



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105193378 B

(45)授权公告日 2017. 04. 12

(21)申请号 201510340405.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.06.18

A61B 3/14(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 万语

申请公布号 CN 105193378 A

(43)申请公布日 2015.12.30

(30)优先权数据

2014-125733 2014.06.18 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 福原诚 户松宣博 住谷利治

佐藤真

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 杨小明

权利要求书3页 说明书11页 附图5页

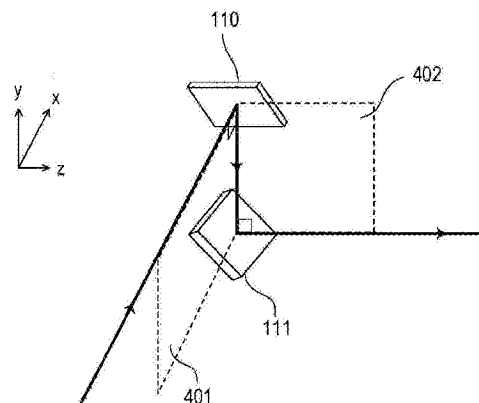
(54)发明名称

成像装置

(57)摘要

本发明涉及成像装置。提供一种被配置为成像要被检查的对象的成像装置,该装置包括:被配置为将通过组合返回光和基准光获得的光分离成具有不同的偏振分量的多个光的分离单元;和被配置为检测多个光的检测单元。该装置还包括:被配置为校正由设置在测量光的光路或基准光的光路上的光学部件产生的不同的偏振分量之间的相位差的校正单元。

400



1. 一种被配置为成像要被检查的对象的成像装置,其特征在于,包括:

光分离单元,被配置为将通过组合来自被测量光照射的要被检查的对象的返回光和与测量光对应的基准光获得的光分离成具有不同的偏振分量的多个光;

检测单元,被配置为检测所述多个光;

第一反射部件,设置在测量光的光路或者基准光的光路上;和

第二反射部件,被配置为沿与包含设置第一反射部件的光路的光轴的面相交的方向反射反射光,在不同的偏振分量之间由第一反射部件的反射产生的相位差通过第二反射部件的反射被校正,其中,

第一反射部件和第二反射部件被设置为使得第一入射表面和第二入射表面相交,第一入射表面是由入射于第一反射部件的边界表面上的光及来自第一反射部件的边界表面的反射光限定的,第二入射表面是由入射于第二反射部件的边界表面上的光及来自第二反射部件的边界表面的反射光限定的。

2. 根据权利要求1所述的成像装置,其中,第二反射部件是与第一反射部件相同类型的反射部件。

3. 根据权利要求1所述的成像装置,其中,

第一反射部件是被配置为反射测量光和基准光中的至少一个的反射部件。

4. 根据权利要求1所述的成像装置,其中,

第一反射部件和第二反射部件被设置在基准光的光路中,并且,

所述成像装置还包括在第一反射部件和第二反射部件的下游在基准光的光路上设置的偏振调整部件。

5. 根据权利要求1所述的成像装置,其中,

第一反射部件是布置于测量光的光路上的第一波长选择部件,并且,

第二反射部件是设置在测量光的光路上的第二波长选择部件,并且,由测量光从第一波长选择部件的反射产生的相位差被测量光从第二波长选择部件的反射校正。

6. 根据权利要求1所述的成像装置,其中,

第一反射部件是布置在测量光的光路上且被配置为扫描测量光的第一扫描器件,并且,

第二反射部件是布置于测量光的光路上并且被配置为扫描测量光的第二扫描器件,并且,由测量光从第一扫描器件的反射产生的相位差被测量光从第二扫描器件的反射校正。

7. 根据权利要求1所述的成像装置,其中,

在第一反射部件被设置在测量光的光路上的情况下,第二反射部件被设置在测量光的光路上,并且,

在第一反射部件被设置在基准光的光路上的情况下,第二反射部件被设置在基准光的光路上。

8. 一种被配置为成像要被检查的对象的成像装置,其特征在于包含光束分离器、分离单元和检测单元,所述光束分离器被配置为将来自光源的光分离成测量光和基准光,所述分离单元被配置为将通过组合来自被测量光照射的要被检查的对象的返回光和与测量光对应的基准光获得的光分离成具有不同的偏振分量的多个光,所述检测单元被配置为检测所述多个光,所述成像装置包括:

设置在光路上的第一光学部件;和

类型与第一光学部件不同且被配置为校正由第一光学部件产生的不同的偏振分量之间的相位差的第二光学部件。

9. 根据权利要求8所述的成像装置,其中,第二光学部件是被布置为校正相位差的偏振调整部件。

10. 根据权利要求8所述的成像装置,其中,

在第一光学部件被设置在测量光的光路上的情况下,第二光学部件被设置在测量光的光路上,并且,

在第一光学部件被设置在基准光的光路上的情况下,第二光学部件被设置在基准光的光路上。

11. 一种被配置为成像要被检查的对象的成像装置,其特征在于,包括:

光束分离器,所述光束分离器被配置为将来自光源的光分离成测量光和基准光;

分离单元,被配置为将来自被测量光照射的要被检查的对象的返回光分割成具有不同的偏振分量的多个光;和

检测单元,被配置为检测所述多个光,其中,

校正单元被配置为校正不同的偏振分量之间的由设置在光路上的光学部件产生的相位差。

12. 根据权利要求11所述的成像装置,还包括:

被配置为驱动校正器件的驱动器件;和

被配置为控制驱动器件以校正相位差的控制器件。

13. 根据权利要求12所述的成像装置,其中,

校正器件是偏振调整部件,并且,

驱动器件被配置为旋转偏振调整部件。

14. 根据权利要求12所述的成像装置,其中,

校正器件是偏振器,并且,

驱动器件被配置为旋转偏振器的狭缝。

15. 根据权利要求12所述的成像装置,其中,

所述校正器件是液晶光学元件,并且,

所述驱动器件被配置为在液晶光学元件上施加电压。

16. 根据权利要求12所述的成像装置,其中,

所述校正器件是光纤型偏振控制部件,并且,

所述驱动器件被配置为对偏振控制部件加压。

17. 根据权利要求11所述的成像装置,其中,

所述光学部件是布置于测量光的光路上的第一波长选择部件,并且,

所述校正器件是设置在测量光的光路上的第二波长选择部件,并且,由第一波长选择部件的反射产生的相位差被第二波长选择部件的反射校正。

18. 根据权利要求11所述的成像装置,其中,

所述光学部件是布置于测量光的光路上并且被配置为扫描测量光的第一扫描器件,并且,

所述校正器件是布置于测量光的光路上并且被配置为扫描测量光的第二扫描器件,并且,由第一扫描器件的反射产生的相位差被第二扫描器件的反射校正。

成像装置

技术领域

[0001] 本公开涉及被配置为通过检测具有不同的偏振分量的多个光来成像要被检查的对象的成像装置。

背景技术

[0002] 近年来,利用低相干光的干涉的断层图像拾取(光学相干断层:OCT)装置(以下,称为OCT装置)已投入了实用。通过OCT装置,能够以高的分辨率和非侵入的方式获得要被检查的对象的断层图像。因此,特别是在眼科领域中,OCT装置正变为用于获得要被检查的眼睛的眼底(眼睛底部)的断层图像的必不可少的装置。在眼科以外的领域中,正尝试通过配置OCT装置以执行皮肤的断层观察或者配置为内窥镜或导管,拍摄消化器官和循环器官的壁面的断层图像。

[0003] 在眼科OCT装置中,尝试不仅获取代表眼底组织的形状的正常的OCT图像(也称为亮度图像),而且获取代表眼底组织的光学特性和移动的功能OCT图像。特别地,偏振敏感的OCT装置作为功能OCT装置中的一种被开发,并且被配置为通过使用光的偏振参数获取信号。偏振敏感的OCT装置能够绘制具有双折射性质的神经纤维层和具有解析偏振的性质的视网膜层,使得正推进针对青光眼或年龄相关黄斑变性的研究。

