,如前所述,白色 LED21 的光谱的发光强度相对于波长而发生变化,因此并非恒定。因此,为了得到稳定的测定结果而需要对白色 LED21 的发光强度进行调整。

[0139] 图 14 是示出了拍摄器件的受光波形和阈值之间的关系的图。为了得到稳定的测定结果,对白色 LED21 的发光强度进行调整,使得拍摄器件 24 的受光波形的波峰在第一阈值和第二阈值之间。

[0140] 图 15 是用于说明对白色 LED 的发光强度进行调整的动作的流程图。首先,拍摄器件 24 提取如图 14 示出那样的受光波形(步骤 S151)。接着,图 1 所示的控制电路部 25 判断在由拍摄器件 24 提取的受光波形中是否含有波峰(步骤 S152)。在判断为由拍摄器件 24 提取的受光波形中不含有波峰的情况下(步骤 S152:“否”),控制电路部 25 增大接通电流或增宽发光脉冲宽度,以使白色 LED21 的发光强度变大(步骤 S153)。

[0141] 控制电路部 25,在判断为由拍摄器件 24 提取的受光波形中含有波峰的情况下(步骤 S152:“是”),判断受光波形的波峰是否在如图 14 示出那样的第一阈值以上(步骤 S154)。控制电路部 25,在判断为受光波形的波峰不在第一阈值以上(小于第一阈值)的情况下(步骤 S154:“否”),使处理进入步骤 S153,并增大接通电流或增宽发光脉冲宽度,以使白色 LED21 的发光强度变大。

[0142] 控制电路部 25,在判断为受光波形的波峰在第一阈值以上的情况下(步骤 S154:“是”),判断受光波形的波峰是否小于如图 14 示出那样的第二阈值(步骤 S155)。控制电路部 25,在判断为受光波形的波峰不小于第二阈值(第二阈值以上)的情况下(步骤 S155:“否”),使接通电流变小或使发光脉冲宽度变窄,以使白色 LED21 的发光强度变小(步骤 S156)。

[0143] 控制电路部 25,在判断为受光波形的波峰小于第二阈值的情况下(步骤 S155:“是”),结束处理。

[0144] 如上所述,本发明的第二实施方式的共焦计测装置 100,通过如图 15 示出的流程图那样对白色 LED21 的发光强度进行调整,即使因白色 LED21 的波长而导致受光波形的波峰发生变化,即使因计测对象物的反射率而导致受光波形的波峰发生变化,也能够得到稳定的测定结果。

[0145] 此外,在图 15 所示的流程图中,说明了通过对白色 LED21 的接通电流进行调整或对发光脉冲宽度进行调整来对白色 LED21 的发光强度进行调整的情况,但也可以通过变更拍摄器件 24 的拍摄时间或放大率来对受光波形的波峰进行调整,以得到稳定的测定结果。

