



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108931190 B

(45) 授权公告日 2020.11.13

(21) 申请号 201810503638.5

CN 102297659 A, 2011.12.28

(22) 申请日 2018.05.23

CN 104729402 A, 2015.06.24

(65) 同一申请的已公布的文献号

WO 2016076626 A1, 2016.05.19

申请公布号 CN 108931190 A

US 2016109216 A1, 2016.04.21

(43) 申请公布日 2018.12.04

CN 1793778 A, 2006.06.28

(30) 优先权数据

CN 102878938 A, 2013.01.16

2017-101475 2017.05.23 JP

CN 104634254 A, 2015.05.20

(73) 专利权人 德马吉森精机株式会社

US 5661295 A, 1997.08.26

地址 日本奈良县

CN 103075964 A, 2013.05.01

(72) 发明人 田宫英明 野田航生

JP H0589480 A, 1993.04.09

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

EP 2219012 A2, 2010.08.18

务所(普通合伙) 11277

GB 2241780 A, 1991.09.11

代理人 刘新宇 张会华

王国超等.《光栅干涉位移测量技术发展综述》.《激光技术》.2010,第34卷(第5期),
魏培培.《基于双光栅干涉的三维位移测量技术研究》.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技II辑》.2016,(第2期),第C030-39页.

(51) Int. Cl.

G01B 11/02 (2006.01)

审查员 王芳芳

(56) 对比文件

CN 103075964 A, 2013.05.01

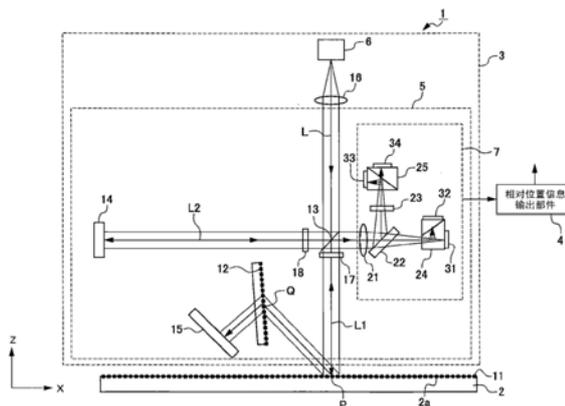
权利要求书2页 说明书22页 附图17页

(54) 发明名称

位移检测装置

(57) 摘要

本发明涉及一种位移检测装置。位移检测装置具备第1衍射光栅、光源、位移检测部、受光部。位移检测部具备光束分割部、第2衍射光栅、参照用反射构件。第1光束向第1衍射光栅入射的入射角度、第1衍射光栅的衍射角度、第1光束向第2衍射光栅入射的入射角度、第2衍射光栅的衍射角度设为,使被测量构件向与被测量面正交的方向位移时的、第1光束的从光束分割部入射到第1衍射光栅为止的光程长度的位移量和第1光束的从第1衍射光栅入射到第2衍射光栅为止的光程长度的位移量相等。



1. 一种位移检测装置,其特征在于,
 - 该位移检测装置包括:
 - 第1衍射光栅,其设于被测量构件的被测量面;以及
 - 头部,其与所述被测量构件的所述被测量面相对配置,
 - 所述头部和所述被测量构件能够沿与所述被测量面平行的方向和与所述被测量面正交的方向中的至少一者相对移动,
 - 所述头部包括:
 - 光源,其用于照射光;
 - 位移检测部,其将从所述光源照射来的所述光分割为第1光束和第2光束,将所述第1光束朝向所述第1衍射光栅照射;以及
 - 受光部,其接收被所述位移检测部的参照用反射构件反射回来的所述第2光束和经由所述位移检测部从所述第1衍射光栅返回来的所述第1光束,
 - 所述位移检测部包括:
 - 光束分割部,其将所述光分割为所述第1光束和所述第2光束,并且将被分割出的所述第1光束朝向所述第1衍射光栅照射;
 - 第2衍射光栅,其对被所述光束分割部分割并被所述第1衍射光栅衍射了的所述第1光束进行衍射,将所述第1光束再次向所述第1衍射光栅照射;
 - 所述参照用反射构件,其反射被所述光束分割部分割出的所述第2光束;以及
 - 光束结合部,其使被所述第1衍射光栅和所述第2衍射光栅衍射的所述第1光束与被所述参照用反射构件反射的所述第2光束重叠而向所述受光部照射,
 - 所述第1光束向所述第1衍射光栅入射的入射角度、所述第1衍射光栅的衍射角度、所述第1光束向所述第2衍射光栅入射的入射角度、所述第2衍射光栅的衍射角度设为,使所述头部和所述被测量构件中的至少一者向与所述被测量面正交的方向位移时的、所述第1光束的从所述光束分割部入射到所述第1衍射光栅为止的光程长度的位移量和所述第1光束的从所述第1衍射光栅入射到所述第2衍射光栅为止的光程长度的位移量相等。
2. 根据权利要求1所述的位移检测装置,其特征在于,
 - 对于所述位移检测部而言,所述第1光束的从所述光束分割部经由所述第1衍射光栅直到所述光束结合部的光程长度和所述第2光束的从所述光束分割部经由所述参照用反射构件直到所述光束结合部的光程长度相等。
3. 根据权利要求1或2所述的位移检测装置,其特征在于,
 - 所述第1光束向所述第1衍射光栅入射的入射角度 θ_R 、所述第1衍射光栅的衍射角度 θ 、所述第1光束向所述第2衍射光栅入射的入射角度 θ_1 、所述第2衍射光栅的衍射角度 θ_2 满足下述式子:

$$-\cos(\theta_1+\theta+\theta_R)/\cos\theta_1+[\sin(\theta_1+\theta+\theta_R)-\cos(\theta_1+\theta+\theta_R)\tan\theta_1]\sin\theta_2=1。$$
4. 根据权利要求1所述的位移检测装置,其特征在于,
 - 所述位移检测部使被所述光束分割部分割出的所述第1光束向所述第1衍射光栅垂直入射。
5. 根据权利要求1所述的位移检测装置,其特征在于,
 - 所述第2衍射光栅的衍射满足布拉格条件。

6. 根据权利要求1所述的位移检测装置,其特征在于,
所述头部包括:

第1位移检测部,其由所述位移检测部构成,配置于所述第1衍射光栅的光栅矢量方向的一侧;

第2位移检测部,其相对于所述第1位移检测部配置在所述第1衍射光栅的光栅矢量方向的另一侧,具有与所述第1位移检测部相同的结构要素;以及

光分配部,其将从所述光源照射来的光分配为向所述第1位移检测部照射的光和向所述第2位移检测部照射的光,

所述第2位移检测部的所述结构要素相对于所述第1位移检测部的结构要素沿着所述第1衍射光栅的光栅矢量方向反转配置。

7. 根据权利要求1所述的位移检测装置,其特征在于,
所述第1衍射光栅具有:

第1光栅矢量方向,其与所述被测量面平行;以及

第2光栅矢量方向,其与所述被测量面平行,并且与所述第1光栅矢量方向交叉,

所述头部包括:

第1位移检测部,其由所述位移检测部构成,配置于所述第1衍射光栅的所述第1光栅矢量方向的一侧;

第2位移检测部,其相对于所述第1位移检测部配置于所述第1衍射光栅的所述第1光栅矢量方向的另一侧,具有与所述第1位移检测部相同的结构要素;

第3位移检测部,其配置于所述第1衍射光栅的所述第2光栅矢量方向的一侧,具有与所述第1位移检测部相同的结构要素;

第4位移检测部,其相对于所述第3位移检测部配置于所述第1衍射光栅的与所述第2光栅矢量方向相反的一侧,具有与所述第1位移检测部相同的结构要素;以及

分配部,其将从所述光源照射来的光分配为向所述第1位移检测部照射的光、向所述第2位移检测部照射的光、向所述第3位移检测部照射的光以及向所述第4位移检测部照射的光,

所述第2位移检测部的所述结构要素相对于所述第1位移检测部的结构要素沿着所述第1衍射光栅的所述第1光栅矢量方向反转配置,

所述第3位移检测部的所述结构要素沿着所述第2光栅矢量方向配置,

所述第4位移检测部的所述结构要素相对于所述第3位移检测部的所述结构要素沿着所述第1衍射光栅的所述第2光栅矢量方向反转配置。

8. 根据权利要求1所述的位移检测装置,其特征在于,
所述位移检测部包括:

再反射部,其将利用所述第2衍射光栅再次向所述第1衍射光栅照射、被所述第1衍射光栅衍射而返回来的所述第1光束再次朝向所述第1衍射光栅照射;以及

第3衍射光栅,其对利用所述再反射部向所述第1衍射光栅照射而被所述第1衍射光栅衍射的所述第1光束进行衍射,将所述第1光束再次向所述第1衍射光栅照射,

所述第3衍射光栅相对于所述第2衍射光栅沿着所述第1衍射光栅的光栅矢量方向反转配置。

位移检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用使用了自光源出射的光的非接触传感器对被测量面的位移进行检测的位移检测装置,详细地说,涉及一种对被测量面的垂直方向的位移进行检测的技术。

背景技术

[0002] 一直以来,作为以非接触方式对被测量面的位移、形状进行测量的装置,广泛利用使用了光的位移检测装置。作为代表性的例子,存在将激光向被测量面照射,利用PSD检测反射光的位置的变化的方法。然而,在该方法中,存在如下这样的问题:容易受到被测量面的倾斜的影响,灵敏度较低,在扩大测量范围时测量的分辨率下降。

[0003] 相对于此,存在将被测量面作为镜而使用迈克尔逊干涉仪的方法。该方法的检测范围较广,直线性优异,但在测量范围扩大时,受到光源的波长的变化与空气的折射率的变化。

[0004] 另一方面,存在如下方式:利用物镜将从光源出射的光聚光于被测量面,利用像散光学元件将在被测量面反射了的反射光聚光而向受光元件入射,利用像散法生成聚焦误差信号。然后,使用聚焦误差信号驱动伺服机构,以物镜的焦点位置成为被测量面的方式使物镜位移。此时,通过读取借助连结构件一体地安装于物镜的线性标尺的刻度,从而检测出被测量面的位移(例如,参照专利文献1)。在该方法中,存在如下优点:不容易受到被测量面的倾斜的变化,能够以较高的分辨率测量较大的测量范围。

[0005] 在专利文献1所公开的位移检测装置中,为了谋求位移检测的高精度化,增大物镜的数值孔径(NA:Numerical Aperture)而使聚光于被测量面的光束直径变小。例如,若将成像于被测量面的光束直径设为 $2\mu\text{m}$ 左右,则线性标尺的检测精度为几nm~一百多nm左右。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开平5-89480号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的问题

[0010] 然而,在以往的专利文献1所记载的位移检测装置中,利用使用了例如磁铁和线圈的致动器等这样的驱动机构使物镜沿其光轴方向上下运动。因此,物镜的上下运动的机械性的响应频率被致动器的构造、质量限制。其结果,在专利文献1所记载的位移检测装置中,高速振动的被测物体的测量较困难。另外,存在受到使检测点集中的反面、被测物体上的异物、接近于光束形状的较细的形状变化的影响,产生较大的误差这样的问题,对其使用条件产生了制约。

[0011] 本发明的目的在于提供一种能够高精度地对被测量构件的高度方向的位移进行检测并能够进行高速且稳定的测量的位移检测装置。

[0012] 用于解决问题的方案

[0013] 为了解决上述课题,实现本发明的目的,本发明的位移检测装置具备第1衍射光栅和头部。第1衍射光栅设于被测量构件的被测量面。头部与被测量构件的被测量面相对配置。头部和被测量构件能够沿与被测量面平行并且与第1衍射光栅的光栅矢量方向也平行的方向和与被测量面正交的方向中的至少一者相对移动。

[0014] 头部具备用于照射光的光源、位移检测部、受光部。位移检测部将从光源照射来的光分割为第1光束和第2光束,将第1光束朝向第1衍射光栅照射。受光部接收第2光束和经由位移检测部从第1衍射光栅返回的第1光束。

[0015] 位移检测部具备光束分割部、第2衍射光栅、参照用反射构件、光束结合部。光束分割部将光分割为第1光束和第2光束,并且将被分割出的第1光束朝向第1衍射光栅照射。第2衍射光栅对被光束分割部分割并被第1衍射光栅衍射了的第1光束进行衍射,将第1光束再次向第1衍射光栅照射。参照用反射构件对被光束分割部分割了的第2光束进行反射。光束结合部使被第1衍射光栅和第2衍射光栅衍射的第1光束与被参照用反射构件反射的第2光束重叠而向受光部照射。

[0016] 第1光束向第1衍射光栅入射的入射角度、第1衍射光栅的衍射角度、第1光束向第2衍射光栅入射的入射角度、第2衍射光栅的衍射角度设为,使头部和被测量构件中的至少一者向与被测量面正交的方向位移时的、第1光束的从光束分割部入射到第1衍射光栅为止的光程长度的位移量和第1光束的从第1衍射光栅入射到第2衍射光栅为止的光程长度的位移量相等。

[0017] 发明的效果

[0018] 采用本发明的位移检测装置,不需要以往那样的驱动机构,因此能够抑制在使用时产生的热。并且,不需要驱动驱动机构,因此也解决了响应频率这样的问题,能够使使用条件变广。

附图说明

[0019] 图1是表示本发明的第1实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0020] 图2是表示本发明的第1实施方式例的位移检测装置的被测量构件和第1衍射光栅的立体图。

[0021] 图3是表示本发明的第1实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅与第2衍射光栅的衍射角度的关系的说明图。

[0022] 图4是表示本发明的第1实施方式例的位移检测装置的相对位置信息输出部件的框图。

[0023] 图5A和图5B表示本发明的第1实施方式例的位移检测装置的第2衍射光栅的变形例,图5A是表示第2衍射光栅的变形例的剖视图,图5B是表示第2衍射光栅的另一变形例的剖视图。

[0024] 图6是表示本发明的第2实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0025] 图7是表示本发明的第2实施方式例的位移检测装置的相对位置信息输出部件的框图。

[0026] 图8是表示本发明的第3实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0027] 图9是表示本发明的第3实施方式例的位移检测装置的第1位移检测部和第2位移检测部的结构的概略结构图。

[0028] 图10是表示本发明的第3实施方式例的位移检测装置的第3位移检测部和第4位移检测部的结构的概略结构图。

[0029] 图11是表示本发明的第3实施方式例的位移检测装置的相对位置信息输出部件的框图。

[0030] 图12A和图12B表示本发明的第3实施方式例的位移检测装置的被测量构件和第1衍射光栅,图12A是表示第1衍射光栅的俯视图,图12B是表示第1衍射光栅的剖视图。

[0031] 图13是表示本发明的第4实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0032] 图14是表示本发明的第4实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅与第2衍射光栅的入射角度和衍射角度的关系的说明图。

[0033] 图15是表示本发明的第5实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0034] 图16是表示本发明的第6实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0035] 图17是表示本发明的第6实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅与第2衍射光栅的入射角度和衍射角度的关系的说明图。

[0036] 图18是表示本发明的第7实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0037] 图19是表示本发明的第7实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅与第2衍射光栅的入射角度和衍射角度的关系的说明图。

[0038] 附图标记说明

[0039] 1…位移检测装置,2…被测量构件,2a…被测量面,3…头部,4…相对位置信息输出部件,5…位移检测部,6…光源,7…受光部,11…第1衍射光栅,12…第2衍射光栅,13…光束分割部(光束结合部),14…参照用镜(参照用反射构件),15…物体用镜(物体用反射构件),17…第1相位板,18…第2相位板,L1…第1光束,L2…第2光束

具体实施方式

[0040] 以下,参照图1~图19说明本发明的位移检测装置的实施方式例。另外,对各图中的通用的构件标注相同的附图标记。另外,本发明并不限定于以下的方式。

[0041] 另外,在以下的说明中所记载的各种透镜既可以是单透镜,也可以是透镜组。

[0042] 1. 位移检测装置的第1实施方式例

[0043] 首先,依据图1~图3说明本发明的位移检测装置的第1实施方式例(以下,称为“本例”)的结构。

[0044] 1-1. 位移检测装置的结构例

[0045] 图1是表示位移检测装置的结构概略结构图。图2是表示位移检测装置的设有第1衍射光栅的被测量构件的立体图。

[0046] 本例的位移检测装置1是用于检测使头部和被测量构件中的至少一者移动时的位移(移动量)的位移检测装置。

[0047] 如图1所示,位移检测装置1具备头部3、相对位置信息输出部件4、设于被测量构件2的被测量面2a的第1衍射光栅11。另外,相对位置信息输出部件4既可以收纳于头部3内,或者也可以配置于设在头部3的外部的便携信息处理终端、PC(个人计算机)便携终端。

[0048] 头部3和被测量构件2配置为能够沿与被测量面2a平行的方向且是与第1衍射光栅11的光栅矢量方向S1(参照图2)平行的方向、或者与被测量面2a垂直的方向相对移动。即,头部3和被测量构件2中的至少一者配置为能够沿与被测量面2a平行的方向或者与被测量面2a垂直的方向中的至少一个方向移动。