[0004] 此时,偏振敏感的OCT装置通过使用作为眼底组织的光学特性中的一种的偏振参数(延迟和取向)形成偏振OCT图像,使得执行眼底组织的区分和分段。一般地,偏振敏感的OCT装置包括能够通过使用波长板(例如,1/4波长板或1/2波长板)校正OCT装置的测量光和基准光的偏振状态的光学系统。从光源发射的光的偏振状态被校正成希望的偏振状态。照射样品的测量光的偏振状态被校正成希望的偏振状态,并且,校正了偏振的光被用于将其干涉光分离和检测为两个正交线性偏振束,由此产生偏振OCT图像(J.Biomed.Opt.18(2), 026008(2013年2月1日),Teresa Torzichy等人“Retinal polarization-sensitive optical coherence tomography at 1060nm with 350 kHz A-scan rate using a Fourier domain mode locked laser”)。

发明内容

[0005] 本公开提供根据一个方面的被配置为成像要被检查的对象的成像装置,该成像装置包括:被配置为将通过组合来自被测量光照射的要被检查的对象的返回光和与测量光对应的基准光获得的光分离成具有不同的偏振分量的多个光的分离单元;和被配置为检测所述多个光的检测单元,其中,校正单元被配置为校正由被设置在测量光的光学路径或基准光的光学路径上的光学部件在不同偏振分量之间产生的相位差。

[0006] 本公开还提供根据另一方面的成像装置,包括:被配置为将来自被测量光照射的要被检查的对象的返回光分成具有不同的偏振分量的多个光的分离单元,以及,被配置为检测所述多个光的检测单元,其中,校正器件被配置为校正由设置在光路上的光学部件在不同偏振分量之间产生的相位差。

[0007] 从参照附图阅读对实施例的以下描述,本发明的其它特征将变得清楚。以下描述的本发明的各实施例可被单独实施,或者,在必要时或在单个实施例中组合各实施例的要素或特征是有利的时,以下描述的本发明的各实施例可被实施为多个实施例或其特征的组合。

附图说明

[0008] 图1是示出根据第一实施例的被配置为整体系统的SS-PS-OCT装置的总体构成的示意图。

[0009] 图2是示出根据第一实施例的被配置为光纤系统的SS-PS-OCT装置的总体构成的示意图。

[0010] 图3是示出根据第二实施例的SD-PS-OCT装置的总体构成的示意图。

[0011] 图4是解释在第一实施例的SS-PS-OCT装置的测量光路中布置用于校正偏振的相位延迟的二向色镜的示意图。

[0012] 图5是示出在第三实施例的PS-OCT装置的基准光路中应用偏振器作为用于校正偏振的相位差的校正器件的情况下的示意图。

[0013] 图6是示出在第四实施例的PS-OCT装置的基准光路中应用液晶光学元件作为用于校正偏振的相位差的校正器件的情况下的示意图。

[0014] 图7是示出在第五实施例的PS-OCT装置的基准光路中应用光纤型偏振控制器作为用于校正偏振的相位差的校正器件的情况下的示意图。

具体实施方式

[0015] 为了例如减小装置的尺寸,一般使用通过使用诸如反射镜的反射部件弯曲光路的构成。此时,根据反射镜等的反射表面的介电常数(复折射率)产生从反射表面反射的光的不同的偏振分量之间的相位差(相位延迟)的性质是公知的。因此,通过反射部件,在关于反射表面的S偏振分量和P偏振分量之间,在反射前后,产生相位差。

[0016] 在上述的现有技术中,具有Mach-Zehnder干涉计的偏振敏感的OCT装置中,基准光以直角被基准反射镜反射。因此,一个偏振分量的相位从另一偏振分量延迟,这会导致不同的偏振分量之间的相位差。

[0017] 不仅在设置在基准光路中的反射镜中,而且在设置在测量光路上的诸如目镜的透射部件中,即,不在光纤中,而在布置于空气中的光学系统中,会出现这种问题。

[0018] 偏振敏感的OCT装置能够通过检测在要被检查的对象中产生的不同的偏振分量之间的相位差获取偏振OCT图像。但是,如果在光学OCT装置的光路中存在偏振的相位差,那么难以实现在要被检查的对象中产生的不同的偏振分量之间的相位差的精确检测。

[0019] 本公开提供由设置在光路上的光学部件的反射或透射(特别是反射部件的反射)产生的不同的偏振分量之间的相位差(相位延迟)的减小。因此,可校正由设置在光路中的光学部件在不同偏振分量之间产生的相位差。

[0020] 根据实施例,实现由设置在光路上的光学部件的反射或透射(特别是反射部件的反射)产生的不同的偏振分量之间的相位差(相位延迟)的减小。

[0021] 被配置为校正不同的偏振分量之间的相位差的校正器件是与上述的光学部件相

同的类型的光学部件,并且,可被布置为校正相位差。光学部件和校正器件包含例如设置在测量光的光路上的二向色镜或设置在基准光的光路上的基准反射镜。

[0022] 被配置为校正不同的偏振分量之间的相位差的校正器件包含与上述的光学部件的类型不同的光学部件,并且,可包含被配置为驱动校正器件的驱动器件和被配置为控制驱动器件以校正相位差的控制器件。校正器件包含例如作为偏振调整部件的例子的 $\lambda/2$ 板或 $\lambda/4$ 板,诸如马达的驱动器件旋转偏振调整部件。

[0023] 校正器件包含例如偏振器(参照第三实施例)、液晶光学元件(参照第四实施例)和光纤型偏振控制部件(参照第五实施例)。

[0024] 在光学部件被设置在测量光的光路上的情况下,校正器件可被设置在测量光的光路上。因此,在测量光中产生的不同的偏振分量之间的相位差可在测量光的光路中被校正。在光学部件被设置在基准光的光路上的情况下,校正器件可被设置在基准光的光路上。因此,在基准光中产生的不同的偏振分量之间的相位差可在基准光的光路中被校正。因此,可简单地配置不同的偏振分量之间的相位差的校正。

[0025] 现在将参照附图详细描述本公开的实施例。

[0026] 第一实施例:通过相同类型的光学部件校正在光学部件中产生的偏振的相位差

[0027] 现在将参照图1、2和图4,描述本实施例中的偏振敏感的OCT装置的构成。为了便于描述,如图所示,设定X轴、Y轴和Z轴。

[0028] 装置的总体构成

[0029] 图1是示出本实施例的偏振敏感的OCT装置的总体构成的示意图,并且,是包含Mach-Zehnder干涉计的SS(扫描源)-PS(偏振敏感)OCT装置的构成的例子。

[0030] SS-PS-OCT装置100的构成

[0031] 将描述SS-PS-OCT装置100的构成。光源101包含光的振荡波长周期性地改变的波长扫描光源,并且,例如,发射具有1040nm的中心波长和100nm的带宽的光。从光源101发射的光通过单模光纤(以下,称为“SM光纤”)102和偏振控制器103被引导到准直器104,并且,在准直器104中经准直化的光射向空间。发射的经准直化的光束通过偏振器105被引导向光束分离器106,并且,分离成测量光(也称为OCT测量光)和基准光(也称为与OCT测量光对应的基准光)。光束分离器106的分离比为90(基准光):10(测量光)。分离比不限于这些值,并且,其它的值也是适用的。

[0032] 偏振控制器103被配置为将从光源101发射的光的偏振校正为希望的偏振状态。偏振控制器103为例如光纤型偏振控制器,包括被配置为通过倾斜具有线圈状缠绕的光纤的各桨叶来校正偏振的桨叶型、或被配置为通过按压和旋转光纤来校正偏振的直列式。被配置为从光纤向空间发射光束且通过使用 $1/2$ 波长板和 $1/4$ 波长板校正偏振的整体型偏振控制器也是适用的。在本实施例中,从光源101发射的光通过偏振控制器103被校正成线偏振光束。在光源101的偏振度不高的情况下,可通过如图1所示的那样布置偏振器105增加从光源101发射的光的偏振度。在这种情况下,通过调整偏振控制器103,可以调整由偏振器105透过的光的量。不布置偏振控制器103且准直器104与SM光纤102连接的构成也是适用的。在这种情况下,从光源101发射的光的偏振状态不需要被校正,并由此可只增加偏振度。但是,根据光的偏振状态,由干涉计引导的光的量可能减少。因此,需要确认光量是否足够。确认光量的方法的例子包括用功率监视器测量穿过偏振器105之后的经准直化的光并且确定光

