



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101769717 B

(45) 授权公告日 2014.04.30

(21) 申请号 200910138110.3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2009.04.30

JP 11064719 A, 1999.03.05, 全文.

(30) 优先权数据

CN 101339002 A, 2009.01.07, 全文.

12/345,566 2008.12.29 US

王成程等. 新型衍射光学聚光透镜元件设计. 《中国工程物理研究院科技年报(2005)》. 2005, 第 178-179.

(73) 专利权人 株式会社三丰

审查员 陆颖莹

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 埃里克·H·阿尔滕多夫
斯科特·哈西拉 马修·D·沃森(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 王冉

(51) Int. Cl.

G01B 11/00 (2006.01)

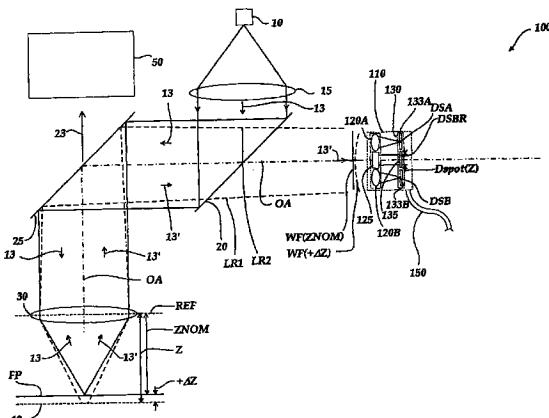
权利要求书2页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

扩大范围的聚焦检测仪器

(57) 摘要

本发明提供了一种扩大范围的聚焦传感器。所述聚焦传感器包括中继透镜组件以将物镜和所述中继透镜装置之间的平面成像到邻近所述聚焦传感器的聚焦检测装置的入射光孔的平面。在一些实施例中，所述物镜光孔被成像在所述聚焦检测器入射光孔上。在一些实施例中，照明光束通过所述中继透镜装置并在其通道上被放大以便由所述物镜输出，并且所述反射聚焦检测光束回穿过所述物镜和所述中继透镜装置，并在被输入到所述聚焦检测装置之前被减小。在一些实施例中，所述聚焦检测装置可以包含与高分辨率的 Shack-Hartmann 聚焦检测器结合的较宽范围的聚焦检测器，以及在其他的实施例中使用了单个延伸范围的 Shack-Hartmann 聚焦检测器。



1. 一种用于提供聚焦检测信号的聚焦传感器 (100, 500, 700), 其中所述聚焦检测信号取决于沿着近似平行于物镜 (30, 30') 的光轴 (OA) 的方向在聚焦检测范围内的工件表面 (40) 的位置, 所述聚焦传感器包括:

光源 (10, 10', 10'') ;

准直透镜 (15, 15', 15''), 该准直透镜被配置成输入来自所述光源的辐射并输出具有固定准直度的照明光束 (13) ;

物镜 (30, 30') , 该物镜被配置成以输入所述照明光束并沿着所述聚焦传感器的光轴 (OA) 将所述照明光束聚焦在标称焦平面 (FP) 以及接收和透射从沿着所述光轴定位的工件表面 (40) 反射的反射光束 (13') ;

聚焦检测装置 (525, 725, 725') , 该聚焦检测装置被沿着所述光轴定位以接收来自所述物镜透射的反射光束的光;

第一光束分离表面 (20, 20', 20'') , 该第一光束分离表面沿着照明光束定位在所述物镜和所述准直透镜之间, 且沿着反射光束定位在所述物镜和所述聚焦检测装置之间; 以及

中继透镜装置 (525, 725, 725') , 该中继透镜装置沿着光轴位于所述物镜和所述聚焦检测装置之间, 所述中继透镜装置被配置成输入由所述物镜透射的反射光束并输出要由聚焦检测装置输入的反射光束,

其中:

所述中继透镜装置被配置成将沿着光轴位于所述中继透镜装置和所述物镜之间的第一平面成像到位于聚焦检测装置的聚焦检测器入射光孔 (E') 附近的成像平面;

所述聚焦检测装置包含根据 Shack-Hartmann 聚焦检测原理配置的部件; 以及

所述聚焦检测器被配置成以使被输入到所述聚焦检测装置的反射光束的光线在所述第一平面处成像之前不彼此交叉。

2. 如权利要求 1 的聚焦传感器, 其中所述第一光束分离表面沿着光轴被定位在所述中继透镜装置和所述聚焦检测装置之间, 并且被布置成以使它偏转由所述准直透镜输出的照明光束, 使之穿过所述中继透镜装置。

3. 如权利要求 2 的聚焦传感器, 其中所述中继透镜装置被配置成以在 1.5 到 3.0 范围内的放大因子将所述照明光束放大。

4. 如权利要求 1 的聚焦传感器, 其中所述中继透镜装置的前主要平面和物镜光孔 (E) 之间的尺寸是 dER1, 所述中继透镜装置的后主要平面和聚焦检测器入射光孔之间的尺寸是 dR2E', 所述中继透镜装置的前焦距是 fR1, 所述中继透镜装置的后焦距是 fR2, 所述物镜的焦距是 fOBJ, 以及所述聚焦传感器被配置成以使 $(dER1 - fR1) < (K * fOBJ)$, 在此 K 小于 3.0。

5. 如权利要求 4 的聚焦传感器, 其中所述聚焦传感器被配置成以使所述成像平面位于距离所述焦距检测器入射光孔的 $+/-0.5 * dR2E'$ 的范围内。

6. 如权利要求 5 的聚焦传感器, 其中所述第一平面近似与所述物镜光孔的位置重合, 并且所述成像平面近似与所述聚焦检测器入射光孔的位置重合。

7. 如权利要求 6 的聚焦传感器, 其中 fR1 在标称上等于 dER1。

8. 如权利要求 1 的聚焦传感器, 其中所述聚焦检测装置是双距离聚焦检测装置 (110,

210),其包含 :

较宽范围的聚焦检测器结构,该较宽范围的聚焦检测器结构是根据不同于Shack-Hartmann 聚焦检测原理的第一聚焦检测原理被构成的,并被配置成以提供在所述聚焦传感器的第一聚焦检测范围内单调变化的至少一个较宽范围聚焦检测器信号,所述较宽范围的聚焦检测器结构包括位于所述光轴附近的较宽范围的子孔径(225,625),以及较宽范围的光电探测器(635,635),该较宽范围的光电探测器(635,635)被布置成以接收来自所述较宽范围的子孔径的透射光并输出至少一个较宽范围的聚焦检测器信号;以及

高分辨率的聚焦检测器结构,该高分辨率的聚焦检测器结构根据Shack-Hartmann 聚焦检测原理得以配置,并被配置成以在小于并位于所述第一聚焦检测范围内的第二聚焦检测范围上提供至少一个高分辨率的聚焦检测信号,所述高分辨率的聚焦检测器结构包括位于邻近所述较宽范围的子孔径并远离所述光轴的至少一个相应的高分辨率的子孔径(220A,220B,620A-F),以及相应的高分辨率光电探测器(233A,233B,633A-F),该高分辨率光电探测器(233A,233B,633A-F)被布置成以接收来自所述相应的高分辨率的子孔径的透射光并输出高分辨率的聚焦检测器信号。

9. 如权利要求 1 的聚焦传感器,其中所述聚焦检测装置是单个范围的Shack-Hartmann 聚焦检测装置。

10. 如权利要求 9 的聚焦传感器,其中所述单个范围的Shack-Hartmann 聚焦检测装置包含 :

光束分离元件(790),该光束分离元件被布置成接收由所述聚焦检测装置输入的反射光束,以使所述反射光束被分成第一和第二拆分部分(13A',13B') ;

第一和第二组的部件(710' PartA,710' PartB),每组的部件包含第一偏转透镜(720A,720B)、偏转加强透镜(721A,721B)以及光电探测器(733A,733B),其中所述第一偏转透镜被布置成以接收所述拆分部分的相应的一个并取决于其波前曲率偏转该拆分部分,以及沿着光路聚焦被偏转的拆分部分并穿过所述偏转加强透镜以便大致聚焦在所述光电探测器处。

11. 如权利要求 10 的聚焦传感器,其中所述偏转加强透镜距离所述第一偏转透镜比它距离所述光电探测器至少远两倍。

12. 如权利要求 10 的聚焦传感器,其中所述光束分离元件是 90 度的分光束棱镜,该分光束棱镜沿着相对方向反射第一和第二光束部分。

13. 如权利要求 1 的聚焦传感器,其中所述中继透镜装置包含第一中继透镜,该第一中继透镜被布置成以输入所述反射光束并将它透射到第二中继透镜,该第二中继透镜被布置成以输出要由所述聚焦检测装置输入的反射光束。

14. 如权利要求 1 的聚焦传感器,其中所述聚焦传感器被集成到精确机器视觉检查系统,并且所述物镜包含所述精确机器视觉检查系统的物镜。

15. 如权利要求 14 的聚焦传感器,其中所述聚焦传感器还包含第二光束分离表面(25,25',25") ,该第二光束分离表面沿着被定位在所述第一中继透镜装置和所述物镜之间,并另外沿着成像路径被定位在所述物镜和所述精确机器视觉检查系统的照相机(50)之间。

扩大范围的聚焦检测仪器

技术领域

[0001] 本申请一般涉及机器视觉检查系统,更具体地说,涉及一种可用作机器视觉检查系统的一部分的扩大范围的非接触表面高度和聚焦传感器。

背景技术

[0002] 精确机器视觉检查系统(或简化为“视觉系统”)可以用来获得精确的受检物体的尺寸测量以及检查各种其他物体的特征。该系统可以包括计算机、照相机和显微镜型的光学系统、以及精确镜台,该精确镜台在多个方向是可以移动以便允许照相机扫描在受检的工件的特征。一个示例性的现有技术的可商用系统是从位于伊利诺斯州,奥罗拉的 Mitutoyo America Corporation (MAC) 可以获得的基于计算机的 QUICK VISION® 系列的视觉系统和 QVPAK® 软件。QUICK VISION® 系列的视觉系统和 QVPAK® 软件的特征和操作通常在例如在 2003 年 1 月出版的 QVPAK 3DCNC 视觉测量机器用户手册中得以描述,其特此以引用的方式被全部并入。这些系统已知包括各种类型的聚焦测量,用于控制自动聚焦和 / 或表面高度的测量。一个已知类型的聚焦测量是基于分析获得图像的对比度。对于给定视角,最高的对比度图像 (contrast image) 一般对应于所述最佳的聚焦图像。表面高度的测量可以从最佳的聚焦图像位置得以推断,这是因为对应于任何图像的图像物体距离通常已知处于精确机器视觉检查系统中。

[0003] 另一种类型的聚焦和 / 或测量是基于使用辅助的聚焦传感器,其是一种不依靠机器视觉检查系统的图像的聚焦传感器用于确定所述最佳聚集位置或表面高度。各种已知类型的辅助聚焦传感器已被使用,包括三角测量传感器、刀口聚焦传感器、彩色共焦传感器等。然而,这些已知的辅助传感器已经表现处了一些不足,例如当跟踪表面高度中的崎岖台阶时,范围不足对分辨率、和 / 或不适当的稳健性。

[0004] 用于测量从物镜到工件表面的距离改变的一个类型的传感器被描述于授予 Röss 等人的美国专利第 4,336,997 号,其由此整个以引用的方式被并入。' 997 专利公开了一种结构,其中物镜可以聚焦于测量物体上,聚焦检测器(例如,位于光电转换器的前部的最常见的孔径光阑,在检测器聚焦面处)可以指示测量物体从最佳焦点的偏移。然而,' 997 专利没有公开一种具有非常规的范围对分辨率的聚焦检测器。

[0005] 为了获得表面形状的高分辨率测量,一种 Shack-Hartmann 类型的波前传感技术已被应用。在此整个以引用方式被并入的授予 Neal 等人的美国专利第 6184,974 号公开了非常平整的表面例如硅片的表面等的微小偏差可以通过从所述表面反射适当的照明并将其定向到包括多个子孔径的 Shack-Hartmann 波前传感器得以测量。然而,所述多个子孔径自动检测相对的表面轮廓,它们不会检测到表面的整个范围(距离),所述' 974 专利没有公开具有非传统范围对分辨率的检测器装置。