[0049] 以下,将与被测量面2a平行并且与第1衍射光栅11的光栅矢量方向S1(参照图2)平行的方向设为第1方向X。另外,将与被测量面2a平行并且与第1方向X正交的方向设为第2方向Y。而且,将与被测量面2a正交的方向、即与第1方向X和第2方向Y均正交的方向设为第3方向Z。

[0050] 如图2所示,被测量构件2形成为平板状。在被测量构件2的与头部3相对的被测量面2a设有第1衍射光栅11。第1衍射光栅11是反射型的衍射光栅。

[0051] 第1衍射光栅11由自被测量面2a突出的多个突条11a构成。多个突条11a沿着第1方向X隔开预定的间隔地配置。多个突条11a中的相邻的两个突条11a的间隔成为第1衍射光栅11的光栅节距 d_R 。

[0052] 而且,该多个突条11a的光栅矢量方向S1与第1方向X平行地配置。另外,突条11a延伸的方向(光栅栅线方向)S2在被测量面2a与第2方向Y平行。另外,光栅矢量方向S1和光栅栅线方向S2存在于与被测量面2a平行的平面上。而且,光栅矢量方向S1不是必须与第1方向X平行,同样,光栅栅线方向S2不是必须与第2方向Y平行。

[0053] 另外,在本例中,说明了由自被测量面2a突出的多个突条11a构成第1衍射光栅11的例子,但并不限于此,例如也可以通过在被测量构件2的被测量面2a形成多个槽部来构成第1衍射光栅11。

[0054] 另外,第1衍射光栅11例如形成于由玻璃、硅的基板构成的被测量构件2。而且,构成第1衍射光栅11的多个突条11a是通过将例如金、铝等反射率较高的材料蒸镀于被测量构件2的被测量面2a而形成的。另外,第1衍射光栅11的光栅节距 d_R 和衍射角度 θ 见后述。

[0055] 设于该被测量构件2的第1衍射光栅11使从头部3照射来的光衍射而以预定的衍射角度再次返回头部3。

[0056] 头部3具有位移检测部5、光源6、设于位移检测部5的受光部7。另外,受光部7既可以配置于位移检测部5内,或者也可以配置于位移检测部5的外侧。光源6可列举例如半导体激光二极管、超辐射二极管、气体激光、固体激光、发光二极管等。

[0057] 作为光源6,若使用可干涉距离较长的光源,则难以受到因被测量构件2的被测量面2a的倾斜等造成的物体光与参照光之间的光程长度差的影响,倾斜容许范围变大。另外,光源6的可干涉距离越短,越能够防止因不需要的杂散光的干涉所导致的噪声,能够进行高精度的测量。

[0058] 并且,作为光源6,在使用单模激光时,为了使波长稳定,期望的是控制光源6的温度。另外,也可以是,对单模激光的光附加高频叠加等,使光的可干涉性降低。并且,在使用多模激光的情况下,也能够通过利用珀尔帖元件等控制光源6的温度,来防止因不需要的杂散光的干涉引起的噪声,进行更加稳定的测量。

[0059] 另外,光源6的数量不限定于一个,也可以通过配置多个光源6而使相互的光重叠来增加光量。

[0060] 自光源6出射的光L向位移检测部5入射。另外,在光源6与位移检测部5之间配置有

由准直透镜等构成的透镜16。透镜16将自光源6出射的光L准直为平行光。因此,向位移检测部5入射利用透镜16准直为平行光的光L。

[0061] 位移检测部5将从光源6照射来的光L朝向被测量构件2的第1衍射光栅11照射,并将从被测量构件2返回的光L引导至受光部7。位移检测部5具有第2衍射光栅12、光束分割部13、表示参照光用反射构件的一例的参照用镜14、表示物体光用反射构件的一例的物体用镜15、第1相位板17、第2相位板18。

[0062] 光束分割部13例如由偏振分束器构成。而且,光束分割部13对s偏振光的光进行反射,并使p偏振光的光透过。自光源6照射并利用透镜16准直为平行光的光L向光束分割部13入射。然后,光束分割部13将光L分割为作为物体光的第1光束L1和作为参照光的第2光束L2这两个光束。在本例中,透过光束分割部13的p偏振光的光成为第1光束L1,被光束分割部13反射的s偏振光的光成为第2光束L2。第1光束L1朝向第1衍射光栅11行进,第2光束L2朝向参照用镜14行进。

[0063] 在光束分割部13,光L被分割为第1光束L1和第2光束L2,但该光量比例优选设为,向后述的受光部7入射时,在第1衍射光栅11侧和参照用镜14侧分别成为相同光量这样的比例。

[0064] 并且,也可以在光源6与光束分割部13之间设置偏振板。由此,能够去除作为与s偏振光和p偏振光正交的偏振光分量而少量存在的漏光、噪声。

[0065] 另外,说明了使用偏振分束器作为光束分割部13的例子,但并不限于此。光束分割部13例如也可以是半透半反镜和相位板组合而构成的。

[0066] 在光束分割部13与被测量构件2的被测量面2a、即与第1衍射光栅11之间配置有第1相位板17,在光束分割部13与参照用镜14之间配置有第2相位板18。

[0067] 第1相位板17和第2相位板18使通过的光的偏振方向变化,例如,由1/4波片等构成。因此,在通过的光为p偏振光的情况下,第1相位板17和第2相位板18使其变化为以行进方向为中心轴线向第1朝向旋转的圆偏振光。另外,在通过的光是向第1朝向旋转的圆偏振光的情况下,使其变化为s偏振光。并且,在通过的光是s偏振光的情况下,使其变化为以行进方向为中心轴线向与第1朝向相反的第2朝向旋转的圆偏振光。而且,在通过的光是向第2朝向旋转的圆偏振光的情况下,使其变化为p偏振光。

[0068] 另外,光源6、透镜16、光束分割部13以及第1相位板17以透过光束分割部13的光、即第1光束L1的行进方向与第3方向Z平行的方式配置。因此,透过光束分割部13并通过了第1相位板17的第1光束L1相对于被测量构件2的被测量面2a、即第1衍射光栅11垂直地入射。由此,即使被测量构件2向第3方向Z发生位移,向第1衍射光栅11入射的第1光束L1的入射点P的位置在第1衍射光栅11上也不发生变化。

[0069] 第2衍射光栅12配置于被第1衍射光栅11衍射而返回到位移检测部5的第1光束L1入射的位置。第2衍射光栅12的平面相对于第3方向Z倾斜配置。第2衍射光栅12是使光透过并且使透过了的光衍射的透过型的衍射光栅。另外,第2衍射光栅12的光栅节距 d_T 和衍射角度 ϕ 见后述。

[0070] 在从第1衍射光栅11入射第2衍射光栅12的第1光束L1透过第2衍射光栅12的方向上配置有物体用镜15。另外,物体用镜15配置于透过第2衍射光栅12的第1光束L1与反射面垂直地入射的位置。而且,由于第1光束L1向物体用镜15垂直入射,因此物体用镜15使第1光

束L1以入射时的光路和反射后的光路相一致的方式反射。

[0071] 被物体用镜15反射的第1光束L1经过与前进的光路相同的光路,按第2衍射光栅12、第1衍射光栅11、第1相位板17的顺序再次向光束分割部13入射。即,第1光束L1的从光束分割部13到物体用镜15为止的光路(以下,称为“前进光路”。)和从物体用镜15到光束分割部13为止的光路(以下,称为“返回光路”。)相一致。因此,在返回光路时再次向第1衍射光栅11入射的位置与前进光路相同,入射至照射点P。

[0072] 并且,第1光束L1在前进光路和返回光路被第1衍射光栅11和第2衍射光栅12分别衍射两次。

[0073] 参照用镜14配置于被光束分割部13分割出的第2光束L2的行进方向。参照用镜14的反射面与光束分割部13的照射第2光束L2的面平行配置。即,参照用镜14配置于第2光束L2垂直向其反射面入射的位置。而且,第2光束L2向参照用镜14垂直入射,因此参照用镜14使第2光束L2以入射时的光路和反射后的光路相一致的方式反射。

[0074] 被参照用镜14反射的第2光束L2经过与前进的光路相同的光路,通过第2相位板18,再次向光束分割部13入射。另外,以第1光束L1的从光束分割部13出发被物体用镜15反射而再次返回至光束分割部13的光程长度的长度与第2光束L2的从光束分割部13出发被参照用镜14反射而再次返回至光束分割部13的光程长度的长度相等的方式,配置参照用镜14和物体用镜15。

[0075] 由此,即使在因气压、湿度、温度的变化而存在光源6的波长变动的情况下,也能够使第1光束L1和第2光束L2所受到的影响相等。其结果,不用进行气压校正、湿度校正、温度校正,能够与周围环境无关地进行稳定的测量。并且,在制造位移检测装置1时,能够容易调整第1光束L1的光程长度、第2光束L2的光程长度、光轴的角度。

[0076] 另外,光束分割部13使被物体用镜15反射而返回的第1光束L1和被参照用镜14反射而返回的第2光束L2重叠。然后,光束分割部13将重叠了的第1光束L1和第2光束L2向受光部7照射。即,在本例中示出的光束分割部13具有作为用于分割光束的光束分割部的作用和作为用于使第1光束L1和第2光束L2重叠的光束结合部的作用。

[0077] 受光部7具有聚光透镜21、半透半反镜22、第1偏振分束器24、第2偏振分束器25。另外,在半透半反镜22和第2偏振分束器25之间的光路上例如配置有由1/4波片等构成的受光侧相位板23。

[0078] 聚光透镜21将从光束分割部13入射来的第1光束L1和第2光束L2聚光。另外,聚光透镜21以光束直径在后述的第1受光元件31、第2受光元件32、第3受光元件33以及第4受光元件34上成为适当的大小的方式对光进行聚光。半透半反镜22对光进行分割。被半透半反镜22分割出的光向第1偏振分束器24入射,或者经由受光侧相位板23向第2偏振分束器25入射。

[0079] 第1偏振分束器24以入射的光束的偏振方向相对于入射面倾斜45度的方式配置。在该第1偏振分束器24的光的出射口侧设有第1受光元件31和第2受光元件32。另外,在该第2偏振分束器25的光的出射口侧设有第3受光元件33和第4受光元件34。

[0080] 该第1偏振分束器24和第2偏振分束器25使具有s偏振光分量的干涉光反射,使具有p偏振光分量的干涉光透过,从而对光进行分割。

[0081] 第1受光元件31、第2受光元件32、第3受光元件33以及第4受光元件34受光,获得干

涉信号。而且,在受光部7连接有相对位置信息输出部件4。受光部7将第1受光元件31、第2受光元件32、第3受光元件33以及第4受光元件34所获得的干涉信号向相对位置信息输出部件4输出。

[0082] 1-2. 第1衍射光栅与第2衍射光栅之间的关系

[0083] 接下来,参照图3说明具有上述结构的第1衍射光栅11与第2衍射光栅12之间的关系。

[0084] 图3是表示第1衍射光栅11和第2衍射光栅12的衍射角度的关系的说明图。

[0085] 如图3所示,第1光束L1沿着第3方向Z向第1衍射光栅11垂直入射。另外,如图2所示,第1衍射光栅11的光栅矢量方向S1与第1方向X平行。然后,第1衍射光栅11以衍射角度 θ 衍射。此处,若将第1光束L1的波长设为 λ ,将第1衍射光栅11的光栅节距设为 d_R ,则第1衍射光栅11的衍射角度 θ 能够利用下述式1和式2计算。

[0086] [式1]

$$[0087] \quad \sin\theta = \lambda/d_R$$

[0088] [式2]

$$[0089] \quad \theta = \sin^{-1}(\lambda/d_R)$$

[0090] 在第1衍射光栅11进行了衍射的第1光束L1向第2衍射光栅12入射,在第2衍射光栅12衍射。此时的第2衍射光栅12的光栅矢量方向存在于由第1方向X和第3方向Z形成的平面上。另外,第2衍射光栅12的光栅矢量方向相对于第1光束L1向第1衍射光栅11入射的入射角度以角度 θ_T 倾斜。即,第2衍射光栅12的光栅矢量方向相对于第3方向Z以角度 θ_T 倾斜。

[0091] 在第1光束L1相对于第2衍射光栅12以角度 ϕ 入射的情况下,若第2衍射光栅12满足布拉格条件,则第2衍射光栅12以衍射角度 ϕ 衍射。因此,关于布拉格条件,以满足接下来的式3和式4的方式设定第2衍射光栅12的光栅节距 d_T 或者衍射角度 ϕ 即可。另外, λ 是第1光束L1的波长。

[0092] [式3]

$$[0093] \quad \sin\phi + \sin\phi = \lambda/d_T$$

[0094] [式4]

$$[0095] \quad \phi = \sin^{-1}(\lambda/2d_T)$$

[0096] 通过使第2衍射光栅12满足布拉格条件,例如,若使用后述的透过型的体积全息图的第2衍射光栅12M(参照图5A),则能够获得非常高的衍射效率。然而,由于向第2衍射光栅12入射的入射角度 ϕ 和光栅节距 d_T 的设计存在限制,因此作为第2衍射光栅12,也可以不使用体积全息图而使用没有厚度的透过型的衍射光栅。通过使用没有厚度的透过型的衍射光栅,能够使入射角度和衍射角度的选择具有自由度。

[0097] 在第2衍射光栅12满足布拉格条件的情况下,利用第2衍射光栅12进行了第二次(第一次是第1衍射光栅11)衍射的第1光束L1被物体用镜15反射而再次向第2衍射光栅12入射。另外,如图1和图3所示,在被测量构件2未向第3方向Z位移的情况下,第1光束L1的向第2衍射光栅12入射的入射点Q的位置不发生变化。另外,即使被测量构件2向第1方向X或者第2方向Y位移,第1光束L1的向第2衍射光栅12入射的入射点Q的位置也不发生变化。而且,利用第2衍射光栅12进行了第三次衍射的第1光束L1向第1衍射光栅11入射,利用第1衍射光栅11进行第四次衍射。

[0098] 此处,说明被测量构件2、即第1衍射光栅11向第3方向Z移动长度 ΔZ 的量的例子。

[0099] 如图3所示,若第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方、即向靠近头部3的朝向移动长度 ΔZ ,则在向第1衍射光栅11的入射点P2入射的时刻,第1光束L1的光程长度变短了长度 ΔZ 。另外,第1光束L1相对于被测量构件2的被测量面2a、即第1衍射光栅11垂直入射。因此,即使被测量构件2向第3方向Z发生位移,向第1衍射光栅11入射的第1光束L1的入射点P1、P2的位置在第1衍射光栅11上也不发生变化。

[0100] 在第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方、即向靠近头部3的朝向移动长度 ΔZ 时,第1光束L1的向第2衍射光栅12入射的位置从入射点Q1变化为入射点Q2。而且,从第1衍射光栅11的入射点P2到第2衍射光栅12的入射点Q2为止的光程长度比第1衍射光栅11未向第3方向Z移动时的从第1衍射光栅11的入射点P1到第2衍射光栅12的入射点Q1为止的光程长度长出长度M1的量。并且,从第2衍射光栅12的入射点Q2到物体用镜15为止的距离比第1衍射光栅11未向第3方向Z移动时的从第2衍射光栅12的入射点Q1到物体用镜15为止的光程长度长出长度M2的量。

[0101] 因此,若满足 $\Delta Z=M1+M2$,则即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,第1光束L1的光程长度也是恒定的。另外,满足 $\Delta Z=M1+M2$ 的条件由第1衍射光栅11的衍射角度 θ 和第2衍射光栅12的衍射角度 ϕ 在下述式5中示出。

[0102] [式5]

$$[0103] \quad -\cos(\phi+\theta)/\cos\phi + \{\sin(\phi+\theta) - \cos(\phi+\theta)\tan\phi\}\sin\phi = 1$$

[0104] 因而,第1衍射光栅11的衍射角度 θ 和第2衍射光栅12的衍射角度 ϕ 满足上述式5。由此,即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,也能够使第1光束L1的光程长度恒定。另外,也能够应用于第1光束L1利用物体用镜15发生反射并返回到光束分割部13的光路。因而,第1光束L1的返回光路的光程长度也能够始终恒定。

[0105] 如上所述,即使被测量构件2向第1方向X或者第2方向Y位移,由于第1光束L1的向第2衍射光栅12入射的入射点Q的位置不发生变化,因此也能够将第1光束L1的光程长度保持为恒定。其结果,即使第1衍射光栅11向第1方向X、第2方向Y以及第3方向Z移动,第1光束L1的光程长度也不发生变化,因此能够将第1光束L1的光程长度和第2光束L2的光程长度保持为始终恒定。

[0106] 例如,在光源6的波长 λ 为790nm,第1衍射光栅11的光栅节距 d_R 为1 μ m,第1光束L1向第1衍射光栅11入射的入射角度为0度,第2衍射光栅12的光栅节距 d_T 的情况下,第1衍射光栅11的衍射角度 $\theta \approx 52.2^\circ$,第2衍射光栅12的衍射角度 $\phi \approx 45.9^\circ$ 。

[0107] 1-3. 相对位置信息输出部件的结构例

[0108] 接下来,参照图4说明相对位置信息输出部件4的结构例。

[0109] 图4是表示本例的相对位置信息输出部件4的框图。

[0110] 如图4所示,相对位置信息输出部件4具有第1差动放大器61a、第2差动放大器61b、第1模数转换器62a、第2模数转换器62b、波形校正处理部63、增量信号产生器64。

