



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108571929 A

(43)申请公布日 2018.09.25

(21)申请号 201711379516.1

(22)申请日 2017.12.19

(30)优先权数据

2017-045272 2017.03.09 JP

(71)申请人 欧姆龙株式会社

地址 日本京都府京都市下京区盐小路通堀
川东入南不动堂町801番地

(72)发明人 丸川真理子 早川雅之 奥田贵启
森野久康

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理
有限公司 11205

代理人 杨文娟 臧建明

(51)Int.Cl.

G01B 11/02(2006.01)

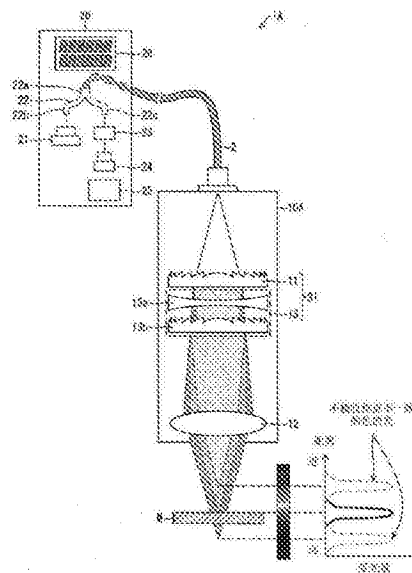
权利要求书1页 说明书11页 附图7页

(54)发明名称

共焦测量装置

(57)摘要

本发明实现能够以紧凑的装置结构来扩大测定范围的共焦测量装置。共焦测量装置(1A)的结构包括:衍射透镜(11),使从白色LED光源(21)出射的光产生色差;衍射透镜(13b),使通过衍射透镜(11)的光的色差增加;以及接物透镜(12),聚光于测量对象范围,以使经聚光的光具有沿着光轴的色差。



1. 一种共焦测量装置,其利用共焦光学系统,所述共焦测量装置的特征在于包括:
光源,出射具有多个波长的光;
第1衍射透镜,使从所述光源出射的光产生色差;
第2衍射透镜,使通过所述第1衍射透镜的光的色差增加;
接物透镜,将通过所述第2衍射透镜的光沿着光轴聚光于测量对象范围,以使经聚光的光具有沿着所述光轴的色差;以及
测定部,对经所述接物透镜聚光的光中合焦至测量对象物上的波长的光的强度进行测定。
2. 根据权利要求1所述的共焦测量装置,其特征在于,
入射至所述接物透镜的光经准直。
3. 根据权利要求1或2所述的共焦测量装置,其特征在于还包括,
使光发散的1发散光学部,在所述接物透镜的光源侧。
4. 根据权利要求3所述的共焦测量装置,其特征在于,
所述第1发散光学部具有至少一个凹透镜。
5. 根据权利要求3所述的共焦测量装置,其特征在于,
当以负值来表达发散系统的焦距时,满足 $f_1+f_2=d$,其中所述第2衍射透镜的焦距为 f_1 ,所述第1发散光学部的焦距为 f_2 ,且所述第2衍射透镜与所述第1发散光学部之间的距离为 d 。
6. 根据权利要求3所述的共焦测量装置,其特征在于,
所述第1发散光学部是配置于所述第1衍射透镜与所述第2衍射透镜之间,
光在所述第2衍射透镜与所述接物透镜之间经准直。
7. 根据权利要求1或2所述的共焦测量装置,其特征在于,
所述第1衍射透镜的焦距与所述第2衍射透镜的焦距相同。
8. 根据权利要求1或2所述的共焦测量装置,其特征在于,
所述第1衍射透镜的焦距与所述第2衍射透镜的焦距不同。
9. 根据权利要求3所述的共焦测量装置,其特征在于还包括,
使光的色差增加的第3衍射透镜以及使光发散第2发散光学部,在所述第1衍射透镜与所述接物透镜之间。

共焦测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用共焦光学系统的共焦测量装置。

背景技术

[0002] 非接触地对测量对象物的位移进行测定的测量装置已作为以往技术而为人所知。其中,对于使用共焦光学系统来测定位移的测量装置,揭示有各种技术。例如在专利文献1中揭示了一种共焦测量装置,其通过将接物透镜与衍射透镜加以组合,从而抑制因光的波长引起的、对测量对象物的位移进行测量的精度变动。

[0003] 在专利文献2中揭示了一种彩色共焦点传感器(chromatic confocal point sensor)光学笔,其为了实现宽的测量对象范围而具备多个轴向分散合焦要素。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本专利特开2012-208102号公报

[0007] 专利文献2:日本专利特开2012-173294号公报

发明内容

[0008] [发明所要解决的问题]

[0009] 此外,在共焦测量装置中,优选的是可获得宽的测量对象范围。

[0010] 例如,在专利文献1的技术中,为了扩大测量对象范围而考虑加大接物透镜的焦距。然而,若简单地加大接物透镜的焦距,则测定中心距离会发生变化,并且性能会大幅变化。

[0011] 而且,专利文献2的技术中,为了在多个轴向分散合焦要素之间的区域使光合焦,多个轴向分散合焦要素之间的距离变大。因此导致彩色共焦点传感器光学笔的尺寸变大。

[0012] 本发明的一实施方式的目的旨在实现一种能够以紧凑的装置结构来扩大测量对象范围的共焦测量装置。

[0013] [解决问题的技术手段]

[0014] 本发明的一实施方式的共焦测量装置是利用共焦光学系统的共焦测量装置,其结构包括:光源,出射具有多个波长的光;第1衍射透镜,使从所述光源出射的光产生色差;第2衍射透镜,使通过所述第1衍射透镜的光的色差增加;接物透镜,将通过所述第2衍射透镜的光沿着光轴聚光于测量对象范围,以使经聚光的光具有沿着所述光轴的色差;以及测定部,对经所述接物透镜聚光的光中合焦至测量对象物上的波长的光的强度进行测定。

[0015] 根据所述结构,使通过第1衍射透镜而在光中产生的色差借助第2衍射透镜而进一步增加。经接物透镜聚光的光具有沿着光轴的大的色差。因此,能够根据波长来使合焦的位置大不相同,因此能够加大测量对象范围。而且,由于使用第2衍射透镜,因此能够抑制装置尺寸的增加。

[0016] 所述共焦测量装置中,优选的是设为下述结构:入射至所述接物透镜的光经准直

(collimate),入射至所述接物透镜的光的有效直径不变。

[0017] 根据所述结构,接物透镜的数值孔径大致不变。因此,测定中心距离不会发生变化,测定中心距离的性能也不会发生变化。

[0018] 所述共焦测量装置也可设为下述结构:在所述接物透镜的光源侧,还包括使光发散的 第1 发散光学部。

[0019] 若在接物透镜的光源侧追加 第2 衍射透镜,则会加上多余的折射力,接物透镜的数值孔径(Numerical Aperture,NA)会变化。接物透镜的数值孔径会影响到测量的性能。根据所述结构,在 第2 衍射透镜之前或之后,可借助 第1 发散光学部来消除(cancel)因 第2 衍射透镜所产生的光的会聚的至少一部分。因此,能够加大接物透镜的数值孔径。