量是否小于一定的光量的方法、或者确定是否通过检测器133或134检测到了足够和需要的光量的方法。

[0033] 测量光路

[0034] 分离的测量光穿过1/4波长板107,并且,被Y方向扫描Galvano扫描器108和X方向扫描Galvano扫描器109反射,Y方向扫描Galvano扫描器108被配置为在瞳位置处沿Y方向扫描测量光。通过Galvano扫描器108和109改变了路径的测量光进一步被二向色镜110和111反射,并且,通过扫描透镜112和物镜113入射到要被检查的眼睛115。在本实施例中,1/4波长板107被布置,以在要被检查的眼睛115上实现圆形偏振束。物镜113固定于台架114上,并且,沿光轴的方向移动,使得实现要被检查的眼睛的屈光度的调整。虽然没有示出,但Galvano扫描器108和109和台架114由驱动控制单元控制,并且,能够在要被检查的眼睛115的希望的范围(也称为断层图像的获取范围、断层图像的获取位置和测量光的照射位置)内扫描测量光。测量光通过位于台架114上的物镜113入射到要被检查的眼睛115并且聚焦于眼底。照射眼底的测量光通过各视网膜层被反射和散射、跟随上述的光路并且通过光束分离器106入射到光束分离器122。反射的测量光在Galvano扫描器109内被X-Y面反射,然后被Galvano扫描器108中的Y-Z面反射。

[0035] 在偏振敏感的OCT装置中,以与一般OCT装置相同的方式,可以设想OCT测量光以外的诸如用于获取固定灯或眼底图像的SLO(扫描激光眼底镜检查)束和用于观察前眼部分的观察光的多波长光入射到要被检查的眼睛115的情况。在这种情况下,布置被配置为在测量光路内选择性地反射和透射波长的二向色镜。因此,测量光也被二向色镜110和111反射,并由此改变路径。

[0036] 基准光路

[0037] 相反,通过光束分离器106分离的基准光通过分散补偿玻璃116和ND滤波器117被相干门台架119上的反射镜118a和118b反射。基准光通过ND滤波器117衰减,并且,被调整到使得干涉光不超过检测器的测量范围的范围。相干门台架119与被检者的眼球的轴长的差异对应,并由此由驱动控制单元(未示出)控制,并且,沿图1中的X方向移动以被调整。反射镜118a和118b被布置为沿X-Z面反射基准光。相反,由于基准光是沿Y方向振动的线偏振束,因此基准光不具有关于反射镜118a和118b的反射表面的S偏振分量。换句话说,反射不导致S偏振和P偏振之间的任何相位差,并且,偏振状态可保持恒定。因此,可通过使仅具有S偏振分量或者仅具有P偏振分量的基准光入射到反射镜118a和118b的反射表面,抑制相位延迟。

[0038] 被反射镜118a和118b反射的基准光通过1/4波长板120和1/2波长板121入射到光束分离器122。可通过在布置之前使1/2波长板旋转预先确定的角度,如希望的那样改变穿过1/2波长板的光的振动方向。在本实施例中,1/2波长板121被布置为使得入射到偏振束分离器123和124的基准光的偏振状态变为关于相互正交的两个偏振轴倾斜45°的线偏振束。

[0039] 检测光路

[0040] 入射到光束分离器122的测量光和基准光被合成并且变为以50:50的分离比分离的干涉光。光束分离器122是将光分离成具有不同的偏振分量的多个光的分离器件的例子。分离的干涉光具有相互逆转的振幅相位(以下,称为“正分量”和“负分量”),并且,正干涉光被引导到偏振束分离器123,并且,负干涉光被引导到偏振束分离器124。在偏振束分离器123和124中,干涉光分离,以匹配相互正交的两个偏振轴,并且,分离成具有水平偏振分量

(以下,称为H分量)和垂直偏振分量(以下,称为V分量)的两个光。通过偏振束分离器123和124分离的正负干涉光的H分量被光接收准直器125和129接收,并且,通过SM光纤127和131入射到检测器133,并且,检测器133检测其差分。检测器133和134是被配置为检测具有不同的偏振分量的多个光的检测器件的例子。相反,干涉光的V分量被光接收准直器126和130接收,并且,通过SM光纤128和132入射到检测器134。被检测器133和134接收的光作为依赖于光强度的电信号被输出。

[0041] 在本实施例中,通过使得基准光为关于相互正交的两个偏振轴呈 45° 的角度的线偏振束,基准光分离成具有相等的H分量和V分量的光。在本实施例中,由于测量光是圆形偏振束,因此,不管要被检查的眼睛115的眼底的细胞和纤维的方向如何,都实现同时的获取。因此,能够一次获取关于所有偏振方向的数据,使得不再需要从各偏振方向成像同一位置并且可在一次成像中获取数据。

[0042] 在本实施例中,安装用于反射光的反射镜,并且,只要可反射光,就可使用任何部件。例如,通过直角棱镜实现相同的效果和优点。

[0043] 虽然描述了SS-PS-OCT的整体系统的构成的例子,但本公开不限于此,并且,也可使用光纤系统。在这种情况下,如图2所示,通过以线路式布置来布置偏振器105、光束分离器106和122和偏振束分离器123和124,实现相同的效果和优点。

[0044] SS-PS-OCT装置200的构成

[0045] 将参照图2,描述SS-PS-OCT装置200的构成。将省略具有与SS-PS-OCT装置100(图1)相同的构成的部分的详细描述。

[0046] SM光纤102通过连接器201与偏振器202连接。从偏振器202以后的光纤是偏振保持:PM光纤(以下,称为“PM光纤”),使得可保持偏振状态。偏振器202通过连接器203与光束分离器204连接,并且,光束分离器204与测量光发射准直器205、基准光发射准直器206和连接器208连接。光束分离器204的分离比为90(基准光):10(测量光)。分离比不限于这些值,并且,其它的值也是适用的。

[0047] 测量光路

[0048] 分离的测量光从准直器205发射,并且,通过 $1/4$ 波长板107、Galvano扫描器108和109、二向色镜110和111、扫描透镜112、以及物镜113入射到要被检查的眼睛115。照射要被检查的眼睛115的测量光通过各视网膜层被反射和散射、跟随与入射时的光路相同的光路并且通过光束分离器204入射到光束分离器209。

[0049] 基准光路

[0050] 相反,基准光从准直器206发射,通过分散补偿玻璃116和ND滤波器117被相干门台架119上的反射镜118a和118b反射,并且,通过 $1/4$ 波长板120和 $1/2$ 波长板121被准直器207接收,并且,入射到光束分离器209。

[0051] 检测光路

[0052] 光束分离器209的分离比为50:50。入射端与基准光接收准直器207和连接器208连接,并且,输出端通过连接器210和211与偏振束分离器212和213连接。通过偏振束分离器212和213分离的干涉光的H分量入射到检测器133的输入端子,并且另一方面,干涉光的V分量入射到检测器134的输入端子。

[0053] 在本构成中,整体系统的SS-PS-OCT装置100可变成光纤系统的SS-PS-OCT装置

200。

[0054] 偏振的相位差的校正器件的例子:通过相同类型的Galvano扫描器校正。

[0055] 此时,S偏振分量的相位关于作为第一扫描器件的例子的Galvano扫描器108的反射表面延迟,并且,以相同的方式,S偏振分量的相位关于作为第二扫描器件的例子的Galvano扫描器109的反射表面延迟。这里,用于测量光的Galvano扫描器108的入射表面和Galvano扫描器109的入射表面相互正交。因此,可通过来自Galvano扫描器108的反射延迟相位的偏振分量和可通过来自Galvano扫描器109的反射延迟相位的偏振分量逆转,因此,由反射产生的偏振的相位差被抵消。