[0146] 应当认为本公开的实施方式是在全部点的例示而非限制。本发明的范围并不由上

述的说明来表示,而是由权利要求书来表示,意在包括在与权利要求书均等的意思和范围内的全部变更。

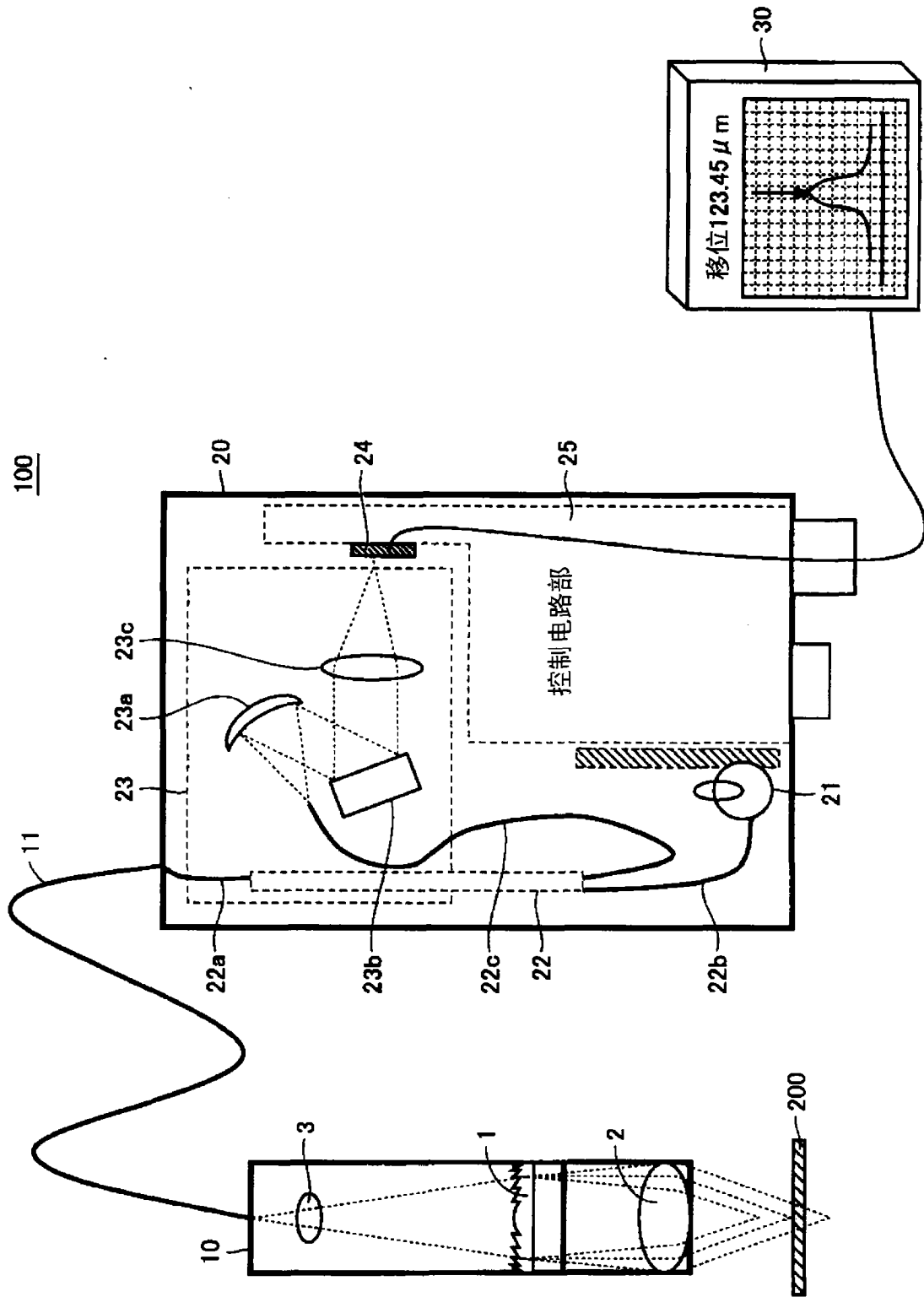


