[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
A61B 3/103

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02822361.6

[43] 公开日 2005 年 2 月 23 日

[11] 公开号 CN 1585619A

[22] 申请日 2002.8.27 [21] 申请号 02822361.6
[30] 优先权
[32] 2001. 9.12 [33] US [31] 09/950,916
[86] 国际申请 PCT/US2002/027243 2002.8.27
[87] 国际公布 WO2003/022140 英 2003.3.20
[85] 进入国家阶段日期 2004.5.11
[71] 申请人 庄臣及庄臣视力保护公司
地址 美国佛罗里达州
[72] 发明人 D·F·罗斯三世 J·比勒
M·肖特纳 F·米勒

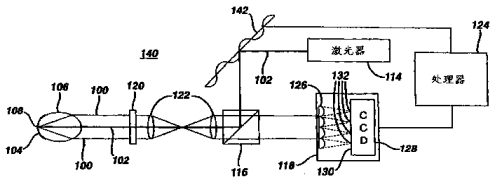
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 吴立明 张志醒

权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 9 页

[54] 发明名称 眼波前测量装置

[57] 摘要

几个用于在眼波前测量系统中改进象差测定能力，提供矫正处方检验，并矫正双目视力的设备和方法。(1)通过修改入射束改进对象差的测定能力，这包括利用传感器感测从一个眼睛响应入射束所发出波前中的图象，然后利用适配光学装置根据感测到的信息修改入射束。(2)矫正处方检验包括利用适配光学元件在患者眼中产生修正的图象去修改图象。(3)对于一对眼睛的双目视力矫正包括利用第一眼波前测量装置测量一个眼睛的象差，并基本上在同一时刻利用第二眼波前测量装置测量由另一个眼睛产生的象差。



ISSN1008-4274

1. 一种用于眼波前测量装置以修改进入眼睛的入射束的设备，该设备包括:

一种传感器，用于感测眼睛响应入射束所发出波前中的图象;

一种能修改该入射束的适配光学装置；以及

一种处理器，用于接收该传感器的信息，并根据该信息调整所说的适配光学装置来修改入射束使得在传感器处产生所希望的图象。

2. 按照权利要求 1 的设备，其中所希望的图象基本上是圆形的。

3. 按照权利要求 1 的设备，其中所说的传感器包括哈特曼－沙克透镜阵列。

4. 按照权利要求 1 的设备，其中所说的传感器至少感测所说的波前中一个样品的图象。

5. 按照权利要求 1 的设备，其中所说的适配光学装置是一种可变形镜。

6. 一种用于测量由眼睛引起象差的眼波前测量装置，该眼波前测量装置包括权利要求 1 的设备，并进一步包括:

一种用于产生入射束的辐射源。

7. 按照权利要求 6 的眼波前测量装置，其中所说的传感器包括哈特曼－沙克透镜阵列。

8. 按照权利要求 6 的眼波前测量装置，进一步包括:

一种用于感测波前象差的第二传感器。

9. 一种用于眼波前测量装置用于修改进入眼睛入射束的设备，该设备包括:

一种传感器，用于感测眼睛响应入射束所发出的图象；和

一种能修改入射束的适配光学装置，该适配光学装置响应传感器的信息使入射束变形以对入射束进行修改，从而在传感器处产生所希望的图象。

10. 按照权利要求 9 的设备，进一步包括:

一种处理器，用于接收所说的传感器的信息，并根据该信息调整可变形镜来修改入射束，以便在传感器处产生所希望的图象。

11. 一种用于眼波前测量装置以修改进入眼睛入射束的方法，该方法包括的步骤是:

感测眼睛响应入射束所发出波前中的图象；和

修改入射束以便产生所希望的感测图象。

12. 按照权利要求 11 的方法，其中所说的感测波前图象的步骤包括的步骤是:

接收传感器处的图象；和

产生有关该图象的信息。

13. 按照权利要求 12 的方法，其中修改入射束步骤包括利用一种可变形镜去修改入射束的步骤。

14. 按照权利要求 13 的方法，其中利用可变形镜修改入射束的步骤进一步包括以下步骤:

处理有关波前图象的所述信息以测定所要求的变形，使得在传感器处产生所希望的波前图象；和

根据上述处理信息使可变形镜变形。

15. 一种矫正处方检验设备，该设备用于能够产生与眼睛引起象差有关信息的眼波前测量装置，这种设备包括;

一种能够发射图象的投影仪;

一种能够修改该投影仪所发射图象的适配光学装置；以及

一种处理器，能够接收有关眼睛引起象差的信息，并调整适配光学装置以产生矫正的图象。

16. 按照权利要求 15 的矫正处方检验设备，由能够从景物获取所说图象的照相机产生该图象。

17. 按照权利要求 16 的矫正处方检验设备，进一步包括:

一种具有第一位置和第二位置的可移动镜，该可移动镜在其第一位置时将图象导向眼睛，而在其第二位置时能让眼睛直接看到景物。

18. 按照权利要求 15 的矫正处方检验设备，其中所说的适配光学装置是一种可变形镜。

19. 一种能给患者显示景物的矫正处方检验方法，该方法用于能够产生有关患者眼睛引起象差信息的眼波前测量装置，这种方法包括的步骤是:

获取景物图象;

发射该景物图象;以及

根据有关眼睛引起象差的信息修改所发射的图象,以便在眼睛处产生矫正的图象。

20. 按照权利要求 19 的矫正处方检验方法,进一步包括的步骤是:

当可移动镜在第一位置时将图象导向眼睛;以及

当可移动镜在第二位置时能让眼睛直接看到景物。

21. 一种用于测定一对眼睛象差的双目波前象差测量设备,所说的系统包括:

第一眼波前测量装置用于测量这对眼睛中由第一个眼睛引起的象差;

第二眼波前测量装置用于测量这对眼睛中由第二个眼睛引起的象差;以及

其中第一眼波前测量装置测量由第一个眼睛引起的象差,而第二眼波前测量装置在基本上同一时刻测量由第二个眼睛引起的象差,为这对眼睛的每个眼睛测定出矫正处方,从而对双目视力进行矫正。

22. 一种用于一对眼睛的双目波前象差测量方法,该方法包括的步骤是:

(a)测量由这对眼睛中的第一个眼睛引起的象差;

(b)基本上与步骤(a)同一时刻测量由这对眼睛中的第二个眼睛引起的象差;以及

(c)对第一个眼睛测定第一矫正处方,并对第二个眼睛测定第二矫正处方。

眼波前测量装置

技术领域

本发明涉及一般测量患者眼睛象差的光学仪器，更具体而言，涉及的设备和方法用于在眼波前测量系统中修改进入患者眼睛的入射束，检验患者视力的矫正处方，以及对双目视力进行矫正。

背景技术

眼睛是一种具有数个透镜元件的光学系统，能够把表现图象的光线聚焦到眼内视网膜上。产生在视网膜上图象的清晰度是测定眼睛视力敏锐程度的一个因素。然而，透镜和其它元件以及眼睛内部物质的不完善都可能造成光线偏离所希望的途径。这些称作为象差的偏离造成图象模糊，视力敏锐程度下降。因此，为了矫正这些问题采用了一些测量象差的方法和设备。