[0056] 偏振的相位差的校正器件的例子:通过相同类型的二向色镜校正

[0057] 通过作为波长选择单元的例子二向色镜的反射和透射产生的偏振相位的延迟量根据波长改变。因此,难以通过使用信号处理执行校正。因此,分开地在测量光路中安装相同的二向色镜并且导致要被反射的光抵消偏振的相位延迟的方法是所希望的。具体而言,如图4所示,二向色镜110和111被布置为在作为第一波长选择部件的例子二向色镜110内在X-Y面401中反射测量光,并然后在作为第二波长选择部件的例子二向色镜111内在Y-Z面402中反射测量光。当关于二向色镜110的入射表面401和关于二向色镜111的入射表面402以与Galvano扫描器108和109相同的方式相互正交时,由于二向色镜110的反射经受相位延迟的S偏振分量和由于二向色镜111的反射经受相位延迟的S偏振分量也相互正交。因此,通过两次的反射,可以抵消由各反射产生的相位差。在通过Galvano扫描器108和109或者二向色镜110和111进行校正的上述例子两者中,第一反射部件和第二反射部件被设置,使得由入射于第一反射部件的边界表面上的光及其反射光限定的第一入射表面和由入射于第二反射部件的边界表面上的光及其反射光限定的第二入射表面相交。换句话说,第一反射部件和第二反射部件被布置,使得由入射于边界表面上的光及其反射光限定的各入射表面(其是第一反射部件的入射表面和第二反射部件的入射表面)相交。换句话说,第二反射部件包含与由入射于第一反射部件的边界表面上的光及其反射光限定的第一入射表面相交的第二入射表面,并且,被布置为校正由第一反射部件产生的不同偏振分量之间的相位差。

[0058] 用于校正偏振的相位差的校正器件的例子:通过作为偏振调整部件的例子波长板进行的校正。

[0059] 这里,考虑基准光的偏振状态是包含关于反射表面的S偏振分量和P偏振分量的偏振而不是仅包含S偏振分量或P偏振分量中的一个的线偏振束。在这种情况下,可通过反射镜118a和反射镜118b的反射产生偏振的相位差,使得可得到椭圆偏振束。

[0060] 在这种情况下,因为由反射导致椭圆偏振束,因此1/4波长板120可布置于反射镜118b与1/2波长板121之间,并且,可进行校正以实现线偏振束。在本实施例中,将描述为了校正偏振使用1/4波长板120的例子。但是,不是必须通过1/4波长板120完成从椭圆偏振束到线偏振束的校正。例如,只要基准光可被校正到线偏振束,就可使用诸如偏振器、液晶光学元件、电子光学元件和光纤型偏振控制器的任何部件。

[0061] 在不在光路上设置包含1/4波长板120和1/2波长板121的多个偏振调整部件的情况下通过使用偏振调整部件中的一个校正由设置在基准光的光路上的反射镜118a或118b产生的偏振的相位差的构成也是适用的。通过借助于诸如马达的驱动器件控制1/2波长板

121以使其旋转来调整偏振状态的构成也是适用的。具体而言,通过借助于诸如马达的驱动器件旋转1/2波长板使得由检测器133和134检测的信号强度变得基本上相同来使用1/2波长板121调整偏振状态的构成是适用的。在这种情况下,例如,光在物镜113与要被检查的眼睛115之间被阻挡,以防止测量光返回到检测器133和134,使得实现仅仅基准光的信号强度的检测。但是,由于在例如通过差分检测执行检测的情况下需要干涉信号,因此,例如,通过在基准光路中布置具有1mm到几mm量级的厚度的薄玻璃板构建Fabry-Perot干涉系统,并且,通过多重反射产生基准光的干涉信号,以实现差分检测。例如,通过在光束分离器122之前布置偏振测量仪器并监视基准光的偏振状态,可确认基准光是否被正确地校正。

[0062] 根据上述的构成,即使在由于光学部件的反射和透射的影响产生偏振的相位差(相位延迟)时,也可校正偏振状态。因此,可高精度地测量要被检查的眼睛的偏振特性。

[0063] 第二实施例:通过相同类型的光学部件校正在光学部件中产生的偏振的相位差

[0064] 将参照图3描述第二实施例。在第一实施例中,描述了SS-PS-OCT的构成的例子。但是,本公开不限于此,并且,谱域OCT(以下,称为SD-OCT)也是适用的。通过根据本实施例的SD-PS-OCT的构成,可以校正在光学部件中产生的偏振的相位差(相位延迟)。在第一实施例中,描述了使用Mach-Zehnder类型的干涉计的构成的例子。但是,本实施例的使用Michelson干涉计的构成也是适用的。

[0065] SD-PS-OCT装置300的构成

[0066] 将参照图3,描述SD-PS-OCT装置300的构成。将省略具有与第一实施例的SS-PS-OCT装置100相同的构成的部分的详细描述。

[0067] 光源301是作为低相干光源的SLD(超亮二极管)光源,并且,例如,发射具有850nm的中心波长和50nm的带宽的光。虽然SLD被用作光源101,但是,只要光源可发射低相干光束,就可使用任何光源,诸如ASE(放大自发发射)光源。从光源301发射的光通过SM光纤102和偏振控制器103被引导向准直器104,并且,在准直器104中准直器光束射向空间。发射的准直化的光束通过偏振器105被引导向光束分离器106,并且,分离成测量光和基准光。光束分离器106的分离比为90(基准光):10(测量光)。分离比不限于这些值,并且,其它的值也是适用的。

[0068] 测量光路

[0069] 分离的测量光通过1/4波长板107、Galvano扫描器108和109、二向色镜110和111、扫描透镜112和物镜113入射到要被检查的眼睛115。照射要被检查的眼睛115的测量光通过各视网膜层被反射和散射、跟随上述的光路并且通过光束分离器106入射到光束分离器305。

[0070] 基准光路

[0071] 相反,分离的基准光经由1/4波长板302、分散补偿玻璃116和ND滤波器117被设置在相干门台架304上的反射镜303a、303b和303c反射。相干门台架304在图3中沿X方向移动,并由此可调整门位置。反射镜的布置不限于此。例如,反射镜303a从相干门台架304被拆卸并且被固定的构成也是适用的。在这种情况下,可通过沿图3中的Z方向移动相干门台架304调整相干门的位置。以相同的方式,反射镜303a和303b从相干门台架304被拆卸并且被固定的构成也是适用的。在这种情况下,可通过沿图3中的Y方向移动相干门台架304调整相干门的位置。1/4波长板302被布置,使得入射到偏振束分离器305的基准光的偏振状态变为关于

分割表面上的两个偏振轴倾斜 45° 的线偏振束。通过安装 $1/4$ 波长板302以围绕作为旋转轴的基准光的光轴关于S偏振从P偏振倾斜 22.5° ，基准光返回并且入射到偏振束分离器305时的偏振状态可被校正为关于两个偏振轴倾斜 45° 的线偏振束。

[0072] 检测光路

[0073] 入射到光束分离器106的测量光和基准光合成并且变为干涉光，并且，入射到偏振束分离器305。在偏振束分离器305中，干涉光沿相互正交的两个偏振轴分离，并且，分离成具有H分量和V分量的两个光。干涉光的H分量被光接收准直器306接收，并且，经由SM光纤308和分光镜310被检测器312检测。相反，干涉光的V分量被光接收准直器307接收，并且，经由SM光纤309和分光镜311被检测器313检测。在本实施例中，示出包含SM光纤308和309的构成的例子。但是，包含PM光纤而不是SM光纤308和309的构成也是适用的。

[0074] 偏振的相位差的校正器件的例子：通过相同类型的反射镜校正

[0075] 在PS-OCT装置是Michelson干涉计的情况下，基准光被基准反射镜反射，跟随相同的光路，并且，返回到光束分离器106。因此，基准光需要通过在偏振状态中被 $1/4$ 波长板302在两个方向（向前和反射）共两次校正而在与测量光干涉的光束分离器106的位置处被校正为希望的偏振状态。

