



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103673888 B

(45)授权公告日 2016.09.07

(21)申请号 201310375884.4

(22)申请日 2013.08.26

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103673888 A

(43)申请公布日 2014.03.26

(30)优先权数据

2012-187670 2012.08.28 JP

(73)专利权人 横河电机株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 千田直道 和田健一郎

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

(51)Int.Cl.

G01B 11/02(2006.01)

G01B 11/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 102313519 A, 2012.01.11,

US 2011/0013186 A1, 2011.01.20,

EP 1577639 A1, 2005.09.21,

CN 1550754 A, 2004.12.01,

JP 特开平10-9827 A, 1998.01.16,

JP 特开2012-2670 A, 2012.01.05,

JP 特开2011-237272 A, 2011.11.24,

审查员 黄蓓

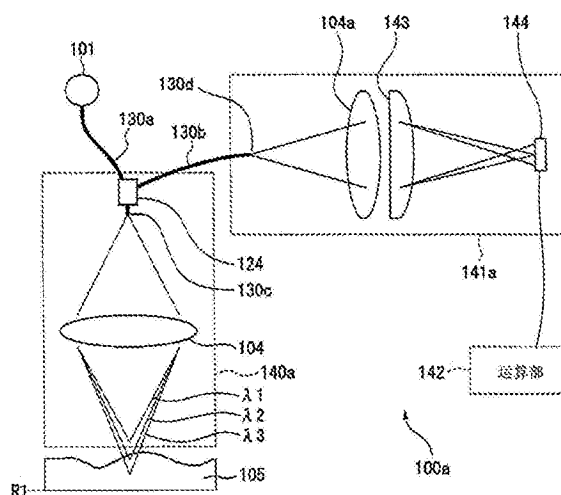
权利要求书3页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称

光学式位移计及光学式位移运算方法

(57)摘要

本发明提供一种光学式位移计,其具有:光源,其照射包含多个波长的第1光;物镜,其将光源照射的第1光向样品照射,以使得多个波长中的每个,在光轴上的不同位置合焦;分离部,其对来自样品的反射光中通过物镜的第2光进行分离,而射出第3光;光学元件,其射出使分离部射出的第3光产生色差及像散而得到的第4光;多个检测部,其对光学元件射出的第4光进行检测;以及运算部,其基于多个检测部检测出的第4光,对从基准面起的样品的高度进行运算。



1. 一种光学式位移计, 其具有:
光源, 其照射包含多个波长的第1光;
物镜, 其将前述光源照射的前述第1光向样品照射, 以使得前述多个波长中的每个, 在光轴上的不同位置合焦;
分离部, 其对来自前述样品的反射光中通过前述物镜的第2光进行分离, 而射出第3光;
光学元件, 其射出使前述分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光;
多个检测部, 其对前述光学元件射出的前述第4光进行检测; 以及
运算部, 其基于前述多个检测部检测出的前述第4光, 对从基准面起的前述样品的高度进行运算。
2. 根据权利要求1所述的光学式位移计,
前述分离部是光纤耦合器, 其将前述第2光在空间上分离, 作为前述第3光而射出。
3. 根据权利要求1所述的光学式位移计, 其具有:
第1光纤, 其使前述光源照射的前述第1光从一端入射, 使前述第1光从另一端射出; 以及
第2光纤, 其使利用前述分离部从前述第2光分离的前述第3光射出。
4. 根据权利要求3所述的光学式位移计,
前述第1光纤的前述另一端配置为, 相对于前述样品的表面而处于共焦点位置。
5. 根据权利要求1所述的光学式位移计,
前述分离部是分光器, 其将前述第2光分离为反射光和透过光, 将分离的反射光作为前述第3光而射出。
6. 根据权利要求1所述的光学式位移计, 其具有:
第1针孔, 其使前述光源照射的前述第1光从一侧入射, 使前述第1光从另一侧射出; 以及
第2针孔, 其使前述第2光从一侧入射, 将前述第2光作为前述第3光从另一侧射出。
7. 根据权利要求6所述的光学式位移计,
前述第1针孔配置为, 相对于前述样品的表面而处于共焦点位置。
8. 根据权利要求6所述的光学式位移计,
前述第2针孔配置为, 相对于前述样品的表面而处于共焦点位置。
9. 根据权利要求6所述的光学式位移计,
其还具有框体, 该框体将前述物镜和前述第2针孔包含在其中,
前述第1针孔设置在前述框体上。
10. 根据权利要求1所述的光学式位移计,
前述光学元件是色差透镜及圆柱透镜。
11. 根据权利要求1所述的光学式位移计,
前述光学元件是平行平板玻璃, 其配置在前述第4光的光轴上, 相对于前述第4光的光轴倾斜。
12. 根据权利要求1所述的光学式位移计,
前述多个检测部由第1~第4光电二极管构成。
13. 根据权利要求12所述的光学式位移计,

在前述第1～第4光电二极管检测的值分别为A1、B1、C1、D1的情况下,利用 $((A1+B1)-(C1+D1))/(A1+B1+C1+D1)$ 的关系,对从前述基准面起的前述样品的高度进行运算。

14.根据权利要求12所述的光学式位移计,

前述第1～第4光电二极管配置在与前述第4光的光轴垂直的正方形的顶点上。

15.根据权利要求1所述的光学式位移计,

前述多个检测部由第1及第2光电二极管构成。

16.根据权利要求1所述的光学式位移计,

其具有存储部,该存储部将从前述基准面起的前述样品的高度、和前述多个检测部的输出信号的运算结果相关联而进行存储,

前述运算部基于前述多个检测部的输出信号的运算结果,从前述存储部中读出前述样品的高度。

17.根据权利要求1所述的光学式位移计,

其具有移动部,该移动部使前述光学式位移计相对于前述基准面平行地移动,

前述运算部在前述移动部使前述光学式位移计移动的过程中,对前述样品的高度进行运算。

18.一种光学式位移计,其具有:

第1光源,其照射包含多个波长的第1光;

第1物镜,其将前述第1光源照射的前述第1光向样品照射,以使得前述多个波长中的每个,在光轴上的不同位置合焦;

第1分离部,其对来自前述样品的一个表面的反射光中通过前述第1物镜的第2光进行分离,而射出第3光;

第1光学元件,其射出使前述第1分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光;

多个第1检测部,其对前述第1光学元件射出的前述第4光进行检测;

第2光源,其照射包含多个波长的第5光;

第2物镜,其将前述第2光源照射的前述第5光向样品照射,以使得前述多个波长中的每个,在光轴上的不同位置合焦;

第2分离部,其对来自前述样品的另一个表面的反射光中通过前述第2物镜的第6光进行分离,而射出第7光;

第2光学元件,其射出使前述第2分离部射出的前述第7光产生色差及像散而得到的第8光;

多个第2检测部,其对前述第2光学元件射出的前述第8光进行检测;以及

运算部,其基于前述多个第1检测部检测出的前述第4光,对从基准面起的前述样品的前述一个表面侧的第1高度进行运算,并且基于前述多个第2检测部检测出的前述第8光,对从前述基准面起的前述样品的前述另一个表面侧的第2高度进行运算,然后基于前述第1高度及前述第2高度,对前述样品的厚度进行运算。

