



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118974539 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 15

(21) 申请号 202380031212.3

(22) 申请日 2023.03.30

(30) 优先权数据

2022-055706 2022.03.30 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/013172 2023.03.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/190865 JA 2023.10.05

(71) 申请人 大金工业株式会社

地址 日本大阪府大阪市

(72) 发明人 能美政男 坂仓淳史

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 方冬梅 邓毅

(51) Int.Cl.

G01N 21/17 (2006.01)

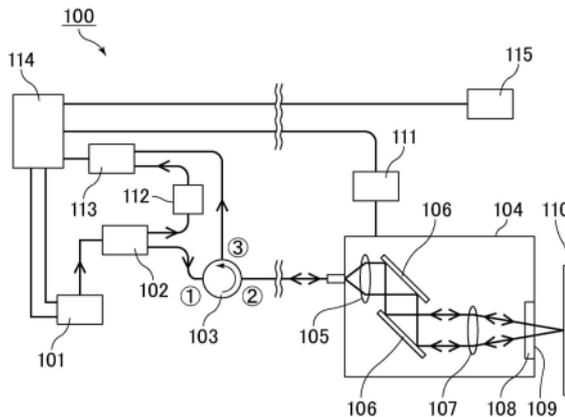
权利要求书2页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

光学干涉断层摄影装置、光学干涉断层摄影系统、光学干涉断层摄影方法以及检查方法

(57) 摘要

本发明提供能够一次性大范围地进行断层摄影并且能够对位于远处的对象进行断层摄影的光学干涉断层摄影装置等。光学干涉断层摄影装置具备将来自光源的光聚光于试样的物镜,并且基于试样光与参照光的干涉进行所述试样的断层摄影,所述试样光是来自所述试样的反射光,所述参照光是来自设于所述物镜与所述试样之间的参照面的反射光,其中,所述试样光和所述参照光双方通过所述物镜,通过了所述物镜的来自光源的光以广角照射于所述试样,所述参照面由光散射体构成。



1. 一种光学干涉断层摄影装置,其具备将来自光源的光聚光于试样的物镜,并且基于试样光与参照光的干涉进行所述试样的断层摄影,所述试样光是来自所述试样的反射光,所述参照光是来自设于所述物镜与所述试样之间的参照面的反射光,其中,所述试样光和所述参照光双方通过所述物镜,通过了所述物镜的来自光源的光以广角照射于所述试样,所述参照面由光散射体构成。
2. 根据权利要求1所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述物镜是短焦镜头或广角镜头。
3. 根据权利要求1或2所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述物镜的焦点位置是可变的。
4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述光散射体在400nm~1750nm的波段中的雾度值为5%~95%。
5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述光散射体在400nm~1750nm的波段中的全光线透过率为10%~90%。
6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述参照面为平面。
7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述光学干涉断层摄影装置具备具有所述物镜的探头。
8. 根据权利要求7所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述光学干涉断层摄影装置具备多个所述探头。
9. 根据权利要求8所述的光学干涉断层摄影装置,其中,从多个所述探头分别取得基于不同频率的光的信息。
10. 根据权利要求7至9中的任一项所述的光学干涉断层摄影装置,其中,所述探头配置为能够机械地移动。
11. 一种光学干涉断层摄影系统,其具备:
权利要求10所述的光学干涉断层摄影装置;以及
移动机构,其使该光学干涉断层摄影装置所具备的所述探头机械地移动。
12. 一种光学干涉断层摄影方法,其使用权利要求1至10中的任一项所述的光学干涉断层摄影装置或权利要求11所述的光学干涉断层摄影系统。
13. 根据权利要求12所述的光学干涉断层摄影方法,其中,将所述物镜与所述试样之间的距离设为2cm以上且小于2m来进行断层摄影。
14. 根据权利要求12或13所述的光学干涉断层摄影方法,其中,一边使具有所述物镜的探头机械地移动,一边进行断层摄影。
15. 根据权利要求12或13所述的光学干涉断层摄影方法,其中,一边使所述试样机械地移动,一边进行断层摄影。
16. 根据权利要求12至15中的任一项所述的光学干涉断层摄影方法,其中,使用多个具有所述物镜的探头来进行基于多个不同频率的光的断层摄影。
17. 根据权利要求12至16中的任一项所述的光学干涉断层摄影方法,其中,使用多个具有所述物镜的探头从多个不同的方向进行断层摄影。

18. 一种检查方法,其基于通过权利要求12至17中的任一项所述的光学干涉断层摄影方法对试样进行断层摄影而得到的图像数据,检查该试样的内部的状态。

光学干涉断层摄影装置、光学干涉断层摄影系统、光学干涉断层摄影方法以及检查方法

技术领域

[0001] 本公开涉及光学干涉断层摄影装置、光学干涉断层摄影系统、光学干涉断层摄影方法以及检查方法。

背景技术

[0002] 光学干涉断层摄影(Optical Coherence Tomography:OCT)主要在医疗领域用于眼球等生物体器官的断层摄影。

[0003] 作为光学干涉断层摄影装置,例如已知有如下的光学干涉断层摄影装置:利用分束器等对来自光源的光进行分割,分别照射到试样和参照镜而得到反射光,利用通过了各自的光路的这些反射光的干涉来进行断层摄影(例如,参照专利文献1)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2011-104127号公报

发明内容

[0007] 发明所要解决的课题

[0008] 本公开的目的在于,提供能够一次性大范围地进行断层摄影且能够对位于远处的对象进行断层摄影的光学干涉断层摄影装置,以及,使用了该光学干涉断层摄影装置的光学干涉断层摄影系统、光学干涉断层摄影方法以及检查方法。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本公开涉及一种光学干涉断层摄影装置,其具备将来自光源的光聚光于试样的物镜,并且基于试样光与参照光的干涉进行上述试样的断层摄影,上述试样光是来自上述试样的反射光,上述参照光是来自设于上述物镜与上述试样之间的参照面的反射光,其中,

