



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111272094 A

(43)申请公布日 2020.06.12

(21)申请号 201911201555.1

G02B 27/10(2006.01)

(22)申请日 2019.11.29

(30)优先权数据

102018130901.5 2018.12.04 DE

(71)申请人 普雷茨特光电有限公司

地址 德国新伊森堡

(72)发明人 C·迪茨

(74)专利代理机构 北京金阙华进专利事务所

(普通合伙) 11224

代理人 陈建春

(51)Int.Cl.

G01B 11/24(2006.01)

G01B 11/14(2006.01)

G01B 11/06(2006.01)

G02B 27/12(2006.01)

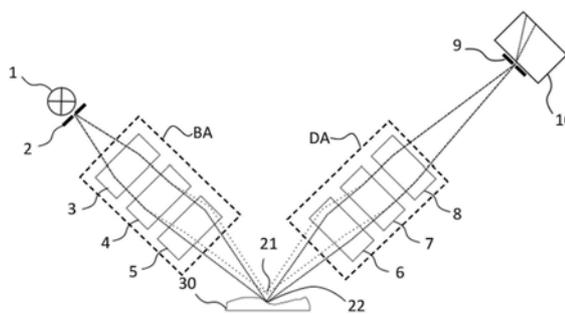
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

光学测量设备

(57)摘要

本申请公开了光学测量设备,包括:发射多个波长的光的光源(1);来自光源(1)的光通过其的第一共焦光阑(2);光学照射/成像系统(BA),至少包括:第一分光元件(4),其被设计为棱镜或光栅,进入第一分光元件(4)的光被使得准直;及与第一分光元件(4)空间上分开的、具有至少一第一透镜的第一透镜系统(5),第一透镜系统(5)的有效焦距($f(\lambda)$)对于不同波长而显著不同(λ),使得光学照射/成像系统(BA)设计成使得不同波长的焦点被形成在不同位置,这些位置沿与第一透镜系统(5)的对称轴(40)形成锐角的线段(41)坐落。该测量设备配置成测量与所述线段(41)交叉并反射至少一部分光的物体(30)。



1. 一种彩色共焦测量设备,包括:
 - 发射多个波长的光的光源(1);
 - 来自光源(1)的光通过其的第一共焦光阑(2);
 - 光学照射/成像系统(BA),至少包括:
 - 第一分光元件(4),其被设计为棱镜或光栅,进入第一分光元件(4)的光被使得准直;及
 - 与第一分光元件(4)空间上分开的、具有至少一第一透镜的第一透镜系统(5),第一透镜系统(5)的有效焦距($f(\lambda)$)对于不同波长而显著不同(λ),使得光学照射/成像系统(BA)设计成使得不同波长的焦点被形成在不同位置,这些位置沿与第一透镜系统(5)的对称轴(40)形成锐角的线段(41)坐落;
 - 所述测量设备配置成测量与所述线段(41)交叉并反射至少一部分光的物体(30);
 - 所述测量设备包括与光学照射/成像系统(BA)空间上分开的光学检测/成像系统(DA),光学检测/成像系统(DA)配置成仅接收由物体(30)反射的、与来自与照射光射中物体的方向不同方向的光;光学检测/成像系统(DA)配置成使所有波长的焦点成像在第二共焦光阑(9)上;及
 - 所述测量设备包括检测器(10),配置成记录通过第二光阑(9)的光的强度。
2. 根据权利要求1所述的测量设备,其特征在于,第一透镜系统(5)对于光源(1)的最小波长的焦距与第一透镜系统对于光源(1)的最大波长的焦距相差量 δf , δf 与第一透镜系统(5)对于平均波长的焦距 f_0 的商大于5%。
3. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,焦点位置的轴向拆分至少为焦点位置的横向拆分的0.1倍。
4. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,第一透镜系统(5)包括至少一具有小于40的阿贝数的透镜。
5. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,穿过不同波长的焦点位置的线段(41)与第一透镜系统(5)的对称轴(40)具有小于 60° 和/或大于 30° 的角度。
6. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,光学照射/成像系统(BA)包括设置在光源(1)与第一分光元件(4)之间且消色差的准直透镜(3)。
7. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,第一分光元件(4)为光栅,及第一透镜系统(5)包括至少一衍射透镜。
8. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,第一透镜系统(5)设置成朝向第一分光元件(4)倾斜,使得平均波长平行于第一透镜系统(5)的对称轴(40)平行射中第一透镜系统(5)。
9. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,第一共焦光阑(2)为狭缝光阑,藉此,代替针对每一波长形成焦点,焦线沿与第一透镜系统(5)的对称轴(40)形成锐角的区域段形成。
10. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,光学检测/成像系统(DA)包括被设计为棱镜或光栅的第二分光元件(7)以及第二透镜系统(6)。
11. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,第二分光元件(7)与第一分光元件(4)结构相同,及第二透镜系统(6)与第一透镜系统(5)结构相同。

12. 根据前面任一权利要求所述的测量设备,其特征在于,检测器(10)包括分光计并配置成确定波长的强度最大值及从这些最大值计算物体的距离值。

光学测量设备

技术领域

[0001] 本发明涉及光学测量设备,尤其涉及用于测量物体的光色测量设备。

背景技术

[0002] 用于测量物体的光学测量设备已知。EP 2 076 733 B1公开了一种用于确定物体表面和厚度的测量仪器,其包括多色光源和具有色散元件的光学处理器部分,色散元件使直射在将要测量的物体上的光学辐射按非轴向色散。在该设备中,光学辐射的不同波长按物体表面的法线方向在不同高度聚焦。用于光学辐射的第二处理器部分将测量物体在镜面反射方向反射的光导向检测器,其配置成确定最大强度的波长以确定表面高度。

发明内容

[0003] 本发明的目标在于提供一种改进的、用于测量物体的测量设备。

[0004] 本发明的一方面提出一种测量设备,包括发射多个波长的光源,其光通过第一共焦光阑射入光学照射/成像系统。该光学照射/成像系统包括第一分光元件,其被设计为棱镜或光栅。第一分光元件根据波长拆分光,即不同波长的光以相同角度射中分光元件但以不同角度离开该分光元件。在棱镜情形下,这因色散引起;在光栅情形下,一阶或更高阶的衍射(正或负阶衍射)用作光学输出并进行光谱拆分。

[0005] 在该过程中,光进入第一分光元件,针对所有波长使得准直。这仅在下述情形下可能:在光源与第一分光元件之间未设置有具有明显随波长而变的焦距的元件尤其是具有明显色差(色像差)的透镜或透镜组合。

[0006] 光学照射/成像系统还包括第一透镜系统,其具有至少一第一透镜。第一透镜系统与第一分光元件空间上分开,即它们为两个分开的元件。第一透镜系统的有效焦距对于不同波长而显著变化。该性质被称为轴向色差。