19.一种光学式位移运算方法,

从光源照射包含多个波长的第1光,

将前述光源照射的前述第1光从物镜向样品照射,以使得前述多个波长中的每个,在光

轴上的不同位置合焦，

利用分离部，对来自前述样品的反射光中通过前述物镜的第2光进行分离，而射出第3光，

从光学元件射出使前述分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光，

利用多个检测部对前述光学元件射出的前述第4光进行检测，

基于前述多个检测部检测出的前述第4光，利用运算部对从基准面起的前述样品的高度进行运算。

20. 一种光学式位移运算方法，

从第1光源照射包含多个波长的第1光，

将前述第1光源照射的前述第1光从第1物镜向样品照射，以使得前述多个波长中的每个，在光轴上的不同位置合焦，

利用第1分离部，对来自前述样品的一个表面的反射光中通过前述第1物镜的第2光进行分离，而射出第3光，

从第1光学元件射出使前述第1分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光，

利用多个第1检测部对前述第1光学元件射出的前述第4光进行检测，

从第2光源照射包含多个波长的第5光，

将前述第2光源照射的前述第5光从第2物镜向样品照射，以使得前述多个波长中的每个，在光轴上的不同位置合焦，

利用第2分离部，对来自前述样品的另一个表面的反射光中通过前述第2物镜的第6光进行分离，而射出第7光，

从第2光学元件射出使前述第2分离部射出的前述第7光产生色差及像散而得到的第8光，

利用多个第2检测部对前述第2光学元件射出的前述第8光进行检测，

基于前述多个第1检测部检测出的前述第4光，利用运算部对从基准面起的前述样品的前述一个表面侧的第1高度进行运算，基于前述多个第2检测部检测出的前述第8光，利用前述运算部对从前述基准面起的前述样品的前述另一个表面侧的第2高度进行运算，基于前述第1高度及前述第2高度，利用前述运算部对前述样品的厚度进行运算。

光学式位移计及光学式位移运算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学式位移计及光学式位移运算方法,详细地说,涉及实现小型化、低成本化、高速响应化的光学式位移计及光学式位移运算方法。

背景技术

[0002] 图6是作为现有技术的第1光学式位移计200a的结构图。具体地说,图6是日本特开平10-9827中记载的光学式位移计200a的结构图。

[0003] 在图6中,从Xe灯等白色光源201发出的、包含多个波长成分的光通过针孔206a后,通过分光器203由物镜204聚焦,照射在样品205上。

[0004] 在样品205上反射的光由分光器203反射,通过针孔206b入射至光检测器207中。光检测器207具有滤色器208a、208b和受光传感器209R、209G、209B。滤色器208a、208b是将入射光分解为三原色的分色镜。受光传感器209R、209G、209B是接收三原色的光的传感器。

[0005] 一般地,透镜的焦点距离 f 由下式(1)近似地表示。

[0006]
$$(1/f) = (n-1) \times \{(1/r_1) - (1/r_2)\} \cdots (1)$$

[0007] 在式(1)中, n 是构成透镜的玻璃材质的折射率, r_1 、 r_2 是透镜的曲率半径。

[0008] 如上述式(1)所示,焦距 f 依赖于透镜的折射率 n 。透镜的折射率 n 依赖于通过的光的波长 λ 。由此,光的合焦位置与波长 λ 相对应,在光轴方向上不相同。

[0009] 在图6的说明中,对波长的长度为 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ 的情况进行说明。

[0010] 如图6所示,如果波长 λ_2 的光在样品205的顶部合焦,则波长 λ_1 的光,由于其焦距较短,因此在样品205的前方(图6的纸面上方)合焦。另外,波长 λ_3 的光,由于其焦距较长,因此在样品205的后方(图6的纸面下方)合焦。

[0011] 例如,在波长 λ_1 的光是B(蓝色)、波长 λ_2 的光是G(绿色)、波长 λ_3 的光是R(红色)的情况下,在样品205的顶部合焦的波长 λ_2 的光最多地经由滤色器208a、208b入射至受光传感器209G中。处理部210a根据各受光传感器209B、209G、209R接收的各光量,检测出受光传感器209G的受光量最多,将从基准面R0起的样品205的高度确定为绿色光的合焦位置。

[0012] 图7是作为现有技术的第2光学式位移计200b的结构图。在图7中,在光检测器207中设置有线传感器214。

[0013] 在图7中,通过针孔206a后入射至光检测器207中的光,利用透镜211成为平行光。该平行光由作为光谱分光器的三棱镜212分光为各波长成分的光。分光后的光由透镜213聚焦。然后,会聚的光入射至由CCD(电荷结合元件)等构成的线传感器214中。

[0014] 在这种结构中,在样品205的顶部反射的光是波长 λ_2 绿色光的情况下,在线传感器214上的与波长 λ_2 相对应的位置上照射最多的光。

[0015] 因此,只要预先求出样品205的高度与线传感器214的受光位置的关系,处理部210b就可以从线传感器214的受光位置求出样品205的高度。

[0016] 图8是作为现有技术的第3光学式位移计200c的结构图。具体地说,图8是在日本特开2011-39026中记载的光学式位移计200c的结构图。在图8中,在光轴上,对于色差较大的

物镜204,焦距随着光波长(色)而不同。也就是说,蓝色光B0在距离物镜204较近的位置合焦,红色光R0在距离物镜204较远的位置合焦。绿色光G0在蓝色光B0的合焦位置与红色光R0的合焦位置之间的位置合焦。光学式位移计200c在测定范围M0中测定样品205。在日本特开2011-39026中,相对于物镜204,作为测定对象的样品205和相反侧的共焦点,不论颜色如何均视为相同。如果配置白色或者宽带域的点光源,则与样品205的高度相对应,在样品205上合焦的颜色以一一对应的关系变化。因此,如果在来自样品205的反射光返回时的共焦点位置上设置针孔等空间过滤器,并使反射光通过,则可以将样品205上合焦的颜色的光提取出。在日本特开2011-39026中利用了该原理。

[0017] 并且,在日本特开2011-39026中,通过使用处理部210c内的衍射格栅等分光器226而指定颜色(光波长),从而测定与颜色成为一一对应的关系的样品205的高度(位移)。

[0018] 一般地,使用光纤230将白色光(宽带域光)引导至传感器头部215的共焦点处,将光纤端面230a的纤芯看作为针孔并作为共焦点,向校准透镜216施加发散光。

[0019] 被样品205反射后,照射在样品205上的白色光中的、在样品205上合焦的颜色的光选择地集中在光纤端面230a的共焦点位置。集中在共焦点位置的光进入光纤纤芯内,经由光纤耦合器224向分光器226引导。另一方面,对于其他颜色的光,光纤端面230a的纤芯相当于针孔而限制入射的光。由此,除在样品205上合焦的颜色的光之外的光,被光纤纤芯的外周遮挡,不会入射至光纤230内。