[0006] 在此整个以引用方式被并入的授予 Ulich 等人的美国专利第 4,950,878 号公开了一种自适应光学波前控制系统,该系统包括被称为粗 / 精梯度的传感器的 Shack-Hartmann 类型的波前传感技术,其包含具有不同焦距和不同范围和灵敏度的两个 Shack-Hartmann

类型的传感器。' 878 专利的结构提供了一种非传统范围对分辨率。然而，尽管' 878 专利的结构适合于自适应光学控制，但是它不能充分地适合于上述类型的精确机器视觉检查系统的结构设计限制和范围条件。

[0007] 克服了前述和其他确定的聚焦和 / 或范围的传感器会是所希望的。

发明内容

[0008] 该概述被提供以简化型式介绍概念的选择，这些概念在下面更进一步详细描述。该概述不是为了确定要求权利要求的主题的主要特征，也不是为了用于辅助确定要求权利要求的主题的范围。

[0009] 本发明致力于一种聚焦和范围检测仪和方法，其具有延长的范围对分辨率，并具有一种特别使用于通用的极小机器视觉检查系统的结构用于执行精确尺寸测量。所述聚焦和范围检测仪还可被简单地称为聚焦传感器，所述聚焦传感器提供聚焦检测和 / 或范围信号，这取决于沿着近似平行于物镜的光轴的方向的传感范围内的工件表面的位置。

[0010] 根据本发明的一个实施例，所述聚焦传感器包含新式的双距离聚焦检测器装置。所述聚焦传感器还包括光源、准直透镜、物镜以及光束分离表面。在操作中，所述准直透镜被配置成以输入来自所述光源的照明光，并且输出具有固定准直度或接近准直的照明光束。所述物镜被布置成输入该照明光束并沿着所述聚焦传感器的光轴将所述照明光束聚焦在标称聚焦面以及接收和透射从沿着所述光轴放置的工件反射的反射光束。所述光束分离表面沿着照明光束被定位在所述物镜和所述准直透镜之间，并沿着反射光束定位在所述物镜和所述双距离的聚焦传感器之间。所述双距离聚焦传感器装置被定位成沿着所述光轴以接收由所述物镜和所述光束分离表面透射的反射光束的光。

[0011] 如在此所使用的，所述光轴一般指的是聚焦传感器及其双距离聚焦检测器装置的光路的中心线，如下进一步描述。除非文中指出，它不是用于狭义（例如，仅为透镜元件等的轴）。所述光路的中心线一般可以与物镜的光轴和所述双距离聚焦检测装置的中心轴重合。所述光路可以是弯曲的或偏斜的，其光轴也同样如此。

[0012] 根据本发明的另一实施例，新式的双距离聚焦检测装置包括根据第一聚焦检测原理配置的较宽范围的聚焦检测装置、以及根据不同于所述第一聚焦检测原理的第二聚焦检测原理配置的高分辨率的聚焦检测器装置。所述较宽范围的聚焦检测器可以包括位于邻近所述光轴的较宽范围的聚焦检测器子孔径，以及从子孔径接收光的光电探测器。在各个实施例中，所述光轴穿过所述较宽范围的聚焦检测器子孔径。所述较宽范围的聚焦检测器被配置成以提供在所述聚焦传感器的第一聚焦检测范围内单调变化的较宽范围聚焦和 / 或范围信号。所述高分辨率的聚焦检测器包含一种 Shack-Hartmann 结构，该结构包括位于邻近所述较宽范围聚焦检测子孔径以及位于远离所述光轴的至少一个子孔径透镜，以及从这些透镜接收光的光电探测器。所述高分辨率的聚焦检测器被配置成以在小于所述第一聚焦检测范围并位于该第一聚焦检测范围内的第二聚焦检测范围上提供高分辨率的聚焦和 / 或范围信号。

[0013] 根据本发明的另一实施例，所述高分辨率的聚焦检测器包含至少第一和第二子孔径透镜以及对应的光电探测器，所有这些都被配置成提供至少两个波前检测器，该波前检测器可提供各自的信号，其中所述至少两个各自信号之间的关系表示在高分辨率聚焦检测

器处的反射光束的波前曲率。

[0014] 根据本发明的另一实施例，所述较宽范围的聚焦检测器包含焦距变化透镜，该透镜接收穿过所述较宽范围聚焦检测器子孔径的光并将该光透射到所述光电探测器元件。在各个实施例中，所述焦距变化透镜被配置成将反射光束聚焦在所述光电探测器元件的检测面之外的焦点处，所有反射光束对应于所述第一焦距检测范围。在其他的实施例中，焦距变化透镜被配置成对于所有反射光束，将所述反射光束聚焦在所述光电探测器元件的检测面和所述焦距变化透镜之间的焦点处，所有反射光束对应于所述第一焦距检测范围。在一个实施例中，所述焦距变化透镜可以重合于和 / 或提供所述较宽范围的聚焦检测子孔径。

[0015] 在此所描述的双距离聚焦检测装置包括以前已知的和特别有利的特征的结合。例如，邻近所述光轴的波前区域被有利地用于与 Shack-Hartmann 结构是不同类型的较宽范围聚焦检测器结构，虽然所述 Shack-Hartmann 结构可以用于所述高分辨率部分。这是有利的，因为沿着所述光轴的 Shack-Hartmann 子孔径对波前曲率相对不敏感，并且各种较宽范围的聚焦检测器结构可以通过沿着所述光轴具有它们的输入子孔径而具有更简单的结构或更可靠的操作。相反地，远离所述光轴的 Shack-Hartmann 子孔径对波前曲率敏感，这是高分辨率的聚焦检测结构所希望的。而且，在公开的这些特征的结合中，所述较宽范围和高分辨率聚焦检测结构的子孔径可以采样相同的波前，而不需要光束分离表面等。另外，在根据本发明的一些实施例中，单个的检测阵列可以提供与每个子孔径有关的所有测量信号。

[0016] 在本发明的各个实施例中，所述聚焦传感器包括中继透镜装置，该中继透镜装置沿着光轴布置在所述物镜和所述聚焦检测装置之间，以输入由所述物镜透射的反射光束并输出要被所述聚焦检测装置输入的反射光束。在一些实施例中，所述中继透镜装置可以位于光束分离表面和所述双距离范围的聚焦检测装置之间。在其他的实施例中，所述中继透镜装置可以位于所述光束分离表面和所述物镜之间以使所述照明光束穿过它，以及所述反射光束穿过它。在各个实施例中，所述中继透镜装置可以被配置成以扩大所述照明光束并减小所述发射光束。在使用中继透镜装置的各个实施例中，所述聚焦检测装置可以是双距离聚焦检测装置或单距离的 Shack-Hartmann 聚焦检测装置。在任一情况下，所述中继透镜装置可以延伸所述聚焦传感器的聚焦检测范围。

[0017] 在各个实施例中，所述中继透镜装置被配置成以使沿着光轴定位在所述中继透镜装置和所述物镜之间的第一平面成像在位于邻近所述聚焦检测装置的聚焦检测入射光孔的成像平面。在一些实施例中，所述中继透镜装置可以将邻近所述聚焦传感器的物镜光孔的平面成像到沿着所述光轴邻近聚焦检测入射光孔的位置，其中所述物镜光孔定位成沿着光轴邻近所述物镜。

[0018] 在一些实施例中，所述聚焦传感器被集成到精确机器视觉检查系统中，并且所述物镜包含所述精确机器视觉检查系统的物镜。

附图说明

[0019] 当结合附图参照以下详细描述更好地理解时，将更容易认识到本发明的前述方面和许多伴随优点，其中：

[0020] 图 1 是根据本发明的聚焦传感器的第一实施例的示意图，其中使用了双距离聚焦检测装置；

- [0021] 图 2A、2B 和 2C 是通过双距离聚焦检测装置的第一实施例检测的波前曲率的三种情况的示意图；
- [0022] 图 3A 和 3B 图示双距离聚焦检测装置中的要避免的潜在问题；
- [0023] 图 4A 和 4B 图示说明示于图 3A 和 3B 中的潜在问题的双距离聚焦检测装置的第二实施例；
- [0024] 图 5 是根据本发明的聚焦传感器的第二实施例的示意图，其中使用了与双距离聚焦检测装置结合的中继透镜装置的第一实施例；
- [0025] 图 6 是图示与用于双距离聚焦检测装置的各个实施例的光电探测器元件有关的各个特征的示意图；
- [0026] 图 7 是聚焦传感器的第三实施例的示意图，其中使用了与各个聚焦检测装置结合的中继透镜装置的第二实施例；
- [0027] 图 8 是聚焦传感器的第四实施例的示意图，其中使用了与单个距离的 Shack-Hartmann 聚焦检测装置结合的中继透镜装置；
- [0028] 图 9 是图示图 8 的聚焦传感器的另外部件的示意图。

具体实施方式

[0029] 图 1 是聚焦传感器 100 的第一实施例的示意图，其表示了双距离聚焦检测装置 110 的一般实施例。聚焦传感器 100 包括光源 10、准直透镜 15、第一光束分离表面 20、物镜 30 以及双距离聚焦检测装置 110。而且图 1 还表示了第二光束分离表面 25、照相机 50、标称聚焦平面 FP 以及工件表面 40。第二光束分离表面 25 和照相机 50 不是聚焦传感器 100 的需要的元件。而且，在图 1 所示的结构中，聚焦传感器 100 集成有包括照相机 50 的机器视觉检查系统，所述第二光束分离表面 25 便于集成。特别地，物镜 30 可以由所述机器视觉检查系统提供，并且可以经由穿过所述第二光束分离表面 25 透射到照相机 50 的成像光 23 提供工件检查像。物镜 30 还可以起到聚焦传感器 100 的元件的作用，将要沿着聚焦检测器 100 的光轴 OA 从第二光束分离表面 25 反射的发射光束 13' 向所述双距离聚焦检测装置 110 透射，下面会更详细地描述。在一些实施例中，成像光 23 可以是对聚焦传感器 100 是不可见的，并且来自所述光源 10 的光可以对照相机 50 是不可见的。在其他的实施例中，成像光 23 和来自光源 10 的光可以分别提供在与照相机 50 和聚焦传感器 100 的操作同步的不同时间。基于以下公开内容将认识到聚焦传感器 100 还可以独立操作，在此情况下所述装置可以被修改以省去第二光束分离表面 25 和照相机 50。

[0030] 关于聚焦传感器 100 的操作，来自光源 10 的辐射被输入到准直透镜 15，该准直透镜 15 输出具有固定准直度或近似准直度的照明光束 13。照明光束 13 然后被输入到第一光束分离表面 20，其将它（和偏转）输出以便被输入到第二光束分离表面 25，该第二光束分离表面 25 将它（和偏转）输出到物镜 30。物镜 30 输入照明光束 13 并沿着所述光轴 OA 将它聚焦在标称聚焦平面 FP。标称聚焦平面 FP 位于和相对于物镜 30 固定的参考表面 REF 的距离为 ZNOM。

[0031] 工件表面 40 沿着光轴 OA 位于检测的距离处： $Z = ZNOM + \Delta Z$ ，如图 1 所示。工件表面 40 反射聚焦的照明光束 13 以提供发射光束 13'。物镜 30 输入并透射发射光束 13'。透射的发射光束 13' 然后被输入到第二光束分离表面 25，其将它（使其偏转）输出以通过

第一光束分离表面 20 被输入, 其沿着光轴 OA 将其输出, 在此其被输入到双距离聚焦检测装置 110。

[0032] 两个波前 WF(ZNOM) 和 WF(+ΔZ), 它们是双距离聚焦检测装置 110 的潜在输入, 如图 1 所示。弯曲波前 WF(+ΔZ) 对应于反射光束 13', 该反射光束 13' 对应于极限光线 LR1 和 LR2, 并由与标称聚焦平面 FP(例如, 对应于工件表面 40, 如图 1 所示) 的距离为 +ΔZ 的工件表面产生。极限光线 LR1 和 LR2 将在下面参照图 5 予以进一步描述。平直的波前 WF(ZNOM) 对应于发射光束 13' 由位于标称聚焦平面 FP 处的工件表面(未示出)产生的情况。在各个实施例中, 双距离聚焦检测装置 110 产生聚焦和 / 或范围信号, 它们取决于发射光束 13' 的标称波前曲率, 如下更详细地描述。

