



(12) 发明专利申请

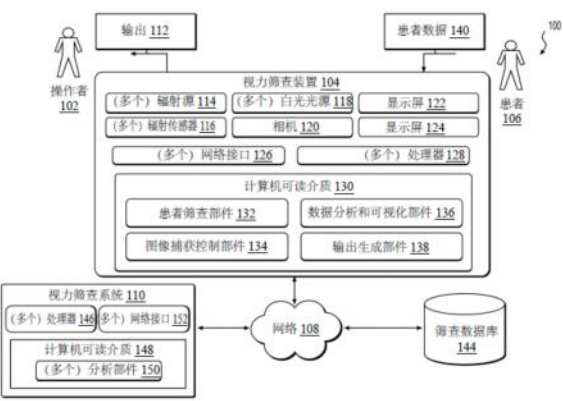
(10) 申请公布号 CN 116473509 A
(43) 申请公布日 2023. 07. 25

(21) 申请号 202310091738.2
(22) 申请日 2023.01.20
(30) 优先权数据
63/301,667 2022.01.21 US
(71) 申请人 伟伦公司
地址 美国纽约州
(72) 发明人 V·L·亨特 D·L·凯尔纳
J·B·卡彭 J·A·莱恩
(74) 专利代理机构 深圳永慧知识产权代理事务
所(普通合伙) 44378
专利代理师 宋鹰武
(51) Int.Cl.
A61B 3/14 (2006.01)
A61B 3/032 (2006.01)
A61B 3/00 (2006.01)

权利要求书3页 说明书25页 附图9页

(54) 发明名称
包括彩色成像的视力筛查装置

(57) 摘要
本文描述了一种视力筛查装置,用于对患者实施视力筛查测试以确定患者(多只)眼睛中的疾病和/或异常的存在。视力筛查装置可以包括被配置为执行视力筛查测试的操作的相关方法和系统。装置可以包括被配置为产生近红外(NIR)辐射的辐射源、被配置为捕获表示由患者的(多只)眼睛反射的辐射的灰度图像的传感器、白光光源和被配置为捕获患者的眼睛的彩色图像的相机。装置还可以被配置为基于灰度图像和/或彩色图像生成合成图像,确定与眼睛相关的值和期望值之间的差值,并基于该差值生成指示与眼睛相关的状况的输出。



1. 一种视力筛查装置,包括:
辐射源,所述辐射源被配置为发射第一波长的辐射;
传感器,所述传感器被配置为捕获由患者的眼睛反射的辐射;
白光光源;
相机,所述相机被配置为捕获所述患者的所述眼睛的彩色图像;
处理器,所述处理器与所述辐射源、所述传感器、所述白光光源和所述相机可操作地连接;和
存储器,所述存储器存储指令,当由所述处理器执行时,所述指令使所述处理器:
使所述辐射源在第一时间段期间发射所述第一波长的辐射;
使所述传感器在所述第一时间段期间捕获由所述患者的所述眼睛反射的所述辐射的一部分;
使所述白光光源在所述第一时间段之后的第二时间段期间照射所述患者的眼睛;
使所述相机在所述第二时间段期间捕获所述患者的所述眼睛的彩色图像;
至少部分地基于指示所述辐射的所捕获部分的灰度图像和所述彩色图像,生成所述眼睛的合成图像,其中所述合成图像包括表示所述灰度图像的第一多个像素和表示所述彩色图像的第二多个像素;
基于所述合成图像,确定与所述眼睛相关的值与期望值之间的差值;以及
至少部分地基于所述差值生成指示与所述眼睛相关的状况的输出。
2. 根据权利要求1所述的视力筛查装置,其中,所述第一波长是电磁光谱的近红外(NIR)波段。
3. 根据权利要求2所述的视力筛查装置,其中,所述辐射源包括NIR发光二极管(LED)的阵列,所述NIR发光二极管(LED)的阵列被布置成使得多个NIR LED共用公共轴线。
4. 根据权利要求1所述的视力筛查装置,还包括显示单元,所述显示单元设置在所述视力筛查装置的第一侧,并且被配置为向所述视力筛查装置的操作者显示所述输出,
其中,所述辐射源、所述传感器、所述白光光源和所述相机设置在所述视力筛查装置的与所述第一侧相对的第二侧。
5. 根据权利要求4所述的视力筛查装置,其中,所述白光光源包括发光二极管(LED)的阵列,所述发光二极管(LED)的阵列被配置为相对于与所述患者的所述眼睛相关的视轴从第一角度和不同于所述第一角度的第二角度照射所述患者的所述眼睛。
6. 根据权利要求5所述的视力筛查装置,其中,所述指令还使所述处理器:
使所述白光光源在所述第二时间段的第一部分期间从所述第一角度照射所述患者的所述眼睛;
使所述相机在所述第二时间段的所述第一部分期间捕获所述患者的所述眼睛的第一彩色图像;
使所述白光光源在所述第二时间段的第二部分期间从所述第二角度照射所述患者的所述眼睛;
使所述相机在所述第二时间段的第二部分期间捕获所述患者的所述眼睛的第二彩色图像;
基于所述第一彩色图像和所述第二彩色图像生成所述眼睛的动画图像序列;以及

在所述显示单元上显示所述动画图像序列。

7. 根据权利要求5所述的视力筛查装置, 其中, 所述指令还使所述处理器:

使所述相机捕获与所述患者的第一注视方向相对应的所述患者的所述眼睛的第一彩色图像;

使所述相机捕获与所述患者的第二注视方向相对应的所述患者的所述眼睛的第二彩色图像; 以及

基于所述第一彩色图像和所述第二彩色图像生成所述眼睛的视网膜的图像。

8. 一种方法, 包括:

在第一时间段期间照射患者的眼睛;

在所述第一时间段期间捕获所述眼睛的灰度图像;

在与第一时间段分隔开的第二时间段期间照射所述眼睛;

在所述第二时间段期间捕获所述眼睛的彩色图像;

至少部分地基于所述灰度图像和所述彩色图像, 生成所述眼睛的合成图像, 其中, 所述合成图像从所述灰度数据图像导出第一多个像素值, 并且从所述彩色数据图像导出第二多个像素值;

基于所述彩色图像或所述合成图像中的至少一个, 确定与所述眼睛相关的色值与期望色值之间的差值; 以及

至少部分地基于所述差值生成与所述患者相关的输出。

9. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 在所述第一时间段期间的所述照射包括用电磁光谱的近红外 (NIR) 波段中的辐射照射所述眼睛。

10. 根据权利要求8所述的方法, 还包括:

确定与所述眼睛的瞳孔相对应的所述灰度图像的第一区域; 以及

确定与所述眼睛的所述瞳孔相对应的所述彩色图像的第二区域,

其中, 所述差值至少部分地基于所述第一区域或所述第二区域。

11. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 所述色值是第一色值, 所述方法还包括:

获得与所述患者相关的患者数据, 其中, 所述患者数据包括与所述眼睛相关的第二色值; 以及

将所述第二色值确定为所述期望色值。

12. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 所述眼睛是所述患者的第一只眼睛, 并且所述期望色值是与所述患者第二只眼睛相关的第二色值或从与人眼相关的标准数据获得的第三色值中的一个。

13. 根据权利要求8所述的方法, 还包括:

将灰度图像或彩色图像作为输入提供给训练过的机器学习模型; 以及

从所述训练过的机器学习模型接收所述输出。

14. 根据权利要求8所述的方法, 还包括:

确定所述差值等于或大于阈值,

其中, 所述输出至少部分地基于确定所述差值等于或大于所述阈值。

15. 根据权利要求14所述的方法, 还包括:

确定其中所述差值等于或大于所述阈值的所述合成图像的一部分; 以及

生成指示所述合成图像的所述部分的图形,其中,所述输出包括具有所述图形的所述合成图像。

16.根据权利要求15所述的方法,还包括:

经由图形用户界面(GUI)提供具有所述图形的所述合成图像,
其中,所述GUI允许用户打开或关闭所述图形。

17.根据权利要求8所述的方法,其中,所述输出指示正常的眼睛筛查、所需的另外筛查或与所述眼睛相关的疾病中的至少一个。

18.一种系统,包括:

存储器;

处理器;以及

计算机可执行指令,所述计算机可执行指令存储在所述存储器中并且可由所述处理器执行以执行包括以下的操作:

使辐射源在第一时间段期间发射近红外(NIR)辐射;

使传感器在所述第一时间段期间捕获由患者的眼睛反射的所述NIR辐射的一部分;

使白光光源在与所述第一时间段分隔开的第二时间段期间照射所述眼睛;

使相机在所述第二时间段期间捕获所述眼睛的彩色图像;

基于所述彩色图像和所述NIR辐射的所述部分,确定与所述眼睛相关的值和期望值之间的差值;

确定所述差值等于或大于阈值;以及

至少部分地基于确定所述差值等于或大于所述阈值,生成指示所述眼睛的状况的输出。

19.根据权利要求18所述的系统,其中,所述操作还包括:

生成指示所述NIR辐射的所捕获部分的灰度图像;以及

基于所述灰度图像和所述彩色图像生成合成图像,其中,所述合成图像包括来自所述灰度图像的第一多个像素值和来自所述彩色图像的第二多个像素值。

20.根据权利要求18所述的系统,其中,所述操作还包括:

使所述白光光源在所述第二时间段期间从多个角度照射所述患者的所述眼睛;

使所述相机捕获所述患者的所述眼睛的多个彩色图像,其中,所述多个彩色图像中的每个彩色图像对应于所述多角度中的角度;

基于所述多个彩色图像生成视频,其中,所述视频的每一帧对应于所述多分彩色图像中的彩色图像;以及

在显示屏上显示所述视频。

包括彩色成像的视力筛查装置

技术领域

[0001] 本申请针对医疗设备。特别地,本申请针对一种用于检测和评估眼睛的疾病和病症的视力筛查装置以及相关的系统和方法。

背景技术

[0002] 视力筛查通常包括眼病筛查。此类筛查可以包括,例如诸如Brückner红光反射测试的透照测试。在红光反射测试期间,临床医生使用检眼镜、利用可见光来照射患者的眼睛,并检查由眼睛脉络膜和视网膜表面反射回来的光的颜色和其他特性。使用该测试可以检测眼睛的各种疾病和异常,诸如角膜或介质混浊、白内障和视网膜异常,视网膜异常包括肿瘤和视网膜母细胞瘤。建议对所有年龄组进行疾病视力筛查。例如,对于新生儿可以进行先天性眼病筛查,而对于老年人可以进行与年龄相关的退行性疾病发作的筛查,诸如白内障和视网膜疾病。在可见光下使用视力筛查也可以检测眼睛中异物的存在。

[0003] 此外,视力筛查通常还包括一项或多项测试以确定与患者的眼睛相关的各种缺陷。此类视力测试可以包括例如屈光不正测试、调焦(accommodation)测试、视敏度测试、色觉筛查等。视力筛查测试中的一些需要使用红外成像或近红外成像,而其他测试可能需要在可见光下成像,和/或需要显示屏以向患者显示内容。然而,眼科测试装置,诸如综合屈光检查仪、自动屈光计和光折变仪,可能仅提供执行有限范围测试的能力。能够使用单个集成装置筛查大多数视力问题和疾病将是有利的。

[0004] 本公开的各种示例旨在克服上述缺陷中的一个或多个。

发明内容

[0005] 在本公开的示例中,视力筛查装置包括被配置为发射第一波长(例如,在近红外波段中)辐射的辐射源、被配置为捕获由患者的眼睛反射的辐射的传感器、白光光源、和被配置为捕获患者的眼睛的彩色图像的相机。视力筛查装置还包括与所述辐射源、所述传感器、所述白光光源和所述相机可操作地连接的处理器,以及存储可由处理器执行的指令的存储器。所述指令当被执行时使处理器:使所述辐射源在第一时间段期间发射所述第一波长的辐射;使所述传感器在所述第一时间段期间捕获由所述患者的所述眼睛反射的所述辐射的一部分;使所述白光光源在所述第一时间段之后的第二时间段期间照射所述患者的眼睛;并且使所述相机在所述第二时间段期间捕获所述患者的所述眼睛的彩色图像。所述指令当被执行时还使所述处理器:生成所述眼睛的合成图像,其中所述合成图像包括对指示所述辐射的所捕获部分进行表示的灰度图像的第一多个像素和表示所述彩色图像的第二多个像素;基于所述合成图像来确定与所述眼睛相关的值和期望值之间的差值,并且至少部分地基于所述差值来生成指示与所述眼睛相关的状况的输出。

[0006] 在本公开的另一个示例中,一种方法包括:使辐射源在第一时间段期间照射患者的眼睛;使传感器在所述第一时间段期间捕获所述眼睛的灰度图像;使白光光源在与第一时间段分隔开的第二时间段期间照射所述眼睛;以及使相机在所述第二时间段期间捕获所