[0111] 在第1差动放大器61a连接有第1受光元件31和第2受光元件32,在第2差动放大器61b连接有第3受光元件33和第4受光元件34。另外,在第1差动放大器61a连接有第1模数转换器62a,在第2差动放大器61b连接有第2模数转换器62b。而且,第1模数转换器62a和第2模数转换器62b与波形校正处理部63相连接。另外,波形校正处理部63连接于增量信号产生器

64。

[0112] 第1差动放大器61a从第1受光元件31和第2受光元件32接收干涉信号,第2差动放大器61b从第3受光元件33和第4受光元件34接收干涉信号。第1差动放大器61a和第2差动放大器61b对分别接收的干涉信号进行差动放大,取消干涉信号的直流分量。

[0113] 在第1差动放大器61a被差动放大的信号利用第1模数转换器62a进行模数转换,利用波形校正处理部63校正信号振幅、偏移以及相位。该信号例如作为A相的增量信号而在增量信号产生器64中进行运算。

[0114] 另外,同样地,在第2差动放大器61b被差动放大的信号利用第2模数转换器62b进行模数转换。然后,利用波形校正处理部63校正信号振幅、偏移以及相位,作为相位与A相的相位差90度的B相的增量信号而从增量信号产生器64输出。

[0115] 这样得到的两相的增量信号利用未图示的脉冲辨别电路等进行正负的判断,由此,能够检测头部3和被测量构件2的在第1方向X或者第3方向Z上的相对位移量是正方向还是负方向。

[0116] 另外,通过利用未图示的计数器对增量信号的脉冲数进行计数,能够测量第1光束L1和第2光束L2的干涉光强度变化了上述周期的几周期的量。由此,利用位移检测装置1检测出被测量构件2和头部3的相对位移量(移动量)。

[0117] 另外,本例的相对位置信息输出部件4输出的相对位置信息既可以是上述的两相的增量信号,也可以是包括由此计算得到的位移量、位移方向的信号。

[0118] 1-4. 位移检测装置的动作例

[0119] 接下来,参照图1、图3以及图4,说明具有上述结构的位移检测装置1的动作例。

[0120] 如图1所示,从光源6出射的光L被透镜16准直而成为平行光。被透镜16准直的平行光L向光束分割部13入射。入射到光束分割部13的光被分割为第1光束L1和第2光束L2。如上所述,光束分割部13对光中的s偏振光进行反射,使p偏振光透过。因此,基于透过了光束分割部13的p偏振光的第1光束L1向第1相位板17照射。另外,基于被光束分割部13反射的s偏振光的第2光束L2向第2相位板18照射。

[0121] 第1光束L1的偏振方向为p偏振光,因此第1光束L1通过经过第1相位板17而变化为以行进方向为中心轴线向第1朝向旋转的圆偏振光。另外,第2光束L2的偏振方向为s偏振光,因此第2光束L2通过经过第2相位板18而变化为以行进方向为中心轴线向第2朝向旋转的圆偏振光。

[0122] 经过了第1相位板17的第1光束L1向被测量构件2的被测量面2a、即第1衍射光栅11的照射点P垂直入射。然后,如图3所示,第1光束L1利用第1衍射光栅11以衍射角度 θ 进行衍射。进行第二次衍射的第1光束L1向第2衍射光栅12以入射角度 ϕ 入射到照射点Q(参照图1)。如上所述,第2衍射光栅12满足布拉格条件,因此第1光束L1利用第2衍射光栅12以衍射角度 ϕ 进行衍射。

[0123] 被第2衍射光栅12衍射的第1光束L1向物体用镜15垂直入射。然后,第1光束L1再次朝向第2衍射光栅12地被物体用镜15反射。第1光束L1以入射角度 ϕ 向第2衍射光栅12入射。此时,第1光束L1向与前进光路相同的第2衍射光栅12的照射点Q入射。然后,利用第2衍射光栅12进行第三次衍射,向第1衍射光栅11以入射角度 θ 向与前进光路相同的照射点P入射。

[0124] 像这样,通过将相对于第1衍射光栅11的前进光路的照射点P和返回光路的照射点

P设为相同的1点,能够减小在第1衍射光栅11倾斜时产生的影响。另外,通过将相对于第2衍射光栅12的前进光路的照射点Q和返回光路的照射点Q设为相同的1点,能够获得同样的效果。并且,相比于将两点的中心点作为假想测量点进行检测的以往的位移检测装置,能够提高检测精度。

[0125] 接下来,第1光束L1在第1衍射光栅11进行第四次衍射,向第1相位板17照射。此时的第1光束L1的偏振方向是以行进方向为中心轴线向第1朝向旋转的圆偏振光。因此,第1光束L1利用第1相位板17变化为与作为前进的偏振方向的p偏振光正交的s偏振光。

[0126] 另一方面,向参照用镜14照射的第2光束L2被参照用镜14反射,再次向第2相位板18照射。此时的第2光束L2的偏振方向是以行进方向为中心轴线向第2朝向旋转的圆偏振光。因此,第2光束L2利用第2相位板18变化为与作为前进的偏振方向的s偏振光正交的p偏振光。

[0127] 通过了第1相位板17的第1光束L1再次向光束分割部13入射,通过了第2相位板18的第2光束L2再次向光束分割部13入射。此时,第1光束L1的偏振方向为s偏振光,因此被光束分割部13反射而向受光部7照射。另外,第2光束L2的偏振方向为p偏振光,因此透过光束分割部13,向受光部7照射。因此,互为正交的直线偏振光的第1光束L1和第2光束L2重叠而成的光束向受光部7入射。

[0128] 光束被聚光透镜21聚光,向半透半反镜22照射。半透半反镜22将光束分割为两束光。透过了半透半反镜22的光束向第1偏振分束器24入射。

[0129] 此处,第1偏振分束器24配置为,彼此的偏振方向相差90度的第1光束L1和第2光束L2的偏振方向以偏振方向相对于第1偏振分束器24的入射面分别倾斜45度的方式倾斜。由此,第1光束L1和第2光束L2相对于第1偏振分束器24分别具有p偏振光分量和s偏振光分量。因而,透过了第1偏振分束器24的第1光束L1和第2光束L2的具有相同的偏振方向的偏振光彼此间发生干涉。由此,能够利用第1偏振分束器24使第1光束L1和第2光束L2干涉。

[0130] 同样,被第1偏振分束器24反射的第1光束L1和第2光束L2的相对于第1偏振分束器24具有相同偏振方向的偏振光彼此间发生干涉。因此,能够利用第1偏振分束器24使其干涉。

[0131] 透过了第1偏振分束器24的第1光束L1和第2光束L2的干涉光被第1受光元件31接收。另外,被第1偏振分束器24反射的第1光束L1和第2光束L2的干涉光被第2受光元件32接收。此处,被第1受光元件31和第2受光元件32光电转换的干涉信号成为相位相差180度的信号。

[0132] 而且,利用第1受光元件31和第2受光元件32得到的干涉信号得到 $A \times \cos(2 \times K_1 x + 2 \times B \times K_2 z + \delta)$ 的干涉信号。此处,A是干涉的振幅, K_1 是由 $2\pi/d_R$ 表示的第1衍射光栅11的波数。另外,x表示第1衍射光栅11的移动量,即头部3和被测量构件2的沿第1方向X的相对的位移量。另一方面, K_2 是由 $2\pi/d_T$ 表示的第2衍射光栅12的波数。z表示向第2衍射光栅12入射的第1光束L1的第2衍射光栅12的光栅矢量方向的移动量。另外, d_R 是第1衍射光栅11的光栅节距, d_T 是第2衍射光栅12的光栅节距。另外, δ 表示初始相位。

[0133] 并且,B是伴随着第2衍射光栅12的光栅矢量方向相对于第3方向Z以倾斜角度 θ_T 倾斜的系数。而且,在将向第2衍射光栅12入射的入射角度(在布拉格条件下,衍射角度也相同)设为 ϕ 的情况下,能够以 $B = \cos\theta_T + \sin\theta_T \times \tan\phi$ 表示。

[0134] 此处,若头部3和被测量构件2沿第1方向X相对地移动 $x/2$ 的量,则向第1衍射光栅11照射的第1光束L1的照射点沿第1方向X移动 $x/2$ 的量。即,第1光束L1在第1衍射光栅11上沿第1方向X移动 $x/2$ 的量。因此,在第1光束L1加上 K_1x 的相位,1周期的光的明暗产生的干涉光被第1受光元件31和第2受光元件32所接收。

[0135] 另外,即使头部3和被测量构件2沿第1方向X相对移动,第1光束L1的在第2衍射光栅12上的照射点也不发生变化。因此,在第1光束L1仅加上被第1衍射光栅11衍射的相位。

[0136] 另外,若头部3和被测量构件2沿第3方向Z相对地移动 $Z/(2 \times B)$ 的量,则向第2衍射光栅12照射的第1光束L1的照射点沿第2衍射光栅12的光栅矢量方向移动 $Z/2$ 的量。即,第1光束L1在第2衍射光栅12上沿光栅矢量方向移动 $Z/2$ 的量。因此,在第1光束L1加上 K_2z 的相位,1周期的光的明暗产生的干涉光被第1受光元件31和第2受光元件32所接收。

[0137] 另外,如上所述,第1光束L1与第3方向Z平行地向第1衍射光栅11入射。因此,第1光束L1向第1衍射光栅11垂直入射。因而,即使头部3和被测量构件2沿第3方向Z相对移动,第1光束L1的在第1衍射光栅11上的照射点也不发生变化。因此,在第1光束L1仅加上被第2衍射光栅12衍射的相位。

[0138] 并且,第1衍射光栅11的衍射角度 θ 和第2衍射光栅12的衍射角度 ϕ 满足上述式5。因此,即使头部3和被测量构件2沿第3方向Z相对地以 ΔZ 移动, ΔZ 和图3所示的 M_1+M_2 之和始终为0。其结果,第1光束L1的光程长度不发生变化,即使头部3和被测量构件2沿第3方向Z相对地以 ΔZ 移动,也仅是第1光束L1的向第2衍射光栅12入射的位置发生变化。

[0139] 此处,如上所述,在利用第1受光元件31和第2受光元件32得到的干涉信号中不包含与光源6的波长相关的分量。由此,即使因气压、湿度、温度的变化导致光源的波长发生变动,干涉强度也不受到影响。

[0140] 另一方面,如图1所示,在半透半反镜22反射了的光束向受光侧相位板23入射。由作为偏振方向彼此相差90度的直线偏振光的第1光束L1和第2光束L2构成的光束通过透过受光侧相位板23,成为相互反转的圆偏振光。而且,该相互反转的圆偏振光处于同一光路上,因此重叠而成为直线偏振光,向第2偏振分束器25入射。

[0141] 该直线偏振光的s偏振光分量被第2偏振分束器25反射,被第3受光元件33接收。另外,p偏振光分量透过第2偏振分束器25,被第4受光元件34所接收。

[0142] 如上所述,向第2偏振分束器25入射的直线偏振光因相互反转的圆偏振光的重叠而产生。而且,对于向第2偏振分束器25入射的直线偏振光的偏振方向而言,若头部3和被测量构件2沿第1方向X相对地移动 $d_R/2$,则旋转半圈。另外,即使头部3和被测量构件2沿第1方向X相对地移动 $d_T/(2 \times B)$ 的量,向第2偏振分束器25入射的直线偏振光的偏振方向也旋转半圈。

[0143] 因而,对于第3受光元件33和第4受光元件34,也与第1受光元件31和第2受光元件32同样地,得到 $A \times \cos(2 \times K_1x + 2 \times B \times K_2z + \delta')$ 的干涉信号。 δ' 是初始相位。

[0144] 另外,利用第3受光元件33和第4受光元件34光电转换的信号相位相差180度。

[0145] 另外,在本例中,将对由第3受光元件33和第4受光元件34所接收的光束进行分割的第2偏振分束器25相对于第1偏振分束器24倾斜45度地配置。因此,第3受光元件33和第4受光元件34所得到的信号相对于第1受光元件31和第2受光元件32所得到的信号错开90度相位。

[0146] 因而,例如将由第1受光元件31和第2受光元件32得到的信号作为sin信号,将由第3受光元件33和第4受光元件34得到的信号作为cos信号使用,从而能够获取李沙育信号。

[0147] 利用这些受光元件得到的信号利用相对位置信息输出部件4进行运算,对头部3和被测量构件2的相对的位移量进行计数。由此,能够检测头部3和被测量构件2的相对的位移量。

[0148] 在本例的位移检测装置1中,在由位移检测部5的受光部7得到的干涉信号中包含第1方向X和第3方向Z的位移信息。因此,能够应用于用于检测头部3和被测量构件2仅沿第1方向X相对移动时的、头部3和被测量构件2沿第1方向X的相对的位移的装置。或者,也能够应用于用于检测头部3和被测量构件2仅沿第3方向Z相对移动时的、头部3或者被测量构件2沿第3方向Z的相对的位移的装置。即,本例的位移检测装置1以一个装置具有两种使用方法。

[0149] 1-5. 第2衍射光栅的变形例

[0150] 接下来,参照图5A和图5B说明衍射光栅的变形例。

[0151] 图5A是表示第2衍射光栅的变形例的剖视图,图5B是表示第2衍射光栅的另一变形例的剖视图。

[0152] 图5A所示的第2衍射光栅12M是使用了照相干板的所谓的体积全息图。也可以使用吸收型的全息图,但在此说明相位型的全息图。该第2衍射光栅12M的光栅部12b例如如下这样地形成。首先,在玻璃基板12a的一面涂布感光的银盐的乳剂,使干涉条纹曝光,显影后漂白。由此,在光栅部12b形成有残留有银的颗粒的部位和没有残留的部位。

[0153] 此处,残留有银的颗粒的部位的折射率较高,未残留银的颗粒的部位的折射率较低。即,是相位型的全息图。另外,作为材料,也可以代替照相干板而使用全息图记录用光敏聚合物。

[0154] 图5B所示的第2衍射光栅12N在大致透明的玻璃基板12a的一面形成有由例如铬(Cr)构成的光栅部12c。通常,光栅部12c在玻璃基板12a的一面利用真空蒸镀形成有铬等的薄膜,其厚度为1 μ m以下。

[0155] 另外,对于图5A所示的第2衍射光栅12M和图5B所示的第2衍射光栅12N,在将入射角度设为 ϕa ,将衍射角度设为 ϕb 的情况下,在满足下述式6的布拉格条件时, $\phi a = \phi b$ 。另外,n为整数。

[0156] [式6]

[0157] $\sin \phi a + \sin \phi b = n\lambda / d_T$

[0158] 另外,在图5A所示的第2衍射光栅12M的情况下,在满足布拉格条件时,能够使被第2衍射光栅12M衍射的衍射光的输出最大。即,能够防止被第2衍射光栅12M衍射的衍射光的光量降低。

[0159] 2. 第2实施方式例

[0160] 接下来,参照图6和图7说明第2实施方式例的位移检测装置。

[0161] 图6是表示第2实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图,图7是表示第2实施方式例的位移检测装置的相对位置信息输出部件的框图。

[0162] 该第2实施方式例的位移检测装置101是能够输出第1方向X和第3方向Z的二维的位移信息的位移检测装置。因此,在此,对与第1实施方式例的位移检测装置1通用的部分标

注相同的附图标记,省略重复的说明。

[0163] 如图6所示,位移检测装置101包括设有第1衍射光栅111的被测量构件2、头部103、相对位置信息输出部件104。头部103和被测量构件2构成为能够沿第1方向X和第3方向Z这两个方向相对移动。

[0164] 对于第1衍射光栅111而言,在后述的头部103的第1位移检测部5A侧,衍射光的朝向是朝向第1方向X的一侧。另外,对于第1衍射光栅111而言,在后述的头部103的第2位移检测部5B侧,衍射光的朝向是朝向第1方向X的另一侧。因此,作为第1衍射光栅111,优选使用闪耀衍射光栅。

[0165] 头部103包括第1位移检测部5A、第2位移检测部5B、光源6、透镜16、光源侧相位板106以及光分配部107。第1位移检测部5A配置于头部3的第1方向X的一侧,第2位移检测部5B配置于头部3的第1方向X的另一侧。

[0166] 而且,在第1位移检测部5A和第2位移检测部5B的第1方向X上的之间配置有光源6、透镜16、光源侧相位板106以及光分配部107。光源侧相位板106调整自光源6出射的光L的偏振光轴,例如,调整为相对于光轴倾斜45°的圆偏振光。

[0167] 通过了光源侧相位板106的光L向光分配部107照射。光分配部107例如由镜107a和半透半反镜107b构成。半透半反镜107b配置于比镜107a靠光源6侧的位置。

[0168] 半透半反镜107b的向第1方向X的另一侧的反射率设定为50%。因此,半透半反镜107b将通过了光源侧相位板106的光L朝向第3方向Z的镜107a侧和第1方向X的另一侧相等地分配。然后,在半透半反镜107b反射了的光LB朝向第2位移检测部5B的光束分割部13B照射。