[0033] 在各个实施例中, 双距离聚焦检测装置 110 包括两个部分: 在第一、较宽聚焦范围内操作的较宽范围的聚焦检测结构, 以及在所述第一聚焦检测范围内的在第二、较小聚焦检测范围内操作的高分辨率的聚焦检测结构。一般地, 所述较宽范围聚焦检测结构提供了可行的低分辨率的信号, 甚至对于在其较宽检测范围的极限处的严重散焦的工件表面大曲率的波前。对于与邻近所述聚焦平面 FP 的工件表面对应的较低曲率的波前, 高分辨率的聚焦检测结构将返回可行的高分辨率的信号。如图 1 所示, 所述较宽范围聚焦检测结构可以包含子孔径元件 125 以及从子孔径元件 125 接收光的光电探测器 135。接收的光可以在光电探测器 135 上形成具有尺寸 Dspot(Z) 的点 DSBR, 如下更详细地解释。在各个实施例中, 所述较宽范围聚焦检测子孔径元件 125 被布置成以使光轴 OA 穿过它。所述较宽范围聚焦检测器被配置成以提供在其聚焦检测范围内单调变化的较宽范围聚焦和 / 或范围信号。高分辨率的聚焦检测结构包含 Shack-Hartmann 结构, 在图 1 所示的实施例中, 其包括子孔径透镜 120A 和 120B, 其远离所述光轴 OA; 以及光电探测器 133A 和 133B, 它们接收分别来自点 DSA 和 DSB 处的透镜 120A 和 120B 的光。可选择地, 在一些实施例中, 每个光电探测器 135、133A 和 133B 可以由部分光电探测器阵列 130 提供, 如参照图 6 的更详细地描述。在任何情况下, 光电探测器 135、133A 和 133B 可以接收能量并经由能量和信号连接件 150 将信号输出到信号处理和控制电路, (未示出)。

[0034] 图 2A、2B 和 2C 是由双距离聚焦检测装置 210 的第一示例性实施例检测的波前曲率的三种情况的示意图, 其可用于替换图 1 的一般双距离聚焦检测装置 110。检测装置 210 的部件和操作类似于图 1 的检测装置 110 的那些以及, 在各个实施中, 图 2 中以 2XX 标号的部件可以是与图 1 中相似标号为 1XX 的部件是相似或相同的(例如, 部件 220A 和 120A 可以是相似或相同的), 除非以下另外描述。

[0035] 在图 2A-2C 的每个中, 相同的双距离聚焦检测装置 210 包括含有子孔径元件 225 和光电探测器 235 的较宽范围聚焦检测结构、包含子孔径透镜 220A 和 220B 以及光电探测器 233A 和 233B 的高分辨率聚焦探测结构、以及能量和信号连接件 250。在一个实施例中, 高分辨率的光电探测器 233A 和 233B 可以包含布置成以检测点 DSA 和 DSB 的位置的侧向效果(lateral effect)的光电二极管。可选择地, 在一些实施例中, 每个光电探测器 235、233A 和 233B 可以通过光电探测器阵列 230 的部分得以提供, 如参照图 6 更详细地描述。在一个实施中, 光电探测器 230 可以包含光电探测器阵列, 例如照相机芯片等。

[0036] 关于较宽范围的聚焦检测器结构的操作, 一部分的反射光束 13' 的波前穿过子孔径元件 225 将在较宽范围的光电探测器 235 上形成点 DSBR, 其将具有尺寸 Dspot(Z), 这取

决于穿过子孔径元件 225 的光的最终的收敛或发散度和波前曲率。所述波前曲率取决于可变距离 Z (示于图 1)，因此尺寸 Dspot(Z) 是可变距离 Z 的函数，并表示该可变距离 Z。在图 2A-2C 所示的实施例中，所述较宽范围子孔径元件 225 包含简单的孔径 (例如，由类似于以下参照图 6 描述的孔径盖提供的)。尺寸 Dspot(Z) 是基于从较宽范围光电探测器 235 获得信号得以确定的。

[0037] 关于高分辨率的聚焦检测器结构的操作，反射光束 13' 的波前的另一部分是通过子孔径透镜 220A 和 220B 得以聚焦的以分别在高分辨率的光电探测器 233A 和 233B 处形成检测点 DSA 和 DSB。根据已知的 Shack-Hartmann 技术，检测点 DSA 和 DSB 的位置随着输入波前曲率变化。这些信号由高分辨率的光电探测器 233A 和 233B 提供，由此根据已知技术确定检测点 DSA 和 DSB 的位置坐标 SNA(Z) 和 SNB(Z)。在一个示例性的实施例中，高分辨率的光电探测器 233A 和 233B 包含像素阵列，检测点 DSA 和 DSB 每个都可以涵盖几个像素，并且质心的计算可以提供子像素的位置插值以确定每个检测点 DSA 和 DSB 的位置坐标。在图 2 所示的实施例中，位置坐标 SNA(Z) 和 SNB(Z) 是相对于参考位置 RP 得以测量的，其可以任意选择。在一个实施例中，参考位置 RP 可以根据光电探测器 233B 的边缘来指定，如所示。所述两个位置 SN2(Z) 和 SN1(Z) 之间的测量差 $\Delta SN(Z) = SN2(Z) - SN1(Z)$ 表示发射光束 13' 的波前曲率度，并可以为波前曲率以及内含的可变距离 (Z) 提供比所述较宽范围聚焦检测结构更高的测量分辨率。

[0038] 图 2A 图示所述双距离聚焦检测装置 210 输入平直波前 WF(ZNOM) 的情况，对应于位于 $Z = ZNOM$ 处 (也就是在聚焦平面 FP 处) 的工件表面。在较高分辨率的聚焦检测结构中，由于平直的波前 WF(ZNOM)，检测点 DSA 和 DSB 分别出现在光电探测器 230A 和 230B，其处于标称位置坐标 SNA(ZNOM) 和 SNB(ZNOM) 处，并对准对应的子孔径透镜 220A 和 220B 的光轴。所得到的测量差 $\Delta SN(ZNOM)$ 表示可变测量距离 Z (示于图 1) 在此情况下是 ZNOM。在所述较宽范围的聚焦检测结构中，由于平直的波前 WF(ZNOM)，光电探测器 235 上的点 DSBR 是通过标称上准直的光形成的，并具有标称点尺寸 Dspot(ZNOM)，其表示波前 WF(ZNOM) 是平直的并且距离 Z 是 ZNOM。以前的描述与在此使用的传统方法一致，其中所述标称位置坐标是 SNA(ZNOM) 和 SNB(ZNOM)，并且当所述照明聚焦高度与所述工件表面高度匹配并且所述最终波前 WF(ZNOM) 是平直时所述标称点尺寸是 Dspot(ZNOM)。在一般情况下，当所述工件表面从所述波前从所述聚焦平面 FP 偏离时，所述波前不是平的。

[0039] 图 2B 图示波前 $WF(+\Delta Z)$ 的曲率是正值的情况，(例如，类似于波前 $WF(+\Delta Z)$)，对应于示于图 1 虚线所示的光线 (light ray)，这些光线在距离 $Z = ZNOM + \Delta Z$ 处从所述工件表面 40 反射)。在高分辨率聚焦检测器结构中，由于弯曲波前 $WF(+\Delta Z)$ ，如对于 Shack-Hartmann 传感器所已知的，所述检测点 DSA 和 DSB 出现在不是它们的标称位置的位置，在此情况下分别出现在光电探测器 230A 和 230B 上的位置坐标 SNA(+\Delta Z) 和 SNB(+\Delta Z) 处，以使对应的测量差为 $\Delta SN(+\Delta Z)$ 。 $\Delta SN(+\Delta Z)$ 大于 $\Delta SN(ZNOM)$ ，并表示产生所述波前的工件表面在超过标称照明聚焦距离 FD 的距离 $+\Delta Z$ 处。在所述较宽范围聚焦检测器结构中，由于弯曲波前 $WF(+\Delta Z)$ ，光电探测器 235 上的点 DSBR 是通过标称上会聚的光形成的，并具有小于 Dspot(ZNOM) 的点尺寸 Dspot(+\Delta Z)，其表示产生所述波前的工件表面处于大于所述标称照明聚焦距离 FD 的距离 $+\Delta Z$ 处。

[0040] 图 2C 图示波前 $WF(-\Delta Z)$ 的曲率是负值的情况。在高分辨率聚焦检测器结构中，

由于弯曲波前 $WF(-\Delta Z)$, 如对于 Shack-Hartmann 传感器所已知的, 所述检测点 DSA 和 DSB 出现在不是它们的标称位置的位置, 在此情况下分别出现在光电探测器 230A 和 230B 上的位置坐标 SNA($-\Delta Z$) 和 SNB($-\Delta Z$) 处, 以使对应的测量差为 $\Delta SN(-\Delta Z)$ 。 $\Delta SN(-\Delta Z)$ 小于 $\Delta SN(Z_{NOM})$, 并表示产生所述波前的工件表面处于 $-\Delta Z$ 处比标称照明聚焦距离 FD 靠近物镜 30(示于图 1)。在所述较宽范围聚焦检测器结构中, 由于弯曲波前 $WF(-\Delta Z)$, 光电探测器 235 上的点 DSBR 是通过标称上发散的光形成的, 并具有大于 Dspot(Z_{NOM}) 的点尺寸 Dspot($-\Delta Z$), 其表示产生所述波前的工件表面处于距离 $+\Delta Z$ 处与所述标称照明聚焦距离 FD 相比更靠近物镜 30。

[0041] 在图 2A-2C 的每个中, 所述波前曲率足够小使得点 DSA 和 DSB 分别保持在高分辨率检测器 233A 和 233B 的范围内, 并且所述高分辨率聚焦检测器结构保持可操作。在此情况下, 所述较宽范围聚焦检测器结构产生多余的和 / 或过多的低分辨率距离测量。然而, 对于较大的波前曲率, 将认识到, 当点 DSA 和 DSB 从它们各自的检测器移开时, 所述高分辨率的聚焦检测器结构是不可操作的, 并且来自较宽范围聚焦检测器结构的低分辨率的信号可以提供基本的聚焦和 / 或距离信息以导引聚焦控制操作等。如图 2B 和 2C 所示, 所述点尺寸 Dspot 具有余度用于较宽范围检测器 235 上的更进一步的尺寸改变, 从而即使当点 DSA 和 DSB 处于或超过他们各自的检测器极限时产生有用的测量信号变化。然而, 对于示于图 2A-2C 的较宽范围聚焦检测器结构, 它提供的另外的测量范围会由于参照图 3A 和 3B 描述的理由是相对有限的。

[0042] 图 3A 和 3B 图示双距离聚焦检测装置中, 特别是具有较宽范围聚焦检测器结构中要避免的潜在问题。图 3A 表示具有参照图 2B 在前描述的 $WF(+\Delta Z)$ 的双距离聚焦检测装置 210。图 3B 表示具有含显著的更大量的曲率的波前 $WF(+Z_{PROB})$ 的双距离聚焦检测器装置 210。波前 $WF(+Z_{PROB})$ 的曲率致使高分辨率的聚焦检测器装置不可操作, 并且对于所述较宽范围聚焦检测结构它会是所希望的以便提供有用的信号(例如, 有意义的点尺寸 Dspot($+Z_{PROB}$))。然而, 如图 3A 和 3B 所示, 两个不同程度的波前曲率(对应于两个不同 Z - 距离, $+\Delta Z$, $+Z_{PROB}$)可以在光电探测器 235 上给出相同的点尺寸, 这取决于穿过所述较宽范围子孔径元件 225 的光线的会聚程度。特别地, 如果穿过所述较宽范围子孔径元件 225 的光线足够强地会聚以使它们在抵达所述较宽范围光电探测器 235 之前穿过、或聚焦然后发散以产生与没有穿过的光线产生的点尺寸相类似的点尺寸, 然后不确定的点尺寸, 以及对应的不确定 Z - 距离测量信号可以得以建立。换句话说, 在该不确定点尺寸和 Z - 距离测量信号之间, 所述点尺寸和 Z - 距离测量信号将不会单调改变。为了避免测量不确定性, 所述双距离聚焦检测装置 210 的聚焦检测范围必须被限制以排除非单调的测量信号, 限制其可允许的聚焦检测范围。然而, 最大可行的聚焦检测范围是所希望的。