述眼睛的彩色图像。所述方法还包括：生成所述眼睛的合成图像，其中所述合成图像从所述灰度图像导出第一多个像素值并从所述彩色图像导出第二多个像素值；基于所述彩色图像和所述合成图像中的至少一个、至少部分地基于该分析而由NIR和可见光独立地揭露的眼睛的性质，确定与所述患者相关的输出。

[0007] 在本公开的另一示例中，系统包括存储器、处理器和存储在存储器中并可由处理器执行的计算机可执行指令。所述指令当被执行时使所述处理器执行包括以下的操作：使辐射源在第一时间段期间发射近红外(NIR)辐射；使传感器在所述第一时间段期间捕获由患者的眼睛反射的所述NIR辐射的一部分；使白光光源在与所述第一时间段分隔开的第二时间段期间照射所述眼睛；并且使相机在所述第二时间段期间捕获所述眼睛的彩色图像。所述指令当被执行时还使所述处理器：基于所述彩色图像和所述NIR辐射的所述部分，确定与所述眼睛相关的值和期望值之间的差值；确定所述差值等于或大于阈值；和至少部分地基于确定所述差值等于或大于所述阈值，生成指示所述眼睛的状况的输出。

附图说明

[0008] 结合附图考虑以下详细描述，本公开的特征、性质和各种优点可更加明显。

[0009] 图1例示了本公开的示例视力筛查装置和视力筛查系统。在一些实施方式中，图1中所示的示例系统的部件可用于执行与视力筛查和/或眼睛疾病或异常的检测相关的一个或多个筛查测试。

[0010] 图2例示了本公开的示例视力筛查装置。

[0011] 图3A例示了本公开的另一示例视力筛查装置。

[0012] 图3B例示了本公开的示例视力筛查装置的辐射源的布置。

[0013] 图3C提供了本公开的示例视力筛查系统的示意性例示图。

[0014] 图3D提供了本公开的示例视觉筛查装置的另一示意性例示图。

[0015] 图4A-图4D例示了根据本公开的示例可由视力筛查装置使用以根据眼睛的图像确定眼睛的疾病和异常的示例特性。

[0016] 图5A和图5B例示了由本公开的视力筛查装置生成的示例可视化图。

[0017] 图6提供了例示本公开的示例方法的第一流程图。

[0018] 图7提供了例示本公开的示例方法的第二流程图。

[0019] 图8提供了例示本公开的示例方法的第三流程图。

[0020] 在图中，附图标记的最左侧数字表示该附图标记首次出现的图。在不同的图中使用相同的附图标记表示相似或相同的项目或特征。附图未按比例绘制。

具体实施方式

[0021] 本公开部分地针对视力筛查装置和相应方法。此类示例视力筛查装置可以被配置为对患者执行一个或多个视力筛查测试，并将视力筛查测试的结果输出给装置的操作者，诸如临床医生或医生的助手。具体地，本公开针对用于筛查眼睛疾病和异常的装置和方法。例如，视力筛查装置可以捕获由电磁光谱的不同波长范围(例如，红外、近红外和可见光)的辐射照射的眼睛的一个或多个图像。该装置可以基于对所捕获图像的分析来确定与患者的一只或两只眼睛相关的一种或多种眼睛疾病和/或异常，例如白内障、肿瘤、屈光异常、眼内

异物、角膜擦伤、视网膜剥离或病变、先天性病况等。

[0022] 至少部分地基于对所捕获图像的分析,该装置可以生成包括与患者相关的建议或诊断中的至少一个的输出。此类输出(例如,建议和/或诊断)可以指示检测到的疾病或异常、患者需要另外筛查的指示或筛查正常的指示(例如,未指示任何疾病或异常)。例如,该装置可以确定患者的左眼图像和右眼图像之间的差值,并将该差值与对应于正常眼睛的标准测试数据进行比较,以提供建议和/或诊断。特别地,标准测试数据可以提供一个或多个阈值或值范围,并且由该装置生成的输出可以基于小于阈值或在值范围内的差值。该装置还可以生成所捕获图像的可视化图,用于向临床医生或视力筛查装置的操作者显示,以辅助临床医生或操作者确定诊断。如此,本文所述的方法可以基于对由视力筛查装置捕获的图像的分析来提供自动诊断。本文描述的方法还可以基于和/或指示此类诊断来提供自动建议。

[0023] 如将至少参考图1所述,与筛查眼睛疾病和异常相关的示例视力筛查装置可以包括用于在近红外以及可见光辐射下捕获患者(多只)眼睛的图像的部件。该装置可以包括用于在筛查期间控制近红外和可见光辐射的发射以及从眼睛反射的辐射的相应捕获的部件。在示例中,可以在开始捕获可见光图像之前捕获近红外图像,使得患者的(多只)眼睛的瞳孔在响应于可见光的筛查期间不会收缩或调焦,并且可以在不需要眼睛扩张的情况下完成筛查。该装置还可以包括用于对所捕获图像进行分析以确定患者(多只)眼睛中的疾病状况和/或异常的部件,以及用于确定和报告对在筛查期间检测到的疾病状况或异常进行指示的(多个)输出的部件。

[0024] 下面参考图1-图7描述与上述装置和技术相关的另外细节。应当理解,虽然这些图描述了可以利用所要求保护的方法的装置和系统,但是本文描述的方法、过程、功能、操作和/或技术可以同等地应用于其他装置、系统等。

[0025] 图1例示了根据一些实现方式的用于实施视力筛查测试,特别是用于检测眼睛疾病和/或异常的筛查测试的示例环境100。如图1所示,在一些示例中,操作者102可以通过视力筛查装置104对患者106实施视力筛查测试,以确定患者106的眼睛健康。如本文所述,视力筛查装置104可以执行一个或多个视力筛查测试,一个或多个视力筛查测试包括当通过可见光照射眼睛时筛查眼睛的疾病和/或异常。此外,视力筛查装置104还可以被配置为执行其他视力筛查测试,例如视敏度测试、屈光不正测试、调焦测试、动态眼睛追踪测试、色觉筛查测试和/或任何其他视力筛查测试,被配置为评估和/或诊断患者106的视力健康。在示例中,视力筛查装置104可以包括被配置为执行一个或多个视力筛查测试的便携式装置。由于其便携性,视力筛查装置104可以在任何地点执行视力筛查测试,从常规筛查环境,例如学校和医疗诊所,到医生办公室、医院、眼睛护理设施和/或其他远程和/或可移动地点。还可以设想,视力筛查装置104可以用于对所有年龄组(包括新生儿和幼儿以及老年患者)实施视力筛查测试。

[0026] 如本文所述,视力筛查装置104可以被配置为对患者106执行一个或多个视力筛查测试。在示例中,一个或多个视力筛查测试可以包括用红外或近红外(NIR)辐射照射患者106的眼睛,并捕获来自患者106的眼睛的反射辐射。例如,美国专利No.9,237,846(其全部内容通过引用并入本文)描述了使用在由近红外(NIR)辐射源产生的不同照射模式下所捕获的瞳孔图像基于光折变来确定屈光不正的系统和方法。在其他示例中,视力筛查测

试,诸如红光反射测试,可以包括用可见光照射患者106的眼睛,并在可见光照射下捕获眼睛的彩色图像。视力筛查装置104可以获取包括在可见光照射下的眼睛的彩色图像和/或视频数据的数据,并检测患者106的眼睛的瞳孔、视网膜和/或晶状体。该数据可用于确定左眼和右眼之间的差值,将所捕获图像与标准图像进行比较,或生成可视化图,以辅助操作者102或临床医生诊断患者眼睛的疾病和异常。视力筛查装置104可以经由网络108将数据发送到视力筛查系统110用于分析,以确定与患者106相关的输出112。可替代地或此外,视力筛查装置104可以在本地执行一些或全部分析以确定输出112。实际上,在本文所描述的任何示例中,所公开的方法中的一些或全部可以由视力筛查装置104独立地(例如,在没有视力筛查系统110或其部件的情况下)或由视力筛查系统104独立地执行(例如,在没有视力筛查装置104或其部件的情况下)。例如,在一些示例中,视力筛查装置104可以被配置为执行本文描述的视力筛查测试和/或其他方法中的任一个,而无需经由网络108连接到视力筛查系统110或以其他方式经由网络108与视力筛查系统110进行通信。在其他示例中,视力筛查系统110可以包括与视力筛查装置104中包括的部件类似和/或相同的一个或多个部件,因此,视力筛查系统110可以被配置为执行本文中描述的视力筛查测试和/或其他方法中的任一个,而无需连接到视力筛查装置104或以其他方式与视力筛查装置104进行通信。

[0027] 如图1中示意性所示,视力筛查装置104可以包括一个或多个辐射源114,该一个或多个辐射源114被配置为执行与实施一个或更多个视力筛查测试相关的功能。辐射源114可以包括单独的辐射发射器,诸如发光二极管(LED),可以将发光二极管以图案布置以形成LED阵列。在示例中,辐射源114可以包括近红外(NIR)辐射发射器,例如NIR LED,用于使用光折变法测量患者106的眼睛的屈光不正。辐射源114的NIR辐射发射器也可用于测量患者106的眼睛的注视角度或注视方向。此外,辐射源114还可以包括彩色LED,彩色LED用于在彩色视力筛查测试期间生成用于显示给患者106的彩色刺激。

[0028] 视力筛查装置104还可以包括一个或多个辐射传感器116,例如红外相机,一个或多个辐射传感器116被配置为在视力筛查测试期间捕获来自患者的眼睛的反射辐射。例如,视力筛查装置104可以经由(多个)辐射源114发射一束或多束辐射,并且可以被配置为将这些辐射指向患者106的眼睛。视力筛查装置104然后可以经由(多个)辐射传感器116捕获(例如,从眼睛的瞳孔)反射回来的相应辐射。在示例中,(多个)辐射传感器116可以包括(多个)NIR辐射传感器,以在通过NIR辐射源114照射患者106的眼睛时捕获反射的NIR辐射。由(多个)NIR辐射传感器116捕获的数据可用于测量患者106的眼睛的屈光不正和/或(多个)注视角度。数据可以包括患者106的眼睛的瞳孔、视网膜和/或晶状体的图像和/或视频。在一些示例中,图像和/或视频可以是灰度图(例如,具有0至128,或0至256的值)。可以在视力筛查测试的特定时间段或测试的整个持续时间期间间歇地采集数据。此外,视力筛查装置104可以处理(多个)图像和/或视频数据以确定患者106的眼睛的屈光不正和/或注视角度的(多个)变化。在NIR照射下捕获的眼睛的灰度图像也可用于筛查眼睛的疾病和异常,例如屈光异常、斜视和闭塞。

[0029] 在示例中,视力筛查装置104还可以包括(多个)可见白光光源118和相机120,该(多个)可见白光光源118和相机120被配置为在白光光源118的照射下捕获眼睛的彩色图像和/或视频。(多个)白光光源118可以包括发光二极管(LED),诸如被配置为产生白光的LED阵列,例如具有磷光体涂层以将蓝光转换为白光的蓝光LED,或者被配置为通过改变各个红

光LED、蓝光LED和绿光LED激活的强度来产生白光的红光LED、蓝光LED和绿光LED的组合。LED阵列中的各个LED可以被配置为可单独操作以在(多个)视力筛查测试期间从不同角度提供照射的图案来布置。(多个)白光光源118还可以被配置为产生不同强度等级的白光。相机120可以被配置为捕获从患者眼睛反射的白光,以产生数字彩色图像和/或视频。如参考图2的进一步详细描述,相机120可以包括高分辨率自动聚焦数字相机,该高分辨率自动聚焦数字相机具有用于在临床应用中眼睛进行成像的定制光学器件。由相机120捕获的彩色图像和/或视频可以以各种格式存储,例如(对于图像)JPEG、BITMAP、TIFF等和(对于视频)MP4、MOV、WMV、AVI等。在一些示例中,彩色图像和/或视频中的像素值可以在RGB(红、绿、蓝)彩色空间中。在白光照射下捕获的眼睛的彩色图像和/或视频可用于筛查眼睛的疾病和异常,例如白内障、房水和玻璃体液的介质混浊、肿瘤、视网膜癌和脱离等。此外,彩色图像和/或视频可以与在NIR照射下捕获的灰度图像结合使用,以生成可视化图,以辅助检测眼睛的各种疾病状况。

[0030] 视力筛查装置104还可以包括一个或多个显示屏,诸如显示屏122和显示屏124,一个或多个显示屏可以是彩色LCD(液晶显示器)或OLED(有机发光二极管)显示屏。显示屏122可以是面向朝向操作者102的方向的操作者显示屏,被配置为向操作者102提供与视力筛查测试相关的信息。在本文描述的任何示例中,面向操作者102的显示屏122可以被配置为显示和/或以其他方式提供由视力筛查装置104生成和/或由视力筛查系统110生成的输出112。输出112可以包括测试参数、(多个)筛查测试的当前状态和进度、在(多个)测试期间确定的(多个)测量值、在筛查测试期间捕获或生成的图像、基于一个或多个测试确定的诊断和/或与诊断相关的建议。面向操作者102的显示屏122还可以显示与患者相关或患者独有的信息以及患者的病史。