[0020] 分光器226对返回光纤230内的光的波长进行检测。分光器226检测出的波长输入至电子电路228并处理。

[0021] 利用上述图6所示的分色镜而使用3路径的光学式位移计200a,其装置大型化。另外,分色镜价格较高,在测定范围的精度上存在局限,成本升高。

[0022] 另外,使用上述图7所示的三棱镜212和线传感器214的光学式位移计200b,其装置大型化。另外,线传感器214的价格较高,无法使读出速度高速化。

[0023] 另外,使用上述图8所示的分光器226的光学式位移计200c,分光器226及电子电路228的价格较高。

发明内容

[0024] 本发明提供一种光学式位移计及光学式位移运算方法,其使装置的制造成本减少,使读出速度高速化,使装置小型化。

[0025] (1)本发明的第1方式是下述光学式位移计,其具有:光源,其照射包含多个波长的第1光;物镜,其将前述光源照射的前述第1光向样品照射,以使得前述多个波长中的每个,在光轴上的不同位置合焦;分离部,其对来自前述样品的反射光中通过前述物镜的第2光进行分离,而射出第3光;光学元件,其射出使前述分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光;多个检测部,其对前述光学元件射出的前述第4光进行检测;以及运算部,其基于前述多个检测部检测出的前述第4光,对从基准面起的前述样品的高度进行运算。

[0026] (2)在本发明的第1方式中,前述分离部是光纤耦合器,其将前述第2光在空间上分离,作为前述第3光而射出。

[0027] (3)本发明的第1方式中也可以具有:第1光纤,其使前述光源照射的前述第1光从一端入射,使前述第1光从另一端射出;以及第2光纤,其使利用前述分离部从前述第2光分

离的前述第3光射出。

[0028] (4)在本发明的第1方式中,前述第1光纤的前述另一端配置为,相对于前述样品的表面而处于共焦点位置。

[0029] (5)在本发明的第1方式中,前述分离部是分光器,其将前述第2光分离为反射光和透过光,将分离的反射光作为前述第3光而射出。

[0030] (6)在本发明的第1方式中也可以具有:第1针孔,其使前述光源照射的前述第1光从一侧入射,使前述第1光从另一侧射出;以及第2针孔,其使前述第2光从一侧入射,将前述第2光作为前述第3光从另一侧射出。

[0031] (7)在本发明的第1方式中,前述第1针孔也可以配置为,相对于前述样品而处于共焦点位置。

[0032] (8)在本发明的第1方式中,前述第2针孔也可以配置为,相对于前述样品而处于共焦点位置。

[0033] (9)在本发明的第1方式中还具有框体,其还具有框体,该框体将前述物镜和前述第2针孔包含在其中,前述第1针孔设置在前述框体上。

[0034] (10)在本发明的第1方式中,前述光学元件也可以是色差透镜及圆柱透镜。

[0035] (11)在本发明的第1方式中,前述光学元件也可以是平行平板玻璃,其配置在前述第4光的光轴上,相对于前述第4光的光轴倾斜。

[0036] (12)在本发明的第1方式中,前述多个检测部也可以由第1~第4光电二极管构成。

[0037] (13)在本发明的第1方式中,在前述第1~第4光电二极管检测的值分别为A1、B1、C1、D1的情况下,也可以利用 $((A1+B1)-(C1+D1)/(A1+B1+C1+D1))$ 的关系,对从前述基准面起的前述样品的高度进行运算。

[0038] (14)在本发明的第1方式中,前述第1~第4光电二极管也可以配置在与前述第4光的光轴垂直的正方形的顶点上。

[0039] (15)在本发明的第1方式中,前述多个检测部也可以由第1及第2光电二极管构成。

[0040] (16)在本发明的第1方式中也可以具有存储部,该存储部将从前述基准面起的前述样品的高度、和前述多个检测部的输出信号的运算结果相关联而进行存储,前述运算部基于前述多个检测部的输出信号的运算结果,从前述存储部中读出前述样品的高度。

[0041] (17)在本发明的第1方式中也可以具有移动部,该移动部使前述光学式位移计相对于前述基准面平行地移动,前述运算部在所述移动部使前述光学式位移计移动的过程中,对前述样品的高度进行运算。

[0042] (18)本发明的第2方式是下述光学式位移计,其具有:第1光源,其照射包含多个波长的第1光;第1物镜,其将前述第1光源照射的前述第1光向样品照射,以使得前述多个波长中的每个,在光轴上的不同位置合焦;第1分离部,其对来自前述样品的一个表面的反射光中通过前述第1物镜的第2光进行分离,而射出第3光;第1光学元件,其射出使前述第1分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光;多个第1检测部,其对前述第1光学元件射出的前述第4光进行检测;第2光源,其照射包含多个波长的第5光;第2物镜,其将前述第2光源照射的前述第5光向样品照射,以使得前述多个波长中的每个,在光轴上的不同位置合焦;第2分离部,其对来自前述样品的另一个表面的反射光中通过前述第2物镜的第6光进行分离,而射出第7光;第2光学元件,其射出使前述第2分离部射出的前述第7光产生色差

及像散而得到的第8光；多个第2检测部，其对前述第2光学元件射出的前述第8光进行检测；以及运算部，其基于前述多个第1检测部检测出的前述第4光，对从基准面起的前述样品的前述一个表面侧的第1高度进行运算，并且基于前述多个第2检测部检测出的前述第8光，对从前述基准面起的前述样品的前述另一个表面侧的第2高度进行运算，然后基于前述第1高度及前述第2高度，对前述样品的厚度进行运算。

[0043] (19)本发明的第3方式是下述光学式位移运算方法，即，从光源照射包含多个波长的第1光，将前述光源照射的前述第1光从物镜向样品照射，以使得前述多个波长中的每个，在光轴上的不同位置合焦，利用分离部，对来自前述样品的反射光中通过前述物镜的第2光分离部进行分离，而射出第3光，从光学元件射出使前述分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光，利用多个检测部对前述光学元件射出的前述第4光进行检测，基于前述多个检测部检测出的前述第4光，利用运算部对从基准面起的前述样品的高度进行运算。

[0044] (20)本发明的第4方式是下述光学式位移运算方法，即，从第1光源照射包含多个波长的第1光，将前述第1光源照射的前述第1光从第1物镜向样品照射，以使得前述多个波长中的每个，在光轴上的不同位置合焦，利用第1分离部对来自前述样品的一个表面的反射光中通过前述第1物镜的第2光进行分离，而射出第3光，从第1光学元件射出使前述第1分离部射出的前述第3光产生色差及像散而得到的第4光，利用多个第1检测部对前述第1光学元件射出的前述第4光进行检测，从第2光源照射包含多个波长的第5光，将前述第2光源照射的前述第5光从第2物镜向样品照射，以使得前述多个波长中的每个，在光轴上的不同位置合焦，利用第2分离部对来自前述样品的另一个表面的反射光中通过前述第2物镜的第6光进行分离，而射出第7光，从第2光学元件射出使前述第2分离部射出的前述第7光产生色差及像散而得到的第8光，利用多个第2检测部对前述第2光学元件射出的前述第8光进行检测，基于前述多个第1检测部检测出的前述第4光，利用运算部对从基准面起的前述样品的前述一个表面侧的第1高度进行运算，并且基于前述多个第2检测部检测出的前述第8光，利用前述运算部对从前述基准面起的前述样品的前述另一个表面侧的第2高度进行运算，然后基于前述第1高度及前述第2高度，利用前述运算部对前述样品的厚度进行运算。

