[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 3/103 (2006.01)
G01M 11/02 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880005089.3

[43] 公开日 2010 年 2 月 10 日

[11] 公开号 CN 101646382A

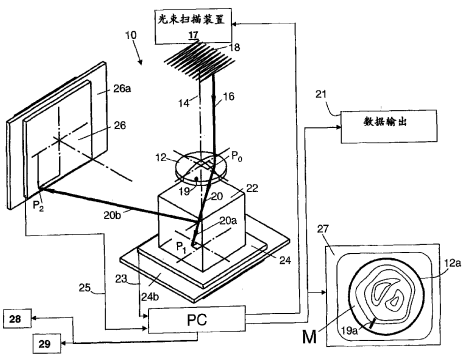
[22] 申请日 2008.2.14
[21] 申请号 200880005089.3
[30] 优先权
[32] 2007. 2.14 [33] AU [31] 2007900710
[86] 国际申请 PCT/AU2008/000183 2008.2.14
[87] 国际公布 WO2008/098293 英 2008.8.21
[85] 进入国家阶段日期 2009.8.14
[71] 申请人 眼科研究所有限公司
地址 澳大利亚新南威尔士
[72] 发明人 克劳斯·埃尔曼 亚瑟·霍
[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
代理人 李春晖 俞 波
权利要求书 6 页 说明书 14 页 附图 10 页

[54] 发明名称

光学系统的表征

[57] 摘要

一种用于表征光学系统如透镜、其它光学器件或者人眼在光学系统的光学表面上的光学性质的仪器和方法。 在一个例子［图 1］中，在透镜(12)的表面上扫描入射光束(16)以生成出射光束(20)，出射光束(20)由分束器(22)分成两个部分(20a 和 20b)，这两个部分被引导到位于距透镜(12)不同光学距离处的相应二维检测器阵列(24 和 26)。 检测器阵列(24 和 26)输出相应出射光束部分(20a 和 20b)的入射点的横向坐标，从而可以准确地确定出射光束(20)关于光轴(14)或者入射光束(16)的角度。 确定出射光束的角度在透镜表面上的变化允许在透镜的表面上表征和映射透镜的许多重要光学特性。 公开了所述仪器和方法的许多新颖变型。



1. 一种表征光学系统的方法，包括以下步骤:

将入射光束引导到所述光学系统的光学表面上的相继斑点上，以针对各斑点生成出射光束，

确定各出射光束在距所述光学系统第一光学距离处的横向位置，

确定各出射光束在距所述光学系统第二光学距离处的横向位置，以及

通过采用所确定的所述出射光束的横向位置来得出所述光学系统在所述光学表面上的各相应斑点处的屈光力。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，包括以下步骤:

采用所确定的所述出射光束的横向位置来计算所述出射光束在各相应斑点的角度，以及

根据计算出的所述出射光束在所述斑点的角度来得出所述光学系统在各相应斑点的屈光力。

3. 根据权利要求 1 或者 2 所述的方法，其中:

通过确定各出射光束在所述第一光学距离处的横向空间坐标来确定各出射光束在所述第一光学距离处的横向位置，以及

通过确定各出射光束在所述第二光学距离处的横向空间坐标来确定各出射光束在所述第二光学距离处的横向位置。

4. 一种用于在光学系统的光学表面上映射该光学系统屈光力的方法，所述方法包括以下步骤:

使入射光束以已知入射角撞击所述表面上的各相继斑点以便针对各相继斑点生成出射光束，

针对各相继斑点，确定所述出射光束在距所述光学系统第一光学距离处的第一横向空间坐标，

针对各相继斑点，确定所述出射光束在距所述光学系统第二光学距离处的第二横向空间坐标，所述第二光学距离大于所述第一光学距离，以及

针对各相继斑点，通过（i）根据所述第一和第二坐标计算所述出射光束的角度和（ii）将计算的所述出射光束的角度与相应入射光束在所述斑点的入射角进行比较，来得出所述光学系统在所述斑点的屈光力。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，包括以下步骤:

通过移动所述入射光束来使所述入射光束撞击所述光学表面上的各相继斑点。

6. 根据权利要求 4 所述的方法，包括以下步骤:

通过移动所述光学表面来使所述入射光束撞击所述光学表面上的各相继斑点。

7. 根据权利要求 4 中的任一权利要求所述的方法，包括以下步骤:

针对所述表面上的各斑点相继地生成单独的入射光束。

8. 根据权利要求 4-7 中的任一权利要求所述的方法，其中:

所述光学系统具有穿过所述光学表面的光轴，以及

在所述表面上的各斑点处，所述入射光束保持与所述光轴平行。

9. 根据权利要求 3 至 8 中的任一权利要求所述的方法，包括以下步骤:

经过所述第一光学距离将针对各斑点的所述出射光束引导到第一光电检测器阵列，使用所述第一阵列来确定所述第一空间坐标，以及

经过所述第二光学距离将针对各斑点的所述出射光束引导到第二光电检测器阵列，使用所述第二阵列来确定所述第二空间坐标。

10. 根据权利要求 3 至 8 中的任一权利要求所述的方法，包括以下步骤:

移动光电检测器阵列以在所述第一光学距离处截取所述出射光束从而确定所述第一空间坐标，或者

移动所述光电检测器阵列以在所述第二光学距离处截取所述出射光束从而确定所述第二空间坐标。

11. 根据权利要求 3 至 8 中的任一权利要求所述的方法，包括以下步骤:

将所述出射光束从各斑点导引到光电检测器阵列，

将所述光学系统与所述光电检测器阵列之间的光学距离改变成等于所述第一光学距离，以确定所述第一空间坐标，以及

将所述光学系统与所述光电检测器阵列之间的光学距离改变成等于

所述第二光学距离，以确定所述第二空间坐标。

12. 根据权利要求 3 至 9 中的任一权利要求所述的方法，包括以下步骤：

将所述出射光束分成第一部分和第二部分，

经由所述第一光学距离引导所述第一部分以允许确定所述出射光束的所述第一横向坐标，以及

经由所述第二光学距离引导所述第二部分以允许确定所述出射光束的所述第二横向坐标。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，包括以下步骤：

还将所述出射光束分成第三部分，

经由第三光学距离引导所述第三部分，

在距所述光学系统第三光学距离处，确定所述出射光束的所述第三部分的空间坐标，以及

使用所述第一、第二和第三横向坐标中的至少两个横向坐标来确定所述出射光束在所述斑点处的出射角。

14. 根据权利要求 12 或者 13 所述的方法，其中通过以下方式来分割所述出射光束：

使用部分反射分束器，

使用移动反射器来切换所述出射光束，

有差别地调制和检测所述光束部分中的至少一个光束部分，或者

有差别地改变所述光束部分中的至少一个光束部分的光学特性和有差别地检测所改变的光束部分。

15. 根据权利要求 12 至 14 中的任一权利要求所述的方法，包括以下步骤：

将所述光束部分中的至少两个光束部分引导到公共光电检测阵列，以及

采用所述公共阵列来有差别地确定所述光束部分中的每个光束部分在所述阵列处的相应空间坐标。

16. 根据任一前述权利要求所述的方法，其中所述光学系统是眼科透

镜，所述光学表面包括所述透镜的前表面或者后表面，其中所述透镜具有外围边界，所述方法包括以下步骤：

导引所述入射光束超出所述透镜的所述外围边界，

检测所述透镜的边界以便允许相对于所检测的边界在所述光学表面上定位所述斑点。

17. 根据权利要求 1-15 中的任一权利要求所述的方法，其中：

所述光学系统是具有角膜和视网膜的眼睛，

所述光学表面包括角膜表面，以及

通过所述入射光束从所述视网膜向后经过所述角膜的反射或者散射来生成所述出射光束。

18. 一种用于关于光学系统的光学表面来表征所述光学系统的仪器，包括：

扫描装置，用于在所述光学表面上逐斑点地移动窄的入射光束，以针对各斑点生成具有出射角的出射光束，

检测器装置，被配置成在距所述光学系统至少两个不同光学距离处、针对各斑点来检测和确定所述出射光束的横向空间坐标，以及

处理器装置，被配置成根据所确定的横向坐标，针对各斑点来计算所述出射光束的所述出射角。

19. 一种被配置成表示光学系统屈光力在光学系统的光学表面上的变化的仪器或者装置，所述仪器或者装置包括：

扫描装置，被配置成以在各斑点处已知的入射角在所述光学表面上逐斑点地依次地扫描窄的光束，由此生成具有出射角的来自各斑点的出射光束，

检测器装置，被配置成生成第一输出和第二输出，所述第一输出表示所述出射光束在距所述光学表面第一光学距离处的第一横向坐标，所述第二输出表示所述出射光束在距所述光学表面第二光学距离处的第二横向坐标，以及

处理器装置，被配置成接收所述第一和第二输出，根据所述第一和第二输出来确定所述出射光束在所述光学表面上的各斑点处的所述出射角，计算在各斑点处的入射角和出射角之差，由此能够指示屈光力在所述光学

表面上的变化。

20. 根据权利要求 19 所述的仪器，其中：

所述检测器装置还被配置成生成第三输出，所述第三输出表示所述出射光束在距所述光学表面第三光学距离处的第三坐标，所述光学距离中的各光学距离互不相同，以及

所述处理器装置还被配置成接收所述第三输出，和除了所述第一和第二输出中的至少一个输出之外还采用所述第三输出来确定所述出射光束的所述出射角。

21. 根据权利要求 18-20 中的任一权利要求所述的仪器，其中所述检测器装置包括：

二维光电检测器阵列，被配置成输出入射于所述二维光电检测器阵列上的光束的横向空间坐标，以及

至少一个分光器，位于所述光学系统和所述阵列之间，被配置成截取来自各斑点的所述出射光束，经过所述第一光学距离将所述出射光束的第一部分引导到所述阵列，和经过所述第二光学距离将所述出射光束的第二部分引导到所述阵列。