[0076] 此时，在基准光路仅由X-Z面内的反射构成的情况下，基准光路受由反射导致的偏振的相位延迟影响，使得难以将往复之后的基准光的偏振状态校正到希望的偏振状态。因此，如图3所示，基准光以直角在X-Z面中被作为第一反射部件的例子的反射镜303a反射。X-Z面是包含设置反射镜303a的光路的光轴的面。基准光还沿Y方向被作为第二反射部件的例子的反射镜303b反射，该Y方向是作为与X-Z面相交的方向的例子的法线方向。因此，第二反射部件可被设置为校正由第一反射部件产生的不同偏振分量之间的相位差，使得偏振的相位延迟可被抵消。第一反射部件和第二反射部件被设置，使得由入射于第一反射部件的边界表面上的光及其反射光限定的第一入射表面和由入射于第二反射部件的边界表面上的光及其反射光限定的第二入射表面相交。换句话说，第一反射部件和第二反射部件被布置，使得作为第一反射部件的入射表面和第二反射部件的入射表面的由入射于边界表面上的光及其反射光限定的入射表面相交。换句话说，第二反射部件包含与由入射于第一反射部件的边界表面上的光及其反射光限定的第一入射表面相交的第二入射表面，并且，被布置为校正由第一反射部件产生的不同偏振分量之间的相位差。反射镜303c通过例如固定夹具被固定于相干门台架304上，并且，被布置为沿相同的方向反射和返回从反射镜303b引导的基准光。

[0077] 完全抵消相位差限于反射镜303a和303b具有相同的折射率的情况。当通过具有不同折射率的反射表面抵消时，反射镜303a、303b和303c的反射角度需要被调整，使得反射镜303c的反射点处的偏振状态变为希望的状态。

[0078] 偏振的相位差的校正器件的例子：通过 $1/4$ 波长板的旋转校正

[0079] 此时，通过借助于诸如马达的驱动器件控制 $1/4$ 波长板302以使其旋转来调整偏振状态的构成也是适用的。在这种情况下，例如，反射镜303a、303b和303c可被配置，以使基准光通过使用一个反射镜的一次单向反射返回到光束分离器106。当然，可以并用 $1/4$ 波长板302旋转的构成和如本实施例那样设置反射镜303a、303b和303c的构成。

[0080] 具体而言，通过旋转 $1/4$ 波长板使得由检测器312和313检测的信号强度变得基本

上相同实现使用1/4波长板302调整偏振状态的构成是适用的。此时,例如,光在物镜113与要被检查的眼睛115之间被阻挡,以防止测量光返回到检测器133和134,使得实现仅仅基准光的信号强度的检测。SD-PS-OCT装置300使用通过CCD线传感器检测分离光的系统。如结合SS-PS-OCT装置描述的那样,由于在差分检测系统的情况下需要干涉信号,因此必须通过在基准光路中布置薄玻璃板构建Fabry-Perot干涉系统并且通过多重反射产生基准光的干涉信号,以实现差分检测。但是,使用CCD线传感器的检测方法能够获取光信号强度,尽管它不是干涉信号,并由此不需要在基准光路中布置玻璃板。

[0081] 通过上述的被配置为校正偏振的相位差的校正器件的构成,也可在SD-PS-OCT装置中校正由光学部件产生的偏振的相位差(相位延迟)。本实施例的PS-OCT装置中的校正器件可适于用作第一实施例的PS-OCT装置中的校正器件。

[0082] 第三实施例:应用偏振器作为用于校正偏振的相位差的校正器件

[0083] 将参照图5描述第三实施例。在第一实施例中,应用1/4波长板120作为被配置为校正PS-OCT装置的基准光路中的偏振的相位差的校正器件。但是,校正器件不限于此。本实施例是应用偏振器501作为校正器件的例子。第一到第三实施例的构成可被应用于基准光路以外的部分。

[0084] 由于偏振器501从已变为椭圆偏振束的基准光仅透射沿特定方向振动的线偏振束,因此,基准光的光量衰减。通过ND滤波器117的衰减量调整,补偿基准光的光量衰减。换句话说,可按照偏振器501的衰减光量调整ND滤波器117的衰减量。换句话说,在由偏振器501的透射衰减基准光量的情况下,偏振器501也可被布置为使得关于检测器133或134的测量范围获得足够的干涉强度,并且,可通过ND滤波器117执行光量的微调。例如,在调整狭缝方向以使其与基准光的椭圆偏振的长轴对准的同时,布置偏振器501。通过布置偏振器501使得椭圆偏振束的轴方向和偏振器501的狭缝对准,基准光可以最高的透射率被校正为线偏振束。调整的方法包括布置偏振器501和使偏振器501的狭缝的方向旋转以使得由检测器133和134检测的干涉信号变得最强。穿过偏振器501且具有线偏振束的基准光通过设置在偏振器501的下游的1/2波长板121被校正振动方向。执行与第一实施例相同的方式的1/2波长板121的调整,使得入射到偏振束分离器123和124的基准光的偏振状态变为关于两个偏振轴倾斜45°的线偏振束。这里,为了旋转偏振器501的狭缝方向,通过诸如马达的驱动器件驱动狭缝、未示出的控制器件控制驱动器件以使狭缝的方向旋转的构成是适用的。

[0085] 在能够通过仅使用偏振器501进行使得干涉信号具有足够的干涉强度且使得基准光的偏振状态变为关于相互正交的两个偏振轴倾斜45°的线偏振束的校正的情况下,不必使用1/2波长板121。

[0086] 在上述的应用偏振器501作为PS-OCT装置的基准光路中的校正器件的情况下,也可在应用偏振器501作为PS-OCT装置的基准光路中的校正器件的情况下校正由光学部件产生的偏振的相位差(相位延迟)。

[0087] 第四实施例:应用液晶光学元件作为用于校正偏振的相位差的校正器件

[0088] 将参照图6描述第四实施例。本实施例是在PS-OCT装置的基准光路中应用液晶光学元件601作为用于校正偏振的相位差的校正器件的例子。第一到第三实施例的构成可被应用于基准光路以外的部分。

[0089] 例如,透射液晶可变波长板被用作液晶光学元件601,并且,被布置于反射镜118b

与1/2波长板121之间。液晶可变波长板具有填充液晶分子溶液的单元,并且,可通过向单元施加预先确定的电压,调制反射光或透射光的相位。在本实施例中,由反射镜118a和118b的反射产生的相位延迟被校正,并且,要施加到单元上的电压被调整,使得基准光变为线偏振束。这里,未示出的驱动器件可被控制,使得未示出的控制器件调整驱动器件施加到液晶光学元件601的电压。

[0090] 通过液晶光学元件601变为线偏振束的基准光被设置在液晶光学元件601的下游的1/2波长板121校正振动方向。执行与第一实施例相同的方式的1/2波长板121的布置,使得入射到偏振束分离器123和124的基准光的偏振状态作为关于相互正交的两个偏振轴倾斜45°的线偏振被输出。以与第一实施例相同的方式,通过借助于诸如马达的驱动器件使1/2波长板121旋转来校正偏振状态的构成也是适用的。

[0091] 在上述的在PS-OCT装置的基准光路中应用液晶光学元件601作为被配置为校正偏振的相位差的校正器件的情况下,由光学部件产生的偏振的相位差(相位延迟)也可被校正。

[0092] 第五实施例:应用光纤型偏振控制器作为用于校正偏振的相位差的校正器件

[0093] 将参照图7描述第五实施例。本实施例是在PS-OCT装置的基准光路中应用光纤型偏振控制器701作为用于校正偏振的相位差的校正器件的例子。第一到第三实施例的构成可被应用于基准光路以外的部分。