[0169] 透过了半透半反镜107b的光LA向镜107a入射。镜107a将入射了的光LA朝向第1位移检测部5A的光束分割部13A反射。

[0170] 第1位移检测部5A与第1实施方式例的位移检测部5同样地包括受光部7A、第2衍射光栅12A、光束分割部13A、参照用镜14A、物体用镜15A、第1相位板17A以及第2相位板18A。受光部7A连接于相对位置信息输出部件104的第1相对位置信息输出部4A。而且,受光部7A将得到的干涉信号向第1相对位置信息输出部4A发送。

[0171] 第1位移检测部5A的受光部7A得到下述式7所示的干涉信号。此处,A1是干涉的振幅。

[0172] [式7]

[0173] $A1 \times \cos(2K1x + 2 \times B \times K2z + \delta)$

[0174] 第2位移检测部5B与第1实施方式例的位移检测部5同样地包括受光部7B、第2衍射光栅12B、光束分割部13B、参照用镜14B、物体用镜15B、第1相位板17B以及第2相位板18B。受光部7B连接于相对位置信息输出部件104的第2相对位置信息输出部4B。而且,受光部7B将得到的干涉信号向第2相对位置信息输出部4B发送。

[0175] 另外,构成第2位移检测部5B的第2衍射光栅12B、光束分割部13B、参照用镜14B、物体用镜15B、第1相位板17B以及第2相位板18B相对于第1位移检测部5A沿第1方向X反转配置。

[0176] 第2位移检测部5B的受光部7B得到下述式8所示的干涉信号。此处,A2是干涉的振幅。

[0177] [式8]

[0178] $A2 \times \cos(-2K1x+2 \times B \times K2z+\delta)$

[0179] 如上述式7和式8所示,第1位移检测部5A的受光部7A和第2位移检测部5B的受光部7B所得到的干涉信号的第1方向X的位移信息的正负不同。

[0180] 如图7所示,相对位置信息输出部件104具有第1相对位置信息输出部4A、第2相对位置信息输出部4B以及运算部114。如上所述,第1位移检测部5A的受光部7A和第2位移检测部5B的受光部7B所得到的干涉信号的第1方向X的位移信息的正负不同。

[0181] 因此,通过将来自第1相对位置信息输出部4A的位移信息A和来自第2相对位置信息输出部4B的位移信息B相加,能够仅取出第3方向Z的位移信息。另外,通过从第1相对位置信息输出部4A的位移信息A减去第2相对位置信息输出部4B的位移信息B,能够仅取出第1方向X的位移信息。

[0182] 而且,运算部114通过将来自第1相对位置信息输出部4A的位移信息A和来自第2相对位置信息输出部4B的位移信息B相加后除以二,从而运算头部103和被测量构件2沿第3方向Z的相对位置的位移信息。另外,运算部114通过自第1相对位置信息输出部4A的位移信息A减去第2相对位置信息输出部4B的位移信息B后除以二,从而运算头部103和被测量构件2沿第1方向X的位移信息。

[0183] 由此,利用第2实施方式例的位移检测装置101,能够输出第1方向X和第3方向Z的二维的位移信息。

[0184] 其他的结构与第1实施方式例的位移检测装置1是同样的,因此省略其说明。利用具有这样的结构的位移检测装置101,也能够得到与上述的第1实施方式例的位移检测装置1同样的作用效果。

[0185] 3. 第3实施方式例

[0186] 接下来,参照图8~图12说明第3实施方式例的位移检测装置。

[0187] 图8是表示第3实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。图9是表示第3实施方式例的位移检测装置的第1位移检测部和第2位移检测部的结构的概略结构图。图10是表示第3实施方式例的位移检测装置的第3位移检测部和第4位移检测部的结构的概略结构图。图11是表示第3实施方式例的位移检测装置的相对位置信息输出部件的框图。图12A和图12B表示第3实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅。

[0188] 该第3实施方式例的位移检测装置201是能够输出第1方向X、第3方向Z以及与第1方向X和第3方向Z均正交的第2方向Y的三维的位移信息的位移检测装置。因此,在此,对与第1实施方式例的位移检测装置1通用的部分标注相同的附图标记,省略重复的说明。

[0189] 如图8、图9以及图10所示,位移检测装置201包括设有第1衍射光栅211的被测量构件202、头部203、相对位置信息输出部件204。头部203和被测量构件202构成为能够沿第1方向X、第2方向Y以及第3方向Z这三个方向相对移动。

[0190] 如图12A和图12B所示,被测量构件202形成为平板状。在被测量构件202的被测量面202a设有第1衍射光栅211。第1衍射光栅211具有与第1方向X平行的第1光栅矢量方向和与第2方向Y平行的第2光栅矢量方向。

[0191] 另外,第1衍射光栅211由多个突起211a构成。多个突起211a从被测量面202a朝向第3方向Z突出。该多个突起211a沿着与第1方向X平行的第1光栅矢量方向和与第2方向Y平

行的第2光栅矢量方向分别隔开间隔地配置为格栅状。

[0192] 另外,说明了利用多个突起211a构成第3实施方式例的第1衍射光栅211的例子,但不限于此,例如,也可以利用形成于被测量构件202的被测量面202a的多个凹部构成第1衍射光栅211。

[0193] 如图8、图9以及图10所示,头部203包括第1位移检测部5A、第2位移检测部5B、第3位移检测部5C、第4位移检测部5D、光源6、透镜16、光源侧相位板106以及光分配部207。第1位移检测部5A配置于头部3的第1方向X的一侧,第2位移检测部5B配置于头部3的第1方向X的另一侧。另外,第3位移检测部5C配置于头部3的第2方向Y的一侧,第4位移检测部5D配置于头部3的第2方向Y的另一侧。

[0194] 在第1位移检测部5A、第2位移检测部5B、第3位移检测部5C以及第4位移检测部5D之间配置有光源6、透镜16、光源侧相位板106以及光分配部207。即,光源6、透镜16、光源侧相位板106以及光分配部207配置于头部3的第1方向X和第2方向Y的中心部。

[0195] 光分配部207具有镜207a、第1半透半反镜207b、第2半透半反镜207c以及第3半透半反镜207d。光分配部207从第3方向Z的被测量构件202侧起沿着第3方向Z依次配置镜207a、第1半透半反镜207b、第2半透半反镜207c、第3半透半反镜207d。即,第3半透半反镜207d配置于光源6侧。

[0196] 第3半透半反镜207d的向第2方向Y的另一侧的反射率设定为25%。第2半透半反镜207c的向第2方向Y的一侧的反射率设定为33.3%。而且,第1半透半反镜207b的向第1方向X的另一侧的反射率设定为50%。

[0197] 在第3半透半反镜207d反射了的光LD朝向第4位移检测部5D的光束分割部13D照射。透过第3半透半反镜207d并在第2半透半反镜207c反射了的光LC朝向第3位移检测部5C的光束分割部13C照射。透过第3半透半反镜207d和第2半透半反镜207c并在第1半透半反镜207b反射了的光LB朝向第2位移检测部5B的光束分割部13B照射。然后,透过了第3半透半反镜207d、第2半透半反镜207c以及第1半透半反镜207b的光LA利用镜207a朝向第1位移检测部5A的光束分割部13A反射。

[0198] 另外,在光分配部207是非偏振光特性的情况下,不需要在从光分配部207到各位移检测部5A、5B、5C、5D的光束分割部13A、13B、13C、13D的空间设置用于调整光的偏振光轴的相位板等。因此,能够谋求位移检测装置201的结构简化。

[0199] 另外,第1位移检测部5A和第2位移检测部5B具有与第2实施方式例的第1位移检测部5A和第2位移检测部5B同样的结构,因此省略其说明。

[0200] 另外,第1位移检测部5A的受光部7A得到下述式9所示的干涉信号。此处,A1是干涉的振幅。

[0201] [式9]

$$[0202] \quad A1 \times \cos(2K1x + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

[0203] 另外,第2位移检测部5B的受光部7B得到下述式10所示的干涉信号。此处,A2是干涉的振幅。

[0204] [式10]

$$[0205] \quad A2 \times \cos(-2K1x + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

[0206] 第3位移检测部5C与第1实施方式例的位移检测部5同样地包括受光部7C、第2衍射

光栅12C、光束分割部13C、参照用镜14C、物体用镜15C、第1相位板17C以及第2相位板18C。另外,第2衍射光栅12C的光栅矢量方向存在于由第2方向Y和第3方向Z形成的平面上。受光部7C连接于相对位置信息输出部件204的第3相对位置信息输出部4C。而且,受光部7C将得到的干涉信号向第3相对位置信息输出部4C发送。

[0207] 第3位移检测部5C的受光部7C得到下述式11所示的干涉信号。此处,A3是干涉的振幅。 y 表示第1衍射光栅211的移动量,即头部203和被测量构件202沿第2方向Y的相对的位移量。

[0208] [式11]

$$[0209] \quad A3 \times \cos(2K1y + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

[0210] 第4位移检测部5D与第1实施方式例的位移检测部5同样地包括受光部7D、第2衍射光栅12D、光束分割部13D、参照用镜14D、物体用镜15D、第1相位板17D以及第2相位板18D。另外,第2衍射光栅12D的光栅矢量方向存在于由第2方向Y和第3方向Z形成的平面上。受光部7D连接于相对位置信息输出部件204的第4相对位置信息输出部4D。而且,受光部7D将得到的干涉信号向第4相对位置信息输出部4D发送。

[0211] 另外,构成第4位移检测部5D的第2衍射光栅12D、光束分割部13D、参照用镜14D、物体用镜15D、第1相位板17D以及第2相位板18D相对于第1位移检测部5A沿第2方向Y反转配置。

[0212] 第4位移检测部5D的受光部7D得到下述式12所示的干涉信号。此处,A4是干涉的振幅。

[0213] [式12]

$$[0214] \quad A4 \times \cos(-2K1y + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

[0215] 如图11所示,相对位置信息输出部件204具有第1相对位置信息输出部4A、第2相对位置信息输出部4B、第3相对位置信息输出部4C、第4相对位置信息输出部4D以及运算部214。

[0216] 如上所述,第1位移检测部5A的受光部7A和第2位移检测部5B的受光部7B所得到的干涉信号的第1方向X的位移信息的正负不同。另外,第3位移检测部5C的受光部7C和第4位移检测部5D的受光部得到的第2方向Y的位移信息的正负不同。

[0217] 因此,通过从第1相对位置信息输出部4A的位移信息A减去第2相对位置信息输出部4B的位移信息B,能够仅取出第1方向X的位移信息。另外,通过从第3相对位置信息输出部4C的位移信息C减去第4相对位置信息输出部4D的位移信息D,能够仅取出第2方向Y的位移信息。而且,通过将第1相对位置信息输出部4A、第2相对位置信息输出部4B、第3相对位置信息输出部4C以及第4相对位置信息输出部4D的全部的位移信息A、B、C、D相加,能够仅取出第3方向Z的位移信息。

[0218] 而且,运算部214通过将第1相对位置信息输出部4A、第2相对位置信息输出部4B、第3相对位置信息输出部4C、第4相对位置信息输出部4D的全部的位移信息A、B、C、D相加后除以四,从而运算头部103和被测量构件202沿第3方向Z的相对位置的位移信息。

[0219] 另外,运算部214通过自第1相对位置信息输出部4A的位移信息A减去第2相对位置信息输出部4B的位移信息B后除以二,从而运算头部103和被测量构件202沿第1方向X的位移信息。运算部214通过自第3相对位置信息输出部4C的位移信息C减去第4相对位置信息输

出部4D的位移信息D后除以二,从而运算头部103和被测量构件202沿第2方向Y的位移信息。

[0220] 由此,利用第3实施方式例的位移检测装置201,能够输出第1方向X、第2方向Y以及第3方向Z的三维的位移信息。

[0221] 其他的结构与第1实施方式例的位移检测装置1是同样的,因此省略其说明。利用具有这样的结构的位移检测装置201,也能够得到与上述的第1实施方式例的位移检测装置1同样的作用效果。

[0222] 另外,在第3实施方式例中,说明了第1衍射光栅211的第1光栅矢量方向和第2光栅矢量方向正交的例子,但并不限于此。第1光栅矢量方向和第2光栅矢量方向也可以不正交,只要在被测量构件202的被测量面202a上互为交叉即可。而且,第1位移检测部5A和第2位移检测部5B沿着第1光栅矢量方向配置,第3位移检测部5C和第4位移检测部5D沿着第2光栅矢量方向配置。

[0223] 4. 第4实施方式例

[0224] 接下来,参照图13和图14说明第4实施方式例的位移检测装置。

[0225] 图13是表示第4实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图,图14是表示第4实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅和第2衍射光栅的入射角度和衍射角度的关系的说明图。

[0226] 该第4实施方式例的位移检测装置301与第1实施方式例的位移检测装置1的不同点在于:第1光束L1相对于第1衍射光栅不是垂直入射;以及第2衍射光栅不满足布拉格条件。因此,在此,对与第1实施方式例的位移检测装置1通用的部分标注相同的附图标记,省略重复的说明。

[0227] 如图13所示,位移检测装置301包括未图示的头部、设于被测量构件2的第1衍射光栅11、相对位置信息输出部件304。另外,在头部内配置有光源6、受光部7、透镜16、光束分割部313、第2衍射光栅312、参照用镜314、物体用镜315、第1相位板317以及第2相位板318。

[0228] 在该第4实施方式例的位移检测装置301中,第1光束L1相对于第1衍射光栅不是垂直入射。因此,光源6、透镜16、光束分割部313、第2衍射光栅312、参照用镜314、物体用镜315、第1相位板317以及第2相位板318配置于与第1实施方式例的位移检测装置1不同的位置。

[0229] 另外,参照用镜314配置于第2光束L2的光程长度与第1光束L1的光程长度相同的位置。另外,参照用镜314配置于从光束分割部313照射来的第2光束L2垂直入射的位置。并且,物体用镜315配置于在第2衍射光栅312进行了衍射的第1光束L1垂直入射的位置。

[0230] 接下来,参照图14,说明第1衍射光栅11的入射角度 θ_R 和衍射角度 θ 与向第2衍射光栅12入射的入射角度 θ_1 和衍射角度 θ_2 的关系。

[0231] 如图14所示,若第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方,即向靠近头部的朝向移动长度 ΔZ ,则第1光束L1的向第1衍射光栅11入射的位置从入射点P1变换为入射点P2。因此,在第1光束L1向第1衍射光栅11入射的时刻,第1光束L1的光程长度变短了长度 ΔM 。

[0232] 另外,在第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方、即向靠近头部的朝向移动长度 ΔZ 时,第1光束L1的向第2衍射光栅312入射的位置从入射点Q1变化为入射点Q2。而且,从第1衍射光栅11的入射点P2到第2衍射光栅312的入射点Q2为止的光程长度比第1衍射光栅11未向第3方向Z移动时的从第1衍射光栅11的入射点P1到第2衍射光栅312的入射点Q1为止的光程

长度长出长度M1的量。并且,从第2衍射光栅312的入射点Q2到物体用镜315为止的距离比第1衍射光栅11未向第3方向Z移动时的从第2衍射光栅312的入射点Q1到物体用镜315为止的光程长度长出长度M2的量。

[0233] 因此,若满足 $\Delta M=M_1+M_2$,则即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,第1光束L1的光程长度也是恒定的。另外,满足 $\Delta M=M_1+M_2$ 的条件能够由向第1衍射光栅11入射的入射角度 θ_R 、第1衍射光栅11的衍射角度 θ 、向第2衍射光栅312入射的入射角度 θ_1 、第2衍射光栅312的衍射角度 θ_2 表示为下述式13。

[0234] [式13]

$$[0235] \quad -\cos(\theta_1+\theta+\theta_R)/\cos\theta_1+\{\sin(\theta_1+\theta+\theta_R)-\cos(\theta_1+\theta+\theta_R)\tan\theta_1\}\sin\theta_2=1$$

[0236] 因而,第1衍射光栅11的衍射角度 θ 和第2衍射光栅312的衍射角度 θ_2 满足上述式13。由此,即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,也能够使第1光束L1的光程长度恒定。另外,也能够应用于第1光束L1利用物体用镜315发生反射并返回到光束分割部313的光路。因而,第1光束L1的返回光路的光程长度也能够始终恒定。

[0237] 另外,在第1光束L1向第1衍射光栅11的入射为垂直的情况下, $\theta_R=0^\circ$ 。若第2衍射光栅312满足布拉格条件,则 $\theta_1=\theta_2=\phi$ 。其结果,上述式13变换为上述式5。

[0238] 另外,受光部7的受光元件得到下述式14这样的干涉信号。

[0239] [式14]

$$[0240] \quad A \times \cos(2K_1X+2K_1Z\tan\theta_R+2K_2BZ+\delta)$$

$$[0241] \quad B = \{\sin(\theta_1+\theta+\theta_R)-\cos(\theta_1+\theta+\theta_R)\tan\theta_1\}/\cos\theta_R$$