[0007] 光通过光学照射/成像系统聚焦,不同波长的聚焦位置尤其是焦点或焦线被形成在不同位置。这些位置沿测量段尤其是线段或区域段坐落,测量段与第一透镜系统的对称轴形成锐角。

[0008] 焦点或焦线位于其上的线段或区域段的区域表示测量设备的测量范围。与线段交叉并反射至少一部分光的任何物体均可被测量。

[0009] 从焦点到透镜系统的距离因第一透镜系统的轴向色差而随波长变化。在没有明显轴向色差的情形下,焦点将大约垂直于对称轴成一线。

[0010] 测量设备还包括与光学照射/成像系统空间上分开的光学检测/成像系统。空间上分开使能使用更小、更轻的光学元件。光学检测/成像系统配置成接收由物体反射的、来自与照射光射中物体的方向不同方向的光,及使所使用的所有波长的焦点成像在第二共焦光阑上。

[0011] 第二共焦光阑具有抑制焦点未对准而射中测量物体因而在第二共焦光阑上未被精确成像的波长的光的效果,因而降低背景噪声及提高信噪比。

[0012] 测量设备还包括检测器,其配置成获得通过第二光阑的光的强度。

[0013] 由于明显的轴向色差,当聚焦位置或焦点的成像质量好时,光入射角可增大以有效抑制或减少所谓的阴影效应。

[0014] 本发明的特征因而具有测量光在测量物体上的平均入射角更陡的优点,从而减少阴影。

[0015] 另一方面,入射角也不垂直于物体,因而可能分开地穿过光学照射/成像系统和光学检测/成像系统,及入射方向或接收方向不同于焦点成一线的方向。因此,来自未被聚焦在物体表面上的波长的光不仅仅焦点未对准地成像在第二共焦光阑上而且还被横向偏移。这意味着未聚焦在物体上的那些波长的光较少通过第二共焦光阑,及背景噪声将继续被抑制。测量设备的分辨率仅由所使用的物镜(光学照射/成像系统和光学检测/成像系统)的分辨率确定。

[0016] 通常,焦点位于其上的线段优选以直角或者几乎以直角与将要测量的物体的表面交叉。这具有测量不失真的优点。在直角时,平行于表面的坐标值(x/y坐标)对于每一焦点是常数且既不取决于表面上方(z)的高度也不取决于波长。这意味着表面的地形可直接在笛卡尔(Cartesian)坐标系中确定,无需进行另外的转换。因此,在测量中不会出现表面失真。

[0017] 在光学照射/成像系统和光学检测/成像系统对称设置时,线段垂直于表面的设置还具有更高光效能的优点。

[0018] 本发明的有利发展在下面进行描述。

[0019] 光源优选发射连续光谱。所发射的光谱最好在可见光范围(约400-800nm)或者在红外范围。

[0020] 第一透镜系统对于光源的最小波长的焦距与第一透镜系统对于光源的最大波长的焦距相差量 δf 。 δf 与平均波长的焦距 f_0 的商优选大于5%。这种色差水平可被视为明显。

$$[0021] \quad \frac{\delta f}{f_0} > 5\%$$

[0022] 光源的最小波长的焦点与最大波长的焦点之间的距离限定测量设备的测量范围。对于每一应用均有特别适当的测量范围。例如,选择的测量范围有利地大于将要测量的物体上的最大结构或者预期高度差。同时,选择的测量范围不应太大,因为测量范围与分辨率之间通常呈相反关系。在本申请中,测量范围优选在几毫米或小于1毫米的范围中。

[0023] 测量范围通过相对于第一透镜系统的对称轴横向和轴向移动不同波长的焦点而预先确定。轴向运动和横向运动优选相差小于2的因子,最好大约一样。换言之,轴向和横向运动与测量范围本身均属于同样的量级。

[0024] 焦点位置的横向和轴向运动有利地选择成使得通过不同波长的焦点位置的线段与第一透镜系统的对称轴具有小于 60° 的角度。该角度小于或等于 45° 特别有利。这特别适合避免阴影并使设计紧凑。

[0025] 还优选穿过不同波长的焦点的线段与第一透镜系统的对称轴具有大于 30° 的角度。

[0026] 特别优选地,第一透镜系统对于光源的最小波长的焦距与第一透镜系统对于光源的最大波长的焦距之间相差的量大约对应于测量设备的预先确定的测量范围。

[0027] 为实现足够的焦斑位错(色差),第一透镜系统中的至少一透镜有利地具有 $v_d < 40$ 的阿贝数。

[0028] 光学照射/成像系统优选包括设置在光源与第一分光元件之间的准直透镜。该准直透镜优选为消色差透镜,即不同波长的焦距或一样或仅稍微不同。这使所有波长的光路准直。作为备选,准直透镜可通过几个透镜而变换布置,这几个透镜在一起看待时具有上面提出的性质。

[0029] 也可能提供具有色差的准直透镜,使得斑点的轴向运动在准直透镜与第一透镜系统之间分配。这意味着光路对于所有波长并未被第一分光元件完美地准直。

[0030] 确保焦点位于其上的线段笔直是有利的,这通过第一透镜系统的焦点的波长依存关系与第一分光元件的拆分的波长依存关系彼此匹配而实现。特别有利地,这通过考虑波长依存关系之间的数学关系而实现(参见图3a和3b的阐释)。优选地,或者棱镜被选择为第一分光元件并与包括一个或多个色散透镜的第一透镜系统结合,或者光栅被选择为第一分光元件并与第一透镜系统中的至少一衍射透镜结合。因而,或者色散元件一起使用,或者衍射元件一起使用。这使可能确保焦点的轴向和横向运动相配(即运动与波长之间的数学关系等于比例因子就足够),使得线段笔直。

[0031] 根据本发明的优选实施例,光学检测/成像系统包括第二分光元件即棱镜或光栅以及第二透镜系统。这使能以特别简单的方式在第二共焦光阑上成像。原理上,光路在此对应于光学照射/成像系统的光路,但元件的顺序相反。在此,由于顺序相反,第二分光元件具有使第一分光元件导致的拆分反过来的效果。来自光学照射/成像系统的焦点之一并具有对应于该焦点的波长的光因此通过光学检测/成像系统聚焦在同一位置上(对于所有波长),有利地,聚焦在第二共焦光阑的开口上。

[0032] 第二分光元件优选与第一分光元件结构一样。具体地,如果第一分光元件为棱镜,则第二分光元件也为棱镜且结构完全一样;如果第一分光元件为光栅,则第二分光元件亦为光栅且结构完全一样。