[0020] 所述共焦测量装置中,也可设为所述 第1 发散光学部具有至少一个凹透镜的结构。

[0021] 所述共焦测量装置中,优选的是,当以负值来表达发散系统的焦距时,若设所述 第2 衍射透镜的焦距为 f_1 、所述 第1 发散光学部的焦距为 f_2 、且所述 第2 衍射透镜与所述 第1 发散光学部之间的距离为 d ,则满足 $f_1+f_2=d$ 。

[0022] 根据所述结构,在根据合成焦距的公式来对 第1 衍射透镜后的光进行了准直的情况下,当满足 $f_1+f_2=d$ 时,入射至接物透镜的光也变得准直。

[0023] 而且,在 第2 衍射透镜之前或之后,可借助 第1 发散光学部来消除因 第2 衍射透镜所产生的光的会聚。因此,不会改变测定中心距离,而可追加 第2 衍射透镜来扩大测定范围。

[0024] 所述共焦测量装置中,也可设为下述结构:所述 第1 发散光学部是配置于所述 第1 衍射透镜与所述 第2 衍射透镜之间,光在所述 第2 衍射透镜与所述接物透镜之间经准直。

[0025] 根据所述结构,通过 第1 发散光学部来使光发散,由此,能够如同光从 第2 衍射透镜的焦点位置入射至 第2 衍射透镜般地,构成光学系统。由此,不会改变测定中心距离而能有效地使色差产生。

[0026] 所述共焦测量装置也可设为下述结构:所述 第1 衍射透镜的焦距与所述 第2 衍射透镜的焦距相同。

[0027] 根据所述结构,例如可使用相同设计的衍射透镜来作为 第1 衍射透镜及 第2 衍射透镜。因此,共焦测量装置的制造变得容易。

[0028] 所述共焦测量装置中,也可设为下述结构:所述 第1 衍射透镜的焦距与所述 第2 衍射透镜的焦距不同。

[0029] 所述共焦测量装置也可设为下述结构:在所述 第1 衍射透镜与所述接物透镜之间,具备使光的色差增加的 第3 衍射透镜、及使光发散的 第2 发散光学部。

[0030] 根据所述结构,通过增加衍射透镜与发散光学部的套组(set)数,能够使色差进一步增加。因此,能够加大测量对象范围。

[0031] [发明的效果]

[0032] 根据本发明的一实施方式,能够以紧凑(compact)的装置结构来扩大测定范围。

附图说明

[0033] 图1是表示本发明的一实施方式中的共焦测量装置,是表示共焦测量装置的结构示意图。

[0034] 图2是表示所述共焦测量装置中的控制器的内部结构的示意图。

[0035] 图3中的(a)是表示所述共焦测量装置中的包含色差重叠产生部的传感器头的结构的剖面图,图3中的(b)是表示除了所述色差重叠产生部以外的传感器头的结构的剖面图。

[0036] 图4(a)是表示所述共焦测量装置中的传感器头的光路的图,图4(b)是表示测量对象物附近的多个波长的合焦位置的图。

[0037] 图5(a)是表示通过所述共焦测量装置中的传感器头的衍射透镜的光路的图,图5(b)是表示通过所述传感器头的衍射透镜及凹透镜的光路的图,图5(c)是表示通过所述传感器头的衍射透镜及色差重叠产生部的光路的图。

[0038] 图6是表示从所述共焦测量装置的传感器头中拆除色差重叠产生部后的结构的参考图。

[0039] 图7是表示本发明的另一实施方式中的共焦测量装置,是表示共焦测量装置中的传感器头的结构的剖面图。

[0040] 图8是表示本发明的又一实施方式中的共焦测量装置,是表示共焦测量装置中的传感器头的结构的剖面图。

[0041] [符号的说明]

[0042] 1A、1B、1C:共焦测量装置

[0043] 2:光缆

[0044] 10A、10B、10C:传感器头

[0045] 11:衍射透镜(第1衍射透镜)

[0046] 12:接物透镜

[0047] 13、14:色差重叠产生部

[0048] 13a、14a:凹透镜(第1发散光学部、第2发散光学部)

[0049] 13b、14b:衍射透镜(第2衍射透镜、第3衍射透镜)

[0050] 20:控制器

[0051] 21:自色LED光源(光源)

[0052] 22:分支光纤

[0053] 22a、22b、22c:光纤

[0054] 23:分光器(测定部)

[0055] 23a:准直透镜

[0056] 23b:衍射光栅

[0057] 23c:聚光透镜

[0058] 24:受光元件(测定部)

[0059] 25:处理部

[0060] 26:监视器

[0061] 31、32、33:衍射透镜群

[0062] M:测量对象物

[0063] NA_1 、 NA_2 :数值孔径

[0064] R、 R' :测定范围

[0065] N:正整数

[0066] A: 大于1的实数

具体实施方式

[0067] (实施方式1)

[0068] 为了扩大共焦测量装置的测量对象范围,必须加大沿着光轴的色差。但是,测量的精度(分辨率)依存于接物透镜的数值孔径(Numerical Aperture, NA)。因此,若加大接物透镜的焦距,则测量对象范围虽会扩大,但测量精度将下降。另一方面,通过加大衍射透镜的数值孔径,能够加大色差。但是,为了加大衍射透镜的数值孔径,必须减小衍射槽的间距。衍射槽间距的减小存在制造极限,因此,衍射透镜的数值孔径存在极限。

[0069] 基于图1至图6来说明本发明的一实施方式如下。

[0070] (共焦测量装置的基本结构)

[0071] 本实施方式的共焦测量装置是利用共焦光学系统来非接触地测量直至测量对象物为止的距离。利用本实施方式的共焦测量装置来测量的测量对象物,例如有液晶显示面板的胞元(cell)间隙等。此处,在共焦光学系统中,通过在与接物透镜的焦点位置共轭的位置(像位置)处配置具备孔径效应的针孔(pin hole),从而能够仅检测合焦的光。而且,在共焦光学系统中,从点光源出射的光通过接物透镜而在沿光轴方向具备色差的状态下聚光至测量对象物上。聚光至测量对象物的表面而反射的光沿相同的光路返回,并聚光至针孔上。在共焦光学系统中,来自焦点以外的反射光几乎全部被针孔截止(cut),从而仅获得焦点位置的信息。通过以上,在共焦光学系统中,在光轴方向上具备分辨率,由此能够实现光轴方向的测量。

[0072] 图1是表示本实施方式中的共焦测量装置1A的结构的示意图。图2是表示共焦测量装置1A中的控制器20的内部结构的示意图。基于图1及图2来说明本实施方式的共焦测量装置1A的结构。

[0073] 如图1所示,本实施方式的共焦测量装置1A具备:具有共焦光学系统的传感器头10A;以及经由光缆(cable)2而光学连接的控制器20。

[0074] 传感器头10A依序具备衍射透镜11(第1衍射透镜)、色差重叠产生部13及接物透镜12。

[0075] 衍射透镜11是如下所述的光学元件,即,对于从白色发光二极管(Light Emitting Diode, LED)光源21(后述)出射且通过光缆2而入射至传感器头10A的白色光,使其产生沿着光轴方向的色差,所述白色LED光源21是作为出射具有多个波长的光的光源。