[0094] 在使用光纤型偏振控制器701的情况下,1/2波长板121从光路被拆卸,因为它不是必需的,并且,偏振控制器701被布置于反射镜118b与光束分离器122之间,使得实现向希望的偏振状态的校正。在这种情况下,需要由准直器702接收基准光。由准直器702接收的基准光经由SM光纤703由偏振控制器701校正偏振,并且,入射到偏振束分离器123和124的基准光的偏振状态被校正,以变为关于相互正交的两个偏振轴彼此倾斜45°的线偏振光。在以与第一实施例相同的方式阻挡测量光的状态下执行偏振控制器701对基准光的偏振状态的校正,并且,通过调整偏振以使由检测器133和134检测的信号强度基本上相同,执行这种校正。通过偏振控制器701校正了偏振的基准光从准直器704发射并且入射到光束分离器122。这里,在偏振控制器701通过用旋钮等向光纤加压(例如,压迫或旋转)来控制偏振以控制偏振的情况下,通过诸如马达的驱动器件驱动旋钮且未示出的控制器件控制驱动器件的构成是适用的。

[0095] 如到这里为止描述的那样,在PS-OCT装置的基准光路中,在应用光纤偏振控制器701作为被配置为校正偏振的相位差的校正器件的情况下,也可校正由光学部件产生的偏振的相位差(相位延迟)。

[0096] 其它实施例

[0097] 也可通过执行以下的处理实现本公开。所述处理包括通过网络或各种存储介质向系统或装置供给实现上述实施例的功能的软件(程序)和由系统或装置的计算机(或CPU或MPU)读出和执行程序。

[0098] 根据本发明,除了前眼部分或要被检查的眼睛的眼底以外,上述实施例的偏振敏感的OCT装置还可成像诸如皮肤或牙齿的要被检查的对象。根据本发明,上述的实施例的偏振敏感的OCT装置可被应用于偏振SLO装置和偏振眼底照相机。

[0099] 也可通过读出并执行记录于存储介质(例如,非暂时性计算机可读存储介质)上的

计算机可执行指令以执行本发明的上述实施例中的一个或多个的功能的系统或装置的计算机,以及,通过由系统或装置的计算机通过例如读出并执行来自存储介质的计算机可执行指令以执行上述实施例中的一个或多个的功能执行的方法,实现本发明的实施例。计算机可包括中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)或其它电路中的一个或多个,并且可包含单独的计算机或单独的处理器网络。计算机可执行指令可例如从网络或存储介质被提供给计算机。存储介质可包含例如硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、分布式计算系统的存储器、光盘(诸如紧致盘(CD)、数字万用盘(DVD)或蓝光盘(BD)TM)、闪存设备和记忆卡等中的一个或多个。

[0100] 其它实施例

[0101] 发明的实施例还可以通过如下的方法来实现,即,通过网络或者各种存储介质将执行上述实施例的功能的软件(程序)提供给系统或装置,该系统或装置的计算机或是中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)读出并执行程序的方法。

[0102] 虽然已参照实施例说明了本发明,但应理解,本发明不限于公开的实施例。所附权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有这样的修改以及等同的结构和功能。