[0242] K_1 是由 $2\pi/d_R$ 表示的第1衍射光栅11的波数。另外, x 表示第1衍射光栅11的移动量,即头部3和被测量构件2沿第1方向X的相对的位移量。另一方面, K_2 是由 $2\pi/d_T$ 表示的第2衍射光栅12的波数。 z 表示向第2衍射光栅12入射的第1光束L1的第2衍射光栅12的光栅矢量方向的移动量。另外, d_R 是第1衍射光栅11的光栅节距, d_T 是第2衍射光栅12的光栅节距。另外, δ 表示初始相位。

[0243] 并且, B 是伴随着第2衍射光栅12的光栅矢量方向相对于第1光束L1向第1衍射光栅11入射的方向以倾斜角度 θ_T 倾斜的系数。该倾斜角度 θ_T 与向第1衍射光栅11入射的入射角度 θ_R 、第1衍射光栅11的衍射角度 θ 、向第2衍射光栅312入射的入射角度 θ_1 具有 $\theta_T=\theta_1+\theta+\theta_R-90^\circ$ 的关系。

[0244] 像这样,即使第1光束L1相对于第1衍射光栅11不是垂直入射,并且第2衍射光栅312不满足布拉格条件,只要第1衍射光栅11的衍射角度 θ 和第2衍射光栅312的衍射角度 θ_2 满足上述式13,第1光束L1的光程长度就也不发生变化。

[0245] 其他的结构与第1实施方式例的位移检测装置1是同样的,因此省略其说明。利用具有这样的结构的位移检测装置301,也能够得到与上述的第1实施方式例的位移检测装置1同样的作用效果。

[0246] 5. 第5实施方式例

[0247] 接下来,参照图15说明第5实施方式例的位移检测装置。图15是表示第5实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图。

[0248] 该第5实施方式例的位移检测装置401检测头部3或被测量构件2仅在第3方向Z上的相对的位移。因此,在此,对与第1实施方式例的位移检测装置1通用的部分标注相同的附

图标记,省略重复的说明。

[0249] 如图15所示,位移检测装置401包括设于被测量构件2的第1衍射光栅11、头部403、相对位置信息输出部件404。

[0250] 头部403具有位移检测部405、光源6、设于位移检测部405的受光部7。另外,位移检测部405具有第2衍射光栅12、光束分割部13、物体用镜15以及第1相位板17。另外,第2衍射光栅12、物体用镜15以及第1相位板17具有与第1实施方式例的位移检测装置1同样的结构,因此省略其说明。

[0251] 另外,头部403具有光束结合部413、第3衍射光栅412、第1参照用反射构件414a、第2参照用反射构件414b、第2物体用镜415以及第3相位板417。第1参照用反射构件414a和第2参照用反射构件414b在头部3的第1方向X的两侧配置于互为相对的位置。第1参照用反射构件414a和第2参照用反射构件414b由三角形的棱镜构成。像这样,作为参照用反射构件,不限于镜,能够应用棱镜等其他各种的光学零件。

[0252] 在光束分割部13反射了的作为参照光的第2光束L2朝向第1参照用反射构件414a照射。然后,第1参照用反射构件414a将入射了的第2光束L2朝向第2参照用反射构件414b反射。然后,第2参照用反射构件414b将入射了的第2光束L2朝向光束结合部413反射。

[0253] 光束结合部413、第3衍射光栅412、第2物体用镜415以及第3相位板417比光束分割部13、第2衍射光栅12、物体用镜15以及第1相位板17配置于第1方向X的单侧。具体而言,光束结合部413、第3衍射光栅412、第2物体用镜415以及第3相位板417配置于相对于光束分割部13、第2衍射光栅12、物体用镜15以及第1相位板17沿着第1方向X反转了的位置。

[0254] 向第1衍射光栅11的第1照射点Pa入射、在第1衍射光栅11和第2衍射光栅12各进行两次衍射、再次返回到光束分割部13的第1光束L1被光束分割部13反射而朝向光束结合部413照射。光束结合部413使入射了的第1光束L1再次朝向被测量构件2的第1衍射光栅11反射。即,光束结合部413具有作为再反射部的作用。

[0255] 在光束结合部413反射了的第1光束L1通过第3相位板417,其偏振方向变化为圆偏振光。然后,通过了第3相位板417的第1光束L1向第1衍射光栅11的第2照射点Pb入射。第1光束L1被第1衍射光栅11衍射。另外,在第2照射点Pb的衍射方向的朝向与在第1照射点Pa的衍射方向的朝向在第1方向X上朝向相反侧。即,在第2照射点Pb的衍射方向的朝向与在第1照射点Pa的衍射方向的朝向反转。

[0256] 在第1衍射光栅11衍射了的第1光束L1向第3衍射光栅412入射。然后,第1光束L1在第3衍射光栅412进行衍射,向第2物体用镜415入射。第1光束L1被第2物体用镜415反射,再次向第3衍射光栅412入射。然后,第1光束L1在第3衍射光栅412再次进行衍射,向第1衍射光栅11入射。

[0257] 另外,第3衍射光栅412的光栅节距、衍射角度与第2衍射光栅12的光栅节距 d_T 、衍射角度 ϕ 相同。另外,第3衍射光栅412和第2物体用镜415的位置关系相对于第2衍射光栅12和物体用镜15的位置关系沿着第1方向X反转,在第3方向Z上的位置关系相同。因此,省略其说明。

[0258] 而且,向第1衍射光栅11入射的第1光束L1被第1衍射光栅11衍射,朝向第3相位板417和光束结合部413照射。另外,第1光束L1仅在第1衍射光栅11进行了四次衍射,但其中的两次的衍射方向的朝向反转。因此,第1光束L1的在第1衍射光栅11进行衍射的相位被抵消。

[0259] 向光束结合部413入射的第1光束L1透过光束结合部413。另外,向光束结合部413入射的第2光束L2在光束结合部413反射。由此,第1光束L1和第2光束L2在光束结合部413重叠。然后,第1光束L1和第2光束L2作为互为正交的s偏振光和p偏振光重叠,向受光部7照射。

[0260] 被光束分割部13分割出的第1光束L1和第2光束L2的从光束分割部13到光束结合部413的光程长度设定为相等。

[0261] 受光部7具有与第1实施方式例的受光部7同样的结构,因此省略其说明。另外,在受光部7,得到 $A \times \cos(4 \times B \times K2z + \delta)$ 的干涉信号。此处,A是干涉的振幅,K2是用 $2\pi/d_T$ 表示的第2衍射光栅12的波数。z表示向第2衍射光栅12入射的第1光束L1的第2衍射光栅12的光栅矢量方向的移动量。另外, d_R 是第1衍射光栅11的光栅节距, d_T 是第2衍射光栅12的光栅节距。另外, δ 表示初始相位。

[0262] 并且,B是伴随着第2衍射光栅12的光栅矢量方向相对于第3方向Z以倾斜角度 θ_T 倾斜的系数。而且,在将向第2衍射光栅12入射的入射角度(在布拉格条件下,衍射角度也相同)设为 ϕ 的情况下,能够以 $B = \cos\theta_T + \sin\theta_T \times \tan\phi$ 表示。

[0263] 像这样,在受光部7得到的干涉信号仅成为第3方向Z的位移信息。由此,利用第5实施方式例的位移检测装置401,能够检测头部3或者被测量构件2仅在第3方向Z上的相对的位移。

[0264] 其他的结构与第1实施方式的位移检测装置1是同样的,因此省略其说明。利用具有这样的结构的位移检测装置401,也能够得到与上述的第1实施方式例的位移检测装置1同样的作用效果。

[0265] 6. 第6实施方式例

[0266] 接下来,参照图16和图17说明第6实施方式例的位移检测装置。

[0267] 图16是表示第6实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图,图17是表示第6实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅和第2衍射光栅的入射角度和衍射角度的关系的说明图。

[0268] 该第6实施方式例的位移检测装置501与第1实施方式例的位移检测装置1的不同点在于,使用反射型的衍射光栅作为第2衍射光栅。因此,在此,对与第1实施方式例的位移检测装置1通用的部分标注相同的附图标记,省略重复的说明。

[0269] 如图16所示,位移检测装置501包括头部503、设有第1衍射光栅11的被测量构件2、相对位置信息输出部件504。头部503具有位移检测部505、光源6、设于位移检测部505的受光部7。

[0270] 另外,位移检测部505具有第2衍射光栅512、光束分割部13、第1相位板17、第2相位板18以及参照用镜14。另外,光束分割部13、参照用镜14、第1相位板17以及第2相位板18具有与第1实施方式例的位移检测装置1同样的结构,因此省略其说明。

[0271] 第2衍射光栅512是将入射了的第1光束L1反射并且衍射的反射型的衍射光栅。而且,第2衍射光栅512将被第1衍射光栅11衍射的第1光束L1再次朝向第1衍射光栅11反射、衍射。因此,在第6实施方式例的位移检测装置501中,第2衍射光栅512具有作为物体用反射构件的作用。其结果,不需要新设置镜、棱镜等来作为物体用反射构件,能够减少零件数量。

[0272] 接下来,参照图17,说明第1衍射光栅11的入射角度 θ_R 和衍射角度 θ 与向第2衍射光栅512的入射角度 θ_1 和衍射角度 θ_2 的关系。

[0273] 如图17所示,若第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方,即向靠近头部的朝向移动长度 ΔZ ,则第1光束L1的向第1衍射光栅11入射的位置从入射点P1变换为入射点P2。因此,在第1光束L1向第1衍射光栅11入射的时刻,第1光束L1的光程长度变短了长度 ΔM 。

[0274] 另外,在第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方、即向靠近头部的朝向移动长度 ΔZ 时,第1光束L1的向第2衍射光栅512入射的位置从入射点Q1变化为入射点Q2。而且,从第1衍射光栅11的入射点P2到第2衍射光栅512的入射点Q2为止的光程长度比第1衍射光栅11未向第3方向Z移动时的从第1衍射光栅11的入射点P1到第2衍射光栅512的入射点Q1为止的光程长度长出长度M1的量。

[0275] 因此,若满足 $\Delta M=M1$,则即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,第1光束L1的光程长度也是恒定的。另外,在设定向第1衍射光栅11入射的入射角度 θ_R 、第1衍射光栅11的衍射角度 θ 、向第2衍射光栅512的入射角度(衍射角度) θ_1 时,满足 $\Delta Z=M1$ 的条件能够由 $\theta=\theta_R$ 和 $\theta_1+\theta=90^\circ$ 表示。

[0276] 因而,向第1衍射光栅11入射的入射角度 θ_R 、第1衍射光栅11的衍射角度 θ 、向第2衍射光栅512入射的入射角度(衍射角度) θ_1 满足 $\theta=\theta_R$ 并且 $\theta_1+\theta=90^\circ$ 。由此,即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,也能够使第1光束L1的光程长度恒定。

[0277] 其他的结构与第1实施方式例的位移检测装置1是同样的,因此省略其说明。利用具有这样的结构的位移检测装置501,也能够得到与上述的第1实施方式例的位移检测装置1同样的作用效果。

[0278] 7. 第7实施方式例

[0279] 接下来,参照图18和图19说明第7实施方式例的位移检测装置。

[0280] 图18是表示第7实施方式例的位移检测装置的结构概略结构图,图19是表示第7实施方式例的位移检测装置的第1衍射光栅和第2衍射光栅的入射角度和衍射角度的关系的说明图。

[0281] 该第7实施方式例的位移检测装置601与第6实施方式例的位移检测装置501同样,使用反射型的衍射光栅作为第2衍射光栅。因此,在此,对与第1实施方式例的位移检测装置1通用的部分标注相同的附图标记,省略重复的说明。

[0282] 如图18所示,位移检测装置601包括头部603、设有第1衍射光栅11的被测量构件2、相对位置信息输出部件604。头部603具有位移检测部605、光源6、设于位移检测部605的受光部7。

[0283] 另外,位移检测部605具有第2衍射光栅612、光束分割部13、第1相位板17、第2相位板18、参照用镜14、物体用镜615。另外,光束分割部13、参照用镜14、第1相位板17以及第2相位板18具有与第1实施方式例的位移检测装置1同样的结构,因此省略其说明。

[0284] 第2衍射光栅612是将入射了的第1光束L1反射并且衍射的反射型的衍射光栅。而且,第2衍射光栅612将被第1衍射光栅11衍射的第1光束L1朝向物体用镜615反射、衍射。物体用镜615使入射了的第1光束L1再次朝向第2衍射光栅612反射。

[0285] 在该第7实施方式例的位移检测装置601中,相对于第6实施方式例的位移检测装置501追加了物体用镜615。然而,通过设置物体用镜615,能够容易进行使第1光束L1的光程长度和第2光束L2的光程长度一致的作业。

[0286] 接下来,参照图19,说明第1衍射光栅11的入射角度 θ_R 和衍射角度 θ 与向第2衍射光

栅12入射的入射角度 θ_1 和衍射角度 θ_2 的关系。

[0287] 如图19所示,若第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方,即向靠近头部的朝向移动长度 ΔZ ,则第1光束L1的向第1衍射光栅11入射的位置从入射点P1变换为入射点P2。因此,在第1光束L1向第1衍射光栅11入射的时刻,第1光束L1的光程长度变短了长度 ΔM 。

[0288] 另外,在第1衍射光栅11沿着第3方向Z向上方、即向靠近头部的朝向移动长度 ΔZ 时,第1光束L1的向第2衍射光栅612入射的位置从入射点Q1变化为入射点Q2。而且,从第1衍射光栅11的入射点P2到第2衍射光栅612的入射点Q2为止的光程长度比第1衍射光栅11未向第3方向Z移动时的从第1衍射光栅11的入射点P1到第2衍射光栅612的入射点Q1为止的光程长度长出长度M1的量。并且,从第2衍射光栅612的入射点Q2到物体用镜615为止的距离比第1衍射光栅11未向第3方向Z移动时的从第2衍射光栅612的入射点Q1到物体用镜615为止的光程长度长出长度M2的量。

[0289] 因此,若满足 $\Delta M=M1+M2$,则即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,第1光束L1的光程长度也是恒定的。另外,满足 $\Delta M=M1+M2$ 的条件能够由向第1衍射光栅11入射的入射角度 θ_R 、第1衍射光栅11的衍射角度 θ 、向第2衍射光栅612入射的入射角度 θ_1 、第2衍射光栅612的衍射角度 θ_2 用上述式13表示。

[0290] 因而,第1衍射光栅11的衍射角度 θ 和第2衍射光栅612的衍射角度 θ_2 满足上述式13。由此,即使第1衍射光栅11向第3方向Z移动,也能够使第1光束L1的光程长度恒定。

[0291] 另外,作为第6实施方式例的第2衍射光栅512和第7实施方式例的第2衍射光栅612,例如优选使用将槽的截面形状形成为锯齿状的所谓的闪耀衍射光栅。由此,能够相对于特定的波长提高衍射效率。

[0292] 其他的结构与第1实施方式的位移检测装置1是同样的,因此省略其说明。利用具有这样的结构的位移检测装置601,也能够得到与上述的第1实施方式例的位移检测装置1同样的作用效果。

[0293] 另外,本发明不限于上述且在附图中示出的实施方式,能够在不脱离权利要求书所记载的发明的要旨的范围内进行各种变形地实施。在上述的实施方式例中,也可以是,从光源照射的光不仅在气体中,还在液体中或者真空中的空间飞行而供给光。

[0294] 另外,在本说明书中,使用了“平行”和“正交”等单词,这些词并非仅指严谨的“平行”和“正交”,也可以是,包括“平行”和“正交”,处于能够进一步发挥其功能的范围内的“大致平行”、“大致正交”的状态。