[0076] 所述衍射透镜11具有下述结构,即,在玻璃或树脂等单一材料的基板上,形成有使色差沿着光轴方向产生的图案(pattern)。具体而言,在衍射透镜11的透镜表面,周期性地形成有例如波面形状或阶梯形状等的细微起伏形状、或者形成有周期性地变更光的透射率的振幅型波带片(zone plate)。另外,衍射透镜11并不限定于在单一材料的基板上形成有使色差产生的图案的结构,例如也可由多个材料所构成。具体而言,也可具有玻璃基板与树脂层,所述树脂层形成在所述玻璃基板的单面,且具有使色差沿着光轴方向而产生的图案。此时,例如树脂层可通过下述方法来形成,即,在玻璃基板涂布紫外线固化树脂,并将所需图案的模具按压至紫外线固化树脂的涂布面,照射紫外线来使紫外线固化树脂固化。

[0077] 仅包含玻璃的衍射透镜11是通过对硬的玻璃进行加工,来形成使色差沿着光轴方

向产生的图案,因此制造成本昂贵。但是,包含玻璃基板和树脂层的衍射透镜11是通过利用所需图案的模具来对树脂层进行加工,而形成使色差沿着光轴方向产生的图案。因此,制造成本变得廉价。

[0078] 另外,仅包含树脂的衍射透镜11因环境温度造成的形状变化大,温度特性差。然而,前述包含玻璃基板和树脂层的衍射透镜11中,因环境温度造成的形状变化小的玻璃基板占据了结构的大部分。因此,温度特性佳。

[0079] 色差重叠产生部13是在衍射透镜11所产生的轴上色差上重叠地产生轴上色差。色差重叠产生部13将在后文详述。

[0080] 接物透镜12是将因衍射透镜11及色差重叠产生部13产生了色差的光聚光至测量对象范围的光学元件。经聚光的光具有沿着光轴的色差。测量对象范围是可通过共焦测量装置1A来测量的光轴方向的位置范围。测量对象物M被配置在测量对象范围内。本实施方式的接物透镜12是使用普通的光学透镜。然而,未必限于此,例如也可使用将由折射率不同的两种玻璃材所制作的凸透镜与凹透镜靠近或粘合而成的消色差透镜(achromatic lens)。

[0081] 光缆2将从后述的控制器20的内部所设的白色LED光源21出射的光导向传感器头10A。为了使从光缆2出射的光在衍射透镜11中得到有效利用,优选使光缆2的数值孔径与衍射透镜11的数值孔径一致。

[0082] 而且,本实施方式的共焦测量装置1A中,光缆2是从控制器20直至传感器头10A为止的光路,并且也作为针孔发挥功能。即,经接物透镜12聚光的光中的、合焦至测量对象物M上的波长的光将合焦至光缆2的芯线(core)。因此,光缆2将作为针孔发挥功能,阻挡未合焦至测量对象物M上的波长的光而使合焦至测量对象物M上的光通过。其结果,本实施方式中,通过对从控制器20直至传感器头10A为止的光路使用光缆2,具有不需要针孔的优点(merit)。

[0083] 另外,本实施方式的共焦测量装置1A中,也可对从控制器20直至传感器头10A为止的光路不使用光缆2的结构。但是,通过对此光路使用光缆2,能够使传感器头10A相对于控制器20而可挠性(flexible)地移动。

[0084] 而且,光缆2使用多模光纤(multimode fiber)或单模光纤(singlemode fiber)中的哪一种皆可。

[0085] 使用多模光纤的光缆2由于光纤的直径大,因此能够减少对来自白色LED光源21的出射光进行传输时的光功率(power)的损失(loss),即便是反光率低的测量对象物,也能够以高的信噪比(Signal-to-Noise, S/N)比来稳定地进行测量。

[0086] 另一方面,使用单模光纤的光缆2由于光纤的直径小至数 μm ,因此可理想地作为针孔发挥功能。由此,能够缩窄受光波形的半值宽度,从而能够高精度地进行测量。

[0087] 而且,对于光缆2,理想的是使用耐弯曲光纤。传感器头10A多安装于电子零件安装装置等的驱动部分,此时,传感器头10A自身也将移动。因此,连接于传感器头10A的光缆2会不断地朝传感器头10A的移动方向弯曲,因此通过使用耐弯曲光纤,能够防止损伤。

[0088] 接下来,控制器20在内部具备作为白色光源的白色发光二极管(Light Emitting Diode, LED)光源21、分支光纤22、分光器23、受光元件24及处理部25,并且在外部具备监视器(monitor)26。

[0089] 白色LED光源21包含LED光源,本实施方式中,出射白色光。另外,本实施方式中,是

使用白色LED光源21来作为光源,但未必限于此,只要是能够出射具有多个波长的光的光源,则也可为其他光源。

[0090] 分支光纤22在与光缆2的连接侧具有一根光纤22a,并且在与光缆2的相反侧具有两根光纤22b、22c。光纤22b连接于白色LED光源21。另一方面,光纤22c连接于分光器23。其结果,分支光纤22将从白色LED光源21出射的光导向光缆2,并且将通过光缆2而从传感器头10A返回的光导向分光器23。

[0091] 如图2所示,分光器23具备准直透镜23a、衍射光栅23b及聚光透镜23c。准直透镜23a对从传感器头10A返回的光进行准直。衍射光栅23b使经准直透镜23a准直的光发生衍射,由此来进行分光。聚光透镜23c使从衍射光栅23b出射的光对应于每个波长而聚光至受光元件24的不同位置。

[0092] 作为受光元件24,可使用对从分光器23出射的光的强度进行测定的例如线形互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)或电荷耦合器件(Charge Coupled Device, CCD)。此处,本实施方式的共焦测量装置1A中,由分光器23及受光元件24构成对应于每个波长来对从传感器头10A返回的光的强度进行测定的测定部。即,测定部对经接物透镜聚光的光中合焦至测量对象物M上的波长的光的强度进行测定。另外,测定部只要能够对应于每个波长来对从传感器头10A返回的光的强度进行测定,则也可由CCD等的受光元件24的单体所构成。而且,受光元件24也可为二维的CMOS或二维的CCD。

[0093] 如图1所示,处理部25是对白色LED光源21及受光元件24等的动作进行控制的电路。在处理部25中,设有输出用于对白色LED光源21或受光元件24等的动作进行控制的信号的未图示的输出接口(interface)、及输入来自受光元件24的信号未图示的输入接口等。处理部25根据在各像素中所接收的光的强度,来确定合焦至测量对象物M上的光的波长,并根据此波长来确定测量对象物M的位置(光轴方向的位置)。处理部25使所确定的位置显示于监视器26上。监视器26基于来自处理部25的指示,显示所确定的测量对象物M的位置。

[0094] (共焦测量装置中的距离测定动作)

[0095] 接下来,基于图1来说明所述结构的共焦测量装置1A中的直至测量对象物M为止的距离的测定动作。

[0096] 如图1所示,在共焦测量装置1A中,从白色LED光源21出射具有多个波长的光的白色光。所述白色光通过光缆2而入射至传感器头10A的衍射透镜11。

[0097] 在衍射透镜11中,沿着光轴而产生色差。产生了色差的光通过接物透镜12,由此在高度方向(光轴方向)上受到分色。产生了沿着光轴的色差的光经聚光,由此被分色为所谓的彩虹色。在靠近接物透镜12处,长波长的红色被聚光,随着远离接物透镜12,短波长的蓝色被聚光。测量对象范围是任一波长的光合焦的范围。