图 1

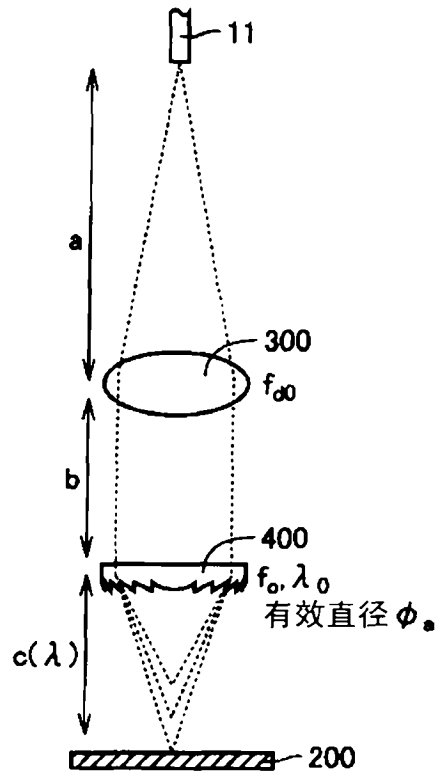


图 2

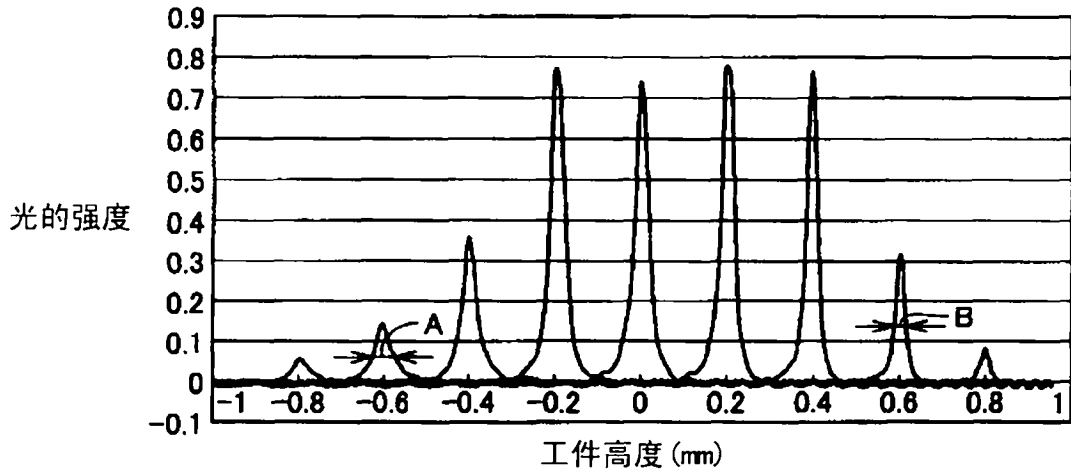