检测由眼睛引起象差的一个方法涉及测量从眼睛出来的光线中被引入的象差。聚焦在眼视网膜上一个点的入射光束象一个波前一样，会被眼睛反射或反向散射出眼睛之外，该波前包含了由眼睛引起的象差。测定这个波前离散部分（即一些样品）的传播方向，就可以测定出由眼睛引起的象差。然后可以利用所测定的象差去做成矫正的透镜和/或去执行矫正程序，以修复视力的敏锐程度。

图 1 概括地描述了一个波前的产生。波前 100 是入射束 102 在眼睛 106 的视网膜 104 上反射出外而产生的。入射束 102 在视网膜 104 的上聚焦为一个小斑点 108。起漫反射镜作用的视网膜 104 反射入射束 102，产生波前 100。理想情况下波前 100 应当如平面波前 110 所描绘的没有象差。但是，在波前 100 穿出眼睛 106 时，由眼睛 106 引起的象差就造成了一种如象差波前 112 所描绘的，有缺陷的波前。波前 100 表现了由于散焦、散光、慧形差、球面象差以及其它参差无规而产生的象差。测量和矫正这些象差可以让眼睛 106 接近其完整的潜在能力，即接近其视力分辨率的极限。

图 2 描绘了眼波前测量装置的现有技术，用来测量如图 1 所示的波前 100 中的象差。辐射源 114（如激光器）产生入射束 102，该束被光束分离器 116 送到眼睛 106。通常，辐射源 114 产生的入射束 102 基

本上是圆形的。入射束在眼 106 的视网膜 104 上形成斑点 108。眼睛 106 没有缺陷时，视网膜 104 上形成的斑点 108 是圆形的。由于眼睛 106 内的缺陷，入射束 102 有了象差，从而在视网膜 104 上形成的斑点 108 是非-圆形的，如图 2A 所示。正如下面要讨论的，非-圆形视网膜斑点 108 将影响对于由眼睛 106 的缺陷所产生象差的测定。然后视网膜 104 反射斑点 108 的光，产生波前 100，该波前在通过透镜和眼睛 106 其它成分和物质时就具有了象差。

波前 100 在返回的途径中，穿过光束分离器 116 射向传感器 118。把一个四分之一波片 120 置于眼睛 106 和光束分离器 116 之间。四分之一波片 120 的应用是大家都知道的技术，可以对进入眼睛 106 的入射束以及从眼睛 106 发出的波前 100 进行偏振处理，使得波前 100 在垂直于入射束 102 的方向上产生偏振，从而有助于波前 100 穿过光束分离器 116 射向传感器 118。添加的透镜组 122 位于眼睛 106 和传感器 118 之间，以使眼睛 106 瞳孔的平面按所希望的放大倍数成象到传感器 118 上。然后，传感器 118 检测到的信息由处理器 124 处理，以测定波前 100 的象差并测定眼睛 106 的矫正处方。

典型的传感器 118 包括哈特曼－沙克透镜阵列（Hartman－Shack lenslet array） 126 和成象装置 128，该成象装置又包括成象平面 130，如电荷耦合装置（CCD）阵列。透镜阵列 126 从波前 100 取样，并在波前 100 穿过成象平面 130 时，在该平面上产生斑点阵列 132，如图 2B 所示。斑点阵列 132 中的每个斑点都是视网膜斑点 108 的象。斑点阵列 132 中每个斑点的相对位置都能够用来测定波前 100 的象差。

典型地，波前 100 的象差是通过测定波前 100 每个样品的象差，而后再加以综合而测定的。然后利用测定的象差来计算眼睛 106 的矫正处方。

通过测定斑点阵列 132 中每个斑点的质心，并将该斑点质心的位移与一个对应的参考位置，如参考斑点 134 的位置，相比较，就可测定波前 100 每个样品的象差。由于斑点阵列 132 中每个斑点都是视网膜斑点 108 的一个象，所以如果视网膜斑点 108，如图 2A 所描绘的，是非-圆形的，则斑点阵列 132 中每个斑点，如图 2B 所描绘的，都将是非-圆形的。

但是，测定非-圆形斑点的质心是困难的，处理起来需要许多时间和人力。因此，由于测定斑点阵列 132 中斑点质心是测定波前 100 象差的先决条件，而测定非-圆形斑点质心又有困难，所以成象平面 130 上非-圆形斑点会降低计算象差的速度和准确度。因此，在成象平面 130 上产生圆形斑点的设备和方法是会很有用处的。

要改进的另一个方面涉及到波前测量装置用高准确度测定由眼睛 106 引起象差的能力。用这样的准确度可以制定一个精确适合患者视力需要的矫正处方。然而，这种为患者精确定制的矫正处方不可能通过一系列透镜的测试就交给患者，好象在一个眼科医生那里常规测定矫正处方的做法一样。这是由于每个精确定制的矫正处方都是唯一的，如果没有按该处方要求的特制透镜，而用一系列透镜来再现这种矫正处方是不可能的。因此，患者没有能力去测定由波前测量装置测定的矫正处方是否能满足其视力的需要，除非根据处方要求的眼具已经制好（例如，矫正透镜已经磨出或者隐形透镜已经形成）。所以，能让患者在根据处方要求的眼具制好之前对矫正处方进行校验的设备方法是有用处的。

还有一个要改进的方面涉及到象差对双目视力（即，在同一时刻是用两个眼睛观看一个物体的）的依赖关系。图 2 所示的一种现有技术波前测量装置，一个时刻只对一个眼睛进行测量。因此，在开出矫正处方时不能计及双目视力对有关象差的影响，所以，用常规波前象差测量装置不能达到视力分辨率的极限。所以，具有双目测量能力的波前测量设备和方法将是有用处的。

发明内容

本发明公开的设备和方法，用于在眼波前测量系统中改进象差测定，矫正处方检验（corrective prescription verification），并对双目视力予以矫正。

本发明的一个方面是修改入射束的设备和方法，它们利用波前测量装置改进象差测量，来修改进入眼睛的入射束。借助对入射束进行修改，可以对波前测量装置成象平面上形成的图象形状进行控制，以便形成所希望的图象，从而使得测定象差涉及的计算变得容易。修改入射束的设备包括一种传感器，用于感测从眼睛响应入射束所发出波前中的图象，一种用于修改入射束的适配光学装置，以及一种处理器，

用于接收传感器的信息并对适配光学装置进行调整，来修改入射束以便在传感器上产生所希望的图象。修改入射束的方法包括感测从眼睛响应入射束所发出波前中的图象，并对入射束进行修改来产生所希望的感测图象。