[0045] 根据本发明，可以提供一种光学式位移计及光学式位移运算方法，其使装置的制造成本减少，使读出速度高速化，使装置小型化。

附图说明

[0046] 图1是根据本发明的第1实施方式的光学式位移计的要部结构图。

[0047] 图2是表示反射光在4分光电二极管的表面成为不同的椭圆率的状态的图。

[0048] 图3是根据本发明的第2实施方式的光学式位移计的要部结构图。

[0049] 图4是根据本发明的第3实施方式的光学式位移计的要部结构图。

[0050] 图5是根据本发明的第4实施方式的光学式位移计的要部结构图。

[0051] 图6是作为现有技术的第1光学位移计的结构图。

[0052] 图7是作为现有技术的第2光学位移计的结构图。

[0053] 图8是作为现有技术的第3光学位移计的结构图。

具体实施方式

[0054] 下面,参照附图对本发明的第1~第4实施方式进行说明。本发明的第1~第4实施方式涉及的下述说明,只是对在附加的权利要求中规定的发明及其等同物具体地进行说明,目的并不是对其进行限定,这对本领域技术人员来说基于本公开内容是可以理解的。

[0055] (第1实施方式)

[0056] 首先,对第1实施方式的光学式位移计100a进行说明。

[0057] 图1是本发明的第1实施方式的光学式位移计100a的要部结构图。

[0058] 在图1中,光源101是照射包含多个波长的光的白色光源。光源101照射的光入射至光纤130a内。入射至光纤130a内的光从光纤130a的射出口130c射出。成像光学系140a具有光纤耦合器124、物镜104。样品105隔着物镜104配置在与光纤耦合器124相反的一侧。物镜104是色差透镜。透过物镜104的光照射在样品105上。

[0059] 在这里,从样品105产生例如波长 λ_1 的光(蓝色)、波长 λ_2 的光(绿色)、波长 λ_3 的光(红色)作为反射光。此外,光纤130a的射出口130c可视为点光源。光纤130a的射出口130c配置为,相对于样品105的表面而处于共焦点位置。

[0060] 被样品105反射的反射光在与入射路径相同的路径上逆向行进,由设置在光纤130a上的光纤耦合器124在空间上进行分离,经由光纤130b入射至反射光成像光学系141a内。

[0061] 反射光成像光学系141a具有色差透镜104a、圆柱透镜143及4分光电二极管144。

[0062] 从光纤130b的射出口130d射出的反射光透过色差透镜104a,该色差透镜104a用于使该反射光向距离随波长而不同的焦点位置射出。透过色差透镜104a的光透过圆柱透镜143。

[0063] 圆柱透镜143使反射光产生像散,在4分光电二极管144的表面生成依赖于波长的成像形状。利用圆柱透镜143,在截面具有曲线的表面中包含的光会聚,而在截面不具有曲线的表面中包含的光不会聚。其结果,在与光轴垂直的表面上观察透过圆柱透镜143的光的情况下,一般具有椭圆形的强度分布。

[0064] 圆柱透镜143是为了产生像散而使用的。此外,只要是起到与圆柱透镜143相同的作用的元件即可,也可以使用其他元件。作为该元件的一个例子,可以使用相对于光轴不是旋转对称的光学系,可以使用在光轴上倾斜地配置的平行平板玻璃。

[0065] 图2是表示反射光在4分光电二极管144的表面成为不同的椭圆率的状态的图。具体地说,图2的窗口W1表示下述情形,即,从图1所示的光纤130b的射出口130d射出的反射光,透过色差透镜104a后透过圆柱透镜(圆柱透镜)143,到达4分光电二极管144。图2的窗口W2表示在4分光电二极管144的表面成为不同的椭圆率的状态。

[0066] 如图2所示,4分光电二极管144具有光电二极管144A、144B、144C、144D。在图2中,表示光电二极管144A、144B、144C、144D配置在与圆柱透镜143射出的光的光轴垂直的正方形的顶点上的情况。

[0067] 来自4分光电二极管144的输出分别输入至运算部142,对4分光电二极管144的输出进行运算,得到关于检测面上的图像的形状的信息。例如,如果将图2的光电二极管144A、144B、144C、144D的输出作为A1、B1、C1、D1,则只要进行 $((A1+B1)-(C1+D1))/(A1+B1+C1+D1)$

D1))的运算即可,在纵长形状时为正值,在横长形状时为负值。由于可以从该运算结果确定波长,因此最终可以求出样品105从基准面起的高度(样品105的厚度)。例如,运算部142具有存储部(省略图示),其预先对样品105的表面从基准面R1起的高度,以及光电二极管144A、144B、144C、144D的输出信号的运算结果相关联而进行存储。在获得光电二极管144A、144B、144C、144D的输出信号的运算结果的情况下,运算部142从存储部读出与该运算结果相对应的高度,确定样品105的表面从基准面R1起的高度。

[0068] 此外,作为运算部142,可以使用电气电路或微型计算机、微型控制器等。

[0069] 在第1实施方式中,作为圆柱透镜143射出的光的检测元件,使用了4分光电二极管144,但并不限于此。例如,也可以将多个检测元件的强度比随着成像形状的变化而变化的元件用作检测元件。例如,作为检测元件,也可以不使用4分光电二极管144,而使用2分光电二极管。

[0070] (第2实施方式)

[0071] 下面,对本发明的第2实施方式涉及的光学式位移计100b进行说明。此外,对于第2实施方式采用与第1实施方式相同的结构的部分,标注相同的标号,省略它们的说明。

[0072] 图3是本发明的第2实施方式涉及的光学式位移计100b的要部结构图。在第2实施方式中,与第1实施方式的不同点在于:取代光纤130a、130b而使用针孔106a、106b;使用分光器103将来自样品105的反射光分离;使利用分光器103分离的反射光经由针孔106b入射至反射光成像光学系141b内。

[0073] 第2实施方式涉及的成像光学系140b具有针孔106a、针孔106b、色差透镜104。

[0074] 在图3中,使光源101照射的光通过第1针孔106a而向成像光学系140b导入。针孔106a及106b配置为,相对于样品105的表面而处于共焦点位置。

[0075] 另外,在从针孔106a至样品105的表面之间配置分光器,作为将反射光在空间上进行路径分离的分离部,在由分光器103分离的反射光聚焦的位置上配置第2针孔106b。由于反射光成像光学系141b的其他结构和作用,与图1所示的第1实施方式涉及的反射光成像光学系141a相同,因此省略其说明。

[0076] 在图3所示结构的光学式位移计100b中,与图1所示的第1实施方式涉及的光学式位移计100a相同地起作用。

[0077] (第3实施方式)

[0078] 下面,对本发明的第3实施方式涉及的光学式位移计100c进行说明。此外,对于第3实施方式采用与第2实施方式相同的结构的部分,标注相同的标号,省略它们的说明。