[0043] 图 4A 和 4B 是由双距离聚焦检测装置 410 的第二示例性实施例检测到的波前曲率的两种情况的示意图, 可用来替换图 1 的双距离聚焦检测装置 110 或图 2 的双距离聚焦检测装置 210。检测装置 410 的这些部件和操作类似于检测装置 210 的那些, 在各个实施例中, 图 4 中以 4XX 标号的部件可以是与图 2 中相似标号为 2XX 的部件是相似或相同的(例如, 部件 420A 和 220A 可以是相似或相同的), 除非以下另外描述。高分辨率的聚焦检测器结构的部件、结构和操作(例如, 部件 420A、420B、430A 和 430B)可以是相同的, 并且没有被进一步地描述。

[0044] 双距离聚焦检测装置 410 解决了示于图 3A 和 3B 的潜在的极限范围问题。特别地，在图 4A 和图 4B 的每个中，在所述较宽范围聚焦检测器结构中，所述较宽范围的子孔径元件 425 包含焦距变化透镜。另外，与双距离聚焦检测装置 210 中的对应部分相比，所述较宽范围聚焦光电探测器 435 相对接近于子孔径 425。结果，如图 4A 所示，子孔径元件 25 的焦距变化透镜减小了弯曲波前 $WF(+\Delta Z)$ 的光线的会聚度，并将这些光线聚焦到适当超过所述光电探测器元件 435 的检测平面的位置。同样地，如图 4B 所示，所述子孔径元件 425 的焦距变化透镜减小了弯曲波前 $WF(+ZPROB)$ 的光线的会聚度，并且这些光线还被聚焦到超过所述光电探测器元件 435 的检测平面的位置。因此，与参照图 3A 和 3B 的上述不确定的结果相比，对于相同的波前 $WF(+\Delta Z)$ 和 $WF(+ZPROB)$ ，由所述双距离聚焦检测装置 410 产生的点尺寸和测量并非是不确定的。对于示于图 4A 和 4B 的那些之间的波前曲率，所述 Z- 距离测量信号将单调改变。因此，包括子孔径元件 425 的焦距变化透镜的双距离聚焦检测装置 410 与所述双距离聚焦检测装置 210 相比提供了更宽的聚焦检测范围。

[0045] 图 5 是根据本发明的聚焦传感器 500 的第二实施例的示意图，其使用了与双距离聚焦检测装置 110 结合的中继透镜的第一实施例。所述聚焦传感器 500 的部件和操作在许多方面类似于图 1 的聚焦传感器 100 的那些，并且在各个实施例中，图 5 的部件可以类似于或相同于图 1 中类似标号的部件。仅显著的不同得以在此描述。

[0046] 聚焦传感器 500 解决了另一潜在的极限范围的问题，并且因此延伸所述范围。特别地，如图 1 和 5 所示，在工件表面位于超过聚焦距离 FD 的情况下（例如，表面 40 位于超过所述聚焦平面 FP 距离 ΔZ 时），反射的极限光线 $LR1$ 和 $LR2$ 将会聚。对于超过聚焦平面 FP 的某一距离，对于示于图 1 的聚焦传感器 100，所述会聚将会使得在双距离聚焦检测器 110 的处可用的波前将会如此小以致它没有填充其子孔径，致使双距离聚焦检测装置 110 产生错误结果或是不可操作的。

[0047] 聚焦传感器 500 通过包括中继透镜装置 525 解决了这个潜在的极限范围问题，其中所述中继透镜装置 525 在该实施例中位于邻近双距离聚焦检测装置 110 的输入端。在各个实施例中，中继透镜装置 525 可以包括更多透镜之一的结构，该透镜被配置成以使其将沿着所述光轴位于邻近物镜 30 的物镜光孔 E 成像到双距离聚焦检测器入射光孔 E' 的位置，其中所述入射光孔 E' 沿着所述光轴位于邻近双距离聚焦检测装置 110 的输入端。在图 5 所示的特定实施例中，中继透镜装置 525 包含第一中继透镜 526，该第一中继透镜 526 被定位成以从第一光束分离表面 20 输入反射光束 $13'$ ，并且将其透射到邻近双距离聚焦检测装置 110 的至少较宽范围的检测器子孔径元件定位的第二中继透镜 527。第二中继透镜 527 然后输出近似填充双距离聚焦检测器入射光孔 E' 的反射光束 $13'$ 的波前，而不考虑到所述工件表面的距离，大致如图 5 所示。因此，与所述聚焦传感器 100 相比，包括中继透镜装置 525 的聚焦传感器 500 至少增加了较宽聚焦检测范围，并且在一些实施例中，还可以增加所述高分辨率的聚焦检测范围。将理解到，示于图 5 的中继透镜 525 的实施例仅是示例性的，而不是限制性的。

[0048] 图 6 是图示与可以用于双距离聚焦检测装置中的子孔径和光电探测器的一个示例性的实施有关的各个特征的示意图 600。特别地，示意图 600 表示示例性的子孔径装置 620，以及对应的示例性的光检测装置 630。通过与前述实施例对比，将理解到子孔径装置 620 的中心和光检测装置 630 的中心在双距离聚焦检测装置中沿着所述光轴被对准。

[0049] 子孔径装置 620 包括含有光透射子孔径部分 625A 的较宽聚焦检测装置子孔径元件 625，在各个实施例中其可以包含孔、或焦距变化透镜。在一些实施例中，光透射子孔径部分 625A 的尺寸可以通过围绕盖元件 625B 得以确定。子孔径装置 620 还可包括多个高分辨率的聚焦检测器结构的子孔径透镜 620A–620F。根据已知的 Shack–Hartmann 检测器的操作原理，图示于示意图 600 中的子孔径透镜 620A–620F 的操作可以基于以前图中的描述的实施例得以理解。

[0050] 光检测装置 630 包含较宽范围聚焦检测结构的光电探测器 635，以及多个高分辨率的聚焦检测结构的光电探测器 633A–633F。光检测装置 630 可以包含光电探测器阵列，例如可商用的或专门的成像阵列电路等。光电探测器 635 和 633A–633F 中的每个可以通过整个的光电探测器阵列部分得以提供，并且可以因此物理合并于各个实施例和 / 或在各个实施例中不能分辨。所述各个检测器可以通过说明与确定每个点尺寸和位置有关的像素得以简单的区分，其中所述点尺寸和位置根据前述原理提供了使用元件 620 和 630 的双距离聚焦检测装置中的测量信号。

[0051] 示于图 6 的元件 620 和 630 的操作一般通过与以前图中所述的实施例对比得以理解。简单地说，关于所述高分辨率的聚焦检测结构，所述高分辨率的聚焦子孔径 620A–620F 可以将输入波前到检测点 DSA–DSF 的各个部分分别聚焦在由光检测装置 630 的各部分提供的高分辨率的光电探测器 633A–633F 上。在图 6 中，光电探测器 633A–633F 上的“开放”聚焦点的位置（像素坐标）表示平直 (flat) 的输入波前 WF(ZNOM) 和对应的工件表面距离 $Z = ZNOM$ ，并且所述填充的聚焦点 DSA–DSF 的位置（像素坐标）表示弯曲的波前输入量（例如， $WF(+\Delta Z)$ ）以及对应的表面距离 $Z = ZNOM + \Delta Z$ 。相对于发现检测点 DSA–DSF 的位置（像素坐标）的各种考虑（例如，通过确定它们的质心位置）在现有技术中是已知的并且在前面引用的' 878 专利中进行了更详细地描述。

[0052] 简要地，关于所述较宽范围的聚焦检测结构，所述较宽范围的子孔径 625 可以沿着所述光轴定位以将输入波前的中心部分透射到由一部分光检测装置 630 提供的较宽范围的光电探测器 635 上的检测点 DSBR。如前所述，检测点 DSBR 可以具有与所述输入波前的曲率对应的尺寸（例如，直径或面积）。在图 6 中，光电探测器 635 上的“开放”点 DSBR 的整个尺寸表示平直 (flat) 的输入波前 WF(ZNOM) 和对应的工件表面距离 $Z = ZNOM$ ，并且同心“填充”点 DSBR 的整个尺寸表示弯曲的波前输入量（例如， $WF(+\Delta Z)$ ）以及对应的表面距离 $Z = ZNOM + \Delta Z$ 。用于发现阵列检测器上的检测点尺寸的各种方法在现有技术中是已知的，在此不需描述（例如，通过基于具有超过阈值的信号的像素，建立直径或面积等）。用于发现可用于替换检测器 635 的光检测结构上的点尺寸的一个方法被描述在授予 Whitehead 等人的美国专利第 5,113,386 号，其特此整个以引用的方式被并入。

[0053] 应当认识到，在此描述的双距离聚焦检测装置包括各特征的以前未知的和特别有利的组合。例如，邻近所述光轴的波前区域被有利地用于与 Shack–Hartmann 为不同类型的较宽范围聚焦检测结构中，即使 Shack–Hartmann 结构被用于所述高分辨率部分。这是有利的，因为沿着所述光轴的 Shack–Hartmann 子孔径对波前曲率不敏感，并且各种较宽范围的聚焦检测结构通过使它们的输入子孔径沿着所述光轴而具有更简单的结构或更可靠的操作。相反地，远离所述光轴的 Shack–Hartmann 子孔径对波前曲率敏感，如所希望的。在这些特征的公开的组合中，在双距离聚焦检测装置中，所述较宽范围和高分辨率的聚焦检测结

构的子孔径可以都采样相同的波前,而不需要光束分离表面等。另外,在一些实施例中,单个的检测阵列可以提供与每个子孔径有关的所有测量信号。应当认识到,虽然在此图示的较宽范围的聚焦检测器结构一般具有“点尺寸”类型的检测器,其他类型的合适较宽范围的聚焦检测器可以定位成使它们的子孔径位于或邻近所述光轴(例如,刀口聚焦传感器等),并且可用来替换在此公开的特定结构。在各个实施例中,所述较宽范围的聚焦检测结构可以输出单个较宽范围的聚焦检测器信号或来自多个光电探测器信号(例如,差信号)的信号,或它可以直接输出多个光电探测器信号(例如,像素输出),这取决于工件的位置,其可以在外部得以处理以指示所述工件的位置。

[0054] 图7是聚焦传感器700的第三实施例的示意图,其使用与双距离聚焦检测装置或单个范围的聚焦检测装置结合的中继透镜装置725'。所述聚焦传感器700的部件和操作在许多方面类似于图5的聚焦传感器500的那些,并且在各个实施例中,图7的部件可以在形式和/或功能上类似于或相同于图5中类似标号的部件(例如,部件725可以在功能上类似于部件525),除了在下面另外描述之外。因此,在以下描述中仅强调显著的不同之处。应当认识到,虽然示于图7的聚焦传感器700的布局是具有笔直光轴OA的“线性”布局,这仅是为了更清楚地表示在下进一步描述的各个特征和/或尺寸之间的关系。光轴OA可以被配置成类似于以前描述的使用另外部件的聚焦传感器,如果希望的话。

[0055] 聚焦传感器700中的部件的新式的组合和结构为机器视觉系统的聚焦传感器提供了独一无二组合的优点。图7表示聚焦传感器700可以包括具有物镜光孔E的物镜30、光束分离表面25、照相机50、包含第一中继透镜726和第二中继透镜727的中继透镜装置725、光束分离表面20'、准直透镜15'、光源10'以及具有入射光孔E'的聚焦检测装置710。聚焦传感器700与示于图5中的聚焦传感器500之间的具体差别在于光源10'和光束分离表面20'被定位成以在第二中继透镜727和聚焦检测装置710之间的光路中操作。与聚焦传感器500相比,所述最终结构提供了新式组合的优点并且在实际的实施中特别有利,如下详细描述。

[0056] 关于聚焦传感器700的操作,来自光源10'的辐射被输入到准直透镜15',如前所述,其沿着照明光轴IOA输出照明光束13。照明光束13从所述第一光束分离表面20'被反射,其使其偏转以沿着光轴OA穿过所述中继透镜装置725的第二中继透镜727和第一中继透镜726,并且然后穿过第二光束分离表面25和物镜30。物镜30聚焦标称聚焦平面FP处的照明光束13,如前所述。工件表面40反射聚焦的照明光束13以及反射光束13'中的成像光。包括在反射光束13'中的照明光束光具有波前曲率,其指示工件表面40和标称聚焦平面FP之间的关系,如前所述。反射光束13'遵循前述光路,反之,除了在第二光束分离表面25处,可以包括在反射光束13'中的成像光被反射以给照相机50提供成像光23,并且反射光束13'的操作部分在第一光束分离表面20'处被透射以穿过入射光孔E'并进入到聚焦检测器装置710中。