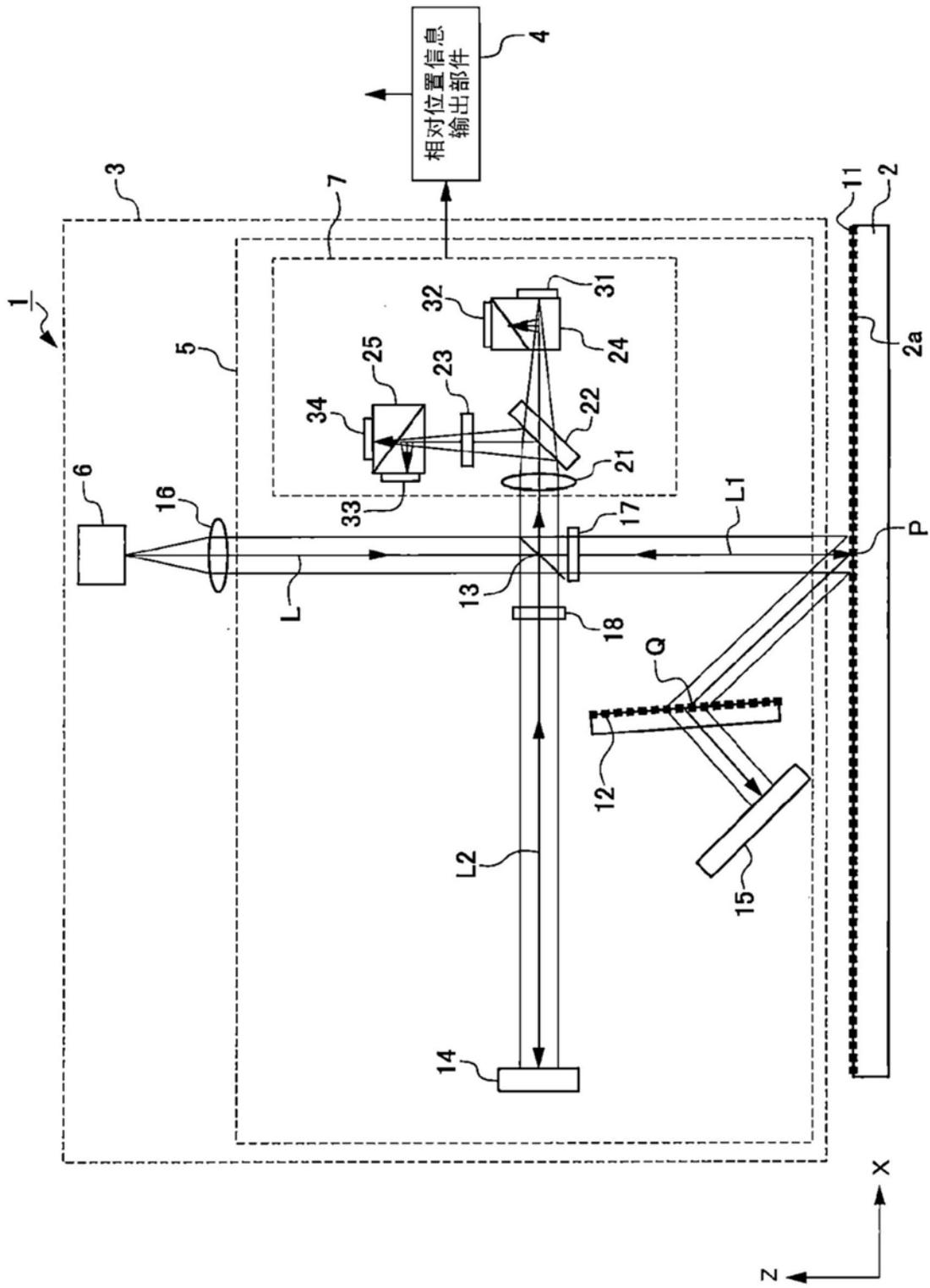


图1

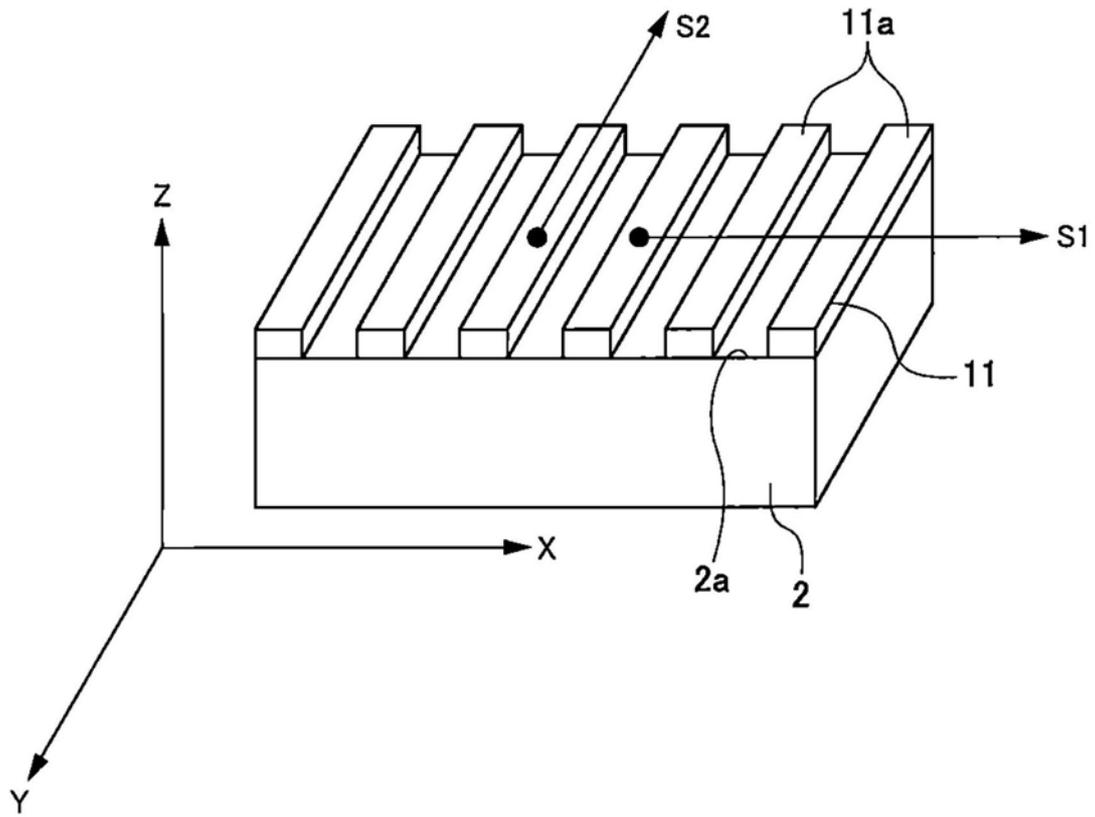


图2

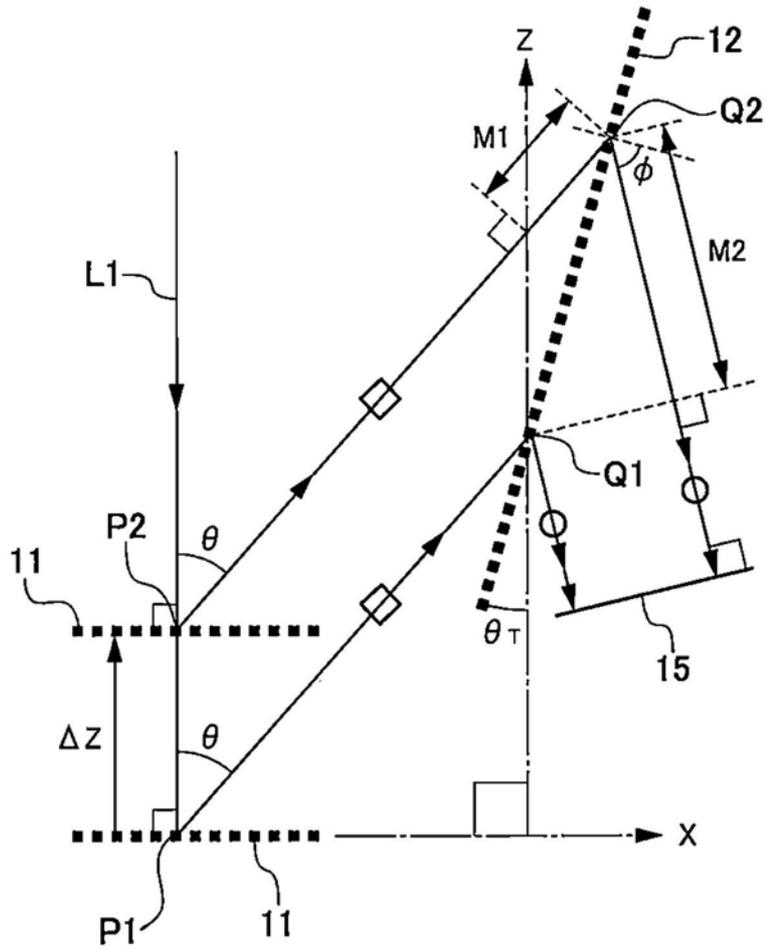


图3

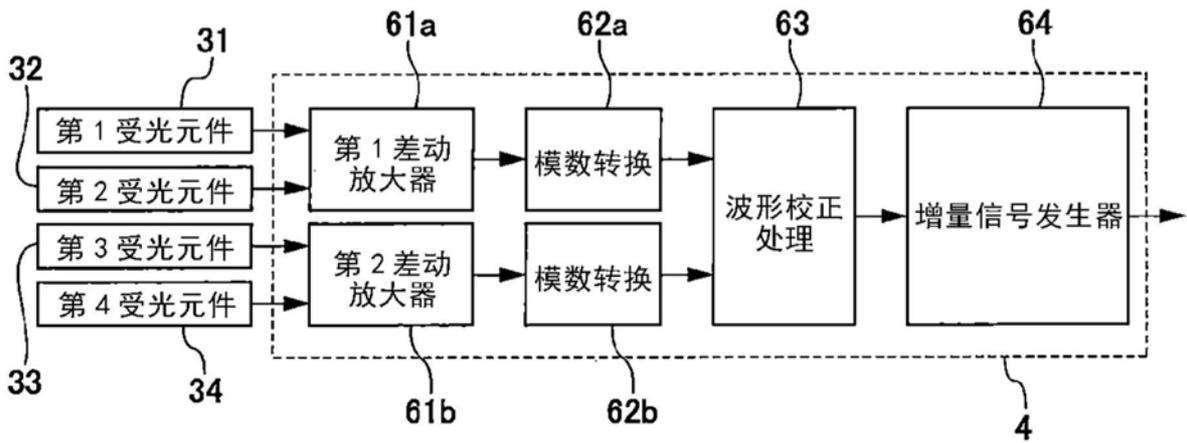


图4

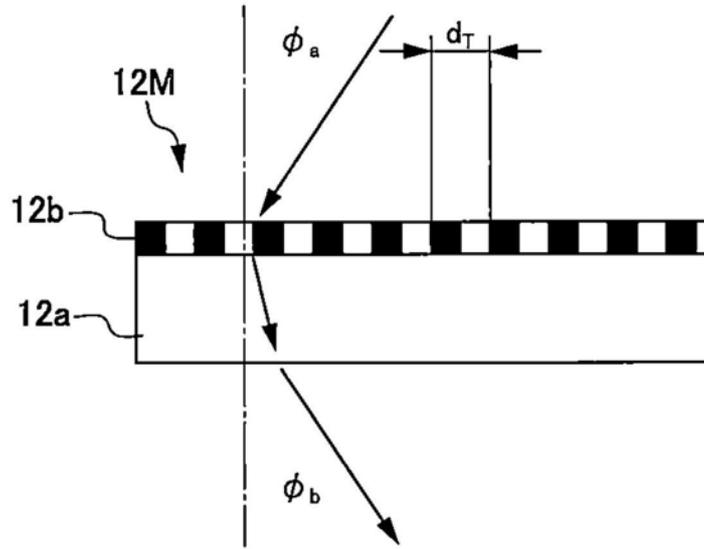


图5A

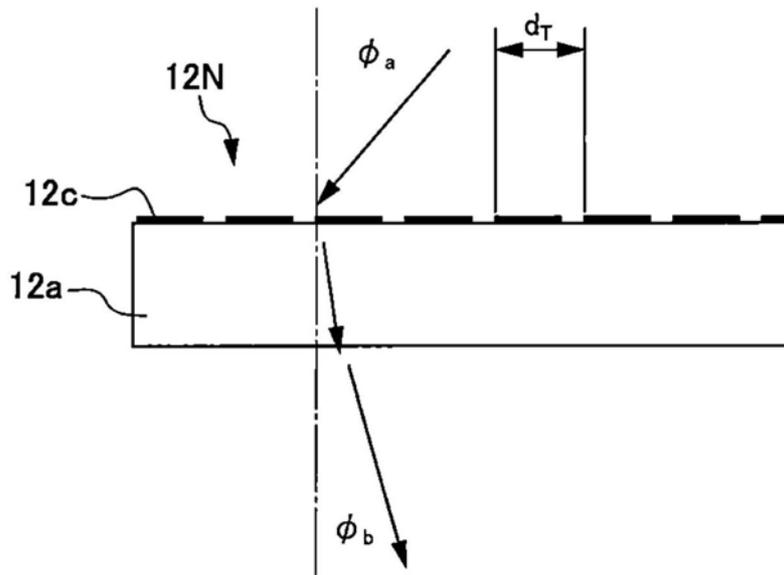


图5B