[0079] 图4是本发明的第3实施方式涉及的光学式位移计100c的要部结构图。在第3实施方式中,与第1实施方式的不同点在于:取代光纤130a、130b而使用针孔106a、106b;使用分光器103将来自样品105的反射光分离;使利用分光器103分离的反射光经由针孔106b入射至反射光成像光学系141b内。

[0080] 另外,在第3实施方式中,与第2实施方式的不同点在于,并非如图3所示的第2实施方式这样,在成像光学系140b的内部设置针孔106a。具体地说,在第3实施方式中,成像光学系140c的立方体状的框体1400将物镜104及针孔106b包含在其中。并且,针孔106b设置在框体1400的上表面的中央。

[0081] 在第3实施方式中,由于无需另外设置支撑光源101的支撑部及针孔101b,因此与

第2实施方式涉及的成像光学系140b相比,可以降低制造成本。

[0082] 此外,针孔106b配置为,相对于样品105的表面而处于共焦点位置。

[0083] 图4所示结构的光学式位移计100c,与图1所示的第1实施方式涉及的光学式位移计100a相同地起作用。

[0084] (第4实施方式)

[0085] 下面,对本发明的第4实施方式涉及的光学式位移计100d进行说明。此外,对于第4实施方式采用与第1实施方式相同的结构的部分,标注相同的标号,省略其说明。

[0086] 图5是本发明的第4实施方式涉及的光学式位移计100d的要部构造图。第4实施方式的光学位移计100d与第1实施方式相同地,具有成像光学系140a及反射光成像光学系141a。并且,第4实施方式的光学位移计100d还具有成像光学系140d及反射光成像光学系141d。

[0087] 成像光学系140d、反射光成像光学系141d与成像光学系140a、反射光成像光学系141a相同地起作用。也就是说,光源301、光纤330a、330b、光纤耦合器324、色差透镜304、304a、圆柱透镜343、4分光电二极管344,分别与在第1实施方式中说明的光源101、光纤130a、130b、光纤耦合器124、色差透镜104、104a、圆柱透镜143、4分光电二极管144相同地起作用。

[0088] 在第4实施方式中,对于作为板状或薄板状的测定对象的样品105,通过利用一对成像光学系140a、140d隔着样品105配置在两侧而分别进行测定,从而可以计算样品105的厚度。

[0089] 也就是说,第4实施方式的光学式位移计100d具有:光源101,其照射包含多个波长的第1光;物镜104,其使光源101照射的第1光向样品照射,以使得多个波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 中的每个,在光轴上的不同位置合焦;光纤耦合器124,其对来自样品105的一个表面的反射光中通过物镜104的第2光进行分离,而射出第3光;色差透镜104a,其射出使光纤耦合器124射出的第3光产生色差而得到的第4光;圆柱透镜143,其射出使色差透镜104a射出的第4光产生像散而得到的第5光;以及4分光电二极管144,其对圆柱透镜143射出的第5光进行检测。

[0090] 另外,第4实施方式的光学式位移计100d具有:光源301,其照射包含多个波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 的第6光;物镜304,其使光源301照射的第6光向样品105照射,以使得多个波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 中的每个,在光轴上的不同位置合焦;光纤耦合器324,其对来自样品105的另一个表面的反射光中通过物镜304的第7光进行分离,而射出第8光;色差透镜304a,其射出使光纤耦合器324射出的第8光产生色差而得到的第9光;圆柱透镜343,其射出使色差透镜304a射出的第9光产生像散而得到的第10光;以及4分光电二极管344,其对圆柱透镜343射出的第10光进行检测。

[0091] 另外,第4实施方式的光学式位移计100d具有运算部142d,其基于4分光电二极管144检测出的第5光,对从基准面R1起的样品105的一个表面侧的第1高度H1进行运算,基于4分光电二极管344检测出的第10光,对从基准面R1起的样品105的另一个表面侧的第2高度H2进行运算,基于第1及第2高度H1及H2,对样品105的厚度(第1高度与第2高度的和)进行运算。

[0092] 此外,在配置于两侧的4分光电二极管144和4分光电二极管344可以在成像光学系140a、140b的光轴方向上相对地位移的情况下,通过另外设置对4分光电二极管144和4分光

电二极管344的距离进行测定的器具,可以正确地计算测定对象的厚度。

[0093] 根据第1~第4实施方式涉及的光学式位移计100a~100d的结构,作为构成反射光成像光学系141a、141b、141d的、产生色差及像散的光学元件,可以使用低成本的器具(色差透镜104a、圆柱透镜143)。由此,可以构成成本比市售分光器低的反射光成像光学系141a、141b、141d。

[0094] 另外,4分光电二极管144与在分光器中使用的数百~数千的元件阵列相比,价格较低,且可以高速动作。

[0095] 并且,由于反射光成像光学系141a、141b、141d为单纯的光学系,因此光学系变得小型、轻量,可以作为插入用的传感器而应用。

[0096] 此外,在本发明的第1~第4实施方式涉及的光学式位移计100a~100d中也可以设置移动部(未图示),其使光学式位移计100a~100d在基准面R1上相对于板状或者薄板状的测定对象(样品105)平行地移动。通过将样品105固定,利用移动部使光学式位移计100a~100d在基准面R1上平行地移动,测定样品105从基准面起的高度,可以准确地测定在样品105的基准面上的测定对象的高度(厚度)。