[0011] 上述试样光和上述参照光双方通过上述物镜,

[0012] 通过了上述物镜的来自光源的光以广角照射于上述试样,

[0013] 上述参照面由光散射体构成。

[0014] 优选的是,上述物镜是短焦镜头或广角镜头。

[0015] 还优选的是,上述物镜的焦点位置是可变的。

[0016] 还优选的是,上述光散射体在400nm~1750nm的波段中的雾度值为5%~95%。

[0017] 还优选的是,上述光散射体在400nm~1750nm的波段中的全光线透过率为10%~90%。

[0018] 还优选的是,上述参照面为平面。

[0019] 还优选的是,上述光学干涉断层摄影装置具备具有上述物镜的探头。

[0020] 还优选的是,上述光学干涉断层摄影装置具备多个上述探头。

[0021] 还优选的是,从多个上述探头分别取得基于不同频率的光的信息。

- [0022] 还优选的是,上述探头配置为能够机械地移动。
- [0023] 本公开还涉及一种光学干涉断层摄影系统,其具备:上述的光学干涉断层摄影装置;以及移动机构,其使该光学干涉断层摄影装置所具备的上述探头机械地移动。
- [0024] 本发明还涉及一种光学干涉断层摄影方法,其使用上述的光学干涉断层摄影装置或上述的光学干涉断层摄影系统。
- [0025] 优选的是,将上述物镜与上述试样之间的距离设为2cm以上且小于2m来进行断层摄影。
- [0026] 还优选的是,一边使具有上述物镜的探头机械地移动,一边进行断层摄影。
- [0027] 还优选的是,一边使上述试样机械地移动,一边进行断层摄影。
- [0028] 还优选的是,使用多个具有上述物镜的探头来进行基于多个不同频率的光的断层摄影。
- [0029] 还优选的是,使用多个具有上述物镜的探头从多个不同的方向进行断层摄影。
- [0030] 本公开还涉及一种检查方法,其基于通过上述的光学干涉断层摄影方法对试样进行断层摄影而得到的图像数据,检查该试样的内部的状态。
- [0031] 发明效果
- [0032] 根据本公开,能提供能够一次性大范围地进行断层摄影且能够对位于远处的对象进行断层摄影的光学干涉断层摄影装置,以及,使用了该光学干涉断层摄影装置的光学干涉断层摄影系统、光学干涉断层摄影方法以及检查方法。

附图说明

- [0033] 图1是示出以往的光学干涉断层摄影(OCT)装置的一例的示意图。
- [0034] 图2是示出本公开的OCT装置的一例的示意图。
- [0035] 图3是示出本公开的OCT装置的另一例的示意图。

具体实施方式

- [0036] 在医疗领域中,一般使用图1所示那样的使用迈克尔逊干涉仪的光学干涉断层摄影(OCT)装置。在图1的OCT装置10中,从光源11输出的光被耦合器12分割,产生通过包含环行器13和参照镜14的光路的参照光以及通过包含环行器15和试样16的光路的试样光。上述参照光和试样光通过耦合器17耦合,通过光检测器18检测干涉信号。
- [0037] 在医疗领域中使用的OCT装置的重点在于从近处以高精度对眼球等极窄的范围进行断层摄影,存在难以应用于要求一次性大范围地进行断层摄影或者对位于远处的对象进行断层摄影的领域这样的问题。
- [0038] 本发明人进行了深入研究,结果发现,在试样光和参照光双方通过物镜的OCT装置中,通过构成为使通过了该物镜的来自光源的光以广角照射于试样,并由光散射体构成参照面,能够解决上述问题,从而完成了本公开的OCT装置。
- [0039] 以下,具体说明本公开。
- [0040] 本公开提供一种OCT装置,其具备将来自光源的光聚光于试样的物镜,并且基于试样光与参照光的干涉进行上述试样的断层摄影,上述试样光是来自上述试样的反射光,上述参照光是来自设于上述物镜与上述试样之间的参照面的反射光,其中,上述试样光和上

述参照光双方通过上述物镜,通过了上述物镜的来自光源的光以广角照射于上述试样,上述参照面由光散射体构成。

[0041] 在本公开的OCT装置中,来自成为摄影对象的试样的反射光即试样光以及来自参照面的反射光即参照光双方通过物镜。根据该结构,即使在远离主体(壳体)的场所使用具备上述物镜的部分(例如探头)的情况下,也不会产生试样光路与参照光路的环境(温度等)的差异,因此所得到的断层图像的偏移较小。

[0042] 此外,上述试样光和参照光从上述物镜的上述试样侧入射,向上述光源侧出射。

[0043] 上述试样光和参照光是从来自光源的光产生的。来自光源的光通过本公开的OCT装置所具备的物镜,聚光于试样。来自该试样的反射光成为试样光。另外,来自上述光源的光的一部分被设于上述物镜与上述试样之间的参照面反射,成为参照光。

[0044] 优选的是,上述试样光和参照光均是从通过了上述物镜的来自上述光源的光产生的。与像以往的迈克尔逊式OCT装置那样从在通过物镜之前被分割的光分别产生试样光和参照光的情况相比,能够减小试样光路与参照光路之间的环境的差异,能够进一步减小得到的断层图像的偏移。

[0045] 在本公开的OCT装置中,通过了上述物镜的来自光源的光以广角照射于上述试样。根据该结构,能够一次性大范围地进行断层摄影,另外,能够对位于远处的对象进行断层摄影。

[0046] “以广角照射”是指以入射到试样面的光线与试样面的垂线所成的角 α 成为0度以上且90度以下的范围进行照射。上述角 α 可以大于0度,优选为1度以上,更优选为2度以上,另外,可以小于90度,优选为30度以下,更优选为15度以下。

[0047] 此外,照射可以在上述范围整体内进行。

[0048] 作为以广角进行照射的方法,可列举以下方法:(i)通过扫描镜将利用作为物镜的短焦镜头使来自上述光源的光会聚而得到的会聚光以广角摆动,照射于上述试样;或者(ii)通过作为物镜的广角镜头将来自上述光源的光照射于上述试样。

[0049] 特别优选(i)的方法。若是(i)的方法,则能够将物镜(短焦镜头)设于扫描镜的跟前,即设于光源与扫描镜之间的光路上,因此能够提高向试样照射光的角度、到试样为止的距离的调整的自由度。

[0050] 在(i)的方法中,通过以使上述角 α 在上述范围内的方式改变扫描镜的镜面的倾斜度而进行照射,能够将来自光源的光以广角照射于试样。

[0051] 在(ii)的方法中,通过以利用下述方法求出的视场角 θ 成为0度以上且90度以下的结构进行照射,能够将来自光源的光以广角照射于试样。

[0052] 上述视场角 θ 可以大于0度,优选为1度以上,更优选为2度以上,另外,可以小于90度,优选为30度以下,更优选为15度以下。

[0053] 上述视场角 θ 利用将位于OCT装置所具备的拍摄元件的对角的两端在透镜的中心连结时的下述 $\tan\theta$ 的值求出。

[0054] $\tan\theta = \text{“拍摄元件的两端的距离的一半”} \div \text{“从透镜的中心到拍摄元件为止的距离”}$

[0055] 上述拍摄元件可以设于后述的检测器(检测器(1)),可以是CCD图像传感器或InGaAs光电二极管。

[0056] 在上述的广角照射范围内,优选入射光束充分到达物镜拍到的范围角落,在该范围内能够确保光学性能,优选相对于对焦的中心位置,色差、畸变像差等光学成像的偏移成为10%以下。