22. 根据权利要求 18-20 中的任一权利要求所述的仪器，其中所述检测器装置包括：

第一二维光电检测器阵列，被配置成输出入射于所述第一二维光电检测器阵列上的光束的空间坐标，所述第一阵列布置于距所述光学表面所述第一光学距离处，

第二二维光电检测器阵列，被配置成输出入射于所述第二二维光电检测器阵列上的光束的空间坐标，所述第二阵列布置于距所述光学表面所述第二光学距离处。

23. 根据权利要求 22 所述的仪器，包括：

至少一个分光器，位于所述光学系统与所述检测器阵列中的各检测器阵列之间，被配置成截取来自各斑点的所述出射光束，和将所述出射光束的第一部分引导到所述第一阵列而将所述出射光束的第二部分引导到所述第二阵列。

24. 根据权利要求 18-20 中的任一权利要求所述的仪器，其中所述检测器装置包括：

二维光电检测器阵列，被配置成输出入射于其上的光束的横向空间坐标，所述阵列是可移动的以在距所述光学表面所述第一光学距离处截取所述出射光束的至少一部分和/或在距所述光学表面所述第二光学距离处截取所述出射光束的至少一部分。

25. 根据权利要求 18-24 中的任一权利要求所述的仪器，其中：

所述光学系统包括具有主光学表面、光轴和外围边界的眼科透镜，

所述光学表面包括所述主表面的至少一部分，

所述扫描装置被配置成在所述光学表面上扫描所述入射光束而保持所述光束与所述光轴平行，

所述扫描装置被配置成将所述光束扫过所述透镜的所述外围边界，以及

所述处理器装置被配置成识别所述透镜的所述外围边界和指示屈光力在所述边界内的所述光学表面上的变化。

26. 根据权利要求 18-24 中的任一权利要求所述的仪器，其中：

所述光学系统包括具有主光学表面、光轴和外围边界的眼科透镜，

所述扫描装置被配置成将所述入射光束引导到所述光学表面上和以受控方式移动所述透镜以在所述光学表面上逐斑点地有效地扫描所述入射光束。

27. 根据权利要求 18-23 中的任一权利要求所述的仪器，其中：

所述光学系统包括具有角膜和视网膜的眼睛，所述光学表面包括所述角膜的至少一部分，

所述扫描装置被布置成通过所述角膜将所述入射光束引导到所述眼睛中，从而所述出射光束从所述视网膜向后经过所述角膜反射或者向后散射，以及

所述检测器装置包括被定位成使所述入射光束沿着入射路径穿过的分光器，所述分光器被配置成截取所述出射光束并使之偏离所述入射路径。

光学系统的表征

技术领域

本发明广义地涉及在光学系统、器件和元件的表征中使用的方法、仪器和装置。本发明适用于确定成型（figured）光学元件和光学仪器的反射和折射特性，该成型光学元件例如是透镜、反射镜甚至复杂光学系统比如自然眼或者模型眼。

这样的方法和装置的一种用途是对透镜区域上的屈光力（refractive power）进行映射——或者在空间上分解，这有时称为确定透镜的波前像差。涉及的仪器或者装置包括可以与人眼、孤立透镜、透镜组、反射镜和成型反射或者折射表面（这里统称为‘光学系统’）一起使用的波前传感器。实际特别所关心的是映射眼科透镜的屈光力，更具体而言，针对生产中的质量控制、实验用途和处方来映射软接触透镜的屈光力。

所关心的反射和折射特性是所关心的光学系统的光学表面上的下述特性：指示球、棱镜、圆柱和/或轴部件的变化的数据集（这里称为‘屈光力映射图’）、针对高阶和低阶像差的泽尔尼克（Zernike）描述符、光学平均传递函数以及平均屈光力分布等。所选特征在光学表面上的变化的可视化提供一种检验光学系统的性能的有价值的方式。这允许对例如软接触透镜的各种折射、混合和外围区的有效评估。本发明的方法和装置也可以应用于：通过利用从眼睛的视网膜或者另一表面反射或者散射的光，将完整人眼的光学特性映射到例如角膜的表面上。

因此为求便利，这样的数据集及其生成在本文中称为‘屈光力映射图’和‘屈光力映射’，而并非旨在暗示可视化是必需的或者仅仅只有屈光力是所关心的特征。

背景技术

有各种波前感测方法用于透镜的光学像差的评估。在 J. M. Geary 的 'Introduction to Wave-front Sensors'（SPIE 1995，ISBN-13：978-0819417015）中已经给出这些方法的概述。哈特曼－夏克（Hartmann-Shack）技术和射线跟踪技术常用于映射透镜的光学像差并

且适合于映射自然眼的复杂光学特性。E. Moreno-Barriuso 和 R. Navarro 在题为'Laser Ray Tracing versus Hartmann-Shack sensor for measuring optical aberrations in the human eye'[J Opt. Soc, Am. A/第 17 卷第 6 期/2000 年 6 月]的论文中说明和比较了这些技术。

在哈特曼－夏克技术中，由微型小透镜（microlenslet）的均匀阵列构成的板在光路中位于测试透镜之后，从而图像斑点的对应阵列被投影到物镜平面上，该图像阵列相对于均匀性的偏离表明了像差（或者光学屈光力的局部变化）。在这一技术中，不需要知道光学表面或者光轴与仪器或者目标的精确距离来获得好的结果。

在射线跟踪中，在透镜的表面上扫描窄的激光束以便一次一个斑点地建立相似图像阵列。尽管射线跟踪由于斑点尺寸可以小于哈特曼－夏克技术的斑点尺寸而允许生成更细微的详细屈光力映射图，但是哈特曼－夏克技术由于一次性处理而不是串行处理所有射线/斑点而允许快速评估。也应当注意，射线跟踪方法假设：精确地已知透镜表面沿着仪器光轴的位置，这在具有小而强烈的弯曲或者成型表面的光学器件的情况下或者在柔软光学器件（比如软接触透镜）的情况下是成问题的。一般借助泽尔尼克多项式来描述波前像差。这些多项式可以在数学上转换成屈光力映射图以在光学器件的平面图内将低阶像差可视化。

Molebny 等人的美国专利 6,932,475[以及 Molebny 等人的“Principles of Ray Tracing Aberrometry”（J. Refractive Surgery 第 6 卷 S572-S575（2000））]公开了用于测量人眼中的折射像差的射线跟踪技术的例子[也参见 Molebny 的美国专利 7,311,400、7,303,281 和 6,409,345]。例如在美国专利 6,932,475 中，将从视网膜反射的斑点图像以如下方式引导到在距视网膜相同有效距离处布置的两个线性 CCD 检测器，使得斑点的 x 坐标由一个检测器记录而同一斑点的 y 坐标由另一检测器同时记录。以这一方式，可以通过表示出斑点相对于询问光束的移位方式来建立像差映射图。

Campbell 和 Hughes[Vision Res.1981 年第 21 卷第 1229-1148 页]、Glasser 和 Campbell[Vision Res.1988 年第 38 卷第 2 期第 209-229 页]以及 Roorda 和 Glasser[Journal of Vision (2004) 4, 250-261]公开了测量孤立动物眼透镜中的波像差的方法，其中横向地或者从侧面拍摄窄的入射和反射激光束的阵列的轨迹。在这些方法中，装配的透镜位于使入射射线和出射射线可见的乳状溶液的罐中。入射射线可以是扫描激光束或者与测试透镜的光轴平行引导的成束入射光束。可以采用的射线数目由于需要在侧视图

中对它们进行可视化和区分而严格地受到限制。然而，终究估计了各射线的斜度并且构造了波前像差的轮廓映射图（虽然是粗略地）。虽然未公开，但是注意，可以根据来自透镜上的斑点的光束的斜度来估计该斑点的屈光力，因此应当可以构造透镜的屈光力映射图。这样的映射图的准确性和分辨率留有诸多期待之处，并且作为一种为了生产质量控制的目的而生成接触透镜的有用屈光力映射图的方法，该技术的粗略性和繁琐性使它很不实际。该技术当然不能应用于体内的眼睛。

Chase 等人[Chase R, Keleti S, Norman BR, A Scanning Hartmann Instrument. Proceedings of SPIE - 第 1618 卷, Large Optics II (1991)第 89-96 页]提出一种用于大型反射镜的斜度确定的方法，其中使激光束扫描枢转的反射镜，利用装配于 x-y 台架上的光电检测器捕获反射光束。根据检测到的反射光束的横向位置，可以针对各光栅斑点确定反射镜的斜度。位置检测单元可以仅在横向 x-y 平面中移动，它的轴向位置紧邻入射光束导引扫描装置以实现最佳分辨率和测量范围。

在美国专利 6,406,146 B1 中已经公开一种在两个轴向平面使用斑点检测的构思。该装置实质上是在小透镜阵列之后添加分束器的哈特曼－夏克目镜波前传感器，从而可以在与第一光电检测器不同的轴向位置添加第二光电检测器。此第二光电检测器有助于通过减少重叠斑点的不明确性来延伸测量范围，所述不明确性是单检测器哈特曼－夏克系统的限制性因素。

发明内容

根据一个方面，本发明涉及到将入射光束引导到光学表面上的斑点，以便针对各斑点生成出射光束、确定各出射光束在距表面第一和第二光学距离处的横向位置和据此得出在各斑点的屈光能力。通常这将涉及到计算出射光束在各斑点的出射角。所得数据然后用来确定系统的光学特性。通常入射光束的扫描、出射角的计算、数据集的生成及其可视呈现是计算机控制或者计算机调节的。这将允许生成大量的光学特性，且如果希望则允许可视地将这些光学特性映射到光学表面的图形上。

优选地通过采用包括至少一个光电检测器阵列的检测器装置来确定出射光束的横向位置，所述至少一个光电检测器阵列可以被布置成在各光学距离处截取出射光束的至少一部分和将光束在各距离处的横向空间坐