[0033] 第二透镜系统优选与第一透镜系统结构一样。

[0034] 如果整个光学照射/成像系统和光学检测/成像系统结构完全一样则特别有利。在这样的布置下,它们镜像对称,检测光路因而与照射光路一样。

[0035] 对于该实施例,有利地,焦点在其上成一线的线段至少大约垂直于将要测量的物体使得整个布置对称。

[0036] 焦点在其上成一线的线段有利地位于照射光路与检测光路之间的分角线上。

[0037] 根据本发明的优选实施例,检测器包括分光计并配置成确定波长的强度最大值及从这些最大值计算物体的距离值。

[0038] 特别优选地,在波长的强度最大值与距离值之间建立关系。这有利地通过校准测量设备实现。该关系用于确定距离值。

[0039] 由于测量设备的共焦结构,聚焦在将要测量的物体上的波长被再次锐利地成像在第二共焦光阑的开口上。因此,该波长的大部分强度通过光阑,这样,强度最大值对应于聚焦在物体上的波长。这使可能得出物体表面相对于焦点位置的位置。

[0040] 在本发明的优选实施例中,第一共焦光阑和第二共焦光阑均为孔径光阑,即它们具有小截面的圆形开口。为了确保良好的横向分辨率,直径优选小于 $100\mu\text{m}$ 。特别优选地,该

直径小于 $50\mu\text{m}$ 。这导致在物体表面上的单一点的测量。

[0041] 在本发明的备选实施例中,第一共焦光阑和第二共焦光阑均为狭缝光阑,即它们具有狭缝状开口。在该实施例中,焦线而不是焦点被形成在不同位置。不是沿线段,而是焦线位于区域段上并具有对应于狭缝光阑的长边的一维度及具有上面描述的线段的所有性质的另一维度。结合焦点和线段描述的所有特征可同等应用于焦线和区域段。光学照射/成像系统设计成使得不同波长的焦线被形成在不同位置,这些位置沿与第一透镜系统的对称轴形成锐角的区域段坐落。测量设备设计成测量与区域段交叉的物体。光学检测/成像系统配置成将所有波长的焦线成像在第二共焦光阑上。

[0042] 狭缝光阑定向成使得第一共焦光阑被成像在第二共焦光阑上。有利地,狭缝光阑定向成使得拆分由第一分光元件以与狭缝的较长边成直角地进行。

[0043] 这种布置的横向分辨率(即按与高度测量成直角的方向)仅由物镜(光学照射/成像系统和光学检测/成像系统)的分辨率确定,因为只有焦线区域被成像。各个像素之间没有串扰问题。

[0044] 成行设置的多个孔开口可被视为该实施例的变型。

[0045] 在本发明的优选实施例中,检测器包括按空间分辨的方式测量通过第二共焦光阑的强度的传感器。在该实施例中,特别优选地,在检测器内没有光谱拆分,因此在第二共焦光阑的位置处获得全强度的图像。因而,由于彩色拆分,以增大的景深获得物体表面的图像。此外,有利地,传感器还配置成空间上分辨入射光位置。在该过程中,入射光的强度例如通过多个个别像素在几个位置处确定。这样,入射光沿至少一维度的空间分辨是可能的,空间分辨的维度优选对应于狭缝光阑的长边。

[0046] 优选使用矩阵检测器即允许入射光在两个维度的分辨的多个传感器。

[0047] 在本发明的另一优选实施例中,检测器包括分束器,其将光的一部分导向第一检测器部分及将光的第二部分导向第二检测器部分。特别优选地,光被进行光谱拆分,在第一检测器部分中确定最大强度的波长同时在第二检测器部分中不进行光谱拆分,产生全强度图像。通过第二检测器部分获得的全强度图像与同时通过第一检测器部分针对同样的测量范围获得的高度数据组合,例如借助于显示设备叠加表示。特别优选地,可能评估和输出高度数据及在与高度成直角的平面中更准确分辨的全强度图像。

[0048] 为了充分利用狭缝光阑相较于针孔光阑的格栅的优点,由测量物体反射的光优选由测量物体与检测器之间的自由空间光学器件传播。同样优选地,光通过自由空间光学器件从光源传播到测量物体。这具有附加的优点,即测量设备可具有更鲁棒的结构且构建不太昂贵以及很大程度上与温度无关。

[0049] 根据本发明的优选实施例,分束器为立方分束器,特别优选地,其包括两个互连的棱镜,具有在棱镜之间延伸的分束器表面。

[0050] 将要测量的物体与测量设备可有利地相对于彼此移动,优选在两个或三个维度。该移动优选为自动移动。因而,可能扫描物体以测量多个点。

附图说明

[0051] 本发明的有利的示例性实施方式在下面结合附图进行说明。

[0052] 图1示出了彩色共焦测量设备的示例性实施例的示意图。

- [0053] 图2示出了现有技术已知的测量设备的光学照射/成像系统。
- [0054] 图3a示出了本发明的优选实施例。
- [0055] 图3b示出了本发明的另一优选实施例。
- [0056] 图4示出了本发明的另一优选实施例。
- [0057] 图5示出了本发明的另一优选实施例。

具体实施方式

- [0058] 图1示出了彩色共焦测量设备的示例性实施例的示意图。
- [0059] 光源1发射多波长光束。优选地,其发射连续光谱,该连续光谱最好位于可见光谱区内。例如,光源为LED或者卤素灯或者包含激光激发磷光粉的光源或者超连续谱光源。
- [0060] 光通过第一共焦光阑2。该光阑具有优选为圆形且直径小的开口(孔径光阑)。作为备选,该光阑可具有狭缝形开口,狭缝在进入图平面的方向变宽。
- [0061] 测量设备的光学照射/成像系统(BA)包括至少一准直透镜3、第一分光元件(第一棱镜或第一光栅)4和具有至少一第一透镜的第一透镜系统5。这些元件空间上彼此分开。
- [0062] 第一透镜系统5因明显的彩色轴向像差而有缺陷,使得有效焦距 $f(\lambda)$ 对于不同波长 λ 而明显不同。有效焦距在此为整个系统的焦距。有利地,可在透镜系统中顺次使用多个透镜代替单一透镜,这使能精确地设定色差(色像差)。
- [0063] 光学照射/成像系统BA使得第一光阑2经第一波长的光通过光学照射/成像系统而在焦点21处成像,而该同样的光阑2经另一波长的光通过光学照射/成像系统在另一位置22处成像。根据本发明,这些位置沿线段成一线。在此,该线段与第一透镜系统5的对称轴形成锐角。在第一透镜系统5没有色差的情形下,该线段将大约垂直于对称轴,因为分光元件4(棱镜或光栅)仅能拆分与光轴成直角的聚焦位置。
- [0064] 如果使用狭缝形共焦光阑2,光学照射/成像系统BA使得第一光阑2经第一波长的光通过光学照射/成像系统而在焦线21处成像。该同样的光阑2通过光学照射/成像系统经另一波长的光而被成像在另一焦线22上。根据本发明,这些焦线沿区段成一线。该区段一方面通过每一焦线的空间延伸产生,另一方面通过针对不同波长的焦线的不同位置产生。在此,区段与第一透镜系统5的对称轴形成锐角。更具体地,区段由一系列线段组成,每一线段对应于狭缝光阑的一点的图像。这些线段中的每一线段与第一透镜系统5的对称轴形成锐角。
- [0065] 将要测量的物体30设置在聚焦位置21和22的区域中,即测量设备的测量范围内。物体30反射至少一部分光。来自不同于入射方向的空间方向的反射光被光学检测/成像系统DA捕获。光学照射/成像系统和光学检测/成像系统是空间上分开的系统。
- [0066] 光学检测/成像系统优选包括第二透镜系统6、第二分光元件(第二棱镜或第二光栅)7及聚焦透镜8。整个光学检测/成像系统配置成使已聚焦在物体30表面上并被其反射到第二光阑9上的光成像。第二光阑9用作第二共焦光阑,其与第一光阑2共焦。
- [0067] 通过第二光阑9的光被检测器10捕获。
- [0068] 图2示出了现有技术已知的测量设备的一般布置的光学照射/成像系统,用于突出所谓的阴影效应。在该布置中,光被棱镜204横向偏向并通过透镜205聚焦。透镜205没有色差或者具有非常小的色差,因此,聚焦位置大约垂直于透镜的对称轴成一线。测量物体30上