图 3

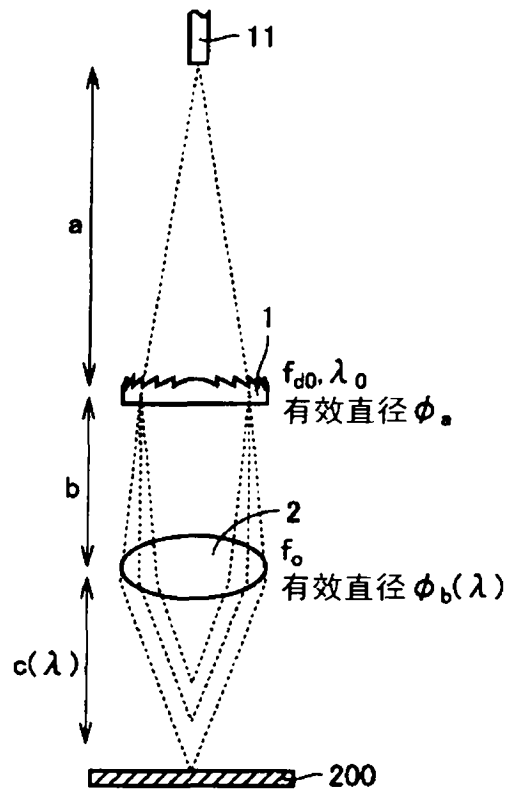


图 4

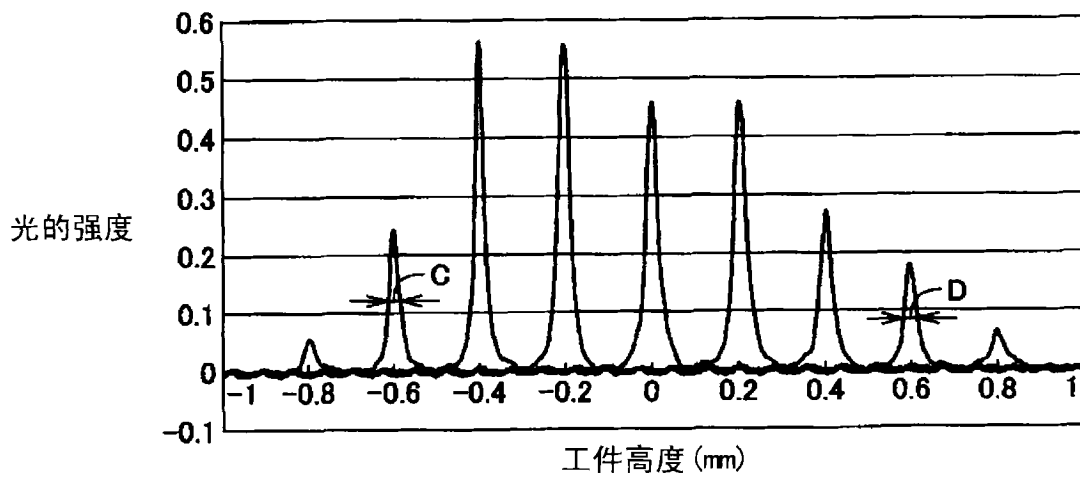


图 5