[0097] 此外,上述说明仅示出了以本发明的说明及示例为目的的特定最佳实施方式。例如,也可以在入射光路径或反射光路径的中途配置校准透镜而设置校准区间。

[0098] 本发明并不限于上述实施方式,在不脱离其本质的范围内可施加变更或变形。

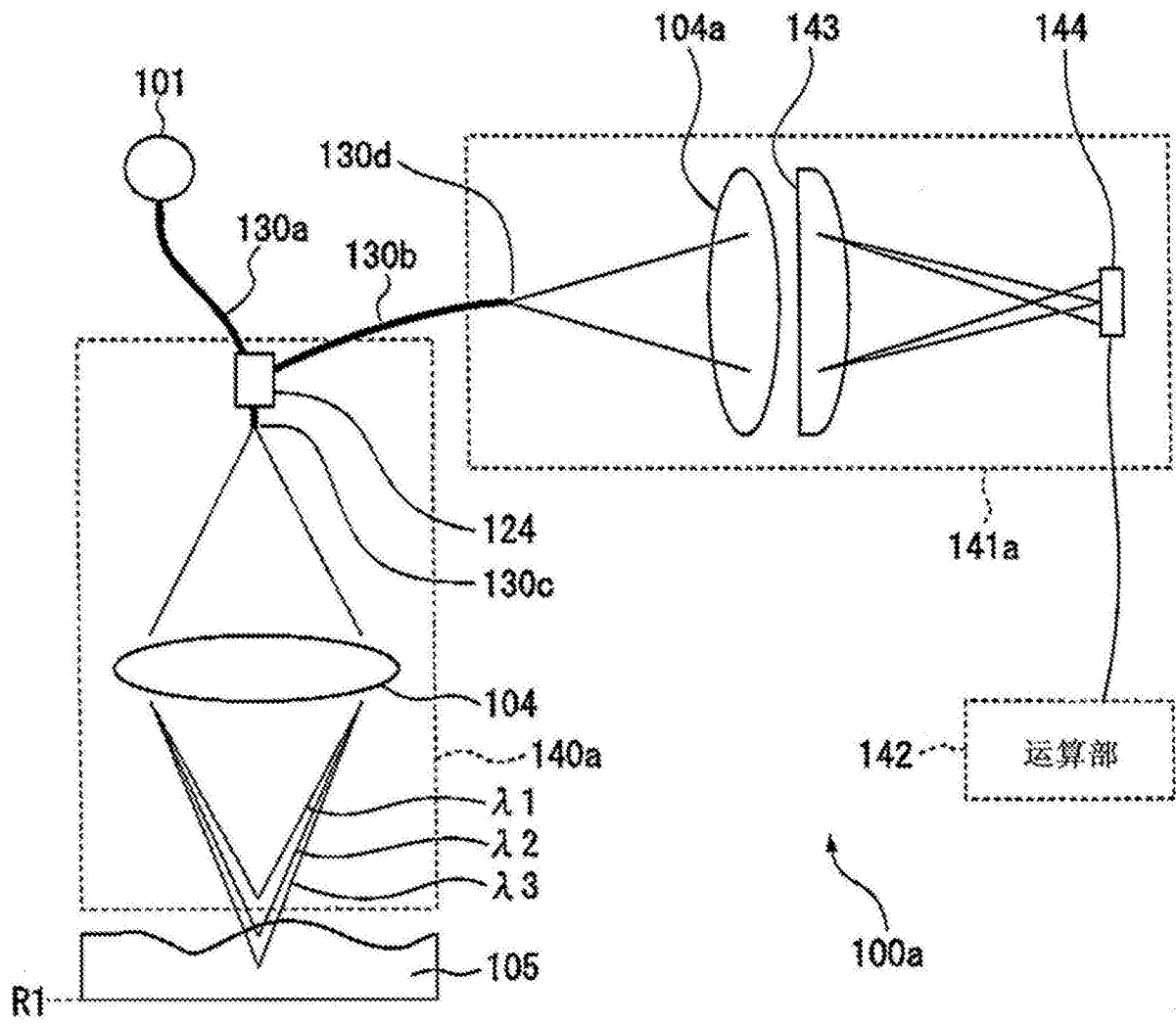


图1

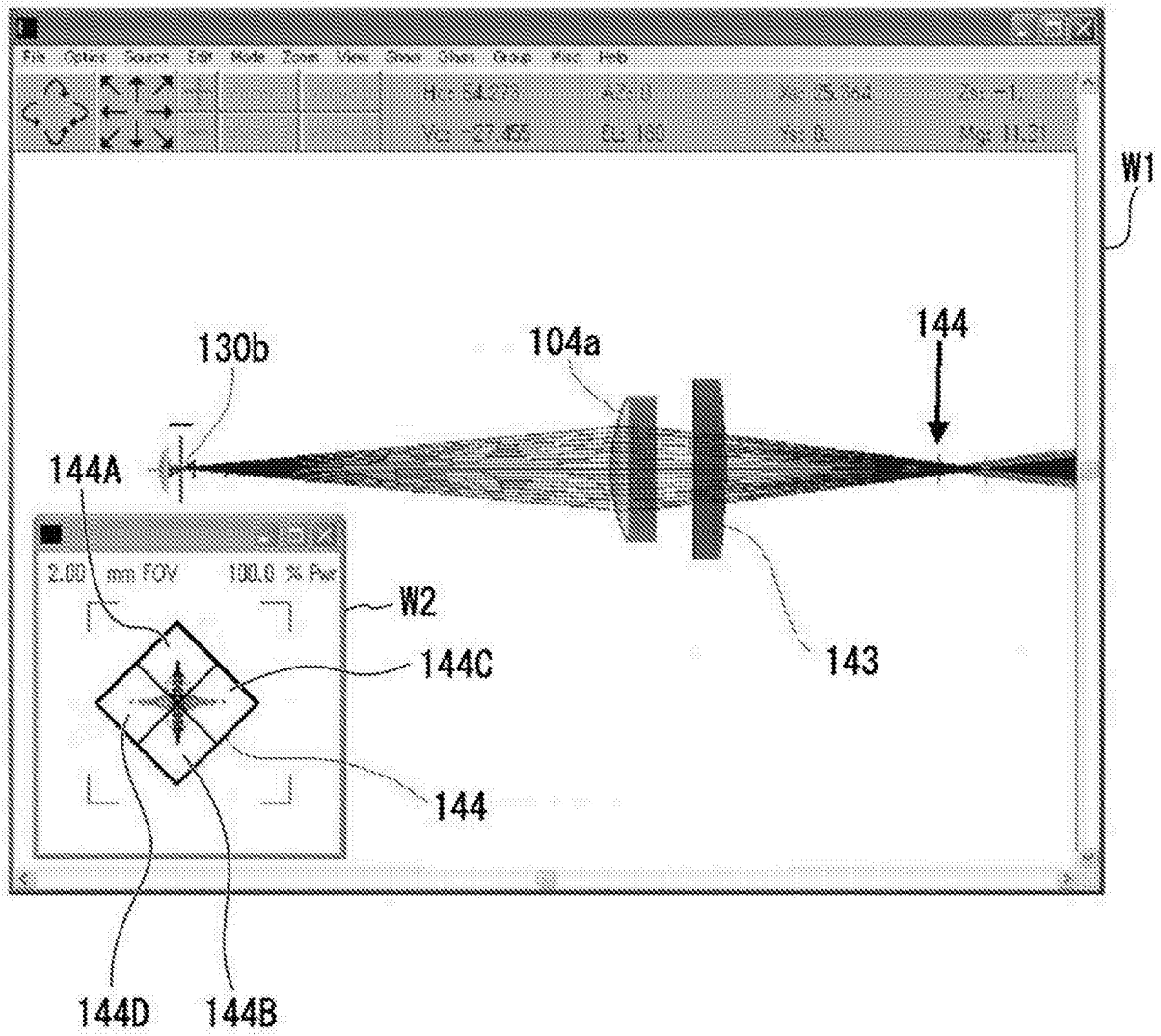


图2

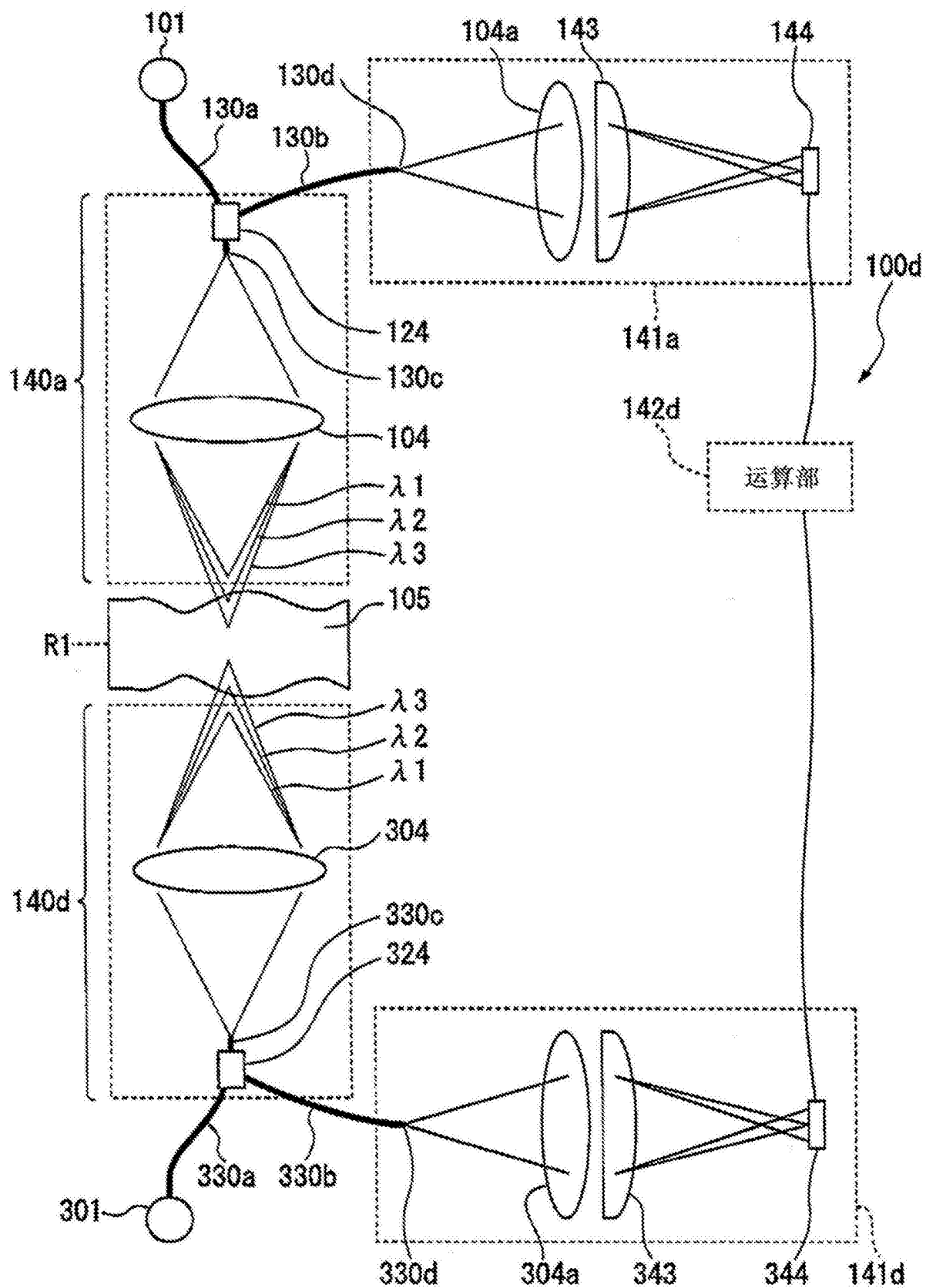


图5