的入射角 β 非常小。

[0069] 如图2中所示,对于这类测量仪器,到物体上的中心波长表面的平均入射角可被估计为:

$$[0070] \quad \beta(\lambda_0) \approx \alpha(\lambda_0) \left(1 - \frac{L}{f}\right)$$

[0071] 其中, $\alpha(\lambda_0)$ 为对于中心波长 λ_0 ,因色散部件引起的衍射角; L 为色散部件与聚焦元件之间的距离,及 f 为聚焦元件的焦距。这意味着 β 总是小于 α ,及物体上的入射角必然相当浅。

[0072] 为实现大的角度 $\beta (>30^\circ)$,入射光束与聚焦透镜的光轴之间的角度 α 必须达到 $>30^\circ$ 的值。然而,这并不可行,因为在这样大的倾角下光学成像质量剧烈受损,伴随焦点的高度模糊,这对测量设备的横向和轴向分辨率容量具有直接的负面影响。

[0073] 另一方面,大角度 β 合乎需要,因为浅入射角在粗糙物体上常常导致阴影从而损害测量质量。此外,这样的结构必然大且不得不靠近测量物体定位。

[0074] 图3a示出了本发明的优选示例性实施例的几何参数。

[0075] 在此, $\alpha(\lambda)$ 指撞在第一透镜系统上的光束与第一透镜系统5的对称轴40之间的角度。该角度 $\alpha(\lambda)$ 随波长而变。

[0076] 在图3a所示的示例性实施例中,透镜3的对称轴也是轴40,对称轴40也穿过光阑2的开口,使得角度 $\alpha(\lambda)$ 同时对应于第一分光元件的随波长而变的偏向角。在棱镜的情形下,这是色散角;在光栅的情形下,其为一阶(或更高阶)正或负衍射的衍射角。

[0077] 第一透镜系统的随波长而变的焦距记为 $f(\lambda)$ 。

[0078] 第一透镜系统5的延长的对称轴40与波长 λ 的焦点之间的距离 H 计算为:

$$[0079] \quad H(\lambda) \approx f(\lambda) * \tan(\alpha(\lambda))$$

[0080] 对于位于线段上的焦点,必定有第一透镜系统5的随波长而变的焦距 $f(\lambda)$ 考虑线段的斜度 c 和偏移 f_0 的条件。

$$[0081] \quad H(\lambda) = c * f(\lambda) - f_0$$

$$[0082] \quad f(\lambda) * \tan(\alpha(\lambda)) = c * f(\lambda) - f_0$$

$$[0083] \quad f(\lambda) = \frac{f_0}{(c - \tan(\alpha(\lambda)))}$$

[0084] 因此,焦距 $f(\lambda)$ 与色散角 $\alpha(\lambda)$ 和斜度 c 之间有关系。偏移 f_0 是光学照射/成像系统与物体之间的工作距离。

[0085] 在大多数应用中,相较于平均焦距,测量范围因而 $H(\lambda)$ 小。因此,可能应用近似值

$$[0086] \quad H(\lambda) \approx f_0 * \tan(\alpha(\lambda))$$

[0087] 并得到:

$$[0088] \quad f(\lambda) = \frac{f_0}{c} (1 + \tan(\alpha(\lambda))) \approx \frac{f_0}{c}$$

[0089] 这近似地使聚焦位置的轴向运动与横向运动分离。在此,相对于轴40的横向移动从色散角的波长依存关系确定,而朝向轴40的轴向运动从第一透镜系统5的焦距的波长依存关系确定。

[0090] 聚焦位置排成直线的线性因而被产生,因为色散角大约正比于波长,即线性:

$$[0091] \quad \alpha(\lambda) = c_1 \lambda$$

[0092] 第一透镜系统5的焦距的波长依存关系 $f(\lambda)$ 也大约线性。

[0093] 斜度直接影响物体上的入射角 β :

$$[0094] \quad \beta(\lambda) = 90^\circ - \arctan(c) + \alpha(\lambda)$$

[0095] 第一透镜系统5有利地设计成使得考虑通过所使用的棱镜或光栅4预先确定的偏向角 $\alpha(\lambda)$ (色散角或衍射角),并实现需要的中心波长入射 β_0 角。

[0096] 这意味着,通过适当选择第一透镜系统的有效色差,引入另外的自由度,其进而允许选择入射角。

[0097] 换言之,由于固定的工作距离 f_0 和预先确定的测量范围 $H(\lambda)$,偏向角 $\alpha(\lambda)$ 被设定。中心波长的入射角 β_0 则也可使用彩色轴向像差 $f(\lambda)$ 的自由度而被设定为独立的值。

[0098] 中心波长的所选入射角 β_0 在大约30度到60度之间有利,因为这使得因物体的不规则性引起的阴影量小。该角度根据测量物体的预期粗糙度进行有利选择。

[0099] 在本发明的另一优选示例性实施例中,如图3b中所示,第一透镜系统5设置成朝向透镜3和分光元件4倾斜。所有角度与之有关的对称轴40也指第一透镜系统的对称轴40,透镜3和第一光阑2设置成相对于对称轴倾斜和偏心。

[0100] 特别优选地,元件设置成相对于彼此倾斜,使得中心波长沿第一透镜系统5的对称轴40入射($\alpha(\lambda_0) = 0$)。这相较于成角度和/或离心的入射导致更小的成像误差。