[0057] 优选的是,上述物镜是短焦镜头或广角镜头。

[0058] 上述短焦镜头是使用波长800nm~1750nm的光对焦于无限远时的焦距为50mm以下的聚光透镜。上述短焦镜头的焦距更优选为45mm以下,另外,优选为1mm以上,更优选为2mm以上。

[0059] 上述焦距能够根据JIS B 7094(ISO 517)进行测量。

[0060] 上述短焦镜头优选焦点位置(聚光距离)是可变的。通过使焦点位置是可变的,能够在不更换物镜的情况下变更焦点位置。

[0061] 作为焦点位置可变的短焦镜头,例如可举出能够调整上述透镜与光纤的出口之间的距离的准直透镜。

[0062] 上述短焦镜头优选焦距是可变的。通过使焦距是可变的,能够在不更换物镜的情况下变更焦距。

[0063] 上述短焦镜头也可以是消色差光纤准直器(Achromatic fiber collimator)等准直透镜。

[0064] 上述短焦镜头在上述(i)的方法中能够特别适合使用。

[0065] 上述广角镜头使用波长800nm~1750nm的光对焦于无限远时的焦距可以为200mm以下,优选为100mm以下,更优选为50mm以下,更优选为40mm以下。另外,可以为1mm以上,优选为2mm以上,更优选为8mm以上。

[0066] 上述焦距能够根据JIS B 7094(ISO 517)进行测量。

[0067] 上述广角镜头优选焦点位置(聚光距离)是可变的。通过使焦点位置是可变的,能够在不更换物镜的情况下变更焦点位置。

[0068] 上述广角镜头优选焦距是可变的。通过使焦距是可变的,能够在不更换物镜的情况下变更焦距。

[0069] 上述广角镜头也可以是广角的相机镜头。

[0070] 上述广角镜头在上述(ii)的方法中能够特别适合使用。

[0071] 上述参照面设于上述物镜与上述试样之间。上述参照面也可以与上述物镜的光轴垂直设置,但不限于此。

[0072] 上述参照面需要是对来自上述光源的光的至少一部分进行反射的面,从容易构成为试样光和参照光通过共同的光路的方面出发,优选是使来自上述光源的光的一部分透过并对一部分进行反射的面。在该方式中,透过了上述参照面的光聚光于上述试样,生成试样光,另一方面,由上述参照面反射的光成为参照光。

[0073] 上述参照面优选为平面,更优选为参照部件所具有的平面,进一步优选为该参照部件的上述试样侧的表面。

[0074] 优选上述参照部件使来自上述光源的光的一部分透过,使一部分反射。

[0075] 上述参照面由光散射体构成。上述参照部件也可以由光散射体构成。

[0076] 在将通过了上述物镜的来自上述光源的光以广角照射于试样时,根据位置,有时来自上述光源的光相对于参照面倾斜地入射。在光相对于参照面倾斜地入射的情况下,不

容易以充分的强度得到沿着与入射光相同的光路的反射光。

[0077] 在本公开的OCT装置中,通过由光散射体构成上述参照面,能够容易地从相对于参照面倾斜地入射的光得到沿着与入射光相同的光路的反射光。由此,能够一次性大范围地进行断层摄影,另外,能够对位于远处的对象进行断层摄影。

[0078] 上述光散射体在400nm~1750nm的波段中的雾度值可以为5%~95%。上述雾度值优选为10%以上,更优选为15%以上,另外,优选为90%以下,更优选为80%以下。

[0079] 上述雾度值能够依据JIS R 3106 (ISO 9050)、JIS K 7361-1 (ISO 13468-1)以及JIS K 7136 (ISO 14782)并利用雾度计测量。

[0080] 上述光散射体在400nm~1750nm的波段中的全光线透过率可以为10%~90%。上述全光线透过率优选为15%以上,更优选为20%以上,另外,优选为80%以下,更优选为70%以下。

[0081] 上述全光线透过率能够依据JIS R 3106 (ISO 9050)、JIS K 7361-1 (ISO 13468-1)以及JIS K 7136 (ISO 14782)并利用雾度计测量。

[0082] 上述光散射体只要使来自上述光源的光散射即可。例如可以举出:磨砂玻璃、玉砂玻璃、菲涅耳透镜等在表面设有微细的凹凸的玻璃或树脂;在内部具有使光散射的气泡、粒子等的玻璃或树脂等。

[0083] 作为上述光散射体,其中,优选在表面设有微细的凹凸的玻璃或树脂。

[0084] 上述参照部件的形状只要是具有平面的形状即可,可以是板状、圆柱状、棱柱状等,但优选为圆柱状。在圆柱状的情况下,也可以不必是正圆柱。另外,在上述参照部件还具有参照面以外的平面的情况下,参照面与其他平面也可以不必平行。

[0085] 上述参照部件的厚度(光轴方向的厚度)例如优选为0.01mm~50mm。上述厚度更优选为0.1mm以上,进一步优选为0.3mm以上,特别优选为0.5mm以上,另外,更优选为30mm以下,进一步优选为20mm以下,特别优选为10mm以下。

[0086] 此外,在上述参照部件的厚度不恒定的情况下,优选最薄部和最厚部的厚度均在上述范围内。

[0087] 上述参照部件优选满足下述关系式(1)。

$$[0088] \quad nd \geq Z_{\max} \quad (1)$$

[0089] (式中,nd表示上述参照部件的光学厚度, Z_{\max} 表示可测量距离。)

[0090] 光学厚度是上述参照部件的折射率与实际的(几何学的)厚度之积。

[0091] 可测量距离由下述关系式(2)表示。

$$[0092] \quad Z_{\max} = c / (4\delta f) \quad (2)$$

[0093] (式中,c表示光速, δf 表示OCT干涉信号采样的频率间隔。)

[0094] 当使用满足关系式(1)的参照部件时,基于来自上述参照部件的后方基底面(参照面的相反侧的面)的后方反射的信号不会出现在断层图像内(与深度大于0且小于 Z_{\max} 对应的范围内),因此能够得到更高精度的断层图像。

[0095] 上述参照部件更优选满足下述关系式(3)。

$$[0096] \quad n \times WD > nd > n \times Z_{\max} \quad (3)$$

[0097] (式中,n表示上述参照部件的折射率,WD表示OCT装置的工作距离。nd和 Z_{\max} 如上所述。)