本发明的另一个方面是一种检验矫正处方的设备和方法，它们利用波前测量装置产生与眼睛所引起象差有关的信息。矫正处方检验的设备和方法使波前测量装置能够给患者呈现出一种图象，就好象患者戴上了由波前测量装置测定的矫正处方所矫正的眼具所出现的图象一样。矫正处方检验设备包括一种能够发射图象的投影仪，一种能够修改投影仪发射图象的适配光学装置，以及一种处理器，能够接收与眼睛引起象差有关的信息，并调整适配光学装置来产生矫正的图象。矫正处方的检验方法包括发射景物图象，并根据与眼睛引起象差有关的信息修改发射的图象，在眼睛中产生矫正的图象。

本发明还有一个方面是双目波前测量设备和方法，用于在基本上同一时刻测定一对眼睛的象差。这种双目波前测量设备包括第一眼波前测量装置，用以测量一对眼睛中第一个眼睛引起的象差，以及第二眼波前测量装置，用以测量这对眼睛中第二个眼睛引起的象差。双目波前测量方法包括测量一对眼睛中第一个眼睛引起的象差，测量这对眼睛中第二个眼睛引起的象差，以及测定第一个眼睛的矫正处方和第二个眼睛的矫正处方，其中对第一个和第二个眼睛象差的测量基本上是在同一时刻进行的。

附图说明

图 1 是被一个眼睛视网膜反射出来的入射束所产生波前的示意图；

图 2 是现有技术测量由一个眼睛引起象差的设备方框图；

图 2A 是图 2 所示眼睛视网膜上形成的一个斑点图象；

图 2B 是图 2 所示现有技术设备中由传感器产生的一个斑点阵列图；

图 3 是按照本发明能够对入射束进行修改的波前测量装置方框图；

图 3A 是不对入射束进行修改时，由图 3 的传感器产生的一个斑点阵列图；

图 3B 是按照本发明对入射束进行修改时，由图 3 的传感器产生的一个斑点阵列图；

图 4 是按照本发明能够对入射束进行修改的另一种波前测量装置方框图；

图 4A 是在图 4 另一种波前测量装置中，在成象平面上形成的视网膜斑点图象；

图 5 是按照本发明具备矫正处方检验能力的波前测量装置方框图；以及

图 6 是按照本发明双目波前测量设备方框图。

具体实施方式

图 3 阐明的是按照本发明能对入射束修改的眼波前测量装置 140。总体来看，辐射源 114 产生入射束 102，该入射束由适配光学装置 142 进行修改。然后光束分离器 116 使入射束 102 改变方向射向眼睛 106。入射束 102 穿过角膜进入眼睛 106，在角膜处入射束被聚焦为视网膜 104 上一个斑点 108，且被反射形成波前 100，并从眼睛 106 返转出去。波前 100 受到眼睛 106 内的缺陷影响造成象差。受影响的波前 100 穿过光束分离器 116 射向传感器 118，该传感器从波前 100 取样并获取有关在传感器 118 处形成的视网膜斑点 108 的一个或多个图象的信息。处理器 124 控制适配光学装置 142 去修改入射束 102，使得在传感器 118 上产生所希望的图象。

波前测量装置 140 与图 2 描述的现有技术波前测量装置类似，但在入射束 102 的途径中添加了适配光学装置 142。处理器 124 根据传感器 118 的反馈利用适配光学装置 142 修改入射束 102，在传感器 118 处产生出所希望的图象。在一个优选的实施方案中，所希望的图象具备容易计算的质心，从而使波前 100 象差的测定变得容易。下面对波前测量装置 140 作更详细的描述。

辐射源 114，优选为一种激光器，生成一束准直的光子束而产生入射束 102。已经熟知现有技术中还有其它几种合适的用于波前测量装置的辐射源。

适配光学装置 142 能够响应修改信号修改入射束。如下面要描述的，在所阐明的实施方案中处理器 124 根据传感器 118 的信息产生修改信号。另一个可能的选择是，适配光学装置 142 可以包括一种处理器，能根据传感器 118 的信息去配置适配光学装置 142。

在所阐明的实施方案中，适配光学装置 142 是一种可变形镜。当入

射束 102 从该变形镜表面偏转出来时，这种可变形镜表面便响应修改信号而变形以修改入射束 102。在现有技术里的波前测量装置中采用可变形镜是熟知的。在其它实施方案中，适配光学装置 142 可以是一种液晶装置，一种微型机械镜或者是其它能够修改入射光束的合适装置。

光束分离器 116 是一种大家知道的装置，它能够对光束的通过和方向进行选择。在所阐明的实施方案中，光束分离器 116 配置为将入射束反射向眼睛 106，并让从眼睛 106 射出的未经变化的波前 100 穿过。优选地，光束分离器 116 是一种偏振光束分离器，能根据光的偏振选择性地让光束穿过或反射。

眼睛 106 接收入射束 102，并与之响应而散发出波前 100。这里，入射束 102 聚焦为眼睛 106 的视网膜 104 上的一个斑点 108。理想情况下，如下面要描述的，视网膜斑点 108 应该基本上是圆形的，以有助于对传感器 118 处形成的视网膜斑点 108 的一个或者多个图象质心的计算。但是，由于眼睛 106 内部的缺陷对进入眼睛 106 入射束 102 的作用，视网膜斑点 108 可能如图 2A 所描绘的，是不规则的（例如，非-圆形的）。

一种四分之一波片 120 和透镜组 122 位于眼睛 118 和传感器 118 之间。四分之一波片 120 将线偏振光转换为圆偏振光或作逆向转换，以便用一种已知方式调节进出眼睛 106 的光，使得光束分离器 116 能够恰当地对入射束 102 和波前 100 予以导向。透镜组 122 用一种已知方式对眼睛 106 和传感器 118 之间的波前 100 予以导向，以便以所希望的放大倍数使眼睛 106 瞳孔平面成象到传感器 118 上。在现有技术中四分之一波片 120 和透镜组 122 都是熟知的。

传感器 118 是一种常规的传感器，用于感测眼睛 106 发出的波前 100 内的视网膜斑点 108 的图象。在所阐明的实施方案中，传感器 118 包括哈特曼－沙克透镜阵列 126 和一种成象装置 128，如一种 CCD 照相机。透镜阵列 126 使波前 100 的一部分（即，样品）聚焦到成象装置 128 的成象平面 130 上。成象装置 128 能够精确地检测出入射到成象平面 130 上的能量的位置，并产生有关能量位置的信息以供处理器 124 进行处理。如图 3 和 3A 描绘的，透镜阵列 126 在成象装置 128 的成象平面 130 上形成视网膜斑点 108 的多个图象 132，多个图象中的每一

个都表示了波前 100 的相应样品的象差。在一个优选的实施方案中，传感器 118 至少在波前 100 的一个样品中感测到视网膜斑点 108 的图象。

处理器 124 根据从传感器 118 接收到的信息调整适配光学装置 142。处理器 124 从传感器 118 至少接收波前 100 一个样品内的有关传感器 118 成象平面 130 上视网膜斑点 108 的图象信息，并对该信息进行分析，以计算修改信号来调整适配光学装置 142 对入射束进行修改，以便在传感器 118 的成象平面 130 上产生所希望的图象。例如，如果所希望的图象是圆形的，则处理器 124 将调整适配光学装置 142 来修改入射束 102，直到成象平面 130 上出现如图 3B 所描绘的圆形斑点 136 为止。