[0101] 关系 $f(\lambda) = \frac{f_0}{(c - \tan(\alpha(\lambda)))}$ 或 $f(\lambda) \approx \frac{f_0}{c}$ 继续适用。然而, $\alpha(\lambda)$ 现在不再是第一分光元件4的偏向角,而是已被减少第一分光元件4与透镜系统5之间的相对斜角。第一分光元件4的偏向角在图3b中记为 $\vartheta(\lambda)$ 。 $\alpha(\lambda) = \vartheta(\lambda) - \vartheta_0$ 。特别优选地, ϑ_0 为中心波长的偏向角。

[0102] 图4示出了本发明的示例性实施例。

[0103] 其示出了结合图1描述的彩色测量设备的元件,第一分光元件4采取第一棱镜的形式,第二分光元件7同样被设计为棱镜。

[0104] 第一透镜系统5由一组三个相继的透镜51、52和53组成。中间透镜52具有 $v_d < 40$ 的阿贝数(Abbe number)。其它透镜51、53用于校正成像。

[0105] 第二透镜系统6也有三个相继的透镜61、62和63组成,其与第一透镜系统5的透镜对应。

[0106] 在第二共焦光阑9之后是是光束准直的第一检测器透镜,光束然后被进行光谱拆分。这通过由衍射光栅101、第二检测器透镜102和传感器103组成的分光计实现,第二检测器透镜使光束聚焦,传感器被设计为线传感器并获得光谱拆分的光的强度。

[0107] 在本发明的另一优选实施例中,分光计的衍射光栅因棱镜(棱镜分光计)而变换布置。使用棱镜分光计应看作有利,其中棱镜用作第一拆分元件和第二拆分元件,而在光栅用作第一拆分元件和第二拆分元件的情形下,光栅被插入到分光计内。这具有分光计像素与高度值之间的关系线性的优点。棱镜分光计与衍射分光计之间的选择对于包括分光计的所有实施方式均可能。

[0108] 图5示出了本发明的另一实施例。图5中所示的各个部件可与图4中所示的相应部

件自由交换和组合。

[0109] 与图4相比,在此,第一和第二透镜系统中的每一个包括两个透镜(51和52以及61和62)。

[0110] 在此,除了分光计部件即衍射光栅101、透镜102和传感器103之外,检测器10还包括立方分束器105,其拆分光。在第一部分被导入分光计及其强度根据波长确定的同时,第二部分被导入图像传感器104内,其不拆分光谱范围,而是记录全强度图像。

[0111] 第一共焦光阑2和第二共焦光阑9优选设计为狭缝光阑,它们的更长尺寸朝向图平面定向。这使得可能同时获得多个像素从而在一次扫描中更快地获得大图像区域。图像传感器104使可能记录沿狭缝的全强度值。如果完成一扫描,记录的全强度值可被组合以形成表面的图像,具有提高的景深。

[0112] 测量设备的可能实施例在下面详述。

[0113] 例子

[0114] 1、一种彩色共焦测量设备,包括:

[0115] -发射多波长尤其是连续光谱的光的光源(1);及

[0116] -来自光源(1)的光通过其的第一共焦光阑(2)。

[0117] 2、根据前面例子的测量设备,还包括光学照射/成像系统(BA),其包括至少一第一分光元件(4)。

[0118] 3、根据前面例子2的测量设备,光学元件(4)采取棱镜或光栅的形式。

[0119] 4、根据前面例子2或3的测量设备,进入第一分光元件(4)的光准直。

[0120] 5、根据前面例子2-4中的任一例子的测量设备,光学照射/成像系统(BA)还包括具有至少一第一透镜的第一透镜系统(5)。

[0121] 6、根据前面例子5的测量设备,第一透镜系统(5)与第一分光元件(4)空间上分开。

[0122] 7、根据前面例子5或6的测量设备,对于不同波长(λ),第一透镜系统(5)的有效焦距($f(\lambda)$)明显不同。

[0123] 8、根据前面例子2-7中任一例子的测量设备,光学照射/成像系统(BA)被设计成使得不同波长的焦点被形成在不同位置。

[0124] 9、根据前面例子8的测量设备,所述位置处于沿与第一透镜系统(5)的对称轴(40)形成锐角的线段(41)。

[0125] 10、根据前面例子9的测量设备,该测量设备配置成测量与线段(41)交叉并反射至少一部分光的物体(30)。

[0126] 11、根据前面任一例子的测量设备,该测量设备包括光学检测/成像系统(DA),其与光学照射/成像系统(BA)空间上分开。

[0127] 12、根据前面例子11的测量设备,光学检测/成像系统(DA)配置成接收物体(30)反射的、仅来自与照射光射中物体的方向不同方向的光。

[0128] 13、根据前面例子11或12的测量设备,光学检测/成像系统(DA)配置成使所有波长的焦点成像在第二共焦光阑(9)上。

[0129] 14、根据前面例子13的测量设备,该测量设备包括检测器(10),其配置成记录通过第二光阑(9)的光的强度。

[0130] 15、一种用于测量物体的测量设备,包括:

- [0131] -光源(1),用于产生具有多个波长的光;
- [0132] -光学照射/成像系统(BA),设计成使得具有不同波长的光束可被沿测量段(41)聚焦在测量范围中的不同聚焦位置;及
- [0133] -与光学照射/成像系统(BA)空间上分开的光学检测/成像系统(DA),设计成获得从将要测量的物体(30)的表面区域反射的光,该光与来自与照射光射中物体的方向不同方向的测量范围重叠。
- [0134] 16、根据前面例子15的测量设备,光学照射/成像系统(BA)包括:
- [0135] -光源(1)下游连接的第一共焦光阑(2);
- [0136] -第一分光元件(4),用于对进入第一分光元件(4)的光进行色拆分;及
- [0137] -与第一分光元件(4)空间上分开的、具有随波长而变的有效焦距($f(\lambda)$)的第一透镜系统(5)。
- [0138] 17、根据前面例子15或16的测量设备,光学检测/成像系统(DA)配置成使不同波长的聚焦位置成像在第二共焦光阑(9)上。
- [0139] 18、根据前面例子15-17中任一例子的测量设备,该测量设备包括连接在第二共焦光阑(9)下游的检测器(10),其配置成获得通过第二光阑(9)的光的强度。
- [0140] 19、根据前面例子15-18中任一例子的测量设备,可能借助于不同波长的聚焦位置相对于第一透镜系统的光轴或对称轴的横向运动和轴向运动定义测量段(41)。
- [0141] 20、一种用于测量物体的测量设备,包括:
- [0142] -光源(1),用于产生具有多个波长的光;
- [0143] -光学照射/成像系统(BA),包括:
- [0144] --光源(1)下游连接的第一共焦光阑(2);
- [0145] --第一分光元件(4),用于对进入第一分光元件(4)的光进行色拆分;及
- [0146] --与第一分光元件(4)空间上分开的、具有随波长而变的有效焦距($f(\lambda)$)的第一透镜系统(5);光学照射/成像系统(BA)设计成使得具有不同波长的光束可被沿测量段(41)聚焦在测量范围中的不同聚焦位置;及
- [0147] -与光学照射/成像系统(BA)空间上分开的光学检测/成像系统(DA),设计成获得从将要测量的物体(30)的表面区域反射的光,该光与来自与照射光射中物体的方向不同方向的测量范围重叠;光学检测/成像系统(DA)配置成使不同波长的聚焦位置成像在第二共焦光阑(9)上;测量设备包括连接在第二共焦光阑(9)下游的检测器(10),其配置成获得通过第二光阑(9)的光的强度;可能借助于不同波长的聚焦位置相对于第一透镜系统的光轴或对称轴的轴向运动和横向运动定义测量段(41)。
- [0148] 21、根据前面任一例子的测量设备,光学照射/成像系统(BA)设计成使得聚焦位置的轴向运动和横向运动可被协调以形成直的测量段(41),该测量段与第一透镜系统的对称轴形成锐角。
- [0149] 22、根据前面任一例子的测量设备,聚焦位置的轴向运动和横向运动实质上彼此不相关联或者可独立调节。
- [0150] 23、根据前面任一例子的测量设备,光学检测/成像系统(DA)包括第二透镜系统(6)和第二分光元件(7)以逆反由第一分光元件(4)引起的拆分。
- [0151] 24、根据前面例子23的测量设备,第二分光元件(7)结构与第一分光元件(4)一样,