标输出到处理器装置。出射光束在两个距离处的横向坐标一般足以允许以足够精度来确定出射光束的角度，当与光束的对应入射角相关联时可以容易地计算光学系统在各斑点的屈光力。这样，在光学表面上的这样的测量值集和/或计算值集提供了一种数据集，如上所述，可以根据所述数据集来得出光学系统的许多重要光学特性，如果需要则可以显示或者映射到所述表面上。

最好但是并非必需的是保证各入射光束与光学系统的固定轴平行。通常，固定轴是系统的中心光轴，但是也可以任意地指定固定轴。如果所有入射光束相互平行——并且优选地与系统的光轴平行——则可以使用出射光束的角度变化作为光学系统在指定光学表面上的屈光力变化的代表。如果入射光束的角度随斑点而变化（当从公共点光源圆锥形地扫描入射光束时将是这种情况），则有必要记录和计算各入射光束关于公共资料（如光轴）的角度，采用各斑点的入射角和出射角来计算'斑点屈光力'。

最好是使用二维光电检测器阵列（例如数字相机中常用类型的 CCD 或者 CMOS 检测器）来检测和输出、确定和/或得出出射光束在各光学距离或者平面处的交点坐标，从而可以确定出射光束的角度和/或位置。可以想到各种方案。例如，单个检测器阵列可以从一个平面移动到另一平面，可以得出在各位置的光束坐标。可以在一个位置使用单个固定阵列，一个或者多个分光器经由不同光学距离将部分出射光束引导到阵列；通过编码、时分复用或者其它形式的复用区分出射光束的不同部分。如果所选阵列移入或者移出光束路径以在所需距离截取出射光束，则可以直列式使用多个光电检测器阵列。或者，可以获得以下的光电检测器阵列，其足够透明以便允许一个光电检测器固定地直列式位于另一个光电检测器之后。通过使用分光器可以采用非直列式的多个固定阵列，以将相同出射光束的各部分引导到各固定阵列。

可以采用本领域中已知的任何常规分光器，比如部分镀银镜、分光或者极化或者非极化立方体或者薄膜分束器、旋转或者振荡镜、立方体、充当光束切换器的棱镜或者利用编码、光学性质变化或者时分复用的光束复用器。

尽管检测器阵列优选为平面二维'面式'阵列，从而各检测器可以立即输出出射光束在它的位置处的横向坐标，但是如果仅对沿着具体子午线（meridian）的交点感兴趣，则也可以采用窄的线性检测器阵列。或者，这样的线性检测器阵列可以旋转或者使之在某一位置横越，以有效地充当

全部或者部分面阵列。

根据上文将理解，检测器装置涵盖检测器阵列和任何分光器。

在一种应用中，所述方法可以包括以下步骤：水平地支撑水合软接触透镜，竖直地向下引导入射光束通过透镜，和在透镜以下的位置分割出射光束，以将折射的出射光束的不同部分引导到布置于距透镜不同光学距离处的相应固定检测器。在这种情况下，接触透镜构成光学系统，并且最好它的上表面构成将在其上映射光学特性的光学表面。由于一些接触透镜没有圆形外围边界而具有多个光学区段，这些接触透镜被设计成使用于特定定向，并/或具有微小定向标记，因此最好在透镜的整个表面上扫描入射光束，超出透镜的外围边界，以便计算机软件识别和再现所述定向标记。

在不同距离处的多于两个检测器的使用可以增强对出射光束在给定平面或者位置的坐标进行确定的精度或者范围。一个或者更多个附加检测器可以被定位成截取比普通情况偏转更多或者更少的出射光束。例如，当映射比普通情况屈光力更大的透镜时，可以‘超偏转’出射光束至如下程度：使得它错过两个‘标准’检测器中的更远者。因此，第三检测器可以被定位成截取超偏转出射光束。附加分光器可以用来将部分出射光束偏转到附加检测器。或者，（如上文所示）可以移动远处的‘标准’检测器以截取超偏转光束。反言之，如果要表征比普通情况更弱的透镜，则近处的‘标准’检测器可能定位得太近而无法以足够的准确性来读取出射光束坐标，从而可以将近处的检测器移动得更远，或者可以使用具有相关分光器的更远的第三检测器。许多其它方案在本发明的范围内是可能的。

如已经认识的那样，所述方法可以涉及到以下步骤：将询问光束扫出透镜的边缘，从而可以检测边缘，精确和自动地确定透镜的外围。这不仅允许映射整个透镜，还保证在透镜没有圆形外围或者以别的方式不对称的情况下正确和自动地对准屈光力映射图。因此，所述方法也可以包括以下步骤：确定光学系统的边缘/边界、光轴、物理或者光学中心。类似地，当透镜承载定向标记时，所述方法可以包括检测和识别这样的标记的步骤。这允许利用屈光力映射图来再现定向标记以及外围轮廓。在多焦点光学系统（比如双焦点眼科透镜）的具体情况下，所述方法还可以包括检测相邻屈光力区段之间的接合部/边界的步骤。

在另一变型中，所述方法可以包括以下步骤：按照需要调整入射光束关于映射的透镜的光轴的角度且伴之以检测器的角度和位置的调整。这对于具有由外围光学器件区段围绕的中心光学区段的眼科透镜特别有价值，

所述外围光学器件区段可以用来以 Smith 等人的美国专利 7,025,460 中教导的方式来调整外围场曲率。

根据另一方面，本发明包括一种用于针对光学系统的光学表面来表征该光学系统的装置、仪器或者系统，所述装置包括：

扫描装置，用于在光学表面上逐斑点地移动窄的入射光束以针对各斑点生成具有出射角的出射光束，

检测器装置，被配置成检测和确定出射光束在距光学系统的两个不同光学距离处的横向坐标，以及

处理器装置，被配置成根据所述横向坐标来针对各斑点计算出射角。

检测器装置可以包括位于距光学系统第一和第二光学距离处的单独光电检测器阵列，各检测器阵列被配置成输出出射光束与阵列的交点的横向坐标。为了避免一个阵列遮蔽另一阵列，与光学系统更近的一个或者更多个阵列可以移动以允许出射光束撞击更远的阵列。或者，阵列无需被定位成直列式（使得一个阵列遮蔽另一阵列），而是取而代之，检测器装置可以包括将出射光束的不同部分引导到各阵列的分光器装置。在另一方案中，检测器装置可以仅包括一个光电检测器阵列，该阵列可以在第一与第二光学距离之间移动，使得同一阵列可以用来确定出射光束在各距离或者位置处的横向坐标。如已所示的，检测器装置可以包括多于两个的单独检测器阵列和分光器装置，以便将出射光束的至少一部分引导到各检测器阵列。

在一个实施例中，所述装置可以是用于映射眼睛透镜（比如接触透镜或者眼镜透镜）的屈光力和/或像差的装置。当透镜为软接触透镜时，优选的是它装配于水合状态——可以是在水池内——从而它竖立搁置且它的平面水平，没有由重力或者表面张力所致的实质性的形变，扫描装置可以通过透镜竖直地向下引导入射光束，具有光电检测器和分光器（如果使用）的检测器装置设置于透镜下方。用于对软接触透镜进行装配和定位的技术在本领域中是已知，例如与哈特曼－夏克仪器一起使用。

如本领域中常见的那样，最好是采用激光器来生成入射光束。一个或者多个入射光束可以单色的，具有被选择成适合于分析检验目的的波长。更通常的是，波长范围与可见光谱中的白光近似的光束是适合的，其中所表征的透镜旨在与眼睛结合使用。然而，也可以设想使用双色或者多色光束以获得被测试器件的具体光谱特性。

附图说明

前面已经描述了本发明的构思，现在将参照附图描述具体例子。然而，本领域技术人员将理解可以对提供的例子进行许多变化和修改而不脱离上文概括的和所附权利要求限定的本发明范围。许多其它例子在本发明的范围内也是可能的。

在附图中：

图 1 是形成本发明第一例子的仪器或者系统的光学布局的透视示意图，其中表征的光学系统是透镜，入射光束与透镜的光轴平行，并在透镜的表面上进行光栅式扫描，其中采用固定分光器。

图 2 是图 1 的仪器的一部分的侧视示意图，包括第一例子的仪器的第一变型。在第一变型中移动透镜以实现入射光束的扫描而不是（或者是除此之外还）移动入射光束。

图 3 是图 1 的仪器的一部分的侧视示意图，包括第一例子的仪器的第二变型，其中转动地扫描入射光束，使得它没有保持与透镜的光轴平行。

图 4 是图 1 的仪器的一部分的侧视示意图，包括第一例子的仪器的第三变型，其中针孔掩模用来在透镜的表面上有效地扫描入射光束。

图 5 是图 1 的仪器的一部分的侧视示意图，包括第一例子的仪器的第四变型，其中采用多于两个的检测器平面或者位置。

图 6 是图 1 的仪器的一部分的侧视示意图，包括第一例子的仪器的第五变型，其中振荡反射镜作为分光器来有效地工作。

图 7 是图 1 的仪器的一部分的侧视示意图，其中透镜被倾斜，使得可以在具体位置映射或者测量非傍轴屈光力。

图 8 是包括第二例子的仪器的光学布局的侧视示意图，其中使用一个固定阵列和一个可移动阵列从而避免需要分光器。

图 9 是包括第三例子的仪器的光学布局的侧视示意图，其中使用单个可移动检测器阵列从而同样可以避免需要分光器。

图 10 是包括第四例子的仪器的光学布局的侧视示意图，所述仪器被配置成从反射光学系统（如人眼）生成可用于设计矫正理疗设备的屈光力映射图。

图 11 是包括第五例子的仪器的光学布局的正视示意图，其中使用单个固定检测器阵列，拆分出射光束，通过长度不同的路径将入射光束发送到阵列，和采用对光束各部分的复用。