[0098] 工作距离(working distance)是对焦时从物镜的试样侧的最前面到试样为止的距离。

[0099] 当使用满足关系式(3)的参照部件时,能够降低基于来自上述参照部件的后方基底面(参照面的相反侧的面)的后方反射的重影的强度,能够得到进一步高精度的断层图像。

[0100] 在能够进一步降低上述基于后方反射的重影的强度的方面,上述参照部件的厚度优选在满足关系式(3)的范围内较厚。另外,还优选使上述参照部件的后方基底面相对于参照面倾斜。

[0101] 上述效果在设置后述的抗混叠滤波器(低通滤波器)的情况下特别显著。

[0102] 上述参照部件特别优选满足下述关系式(4)。

[0103] $nd = m \times Z_{\max}$ (4)

[0104] (式中, nd 和 Z_{\max} 如上所述。 m 表示1以上的整数。)

[0105] m 优选为1以上且20以下的整数,还优选为1以上且10以下的整数。

[0106] 当使用满足关系式(4)的参照部件时,基于来自上述参照部件的后方基底面(参照面的相反侧的面)的后方反射的信号与断层图像的端部(与深度0或 Z_{\max} 对应的位置)重叠,因此对断层图像的影响小,能够得到进一步高精度的断层图像。

[0107] 上述参照面可以配置于与上述物镜之间的距离为5mm~5m的位置。上述距离优选为10mm以上,更优选为20mm以上,另外,优选为2m以下,更优选为1m以下。

[0108] 本公开的OCT装置可以具备上述参照面(参照部件)。

[0109] 上述光源可以是低相干光源,优选为使频率(波长)随时间变化而进行扫描的频率扫描光源。

[0110] 作为上述频率扫描光源,能够使用利用了波长扫描滤波器(基于多面镜的驱动、基于检流计反射镜的驱动等)的波长扫描激光、FDML激光、MEMS波长扫描光源(MEMS VCSEL、外部谐振器型MEMS法布里-珀罗激光等)、SGDBR激光等。

[0111] 作为从上述光源输出的光线,可举出可见光线、红外线,优选近红外线(NIR)。作为上述光线,优选使用波长800nm~2000nm的光线。其中,从光源的稳定性、传感器的可靠性出发,更优选以940±50nm、1100±50nm、1310±50、1550±100或1750±100nm为中心波长的光线。

[0112] 本公开的OCT装置可以具备上述光源。

[0113] 本公开的OCT装置基于上述试样光与上述参照光的干涉进行上述试样的断层摄影。上述干涉只要在原理上能够使上述试样光和参照光双方通过上述物镜即可,但优选为菲佐型干涉或者米劳(Mirau)型干涉,更优选为菲佐型干涉。

[0114] 作为可以在本公开的OCT装置中采用的OCT的种类,能够举出时域OCT(Time Domain OCT:TD-OCT)、傅立叶域OCT(Fourier Domain OCT:FD-OCT)等。作为FD-OCT,能够举出谱域OCT(Spectral Domain OCT:SD-OCT)、扫频OCT(Swept Source OCT:SS-OCT)等。其中,在灵敏度高、可测量深度深的方面,优选SS-OCT。

[0115] 优选的是,本公开的OCT装置具备具有上述物镜的探头。上述探头既可以是一个,也可以是多个。

[0116] 上述探头既可以具有上述参照面(或参照部件),也可以不具有上述参照面(或参

照部件),但优选具有参照面(或参照部件)。另外,上述探头更优选还具有后述的准直器和扫描镜。

[0117] 在本公开的OCT装置具备多个上述探头的情况下,能够利用多个上述探头并行地进行不同位置的断层摄影。

[0118] 另外,在具备多个上述探头的情况下,也可以从多个上述探头分别取得基于不同频率的光的信息。根据该结构,能够利用多个上述探头并行地进行不同深度的断层摄影。

[0119] 上述探头也可以配置为能够机械地移动。根据该结构,能够一边使上述探头机械地移动一边进行断层摄影,因此能够容易地进行大试样的断层摄影。

[0120] 上述探头的移动方向没有特别限定,可以根据进行断层摄影的范围来决定,例如既可以是与上述物镜的光轴相交的方向,也可以是与从上述物镜向试样侧出射的光线的光路相交的方向,还可以是沿着试样的形状的方向,又可以是沿着试样面的方向,也可以是与试样面大致平行的方向。

[0121] 上述结构例如能够通过将上述探头配置于后述的移动机构来实现。

[0122] 上述探头优选经由光纤与OCT装置主体(壳体)连接。在该方式中,来自上述光源的光以及上述试样光和参照光通过上述光纤传输。

[0123] 在上述方式中,即使在摄影对象位于大幅远离OCT装置主体的场所的情况下,通过调整上述光纤的长度,也能够使上述探头位于摄影对象的附近而进行断层摄影。来自上述光源的光以及上述试样光和参照光均通过上述光纤传输,因此即使在加长上述光纤的情况下,也不会产生试样光路与参照光路之间的环境的差异,得到的断层图像的偏移小。另外,由于是使用上述光纤的有线型,因此即使对于位于大幅远离上述主体的场所的摄影对象,也能够实施高分辨率的OCT测量。

[0124] 上述光纤的长度没有特别限定,能够根据摄影对象所在的场所来决定,例如可以为1m以上,优选为3m以上,更优选为5m以上,进一步优选为10m以上。另外,可以为100m以下,也可以为50m以下。

[0125] 上述OCT装置主体(壳体)例如优选具备上述光源,进而更优选具备后述的环行器、检测器、DAQ装置、运算装置等。

[0126] 优选的是,本公开的OCT装置还具备将来自上述光源的光转换为平行光的准直器。上述准直器优选设于上述光源与上述参照面之间的光路上,更优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上。

[0127] 也能够将上述物镜(优选为短焦镜头)用作上述准直器。

[0128] 优选的是,本公开的OCT装置还具备扫描镜,上述扫描镜扫描聚光于上述试样的来自上述光源的光。上述扫描镜优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上,更优选设于上述准直器与上述物镜之间的光路上。该方式特别适合于上述物镜为广角镜头的情况。