[0057] 如前参照图5所示,在各个实施例中,对于中继透镜装置725,希望在一些实施例中使物镜光孔E成像。与聚焦传感器500相比,聚焦传感器700的结构的一个优点是第一中继透镜726可以位于更靠近第一光束分离表面25'和所述物镜光孔E。因此,第一中继透镜726可以满足该条件,使在一些实施例中具有相对较短的焦距。因此,聚焦传感器700可以比聚焦传感器500更经济和更紧凑,允许更实际实施。

[0058] 在图 7 所示的实施例中, 聚焦传感器 700 的中继透镜装置 725 被配置成以当其穿过后扩大照明光束 13 的直径, 以使它过量填充或近似填充物镜 30 的物镜光孔 E。应当认识到, 与示于图 5 的照明结构相比, 该扩大结构允许较小的准直透镜 15'、较小的光束分离表面 20' 以及所述准直透镜 15' 和光源 10' 之间的较短的光路长度(对于给定的光源发散角)。聚焦传感器 700 的所有这些特征允许它比聚焦传感器 500 更经济和更紧凑, 其在实际实施中是非常重要的。

[0059] 示于图 7 的实施例的另一重要优点在于聚焦传感器 700 的中继透镜 725 被配置成以减小反射光束 13' 的直径, 其携带由聚焦检测器装置 710 检测到的弯曲波前。由于缩小, 所述波前的曲率增加, 其增加了聚焦传感器 700 的敏感性。

[0060] 现在将解释各个有利设计的关系。在图 7 中: dOBJE 是从物镜 30 的位置到物镜光孔 E 的尺寸, fOBJ 是物镜焦距, dER1 是从物镜光孔 E 到透镜 726 的尺寸(或者更一般地为从所述物镜光孔 E 到中继透镜装置 725 的前主要平面), fR1 是第一中继透镜 726 的焦距, tR2 是第二中继透镜 727 的焦距, dR2E' 是从第二中继透镜 727 到所述聚焦检测器装置 710 的入射光孔 E'(或者更一般地为从入射光孔 E' 到中继透镜装置 725 的后主要平面)的尺寸。如图 7 所示, 在各个实施例中, 第一中继透镜 726 和第二中继透镜 727 可以间隔开这些焦距的总和以提供 (fR1/fR2) 的放大因子。在一个示例性的实施例中, 所述放大因子可以近似为 2(例如在 1.5 到 3 的范围内), 为了提供上述优点, 权衡考虑其他的实际设计因素。

[0061] 在一些实施例中, 如前所述, 对于第一中继透镜 726, 最有利的是与物镜光孔 E 间隔开焦距 fR1, 也就是说, dER1 = fR1, 为了将物镜光孔 E 成像在或邻近聚焦检测装置的入射光孔 E' 的平面上。然而, 在各个实施例中, 条件 dER1 = fR1 是不需要的, 并且所述物镜光孔 E 可以被成像在或邻近聚焦检测装置的入射光孔 E' 的平面上, 通过满足其他条件, 如以下与方程 1 有关的进一步描述。

[0062] 在其他实施例中, 物镜光孔 E 的平面之外的平面可以通过中继透镜装置被成像到仅大致邻近所述入射光孔 E' 的平面(例如, 位于在距离所述入射光孔 +/- 0.5*dR2E' 的范围内可操作位置处的成像平面), 可接受的操作仍可以带来合适限制的透镜结构和实际的聚焦范围。在一些情况下, 物镜光孔 E 可以大致位于邻近物镜主要平面, 或在所述物镜主要平面和所述中继透镜装置之间。在这些情况下, 所述中继透镜装置可以被更一般地描述为使在所述物镜和所述中继透镜装置之间的平面成像, 受到在下更详细描述的实际约束或条件。在图 7 所示的特定实施例中, 焦距 fR1 小于 dER1 的尺寸, 也就是说, fR1 < dER1。在一些实际的实施中, 这些实施例是有用的以克服空间或部件放置的限制, 或实际透镜的限制。这些实施例是允许的, 假若前述“交叉”和其他类似的“信号极性相反”效果在对于指定的聚焦传感范围内沿着光轴 OA 在所有位置处得以防止。防止交叉的一般原则在于所述聚焦检测器被配置成以使所述反射光束的光线在抵达由中继透镜装置成像的平面之前没有彼此交叉, 至少对于这些光线, 它们最终被输入到所述聚焦检测装置。用于防止交叉的定量原则是 $((fOBJ-dOBJE)+fR1) > dER1$ 。然而, 独立地, 合适受限的指定聚焦传感范围在实际中还有助于防止交叉。例如, 如图 7 所示, 光线 LR1' 和 LR2' 将不会引起交叉, 这是因为它们发散, 并且对于使由 LR1 和 LR2 表示的光线会聚的合适受限的配置将不会会聚到足以引起实际聚焦传感范围内的交叉。而且, 聚焦传感器 700 的操作对第二中继透镜 727 的成像平

面的位置不是很敏感。因此,第二中继透镜 727 不需要在入射光孔 E' 处成像,虽然这会在各个实施例中是有利的。

[0063] 关于合适受限制的透镜配置,可以在物镜焦距 fOBJ 方面加以描述,定性地说,由于这种描述非常粗略地反应用于给定量的散焦 +/- ΔZ, 距离物镜(或物镜光孔 E) 多远会发生交叉。特别地,基于经验,在一些实际的实施例中,当 $(dER1 - fR1) < 3.0 * fOBJ$ 时已经提供了可接受的操作。其他有利的实施例可以被配置成以满足条件 $(dER1 - fR1) < 2.0 * fOBJ$, 并且甚至更有利的实施例可以被配置成以满足条件 $(dER1 - fR1) < 1.0 * fOBJ$ 。当可以互换的物镜要用于聚焦传感器例如聚焦传感器 700 中时,以前关系中的 fOBJ 应当是所述可互换透镜中最短的焦距。当然,如果 dER1 近似等于 fR1,不用考虑可以使用更宽范围的可互换物镜。

[0064] 如前所述,在各个实施例中,第一中继透镜 726 和第二中继透镜 727 的焦距不需分别与尺寸 dER1 和 dR2E' 匹配,以便将物镜光孔 E 成像在聚焦检测装置入射光孔 E' 上。并且,存在其他的情况,即:在此所述物镜光孔 E 将会被成像在聚焦检测器入射光孔 E' 上。例如,在中继透镜装置 725 提供 2 : 1 放大因数的实施例中,在满足以下条件的任何结构中,物镜光孔 E 将会被成像在聚焦检测器入射光孔 E' 上,其中所述条件为:

$$[0065] dR2E' = \frac{3}{4} * [fR1 - \frac{dER1}{3}]$$

[0066] 方程 1

[0067] 对于其他的放大因子存在类似的条件,这可以通过本领域内的技术人员得以确定。因此,在大部分的实施中,将物镜光孔 E 成像在聚焦检测装置入射光孔 E' 上的想法可以通过设计中适当注意得以实现。

[0068] 如上所述,由于通过中继透镜装置 725 缩小了反射光束 13', 因此表示反射光束 13' 中的波前的聚焦曲率得以增加,其可以增加聚焦传感器 700 的敏感性。因此,如果在此公开的双距离聚焦检测装置被用于聚焦传感器装置 710,那么另外的敏感性可以用来增加所述聚焦检测装置的高分辨率的 Shack-Hartmann 部分的分辨率。相反,也可以维持所述高分辨率的 Shack-Hartmann 部分的分辨率,并且使用另外的敏感性以扩展其有效范围(例如,通过使用数值孔径较小的物镜)。图 8 和 9 的聚焦传感器采用后者的方法。结果,在一些实施例中,双距离聚焦检测装置是不需要的。而是,单个距离的 Shack-Hartmann 聚焦检测装置可以用来提供满足应用数量的指定聚焦范围。

[0069] 图 8 和 9 是分别表示扩展范围的聚焦传感器 800 的第四实施例的上下部分的 800-U 和 880-L 的示意图。聚焦传感器 800 使用与单个距离的 Shack-Hartmann 聚焦检测装置 710' 结合的中继透镜装置 725'。所述聚焦传感器 800 的部件和操作在许多方面类似于图 7 的聚焦传感器 700 的那些,并且在各个实施例中,图 8 和 9 的部件可以类似于或相同于图 7 中类似标号的部件(例如,部件 726' 可以在功能上类似于部件 726),除了在下面另外描述之外。因此,仅显著的不同在以下描述中得以强调。聚焦传感器 800 和图 7 的聚焦传感器 700 之间的主要不同包括加入几个转动镜 740-749,使用这些转动镜是为了将光轴 OA 和 IOA 折叠成紧凑结构,并且使用新的 Shack-Hartmann 聚焦检测装置 710'。聚焦传感器 800 中的部件的新式组合和布置提供了独一无二的优点组合,并且特别适合于集成到机器视觉检查系统的光学系统中。

[0070] 如图 8 所示, 聚焦传感器 800 的主要部件包括光源 10''、准直透镜 15''、第一光束分离表面 20''、具有入射光孔 E' 的聚焦检测装置 710' (这将在下面进行更详细地描述)、分别包含第一和第二中继透镜 726' 和 727' 的中继透镜装置 725'、以及第二光束分离表面 25'', 其使聚焦传感器的可操作光束在所述 X-Y 平面和 Z 方向之间转动。沿着光轴 OA 在 Z 方向继续, 如图 9 所示, 所述聚焦传感器 800 还包括具有物镜光孔 E 的可互换物镜 30'。上述部件之间的一般操作和相互关系可以通过与图 7 的在前描述类比得以理解, 并且这将在下面进一步地描述。

[0071] 关于操作聚焦传感器 800, 来自光源 10'' 的辐射被指向转动镜 740 并且然后被输入到准直透镜 15'', 其沿着照明光轴 IOA 输出照明光束 13。照明光束 13 从所述第一光束分离表面 20'' 被反射。在图 8 所示的实施例中, 第一光束分离表面 20'' 是通过光束分离板, 而不是管道来提供, 以避免沿着光轴 OA 和 / 或 IOA 从管道表面返回的多余反射。从第一光束分离表面 20'', 照明光束 13 被偏转以沿着光轴 OA 穿过第二中继透镜 727', 其将它向转动镜 742 聚焦并且然后聚焦在中继透镜焦平面 RLFP。如图 8 所示, 所述第二中继透镜的焦距 fR2 等于距离 (L5+L5') 的总和。从中继透镜焦平面 RLFP, 照明光束 13 继续到转动镜 744 并且被偏转以沿着光轴 OA 穿过第一中继透镜 726', 在此照明光束 13 变成准直的, 并沿着所述光轴向转动镜 749 传送。如图 8 所示, 所述第一中继透镜的焦距 fR1 等于距离 (L4+L4') 的总和。示于图 8 的中继透镜 725' 的特定实施例提供了 2 : 1 的放大因子。因此, 与参照图 7 描述的特征相似, 聚焦传感器 800 的照明结构是紧凑的并产生相对较小的直径照明, 其通过穿过中继透镜装置 725' 被放大到所希望的直径 (例如, 用于填充所述物镜的物镜光孔)。从转动镜 749 继续, 所述准直照明光束 13 被朝向第二光束分离表面 25'' 反射, 最佳示于图 9, 在该实施例中, 其将所述准直照明光束 13 从 X-Y 平面转动到沿着 Z 方向对准。所述照明光束然后沿着所述光轴 OA 传送以穿过所述物镜光孔 E 和物镜 30', 如图 8 和 9 所示, 从所述物镜光孔 E 到第一中继透镜 726' 的尺寸, 被指定为 dER1, 等于距离 (L1+L2+L3) 的总和。