具体实施方式

在图 1 中以透视示意图的形式示出了第一例子的系统或者仪器 10 的光学布局而以框图形式示出了系统部件。简易透镜 12 包括待表征的光学系统，并被图示于就位状态，透镜 12 的光轴由点虚线 14 示出。生成窄的入射光束 16，通过扫描单元 17 在透镜 12 的上表面上光栅式扫描入射光束，使得其保持与光轴 14 平行，光栅图案 18 优选地大于透镜 12，使得可以分辨透镜的外围。在这一例子中，透镜 12 为不对称的并且在它的外围附近具有定向标记 19。

扫描单元 17 连接到计算机“PC”并且在计算机“PC”的控制之下操作。扫描单元 17 包括激光光源、机电扫描设备以及被配置成与计算机 PC 接口的扫描驱动器，这些部件未被示出，因为这样的扫描单元在本领域中是已知的。

出射光束 20 由部分反射分束器 22（用作分光器）截取，分束器 22 将出射光束 20 的一部分 20a 发送到第一检测器阵列 24 而将第二部分 20b 反射到第二检测器阵列 26，通过相对于透镜 12 和分束器 22 固定的底座 24a 和 26a 来定位阵列 24 和 26。[因此在这一例子中，检测器装置包括分束器 22 以及检测器阵列 24 和 26。]为求便利，示出了第一检测器阵列 24 的平面与轴 14 正交并且在光学上更接近透镜 12，而示出了阵列 26 的平面与轴 14 平行并且比阵列 24 在光学上距透镜 12 更远。尽管这一具体设置不是必需的，但是重要的是阵列 24 和 26 设置在距透镜 12 不同的光学距离处；一个阵列（比如阵列 24）在第一光学距离处而另一（比如阵列 26）设置在第二光学距离处。

在图 1 中示出了扫描入射射线 16 在位置 P_0 撞击透镜 12，示出了来自 P_0 的出射射线 20 的第一部分 20a 在位置 P_1 撞击第一光电检测器阵列 24，示出了出射射线 20 的第二部分 20b 在点 P_2 撞击第二光电检测器阵列 26。由于在这一例子中检测器阵列 24 和 26 为平面和二维的，所以可以立即读出点 P_1 和 P_2 的坐标和经由输入线 23 和 25 将这些坐标输入到计算机 PC 的 I/O（输入/输出）接口。计算机 PC 被配置成根据这些输入来计算出射

射线 20 相对于扫描入射射线 16 的入射角的角度，由此来确定透镜 12 在斑点 P_0 的屈光力。针对透镜 12 上的各斑点重复这一过程直至生成对透镜 12 的光学性质进行表征的数据集。这一数据集可以由计算机 PC 采用以便在监视器 27 上显示透镜 12 的屈光力在透镜的表面上的变化的等值线映射图 M。映射图 M 优选地包括：在透镜 12 上的定向标记 19 的位置处的可见标记 19a 以及透镜 12 的外围边界的图形 12a。

可以以本领域中已知的许多方式使用这样生成的数据集或者屈光力映射图。例如，用来对设计的屈光力分布与测量的屈光力分布进行比较以监控制造的透镜的质量或者用来计算矫正光学器件、光学改进或者修改。这在眼科透镜被成型或者定制以匹配和矫正特定人眼的像差时至关重要。这样的成型表面可以通过以 28 标出的机器应用于矫正透镜。或者，当光学系统为眼睛（如参照图 10 所述）时，眼睛的屈光力映射图可以用来由计算机设计和制造互补透镜，或者如本领域中也已知的那样，用来控制以 29 标出的计算机操作的激光外科手术机器来将眼睛的角膜自动地重新成形以矫正折射误差和高阶像差。

本领域技术人员将理解：图 1 的仪器 10 的基本光学配置使得可以根据相应检测器阵列 24 和 26 中的点 P_1 和 P_2 的坐标来计算出射光束 20 相对于入射光束 16 的偏转，而无需知道透镜 12 距扫描单元 17 的距离。这允许可靠地以计算机生成许多数据输出，较现有技术而言这是一个显著优点，其中在图 1 中的文字框 21 中所包括的列表中标出一些较重要的数据输出。

图 2 图解地图示了第一例子的仪器的第一变型 30。入射光束 16 没有扫描而是在分束器 22 的光轴 14 上保持稳定，透镜 12 在两个维度上水平地移动——如箭头 31 和 32 所示——以实现在透镜 12 上有效地扫描入射光束 16。因此，同样可以如参照图 1 所述那样，根据光束部分 20a 和 20b 在检测器阵列 24 和 26 上的入射坐标来计算出射光束 20 的出射角 α。与前文（和下文将描述的其它变型）一样，希望——尽管并非必需——入射光束 16 有效地扫过透镜 12 的边缘，从而可以映射透镜的外围边界，通过参考其分布或者在它的边缘上的定向标记来确定透镜的定向。

在图 3 中示出了图 1 的仪器的第二变型 34，其中如箭头 35 和 36 所示在透镜 12 的表面上转动地或者圆锥形地扫描入射光束 16。尽管扫描入射光束 16 不会保持与透镜 12 的光轴 14 平行，但是它在任何斑点 P_0 相对于轴 14 的入射角 β 可以从扫描单元 17[图 1]的扫描驱动器和/或处理器

PC[图 1]内的扫描控制软件/固件知道。同样，出射光束 20 的出射角 α[图 2]可以根据点 P_1 和 P_2 的坐标来计算，并可以与入射光束 16 的角度 β 一起用来确定透镜 12 上的各斑点 P_0 的屈光力。

在图 4 中所示第一例子的第三变型 40 中，由 17a 标出的扫描单元由孔板 41 和通过计算机 PC[图 1]控制的针孔掩模 42 形成。孔板 41 由宽的准直光束 44 照射并且使光通过大量小孔，这些小孔形成板 41 中的二维孔阵列。然后控制包括本领域已知的选择性透明 LCD 器件的掩模 42，以允许来自板 41 中的所选孔的光在已经制作成透明的对准斑点（以 46 标出）处通过掩模 42。实际上，利用适当 LCD 掩模器件 42，可以不需要单独的孔板 41。在任何情况下，掩模 42 用以生成与光轴 14 平行的扫描入射光束 16，因此具有与图 1 的仪器中一样的零入射角 β[图 3]。与图 1 和图 2 中一样，这里的检测器装置包括两个检测器阵列和一个分束器。另一方面，扫描装置 17a 包括孔板 41 和掩模 42 以及未示出的光源和与计算机 PC 相接的掩模接口。

图 5 图示了图 1 的仪器的第四变型 50，在第四变型中允许使用多于两个的检测器阵列，从而可以更准确地计算出射光束 20 的角度和/或延伸测量范围。在这一变型中，与图 1 中一样，第一和第二出射光束部分 20a 和 20b 由分束器 22 生成和被引导到第一和第二光电检测器阵列 24 和 26，但是使光束部分 20b 通过第二分束器 51，第二分束器 51 生成被引导到第三检测器阵列 52 的第三光束部分 20c，第三光束部分 20c 在点 P_3 撞击第三检测器阵列 52。在所示配置中，阵列 26 比阵列 52 在光学上更远离透镜 12，阵列 52 又比阵列 24 更远离。所有三个阵列 24、26 和 52 的输出被发送到计算机 PC 以提供点 P_1、P_2 和 P_3 的交点坐标（如果存在的话）。检测器阵列的配置使得出射光束部分 20a 和 20c 在整个可测量的屈光力范围内总是与相应阵列 24 和 51 相交，但是光束部分 20b 只是在可测量的屈光力范围的较低部分内撞击阵列 26。在这种较低的屈光力范围内，检测器阵列 24 和 26 的输出可以用来允许更准确的屈光力计算。在其余较高的屈光力范围（其中光束部分 20b 没有撞击检测器 26）内，使用阵列 24 和 51 的输出。因此，以这种方式使用多于两个的检测器阵列可以允许比两个检测器的配置（如图 1 中那样）中更宽的屈光力测量范围和/或允许在较低屈光力范围内的更高精度的测量。注意，在这一变型中检测器装置包括三个检测器阵列和两个分束器。

图 6 中所示第一例子的第五变型 60 采用振荡或者旋转反射镜 62 作为

分光器（代替图 1 的部分反射分束器 22）。反射镜 62 在检测器阵列 24 和 26 之间接连地快速切换出射光束 20，从而如前文一样有效地生成出射光束部分 20a 和 20b（以及如果需要则还生成 20c）当然，如本领域中熟知的，反射镜 56 可以由棱镜、透镜或者多面反射器取代以实现扫描/分束功能。单个这一类型的分光器具有以下优点：可以在强度未削弱的情况下将出射光束 20 容易地引导到两个或者更多检测器阵列，但是缺点在于与固定部分反射分束器相比相对缓慢。在变型 60 中，检测器装置包括移动的反射镜 62 以及检测器阵列 24 和 26。

图 7 示出了第一例子的第六变型 70，其中透镜 12 相对于轴 14 倾斜，从而可以在它的表面的部分——或者全部——上映射非傍轴屈光力或者在具体位置测量非傍轴屈光力。透镜 12 可以装配于类似角度计的保持器（未示出）中，从而可以在许多不同平面中相对于轴 14 精确地成角。