[0129] 还优选的是,上述扫描镜设于上述物镜与上述参照面之间的光路上。该方式特别适合于上述物镜为短焦镜头的情况。

[0130] 作为上述扫描镜,可举出检流计反射镜、多面镜、MEMS镜等。其中,优选检流计反射镜,更优选单轴或双轴的检流计反射镜,进一步优选双轴的检流计反射镜。

[0131] 优选的是,本公开的OCT装置还具备用于驱动上述扫描镜的驱动装置。

[0132] 优选的是,本公开的OCT装置还具备环行器,该环行器将来自上述光源的光输出到

上述物镜侧,并且将通过了上述物镜的上述试样光和参照光输出到检测该试样光和参照光的检测器侧。在该方式中,能够通过一个环行器传输上述试样光和参照光。通过如此构成,与如图1所示那样分别设置供试样光和参照光通过的环行器的情况相比,能够使装置小型化,另外,还能够降低成本。

[0133] 上述环行器优选具有3个以上的端口,更优选具有3个端口。

[0134] 上述环行器优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上,更优选设于上述光源与上述准直器之间的光路上。

[0135] 在3端口的环行器的情况下,来自上述光源的光从位于上述光源侧的第一端口输入,从位于上述物镜侧的第二端口输出。通过了上述物镜的上述试样光和参照光从第二端口输入,从位于上述检测器侧的第三端口输出。

[0136] 优选的是,本公开的OCT装置还具备检测上述试样光和参照光的检测器(也称为检测器(1))。优选的是,检测器(1)检测基于上述试样光和参照光的干涉信号。检测器(1)既可以是一个也可以是多个。

[0137] 检测器(1)优选为差分光检测器。检测器(1)也可以具有放大信号的功能。另外,也可以另外设置放大器。

[0138] 优选的是,本公开的OCT装置还具备将来自上述光源的光分割为用于生成上述试样和参照光的分割光1以及用于去除干涉信号的直流成分的分割光2的耦合器(也称为耦合器(1))。耦合器(1)优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上,更优选设于上述光源与上述环行器之间的光路上。

[0139] 在设置耦合器(1)的情况下,上述分割光1与分割光2的强度比优选为90:10~99:1,更优选为92:8~98:2。通过分割为这样的强度比,能够从干涉信号有效地去除直流成分。

[0140] 优选的是,本公开的OCT装置还具备检测分割光2的检测器(也称为检测器(2))。检测器(2)既可以是与上述的检测器(1)相同的检测器,也可以是不同的检测器。

[0141] 优选的是,本公开的OCT装置还具备使分割光2衰减的衰减器。作为上述衰减器,优选可变光衰减器(VOA)。优选的是,上述衰减器设于上述耦合器(1)与检测分割光2的检测器(2)之间的光路上。

[0142] 本公开的OCT装置也可以还具备偏振模块,该偏振模块调整来自上述光源的光的偏振状态。上述偏振模块优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上,更优选设于上述光源与上述耦合器(1)之间的光路上。

[0143] 在具备多个上述探头的情况下,本公开的OCT装置优选具备将来自上述光源的光分割为发送到各探头的耦合器(也称为耦合器(2))。上述耦合器(2)优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上,更优选设于上述环行器与上述准直器之间的光路上。

[0144] 本公开的OCT装置也可以具备对光的频率进行调制的调制器。通过使用上述调制器施加光学调制,能够自由地变更作为断层图像显示的深度。

[0145] 作为上述调制器,可举出声光(AO)调制器、电光(EO)调制器。

[0146] 在设置多个上述探头的情况下,也可以与各探头对应地设置多个上述调制器。根据该结构,能够从多个上述探头分别取得基于不同频率的光的信息,能够通过多个上述探头并行地进行不同深度的断层摄影。也能够将通过上述多个探头而得到的与不同深度对应的图像在深度方向上编码,并同时显示于后述的显示装置。

[0147] 上述调制器优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上,更优选设于上述环行器与上述准直器之间的光路上。

[0148] 在具备多个上述探头的情况下,本公开的OCT装置优选具备将来自上述多个探头的光耦合的耦合器(也称为耦合器(3))。通过设置耦合器(3),能够减少后述的DAQ装置的数量。

[0149] 也能够将上述耦合器(2)用作耦合器(3)。

[0150] 上述耦合器(3)优选设于上述光源与上述物镜之间的光路上,更优选设于上述环行器与上述准直器之间的光路上。

[0151] 优选的是,本公开的OCT装置还具备收集基于上述试样光和参照光的干涉信号的数据收集(DAQ)装置。上述DAQ装置优选包含A/D转换器。优选的是,上述DAQ装置将收集到的干涉信号转换为数字数据。

[0152] 上述DAQ装置既可以是一台,也可以是多台。在设置多个上述探头的情况下,从降低计算负荷的观点出发,优选与各探头对应地设置多个上述DAQ装置。

[0153] 优选的是,本公开的OCT装置还具备抗混叠滤波器(也称为低通滤波器),该抗混叠滤波器使大于上述可测量距离(Z_{\max})的不需要的频率成分衰减。上述抗混叠滤波器优选设于上述检测器(1)与上述DAQ装置之间的光路上。

[0154] 优选的是,本公开的OCT装置还具备运算装置,该运算装置生成基于上述试样光和参照光的干涉信号的光学干涉断层图像。上述运算装置根据强度等特性将干涉信号图像化,由此生成光学干涉断层图像。

[0155] 优选的是,本公开的OCT装置还具备显示所得到的光学干涉断层图像的显示装置。上述显示装置可以是固定式,也可以是便携式,但若是便携式,则能够在摄影现场确认图像,因此优选。另外,与上述运算装置的连接既可以是有线,也可以是无线。上述显示装置既可以是一个,也可以是多个。

[0156] 图2示出了本公开的OCT装置的一例,但是本公开的OCT装置不限于此。

[0157] 在图2的OCT装置100中,频率扫描光源101输出用于OCT的光。频率扫描光源101在每次频率扫描开始时输出触发信号。另外,利用马赫-曾德尔干涉仪检测光,输出用于频率等间隔的采样的K时钟信号。

[0158] 从频率扫描光源101输出的光在耦合器102中以95:5的强度比被分割为用于生成试样光和参照光的分割光1以及用于去除干涉信号的直流成分的分割光2。分割光1被输入到环行器103的端口1,从端口2输出,通过数米长度的光纤被传输到探头104。

[0159] 在探头104中,分割光1在被准直器105转换为平行光后,被检流计反射镜106反射,入射到作为广角镜头的物镜107。检流计反射镜106由检流计反射镜驱动器111驱动,在与光轴垂直的XY方向上扫描上述平行光。入射到物镜107的平行光穿过由光散射体构成的参照部件108而聚光于作为摄影对象的试样110,在试样面反射而作为试样光入射到物镜107。另外,入射到物镜107的平行光的一部分在参照部件108所具备的参照面109反射,作为参照光入射到物镜107。