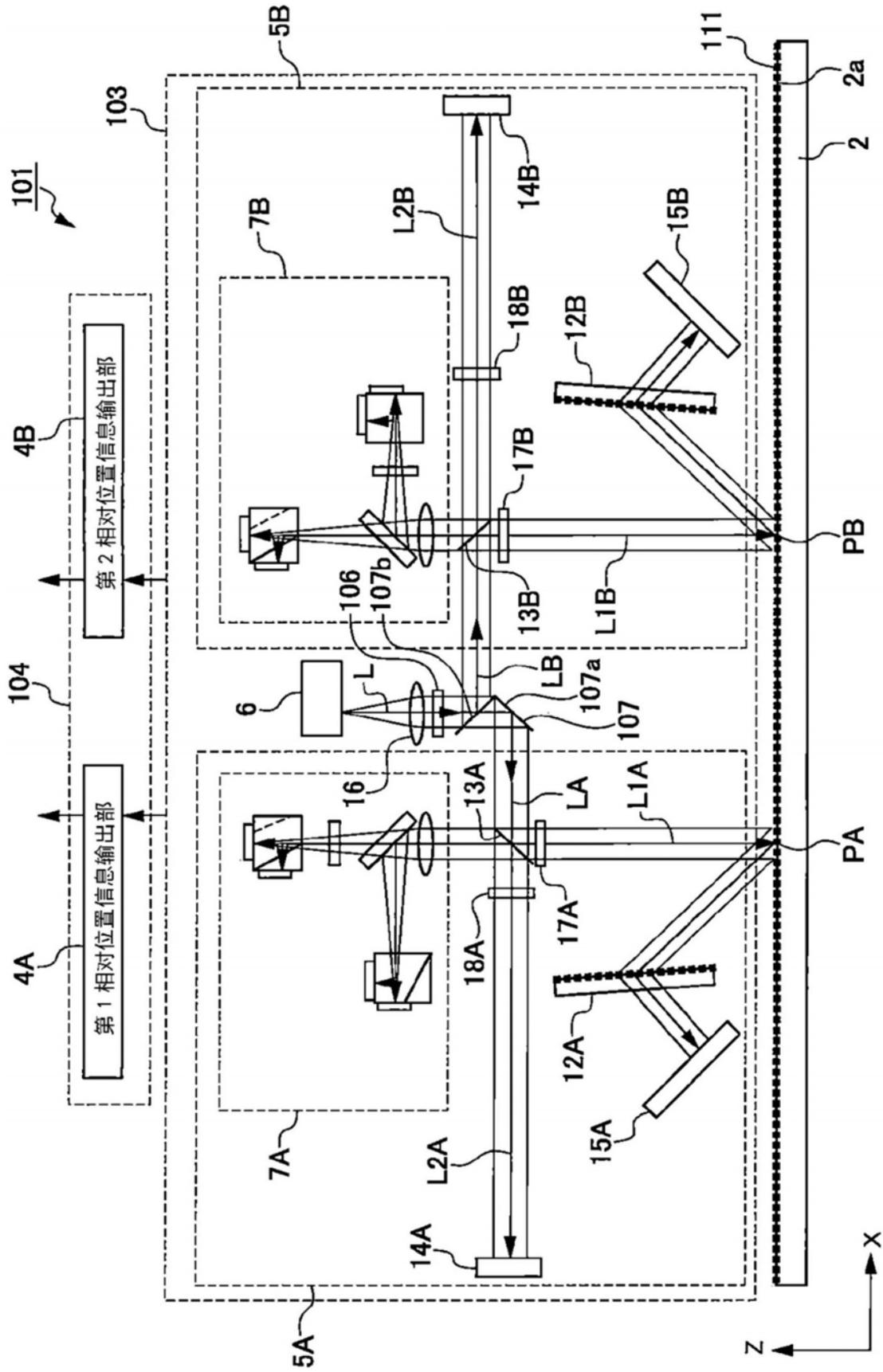


图6

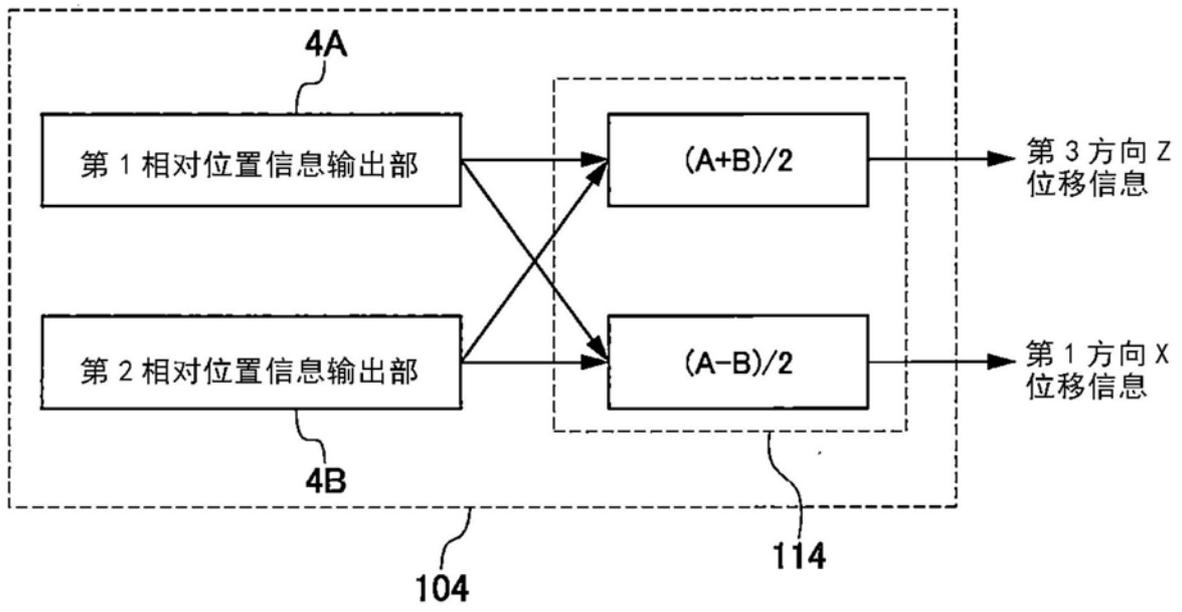


图7

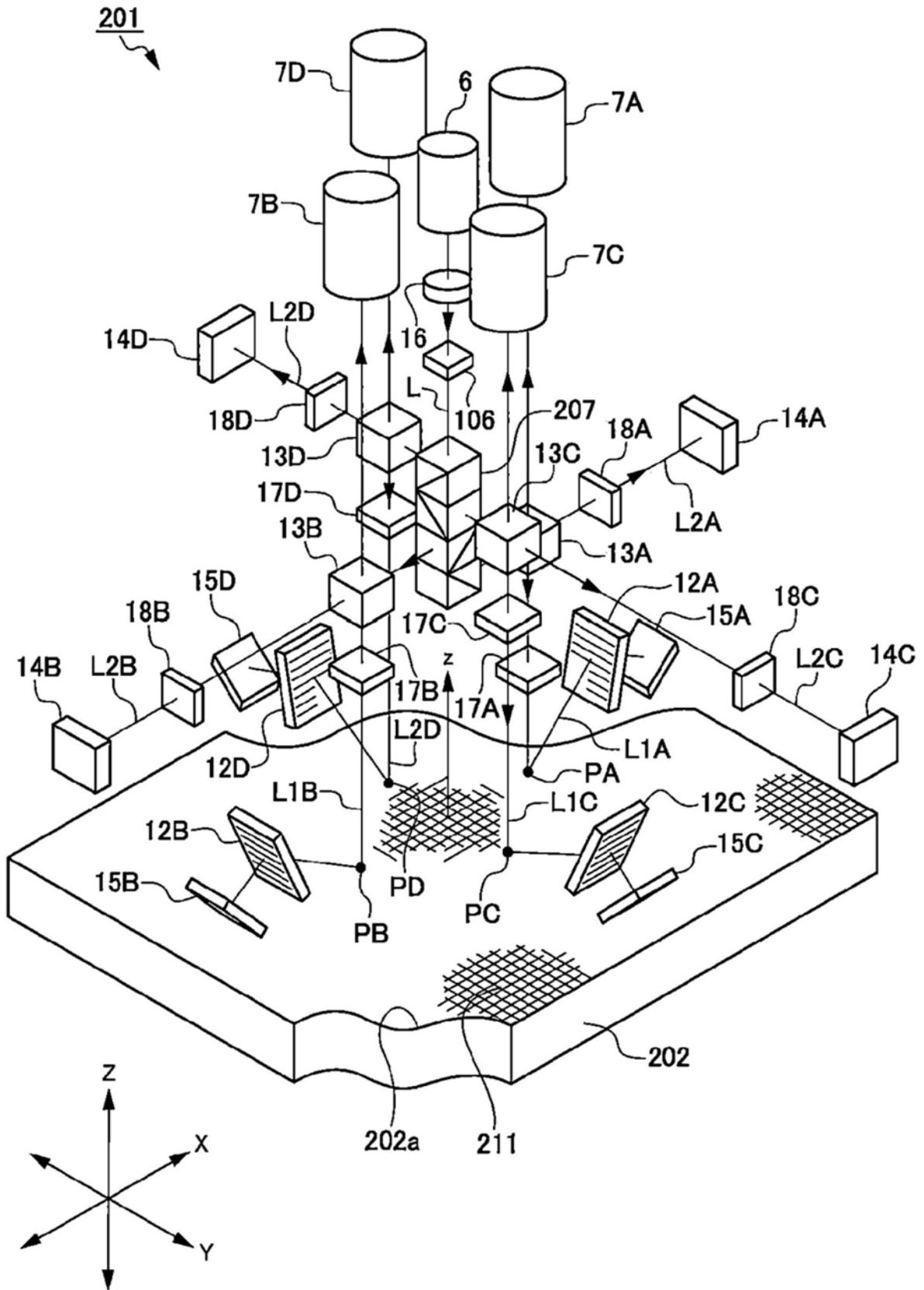


图8

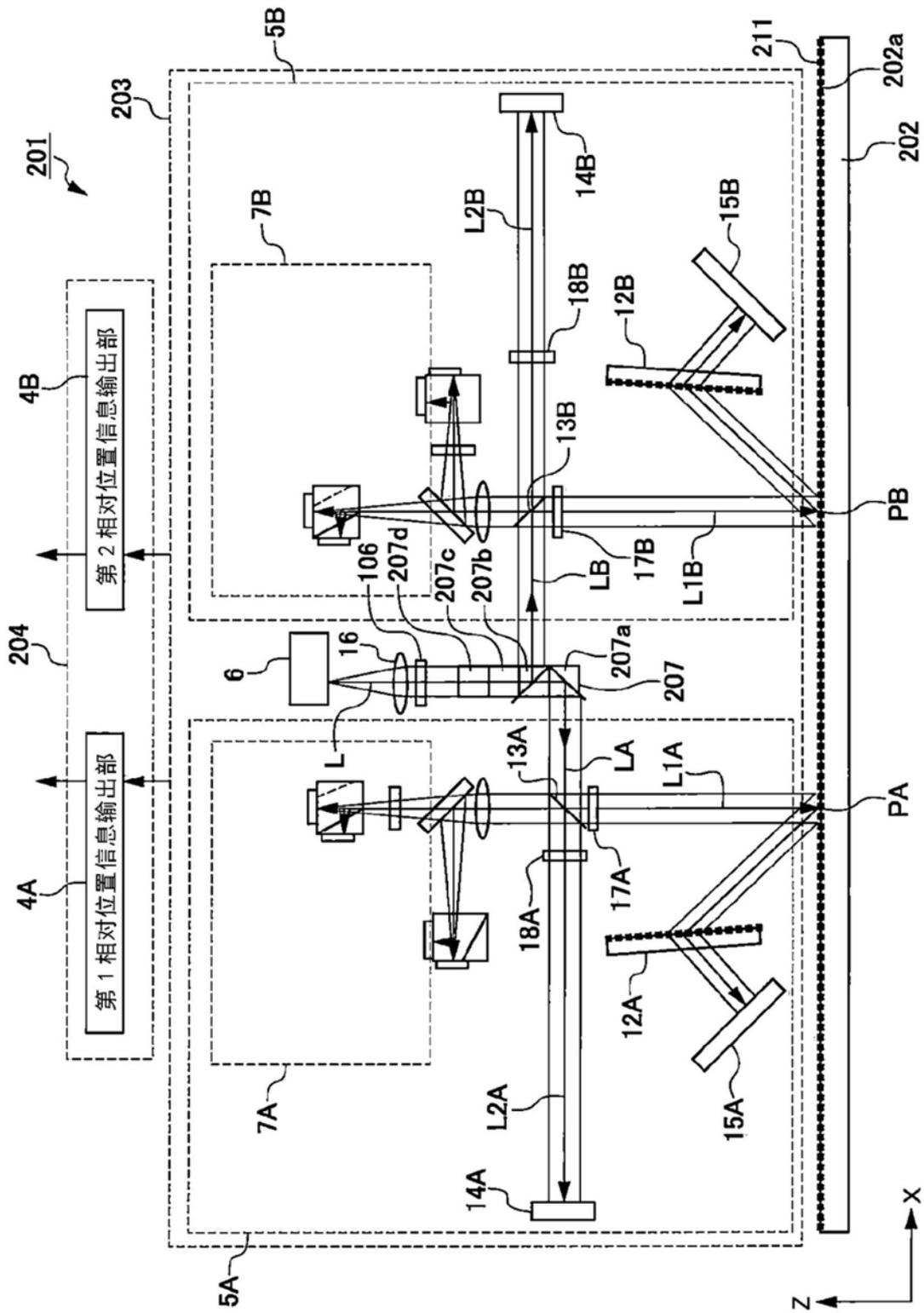


图9

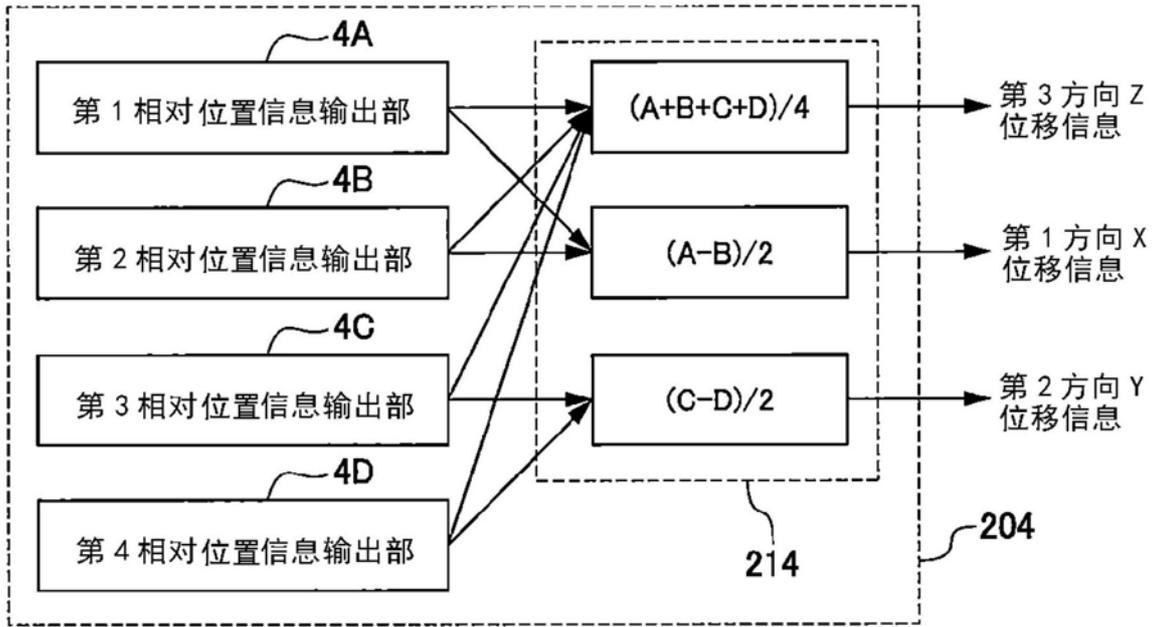


图11

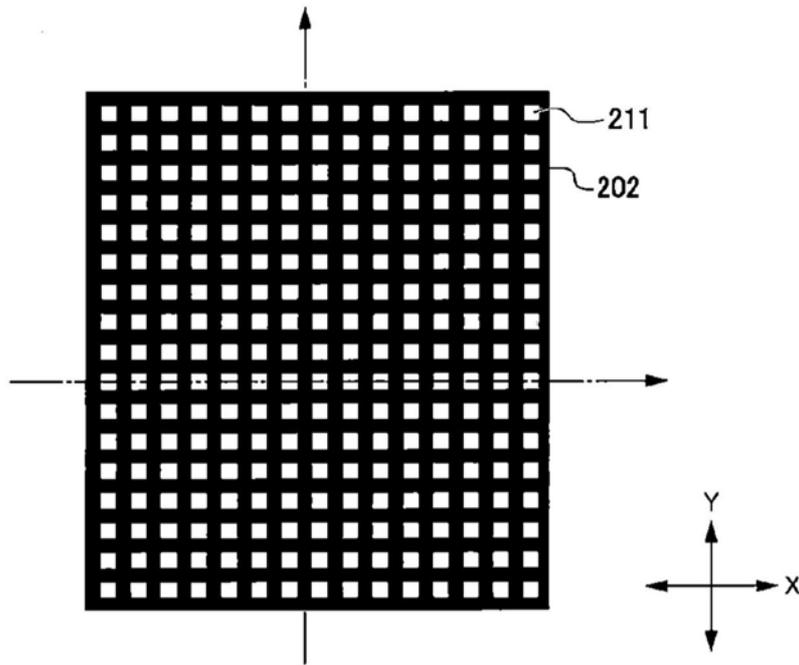


图12A

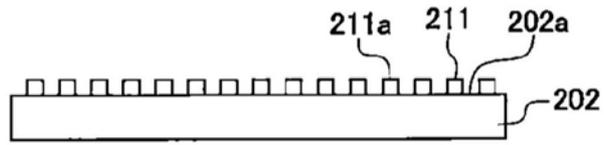