[0031] 在一些示例中,视力筛查装置104还可以包括面向朝向患者106的方向的显示屏124,显示屏124被配置为向患者106显示内容。内容可以包括吸引注意力的图像和/或视频,以吸引患者的注意力并保持患者对视力筛查装置104的注视。也可以在显示屏124上将各种视力筛查测试对应的内容呈现给患者106。例如,显示屏124可以在色觉筛查测试期间向患者106显示颜色刺激,或者在视敏度筛查测试期间显示Snellen视力表。显示屏122、显示屏124可以与视力筛查装置104集成或者可以在装置外部,并且处于装置104的计算机程序控制下。

[0032] 视力筛查装置104可以使用视力筛查装置104的(多个)网络接口126,经由网络108发送由(多个)辐射传感器116和相机120捕获的数据。此外,视力筛查装置104还可以类似地发送与正在实施的(多个)视力筛查测试相关的其他测试数据(例如,测试类型、测试持续时间、患者身份等)。视力筛查装置104的(多个)网络接口126可以可操作地连接到视力筛查装置104的一个或多个处理器128,并且可以实现视力筛查装置104与视力筛查系统110的一个或者多个部件之间、以及一个或者多个其他远程系统和/或其他联网装置的有线和/或无线通信。例如,(多个)网络接口126可以包括用于实现在一个或多个短距离无线通信信道上通信的个人局域网络部件和/或用于实现在广域网上通信的广域网部件。在本文所描述的任何示例中,(多个)网络接口126可以经由网络108实现例如视力筛查装置104的处理器128与视力筛查系统110之间的通信。图1中所示的网络108可以是本领域已知的任何类型的无线网络或其他通信网络。网络108的示例包括因特网、内联网、广域网(WAN)、局域网(LAN)和

虚拟专用网 (VPN)、蜂窝网络连接,以及使用诸如802.11a、b、g、n和/或ac的协议进行的连接。

[0033] 视力筛查系统110可以被配置为从视力筛查装置104通过网络108接收在实施(多个)视力筛查测试期间所收集的数据。在一些示例中,至少部分地基于处理该数据,视力筛查系统110可以确定与患者106相关的输出112。例如,输出112可以包括与患者106眼睛健康相关的建议和/或诊断,该与患者106眼睛健康相关的建议和/或诊断基于对与患者106的眼睛相关的疾病和/或异常进行指示的彩色图像数据和/或NIR图像数据的分析。视力筛查系统110可以经由网络108将输出112传送到视力筛查装置104的(多个)处理器128。如上所述,在本文描述的任何示例中,可替代地或附加地,可由视力筛查装置104生成一个或多个此类建议、诊断或其他输出。

[0034] 如本文所述,处理器(诸如(多个)处理器128)可以是单个处理单元或多个处理单元,并且可以包括单个或多个计算单元或多处理核心。(多个)处理器128可以实现为一个或多个微处理器、微型计算机、微控制器、数字信号处理器、中央处理单元、状态机、逻辑电路和/或基于操作指令操纵信号的任何装置。例如,(多个)处理器128可以是专门编程或配置为执行本文所述的算法和过程的一个或多个硬件处理器和/或任何适当类型的逻辑电路。如图1中示意性示出的,视力筛查装置104还可以包括与(多个)处理器128可操作地连接的计算机可读介质130。(多个)处理器128可以被配置为获取并执行存储在计算机可读介质130中的计算机可读指令,计算机可读指令可以对(多个)处理器128进行编程以执行本文描述的功能。

[0035] 计算机可读介质130可以包括易失性和非易失性存储器和/或以任何类型的技术实现的可移动和不可移动介质,用于存储信息,例如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据。此类计算机可读介质130可以包括但不限于RAM、ROM、EEPROM、闪存或其他存储器技术、光存储器、固态存储器、磁带、磁盘存储器、RAID存储系统、存储阵列、网络连接存储器、存储区域网络、云存储器、磁盘存储器等,或可用于存储所需信息并且可由计算装置访问的任何其他媒介。计算机可读介质130可以是一种类型的计算机可读存储介质和/或可以是在如下范围内的有形的非暂时性介质:当提及时,非暂时性计算机可读介质排除诸如能量、载波信号、电磁波和信号本身的介质。

[0036] 计算机可读介质130可用于存储可由(多个)处理器128执行的任何数量的功能部件。在示例中,这些功能部件包括可由(多个)处理器128执行的指令或程序,并且当被执行时,该指令或程序具体地配置一个或多个处理器128以执行与用于对(多只)眼睛的疾病和异常检测和诊断的视力筛查测试中的一个或多个相关的动作。例如,计算机可读介质130可以存储用于实施视力筛查测试的一个或多个功能部件,例如患者筛查部件132、图像捕获控制部件134、数据分析和可视化部件136和/或输出生成部件138,如图1所例示。下面将详细描述视力筛查装置104的至少一些功能部件。

[0037] 在示例中,患者筛查部件132可以被配置为存储和/或访问与患者106相关的患者数据140。例如,患者数据140可以包括诸如姓名、年龄、种族等的人口统计信息。当视力筛查装置104和/或视力筛查系统110启动视力筛查测试时,患者106可以提供关于患者的人口统计信息、医疗信息、偏好等的患者数据140,或操作者102可以从患者106或患者106的监护人请求关于患者的人口统计信息、医疗信息、偏好等的患者数据140。在此类示例中,操作者

102可以在筛查进行时或者在筛查开始之前请求数据。在一些示例中,可以向操作者102提供与患者106相关的预定类别,例如预定年龄范围(例如,新生儿至六个月、六至十二个月、一至五岁等),并且可以请求患者数据140从而选择与患者106相关的适当类别。在其他示例中,可以向操作者102提供与患者数据140相关的自由形式输入。在又一些示例中,可以将输入元件直接提供给患者106。

[0038] 可替代地或附加地,视力筛查装置104和/或视力筛查系统110可以在视力筛查测试期间确定和/或检测患者数据140。例如,视力筛查装置104可以包括一个或多个数字相机、运动传感器、接近传感器或被配置为收集患者106的图像和/或视频数据的其他图像捕获装置,并且视力筛查装置104的一个或多个处理器可以分析数据以确定患者数据140,例如患者106的年龄类别或患者106与筛查装置的距离。例如,视力筛查装置104可以配备有测距仪,诸如超声波测距仪、红外测距仪和/或能够确定患者106与筛查装置的距离的任何其他接近传感器。

[0039] 可替代地或附加地,视力筛查装置104可以被配置为经由网络108将图像/视频数据发送到视力筛查系统110,用于分析以确定患者数据140。此外,患者筛查部件132可以被配置为接收、访问和/或存储与患者106和/或另外的患者相关的患者数据140。例如,患者筛查部件132可以存储与患者106和/或其他患者相关的先前患者信息。例如,患者筛查部件132可以存储患者106的先前筛查历史,先前筛查历史包括来自先前筛查的数据,诸如患者106的(多只)眼睛的彩色图像、NIR图像和/或视频。患者筛查部件132可以经由网络108接收患者数据140和/或可以访问此类信息。例如,患者筛查部件132可以访问存储与患者106和/或其他患者相关的数据的外部数据库,诸如筛查数据库144。筛查数据库144可以被配置为存储与患者ID相关的患者数据140。当操作者102和/或患者106输入患者ID时,患者筛查部件132可以访问或接收与患者106的患者ID相关地存储的患者数据140。

[0040] 在示例中,患者筛查部件132可以被配置为至少部分地基于患者数据140来确定要对患者106实施的视力筛查测试。例如,患者筛查部件132可以利用患者数据140来确定患者106所属的测试类别(例如,基于年龄、病史等的测试类别)。患者筛查部件132可以基于测试类别确定要实施的(多个)视力筛查测试。例如,如果患者数据140指示患者是新生儿,则所选择的(多个)视力筛查测试可以包括针对眼睛的先天性病况的筛查,例如先天性白内障、视网膜母细胞瘤、角膜混浊、斜视等。此外,眼睛异常可能与系统性遗传疾病有关,如马凡综合征和泰伊-萨克斯二氏病。例如,针对眼睛中的特征性红斑的筛查测试可以指示泰伊-萨克斯二氏病。作为另一示例,如果患者数据140指示患者超过50岁,则患者筛查部件132可以确定(多个)视力筛查测试包括针对白内障、黄斑变性和其他与年龄相关的眼睛疾病的发作的筛查。

[0041] 患者筛查部件132还可以基于患者的病史确定(多个)视力筛查测试。例如,筛查数据库144可以在患者数据140中存储与患者106的先前视力筛查测试相关的病史,包括测试结果、(多只)眼睛图像、测量值、建议等。患者筛查部件132可以从筛查数据库144访问包括病史的患者数据140,并确定要实施的视力筛查测试以监测先前检测到的视力健康问题的状态和变化。例如,如果在先前的筛查中检测到进行性眼病,例如白内障或黄斑变性的发作,则可以实施进一步筛查以跟踪疾病的发展。作为另一示例,如果对患者106进行了用于移除(多只)眼睛的肿瘤的手术,则(多个)视力筛查测试可以包括针对(多只)眼睛中的另外

肿瘤或瘢痕的筛查。患者筛查部件132可以确定在视力筛查时段期间要对患者106实施的视力筛查测试的列表,并保持跟踪在视力筛查时段期间已经实施的视力筛查测试,以及要实施的视力筛查测试列表上的剩余视力筛查测试。

[0042] 在一些示例中,计算机可读介质130可以另外存储图像捕获控制部件134。图像捕获控制部件134可以被配置为操作视力筛查装置104的(多个)辐射源114、(多个)辐射传感器116、(多个)白光光源118和相机120,从而在(多个)特定视力筛查测试中的每个所需的特定照射条件下捕获(多只)眼睛的图像。如所讨论的,(多个)辐射源114可以包括(多个)NIR LED,用于在捕获灰度图像期间照射(多只)眼睛,以测量患者106的(多只)眼睛的屈光不正和/或注视角度,并且(多个)白光光源118可以包括(多个)白光LED,用于在通过相机120拍摄(多只)眼睛的彩色图像期间照射眼睛。在示例中,图像捕获控制部件134可以生成命令以操作和控制各个辐射源,例如NIR LED的LED以及白光光源118的LED。LED的控制参数可以包括强度、持续时间、模式和循环时间。例如,命令可以选择性地激活和去激活辐射源114和白光光源118的各个LED,以根据患者筛查部件132所指示的视力筛查测试的需要从不同角度产生照射。图像捕获控制部件134可以在执行视力筛查测试期间,与辐射传感器116捕获(多只)眼睛的图像同步地激活用于测量患者106的(多只)眼睛的屈光不正和/或注视角度的(多个)辐射源114的NIR LED。类似地,图像捕获控制部件134可以与相机120捕获部件眼睛的彩色图像同步地激活部件白光光源118的LED。

[0043] 根据存储在计算机可读介质130中的控制参数,可以通过图像捕获控制部件134控制(多个)辐射源114或(多个)白光光源118的各个辐射源,诸如LED。例如,控制参数可以包括(多个)辐射源114的NIR LED和/或产生(多个)白光光源118的白光的LED的强度、持续时间、模式、循环时间等。例如,图像捕获控制部件134可以使用控制参数来确定(多个)辐射源114、118的各个LED发射辐射的持续时间(例如,50毫秒、100毫秒、200毫秒等)。此外,图像捕获控制部件134可以利用控制参数来改变(多个)辐射源114的NIR LED的强度和显示模式,以基于(多只)眼睛的光折变和/或注视角度来确定眼睛的屈光不正。关于强度,图像捕获控制部件134可以控制参数以指导(多个)白光光源118的LED以如下强度发射光:足够亮以使用相机120捕获(多只)眼睛的彩色图像同时还限制亮度以避免或减少瞳孔收缩或调焦。图像捕获控制部件134还可以控制(多个)白光光源118的强度从而以一定速率逐渐增加强度,同时激活相机120以捕获眼睛的图像和/或视频,以记录患者眼睛的瞳孔对增加照射强度的反应。

[0044] 此外,图像捕获控制部件134可以使得从(多个)光源114、118按顺序发射辐射,使得激活NIR LED,并且在激活白光光源118的LED之前捕获NIR辐射下的(多只)眼睛图像。在一些示例中,该排序可以防止响应于照到(多只)眼睛上的白光而使眼睛的瞳孔收缩,和/或可以允许在不需要患者106的瞳孔扩张的情况下捕获(多只)眼睛内部结构的图像。在一些示例中,在视力筛查期间,图像捕获控制部件134可以另外控制(多个)辐射源114、118以生成诸如圆形模式、交替光模式、闪烁模式、诸如圆形或矩形的形状模式的模式,以吸引患者106的注意力,和/或控制(多个)辐射源114、118的彩色LED以向患者106显示诸如彩色点模式的彩色刺激。