[0160] 入射到物镜107的试样光和参照光通过检流计反射镜106、准直器105后,通过光纤输入到环行器103的端口2,从端口3输出,接着,输入到差分光检测放大器113。差分光检测放大器113检测并放大基于试样光和参照光的干涉的干涉信号。

[0161] 在耦合器102中被分割出的分割光2在被可变光衰减器112衰减后,被输入到差分光检测放大器113。差分光检测放大器113利用分割光2的信号,去除上述干涉信号所包含的直流成分。

[0162] 由差分光检测放大器113除去直流成分并且放大后的干涉信号由PC 114所具备的DAQ装置(A/D转换器)收集,转换为数字数据。干涉信号的收集根据频率扫描光源101发出的触发信号而开始,与K时钟信号同步地进行。

[0163] 此外,在差分光检测放大器113与DAQ装置之间,设有使大于可测量距离(Z_{\max})的不需要的频率成分衰减的抗混叠滤波器(未图示)。

[0164] PC 114所具备的运算装置基于由DAQ装置转换后的干涉信号,生成试样110的光学干涉断层图像,并显示于移动显示器115。

[0165] 另外,在图3示出本公开的OCT装置的另一例,但本公开的OCT装置不限于此。

[0166] 在图3的OCT装置100中,从作为短焦镜头的物镜107出射的光被检流计反射镜106反射,通过参照部件108而照射于试样110。通过利用检流计反射镜驱动器111使检流计反射镜106的倾斜度变化,能够以广角对试样110照射光。

[0167] 来自试样面的试样光被检流计反射镜106反射而入射到物镜107。另外,从物镜107出射的光的一部分在参照部件108所具备的参照面109反射,作为参照光入射到物镜107。

[0168] 其他结构如图2中所说明的那样。

[0169] 在本公开的OCT装置中,优选的是,上述探头和上述OCT装置主体(壳体)经由长度为3m以上的光纤连接,在具备上述物镜的探头的周围的氛围与上述OCT装置主体(壳体)的周围的氛围的温度差为1°C以上的情况下,得到的光学干涉断层图像的偏移为100 μm 以下。

[0170] 在工业领域等中,有时摄影对象位于大幅远离上述OCT装置主体的场所、室外、高温或低温的设施内。在这种情况下,由于探头与OCT装置主体之间的环境(温度)存在大的差异,因此在试样光路位于探头侧且参照光路位于主体侧的OCT装置中,由于试样光路与参照光路之间的环境的差异,导致所得到的断层图像产生大的偏移。与此相对,本公开的OCT装置即使在上述那样的情况下,也不会产生试样光路与参照光路之间的环境的差异,因此所得到的断层图像的偏移小。

[0171] 上述方式中的光纤的长度优选为3m以上,更优选为5m以上,进一步优选为10m以上。另外,可以为100m以下,也可以为50m以下。

[0172] 上述方式中的上述氛围的温度差优选为1°C以上,更优选为5°C以上,进一步优选为10°C以上。另外,上述温度差优选为50°C以下。

[0173] 上述光学干涉断层图像的偏移优选为100 μm 以下,更优选为50 μm 以下,特别优选为30 μm 以下。

[0174] 上述偏移(ΔZ)由下式(A)规定。

[0175]
$$\Delta Z (\mu\text{m}) = \text{dn}/\text{dT} (1/^\circ\text{C}) \times L (\text{m}) \times 10^6 \times 2 \times \Delta t (^\circ\text{C}) \quad (\text{A})$$

[0176] (式中, dn/dT 表示光纤材质的折射率的温度系数(1/°C), L 表示光纤的长度(m), Δt 表示试样光路与参照光路的温度差(°C))

[0177] 上述 ΔZ 是光学距离的偏移。

[0178] 在光纤材质为石英玻璃、光的波长为1.3 μm 、温度为室温附近的情况下, dn/dT 为约 1.9×10^{-5} (1/°C)。

[0179] 在试样光路位于探头侧且参照光路位于主体侧的OCT装置中,探头的周围的氛围与OCT装置主体的周围的氛围之间的温度差几乎都直接反映于光路的温度差 Δt ,因此所得到的断层图像的偏移 ΔZ 大。另一方面,在本公开的OCT装置中,即使在上述探头周围的氛围与上述OCT装置主体周围的氛围之间的温度差大的情况下,由于光路的温度差 Δt 极小,因此 ΔZ 也极小。

[0180] 优选的是,本公开的OCT装置在下述条件下进行的每一次断层摄影时,能够以 $10\mu\text{m}$ 以上的分辨率进行摄影的、面方向的区域为纵 $0.1\text{cm} \sim 100\text{cm}$ 、横 $0.1\text{cm} \sim 100\text{cm}$ 的范围。由此,(即使在使用其他光源的情况下也)能够一次性大范围地进行高精度的断层摄影。

[0181] (光源)

[0182] AXSUN公司高速波长扫描光源(中心波长:1310nm;扫描宽度:100nm;A扫描速率:50kHz;输出:25mW;相干长度:12mm)

[0183] (物镜与试样之间的距离)

[0184] 200cm

[0185] 本公开还提供了一种OCT系统,其具备上述的本公开的OCT装置以及使该OCT装置所具备的上述探头机械地移动的移动机构。

[0186] 根据本公开的OCT系统,能够一边使上述探头机械地移动一边进行断层摄影,因此能够容易地进行大试样的断层摄影。

[0187] 上述探头的移动方向没有特别限定,可以根据进行断层摄影的范围来决定,例如既可以是与上述物镜的光轴相交的方向,也可以是与从上述物镜向试样侧出射的光线的光路相交的方向,还可以是沿着试样的形状的方向,又可以是沿着试样面的方向,也可以是与试样面大致平行的方向。

[0188] 上述移动机构也可以是使上述探头自动移动的机构。

[0189] 能够使用本公开的OCT装置或OCT系统来进行试样的光学干涉断层摄影。本发明还提供使用上述的本公开的OCT装置或OCT系统的OCT方法。

[0190] 在本公开的OCT方法中,能够一次性大范围地进行断层摄影,并且能够对位于远处的对象进行断层摄影。

[0191] 另外,即使在远离OCT装置主体的场所进行断层摄影的情况下,也不会产生试样光路与参照光路之间的环境差异,因此所得到的断层图像的偏移小。

[0192] 在本公开的OCT方法中,能够将上述物镜与上述试样之间的距离设为 2cm 以上且小于 2m 来进行断层摄影。上述物镜与上述试样之间的距离也可以大于 3cm ,也可以为 5cm 以上,也可以为 10cm 以上,也可以为 20cm 以上。