处理器 124 是一种常规的处理器，其配置为能够分析传感器 118 的信息以产生适合于适配光学装置 142 的修改信号。处理器 124 还可以利用常规的象差矫正软件来测定矫正处方，以矫正传感器 118 所感测的象差。

在应用中，波前测量装置 140 能够精确有效地测定波前中各样品的象差。如上面所讨论的，要测定波前 100 的象差通常要测定波前 100 每个样品的象差，再将全部样品的象差综合起来。单个样品象差的测定是通过测定多个图象 132 每个图象的质心和一个相应参考位置，例如参考点 134 代表的位置，之间的位移得到的。但是，测定无规则斑点，如多个图象 132 之一，的质心要求许多处理时间和人力，并且/或者还不可能象测定圆形斑点那样精确。

为了简化处理并提供更精确的质心测量，处理器 124 根据传感器 118 的信息产生修改信号，用以调整适配光学装置 142 来对入射束进行修改，接着又依次对视网膜斑点 108 和传感器 118 处的图象进行修改。处理器 124 根据传感器 118 的反馈不断更新修改信号，直到传感器 118 感测到所希望的图象为止。在一个优选的实施方案中，传感器 118 处产生的图象是一种质心容易测定的图象，如图 3B 中基本上是圆形的图象。由于精确测定基本上是圆形图象的质心比无规则图象的容易，所以在成象平面 132 上生成所希望的图象，如圆形图象 136，就能提高精确度，同时还简化了对波前测量装置 140 质心的测定，从而使得用波前测量装置 140 测定象差有所改进并变得容易。

图 4 描绘了能矫正入射束的波前测量装置的另一个实施方案。图 4 描绘波前测量装置与图 3 描绘的波前测量装置相同，但增加了另一个光束分离器 144 和传感器 146。增加的光束分离器 144 和传感器 146 用于给处理器 124 提供有关视网膜斑点 108 图象在传感器 146 处的信息，以便处理器反过来对适配光学装置 142 进行控制，对入射束 102 进行修改从而在传感器 146 处产生所希望的图象。传感器 146 上形成的视网膜斑点 108 图象的形状与在传感器 118 处形成的多个视网膜斑点 108 图象的相同。所以，如果利用修改入射束 102 在传感器 146 处生成所希望的形状，则在传感器 118 处将生成同样的所希望形状。

如上面讨论的，假如希望的形状是一种质心易于测定的形状，如圆形，则这种所希望形状的质心能够精确并容易测定。因此，由于为测定波前 100 的象差需要测定质心，所以在用波前测量装置测定象差时，精确度和效率得到提高。

光束分离器 144 是一种常规的光束分离器，能够选择性地让光束穿过和予以导向。在所阐明的实施方案中，光束分离器 144 用已知方式配置，能让部分波前 100A 穿过光束分离器 144 到传感器 118，并把部分波前 100B 反射向传感器 146。优选地，光束分离器 144 是一种偏振光束分离器，能根据光的偏振选择性地让光束穿过或反射。

传感器 146 感测眼睛 106 发出的波前 100 内视网膜斑点 108 的图象。在所阐明的实施方案中，传感器 146 包括一个单透镜 148 和一种成象装置 150，例如，一个 CCD 照相机。成象装置 150 能够精确检测入射到成象平面 152 上能量的位置，并产生有关该能量位置的信息。有关该能量位置的信息被传送到处理器 124，用于调整适配光学装置 142，如上面有关图 3 的讨论。

如图 4 和 4A 所描绘的，通过把部分波前 100B 聚焦在成象装置 150 的成象平面 152 上面，单透镜 148 在成象装置 150 的成象平面 152 上形成视网膜斑点 108 的单一图象 154。与图 3 描绘的实施方案相比较，其中为修改入射束 102 和测量象差，利用的透镜阵列 126 和成象装置 128 相同，单透镜 148 和成象装置 150 用于提供有关在成象平面 152 上形成的视网膜斑点 108 图象的反馈信息。这样就可以选择单透镜 148 的聚焦长度和成象装置 150 的灵敏度，以便提供有关视网膜斑点 108 图象形状的反馈信息，从而允许开发比图 3 描绘的更专业的入射束矫

正装置。

在应用中，图 4 和 4A 所描绘的波前测量装置利用适配光学装置 142 来修改入射束 102，以便在成象平面 152 上产生具有所希望形状的视网膜斑点 108 的图象，如成象平面 152 上基本为圆形 156。修改入射束 102 以在成象平面 152 上产生所希望的形状，导致在传感器 118 的成象平面 130 上形成多个所希望的形状，它们的质心易于测定。例如，修改入射束 102 在成象平面 152 上产生一个圆形 156 导致在成象平面 130 上形成多个圆形斑点。如前面所讨论的，由于精确测定基本为圆形图象的质心比无规则的图象容易，使质心的测定简化，从而简化了用图 4 波前测量装置对象差的测定。

图 5 描绘了一个用于波前测量装置优选的矫正处方检验装置。该矫正处方检验装置能让患者在矫正透镜形成之前，在视觉上对于波前测量装置测定的矫正处方进行校验。

图 5 描绘的波前测量装置类似于图 2 描绘的波前测量装置，因此这里只对添加的部件进行详细描述。添加的部件包括能获取景物 162 图象的照相机 160，发射景物 162 图象的投影仪 164，修改发射图象的适配光学装置 168，控制适配光学装置 168 的处理器 159，反射入射束 102 并把景物 162 的图象放置到与入射束 102 相同途径上的分光镜 170，以及可移动镜 172，当它在第一位置 172A 时，能把景物 162 的图象反射到眼睛 106 上；当它在第二位置 172B 时，能让眼睛 106 直接看到景物 162 的图象。

总体来看，辐射源 114 产生入射束 102，该入射束由光束分离器 116 改变方向，然后被分光镜 170 反射，然后又被可移动镜 172（当它在第一位置 172A 时）反射向眼睛 106。入射束 102 进入眼睛 106 并被视网膜 104 反射产生波前 100，波前 100 又从眼睛 106 返回出来。波前 100 受到眼睛 106 内缺陷的影响产生象差。波前 100 通过可移动镜 172 和分光镜 170 返回，射向传感器 118。波前 100 穿过光束分离器 116 射向传感器 118，该传感器获取到有关波前的信息，而处理器 159 对该信息进行处理。如同上面有关图 3 和图 4 的讨论，可以对入射束 102 进行修改。

同时，照相机 160 获取景物 162 的图象，然后被投影仪 164 投射。投射的图象由适配光学装置 168 修改，该装置由处理器 159 根据传感

器 118 的信息进行调整。然后，修改的图象与入射束 102 由分光镜 170 综合起来到达眼睛 106。处理器 159 根据传感器 118 的信息调整适配光学装置 168，在眼睛 106 上产生矫正的图象。矫正的图象是一种有意畸变的图象，以使患者觉得好象患者没有用矫正透镜图象就已得到矫正似的。