及第二透镜系统(6)结构与第一透镜系统(5)一样。

[0152] 25、根据前面例子23或24的测量设备,光学检测/成像系统(DA)设计成使得光学检测/成像系统(DA)的光路按相反顺序实质上对应于光学照射/成像系统(BA)的光路。

[0153] 26、根据前面任一例子的测量设备,第一透镜系统(5)对于光源(1)的最小波长的有效焦距与第一透镜系统对于光源(1)的最大波长的焦距相差量 δf , δf 与第一透镜系统(5)对于平均波长的焦距 f_0 的商大于5%。

[0154] 27、根据前面任一例子的测量设备,聚焦位置的轴向运动至少为聚焦位置的横向拆分的0.1倍。

[0155] 28、根据前面任一例子的测量设备,第一透镜系统(5)包括至少一具有小于40的阿贝数的透镜。

[0156] 29、根据前面任一例子的测量设备,测量段(41)与第一透镜系统(5)的对称轴(40)具有小于 60° 和/或大于 30° 的角度,尤其是等于 45° 。

[0157] 30、根据前面任一例子的测量设备,光学照射/成像系统(BA)具有连接在第一光阑下游的准直透镜,用于使进入分光元件(4)的光准直。

[0158] 31、根据前面例子29的测量设备,准直光学器件包括消色差透镜。

[0159] 32、根据前面任一例子的测量设备,第一分光元件(4)包括光栅,及第一透镜系统(5)包括至少一衍射透镜。

[0160] 33、根据前面例子1-31中任一例子的测量设备,第一分光元件(4)包括棱镜,及第一透镜系统(5)包括至少一色散透镜。

[0161] 34、根据前面任一例子的测量设备,第一透镜系统(5)设置成朝向第一分光元件(4)倾斜,尤其使得平均波长平行于第一透镜系统(5)的对称轴(40)射中第一透镜系统(5)。

[0162] 35、根据前面任一例子的测量设备,第一共焦光阑(2)为狭缝光阑,聚焦位置采取焦线的形式,测量段采取区域段的形式,及焦线沿区域段设置。

[0163] 36、根据前面任一例子的测量设备,检测器包括分光计并配置成确定波长的强度最大值及从这些最大值计算物体的距离值。

[0164] 附图标记列表

[0165]	1	光源
[0166]	2	第一共焦光阑
[0167]	3	准直透镜
[0168]	4	第一分光元件、第一棱镜或第一光栅
[0169]	5	第一透镜系统
[0170]	6	第二透镜系统
[0171]	7	第二分光元件、第二棱镜或第二光栅
[0172]	8	聚焦透镜
[0173]	9	第二共焦光阑
[0174]	10	检测器
[0175]	11	第一检测器透镜
[0176]	21	第一焦点
[0177]	22	第二焦点

[0178]	30	物体
[0179]	40	第一透镜系统的对称轴
[0180]	41	线段
[0181]	51	第一透镜系统的第一透镜
[0182]	52	第一透镜系统的第二透镜
[0183]	53	第一透镜系统的第三透镜
[0184]	61	第二透镜系统的第一透镜
[0185]	62	第二透镜系统的第二透镜
[0186]	63	第二透镜系统的第三透镜
[0187]	101	分光计光栅
[0188]	102	第二检测器透镜
[0189]	103	传感器
[0190]	104	图像传感器
[0191]	105	分束器
[0192]	BA	光学照射/成像系统
[0193]	DA	光学检测/成像系统
[0194]	α	色散角
[0195]	β	入射角
[0196]	$f(\lambda)$	第一透镜系统的焦距