[0193] 在本公开的OCT方法中,由于使用本公开的OCT装置或OCT系统,因此即使是如上所述位于远处的试样,也能够进行断层摄影。

[0194] 在本公开的OCT方法中,能够将上述参照面与上述试样之间的距离设为 $0 \sim 50\text{mm}$ 来进行断层摄影。上述参照面与上述试样之间的距离优选为 0.01mm 以上,更优选为 0.1mm 以上,另外,优选为 30mm 以下,更优选为 10mm 以下。

[0195] 在本公开的OCT方法中,也可以一边使具有上述物镜的探头机械地移动,一边进行断层摄影。根据该结构,能够一边使上述探头机械地移动一边进行断层摄影,因此能够容易地进行大试样的断层摄影。

[0196] 上述探头的移动方向没有特别限定,可以根据进行断层摄影的范围来决定,例如既可以是与上述物镜的光轴相交的方向,也可以是与从上述物镜向试样侧出射的光线的光路相交的方向,还可以是沿着试样的形状的方向,又可以是沿着试样面的方向,也可以是与试样面大致平行的方向。

[0197] 在上述方式中,也可以将上述探头配置于上述移动机构而使其移动。

[0198] 在本公开的OCT方法中,也可以一边使上述试样机械地移动,一边进行断层摄影。根据该结构,能够在生产线等中进行机械地移动的试样(产品等)的断层摄影。

[0199] 上述试样的移动方向没有特别限定,可以根据进行断层摄影的范围来决定,例如既可以是与上述物镜的光轴相交的方向,也可以是与从上述物镜向试样侧出射的光线的光路相交的方向,还可以是沿着试样的形状的方向,又可以是沿着试样面的方向,也可以是与试样面大致平行的方向。

[0200] 在上述方式中,在断层摄影中,上述探头既可以固定,也可以移动。

[0201] 在本公开的OCT方法中,也可以使用多个具有上述物镜的探头来进行基于多个不同频率的光的断层摄影。根据该结构,能够利用多个上述探头并行地进行不同深度的断层摄影。

[0202] 在上述方式中,可以从多个上述探头分别取得基于不同频率的光的信息,基于该信息进行断层摄影。

[0203] 在本公开的OCT方法中,也可以使用多个具有上述物镜的探头从多个不同的方向进行断层摄影。根据该结构,通过多个上述探头,能够从不同的方向同时对一个试样进行断层摄影。

[0204] 本公开还提供一种检查方法,其基于通过上述的本公开的OCT方法对试样进行断层摄影而得到的图像数据,检查该试样的内部的状态。

[0205] 在本公开的检查方法中,能够一次性大范围地检查试样的内部的状态,并且能够检查位于远处的试样的内部的状态。

[0206] 另外,即使在远离OCT装置主体的位置处进行检查的情况下,也不会产生试样光路与参照光路之间的环境差异,因此所得到的断层图像的偏移小,能够进行高精度的检查。

[0207] 上述检查可以是上述试样的内部的缺陷的检查。作为上述缺陷,可举出异物、空隙等。

[0208] 本公开的OCT装置、OCT系统、OCT方法以及检查方法能够适用于能够使用OCT的所有领域。如上所述,能够一次性大范围地进行断层摄影,并且能够对位于远处的对象进行断层摄影,进而,即使在远离OCT装置主体的场所进行断层摄影的情况下,所得到的断层图像的偏移也较小,因此能够特别适用于工业领域。也能够在工业产品的生产线上组装本公开的OCT装置、OCT系统、OCT方法或检查方法。

[0209] 以上,对实施方式进行了说明,但应当理解的是,能够在不脱离权利要求书的主旨和范围的情况下进行方式、详情的多种变更。

[0210] 标号说明

[0211] 10:OCT装置

[0212] 11:光源

[0213] 12、17:耦合器

- [0214] 13、15:环行器
- [0215] 14:参照镜
- [0216] 16:试样
- [0217] 18:光检测器
- [0218] 100:OCT装置
- [0219] 101:频率扫描光源
- [0220] 102:耦合器
- [0221] 103:环行器
- [0222] 104:探头
- [0223] 105:准直器
- [0224] 106:检流计反射镜
- [0225] 107:物镜
- [0226] 108:参照部件
- [0227] 109:参照面
- [0228] 110:试样
- [0229] 111:检流计反射镜驱动器
- [0230] 112:可变光衰减器
- [0231] 113:差分光检测放大器
- [0232] 114:PC
- [0233] 115:移动显示器