关于图 5，更明确地说，景物 162 是一种能够被患者观看的景物，例如，视力检查表，图画，雕像，或任何一种基本上是二维或三维的物体。照相机 160 是一种能够获取图象的常规照相机，投影仪 164 是一种能够投射景物图象的常规投影仪。优选地，投影仪 164 包括一种用于准直发射图象的常规透镜。作为选择，大家知道的镜子也可用来准直发射的图象。用于本发明合适的照相机和投影仪都是本技术领域人员所熟知的。

适配光学装置 168 是一种能够修改由投影仪 164 根据矫正信号投射的图象的装置。如下面要讨论的，处理器 159 根据传感器 118 的信息产生矫正信号，并被反馈到适配光学装置 168，以便对适配光学装置 168 进行调整，从而修改投射的图象并在眼睛 106 处产生矫正的图象。适配光学装置 168 可以是一种可变形镜，和上面对适配光学装置 142 所描述的类型相同。

处理器 159 控制适配光学装置 168。它接收传感器 118 的信息并对该信息进行分析，计算出矫正信号用以调整适配光学装置 168 以便恰当修改投射的图象，为眼睛 106 产生矫正的图象。处理器 159 可以是一种常规的处理器，其配置运行的软件能分析传感器 118 的信息并产生矫正信号用以调整适配光学装置 168。

分光镜 170 是一种常规的光学装置，可以让一种频率的光穿过而对其它频率的光进行反射。在本优选实施方案中，分光镜 170 对辐射源 114 的光频率进行反射，而让投影仪 164 投射的光频率穿过，从而将入射束 102 和投射的图象综合为射向眼睛 106 的同一束光。

可移动镜 171 是一种常规镜，当它在第一位置 172A 时，能把入射束和投射的图象向眼睛 106 反射，而当它在第二位置 172B 时，能让眼睛 106 直接看到景物 162。当可移动镜 171 在第一位置 172A 时，图 5 的波前测量装置能够测定眼睛 106 引起的象差，并能修改投影仪 164 发射的图象以便让眼睛 106 观看。当可移动镜 171 在第二位置 172B

时，眼睛 106 能够直接看到景物，从而能给眼睛提供一种参考，以与矫正图象进行比较。

在应用中，图 5 描绘的波前测量装置为患者眼睛 106 提供有关由波前测量装置所测定的矫正处方的反馈，从而可以让患者校验矫正处方。开始，可移动镜 172 位于第二位置 172B，能让患者直接看到景物 162。然后，可移动镜 172 位于第一位置 172A，以便测定一个矫正处方，修改景物图象，并给眼睛 106 呈现矫正的图象。这样患者就能够校验由图 5 波前测量装置所测定矫正处方的正确程度。

图 6 描绘的是一种双目波前测量装置 180，该装置包括第一常规波前测量装置 182，第二常规波前测量装置 184，以及处理器 186。大家知道，象差是受双目视力（即，用两个眼睛观看物件）影响的。所以，当用两个眼睛观看时，为了要给一对眼睛测定矫正象差的矫正处方，需要在同一时刻对两个眼睛进行测量。图 6 描绘的是双目波前测量装置能够基本上在同一时刻测定两个眼睛的象差，所以能为一对眼睛 106A 和 106B 准确测定与双目视力有关的象差。

第一波前测量装置 182 测量由眼睛 106A 引起的象差。第一波前测量装置 182 产生导向眼睛 106A 的入射束 102A，并测量从眼睛 106A 响应入射束 102A 所发出波前 100A 的象差。第一波前测量装置 182 感测由眼睛 106A 引起的象差，并产生与处理器 186 处理象差的有关信息。

第二波前测量装置 184 用类似的方式测量由眼睛 106B 引起的象差，利用导向眼睛 106B 的入射束 102B，并测量从眼睛 106B 响应入射束 102B 所发出波前 100B 的象差。第二波前测量装置 184 感测由眼睛 106B 引起的象差，并产生与处理器 186 处理象差的有关信息。

处理器 186 是一种常规的处理器，用于分别处理这两个常规波前测量装置 182 和 184 与眼睛 106A 和 106 B 相应有关的信息，以便为一对眼睛 106A 和 106 B 测定矫正处方。处理器 186 基本上在同一时刻获取由波前测量装置 182 和 184 产生的相应 106A 和 106 B 每个眼睛引起象差的信息，从而获取的象差包括可能受双目视力影响的象差。

处理器 186 可以包括一种单一处理器，用于处理 106A 和 106 B 每个眼睛的信息，或者，处理器 186 可以包括多个处理器，例如一个处理器用于处理有关眼睛 106A 的信息，而另一处理器处理有关眼睛 106B 的信息。处理器 186 应用的软件可以从常规的测定波前象差的软件中

进行挑选并加以修改，使得能适用于两个波前测量装置 182 和 184。图 6 描绘了对用于双目波前测量设备常规软件的修改，这种修改是在本技术领域普通人员的技术水平范围之内的。

这里描述了本发明的几个具体实施方案，本技术普通技术人员很容易对此进行各种变更、修改和改进。虽然这里没有特别声明，但是如同这里公开内容所做的明显的这样一些变更、修改和改进，都有意是本描述的一部分，并有意纳入本发明的构思和范围内。因此，前面的描述仅是作为举例，而不是作为限制。本发明仅受下述权利要求和与之等同的权利要求所约束。