[0045] 图像捕获控制部件134还可以控制(多个)辐射传感器116和相机120,以在(多个)视力筛查测试的实施期间捕获患者106的(多只)眼睛的图像和/或视频。例如,(多个)辐射

传感器116可以捕获指示在激活一个或多个辐射源114期间从患者106的(多只)眼睛反射的辐射的数据。数据可以包括(多只)眼睛的灰度图像数据和/或视频数据。图像捕获控制部件134可以使捕获(多只)眼睛的(多个)彩色图像和/或视频数据的相机120与(多个)白光光源118的激活同步,使得在捕获彩色图像和/或视频数据期间,(多只)眼睛被白光辐射照射。在一些示例中,可以在不同的照射条件下(例如,来自不同的单独光源)捕获左眼和右眼的图像,使得对于左眼和右眼而言,照射与特定眼睛的视轴的相对角度是相同的。在其他示例中,可以在相同照射下同时捕获双眼的图像。如本文所述,视力筛查装置104的图像捕获控制部件134可以生成在NIR辐射下照射的(多只)眼睛的灰度图像,以及在白光下照射的(多只)眼睛的彩色图像。捕获灰度图像和彩色图像两者可以使得能够检测更广范围的眼睛疾病和异常。

[0046] 在一些示例中,计算机可读介质130还可以存储数据分析和可视化部件136。数据分析和可视化部件136可以被配置为分析在一个或多个视力筛查测试期间由视力筛查装置104的部件(例如,由(多个)辐射传感器116和相机120)收集、检测和/或以其他方式捕获的图像和/或视频数据。例如,数据分析和可视化部件136可以分析数据以确定(多只)眼睛的瞳孔在图像中的位置,并识别(多个)图像中与瞳孔(例如(多个)瞳孔图像)相对应的部分。数据分析和可视化部件136可以分析(多个)瞳孔图像以确定(多个)瞳孔图像中(多个)瞳孔的外观的表征。例如,在由相机120捕获的(多个)彩色图像的实例中,表征可以包括与平均颜色、颜色的方差、均匀性的测量、包含物的存在等相对应的值。在由(多个)辐射传感器116捕获的红外图像的实例中,除了包括对均匀性和包含物的存在的测量之外,表征可以包括平均灰度值和灰度值(而不是颜色)的方差。数据分析和可视化部件136还可以比较(多个)左瞳孔图像和(多个)右瞳孔图像,以确定左瞳孔和右瞳孔之间的外观差异。例如,差异可以对应于(多个)左瞳孔图像和(多个)右瞳孔图像之间的平均色值、平均灰度值或均匀性的差值。在正常眼睛中,与一个瞳孔图像相关的特性的期望值(例如,平均色值、灰度值、均匀性的测量等)可以与另一瞳孔图像中的特性的值大致相同。数据分析和可视化部件132还可以将(多个)瞳孔图像与(多个)标准瞳孔图像和/或在先前(多个)视力筛查期间捕获的患者106的(多个)瞳孔图像进行比较,以确定外观上的差异,例如平均色值或灰度值的差值、均匀性的测量的差值、检测到的包含物的差异等。在此类示例中,(多个)瞳孔图像的特性的期望值可以对应于(多个)标准瞳孔图像或先前捕获的患者106的(多个)瞳孔图像中的特性值。在以上任何示例中,可以使用所有所捕获的(多个)图像或所捕获的灰度和/或彩色图像的子集来确定差值。在一些示例中,可以不使用(多个)灰度图像,而是可以基于(多个)彩色图像来确定差值。应当注意,灰度图像的像素也可以被认为具有色值,通过对三个颜色通道(例如RGB)中的每一个使用相同的灰度值来确定色值。例如,灰度值为128的像素可以被确定为在RGB颜色空间中具有(128、128、128)的色值。数据分析和可视化部件136还可以对(多个)灰度图像和/或(多个)彩色图像应用另外的图像处理步骤,这可以改善对疾病状态的检测。例如,可以对图像进行锐化,可以对特定颜色进行增强或衰减,可以将图像的颜色或亮度进行平衡,等等。下面参考图4描述与用于确定差值的上述数据分析有关的另外细节。

[0047] 此外,数据分析和可视化部件136可以被配置为接收、访问和/或分析与视力筛查相关的标准数据。例如,数据分析和可视化部件136可以被配置为访问或接收来自一个或多个另外的数据库(例如,筛查数据库144、第三方数据库等)的数据,一个或多个另外的数据

库存储测试数据、测量值和/或指示所测量值应位于其中的各种阈值或范围的值。此类阈值或范围可以与具有正常视力健康的患者相关,并且可以从标准测试中学习或以其他方式确定。数据分析部件和可视化部件136可以利用标准数据以与如上所述在(多个)视力筛查测试期间确定的平均值和差值进行比较。例如,标准数据可以指示针对左瞳孔图像和右瞳孔图像的色值之间的差值的阈值或范围,大于该阈值或在该范围之外的差值对应于患者(多只)眼睛的异常。可替代地或此外,数据分析和可视化部件136可以访问患者106的先前视力筛查,并将该值和差值与来自(多个)先前筛查的相应数据进行比较。例如,可以将瞳孔的平均色值与来自先前筛查的平均色值进行比较,以确定差值。如上所述然后将该差值与标准阈值或范围进行比较,以确定异常的存在。对于不同类型的疾病和异常,可以在标准数据中指示单独的(多个)阈值和/或(多个)范围。此外,与视力筛查测试相关的(多个)阈值和/或(多个)范围也可以基于患者106的测试类别(例如,患者106的年龄组或病史),对于不同的测试类别,(多个)阈值和/或者(多个)范围可以不同。数据分析和可视化部件136可以在(多个)视力筛查测试期间所捕获或生成的(多个)图像和/或视频、与(多个)视力筛查测试相关的测量值、测试结果和数据库(例如在筛查数据库144中)中的其他数据存储为患者数据140的一部分,用于比较随时间变化的数据,以监测视力健康状态和视力健康变化。在一些示例中,所存储的图像可以包括患者106的面部或部分面部(例如,眼睛和鼻子的一部分)的图像。

[0048] 基于与上述阈值和/或范围的比较,数据分析和可视化部件136可以为患者106的每个眼睛生成正常/异常或通过/参考(refer)确定。例如,如果所测量的所有值和差值都小于或等于相应的(多个)阈值,或者落在标准数据的相应(多个)范围内,则数据分析和可视化部件136可以做出“正常”或“通过”的确定,否则会做出“异常”或“淘汰”的确定以指示用于进一步筛查的转诊。可替代地或此外,数据分析和可视化部件136可以针对在视力筛查时段期间筛查的每种疾病和/或异常生成正常/异常确定。

[0049] 在示例中,数据分析和可视化部件136可以利用一种或多种机器学习技术来生成堆特定疾病和/或异常类型的诊断。例如,可以用正常的眼睛图像和标记为展示出各种疾病状况和异常的眼睛图像来训练机器学习(ML)模型。当提供在患者106的视力筛查期间捕获的眼睛图像作为输入时,训练后的(多个)ML模型然后可以生成指示疾病或异常诊断的输出。在此类示例中,数据分析和可视化部件136可以在不计算瞳孔图像之间的差值或应用与阈值和/或范围的比较的情况下,通过将眼睛的图像作为输入提供给训练后的(多个)ML模型来直接生成输出。在一些示例中,可以使用多个训练后的(多个)ML模型,每个ML模型被训练以检测特定疾病或异常。在此类示例中,每个ML模型输出二进制的存在/不存在指示,以指示输入图像是否展示出训练ML模型以检测的疾病或异常。数据分析和可视化部件136可以将眼睛的图像作为输入提供给多个训练ML模型中的每个ML模型,以用于检测多种疾病和异常中的一种或多种。在示例中,ML模型可以是神经网络,神经网络包括卷积神经网络(CNN)。在其他示例中,ML模型还可以包括回归算法、决策树算法、贝叶斯分类算法、聚类算法、支持向量机(SVM)等。

[0050] 数据分析和可视化部件136还可以使用由(多个)辐射传感器116和/或相机120捕获的图像和/或视频数据来生成(多只)眼睛的可视化图。例如,第一可视化图可以包括(多只)眼睛的合成图像,该合成图像合并了来自(多个)彩色图像的颜色信息和来自在NIR照射

下由(多个)辐射传感器116捕获的(多个)灰度图像的灰度信息。第一可视化图的生成可以包括检测和识别(多只)眼睛的结构,例如瞳孔和/或晶状体,然后对(多个)灰度图像和(多个)彩色图像进行配准,使得瞳孔在两种类型的(多个)图像中位于相同的位置。然后通过使用合成图像的某些部分中的灰度图像(多个)的灰度像素值和合成图像的其他部分中的(多个)彩色图像的彩色像素值来生成合成图像。合成图像的使用灰度像素值的部分和使用彩色像素值的部分可以对应于描绘(多只)眼睛的不同结构(例如,中央凹、视网膜、角膜等)的区域。合成图像可以更清楚地描绘(多只)眼睛的结构,以改善对(多只)眼睛的疾病和/或异常的检测和评估。

[0051] 在另一示例中,第二可视化图可以包括静止图像的序列,或者包括具有静止图像的序列的动画视频。在一些情况下,当(多只)眼睛被(多个)辐射源114或(多个)白光光源118以沿着相对于视轴的不同轴线的一系列不同的角度(包括相对于视轴约为零度的角度)照射时,图像序列可以由(多个)辐射传感器116或相机120捕获。例如,在一些示例中,由(多个)辐射源114或(多个)白光光源118发射的辐射可以基本上平行于视轴和/或基本上沿着视轴发射。在此类示例中,所发射的辐射可以与视轴同轴或与视轴接近同轴。在一些示例中,可视化图可以包括指示对眼睛图像的异常的区域进行标记的图形和/或颜色编码。下面参考图5A和图5B描述可视化图的另外示例,包括与第一可视化图和第二可视化图有关的另外细节。如本文所述,视力筛查装置104的数据分析和可视化部件136可以处理在(多个)视力筛查测试的实施期间捕获的(多只)眼睛的灰度图像和彩色图像,以确定与患者的(多只)眼睛相关的疾病和/或异常。此外,数据分析和可视化部件136可以基于灰度和彩色图像生成(多只)眼睛的可视化图,该可视化图辅助视力筛查装置104的临床医生或操作者识别(多只)眼睛的疾病和/或异常。

[0052] 计算机可读介质130可以另外存储输出生成部件138。输出生成部件138可以被配置为从数据分析和可视化部件136接收、访问和/或分析数据,并生成输出112。例如,输出生成部件138可以利用数据分析和可视化部件136的正常/异常确定来在输出112中生成建议。建议可以指示患者106的筛查结果是否指示眼睛健康正常,或者基于导致“异常”发现的一个或多个筛查测试是否需要进一步筛查。此外,输出生成部件138可以将由数据分析和可视化部件136生成的可视化图的全部或子集合并到输出112中,以帮助诊断眼睛的状况。由(多个)辐射传感器116或相机120捕获的图像和/或视频的部分也可以被包括在输出112中。此外,如果确定异常,则输出生成部件138可以基于数据分析和可视化部件136的分析将可能的诊断合并到输出112中。输出112可以经由装置的界面(例如,在视力筛查装置104的显示屏122上)呈现给装置的操作者。在示例中,操作者显示屏可能对患者来说是不可见的,例如,操作者显示屏可以面向与患者相反的方向。输出生成部件138还可以将输出112(输出112可以包括建议、诊断、测量值、所捕获的图像/视频和/或所生成的可视化图)存储在数据库(例如筛查数据库144)中,以供临床医生评价,或供在患者106的后续(多个)视力筛查期间进行访问。筛查数据库144可以提供访问经授权的医疗专业人员,以使得能够打印报告或进一步评估与患者106的筛查相关的数据。

[0053] 尽管图1例示了示例(多个)处理器128和计算机可读介质130,计算机可读介质130存储患者筛查部件132、图像捕获控制部件134、数据分析和可视化部件136、输出生成部件138和/或作为视力筛查装置104的部件的其他部件和/或其他项目,但在本文描述的任何示

例中,视力筛查系统110可以包括类似的部件和/或相同的部件。在此类示例中,视力筛查系统110可以包括(多个)处理器146和计算机可读存储器148,处理器146和计算机可读存储器148被配置为执行视力筛查装置104的计算机可读存储器130中的一些或所有部件的功能。例如,计算机可读存储器130的一个或多个部件可以被包括在计算机可读存储器148的(多个)分析部件150中,并且可以由(多个)处理器146执行。在此类示例中,视力筛查系统110可以使用(多个)网络接口152并经由网络108与视力筛查装置104通信,以从视力筛查装置104接收数据并将结果(例如,输出112)发送回视力筛查装置103。视力筛查系统110可以在视力筛查装置104附近的计算机上实现,或者可以位于远程位置。例如,视力筛查系统110可以实现为远程云服务器上的云服务。