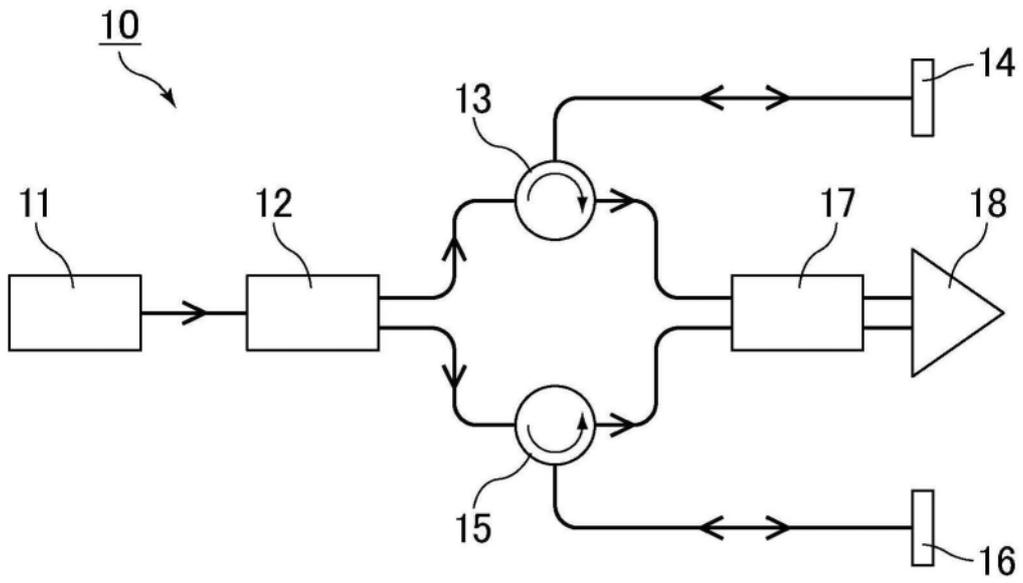


图1

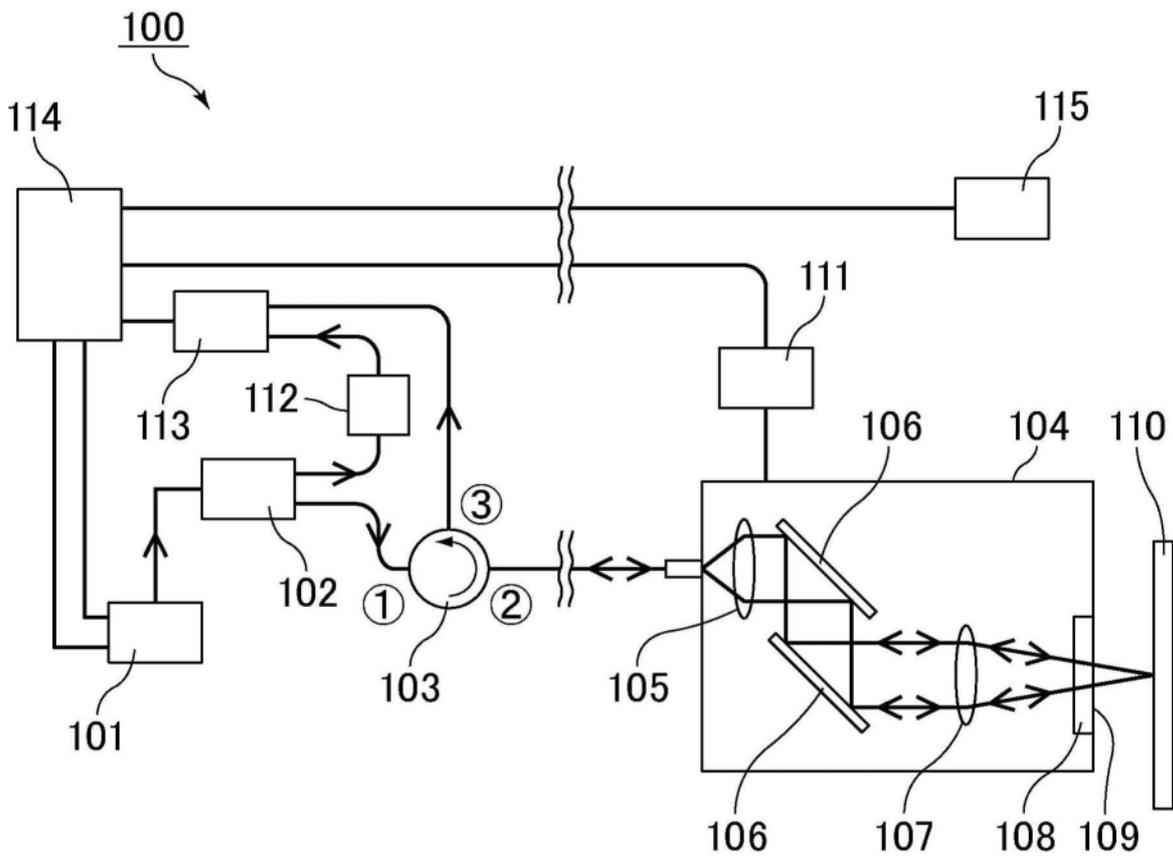


图2

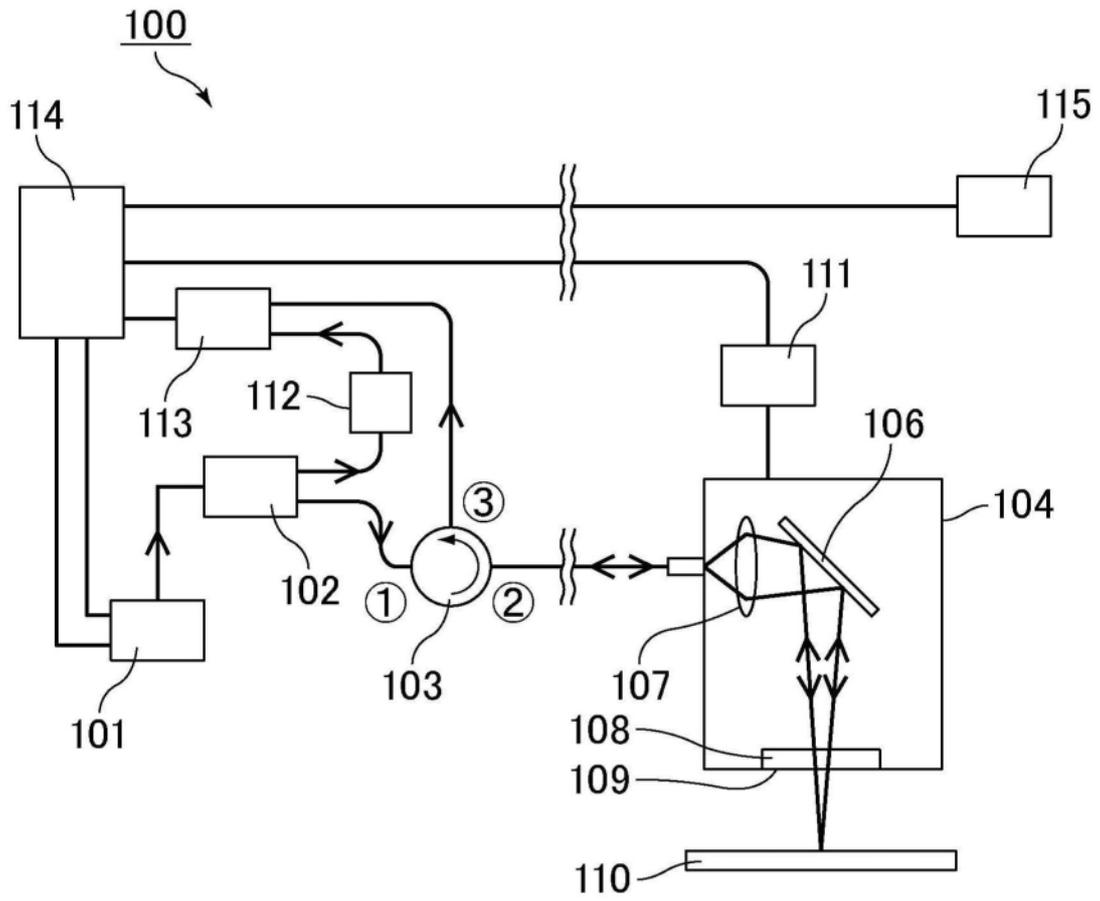


图3