图12B

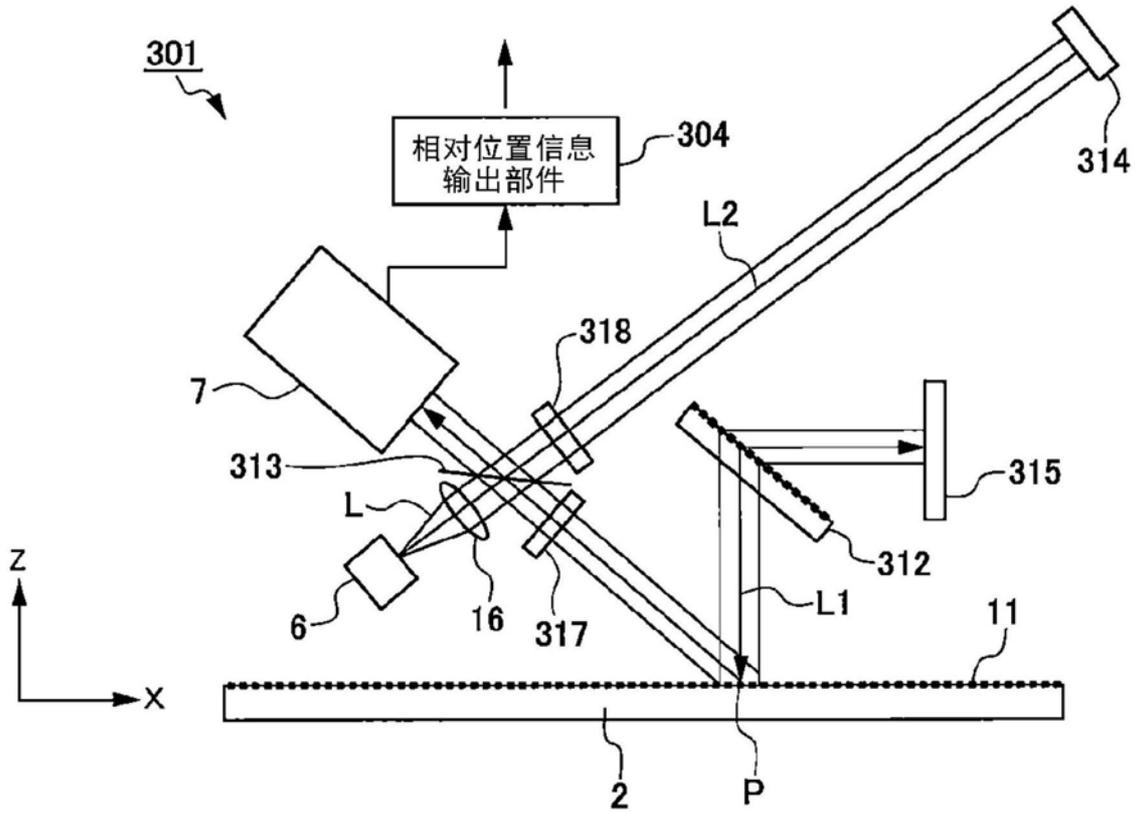


图13

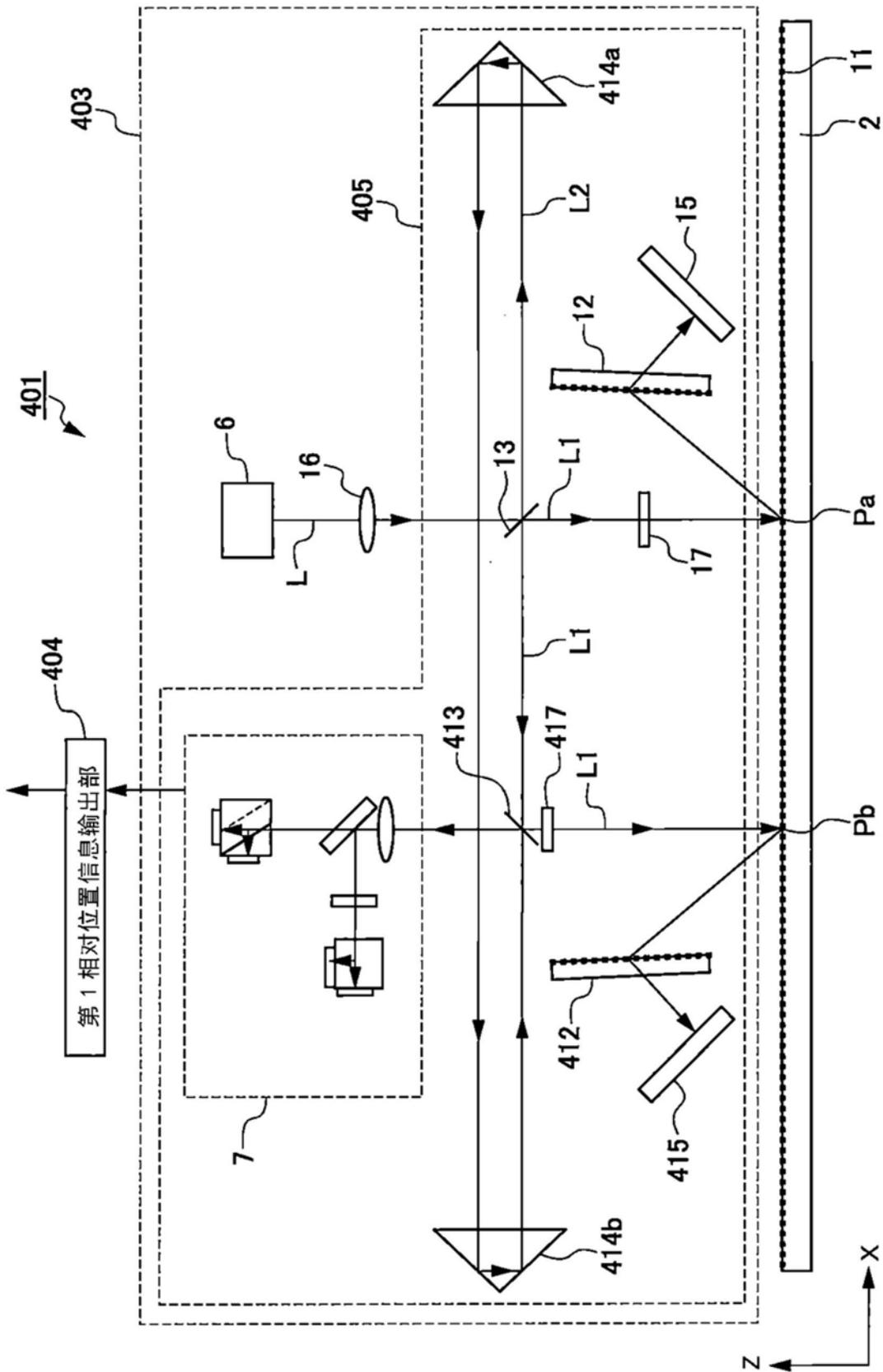


图15

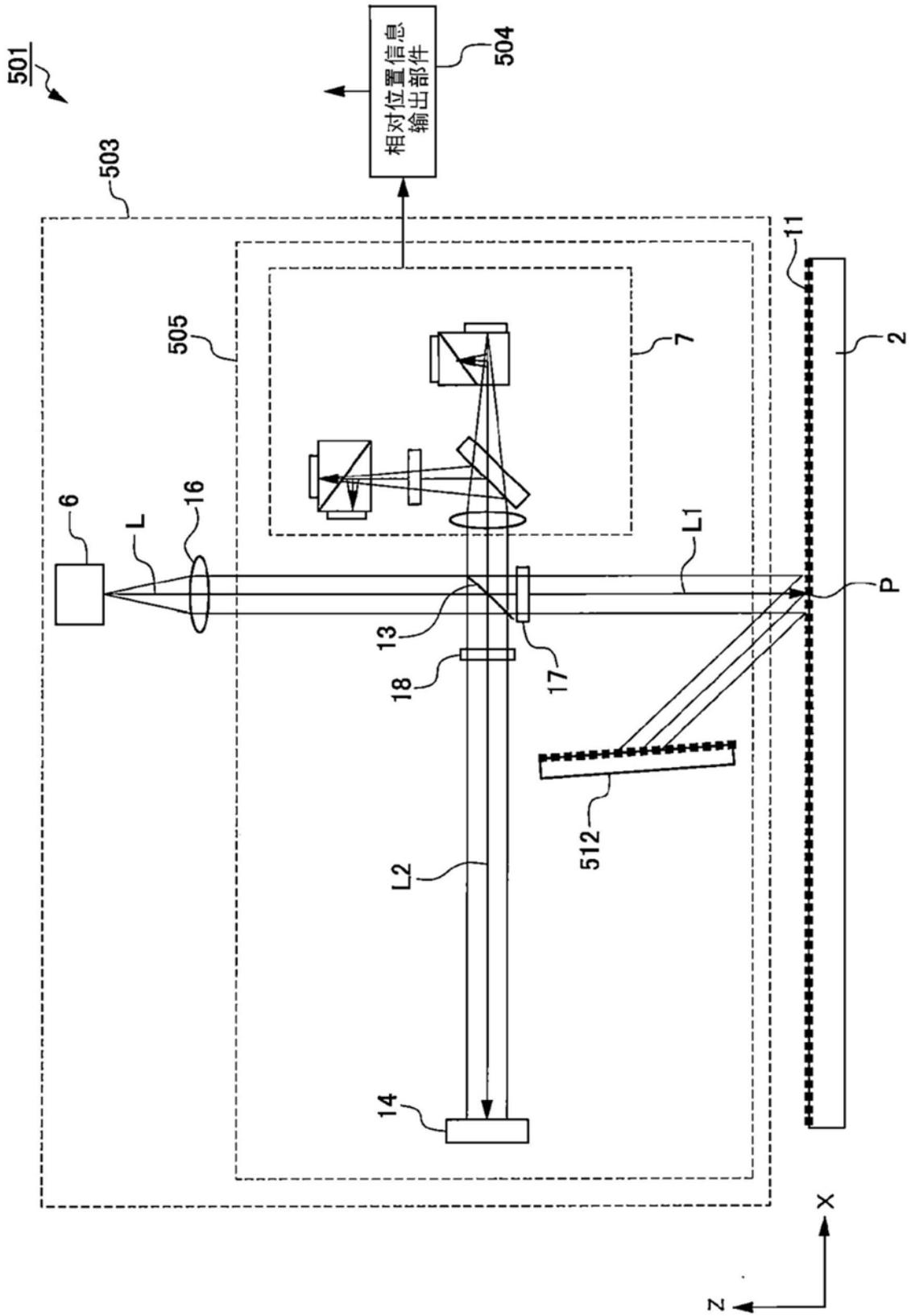


图16

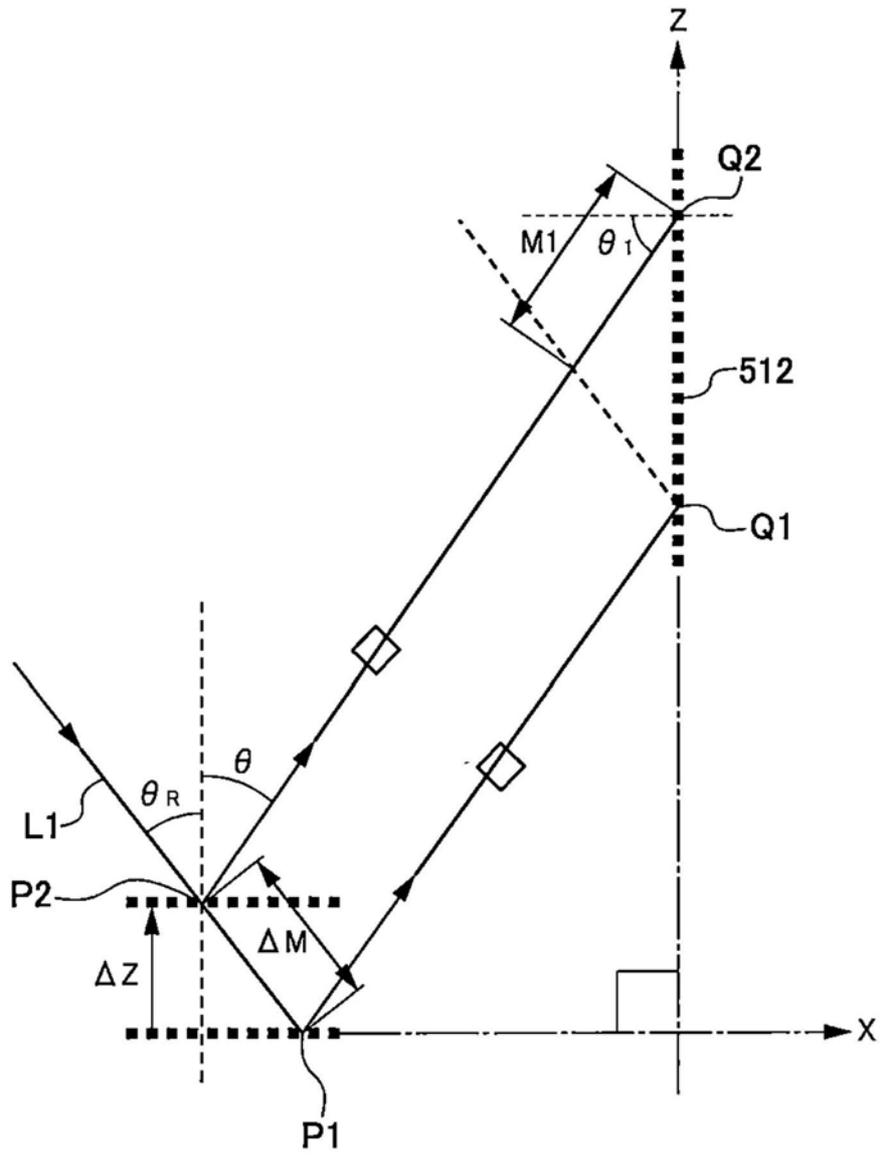


图17

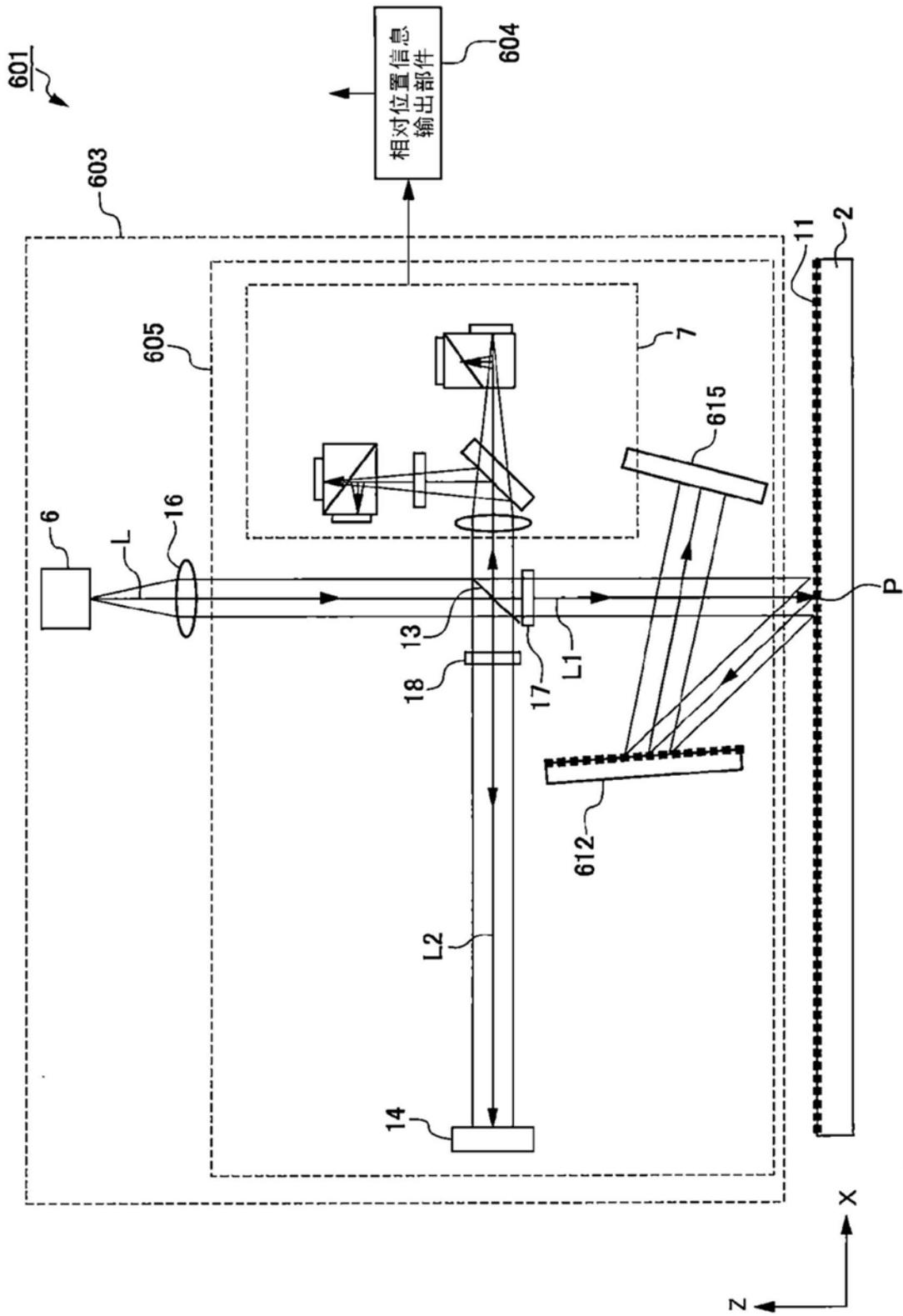


图18

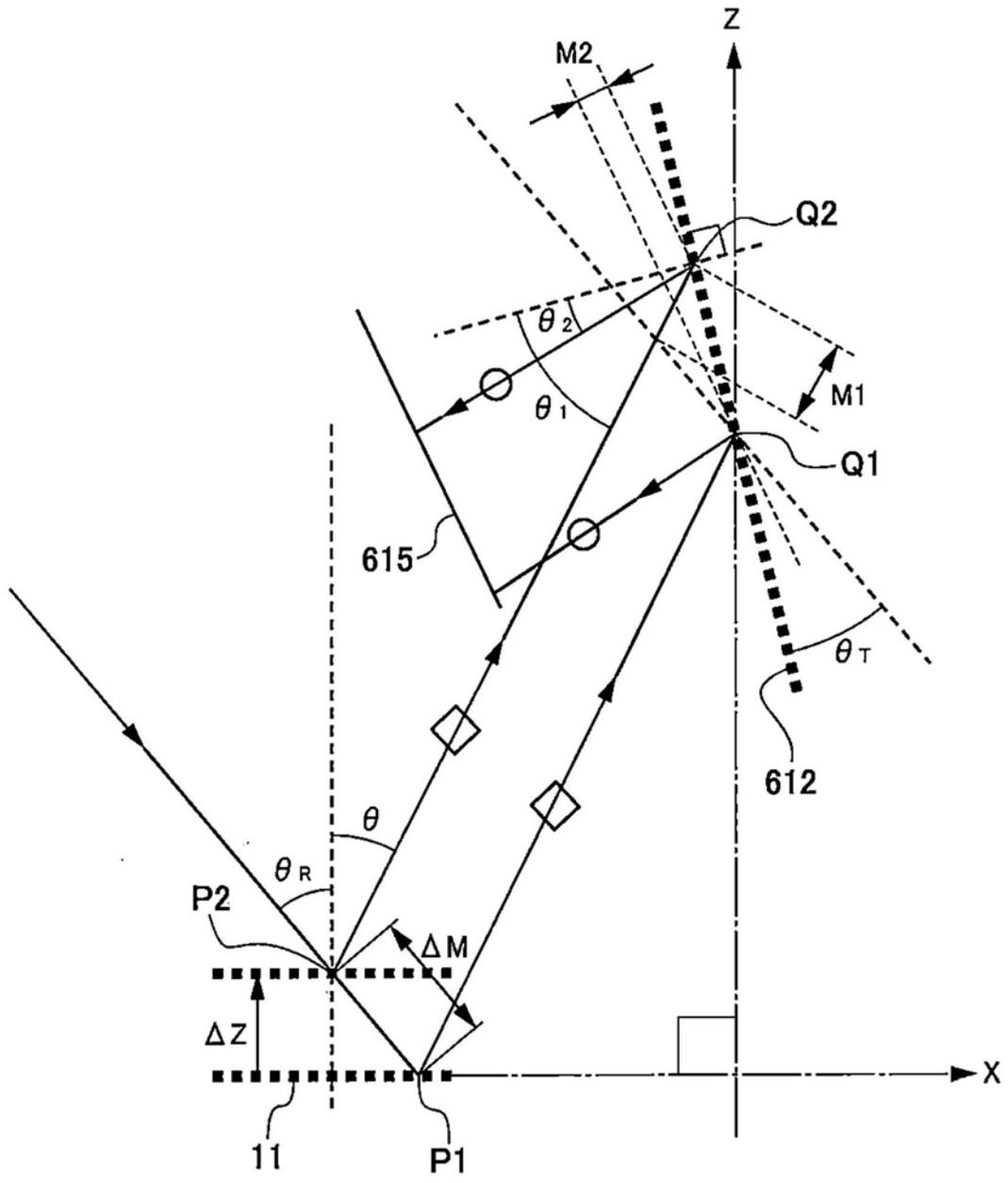


图19