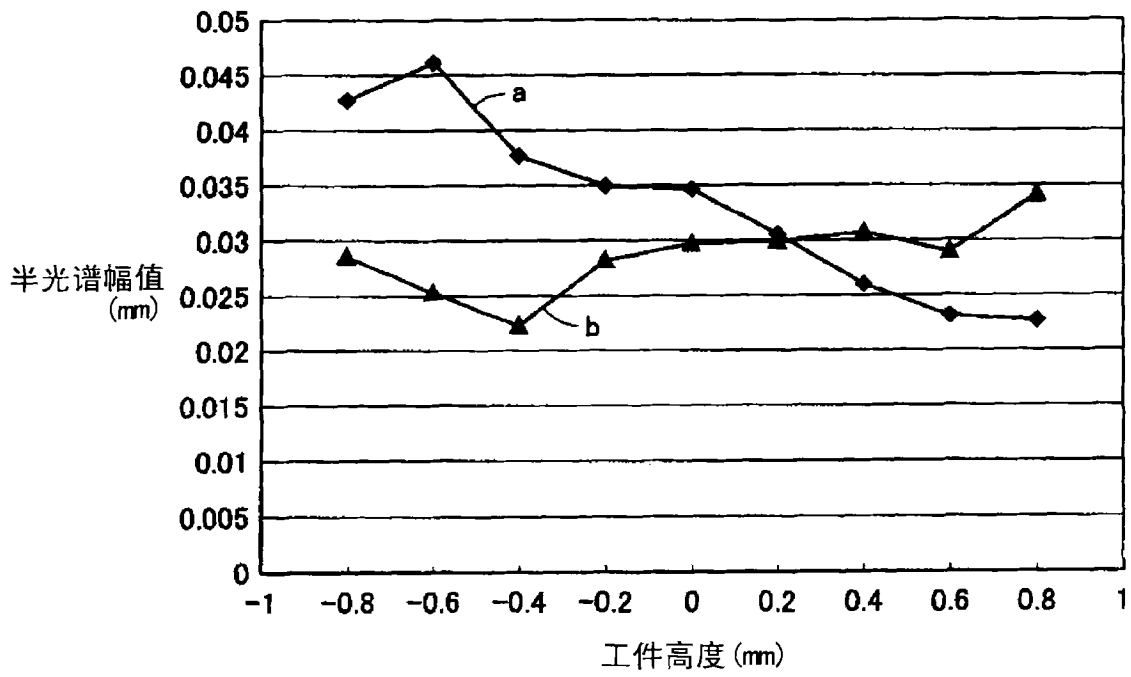


图 6

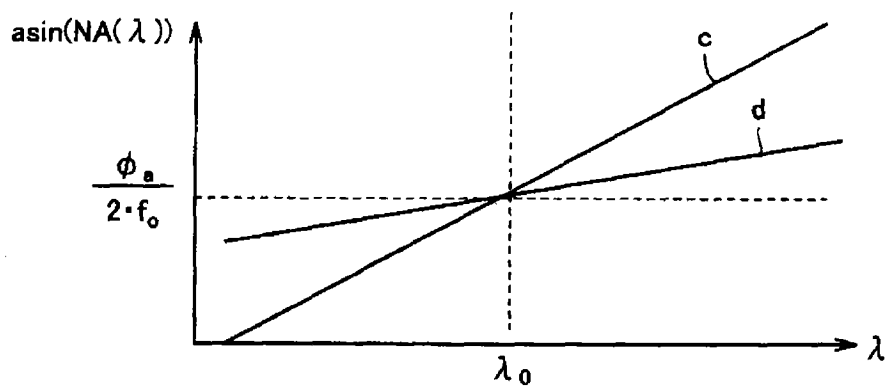


图 7

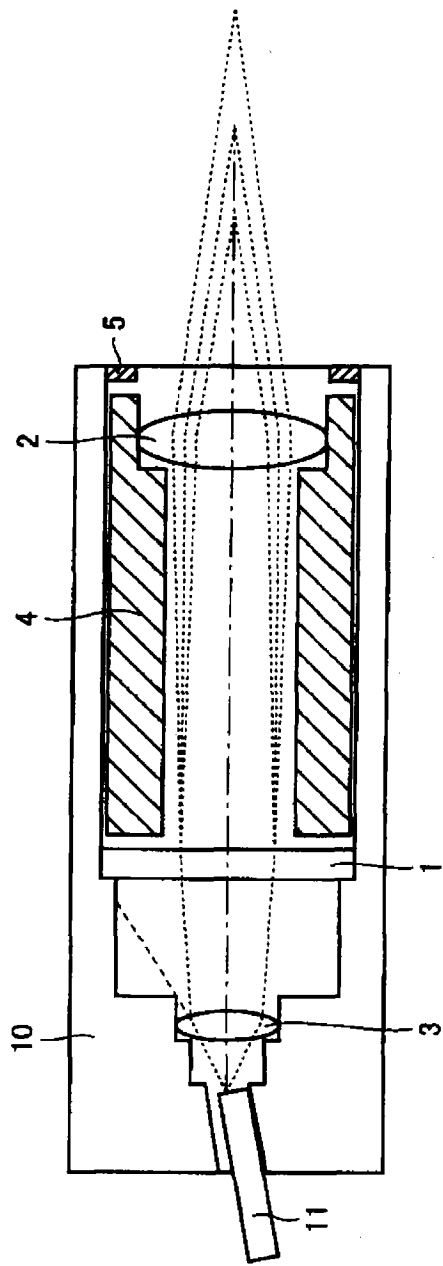