图 8 图示了避免需要任何分光器的第二例子。这一例子的仪器 80 采用固定光电检测器阵列 82，固定光电检测器阵列 82 与用作待表征的光学系统的透镜 86 相对地定位在仪器的光轴 84 上。与前文一样，在透镜 86 的表面上扫描入射光束 88，入射光束 88 被示出为碰撞在表面上的斑点 P_0 上，从而生成在点 P_2 的坐标撞击阵列 82 的出射光束 90。为了获得在与透镜 86 更近的点处的第二坐标集，横向地滑动第二检测器阵列 92 直至它与轴 88 对准（此处用虚线 94 示出）。在将阵列 92 这样定位的情况下，阵列 94 遮蔽更远的阵列 82，这样出射光束 90 在阵列 92 上碰撞于点 P_1，而阵列 92 提供出射光束在这一位置（与透镜 86 的光学距离）的坐标集。因此，如参照第一例子所述那样，这样获得的坐标可以用来表征光学系统（86）。当然，在已经针对透镜 86 上的斑点 P_0 记录两个坐标集之后，可移动阵列 92 返回到它的原始位置（此处用实线示出阵列 92），入射光束移动到透镜 86 上的新斑点，重复该过程以针对新斑点记录两个坐标集。阵列 92 在这一过程中的往复移动由箭头 96 示出。

图 9 是包括本发明第三例子的仪器 100 的光学布局的侧视示意图，仪器 100 在表征位于湿池 104 中并且由湿池 104 支撑的水合软接触透镜 102 时使用。在这一例子中，在 106 处标出透镜 102 的光轴，在 108 处标出扫描入射光束，在 110 处标出出射光束。入射光束 108 也被表示为在斑点 P_0 处撞击透镜 102。在这一例子中，不仅避免对分光器的需要而且仅需要单个光电检测器阵列。

在仪器 100 中，单个检测器阵列 112 固定于由虚线 114 标出的位置，

阵列 112 在这一位置用实线来绘出。湿池 104 与用作被考察光学系统的软接触透镜 102 一起在由 116 和 118 标出的两个位置之间可沿着光轴 106 上下移动，位置 116 比位置 118 具有距检测器阵列 112 更近的光学距离。如果需要，则湿池 104 可以移动到一个或者多个中间位置以便通过入射光束 108 来扫描，从而利用结合图 5 的仪器 50（其中采用透镜与检测器阵列之间的多于两个的光学距离）提到的优点。实际上，可以通过装配阵列 112 实现如虚线箭头 120 所示的侧向移动来获得在测量范围方面的进一步优点。这使仪器 100 能够记录折射性比可以利用固定位置的阵列 120 来测量的透镜更高的透镜的特性。

在仪器 100 的第二配置中，如箭头 122 所示，阵列 112 可以沿着轴 106 上下移动以便（在光学上）更接近或者更远离湿池 104 中的透镜 102。为求简化，假设只需要在 114 和 124 标出的两个位置，尽管也可以采用一个或者多个中间位置，且具有结合图 5 的仪器 50 提到的优点。在最远的位置 114 用实线示出阵列 112，而在最近的位置 124 用虚线示出阵列 112（此处被标出为 112a）。同样，如果需要，则阵列 112 可以在位置 114（和/或在位置 124）横向地移动，以允许表征范围更广的透镜 102（如虚线箭头 120 所示和如上所述）。实际上，如果透镜 102 和湿池 104 也如上文所述地可移动，则可以适用于甚至更大的测量范围。

尽管用于对光学系统（如接触透镜）进行表征的仪器的这一例子消除了对分光器的需要，但是在一个或者两个维度上准确地移动一个或者多个检测器阵列和/或光学系统的需要将增添成本和复杂性。

在图 9 中示出了根据本发明形成的测量仪器或者系统的第三例子。在这一例子中，仪器 150 使得能够对反射（包括后向散射（back-scattering））光学系统进行映射或者以别的方式进行表征，无论它们是简单反射镜、成型反射表面或者复杂光学系统，比如人眼。如图 9 中所示，通过利用从视网膜 155 的反射或者后向散射将入射光束 154 扫描到具有光轴 153 的人眼 152 中，生成返回或者出射光束 156，来评估具有光轴 153 的人眼 152 的光学特性，其中入射光束 154 的扫描由箭头 158 标出，在图 9 中未另外示出扫描单元。扫描入射光束 154 直接地穿过第一分束器 160、在眼睛 152 的角膜 161 上的位置 P_0 通过角膜 161 并且到达视网膜 155 上。返回出射光束 156 反向传递到分束器 160 中，反射到第二分束器 162 中（如在 156’所示），第二分束器 162（与图 1 的分束器 22 中一样）将出射光束 156’的第一部分 156’a 引导到第一或者‘近处’检测器阵列 164，将出射光束的

第二部分 156'b 引导到第二或者'远处'检测器阵列 166。如针对第一例子所述，阵列 164 和 166 实现在两个不同光学距离确定出射射线 156 的横向坐标，入射与出射射线 154 与 156 之间的相对角度可以根据这些坐标集来确定，并且所述相对角度可以作为用于生成图 1 中所示类别的数据输出（可以被映射到角膜 161 的表面上）的基础。

因为角膜易于可视化，并在涉及到角膜重新成形的过程中，以相当可观的准确性确定了角膜表面在重新成形过程之前的轮廓或者外形，最好是将眼睛 152 的光学特性映射到角膜 161 的表面上而不是视网膜 125 上。将眼睛的屈光力映射到角膜上并结合角膜外形的确定，可以提供角膜修改以及提供定制矫正眼科透镜所需的接近完整的信息。然而，眼睛的光学特征也可以映射到视网膜的表面上，或者如果需要也可以映射在眼睛内可视化的任何其它界面上。

本发明的第四示例实施例是图 10 中所示仪器 200，仪器 200 采用单个固定检测器阵列来输出在距光学系统的两个光学距离处的出射光束的横向坐标。更具体地参照图 10，在 201 示出系统的光轴，在 202 示出入射光束，在 204 示出出射光束，在 206 示出透镜（被表征的光学系统），在 207 示出单个检测器阵列。与第一例子[图 1]中一样，在透镜 206 的表面上扫描入射光束 202，并示出在入射光束 202 撞击斑点 P_0 的时刻的入射光束 202。尽管仅使用一个检测器阵列，但是检测器装置——由虚线框 209 标出——很复杂且将在下文加以描述。

出射光束 204 由分束器 208 分成两个部分。第一部分 204a 经由第二分束器 210 经过短的光学距离直接地行进到阵列 207，而第二部分 204b 也经由第二分束器 210 经过更长的光学距离间接地行进到阵列 207。通过在分束器 208 中将光束部分 204b 横向地反射到第一镜 214 来实现光束 204b 的更大光学距离，光束 204b 从第一镜反射到第二镜 216，第二镜 216 将光束 204b 反射回第二分束器 210，最终光束 204b 与第一光束部分 204a 一起从第二分束器 210 反射到阵列 207。

可以用多种方式避免光束部分 204a 与 204b 在阵列 207 的混淆，最便利的方式是利用光学性质、时间复用或者脉冲编码来区分。利用光学性质来区分可以被实施为：使用光束部分 204a 的路径中的第一光学滤波器 218 和光束部分 204b 的路径中的第二滤波器 220。滤波器 218 和 220 可以是极化滤波器、滤色器或者强度滤波器；其选择取决于检测器阵列 207 的特征。因此，如果阵列 207 对颜色敏感，则滤波器 218 可以是红色滤色器，

而滤波器 220 可以是绿色滤色器，从而阵列 207 可以容易地区分光束部分 204a 和 204b。通过将第一机械或者光电遮光器 222 引入到光束部分 204a 的路径中而将相似遮光器 224 引入到光束部分 204b 的路径中，可以实施时间复用。操作遮光器 222 和 224，以交替地阻隔光束 204a 和 204b，使得向阵列 207 交替地提供光束，这是一种时分复用形式。这要求计算机系统（这里未示出）知道各时隙中存在哪个光束，这是一个本领域技术人员能够实施的问题。可以通过仅使用遮光器 222 或者 224 中的一个遮光器（比如光束 204a 的路径中的遮光器 222）来实施脉冲编码。以明显比入射光束 202 在透镜 206 上逐斑点的扫描更快地方式来操作此遮光器，从而在入射光束 202 保持于斑点 P_0 上的时间间隔期间，来自光束 204a 的信号表现为交流而来自光束 204b 的信号表现为直流。因此可以通过公知电子滤波技术容易地区分这两个信号。

仪器 200 的另一可选改进允许按照需要延长光束部分 204b 的路径长度，以便极大地增加仪器的灵敏度，其中被表征的光学系统具有非常低的屈光力或者像差。在这种选择中，包括镜 214 和 216 的由框 226 标出的子组件可以朝向和背离分束器 208 和 210 横向地移动，以仅更改在被表征的光学系统[在这一情况下为透镜 206]与用于光束部分 204b 的检测器阵列 207 之间的光学距离。可以扩展仪器 200 的这一变型以包括多于两个的光路长度。在重新组合数个光路长度以由单个检测器检测之前，可以添加更多分光器以生成数个光路长度。也可设想使用先前例子中描述的其它变型，比如用移动反射镜分光器来取代分束器 208 和/或 210。