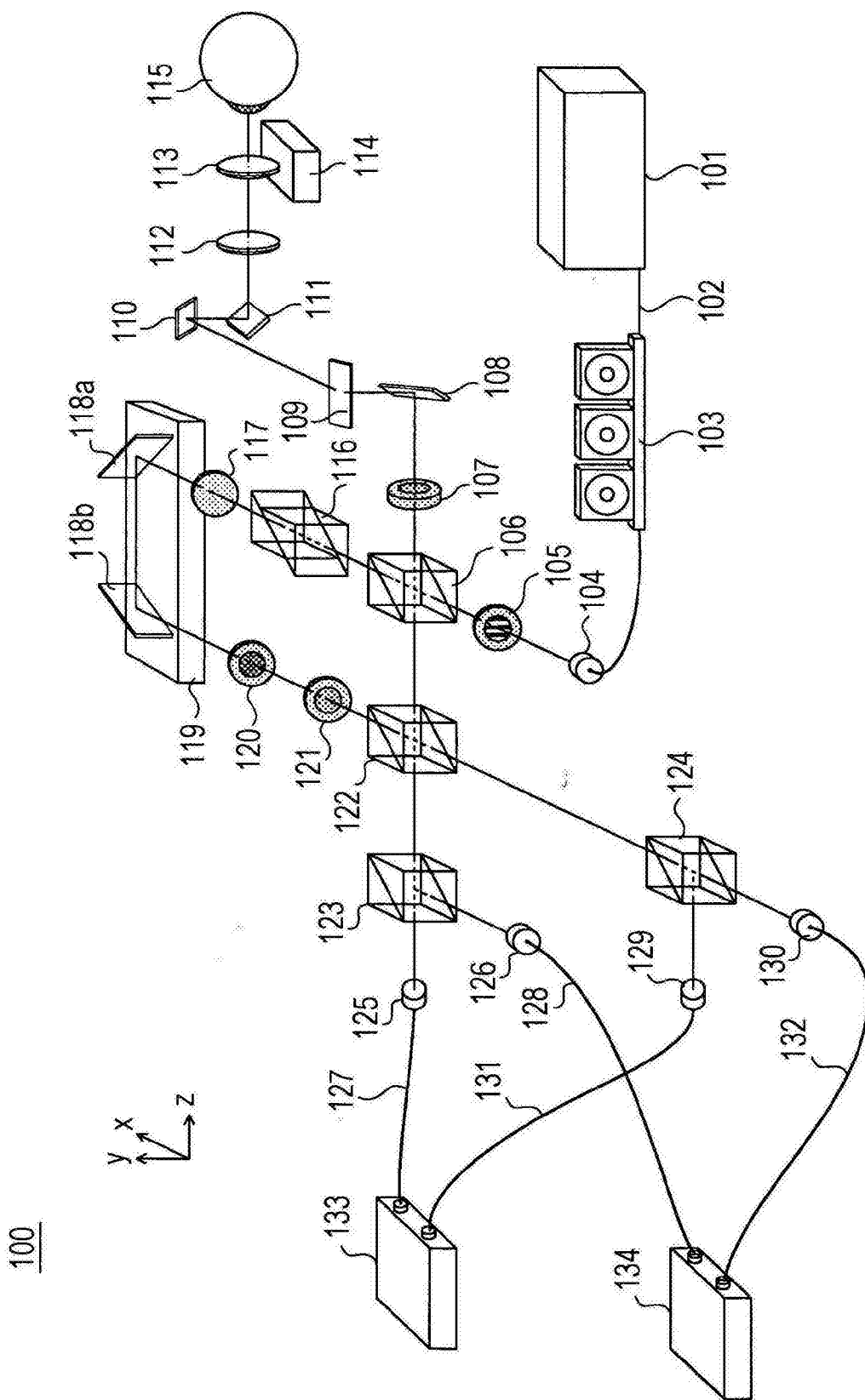


图1

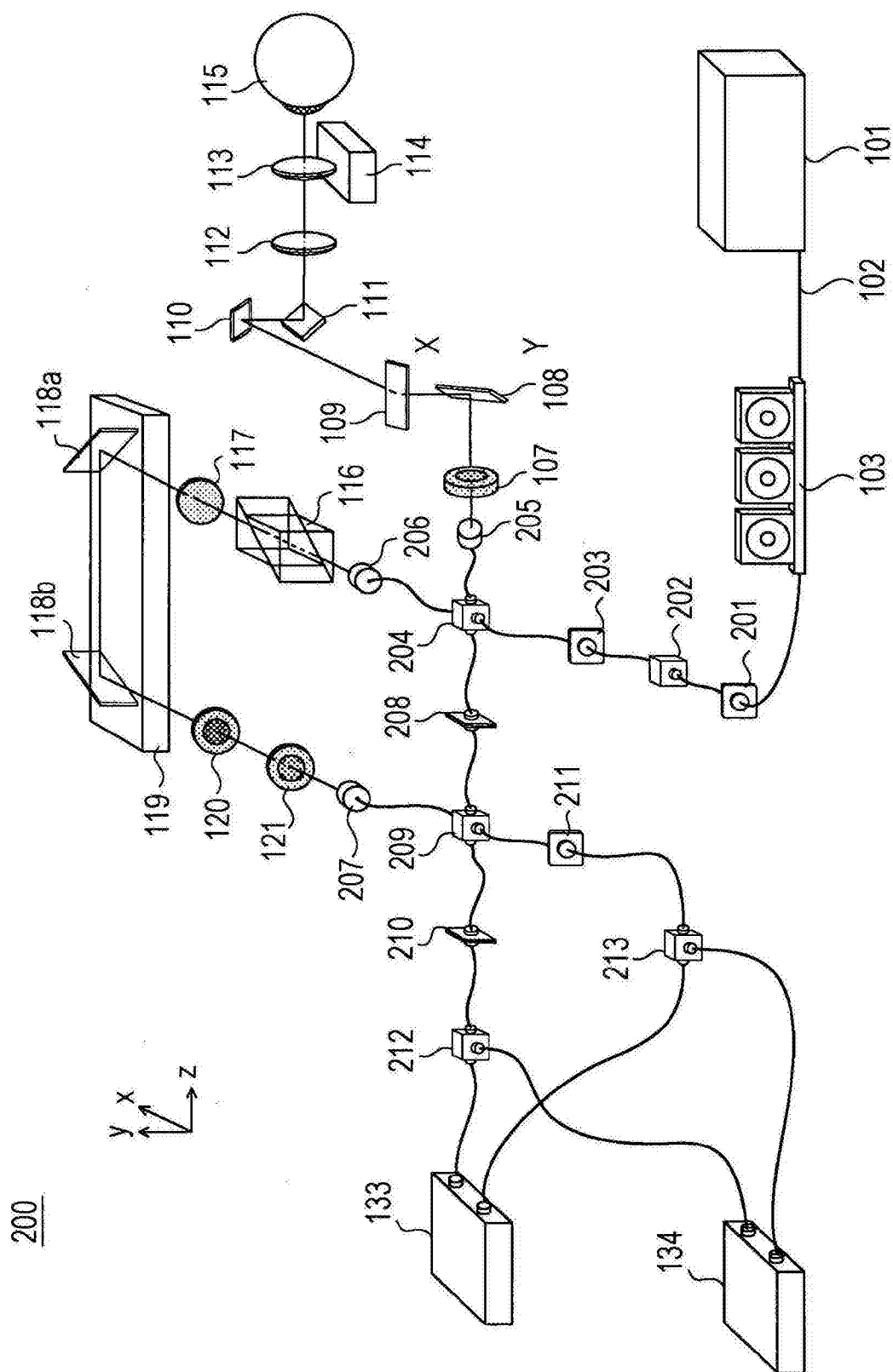


图2

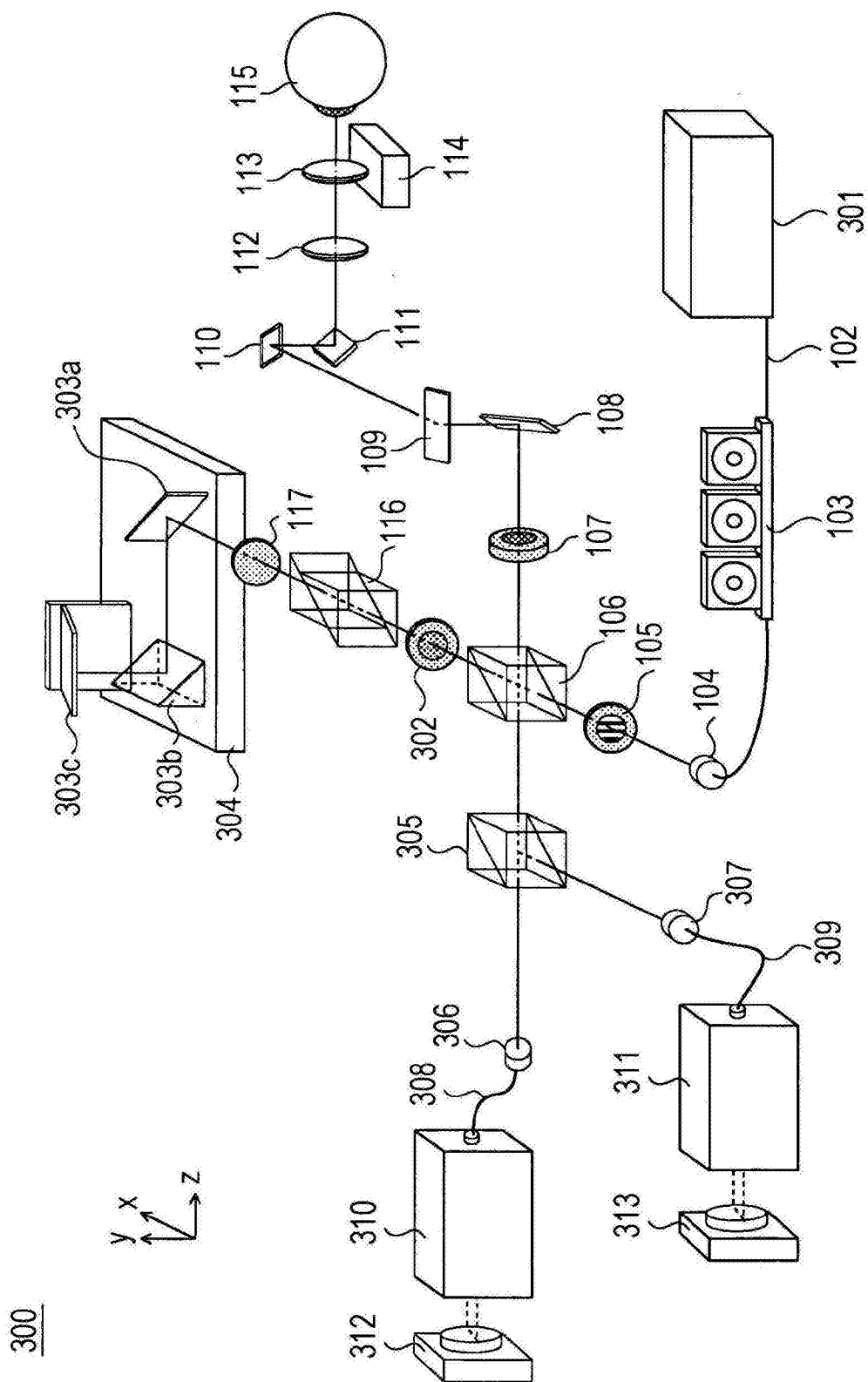


图3

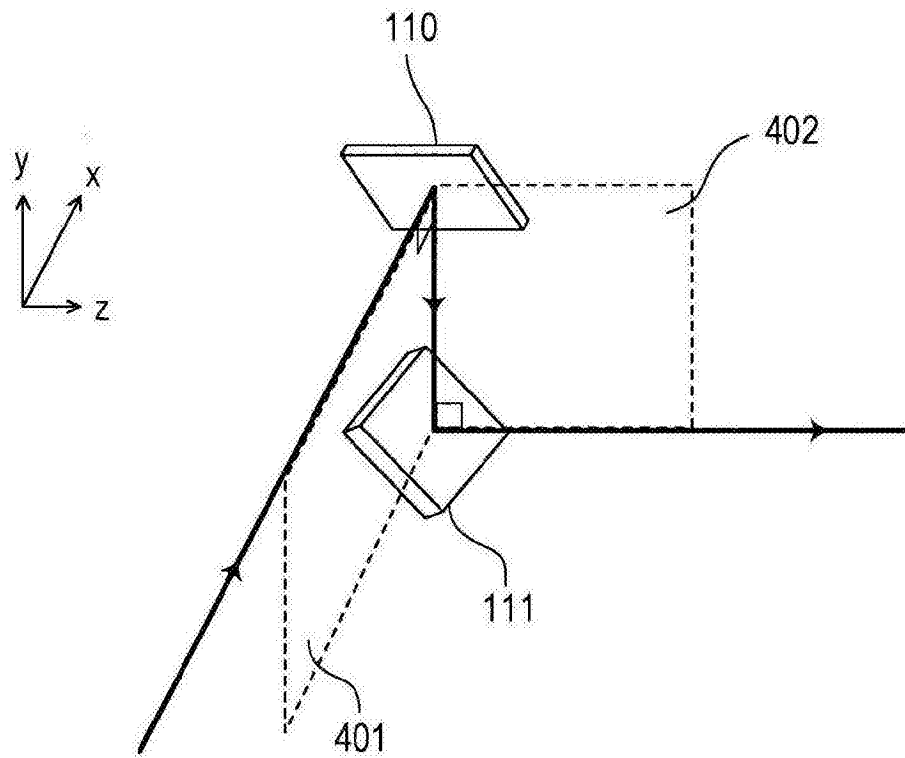