图 8

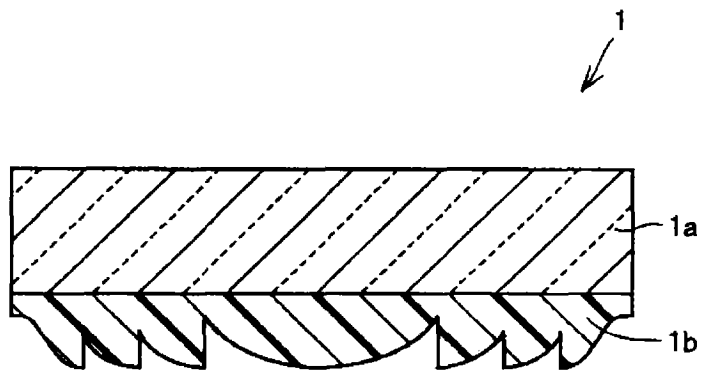


图 9

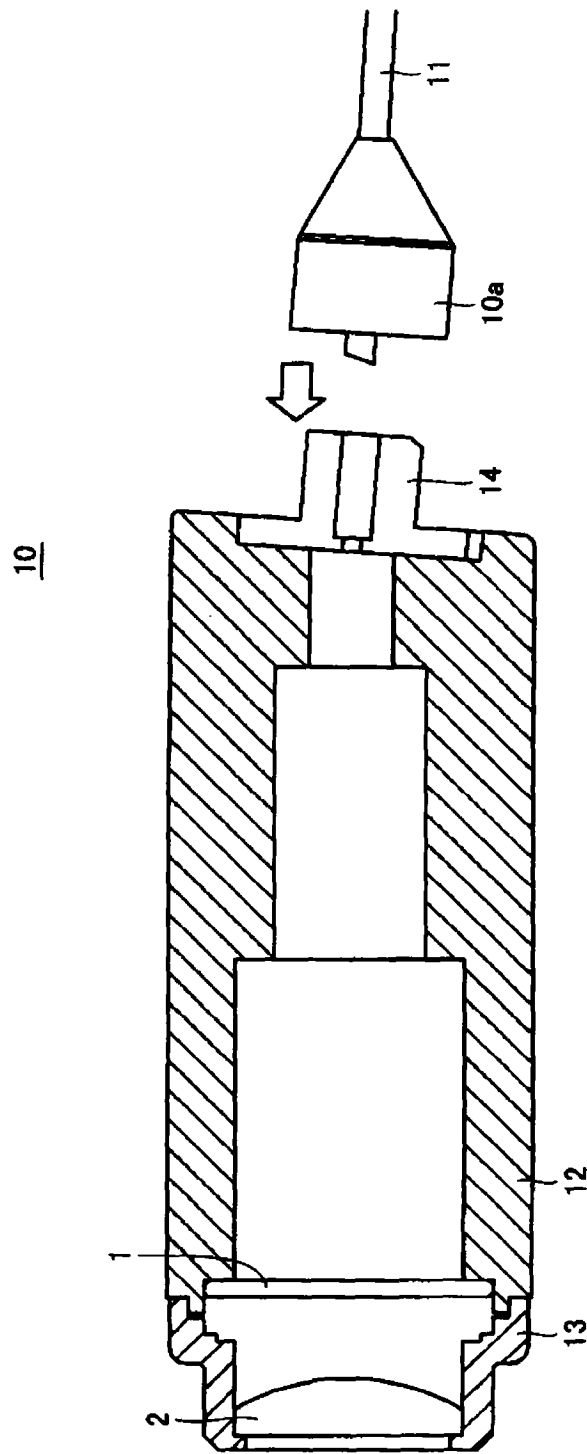


图 10