[0098] 此处,若在传感器头10A中的测量对象范围内存在测量对象物M,则仅有合焦至测量对象物M表面上的波长的反射光会通过共焦光学系统(接物透镜12、色差重叠产生部13、衍射透镜11)而合焦至光缆2的端面。控制器20中,也如图2中所示,反射光首先入射至分光器23,并经由衍射光栅23b而入射至包含CCD等的受光元件24。此处,本实施方式中,由于光缆2具有针孔功能,因此未合焦至光缆2的波长的光不会被接收。

[0099] 其结果,在包含CCD等的受光元件24中,根据光的波长,在CCD中哪个像素进行受光将会变化。因此,通过在处理部25中进行像素的确定,便可知合焦至测量对象物M表面的光

的波长。在处理部25中,对应于每个波长,从传感器头10A(例如传感器头10A的端面或接物透镜12)直至测量对象物M的距离通过换算式而相关联。因此,根据包含CCD等的受光元件24中的受光波形的信息,便可测量出从传感器头10A的端面(或接物透镜12)直至测量对象物M表面为止的距离。所测量出的值被显示在监视器26上。

[0100] 如此,本实施方式的共焦测量装置1A中,利用衍射透镜11及色差重叠产生部13来分色,通过色(波长)来对测量对象物M的高度方向的位置进行测量,以求出测量对象物M的距离。

[0101] (共焦测量装置的色差重叠产生部)

[0102] 接下来,以下说明本实施方式的共焦测量装置1A中的色差重叠产生部13。

[0103] 图3中的(a)是表示共焦测量装置1A中的包含色差重叠产生部13的传感器头10A的结构剖面图,图3中的(b)是表示除了色差重叠产生部13以外的传感器头的结构的剖面图。

[0104] 如图3中的(b)所示,在传感器头中,使从光缆2的端部出射的光入射至衍射透镜11,利用衍射透镜11来使其产生轴上色差。并且,通过衍射透镜11的焦距 f_{11} 与接物透镜12的焦距 f_{12} 的组合,来控制测定范围R(测量对象范围)。

[0105] 此处,在共焦测量装置中,加大测定范围R便能够测定宽的范围,因而优选。

[0106] 因此,作为使测定范围R增加的方法,例如可考虑加大接物透镜12的焦距 f_{12} 。然而,为了加大接物透镜12的焦距 f_{12} ,必须准备另外的接物透镜12。而且,若加大接物透镜12的焦距 f_{12} ,则测定中心距离将变长(即,接物透镜12的数值孔径将变小)。因此,分辨率会下降,因此精度将发生恶化。

[0107] 而且,作为使测定范围R增加的其他方法,例如可考虑减小衍射透镜11的焦距 f_{11} (加大数值孔径)。然而,为了减小衍射透镜11的焦距 f_{11} ,必须准备另外的衍射透镜11。衍射透镜11的数值孔径存在制造上的极限。

[0108] 如图3中的(a)所示,本实施方式的共焦测量装置1A中,除了衍射透镜11以外,在衍射透镜11与接物透镜12之间还设有色差重叠产生部13。

[0109] 具体而言,本实施方式的色差重叠产生部13包含凹透镜13a(第1发散光学部)与衍射透镜13b(第2衍射透镜)。凹透镜13a是相对于衍射透镜13b而设在衍射透镜11侧、即设在与接物透镜12为相反侧的位置即负侧的位置。凹透镜13a是使光发散的发散光学元件。

[0110] 此处,若设衍射透镜13b的焦距为 f_1 、凹透镜13a的焦距为 f_2 、且衍射透镜13b与凹透镜13a的之间的距离为 d ,则满足 $f_1+f_2=d$ 。由此,在根据合成焦距的公式而对衍射透镜11后的光进行了准直的情况下,入射至接物透镜12的光(从衍射透镜13b出射的光)也变得准直。另外,以负值表达发散系统的焦距。

[0111] 另外,焦距是相对于白色光中所含的代表波长的值。代表波长只要是合焦至测定范围的光的波长,则并无限定。此处,将合焦至测定范围中心的光的波长(白色光的波长范围的大致中心的波长)设为代表波长。

[0112] 通过了衍射透镜11的光在衍射透镜11与凹透镜13a之间经准直。经准直的光通过凹透镜13a而发散,并入射至衍射透镜13b。经凹透镜13a发散的光以与从衍射透镜13b的焦点位置入射至衍射透镜13b的光相同的角度,而入射至衍射透镜13b。衍射透镜13b使通过的光的色差增加。通过了衍射透镜13b的光在衍射透镜13b与接物透镜12之间经准直。接物透

镜12是使通过了衍射透镜13b的光沿着光轴聚光至测定范围内,以使经聚光的光具有沿着光轴的色差。更准确而言,因所产生的色差,每个波长的光的行进方向不同,在衍射透镜11与凹透镜13a之间以及衍射透镜13b与接物透镜12之间,代表波长的光成为平行光。

[0113] 其结果,将衍射透镜11与色差重叠产生部13加以组合时的衍射透镜群31的焦距 f_{31} 与衍射透镜11的焦距 f_{11} 相同。因此,即使将衍射透镜11与色差重叠产生部13加以组合,接物透镜12的测定中心距离也不会发生变化。

[0114] 另一方面,本实施方式中,在衍射透镜11中产生轴上色差,并且在色差重叠产生部13中也重叠地产生轴上色差。并且,衍射透镜11与衍射透镜13b均为相同的焦距,且衍射透镜13b后的光经准直。其结果,共焦测量装置1A的测定范围与不存在色差重叠产生部13的情况(R)相比,扩大为约2倍(2R)。

[0115] 图4(a)是表示共焦测量装置1A中的传感器头10A的光路的图。图4(b)是表示测量对象物M附近的多个波长的合焦位置的图。图5(a)是表示通过共焦测量装置1A中的传感器头10A的衍射透镜11的光路的图。图5(b)是表示通过传感器头10A的衍射透镜11及凹透镜13a的光路的图。图5(c)是表示通过传感器头10A的衍射透镜11及色差重叠产生部13的光路的图。

[0116] 如图4(a)及图4(b)所示,从白色LED光源21出射各种波长的光。所述光通过衍射透镜11、色差重叠产生部13及接物透镜12后被测量对象物M反射(散射)。此时,接物透镜12对光进行聚光,但因所产生的色差,根据波长而合焦的位置不同。并且,合焦至测量对象物M上并被反射的光是与原始的光路逆向地前进。

[0117] 如图5(a)所示,若对每个透镜来验证所述光路,则通过焦距 f_{11} 的衍射透镜11的光中,代表波长的光是平行地前进,除此以外的光则一边会聚或发散一边前进。

[0118] 如图5(b)所示,若在衍射透镜11的接物透镜12侧存在焦距 f_2 的凹透镜13a,则从凹透镜13a出射的光会稍许发散而前进。即,凹透镜13a是位于衍射透镜11与衍射透镜13b之间,使从衍射透镜11入射的平行光看起来如同从衍射透镜13b的焦点位置发光般地导向衍射透镜13b。