[0054] (多个)网络接口152可以实现系统100中所示的部件和/或装置之间和/或与一个或多个其他远程系统以及其他联网装置之间的有线和/或无线通信。例如,(多个)网络接口152中的至少一些可以包括个人局域网部件,以实现在一个或多个短程无线通信信道上的通信。此外,(多个)网络接口152中的至少一些可以包括广域网部件,以实现在广域网上的通信。此类(多个)网络接口152可以经由网络108实现例如视力筛查系统110与视力筛查装置104和/或系统100的其他部件之间的通信。例如,(多个)网络接口152可以被配置为连接到外部数据库(例如,筛查数据库144),以使用无线连接接收、访问和/或发送筛查数据。无线连接可以包括蜂窝网络连接和使用诸如802.11a、b、g和/或ac的协议进行的连接。在其他示例中,可以使用一个或多个无线协议(诸如蓝牙、Wi-Fi Direct、射频识别(RFID)、红外信号和/或紫蜂(Zigbee))在视力筛查装置104与外部系统之间直接实现无线连接。其他配置也是可能的。数据与外部数据库的通信可以使得能够打印报告或进一步评估患者的视力测试数据。例如,所收集的数据和相应的测试结果可以被无线传输并存储在可由经授权医疗专业人员访问的远程数据库中。

[0055] 应当理解,虽然图1将系统100描绘为包括单个视力筛查系统110,但在另外的示例中,系统100可以包括任何数量的本地或远程视力筛查系统,该任何数量的本地或远程视力筛查系统基本上类似于视力筛查系统100,被配置为独立和/或组合操作,并且被配置为经由网络108进行通信。

[0056] 如本文所讨论的,图1描绘了示例视力筛查装置104,该视力筛查装置104包括用于向患者实施视力筛查测试的部件。在一些示例中,一个或多个部件可以在经由网络108与视力筛查装置104通信的远程视力筛查系统110上实现。将参考其余附图对视力筛查装置104及其部件进行详细描述。

[0057] 图2例示了根据一些实现方式的视力筛查装置200的实施例。示例视力筛查装置200可以包括系统100的视力筛查装置104中所包括的一个或多个相同部件。在一些另外的示例中,视力筛查装置200可以包括提供与视力筛查装置104类似功能的不同部件。

[0058] 视力筛查装置200可以是类似平板装置,其可以在壳体202中包括一个或多个处理器、计算机可读介质和与其相关的(多个)网络接口(未示出)。壳体202可以包括前表面204和后表面206,前表面204被配置为在视力筛查装置200的使用期间面向患者(例如患者106),后表面206与前表面204相对,被配置为视力筛查装置200的使用期间面向视力筛查装置200的操作者(例如操作者102)。前表面204可以包括:可以与显示屏124基本相似或相同的显示屏208、可以与(多个)辐射源114基本相似或相同的(多个)辐射源210、可以与(多个)

辐射传感器116基本相似或相同的(多个)辐射传感器212、可以与(多个)白光光源118基本相似或相同的(多个)白光光源214、和/或可以基本上与相机120相似或相同的相机216。

[0059] (多个)辐射源210可以被配置为发射红外波段和/或近红外(NIR)波段的辐射。例如,(多个)辐射源210可以包括被配置为确定与患者的一只或多只眼睛相关的屈光不正的NIR LED的布置。(多个)辐射源210的NIR LED可以围绕视力筛查装置200的中心轴线211径向设置,(多个)辐射传感器212基本上沿着中心轴线211布置。NIR LED可用于在(多个)视力筛查测试期间通过将中心轴线211与眼睛的视轴对准(例如,用于使用光折变技术测量屈光不正)来提供对患者眼睛的偏心照射。将参考图3B进一步详细描述NIR LED的布置。

[0060] 视力筛查装置200还可以包括白光光源214和可见光相机216,可见光相机216被配置为捕获患者的眼睛的彩色图像和/或视频。在一些示例中,白光光源214和相机216可以被包括在图像捕获模块218中。图像捕获模块218的相机216可以包括具有窄视场的高分辨率镜头,该具有窄视场的高分辨率镜头适合于在视力筛查测试中对眼睛进行成像。此类透镜可以结合折叠棱镜薄透镜技术,折叠棱镜薄透镜技术允许远摄变焦,同时保持低高度轮廓。折叠棱镜透镜中使用的光学系统在光被在光学校镜内来回反射时使光弯曲并聚焦,从而减小了透镜的厚度,并允许基本上低高度的形状因数。如上文参考图1所讨论的,一些视力筛查测试可能需要患者眼睛的瞳孔和/或晶状体的彩色图像,以确定疾病和/或异常的存在。在一些示例中,相机216可以配备有高分辨率变焦能力,以能够捕获患者眼睛的特写图像,从特写图像能够定位眼睛的瞳孔和/或晶状体。在其他示例中,相机216可以使用固定焦距镜头,调节眼睛的放置点以获得对焦图像。更通常称为闪光灯的白光光源214可以包括一个或多个强度可调的可见光LED。白光光源214的强度等级可以由视力筛查装置200的一个或多个处理器控制。视力筛查装置200的一个或多个处理器还可以使白光光源214的激活定时与通过相机216捕获图像同步。

[0061] 视力筛查装置200还可以包括显示屏220,显示屏220布置在壳体202的后表面206上,在视力筛查装置100的操作期间,显示屏220基本面向操作者(例如,操作者102)。输入显示屏220可以是触敏性的以接收来自操作者的输入,可以显示图形用户界面,该图形用户界面被配置为在视力筛查测试期间向操作者显示信息和/或从操作者接收输入。例如,操作者可以使用显示屏220来输入关于患者或正在实施的(多个)视力筛查测试的信息。此外,显示屏220可以被配置为向操作者显示关于正在实施的视力筛查测试的信息(例如,参数设置、筛查进度、用于从视力筛查装置200发送数据的选项、一个或多个测量值、和/或在视力筛查期间生成的图像或可视化图等)。显示屏208、220可以包括例如液晶显示器(LCD)或有源矩阵有机发光显示器(AMOLED)。

[0062] 在一些示例中,视力筛查装置200可以包括手柄222a和222b,手柄222a和222b用于在视力筛查测试期间保持视力筛查装置的稳定性。如本文所讨论的,图2描绘了示例性视力筛查装置200,该视力筛查装置200包括用于向患者实施一个或多个视力筛查测试的部件。视力筛查装置200旨在执行完整的视力筛查,完整的视力筛查可以包括多种不同的视力筛查测试,包括针对患者眼睛的多种疾病、异常和病况筛查。如图所示,视力筛查装置200通过分别使用用于操作者右手和左手的手柄222a和222b作为示例,具有重量轻到足以手持的另外特征,从而允许在像新生儿一样年轻的患者中携带和易于使用。视力筛查装置200以紧凑且基本上平面的布置,提供NIR成像所需的辐射源和图像捕获传感器以及如一个或多个视

力筛查测试所要求的白光照射下的彩色成像,从而实现视力筛查装置200的轻质和便携式形状因数。

[0063] 图3A例示了根据一些实现方式的视力筛查装置300的另一实施例。示例视力筛查装置300可以包括视力筛查装置104、200中包括的一个或多个相同部件。在一些另外的示例中,视力筛查装置300可以包括提供与视力筛查装置104、200类似功能的不同部件。

[0064] 在所示的示例中,视力筛查装置300包括具有透明显示屏304(诸如,透明有机发光显示器(OLED))的壳体302,透明显示屏304面向视力筛查装置100的第一端306,第一端306面向患者(例如,患者106)。显示屏304可以覆盖视力筛查装置300的光学部件,诸如可以与(多个)辐射源114基本上相似或相同的用作(多个)辐射源的LED阵列308;(多个)辐射传感器310,其可以与(多个)辐射传感器116基本上相似或相同;以及图像捕获模块312,其包括可以与(多个)白光光源118和相机120基本相似或相同的白光光源312a和数字相机312b。尽管白光光源312a被示出为接近数码相机312b,但在一些示例中,白光光源312a和/或另外的(多个)白光光源可以设置在壳体302上的其他位置(例如,白光光源312a和/或另外的(多个)白光光源可以沿着或接近壳体302的一个或多个侧面或边缘设置在壳体302的一个或多个拐角315处,和/或设置在任何其他位置)。由于显示屏304是透明的,来自(多个)辐射源308的辐射和/或来自图像捕获模块312的白光光源312a的白光可以到达患者的(多只)眼睛,并且来自患者的(多只)眼睛的反射辐射可以在没有衰减和方向变化的情况下通过行进通过显示屏304而被(多个)辐射传感器310和/或图像捕获模块312的相机312b接收。阵列308可以包括以围绕(多个)辐射传感器310的图案分布的各个NIR LED(例如,NIR LED 308a、308b、308c、308d),如图所示。还如图所示,NIR LED 308a-308d可以沿着不同的轴线,例如轴线A-A'、B-B'和C-C'布置,这将参考图3B进一步详细描述。(多个)辐射传感器310基本上沿着视力筛查装置300的中心轴线314定位,视力筛查装置300的中心轴线314类似于视力筛查装置200的中心轴线211。尽管阵列308的各个NIR LED被示出为从中心地定位的辐射传感器310向外辐射,但是也可以设想具有更多或更少的单个NIR LED的阵列308的NIR LED的其他布置模式。如参考图2所述,本文所述的阵列308的NIR LED的布置可以提供使用光折变技术测量屈光不正所需的偏心照射。

[0065] 图3B例示了NIR LED的阵列308的放大视图。在示例中,阵列308可以包括比示例中所示的LED更多或更少的单个LED。图3B中所示的阵列308的各个NIR LED的示例布置包括沿着阵列308的第一轴线M1大致同轴地延伸穿过阵列308的NIR LED行316,第一轴线M1可以对应于图3A的轴线A-A'。如图所示,阵列308还可以包括沿着第二轴线M2的行318和沿着第三轴线M3的行320,第二轴线M2可以对应于图3A的轴线B-B'并且相对于行316成角度 θ ,第三轴线M2可以对应于轴线C-C'并且相对于行318成角度 α 。角度 θ 和 α 可以是任何锐角(例如 60°)。在示例中,轴线M1也可以称为阵列308的第一子午线,轴线M2也可以称为阵列308的第二子午线,轴线M3也可以称为阵列308的第三子午线,并且三个轴线M1、M2、M3可以在视觉筛查装置300的中心轴线314处相交。在一些示例中,另外的LED可以与阵列308间隔开地沿着一个或多个轴线M1、M2、M3定位。

[0066] 如将参考图3C进一步的详细描述,阵列308的各个LED可以按序列(例如,由图像捕获控制部件134)激活,以产生不同角度或偏心度的照射。例如,可以沿着轴线M2按序列渐进地首先激活LED322,然后激活与LED 322相邻的LED 324,依此类推,到LED 326。激活序列可

以沿着第一轴线M1、然后沿着第二轴线M2和第三轴线M3移动通过各个LED。此外,LED 322和324也可以基本上被同时激活,从而使用漫射器(未示出)模拟组合辐射的源位置。在此类示例中,还可以(例如,通过图像捕获控制部件134)控制施加到LED 322和LED 324的电流量,以实现组合辐射的期望模拟源位置,从而允许以另外的角度或偏心度产生照射,而不必机械地移动阵列308。

[0067] 图3C是根据本公开的示例的示例视力筛查系统301的示意性例示图,该视力筛查系统301使用视力筛查装置300来由操作者102对患者106实施视力筛查测试。在示例中,视力筛查装置300的中心轴线314可以与患者(多只)眼睛的视轴328基本对准或共线,如图所示。如以上参考图1所讨论的,视力筛查装置的图像捕获控制部件134可以控制各个辐射源,诸如阵列308的LED 308a-308d或322、324,以发射辐射。由各个LED发射的辐射可以相对于视轴328以不同角度照在患者106的眼睛上。例如,由LED 308b发射的辐射束330A可以与视轴328成角度332A,而由LED 308c发射的辐射束330B可以成与角度332A不同的角度332B。因此,对阵列308的LED的单独或成组激活可用于产生以不同角度照在患者106的(多只)眼睛上的辐射。在一些示例中,角度332A、332B可以相对于例如视轴328近似为零度(例如,照射可以与中心轴线314同轴或接近同轴)。对于每个照射角度,沿着视轴328行进的来自患者106的(多只)眼睛的反射辐射可以被沿着与视轴328对准的中心轴线314定位的辐射传感器310捕获,以生成来自相对于视轴328的每个角度的照射下的(多只)眼睛的图像。尽管本文参考NIR LED的阵列308进行了描述,但与上述阵列308的NIR LED类似地,如下面参考图3D的进一步描述,也可以使用以二维阵列或线性模式布置的各个白光LED的阵列或系列由(多个)白光光源118、214、312a产生来自相对于视轴328的不同角度的照射。