[0072] 物镜 30 将照明光束 13 聚焦在标称聚焦平面 FP 上, 如前所述。工件表面 40 反射聚焦的照明光束 13 以及反射光束 13' 中的成像光。包括在反射光束 13' 中的照明光束光具有波前曲率, 其指示工件表面 40 和标称聚焦平面 FP 之间的关系, 如前所述。反射光束 13' 遵循前述光路, 相反, 除了在第二光束分离表面 25'' 处, 在一些实施例中可以包括在反射光束 13' 中的成像光被透射以给照相机 50 提供成像光 23, 该成像光 23 可在一些实施例中可以被定向到主机视觉检查系统的照相机中。在一些实施例中, 各个光束分离表面和转动镜可以包括合适的二色性涂层, 以便有效地传送所述聚焦传感器光束, 同时还允许有效使用白色光用于成像。从第二光束分离表面 25'', 反射光束 13 继续反向沿着照明光束 13 的前述光路, 除了反射光束 13' 的有效部分 (operative portion) 在第一光束分离表面 20'' 被透射到聚焦检测装置 710' 的入射光孔 E'。将认识到, 由于由中继透镜装置 725' 为反射光束 13' 提供的 1 : 2 的缩小因子, 包括的波前曲率得以增加, 其增加了 Shack-Hartmann 聚焦检测装置的信号, 以及聚焦传感器 800 的敏感性, 如前所述。反射光束 13' 的直径减小的另一优点是其考虑了 Shack-Hartmann 聚焦检测装置 710' 的较小的、更经济的、光学部件和布局。

[0073] 示于图 8 的 Shack-Hartmann 聚焦检测装置 710' 的实施例被独一无二地配置成与

上述各个特征组合使用以便相对于前面公开的结构的聚焦传感器 800 更进一步增加敏感性。在图 8 所示的实施例中, Shack-Hartmann 聚焦检测装置 710' 的大量部件包括对称部分 710' partA 和 710' partB、以及中心 90 度的分光束棱镜或反射镜 790。

[0074] 使被减小的反射光束 13' 减小的曲率增加的优点不能通过使用并排的子孔径透镜的在前公开的 Shack-Hartmann 结构而实际认识到。足够小以便并排定位在减小的反射光束 13' 中的精确透镜不是很容易得到,即使大部分的反射光束 13' 的光落在该子孔径透镜之外,降低了检测器的信噪比。相比之下,聚焦检测装置 710' 采用较小的光束直径。实际上,聚焦检测装置 710 的入射光孔 E' 是通过反射光束 13' 和所述分光束棱镜 790 的交叉得以提供,以使聚焦检测装置 710' 使用所有可用光。

[0075] 对称部分 710' partA 和 710' partB 中的每个包括分别指定有 A 或 B 后缀的部件,其包括透镜 720、转动镜 746、偏转加强透镜 721 以及光电探测器 733。在操作中,分光束棱镜 790 分开反射光束 13' ,而不论其尺寸如何,并在相对方向转动所述光束的两半部分,其允许使用精确、经济以及容易得到的部件的布局。在对称部分 710' 的 A 部分或 710' 的 B 部分中的每个中,携带所述波前曲率的半光束被定向成穿过透镜 720,并且其聚焦所述半光束并提供初始的侧向偏转,这取决于其波前曲率。在该实施例中,透镜 720 不是限制性的孔径。而是,它透射所有的半光束的光。所述最终的半光束前进到转动镜 746 并被定向成朝向偏转加强透镜 721。偏转加强透镜 721(其在该实施例中是布置在新式的结构中的负透镜,其沿着光轴相对更远离透镜 720 并且相对更邻近光电探测器 733(例如,至少距离透镜 720 比距离光电探测器 733 远两倍)) 提供另外的侧向光束偏转,这取决于它在何处接收到几乎聚焦的、初始偏转的半光束。在另一实施例中,正透镜例如球状透镜,可以用于偏转加强透镜。在透射过偏转加强透镜 721 之后,另外偏转的半光束被聚焦在检测器 733 上的点 DS。光电探测器 733 可以在此包含以前描述的任何光电探测器。在一个实施例中,光电探测器 733 是横向效应光电二极管 (lateral effect photodiode)。

[0076] 来自聚焦检测装置 710' 的两个部分的点 DSA 和 DSB 提供对应的信号,其可以在此如前述一样得以处理以表示 ΔZ 和 / 或有关的散焦 (例如,类似于与点 DSA 和 DSB 对应的信号和它们有关的处理,如参照图 2A-2C 所述)。在另一实施例中,分光束棱镜 790 可以被传统的光束分离表面 (例如,50% 的透射和 50% 的反射表面) 所替代,其提供来自反射光束 13' 的子光束,其中之一直接透射过光束分离表面。与上述那些相似或相同的部件,例如,部分 710' 的 A 部分的那些,可以被“重新定位”以接收和导引透射光束从而在检测器 733A 上提供功能类似的聚焦点 DSA。更一般地说,可以使用能提供所希望的尺寸、精确度和范围的任何单个距离的 Shack-Hartmann 聚焦检测装置。

[0077] 示于图 8 和 9 的聚焦传感器 800 的实施例是其中所述物镜光孔 E 不需成像在聚焦检测器入射光孔 E' 上的结构的一个例子。例如,在一个实施例中,从第二中继透镜到透镜 720A 和 720B 的光路长度近似与第二中继透镜 727' 的焦距 fR2 相同,并且到入射孔径 E' 的光路长度近似小于 10 毫米。物镜 30' 的焦距长度 fOBJ 近似为 40 毫米,第一中继透镜 726' 的焦距 fR1 是 60 毫米,并且从出口孔径 E 到第一中继透镜 726' 的尺寸 dER1 近似为 : $dER1 = (L1+L2+L3) = (55 \text{ 毫米} + 26.5 \text{ 毫米} + 26 \text{ 毫米}) = 107.5 \text{ 毫米}$ 。因此,在该实施例中, $(dER1-fR1) < 1.2*fOBJ$, 根据以前公开的限制条件,它是适当受限的透镜结构。该实施例还相对接近满足方程 1 的条件。在实际中,前面的实施例适合于多个实际应用,并提供可

用的聚焦范围,其对于具有景深大约为 17 微米的 2.5X 物镜可以在 8 毫米的量级,或者更一般地,对于在此所述的设计条件兼容的任何物镜,提供在 450 “景深”量级上可用的聚焦范围。尽管该聚焦检测范围十分大,但是在其他的实施例中,配置 dR2E' 和 / 或 fR1 和 / 或 dER1 会更加有利以使它们实现由方程 1 给定的条件,其将所述物镜光孔 E 成像在聚焦检测入射光孔 E' 上。

[0078] 尽管已经图示和描述了本发明的优选实施例,但是基于公开内容,在图示和描述的特征结构和操作次序中的许多变化对本领域内的技术人员是显而易见的。因此,将认识到,在不背离本发明的精神和范围的情况下可在其中进行各种改变。

[0079] 与相关申请交叉引用

[0080] 本申请是美国专利申请第 11/941,805 号的部分继续申请,其中所述美国专利申请第 11/941,805 号于 2007 年 11 月 16 日提交,根据 35U. S. C. § 120 特此要求其提交日的优先权,该申请的公开内容特此以引用的方式被并入于此。