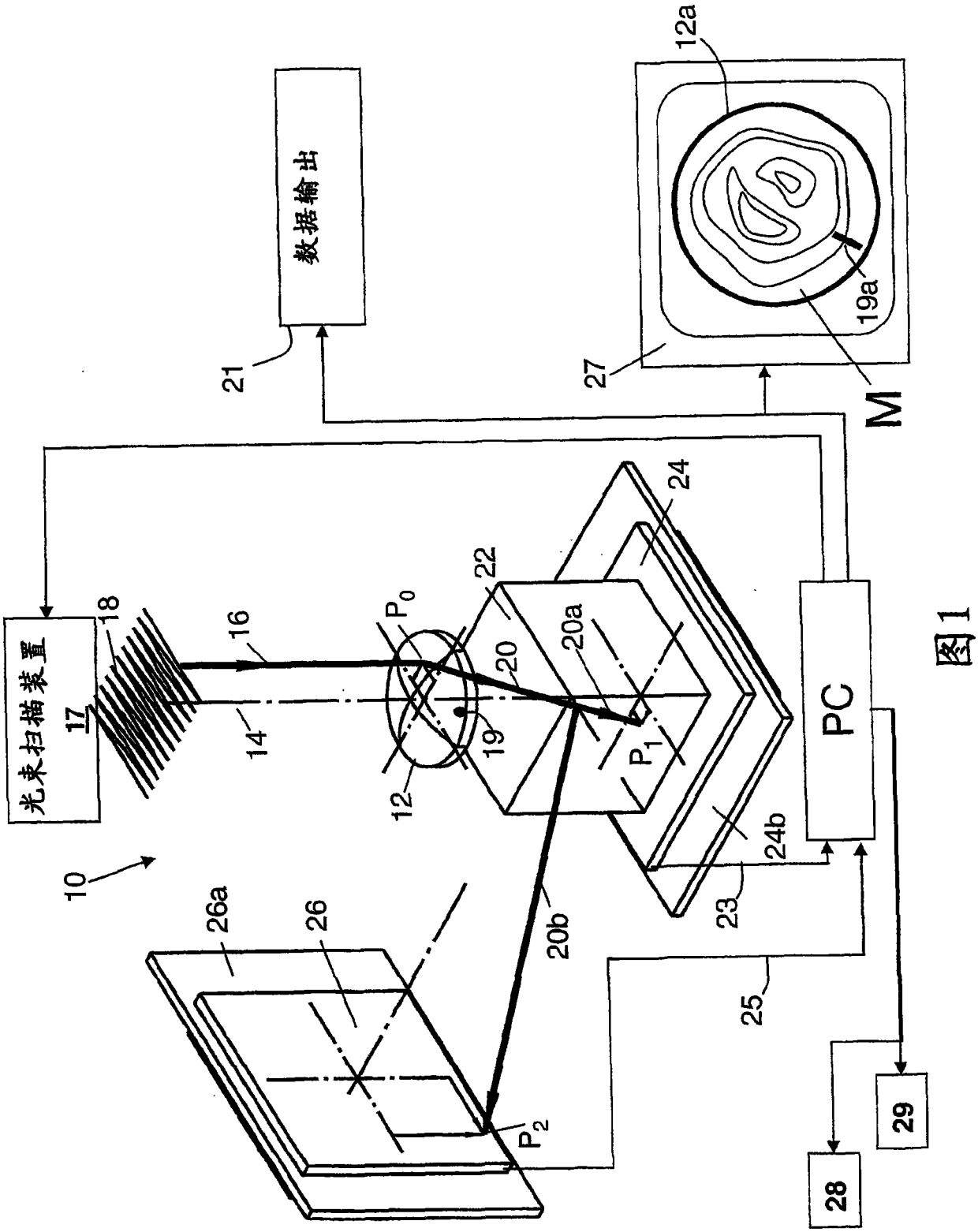

数据输出
21
12a
19a
27
M
光束扫描装置
17
18
16
14
P_0
12
19
20
22
20a
24
P_1
24b
23
PC
10
26a
26
20b
P_2
25
29
28