[0068] 视力筛查装置300还可以包括另外的显示屏334,显示屏334在与前侧306相对的一侧336设置在视力筛查装置100的壳体302上。显示屏334可以面向操作者102,并且类似于参考图1描述的显示屏122,被配置为向操作者102提供与(多个)视力筛查测试相关的信息。在一些示例中,显示屏334可以与视力筛查装置300分离(例如,不附接到壳体302),而是与视力筛查装置300可操作地耦接并在视力筛查装置300的控制下。

[0069] 图3D例示了包括根据本公开的示例的视力筛查系统301的部件的示例系统303。示例系统303例示了相机338、包括(多个)白光光源118的白光LED阵列340、漫射器342和部分反射器344。为了清楚起见,在示例系统303中省略了视力筛查系统301的其他部件,然而,应当理解,例如,上述视力筛查装置300或视力筛查系统301的任何部件都可以被包括在图3D中所示的示例系统中。

[0070] 在示例中,由LED阵列340的一个或多个LED发射的辐射346(例如,光)穿过漫射器342并照在部分反射器344上。在示例中,部分反射器344可以是分束器、反射镜布置、棱镜或被配置为反射照在其上的辐射的第一部分同时透射辐射的第二部分的任何其他光学部件。在一些示例中,部分反射器344相对于视力筛查系统301、303的中心轴线314以约45度的角度放置,中心轴线314可以与患者106的眼睛的视轴基本对准或同轴,如参考图3C所讨论的。如图所示,中心轴线314也可以与相机338的透镜基本对准或同轴。漫射器342可以用作由LED阵列340中的LED发射的辐射346的模糊平滑滤波器。在一些示例中,透镜348可以被配置为使由LED阵列340发射的辐射346聚焦以照在部分反射器344上。然而,可以包括一个或多个另外的光学部件以改变到达部分反射344的辐射346。在图3D中所示的示例中,辐射346的

至少一部分350可以反射离开部分反射器344,并且可以被引导至患者106的一只或两只眼睛。当辐射346的部分350被引导至患者106的眼睛时,相机338可以捕获患者106的(多只)眼睛的一个或多个图像和/或视频。在示例中,(多个)图像和/或视频可以描绘由患者106的((多只))眼睛的(多个)瞳孔所反射的辐射。

[0071] 在各种示例中,如本文参考图2和图3A-3D所述,视力筛查装置200、300可以包括用于捕获患者的(多只)眼睛的NIR图像的(多个)NIR辐射源和(多个)传感器,以及用于捕获患者的(多只)眼睛的彩色图像的(多个)白光光源和彩色相机。视力筛查装置200、300还可以在来自相对于(多只)眼睛的视轴的不同角度的辐射源的照射下捕获(多只)眼睛的图像。虽然(多个)辐射源114、210、308已被描述为包括(多个)红外或近红外(NIR)辐射源,但在另外的示例中,(多个)辐射源114、210、308可以包括以不同波长发射辐射的LED,并且(多个)辐射传感器116、212、310可以在被以不同波长和/或不同波段(例如,红外、NIR、可见光、紫外等)的辐射照射时捕获眼睛的图像。可见光谱中的不同波长的辐射可以包括对应于特定颜色的波长。在此类示例中,视力筛查装置104、200、300可以能够检测在特定波长的照射下捕获的图像中可能更明显的(多只)眼睛疾病和/或异常。此外,由于有色光和白光也是电磁辐射的形式,所以本文中使用的术语“辐射源”可以指可见光发射器以及电磁光谱的红外/NIR和紫外范围中的辐射发射器。

[0072] 图4A-图4D例示了由视力筛查装置104、200、300的(多个)辐射传感器116、212、310或相机120、216、312b捕获的眼睛的图像。本文参考图4A-图4D讨论了可以利用对由视力筛查装置104、200或300捕获的图像数据进行分析来检测(多只)眼睛的各种异常和/或疾病。图4A例示了患者的眼睛的图像402,该患者眼睛健康正常且没有可检测的疾病状况或异常。图像402包括患者的右眼404a和左眼404b。如图所示,在表现出眼睛正常健康的患者中,右眼404a的虹膜406a和瞳孔408a看起来与左眼404b的相应虹膜406b和瞳孔408b基本相似。如参考图1所述,数据分析和可视化部件136可以处理所捕获的图像以确定(多只)眼睛的瞳孔的位置,并生成瞳孔的图像(例如瞳孔图像)。由于瞳孔允许辐射进入眼睛内部,并且允许反射的辐射在与眼睛的不同层相互作用后返回离开眼睛,因此瞳孔图像捕获被照在眼睛上的辐射照射的眼睛的各层,例如角膜、晶状体、眼房水和玻璃体液以及视网膜的外观。于2021年6月14日提交的美国专利申请No. 17/347,079(其全部公开内容通过引用并入本文)描述了用于检测在由近红外(NIR)辐射源生成的不同照射模式下捕获的瞳孔图像的示例系统和方法,用于基于光折变确定屈光不正。

[0073] 图4B例示了可以通过将一只眼睛414a的瞳孔图像412a与另一只眼睛414b的瞳孔图像412b进行比较来对疾病状况进行检测的示例图像410。图像410可以是在NIR照射下由(多个)辐射传感器116、212、310捕获的灰度图像,并且例示了由于介质浑浊或白内障发展的典型的晶状体发浑而导致的左眼和右眼图像中的灰度差值的示例。如参考图1所述,数据分析和可视化部件136可以比较左眼和右眼的瞳孔图像,以确定眼睛之间的灰度值差值。例如,图像410可以具有0至128的灰度值,一只眼睛中图像的瞳孔部分的平均灰度值可以是24,而对于另一只眼睛可以是80。可以将所计算的差值与对应于正常眼睛的标准测试数据中的(多个)阈值和/或范围进行比较,以确定是否存在异常。然而,诸如图像410的灰度图像可能无法捕获与可以从彩色图像中容易辨别的一些疾病和异常对应的、眼睛之间的差异。例如,眼睛的视网膜或角膜的肿瘤可能表现为均匀的灰色区域,其类似于在NIR照射下捕获

的灰度图像中正常视网膜的外观。

[0074] 图4C例示了在白光照射(例如,来自(多个)白光光源118、214、312a)下由视力筛查装置104、200、300的(多个)相机120、216、312b捕获的彩色图像416。由于图像416的瞳孔图像420a、420b是由从眼睛的视网膜反射回来并通过角膜的白光生成,因此在此类图像中可见视网膜和角膜的疾病和异常。例如,由于视网膜是密布血管,所反射的光在健康的眼睛中可能呈现为橙红色,但在患有视网膜或角膜肿瘤的眼睛中则可能呈现为白色或淡黄色。尽管由于不同种族的患者之间视网膜的不同色素沉积,瞳孔图像420a、420b的颜色外观可能存在变化,但当两只眼睛中只有一只眼睛存在疾病或异常时,同一患者的两个瞳孔图像420b和420a之间的比较可以可靠地产生色值的差值。如参考图1所述,数据分析和可视化部件136可以比较左眼和右眼的瞳孔图像以确定色值之间的差值。数据分析和可视化部件136还可以将每个瞳孔图像的色值与健康眼睛的瞳孔的标准图像进行比较。由(多个)相机120、216、312b捕获的图像416可以是典型的数字彩色图像,其中每个像素指示对于三个颜色通道中的每一个的0-256范围内的RGB(红、绿、蓝)值。如本领域已知的,由于RGB颜色空间对光变化的敏感性以及RGB颜色空间中颜色之间的距离与颜色之间的感知差异之间的差的相关性,RGB颜色空间通常不适合于需要确定颜色之间的差异的应用。在示例中,可以将彩色图像416变换成更适合于确定颜色之间的差异的颜色空间(例如,CIE $L^*a^*b^*$ 、CIE $L^*u^*v^*$ 、CIE1931模型、HSI(色调、饱和度、强度)等)。可以在变换后的颜色空间中确定瞳孔图像420a的平均色值与瞳孔图像420b的平均色值之间的差值。在一些示例中,可以使用(多只)眼睛的屈光不正的测量值来进一步调节患者眼睛之间的色值的差值,以消除眼睛的屈光不正的影响,该影响也可能导致瞳孔外观的差异。大于阈值和/或在对应于正常健康眼睛的标准数据范围之外的差值可以被标记为检测到的异常。例如,图像416中所例示的色差可能是眼睛之一中的肿瘤(诸如视网膜母细胞瘤)的结果。

[0075] 图4D进一步例示了眼睛424a、424b的图像422,包括瞳孔图像426a、426b。图像422可以是在NIR照射下由(多个)辐射传感器116、212、310捕获的灰度图像,或者是在白光照射下由(多个)相机120、216、312b捕获的彩色图像。如图所示,即使瞳孔426a和426b的图像中的平均灰度值或平均色值可能相似,但它们之间可能存在其他类型的差异,诸如不均匀性、包含物或其他结构,这可能指示疾病状况和/或异常。例如,微小的不均匀性或包含物可能指示白内障形成的早期阶段、眼睛介质中存在异物、角膜或晶状体中有划伤等。数据分析和可视化部件136可以通过各种方法确定瞳孔图像426a和426b之间的这些类型的差异。例如,使瞳孔图像426a和426b对准,然后减去相应位置处的像素的像素值,将产生主要指示差异区域的差异图像。可以将差异图像的像素值的总和与阈值进行比较,以确定该差值是否高于阈值(例如,在异常的情况下)。数据分析和可视化部件136还可以通过计算瞳孔图像426b内的灰度或色值的方差来确定差值。如果方差高于阈值,或在健康眼睛中期望的范围之外,则可以确定异常状况。

[0076] 在一些示例中,数据分析和可视化部件136可以通过对针对瞳孔图像中的特性的均匀性而单独拍摄的每个瞳孔图像进行评估来确定眼睛的一些状况。该特性可以包括颜色、亮度、纹理等。例如,数据分析和可视化部件136可以确定瞳孔图像内的特性的标准偏差(或方差),并且如果标准偏差高于阈值,或者在健康眼睛中期望的范围之外,则可以确定异常状况。

[0077] 尽管图4A-图4D示出了可以通过本文讨论的技术确定的眼睛的一些状况的示例,但应当理解,也可以确定另外的状况。此外,数据分析和可视化部件136可以分析白光照射下的彩色图像、NIR照射下的灰度图像和/或合成图像(如参考图1所述),以确定眼睛的状况。例如,可以基于合成图像来确定眼睛中存在白内障,而可以主要基于彩色图像来确定存在胚细胞瘤。在一些示例中,可以从眼睛的彩色和/或灰度视频(例如,视频的一个或多个帧)中提取彩色图像和/或灰度图像。

[0078] 如本文所述,图4A-图4D例示了对由(多个)辐射传感器116、212、310和/或(多个)相机120、216、312b捕获的图像的处理,该处理可以由视力筛查装置104的数据分析和可视化部件136执行,从而确定对患者(多只)眼睛的疾病状况和/或异常进行指示的瞳孔图像之间的差异。还设想了为检测特定疾病状况和异常而定制的处理的其他示例。例如,在不同波长的辐射下捕获的图像可用于检测对特定疾病状况进行指示的图像的灰度值或色值或结构的特征差异。

[0079] 图5A和图5B例示了可以由视力筛查装置104、200或300生成的瞳孔图像的示例可视化图。如参考图1所描述的,数据分析和可视化部件136可以处理所捕获的瞳孔图像并生成一个或多个可视化图,一个或多个可视化图可以帮助视力筛查装置的临床医生或操作者诊断患者(例如,患者106)眼睛中的异常或疾病。如上所述,第一可视化图可以生成合成图像502,合成图像502合并了来自在NIR照射下由(多个)辐射传感器116、212、310捕获的灰度图像和在白光照射下由(多个)相机120、216、312b捕获的彩色图像的信息。数据分析和可视化图部件136可以使(多个)灰度图像和彩色图像(多个)对准,例如,执行图像配准步骤使得图像中眼睛的瞳孔504彼此重叠。然后,数据分析和可视化图部件136可以基于眼睛的特定特征(例如视盘506和/或中央凹508)执行更高精度的图像配准步骤,从而例如当眼睛的特征彼此重叠时,(多个)灰度图像和(多个)彩色图像被精确地对准。在一些示例中,即使当视力筛查装置在图像捕获之间没有移动时,也可以执行配准步骤,因为患者的小移动或患者的眼睛运动可能导致图像之间的未对准。