400

图4

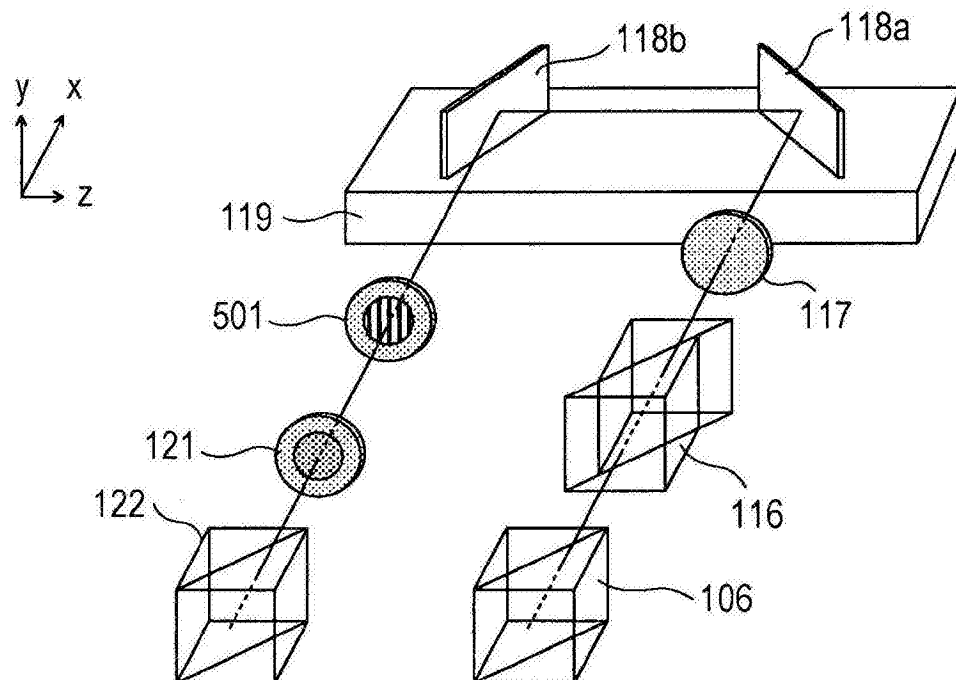
500

图5

600

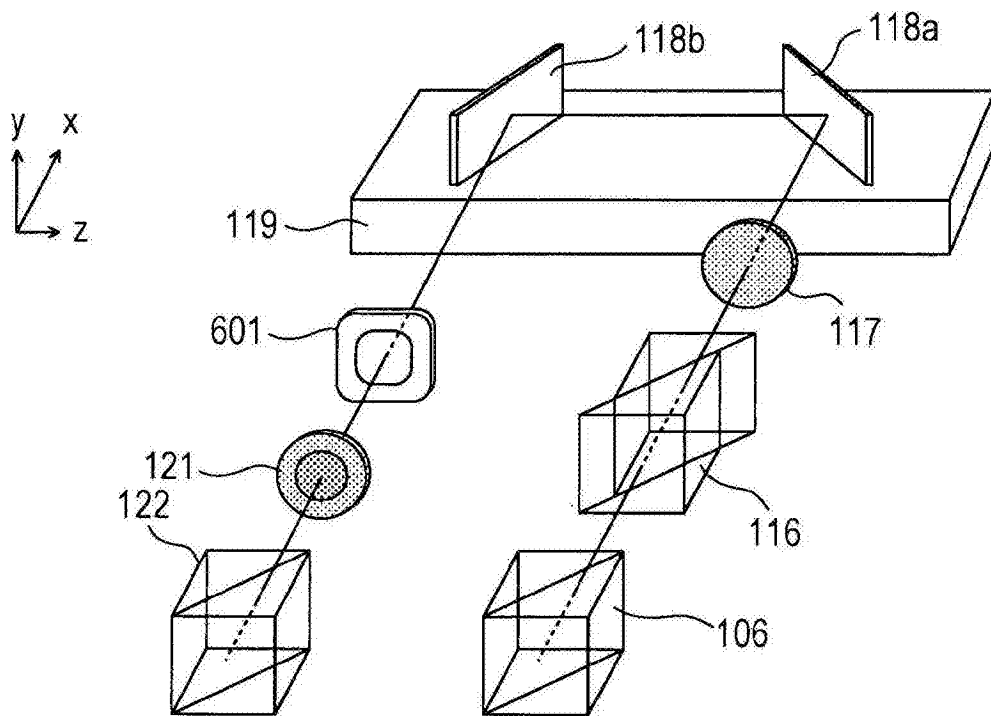


图6

700

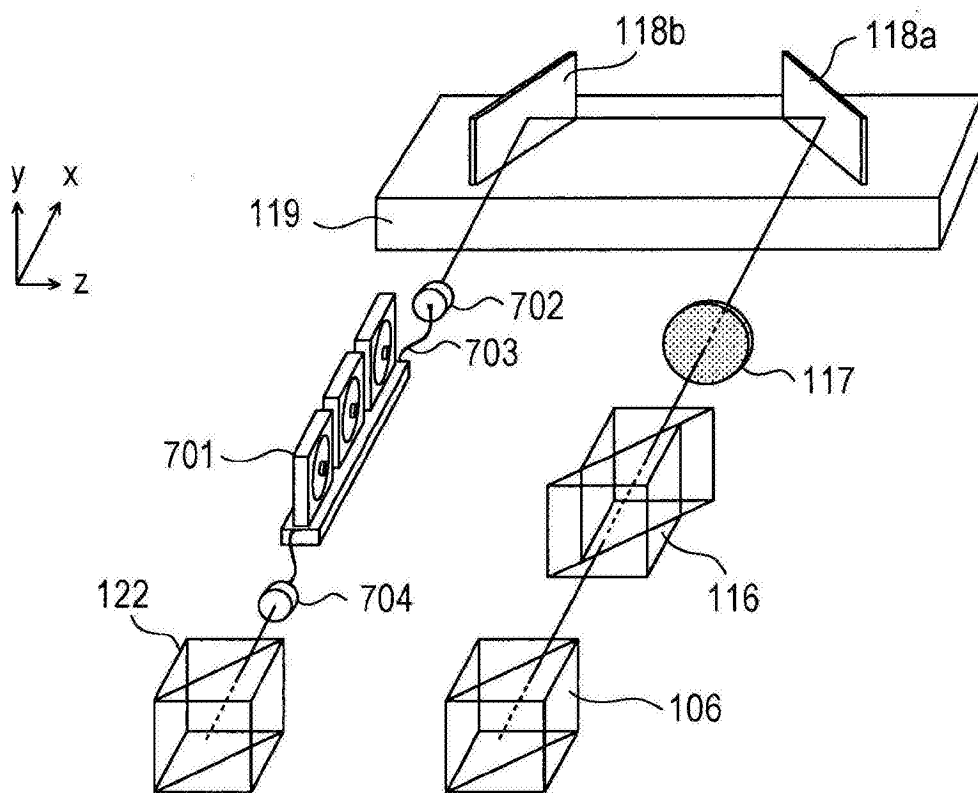


图7