图1

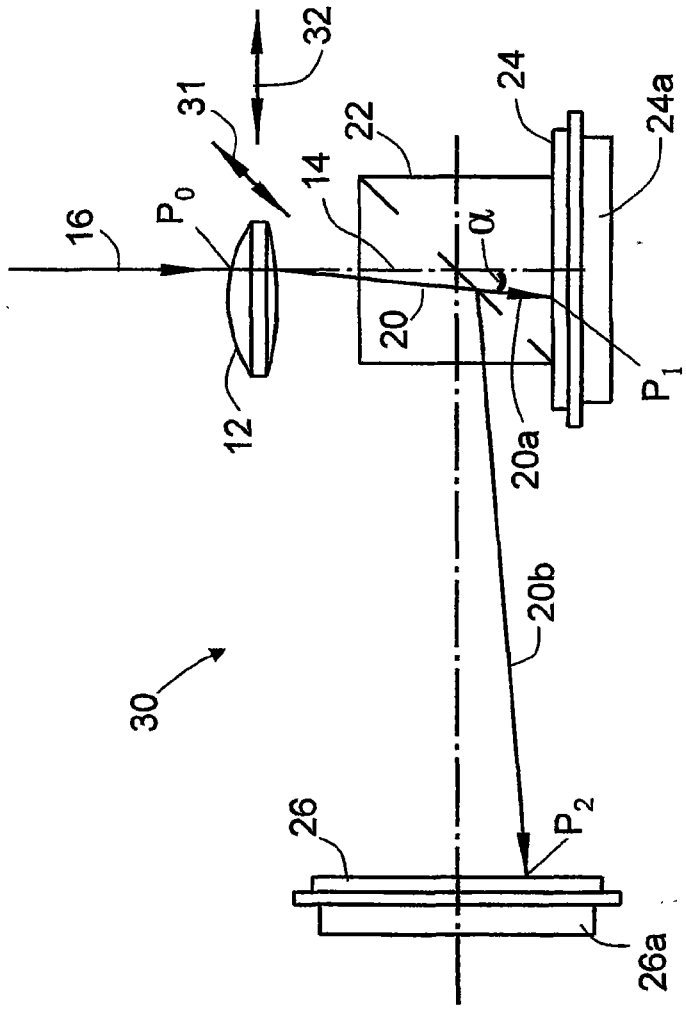


图 2

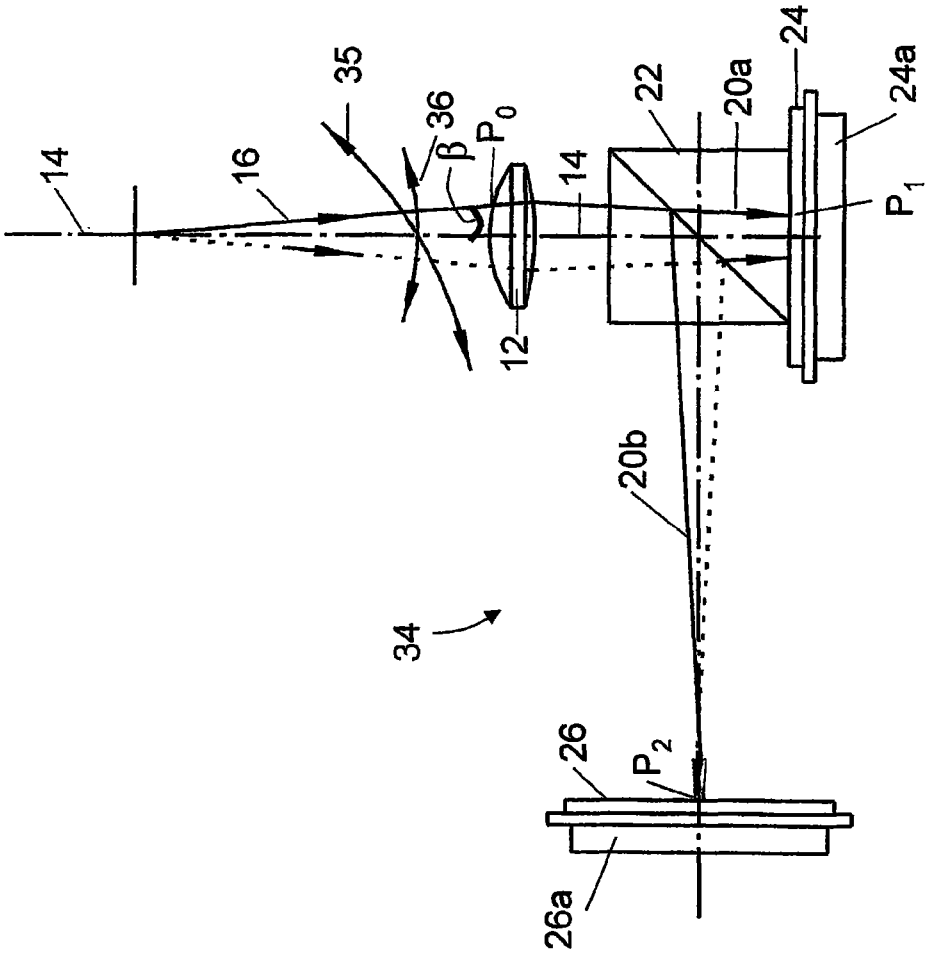


图 3

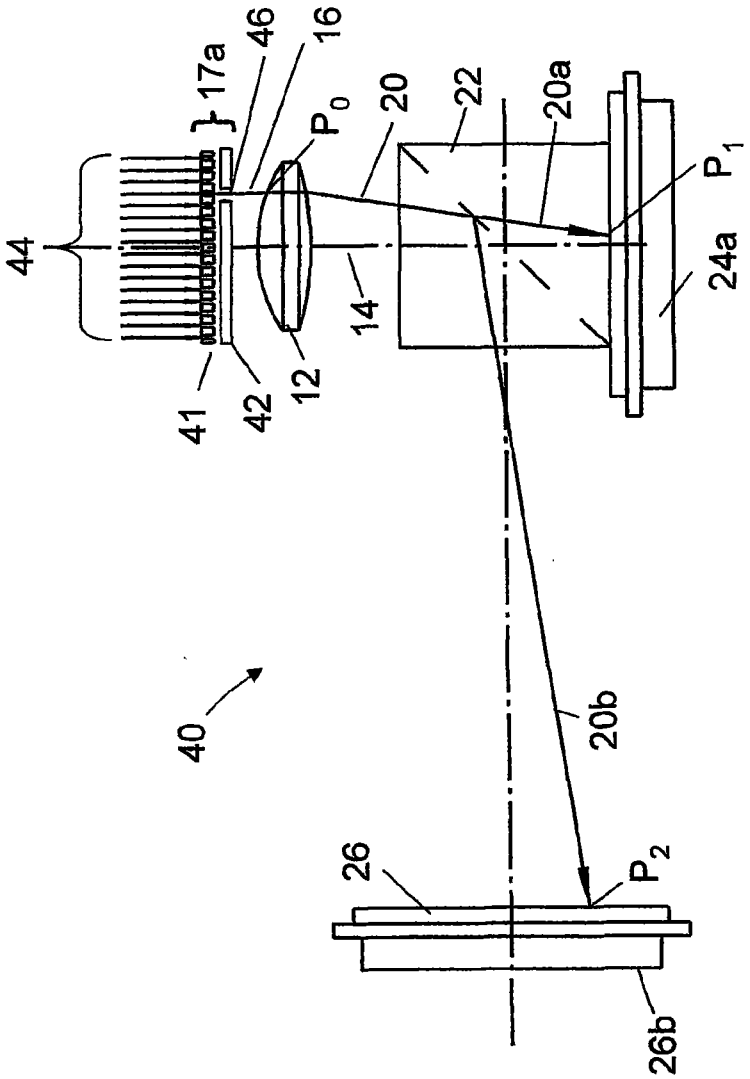


图 4

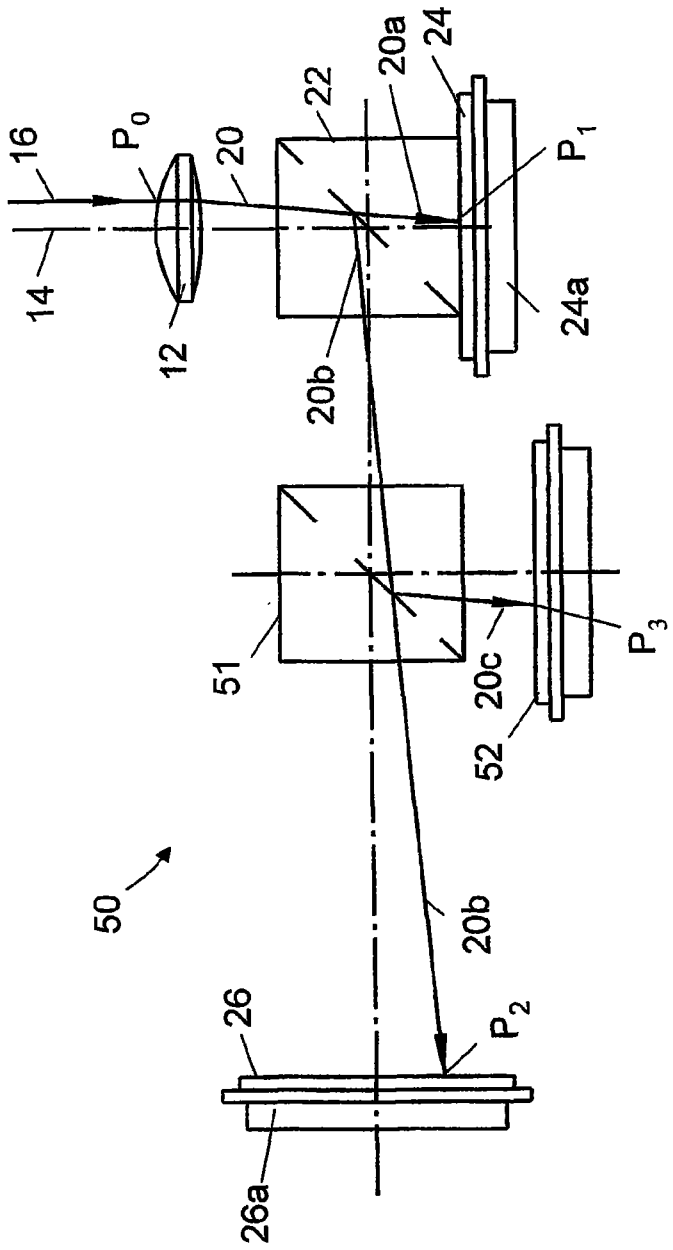


图 5

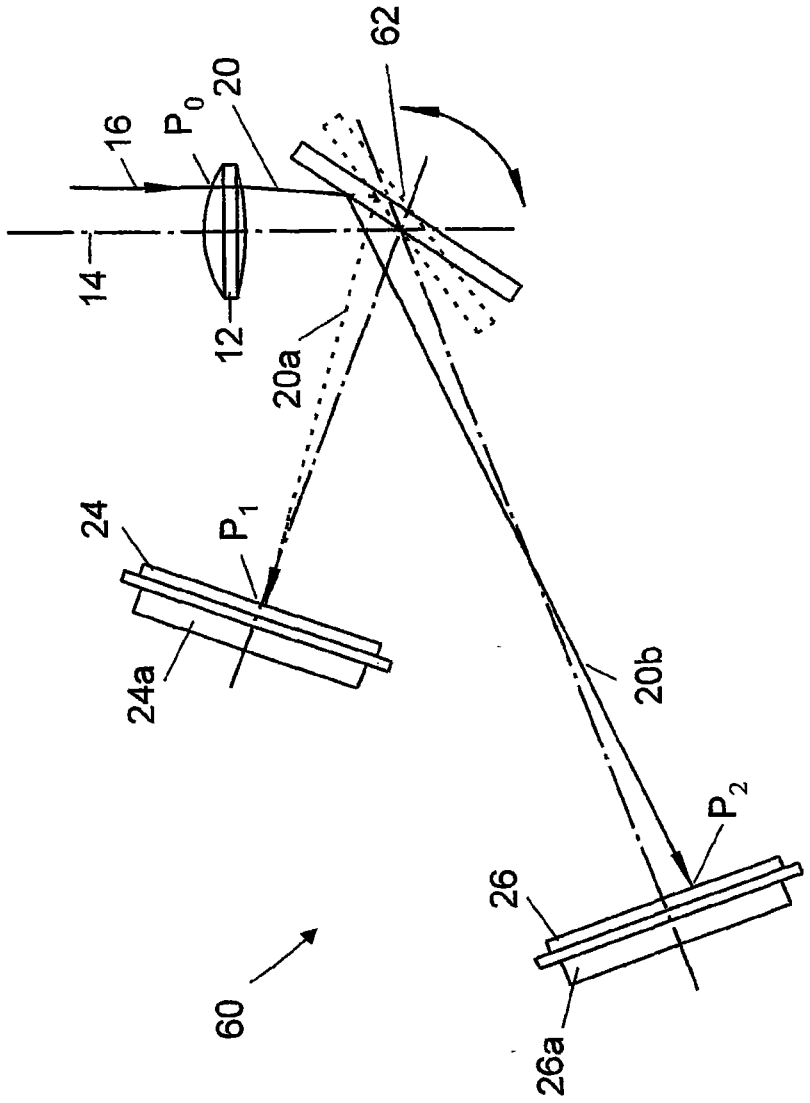


图6

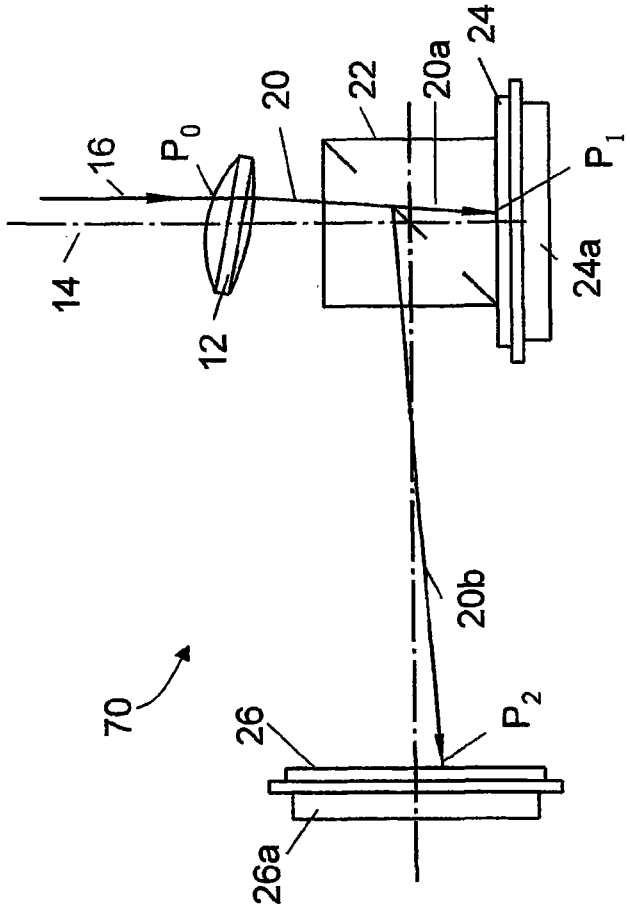


图 7

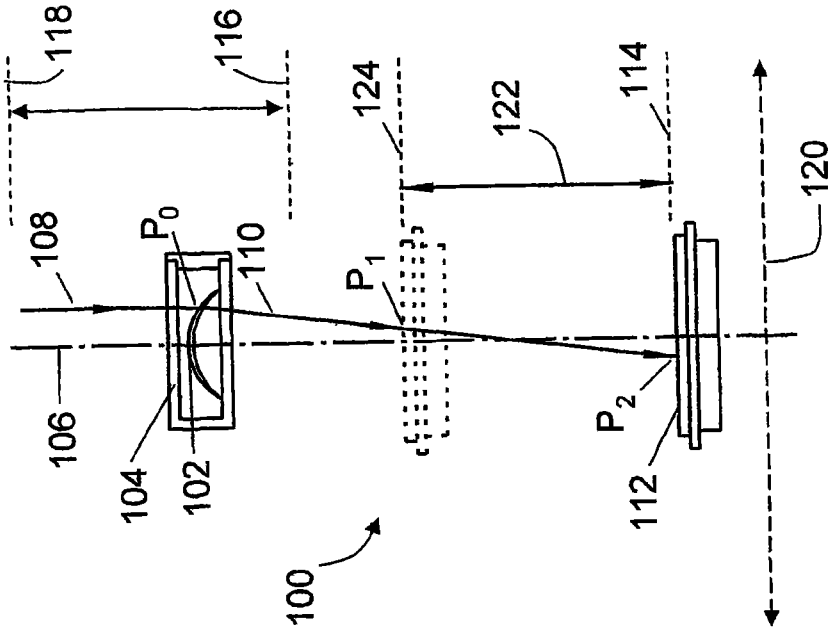