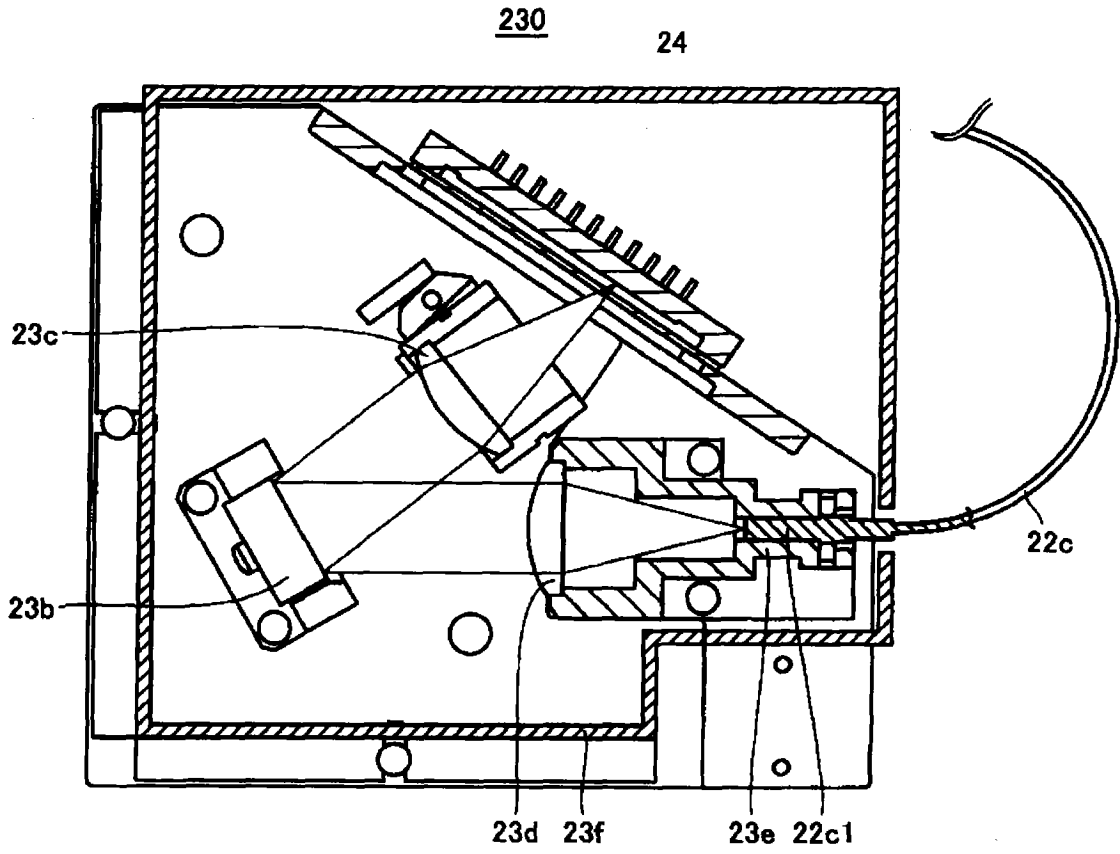


图 11

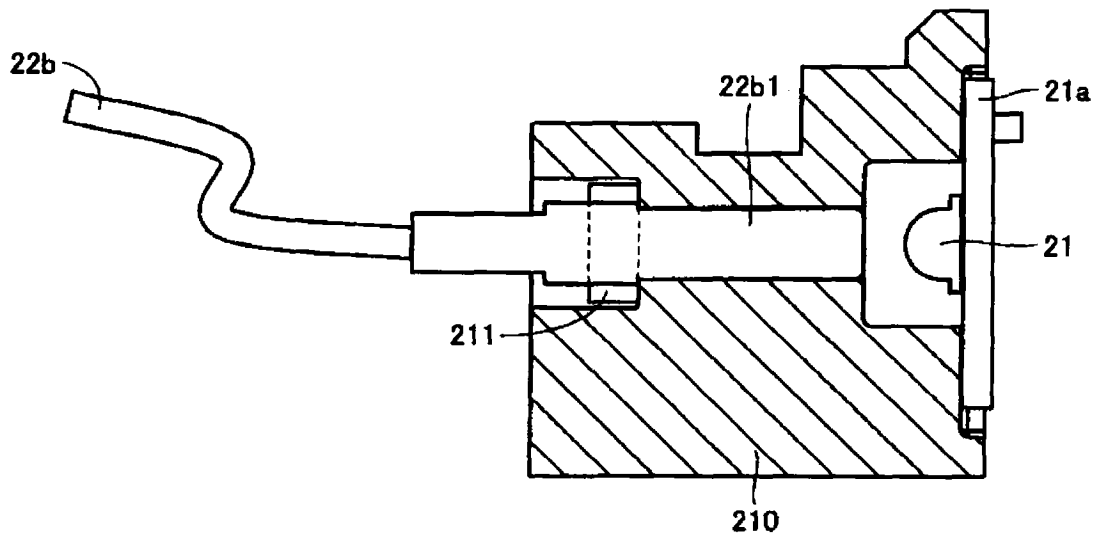


图 12

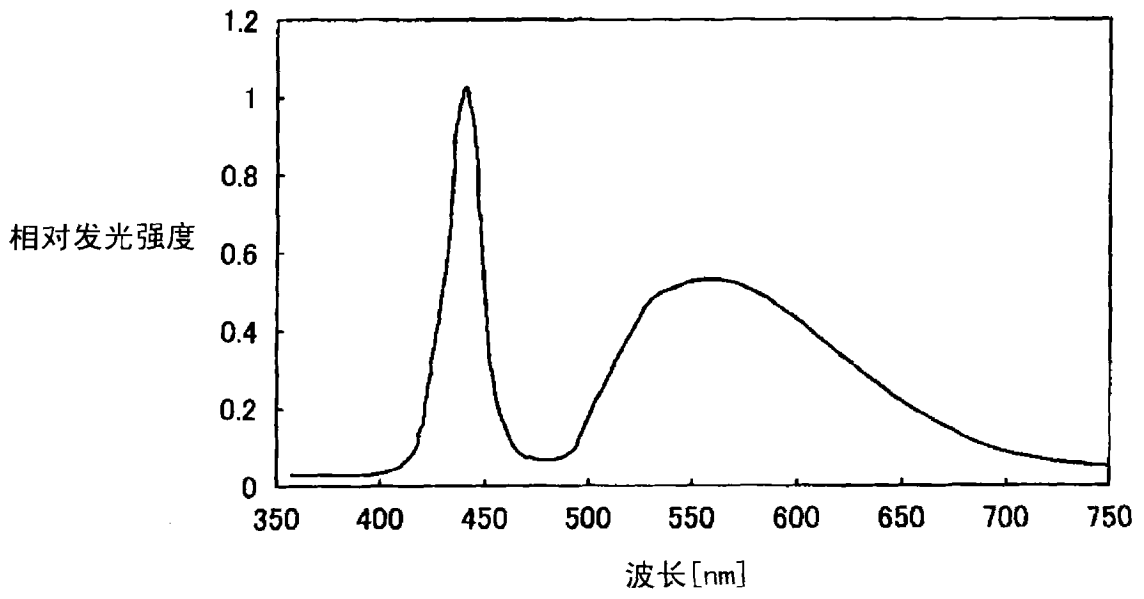