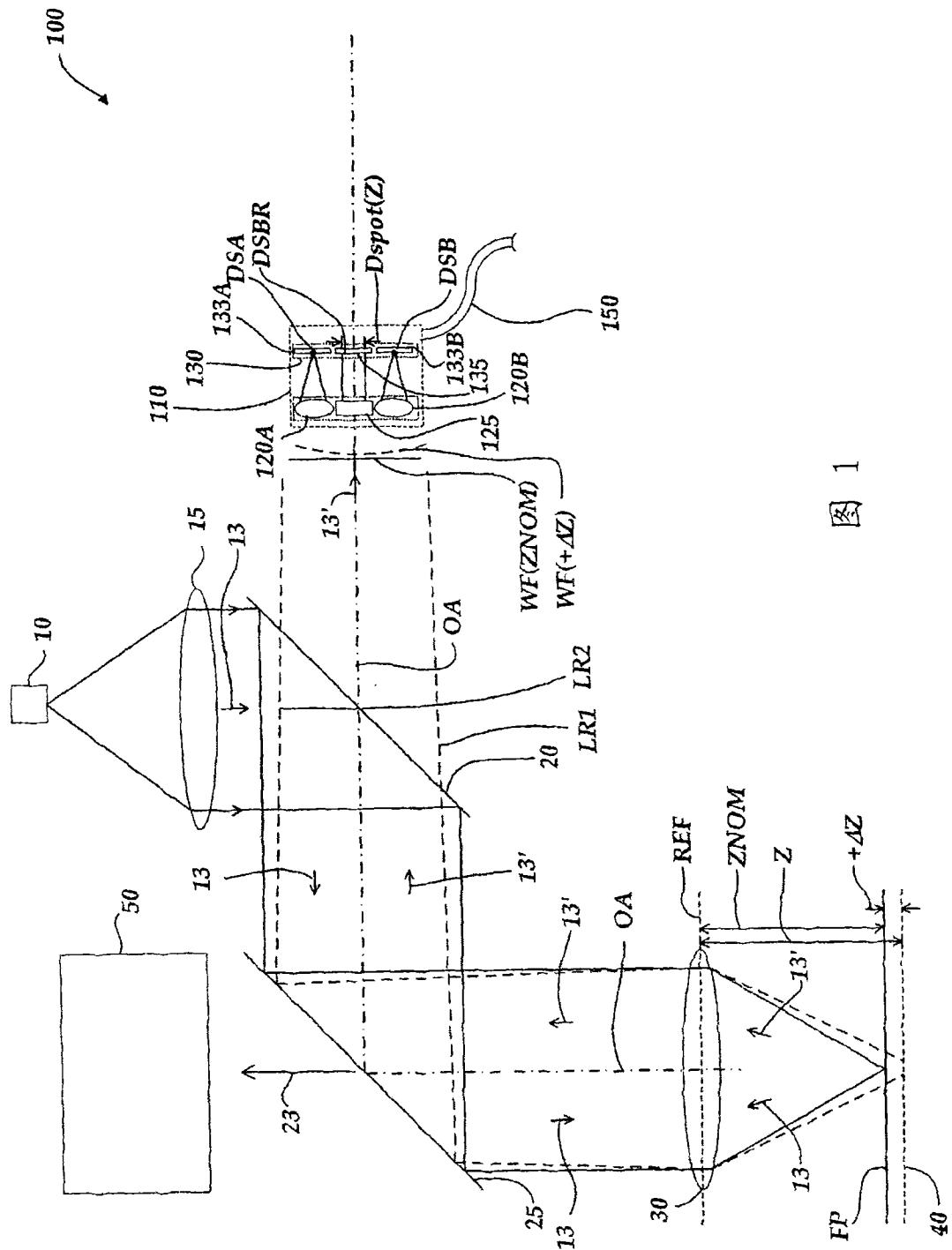


图 1

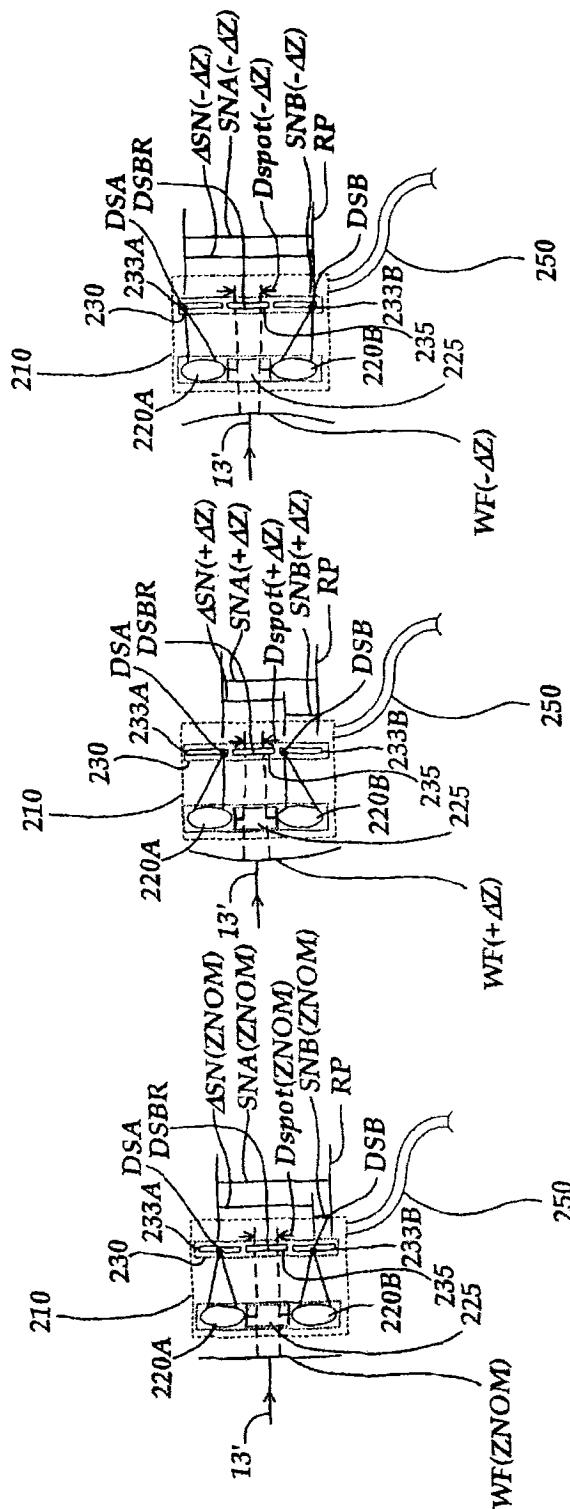


图 2A

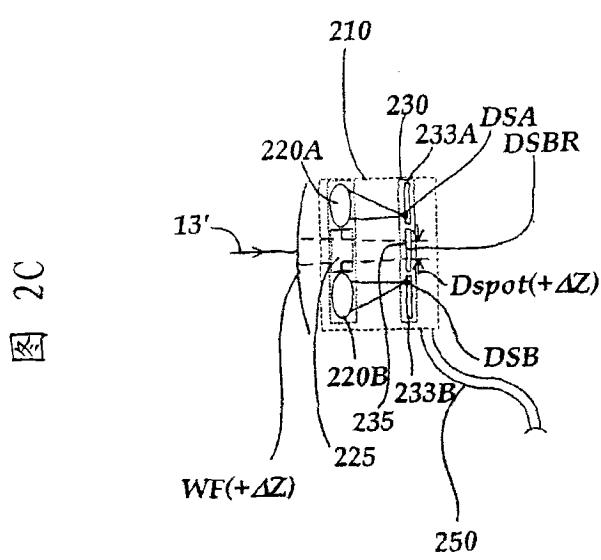


图 2B

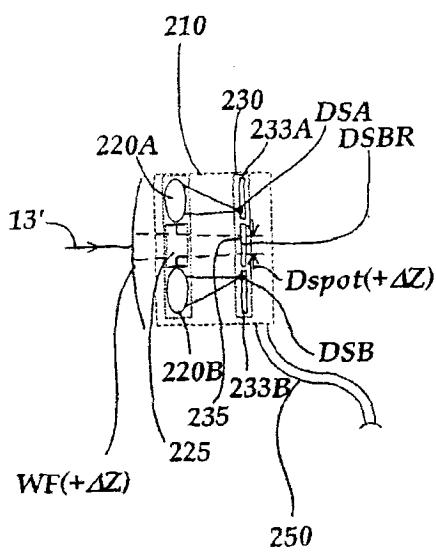


图 2C



图 3A

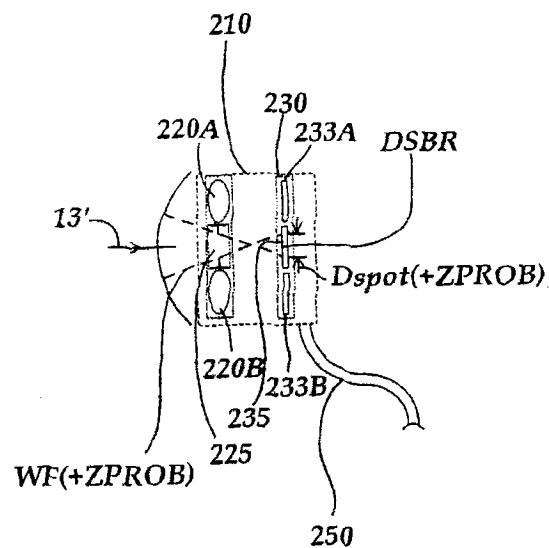


图 3B