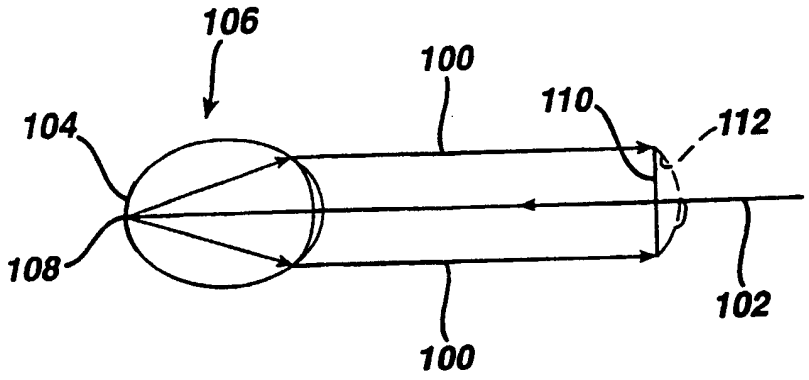


图 1

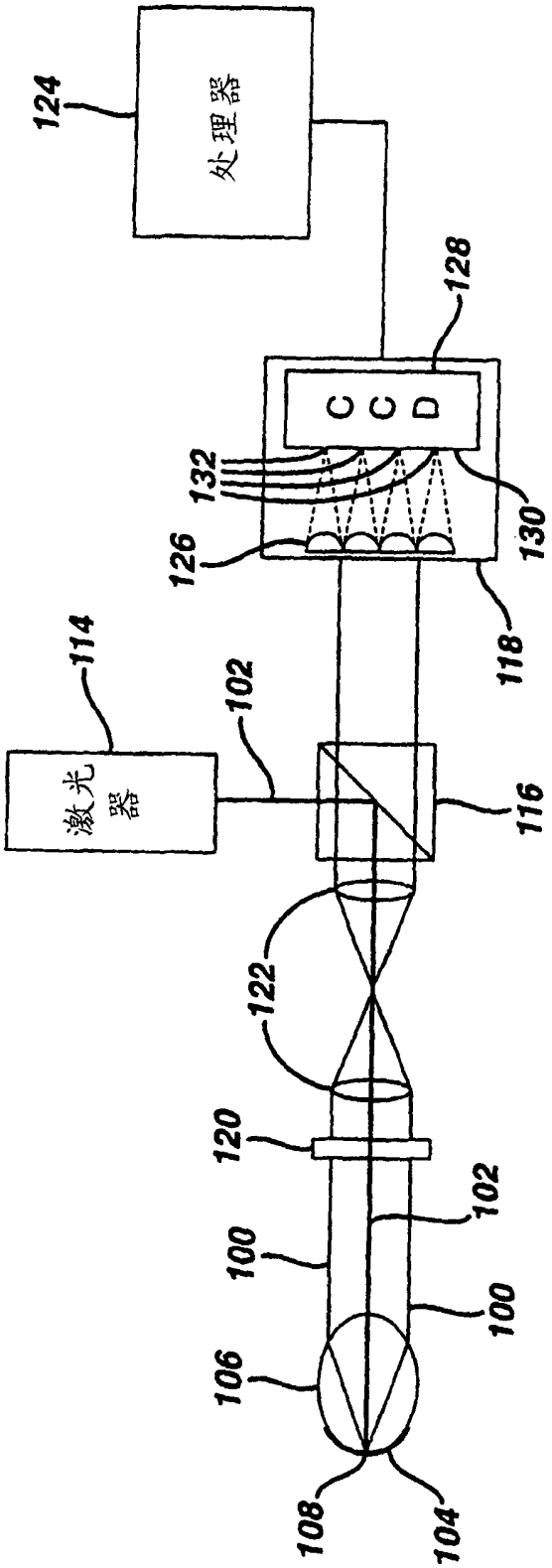

处理器
124
128
C C D
132
126
130
118
114
102
激光器
116
122
120
102
100
100
106
108
104

图 2现有技术

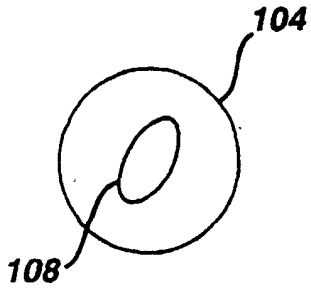


图 2A

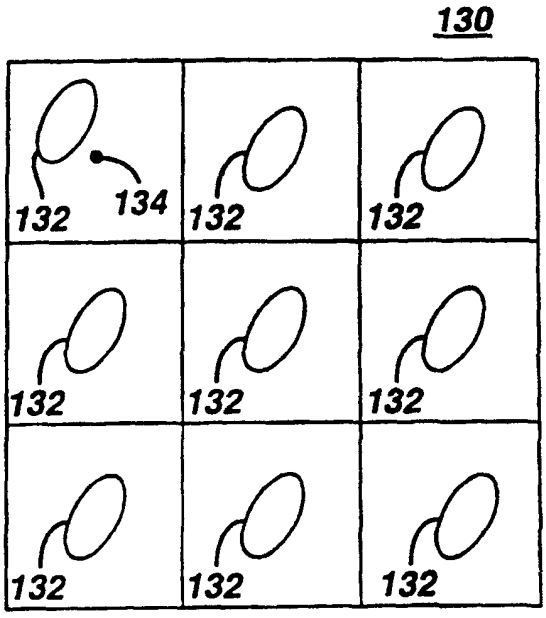


图 2B

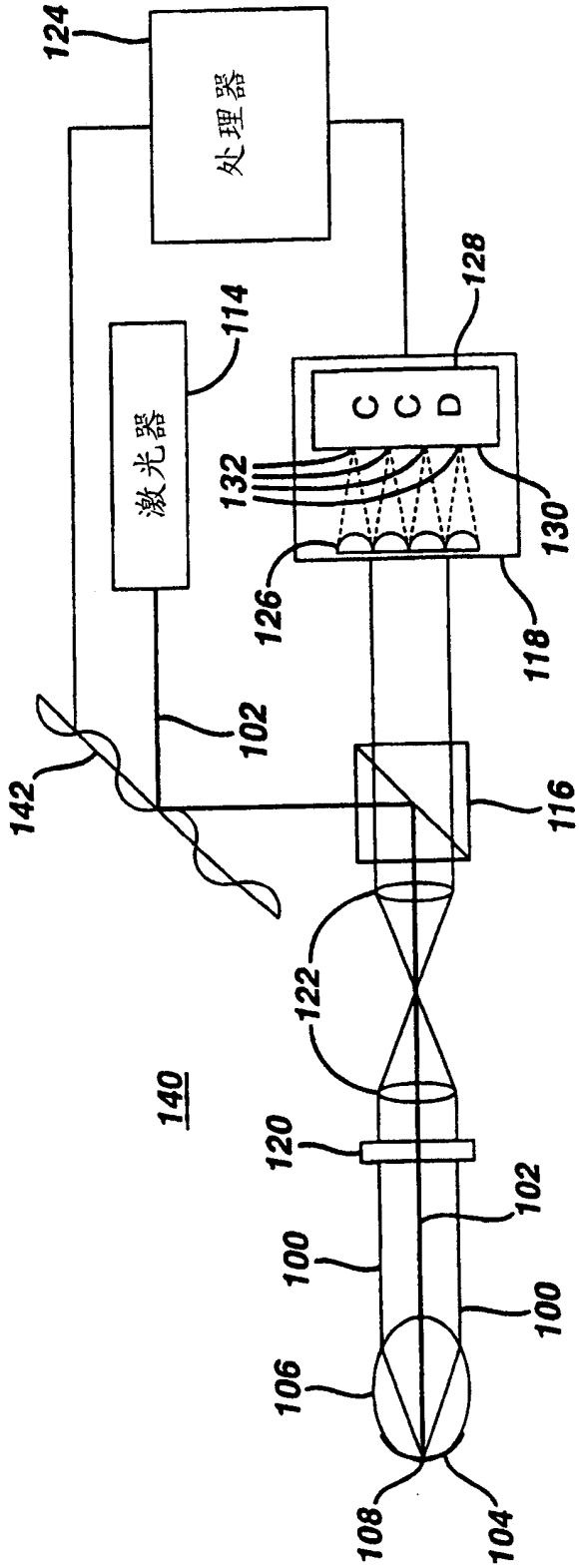

124
处理器
114
激光器
128
C C D
132
130
126
118
102
142
116
122
140
120
102
100
100
106
108
104