图 13

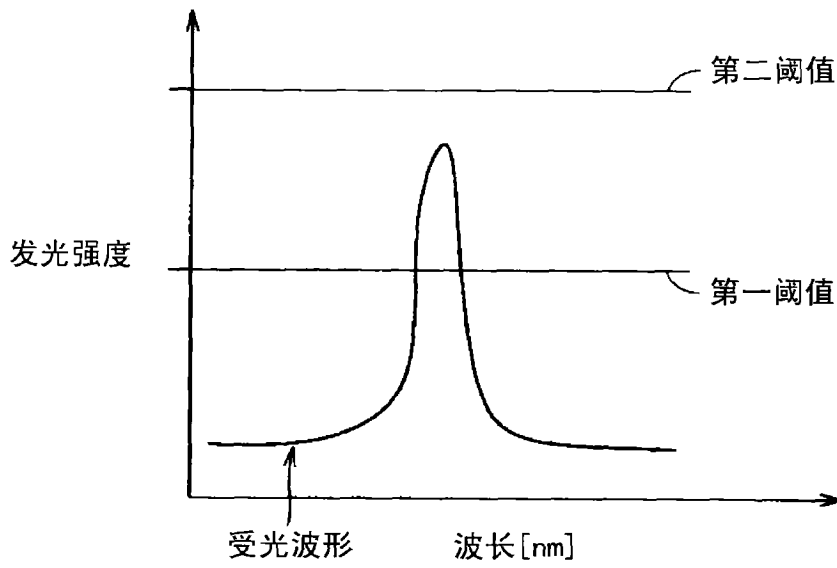


图 14

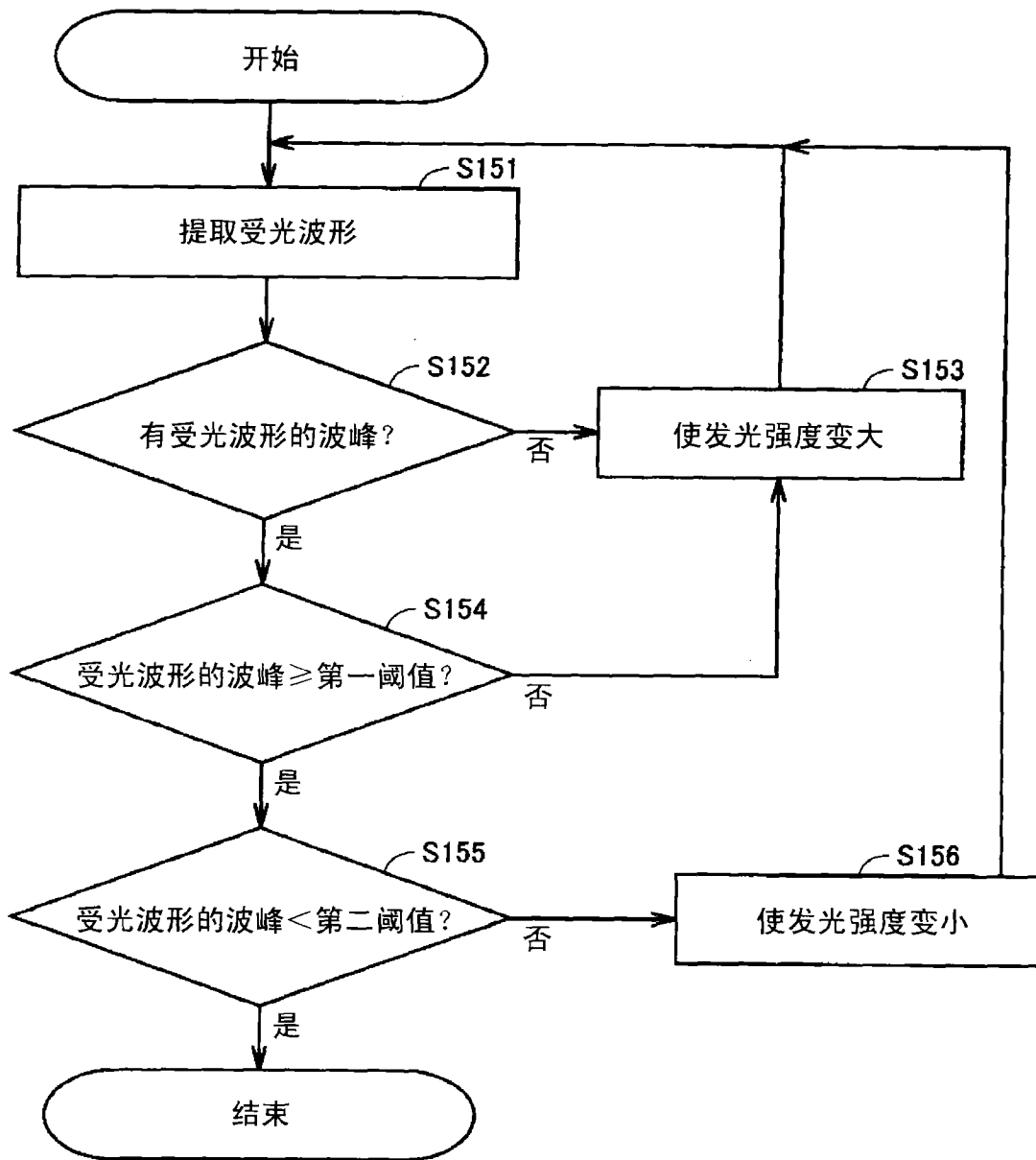


图 15