118
116
124
122
114
120
108
P_0
110
P_1
106
104
102
P_2
112
100

图9

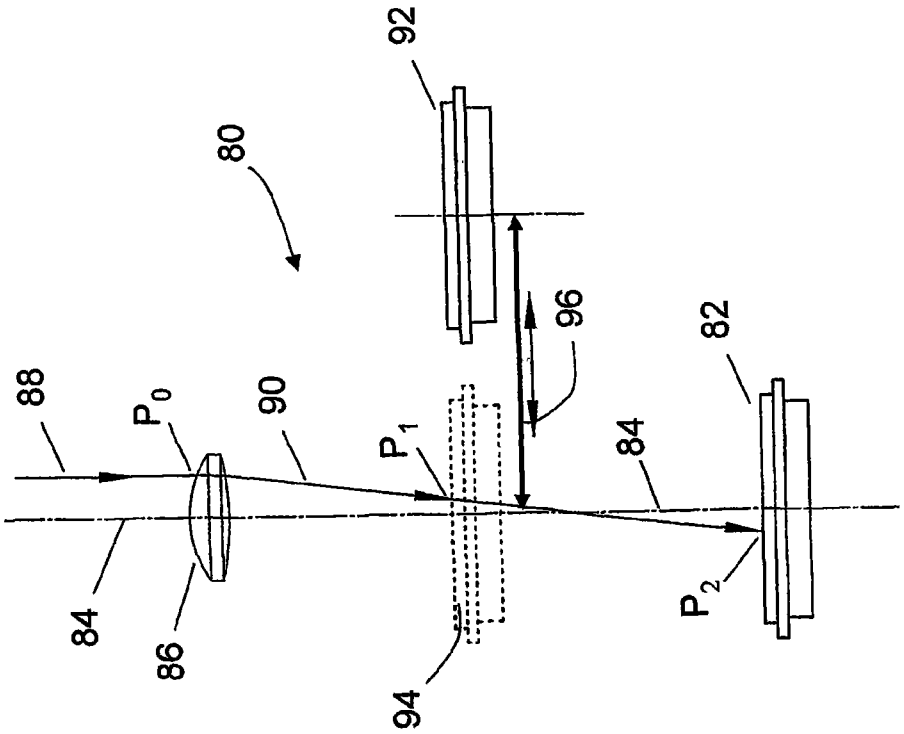

92
80
96
82
88
P_0
90
P_1
84
84
86
P_2
94

图8

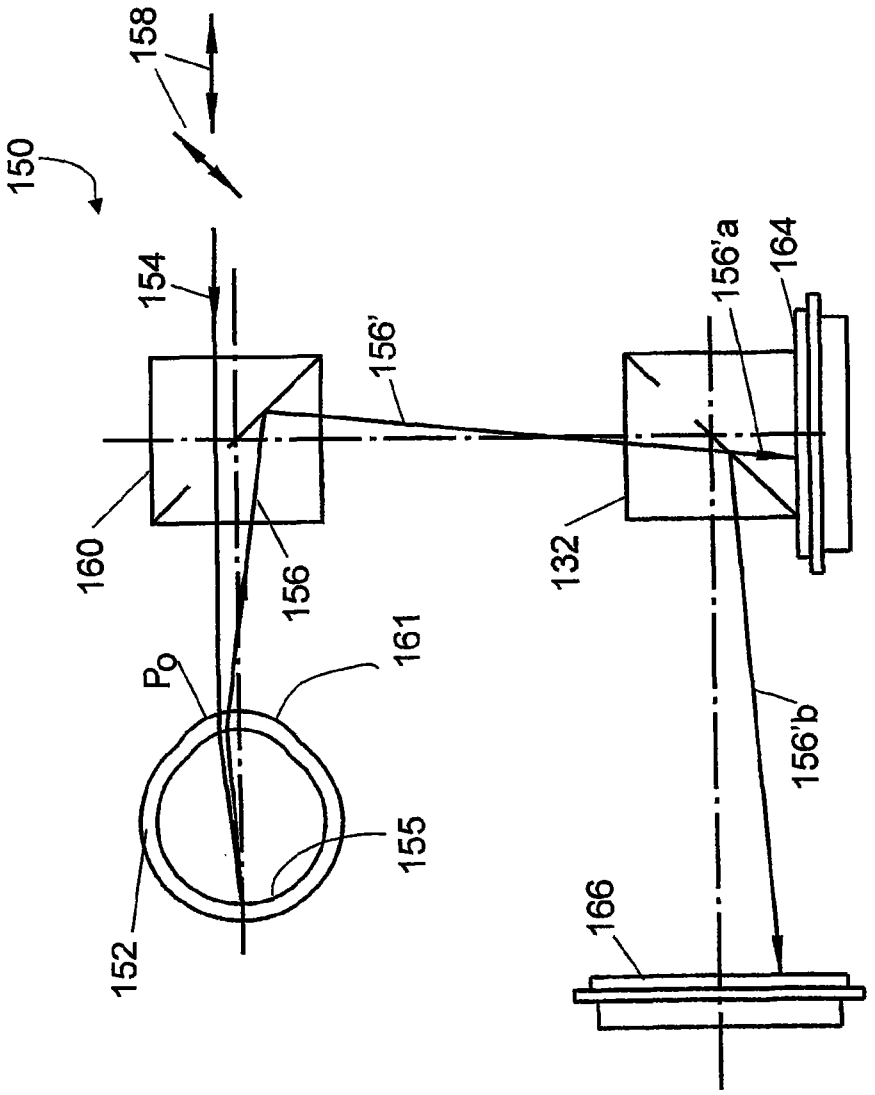


图10

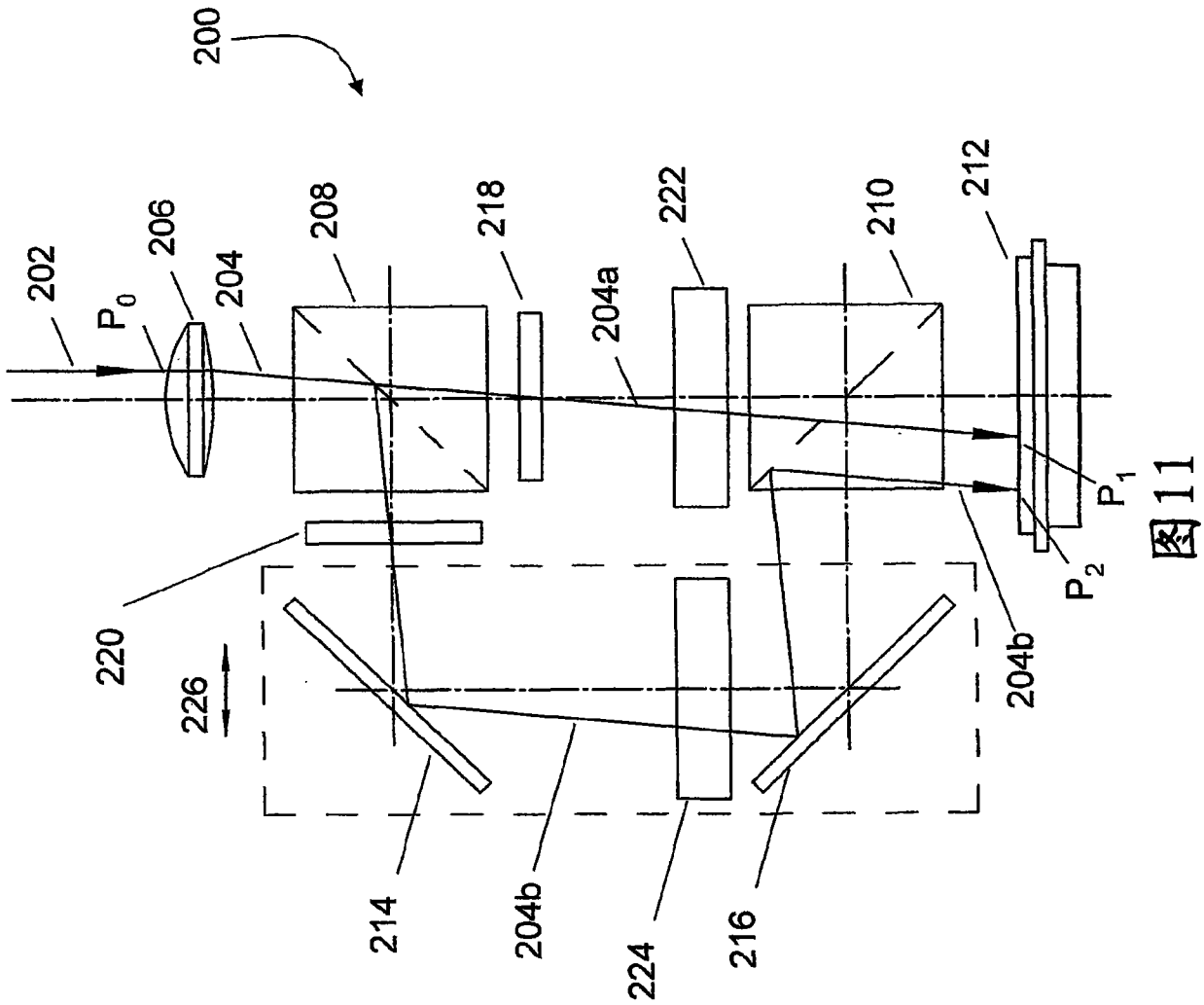

200
202
P_0
206
204
208
218
204a
222
210
212
P_1
P_2
220
226
214
204b
224
216
204b

图 11