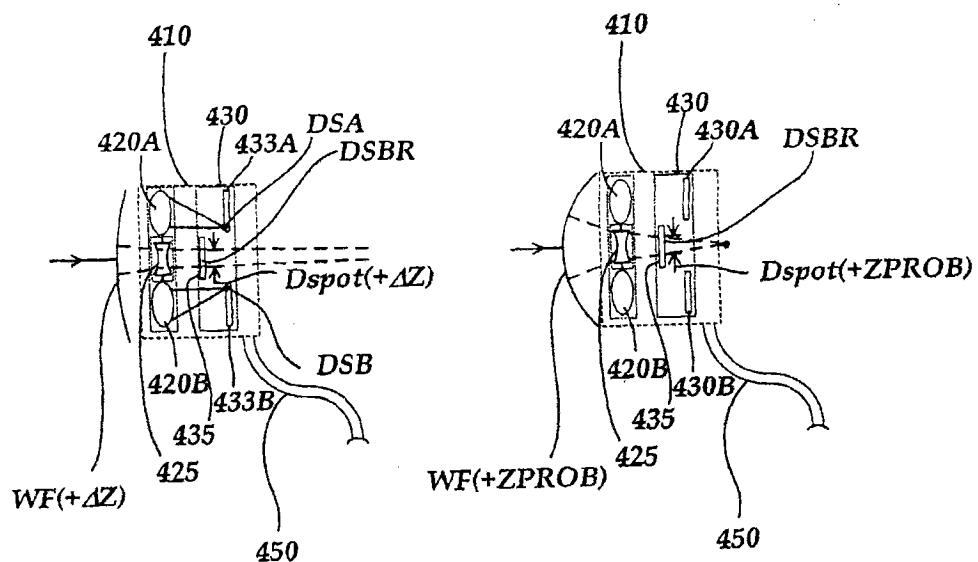


图 4A

图 4B

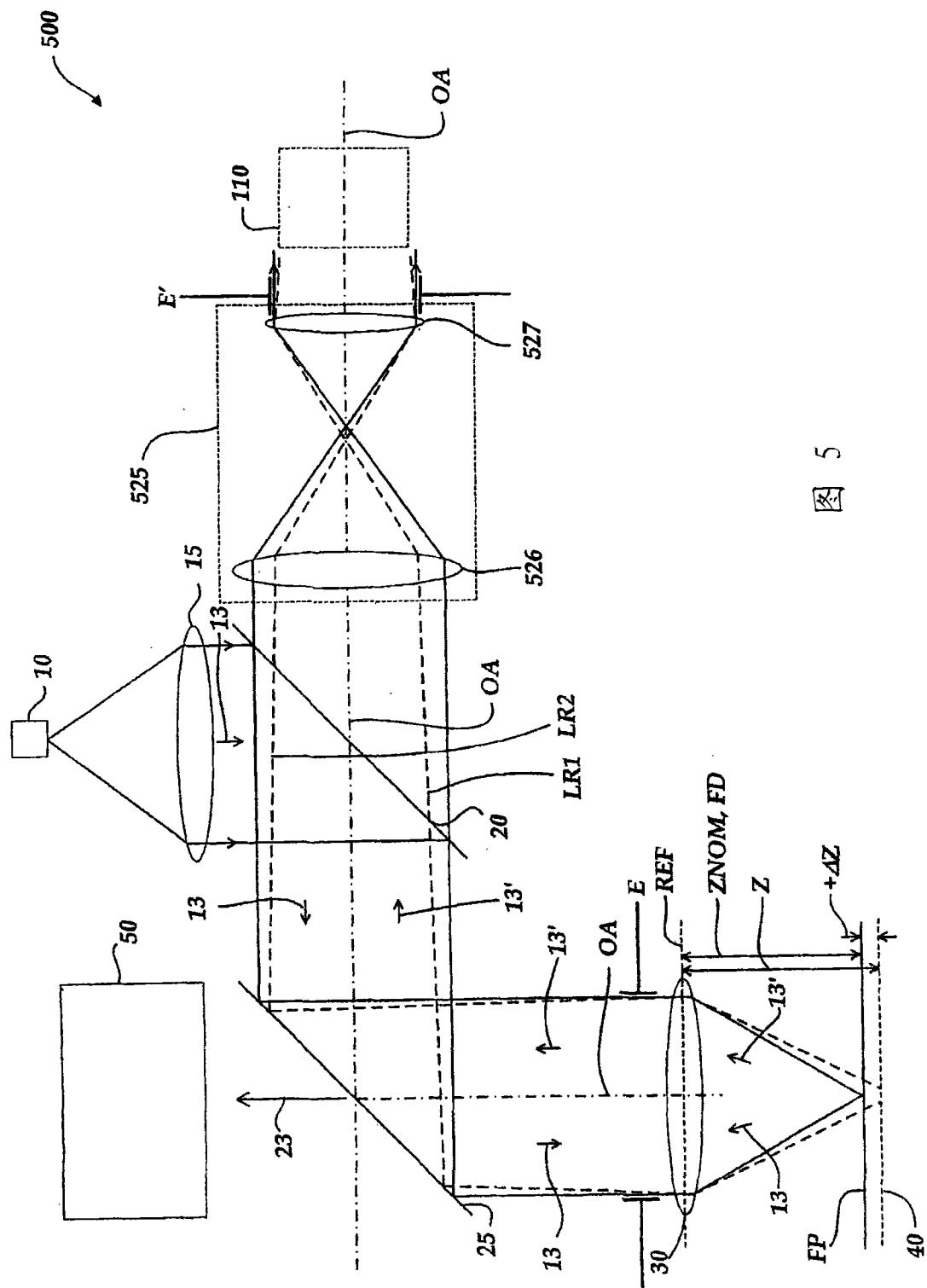


图 5

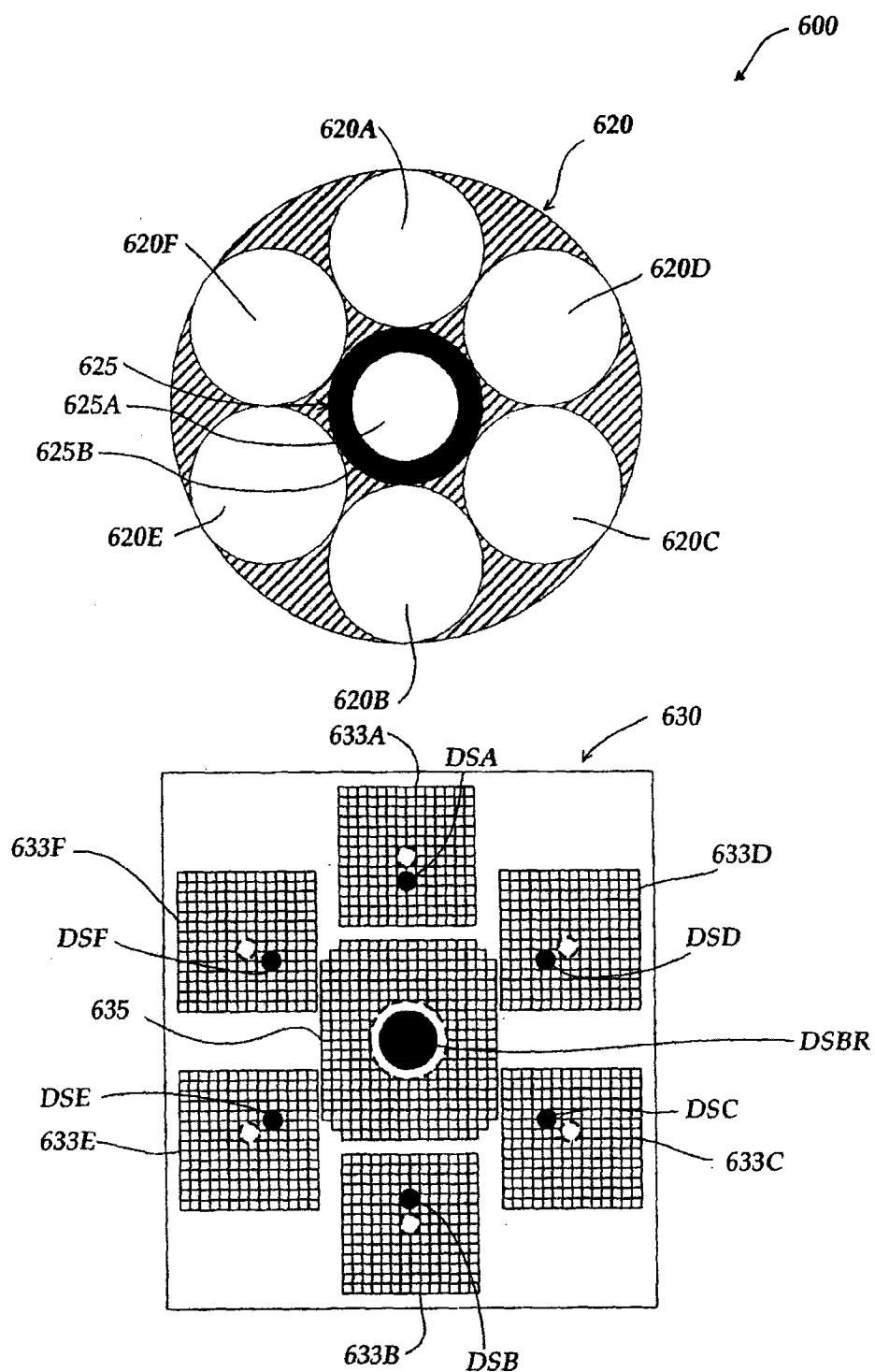


图 6

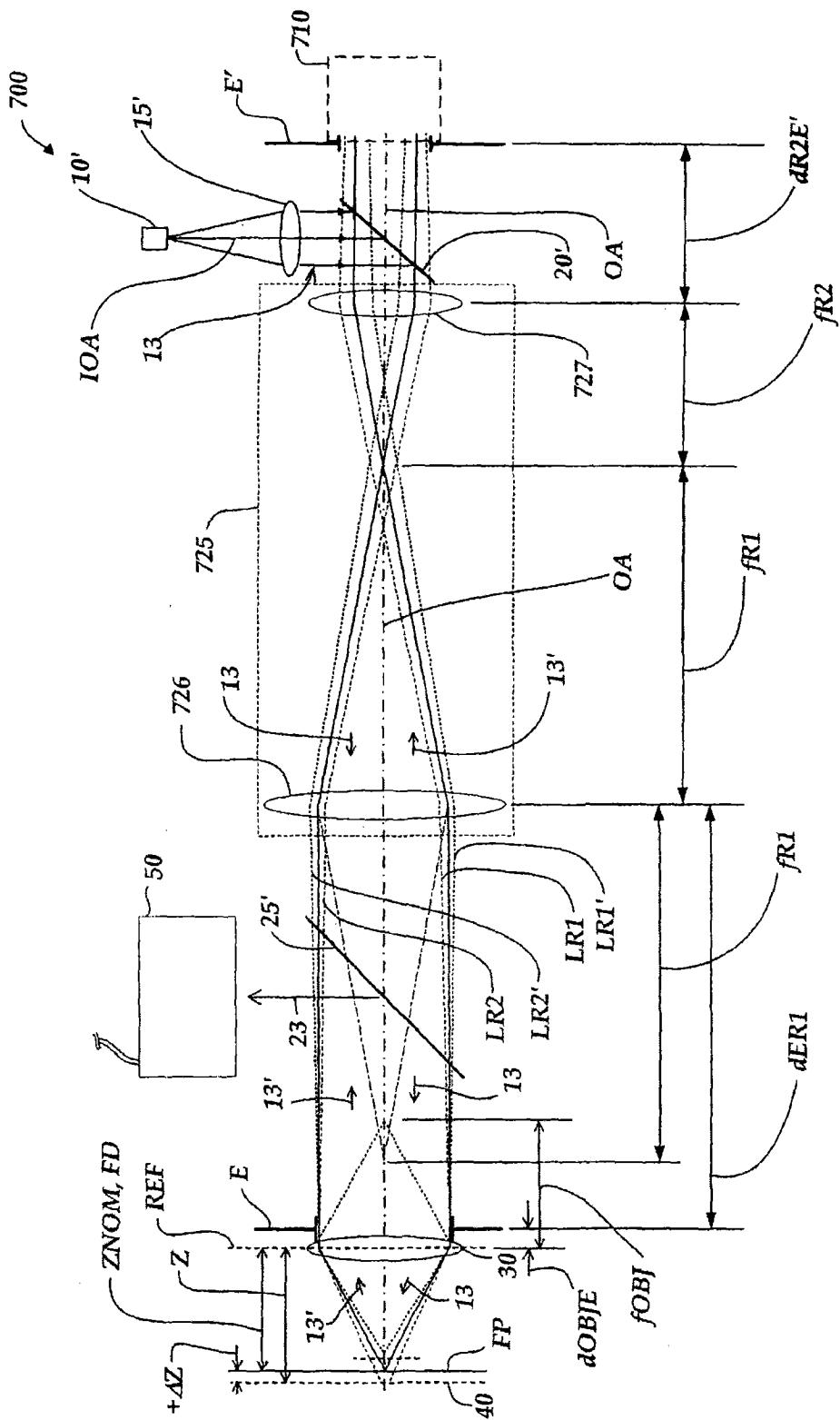


图 7

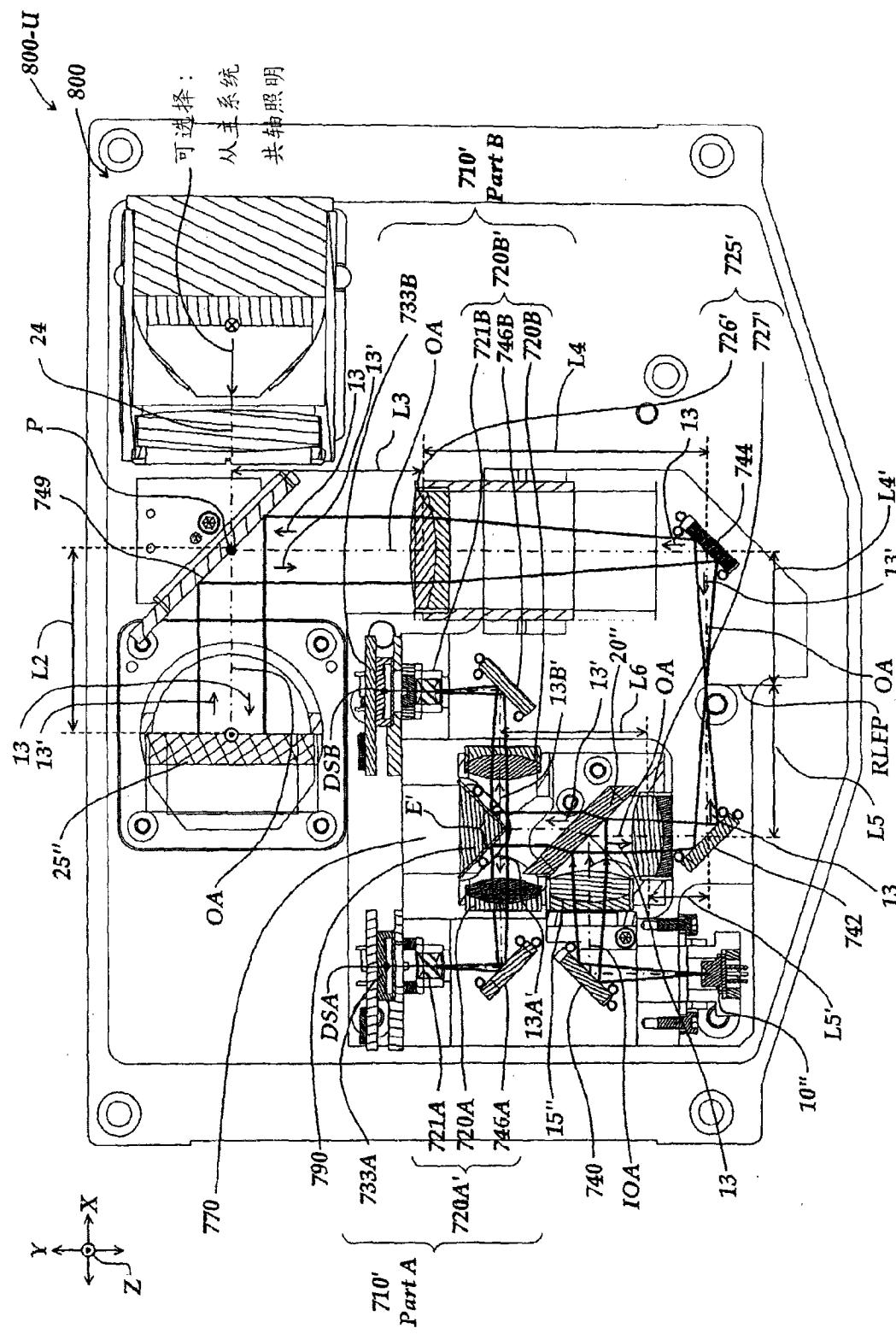


图 8

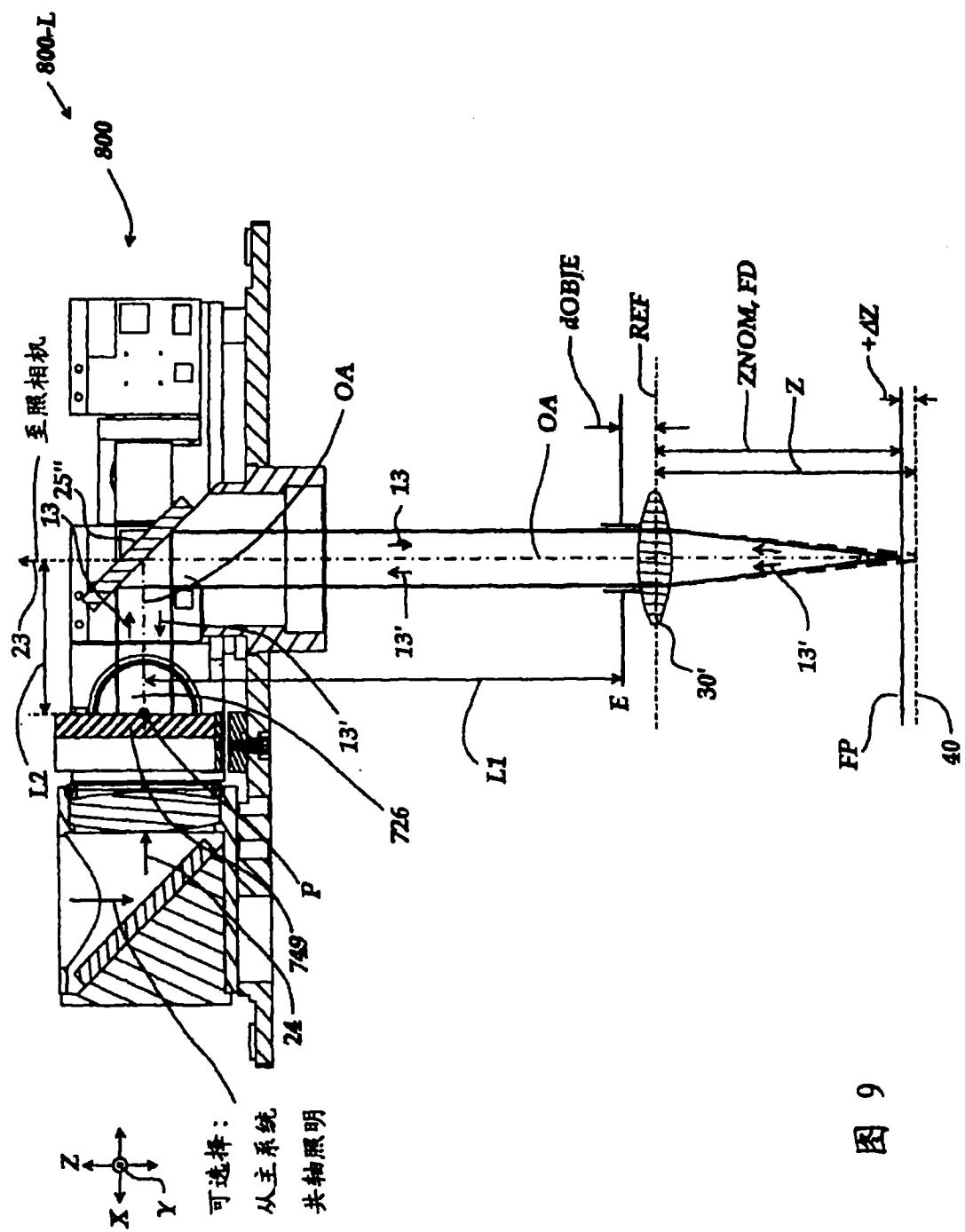


图 9