[0119] 如图5(c)所示,若在凹透镜13a的接物透镜12侧存在焦距 f_1 的衍射透镜13b,则对于具有以衍射透镜11所产生的轴上色差的光,利用衍射透镜13b来重叠地产生轴上色差。衍射透镜13b使入射的光的色差进一步增加。通过焦距 f_1 的衍射透镜13b的光中,代表波长的光是平行地前进,除此以外的光则一边会聚或发散一边前进。其结果,光具有比因衍射透镜11所产生的色差大的色差而被导向接物透镜12。

[0120] 另外,衍射透镜11的焦距 f_{11} 小,则轴上色差大。因此,若采用包含制造极限焦距 f_{11} 的衍射透镜11,当使用相同焦距 f_1 的衍射透镜来作为衍射透镜13b时,则测定范围将达到最大。

[0121] 如此,本实施方式的共焦测量装置1A中,光相对于接物透镜12而准直地入射,因此不会改变测定中心距离,而能够获得更大的测定范围。

[0122] 图6是表示从共焦测量装置1A的传感器头10A拆除了色差重叠产生部13后的结构的参考图。

[0123] 优选在维持共焦测量装置的性能的状态下增加测定范围。此处,在测定范围内性能不变,是指受光元件所接收的光的强度的半值全宽不会根据波长而变化。即是指接物透

镜12侧的数值孔径 NA_2 为固定。

[0124] 半值全宽在测定范围内不同是因为根据波长而接物透镜12侧的数值孔径 NA_2 不同所引起。另外,半值全宽是由景深所决定,且由针孔直径、针孔侧的数值孔径 NA_1 与接物透镜12的数值孔径 NA_2 所决定。此处,针孔直径及针孔侧的数值孔径 NA_1 无论在哪个波长下均为共用,因此接物透镜12的数值孔径 NA_2 的波长依存性成为半值全宽变化的主要因素。

[0125] 但是,通过追加色差重叠产生部13,当接物透镜12的数值孔径 NA_2 发生变化时,精度会发生变化。假设仅在衍射透镜11与接物透镜12之间追加衍射透镜13b,则会追加多余的折射力,因此接物透镜12侧的焦距(=测定中心距离)将发生变化,数值孔径 NA_2 也会发生变化。

[0126] 因此,本实施方式中,为了防止所述问题,追加了凹透镜13a。即,利用凹透镜13a来抵消所追加的衍射透镜13b的折射力。

[0127] (实施方式2)

[0128] 基于图7来说明本发明的另一实施方式如下。另外,本实施方式中所说明的结构以外的结构与所述实施方式1相同。而且,为了便于说明,对于与所述实施方式1的附图中所示的构件具有相同功能的构件,标注相同的符号,并省略其说明。

[0129] 所述实施方式1的共焦测量装置1A中,在传感器头10A中,除了衍射透镜11以外,还追加了一个色差重叠产生部13。与此相对,本实施方式的共焦测量装置1B中,不同之处在于,在传感器头10B中,设有两个色差重叠产生部13。以下说明本实施方式的共焦测量装置1B的结构。

[0130] 图7是表示本实施方式中的共焦测量装置1B的传感器头10B的结构的剖面图。

[0131] 如图7所示,在本实施方式中的共焦测量装置1B的传感器头10B中,除了衍射透镜11以外,还在所述衍射透镜11与接物透镜12之间追加了两个色差重叠产生部13、13。色差重叠产生部13如实施方式1中所说明般,包含将凹透镜13a与衍射透镜13b组合而成者。此处,两个色差重叠产生部13、13彼此相同。在任一色差重叠产生部13中,相对于衍射透镜11的焦距 f_{11} ,凹透镜13a均为焦距 f_2 ,且衍射透镜13b的焦距均为 f_1 。另外,与实施方式1同样,若设衍射透镜13b与凹透镜13a之间的距离为 d ,则满足 $f_1+f_2=d$ 。

[0132] 由此,在衍射透镜11侧的色差重叠产生部13中,借助凹透镜13a的焦距 f_2 与衍射透镜13b的焦距 f_1 ,当经准直的光入射至色差重叠产生部13时,从色差重叠产生部13出射经准直的光。

[0133] 如此,在设置多个色差重叠产生部13的情况下,关键在于使入射至接物透镜12的光准直。其原因在于,由此可不改变测定中心距离而高效地扩大测定范围。

[0134] 其结果,将衍射透镜11与两个色差重叠产生部13、13组合而成的衍射透镜群32的焦距为与衍射透镜11的焦距 f_{11} 相同的焦距 f_{32} 。

[0135] 因此,将衍射透镜11与两个色差重叠产生部13、13组合而成的衍射透镜群32的焦距 f_{32} 仅相对于衍射透镜11的焦距 f_{11} 未发生变化。因此,接物透镜12中的测定中心距离未发生变化。

[0136] 但是,由于相对于衍射透镜11追加了两个衍射透镜13b,因此以衍射透镜11所产生的轴上色差成为三倍的大小。其结果,测定范围扩大至 $R'=3\times R$ 。

[0137] 即,本实施方式中,衍射透镜11及衍射透镜13b、13b合计为三个,因此测定范围 R'

$=3 \times R$ 。

[0138] 因此,一般而言,若衍射透镜11及衍射透镜13b合计为 N (N 为正整数)个,则

[0139] 测定范围 $R' = N \times R$ 。

[0140] 因此可知,共焦测量装置1B的测定范围 R' 与仅有衍射透镜11的情况相比成为 N 倍。即,若将衍射透镜群32的衍射透镜11与衍射透镜13b的数量设为 N 个,则色差成为 N 倍,若与同一接物透镜12组合,则可在保持测定中心距离相同的状态下使测定范围 R' 成为 N 倍。

[0141] 如此,本实施方式中的共焦测量装置1B中,当设色差重叠产生部13中的凹透镜13a的焦距为 f_2 、衍射透镜13b的焦距为 f_1 、两个透镜间距离为 d 时,只要满足 $f_1 + f_2 = d$,则为存在任何组色差重叠产生部13的结构皆可。进而,所追加的凹透镜13a的数量为任何片皆可。

[0142] (变形例)

[0143] 两个凹透镜13a及两个衍射透镜13b的配置顺序并不限于图示例,可设为任意配置顺序。例如,也可依衍射透镜11、衍射透镜13b、衍射透镜13b、凹透镜13a、凹透镜13a、接物透镜12的配置顺序而排列。

[0144] 另外,多个色差重叠产生部13中,一个色差重叠产生部13的凹透镜13a(及衍射透镜13b)的焦距与另一色差重叠产生部13的凹透镜13a(及衍射透镜13b)的焦距也可不同。而且,一个色差重叠产生部13中,凹透镜13a及衍射透镜13b的位置关系与另一色差重叠产生部13的凹透镜13a及衍射透镜13b的位置关系也可不同。但是,若衍射透镜13b后的光并非准直,则无法高效率地重叠色差,因此即使追加 N 个色差重叠产生部13,测定范围 R' 也达不到(原始的测定范围 R) $\times (N+1)$ 。

[0145] (实施方式3)