图 3

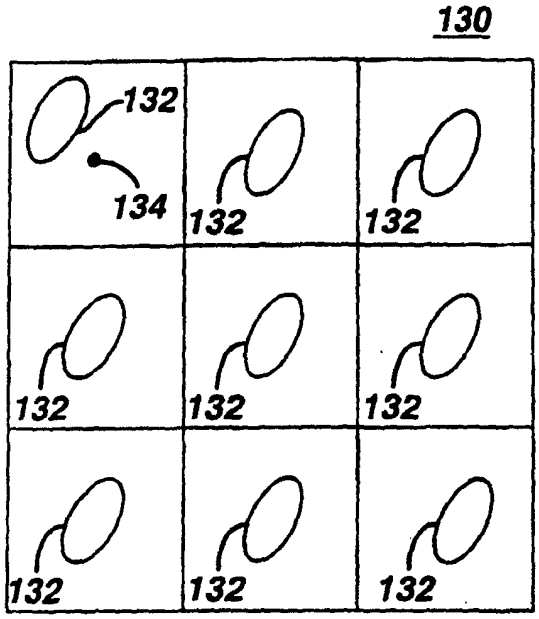

130
132
134
132
132
132
132
132
132
132
132
132
132

图 3A

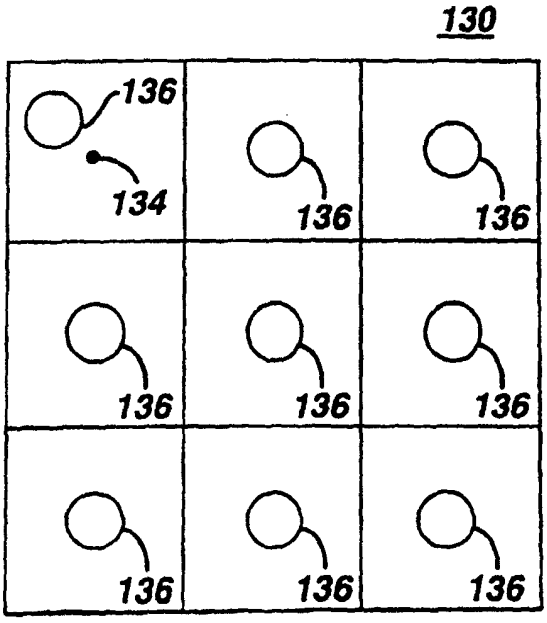

130
136
134
136
136
136
136
136
136
136
136
136

图 3B

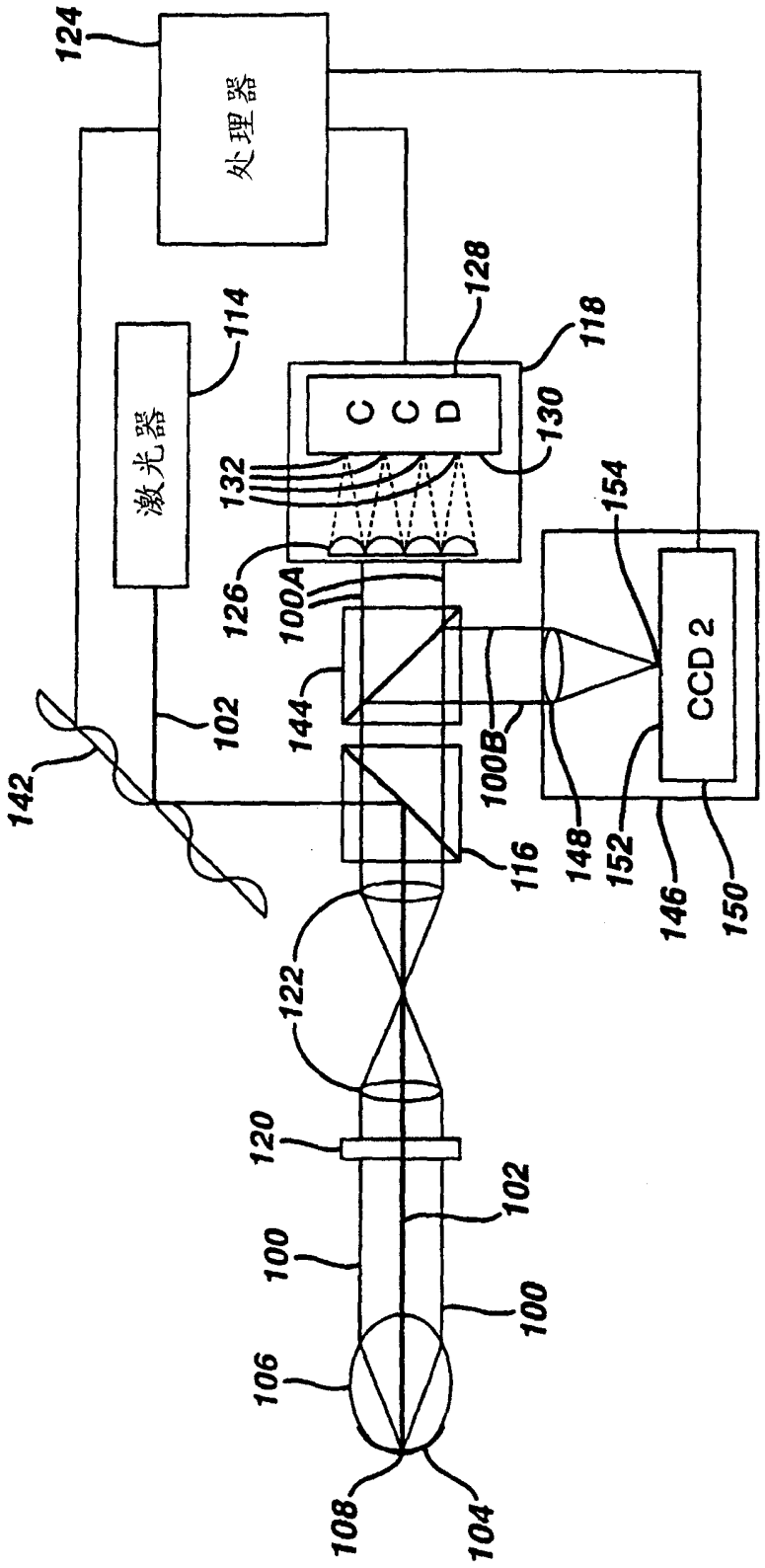

处理器
124
激光器
114
CCD
128
118
130
132
154
126
100A
102
144
142
100B
CCD 2
116
148
152
146
150
122
120
102
100
100
106
108
104