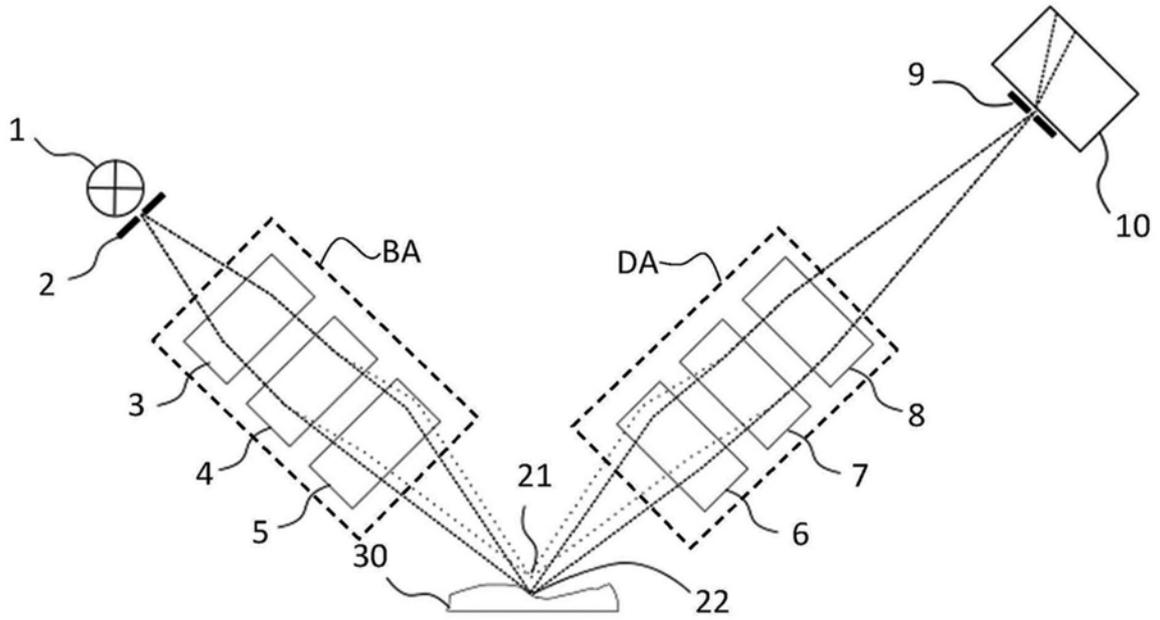


图1

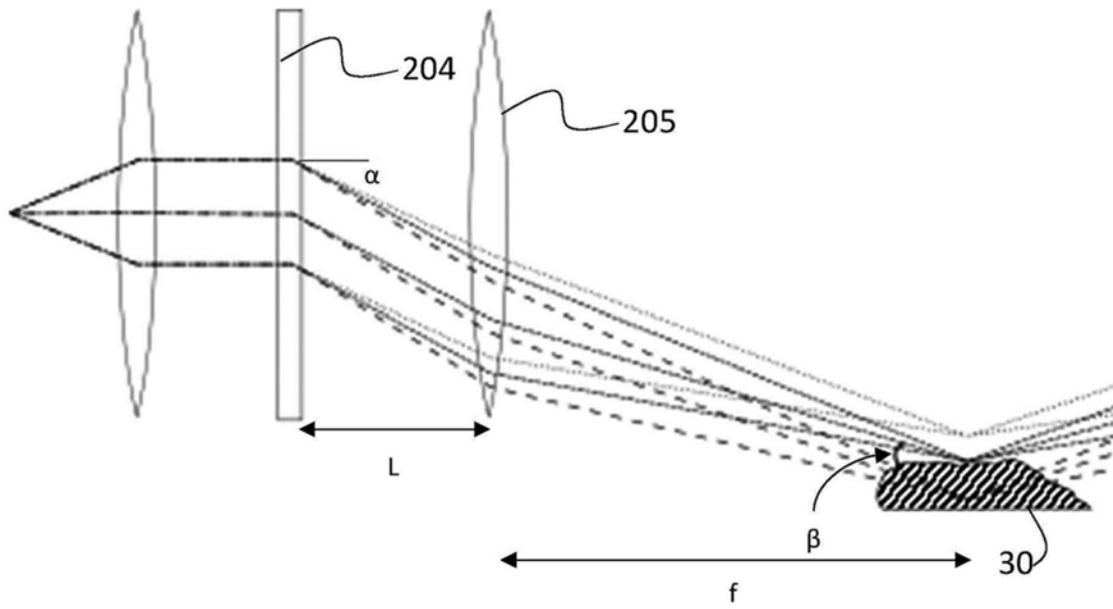


图2

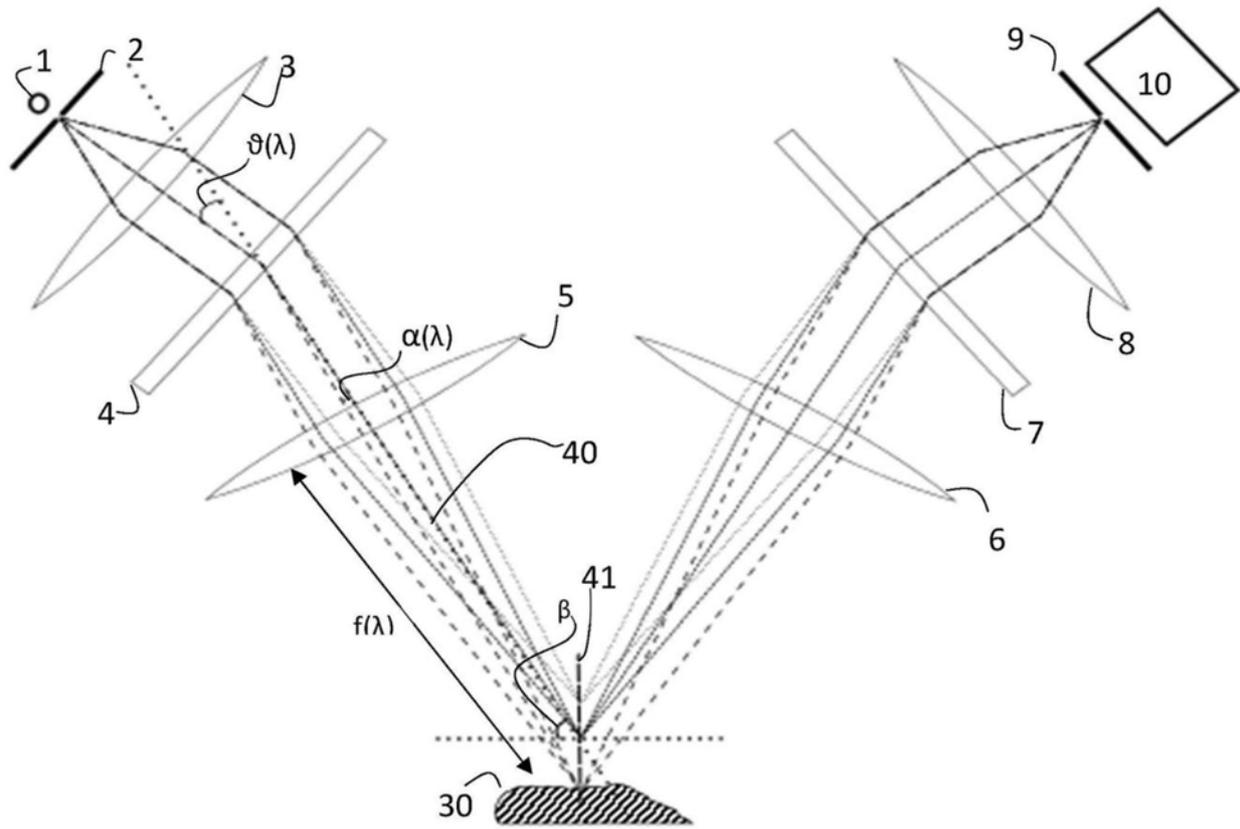