[0146] 基于图8来说明本发明的又一实施方式如下。另外,本实施方式中所说明的结构以外的结构与所述实施方式1及实施方式2相同。而且,为了便于说明,对于与所述实施方式1及实施方式2的附图中所示的构件具有相同功能的构件,标注相同的符号,并省略其说明。

[0147] 所述实施方式1的共焦测量装置1A中,在传感器头10A中设有一个色差重叠产生部13。并且,色差重叠产生部13中的衍射透镜13b的焦距为与衍射透镜11的焦距 f_{11} 相同的焦距 f_1 。

[0148] 与此相对,本实施方式的共焦测量装置1C中,相同之处在于,在传感器头10C中,除了衍射透镜11以外,还追加有一个色差重叠产生部14,但不同之处在于,色差重叠产生部14中的衍射透镜14b的焦距为与衍射透镜13b的焦距 f_1 不同的焦距 f_3 。以下说明本实施方式的共焦测量装置1C的结构。

[0149] 图8是表示本实施方式中的共焦测量装置1C的传感器头10C的结构的剖面图。

[0150] 如图8所示,在本实施方式中的共焦测量装置1C的传感器头10C中,除了衍射透镜11以外,还追加了一个色差重叠产生部14。此处,本实施方式中,色差重叠产生部14中的衍射透镜14b(第3衍射透镜)的焦距为与衍射透镜11(第1衍射透镜)的焦距 f_{11} 不同的焦距 f_3 。而且,与上述衍射透镜14b的焦距 f_3 对应地,当凹透镜14a(第2发散光学部)的焦距 f_4 满足 $f_3 + f_4 = d$ (透镜间距离)时,在色差重叠产生部14中,凹透镜14a消除衍射透镜14b的会聚。由此,通过了衍射透镜14b的光经准直。

[0151] 其结果,将衍射透镜11与一个色差重叠产生部14组合而成的衍射透镜群33的焦距为与衍射透镜11的焦距 f_{11} 相同的焦距 f_{33} 。因此,接物透镜12中的测定中心距离不会发生

变化。

[0152] 本实施方式中,是将焦距互不相同的衍射透镜11与衍射透镜14b予以组合。由此,以衍射透镜11所产生的色差成为A倍(A为大于1的实数)。其结果,测定范围为 $R' = A \times R$ 。本实施方式的共焦测量装置1C中,可自由地改变测定范围。

[0153] 因此,通过此共焦测量装置1C的结构,也能够与实施方式2的共焦测量装置1B同样地获得扩大的测定范围。并且,在本实施方式的情况下,色差重叠产生部14的个数不增加,因此共焦测量装置1C能够简化共焦测量装置1B的结构。

[0154] 另外,本实施方式中,是以不增加色差重叠产生部14的个数为前提,但在本发明的一实施方式中,未必限于此,也可增加色差重叠产生部14的个数。

[0155] (变形例)

[0156] 也可在共焦测量装置1C的共焦光学系统中进一步追加实施方式2的色差重叠产生部13。如此,也可配置焦距 f_1 的衍射透镜13b与焦距 f_3 的衍射透镜14b。

[0157] 本发明并不限于所述的各实施方式,可在权利要求所示的范围内进行各种变更,将不同实施方式中分别揭示的技术手段适当组合获得的实施方式也包含在本发明的技术范围内。