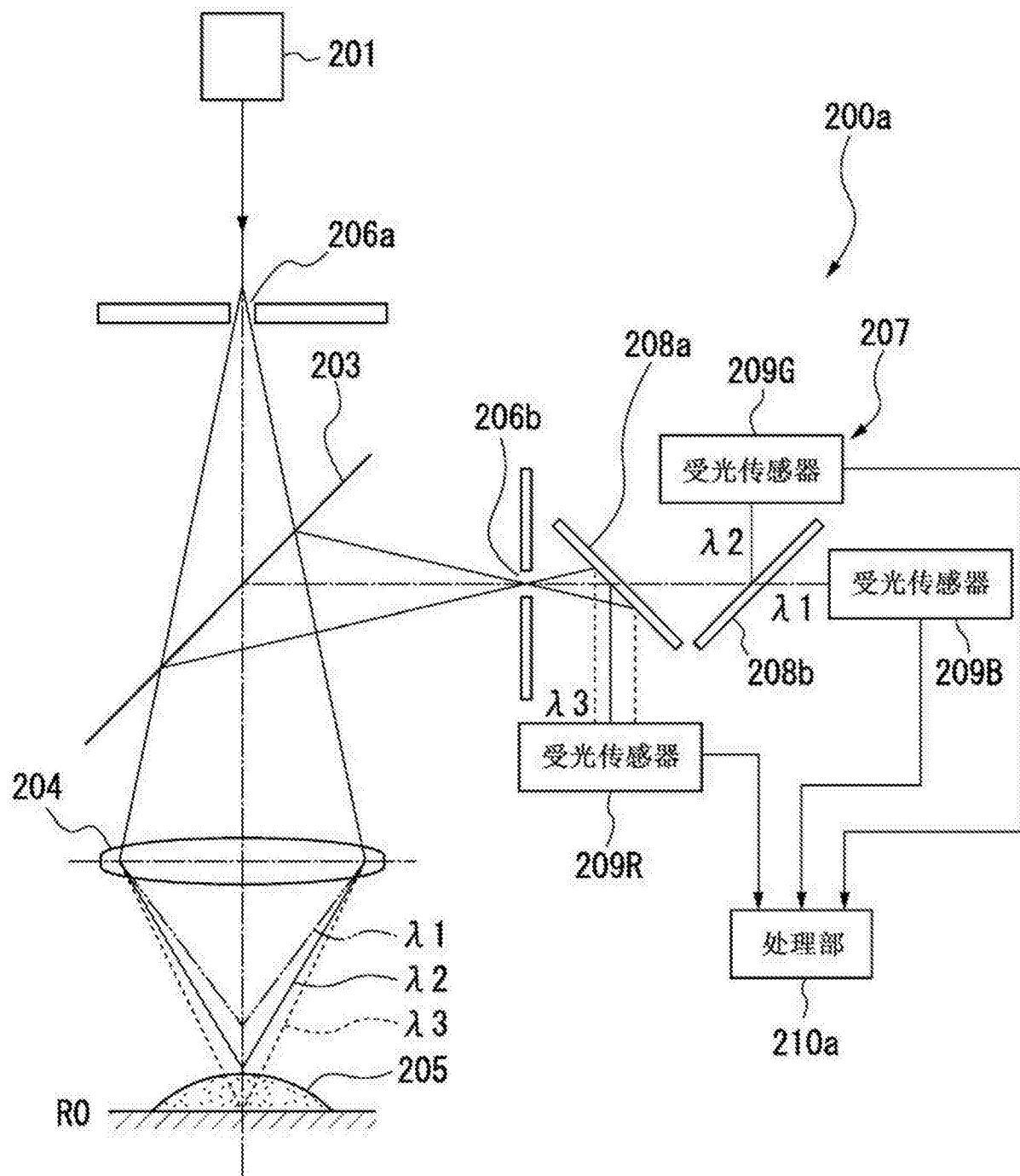


图6

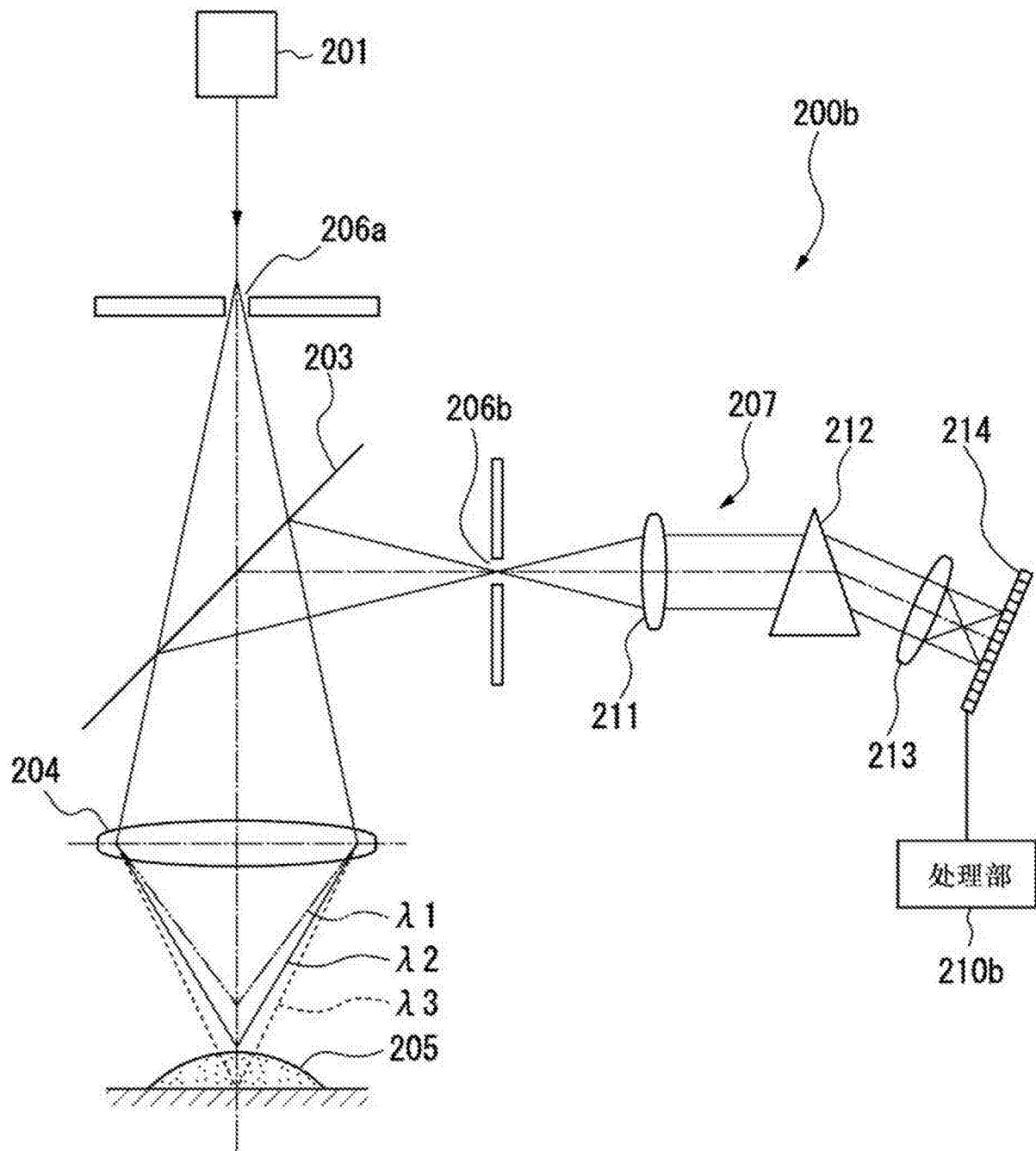


图7

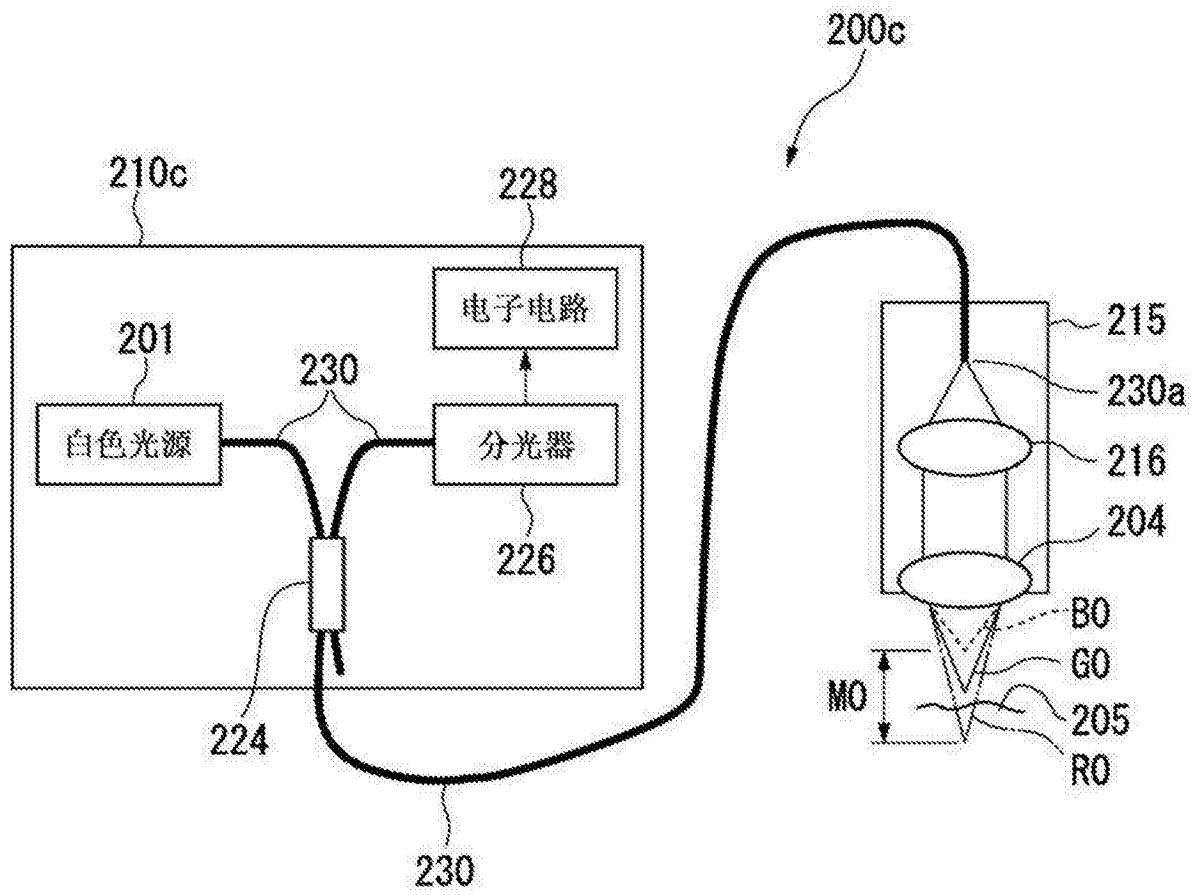


图8