图3b

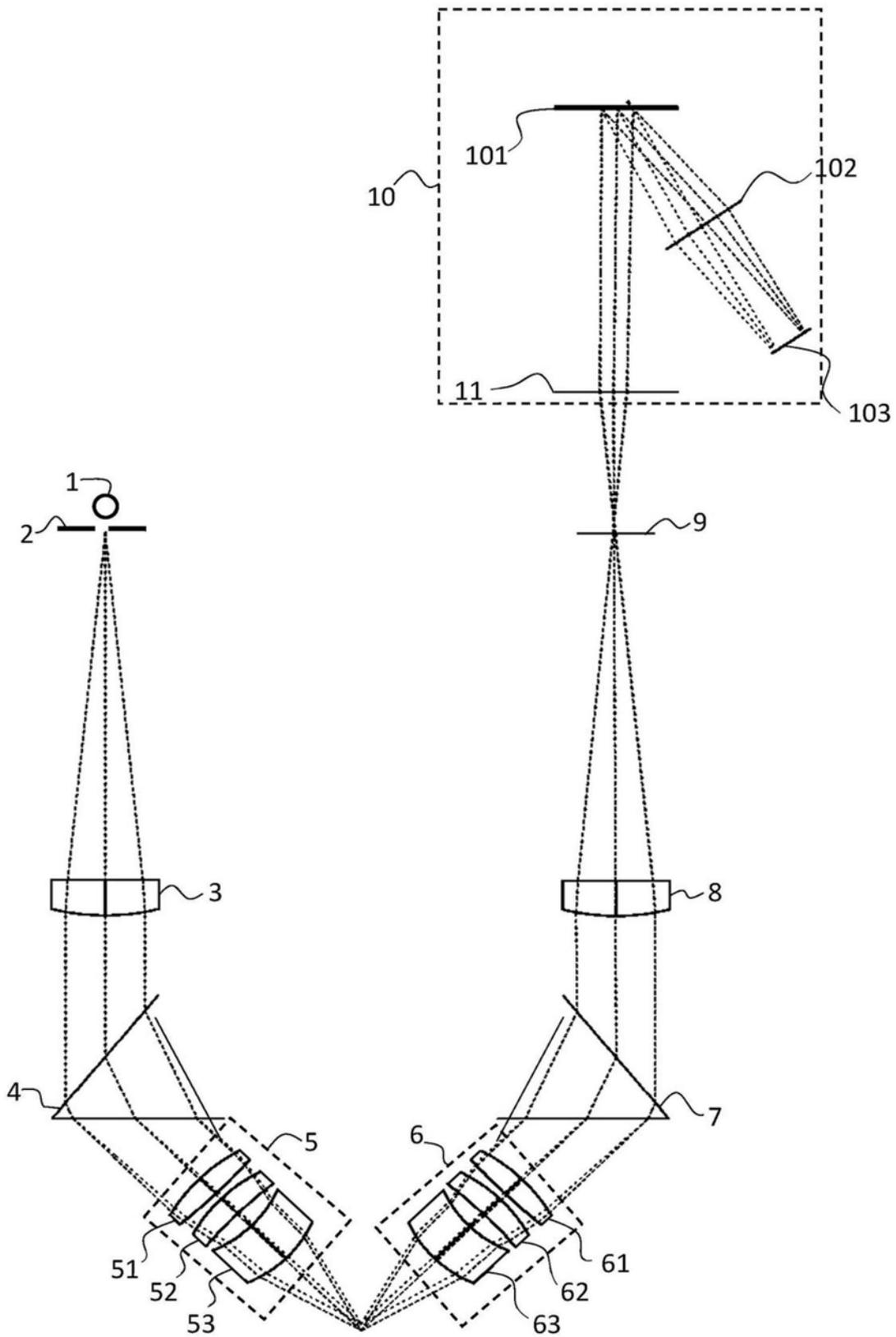


图4

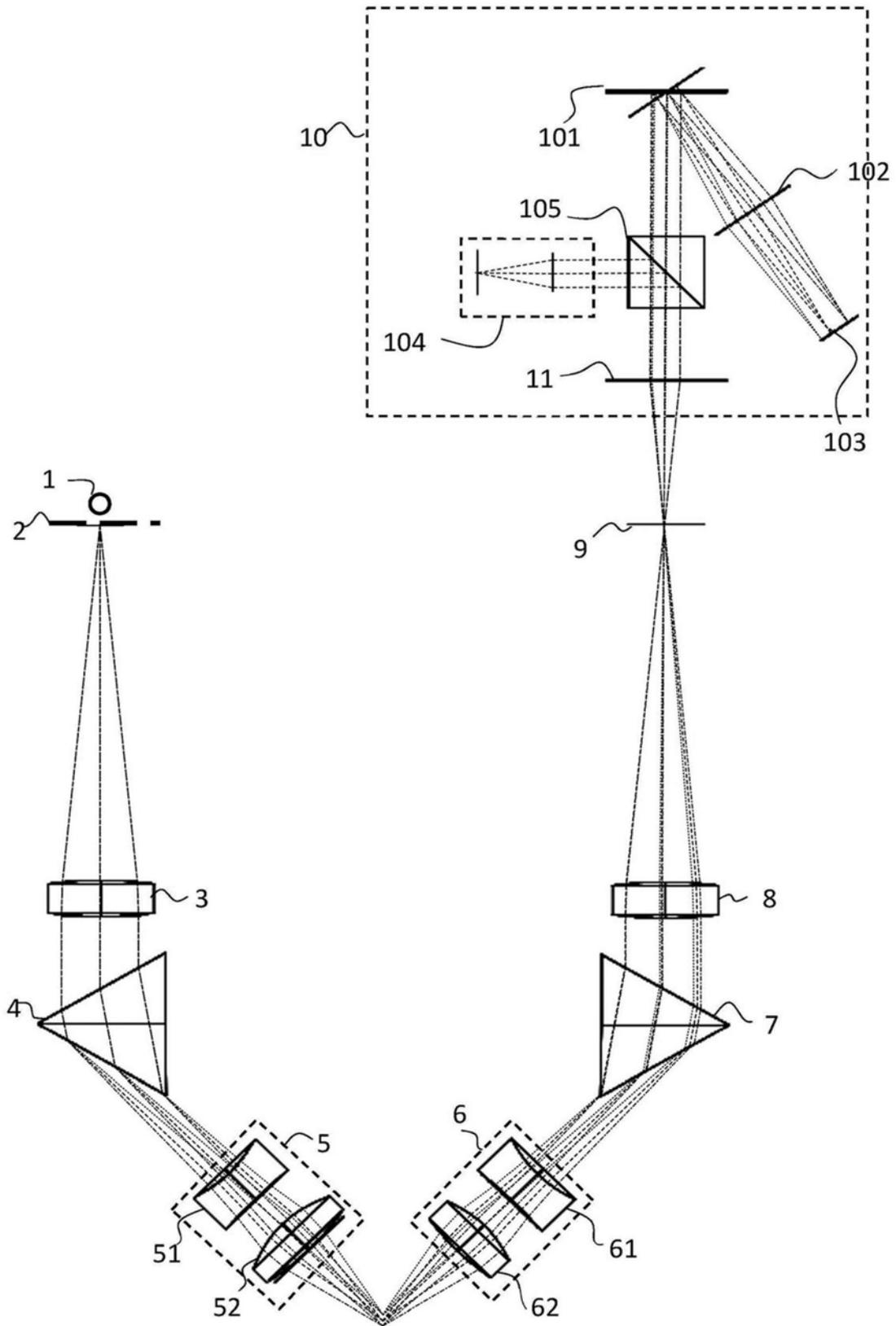


图5