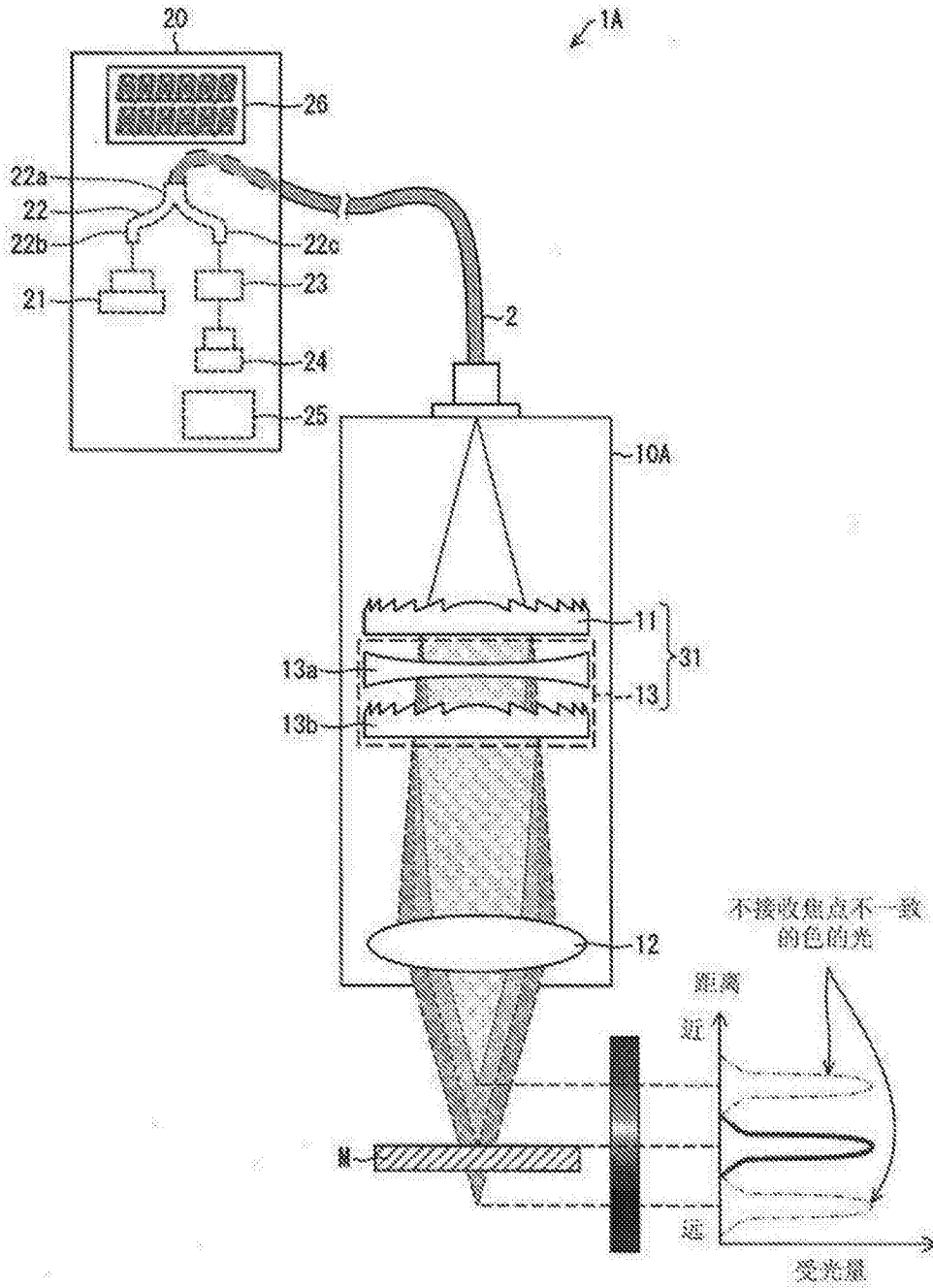


图1

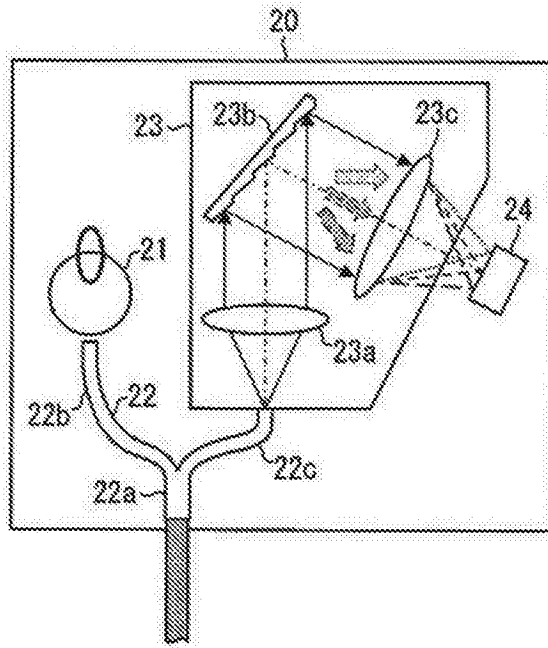


图2

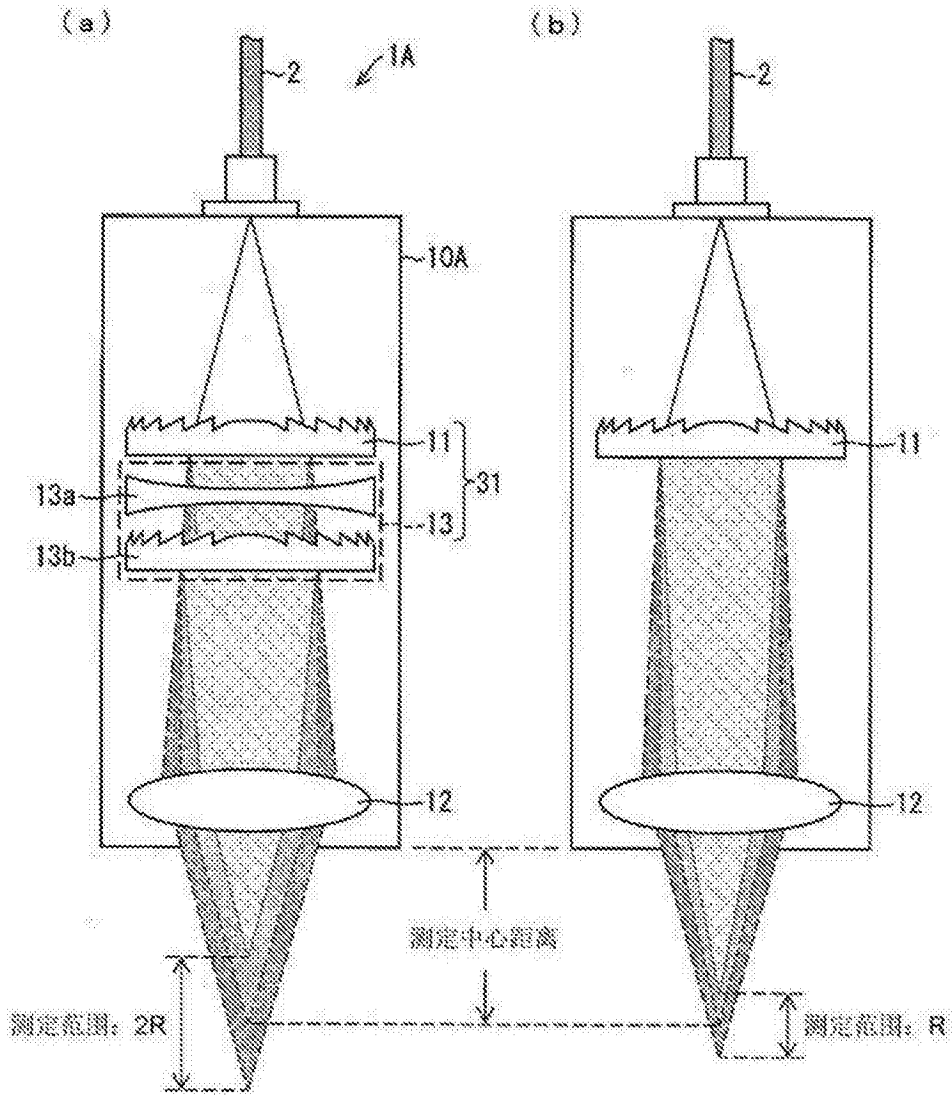


图3

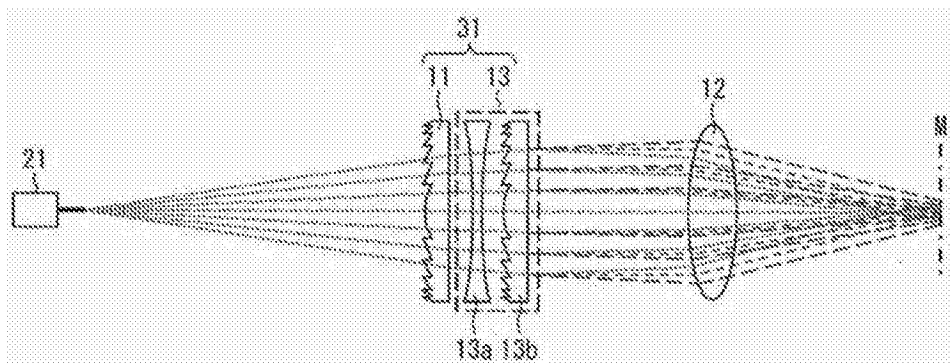


图4 (a)

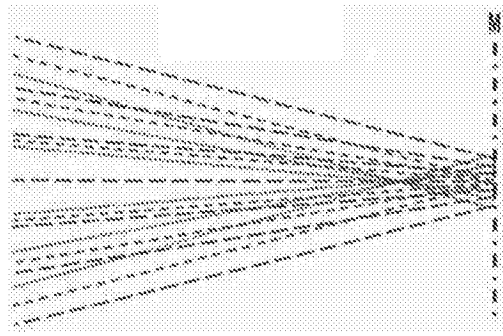


图4 (b)

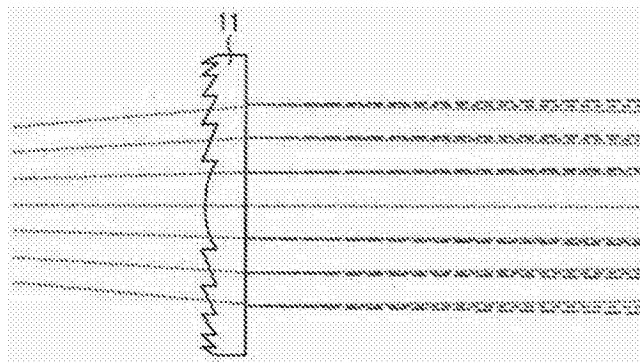


图5 (a)