图 4

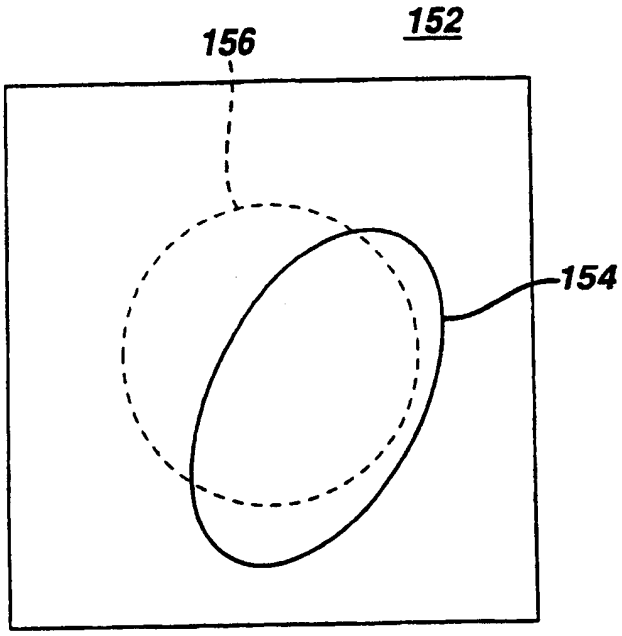


图 4A

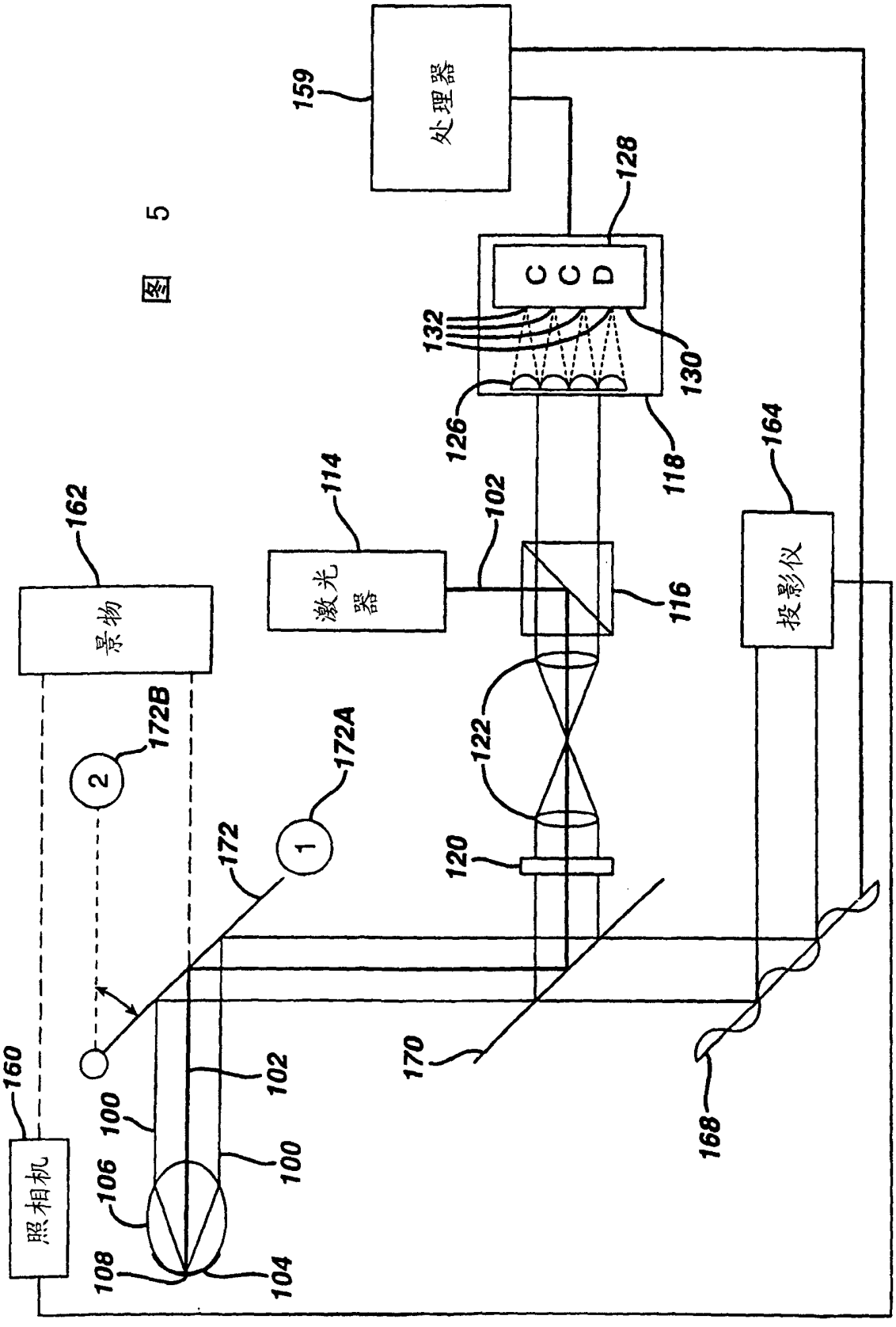

处理器
159
128
CCD
132
130
126
118
114
102
激光器
116
164
投影仪
162
景物
172B
2
172A
1
172
122
120
170
168
160
照相机
100
102
100
106
108
104

图 5

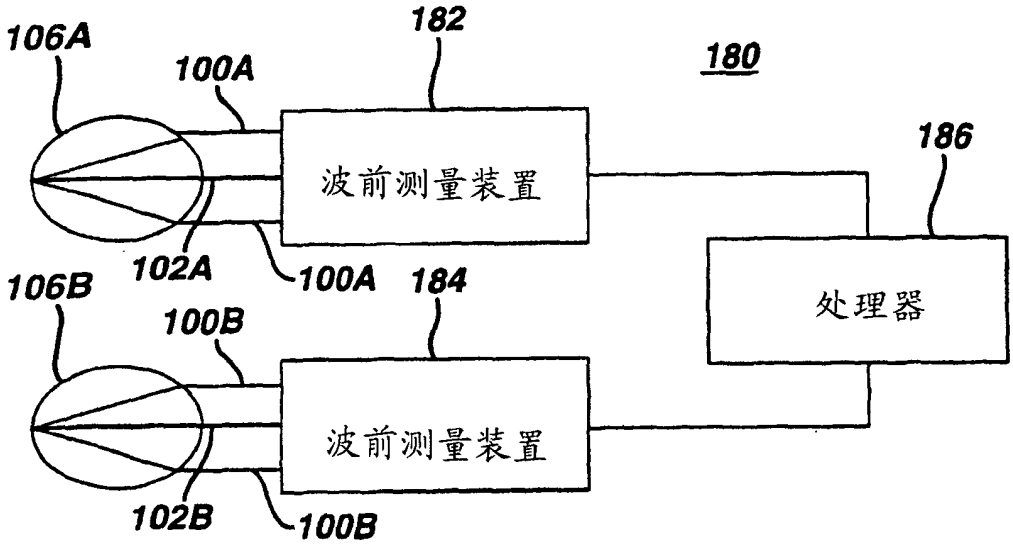

106A
100A
182
180
186
波前测量装置
102A
100A
184
处理器
106B
100B
波前测量装置
102B
100B

图 6