[0080] 在示例中,合成图像502可以例如由数据分析和可视化部件136从对准的灰度图像和彩色图像生成,以包括某(些)部分510中的灰度图像的像素值和瞳孔区域504的其余部分中的彩色图像的像素值。选择要合并的合成图像502的不同部分中的图像可以基于该部分中的特征是在NIR照射下还是在白光照射下更容易辨别。例如,眼睛的部分510可以包括在NIR照射下更好地辨别的特征或状况,而瞳孔图像504的其余部分中的血管结构在白光照射下捕获的彩色图像中可以更清晰。在此类示例中,数据分析和可视化部件136可以使用来自合成图像502的区域510中的(多个)灰度图像的灰度值,和来自瞳孔图像504的其余部分中的(多个)彩色图像的色值,以生成合成图像502。在其中已经捕获了多个灰度图像和彩色图像的情况下,数据分析和可视化部件136可以使用灰度图像上每个像素位置处的平均灰度值和彩色图像上每个像素位置处的平均色值来产生合并的灰度图像和合并的彩色图像。在其他示例中,可以基于诸如图像质量(例如,清晰度、照射角度或眼睛的特定特征的可见性)的因素从多个图像中选择单个图像以用于合成图像502。如上所述,合成图像从在NIR照射下捕获的(多个)灰度图像导出第一多个像素值,并且从在白光照射下捕获的(多个)彩色图像导出第二多个像素值。因此,合成图像包括由NIR和可见光照射独立揭示的眼睛特性。

[0081] 在一些示例中,除了包括眼睛,合成图像还可以包括患者面部的部分(例如,鼻子、

前额),甚至包括整个面部。在一些示例中,此外或可替代地,数据分析和可视化部件136还可以向合成图像502添加图形512(例如,伪彩色),以突出显示合成图像502的在其中在左瞳孔图像和右瞳孔图像之间或者在所捕获图像和标准图像之间检测到差异的部分或区域。在一些示例中,突出显示时使用的颜色(例如,在图形512内)可以基于热图可视化方案,其中较冷或蓝色色调可以指示较小的差异,而较暖或红色色调可以指示较大的差异。合成图像502的其中差值超过标准阈值或在标准范围之外的部分可以从热图的最高端开始分配伪颜色。眼睛的其他特征也可以使用不同的图形或不同的颜色图例来突出显示。在此类示例中,临床医生或操作者可以选择打开或关闭突出显示和/或图形,或在两者之间切换,以帮助诊断眼睛的状况。合成图像502可以作为患者数据140的一部分被存储在数据库(例如,筛查数据库144)中。

[0082] 图5B例示了包括静止图像的序列或具有静止图像的序列的动画视频的可视化图514。可视化图可以对应于如参考图1的数据分析和可视化部件136描述的第二可视化图。辐射源516(1-7)可以对应于例如沿着图3B的轴线或子午线316、318或320的NIR LED。可替代地或此外,辐射源516(1-7)可以包括(多个)白光光源118、214、312a的白光LED阵列。瞳孔图像518(1-7)指示由(多个)辐射传感器116、212、310或由相机120、216、312b在来自相应辐射源516(1-7)的照射下捕获的图像。例如,可以在辐射源516(1)启用时捕获图像518(1),可以在辐射源516(3)启用时捕获图像518(3),等等。应当注意,序列514可以不包括与每个辐射源(例如,516(2、4、6))相对应的图像。在示例中,可以在可视化图514生成时使用与(多个)辐射源516(1-7)相对应的任意数量的图像。此外,还可以设想更多或更少的(多个)辐射源516。

[0083] 如以上参考图5A所述,将在来自各个辐射源(例如,516(1、3、5、7))的照射下捕获的图像对准,使得瞳孔相对于每个图像中的整体图像出现在相同的位置。对准步骤或配准防止了当以序列(例如,在显示屏122、220上)呈现图像时的抖动。可视化图514可以包括在显示屏122、220上从左到右(例如,作为图像序列518(1)、518(3)、518(5)和518(7))和/或从右到左(例如,作为图像序列518(7)、518(5)、518(3)和518(1))按顺序呈现图像518(1-7)。此外,数据分析和可视化部件136可以生成动画视频,视频的每个帧包括序列中的单个图像。动画视频可以包括重复地显示从左到右的序列然后从右到左的序列,以产生从头到尾来回移动的照射源的现象。视力筛查装置可以(例如,在显示屏122、220上)呈现图形用户界面,图形用户界面允许视力筛查装置的临床医生或操作者在任何帧上暂停视频,和/或进行放大或缩小。此外,可视化图514可以使用在NIR照射下捕获的灰度图像、在白光照射下捕获的彩色图像或以上参考图5A描述的合成图像作为每个图像518(1、3、5、7)。图形用户界面可以提供查看灰度图像、彩色图像或合成图像的选项。

[0084] 在各种示例中,如本文参考图5A和图5B所述,视力筛查装置300可为视力筛查装置的操作者提供可视化图,以帮助诊断患者眼睛的疾病和/或异常。此外,这些可视化图可以作为患者数据140的一部分被存储(例如,在筛查数据库144中),使得临床医生可以访问这些可视化图以供查看,或者在同一患者的未来视力筛查测试期间进行比较。

[0085] 图6-图8提供了例示如本文所述的用于视觉筛查的示例方法的流程图。图6-图8中的方法被例示为逻辑流程图中的块的集合,逻辑流程图表示可以在硬件、软件或其组合中实现的操作的序列。在软件的上下文中,块表示存储在一个或多个计算机可读存储介质上

的计算机可执行指令,当由(多个)处理器执行时,所述指令执行所记载的操作。通常,计算机可执行指令包括执行特定功能或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、部件、数据结构等。描述操作的顺序不旨在被解释为限制,并且可以以任何顺序和/或并行地组合任何数量的所描述的块以实现图6-图8中所示的方法。在一些实施例中,可以完全省略图6-图8所例示方法的一个或多个块。

[0086] 下文关于图6-图8所例示的方法描述的操作可以由本文描述的装置或系统104、200和300中的任一个和/或由其各种部件执行。除非另有规定,并且为了便于描述,以下将参考图1所示的系统100和图1-图3的视力筛查装置104、200、300来描述图6-图8中所例示的方法。特别地,关于图6-图8中所例示的方法描述的任何操作都可以,单独地或组合地,通过由视力筛查装置104的(多个)处理器128执行的图像捕获控制部件134、数据分析和可视化部件136和/或输出生成部件138执行,和/或通过由视力筛查系统110的(多个)处理器146执行的分析部件150执行。

[0087] 参考图6中所例示的示例方法600,在操作602,图像捕获控制部件134和/或与其相关的一个或多个处理器可以使辐射源发射辐射(例如,近红外(NIR)辐射)。例如,辐射源可以包括视力筛查装置104的(多个)辐射源114的NIR LED,NIR LED被配置为在与患者筛查部件132为患者指示的实施视力筛查测试至少部分地对应的时间段期间发射NIR辐射。在一些示例中,图像捕获控制部件134可以使得发射不同波长的辐射,例如,第一辐射源可以发射第一波长的辐射,而第二辐射源可以发射第二波长的辐射。如参考图3B所描述的,图像捕获控制部件134可以单独地或成组地激活(多个)辐射源114的LED,以产生相对于眼睛的视轴以不同角度照到眼睛上的辐射。例如,如上文参考图3B所描述的,图像捕获控制部件134可以沿着轴线316、318和320设置NIR LED的激活模式。此外,图像捕获控制部件134可以与不同的眼睛入射角相结合而激活不同波长的辐射。在一些示例中,NIR LED的激活模式的布置允许向患者106的(多只)眼睛呈现不同的照射模式,并且可以基于在所选择的照射模式下捕获的图像来精确地测量(多只)眼睛的屈光不正。关于用于确定屈光不正的检查协议中使用的照射模式的另外细节,可以在上面引用的并通过引用并入本文的美国专利申请No.9,237,846中找到。

[0088] 在操作604,图像捕获控制部件134可以使视力筛查装置的传感器(例如,视力筛查装置104的(多个)辐射传感器116)在(多个)辐射源114的照射下捕获由患者的(多只)眼睛反射的辐射。图像捕获控制部件134可以接收指示由(多个)辐射传感器116捕获的辐射的数据。数据可以包括由来自不同角度的辐射照射的眼睛的(多个)灰度图像和/或视频,如上文在操作602所述。例如,图像捕获控制部件134可以使传感器在来自第一组NIR LED的照射下捕获第一图像,并且在来自第二组NIR LED的照射下捕获第二图像。在一些示例中,近红外可以由(多个)第一辐射源发射的第一波段,并且图像捕获控制部件134还可以激活以第二波段发射辐射的第二辐射源,并且使得传感器在来自第二辐射源的照射下捕获第三图像。此外,图像捕获控制部件134可以使(多个)传感器同时捕获两只眼睛的图像,或者一次捕获一只眼睛的图像。例如,图像捕获控制部件134可以在捕获左眼图像之后且捕获右眼图像之前改变(多个)照射源的激活(例如,激活(多个)辐射源114、118的不同LED),从而在图像捕获期间从相对于眼睛的相同角度照射左眼和右眼两者。在一些示例中,图像捕获控制部件134可以在引导患者106沿不同的方向观看的同时使得传感器捕获眼睛的多个图像,例

如,患者106的注视方向可以相对于视力筛查装置104的视轴向左、向右、向上和/或向下。

[0089] 在操作606,图像捕获控制部件134和/或与其相关的一个或多个处理器可以使白光光源(例如,视力筛查装置104的(多个)白光光源118)在操作602和604完成后的一段时间期间并且在视力筛查测试的至少一部分的实施期间发射白光以照射患者。类似于在操作602描述的(多个)辐射源,也可以激活(多个)白光光源118的各个白光光源,以从相对于视轴的不同角度照射眼睛。在一些示例中,来自(多个)白光光源118的照射可以与视轴同轴或与视轴接近同轴,例如,角度可以基本上为零度。在一些示例中,如上所述,可以对应于患者106的不同注视方向来捕获眼睛的多个图像,例如,可以对应于患者的第一注视方向来捕获眼睛的第一彩色图像,并且可以对应于患者的第二注视方向来捕获眼睛的第二彩色图像。图像捕获控制部件134可以将捕获图像时的捕获时间以及患者的照射角度和/或注视方向,进行存储作为与图像相关的元数据。

[0090] 在操作608,图像捕获控制部件134可以使相机(例如,视力筛查装置104的相机120)在白光照射下捕获患者的(多只)眼睛的(多个)彩色图像。在一些示例中,图像捕获控制部件134还可以使相机捕获视频数据。例如,可以在白光照射开始之前的第一时间段期间捕获视频数据,并且可以在白光照射开始之后的第二时间段期间继续进行。例如,视频数据可用于确定患者瞳孔的反应(例如瞳孔的大小)和/或瞳孔对变化的照射等级和/或照射的急剧变化(例如,由白光照射的开始所引起)的调节。图像捕获控制部件134可以将(多个)彩色图像和/或视频存储在数据库中,以供临床医生查看。此外,图像捕获控制部件134可以使相机捕获患者面部的彩色图像,并将该图像存储在患者数据140中作为患者的照片标识符。数据分析和可视化部件136可以利用(多个)彩色图像来生成合成彩色图像,并在操作610和612确定差值,如下所述。在一些示例中,可以通过组合在患者的不同注视方向上捕获的彩色图像来生成合成彩色图像,以例示(多只)眼睛的视网膜。

[0091] 在操作610,数据分析和可视化部件136可以通过组合来自在操作604捕获的(多个)灰度图像和在操作608捕获的(多个)彩色图像的信息来生成(多只)眼睛的合成图像。如上参考图5A所述,数据分析和可视化部件136可以检测在灰度图像和彩色图像中与眼睛的瞳孔相对应的瞳孔图像,并将灰度瞳孔图像和彩色瞳孔图像对准,使得眼睛的结构重叠。数据分析和可视化部件136还可以生成合成图像,合成图像在该合成图像的一部分中包含来自(多个)灰度图像的灰度值并且在合成图像的其余部分中包含来自(多个)彩色图像的色值。例如,数据分析和可视化部件136还可以注释(例如,使用图形和/或伪色值)合成图像的一些部分以指示所关注的区域。

[0092] 在操作612,数据分析和可视化部件136或输出生成部件138可以在灰度、颜色和/或合成图像中确定像素值和期望像素值之间的一个或多个差值。例如,数据分析和可视化部件136或输出生成部件138可以计算第一差值作为患者的左瞳孔图像和右瞳孔图像中的对应像素位置处的像素值之间的平均差值。作为另一示例,数据分析和可视化部件136或输出生成部件138可以计算瞳孔图像的第一区域和同一瞳孔图像的第二区域中的平均像素值之间的第二差值。在又一示例中,数据分析和可视化部件136或输出生成部件138可以计算瞳孔图像中的平均像素值与来自正常健康眼睛的标准值之间的第三差值,所述第三差值可以被存储在数据库(例如,筛查数据库144)中。此外,数据分析和可视化部件136或输出生成部件138可以计算在视力筛查测试期间捕获的瞳孔图像中的像素值与在先前实施的(多个)