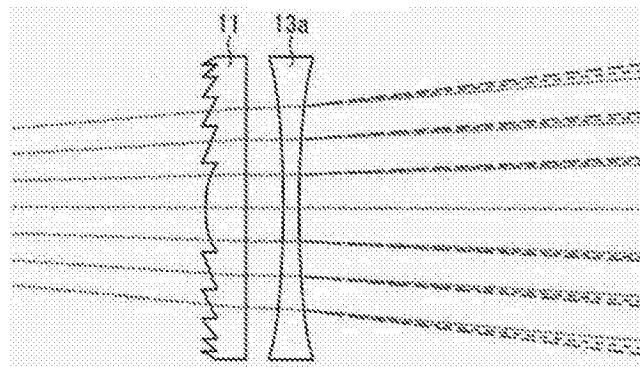


图5 (b)

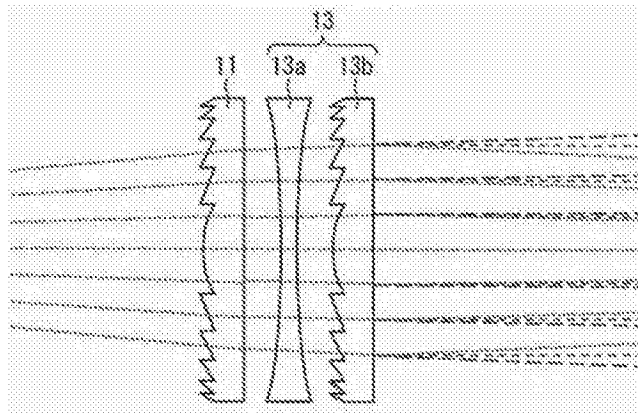


图5(c)

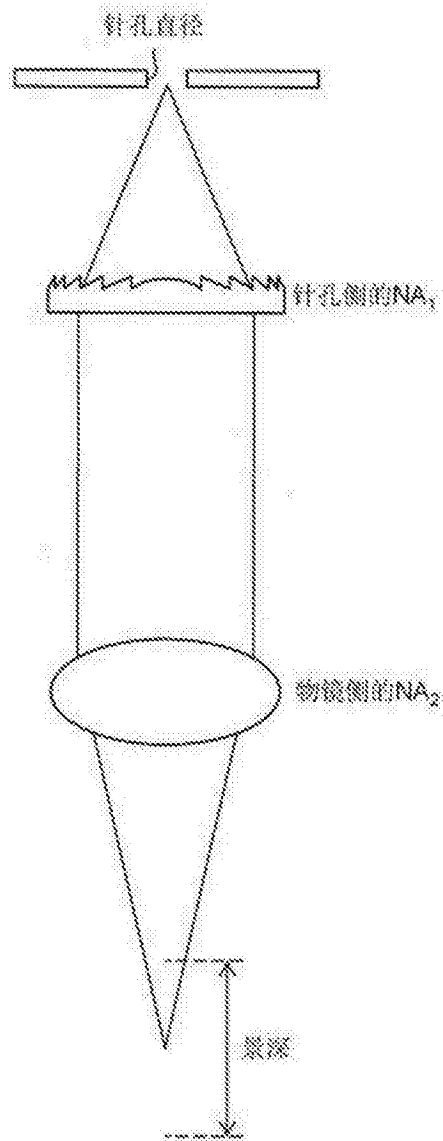


图6

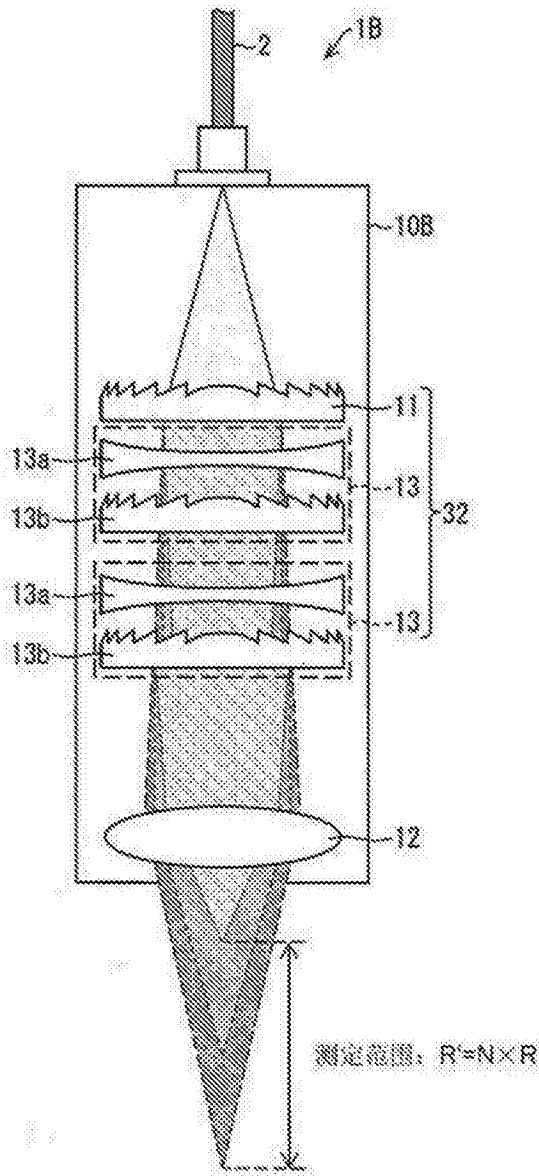


图7

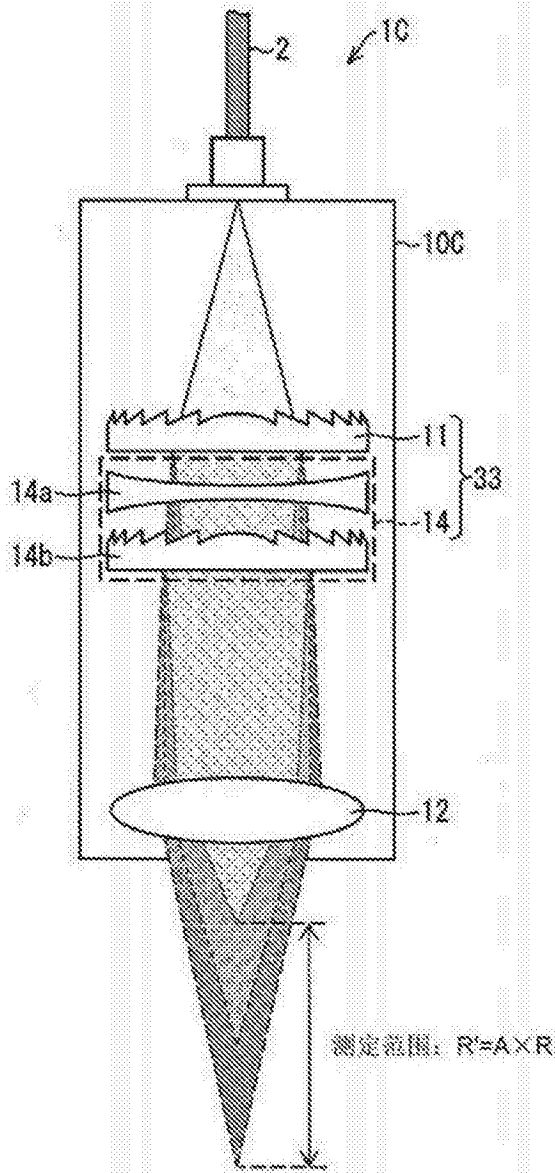


图8