视力筛查测试期间捕获的同一患者的瞳孔图像中的像素值之间的第四差值。

[0093] 在操作614,输出生成部件138可将在操作612获得的像素值的差值与(多个)阈值和/或(多个)范围进行比较,以确定对与(多只)眼睛相关的状况进行指示的输出,所述输出可以包括诊断或建议。例如,如果差值小于阈值(操作614-是),则输出生成部件138可以在操作616生成与患者相关的第一输出,而如果差值等于或高于阈值(操作618-否),则在操作618,输出生成部件134可以生成第二输出。(多个)阈值和/或(多个)范围可以是预先确定的,并且可作为标准数据的一部分获得,所述标准数据可以被存储在筛查数据库144或计算机可读介质130、148中。标准数据可以包括针对上述每种类型的差值的不同的(多个)阈值和范围,包括灰度值和色值的单独阈值和范围。(多个)阈值和(多个)范围也可以基于患者的测试类别(例如,患者的年龄组或病史)而不同。

[0094] 在操作616,输出生成部件138可以如上所述生成第一输出(操作614-是)。第一输出可以对应于如下指示:患者已经通过视力筛查或者患者的(多只)眼睛看起来正常和健康。第一输出还可以包括到所存储的图像的链接,所存储的图像包括所捕获的灰度图像和彩色图像和/或所生成的可视化图。在操作618,输出生成部件138可以生成第二输出(当操作614-否时)。第二输出可以对应于如下指示:检测到疾病或异常、追加筛查的建议和/或对检测到的疾病或异常的诊断。

[0095] 如所讨论的,示例方法600可以通过由装置104的(多个)处理器128执行的视力筛查装置104的部件执行。示例方法600例示了在对患者(例如,患者106)实施的视力筛查测试的至少一部分期间执行的操作,以基于在不同波长的照射下捕获的(多只)眼睛的图像来确定与患者的(多只)眼睛相关的疾病和/或异常。在可替代的示例中,方法600的一些或所有操作可以由视力筛查系统110的(多个)处理器146执行,所述视力筛查系统110通过网络108连接到视力筛查装置104。

[0096] 图7例示了根据本公开的一些实现方式的用于视觉筛查的示例方法700。如所讨论的,方法700的操作将被描述为由视力筛查装置104的(多个)处理器128执行,但所述操作也可以可替代地或此外由远程视力筛查系统110的(多个)处理器146执行。

[0097] 在操作702,数据分析和可视化部件136可以从所捕获的图像确定瞳孔图像。如所讨论的,所捕获的图像可以包括在NIR照射下由(多个)辐射传感器116、212、310捕获的灰度图像或在白光照射下由(多个)相机120、216、312b捕获的彩色图像。可以使用如上所述并通过引用并入本文中的美国专利No. 9,237,846中描述的技术,从在NIR辐射照射下捕获的图像中确定瞳孔图像。数据分析和可视化部件136还可以使用各种技术,例如,通过使用图像处理技术检测边缘,然后通过圆弧拟合,并将检测到的边缘弧与眼睛图像的模型边缘图进行比较,来从彩色图像中确定瞳孔图像。还可以使用瞳孔的颜色从彩色图像中确定瞳孔图像,以划分(多只)眼睛图像的瞳孔区域。也可以使用边缘和基于颜色的划分的组合。

[0098] 在操作704,数据分析和可视化部件136可以确定患者的左瞳孔图像和右瞳孔图像之间的(多个)差值。可以使用(多个)灰度图像的灰度值和/或(多个)彩色图像的色值来确定差值。如参考图6的操作612所述,可以将该差值计算为患者的左瞳孔图像和右瞳孔图像中的对应像素位置处的像素值之间的平均差值,或者患者的左瞳孔图像和右瞳孔图像中的对应部分处的像素值之间的平均差值。在其他示例中,数据分析和可视化部件136可以通过将右像素图像减去左瞳孔图像而获得的像素值求和来确定差值,或者反之亦然。

[0099] 在操作706,数据分析和可视化部件136可以将在操作704获得的差值与第一阈值进行比较,以确定所述差值是否小于第一阈值。例如,第一阈值可以是预定的,并且可作为标准数据(所述标准数据可以存储在筛查数据库144中)的一部分获得,并且指示当患者表现出正常、健康的眼睛时,同一患者的两个瞳孔图像之间期望的最大差值。如果所述差值等于或大于第一阈值(操作706-是),则输出生成部件138可以在操作716生成报告异常的输出,如下面更详细描述。

[0100] 在操作708(操作706-否),数据分析和可视化部件136可以确定患者的左瞳孔图像或右瞳孔图像与正常健康眼睛的(多个)标准图像之间的差值。可以在视力筛查测试期间同时或在不同时间捕获左瞳孔图像和右瞳孔图像。(多个)标准图像可以作为标准数据的一部分提供,所述标准数据可以存储在筛查数据库144或计算机可读介质130、148中。

[0101] 在操作710,数据分析和可视化部件136可以将在操作708获得的差值与第二阈值进行比较,以确定所述差值小于第二阈值。例如,第二阈值也可以是预先确定的并可作为存储在筛查数据库144中的标准数据的一部分获得,并且指示瞳孔图像与正常健康眼睛的标准图像之间期望的最大差值。如果差值等于或大于第二阈值(操作710-是),则输出生成部件138可以在操作716生成报告异常的输出,如下面进一步详细描述的。

[0102] 在操作712(操作710-否),数据分析和可视化部件136可以确定患者的瞳孔图像和先前(多个)视力筛查测试期间捕获的同一只眼睛的瞳孔图像之间的差值。在先前(多个)视力筛查测试(例如,前几年的年度筛查测试)期间捕获的患者的瞳孔图像可以作为患者数据140的一部分存储在数据库(例如,筛查数据库144)中。数据分析和可视化部件136可以在当前视力筛查测试开始之前从数据库访问来自先前(多个)筛查测试的瞳孔图像,和/或将图像加载到计算机可读介质130中。

[0103] 在操作714(操作712-否),数据分析和可视化部件136可以将在操作712获得的差值与第三阈值进行比较,以确定所述差值小于第三阈值。例如,第三阈值可以是预定的,并且可作为标准数据(所述标准数据可以存储在筛查数据库144中)的一部分获得,并且指示在一段时间之后捕获的同一眼睛的瞳孔图像之间期望的最大差值。如果所述差值等于或大于第三阈值(操作714-是),则输出生成部件138可以在操作716生成报告异常的输出。例如,输出可以指示患者眼睛的变化,这可能是由于进行性眼病,例如白内障或黄斑变性,或在先前的(多个)筛查测试期间不存在的新的疾病状况所引起。

[0104] 在操作716,输出生成部件138可以生成报告异常的输出。如上所述,如果在操作704、708、712确定的(多个)差值中的任一个大于或等于它们各自的阈值,则数据分析和可视化部件136或输出生成部件138可以确定(多只)眼睛中可能存在异常和/或疾病状况。输出还可以包括基于触发异常报告的差值的诊断。如参考图4所描述的,特定疾病可能在瞳孔图像的外观上表现出特征性差异,并且一些疾病,例如视网膜母细胞瘤、白内障、角膜划伤等,可以根据在(多个)视力筛查测试期间检测到的差异来确定。输出生成部件138可以将输出作为患者数据140的一部分存储在诸如筛查数据库144的数据库中。输出生成部件138还可以在显示屏(例如(多个)显示屏122、220、334)上向操作者(例如操作者102)显示输出。

[0105] 在不存在满足或超出相应阈值的任何差值的情况下,在操作718,输出生成部件138可以生成报告正常筛查的输出,例如,基于(多个)视力筛查测试确定患者的眼睛正常。输出生成部件138可以将输出作为患者数据140的一部分存储在诸如筛查数据库144的数据

库中,和/或可以在(多个)显示屏122、220、334上向视力筛查装置的操作者(例如操作者102)显示输出。

[0106] 图8例示了根据本公开的一些实现方式的用于视力筛查的示例方法800,视力筛查包括一个或多个单独的视力筛查测试,例如针对(多只)眼睛的不同状况的各个筛查。方法800的各种操作可以与参考图6和图7描述的方法基本相似或相同。如所讨论的,方法800的操作将被描述为由视力筛查装置104的(多个)处理器128执行,但所述操作也可以可替代地或此外由远程视力筛查系统110的(多个)处理器146执行。

[0107] 在操作802,患者筛查部件132可以选择对参与视力筛查时段的患者进行视力筛查测试。如参考图1所讨论的,患者筛查部件132可以至少部分地基于存储在患者数据140中的患者的测试类别(例如,患者的年龄组或病史)来确定要对患者实施的(多个)视力筛查测试的列表。在操作802选择的视力筛查测试可以是要给患者实施的视力筛查检查列表上的下一个未完成的视力筛查测试。在一些示例中,在802,患者筛查部件132可以基于从实施筛查测试的临床医生或操作者接收的输入来选择视力筛查测试。

[0108] 在操作804,数据分析和可视化部件136可以从图像捕获控制部件134接收正在进行视力筛查的患者的(多只)眼睛的图像。例如,图像可以包括在NIR辐射照射下捕获的灰度图像、在白光照射下捕获的彩色图像、彩色或灰度视频和/或合成图像中的一个或多个。可以如参考图6所例示的示例方法600所描述的那样捕获图像。在一些示例中,可以例如在实施先前选择的视力筛查测试的同时预先捕获图像,并且可以不捕获新图像。

[0109] 在操作806,数据分析和可视化部件136可以例如使用参考图7描述的方法700来执行所选择的视力筛查测试。每个视力筛查测试可以具有指示最适合检测正在筛查的状况的(多个)图像的、与其相关的一组预定的图像要求。例如,图像要求可以包括图像类型(例如,颜色、灰度、合成、视频等)、(多个)照射角度或(多个)注视方向、照射类型/等级等。数据分析和可视化部件136可以例如通过将图像要求和与所捕获的(多个)图像相关的元数据相进行匹配来基于图像要求识别要分析的(多个)图像,并基于对所识别的图像的分析来执行所选择的视力筛查测试。例如,针对(多只)眼睛中存在白内障的筛查测试可能需要合成图像作为输入,而针对存在母细胞瘤的筛查测试则可能需要彩色图像作为输入。在一些示例中,例如通过识别与所需照射角度或注视方向相关的帧,可以从视频中提取在不同照射角度或注视方向下捕获的(多个)图像。

[0110] 在操作808,患者筛查部件132可以确定视力筛查时段是否完成,例如,在操作806执行的视力筛查测试是否是由患者筛查部件130确定的(多个)视力筛查测试的列表中的最后一个。如果在操作808,患者筛查部件132确定视力筛查时段未完成(操作808-否),则患者筛查部件130可以进行到操作802以选择接下来要执行的视力筛查测试。另一方面,如果在操作808,患者筛查部件132确定视力筛查时段完成(操作808-是),则输出生成部件138可以在操作810生成报告,报告包括在视力筛查时段期间执行的(多个)视力筛查测试的结果。例如,报告可以包括在方法700的操作716、718针对在视力筛查时段期间执行的每个视力筛查测试所生成的(多个)输出。

[0111] 至少基于本文的描述,可以理解,本公开的视力筛查装置和相关系统和方法可以用于辅助执行一个或多个视力筛查测试,一个或多个视力筛查测试包括筛查患者眼睛的疾病和/或异常的(多个)测试。本文所述的视力筛查装置的部件可以被配置为:除了白光之外

还产生不同波长的辐射,以照射正在进行视力筛查的患者的眼睛;在不同的照射条件下捕获(多只)眼睛的图像;生成有助于疾病状况诊断的可视化图;确定瞳孔图像之间的差值;并确定指示筛查测试的诊断、建议或结果的输出。示例性视力筛查装置可以包括用于产生不同波长的辐射的(多个)辐射源、用于捕获来自患者眼睛的反射辐射的(多个)传感器、白光光源和被配置为在白光照射下捕获患者的(多只)眼睛的(多个)彩色图像的相机、以及用于向视力筛查装置的操作者显示输出的(多个)显示屏。本文所述的装置可用于筛查患者的眼睛疾病和异常,而不需要来自患者的输入或反馈,也不需要眼睛的扩张,从而允许所述装置用于筛查非常年轻、非常年老、丧失能力或不配合的患者。

[0112] 上述内容仅说明了本公开的原理,而本领域技术人员可以在不脱离本公开范围的情况下进行各种修改。上述示例是出于说明而非限制的目的而呈现的。本公开还可以采取除本文明确描述的那些形式之外的许多形式。因此,应强调的是,本公开不限于所明确公开的方法、系统和装置,而是旨在包括在所附权利要求的精神内的对所述方法、系统和装置的变化和变型。

[0113] 作为进一步的示例,可以对装置或工艺限制(例如,尺寸、配置、部件、工艺步骤顺序等)进行变化,以进一步优化所提供的结构、装置和方法,如本文所示和所述。在任何情况下,本文描述的结构和装置以及相关的方法具有许多应用。因此,所公开的主题不应限于本文描述的任何单个示例,而是应根据所附权利要求在广度和范围上进行解释。

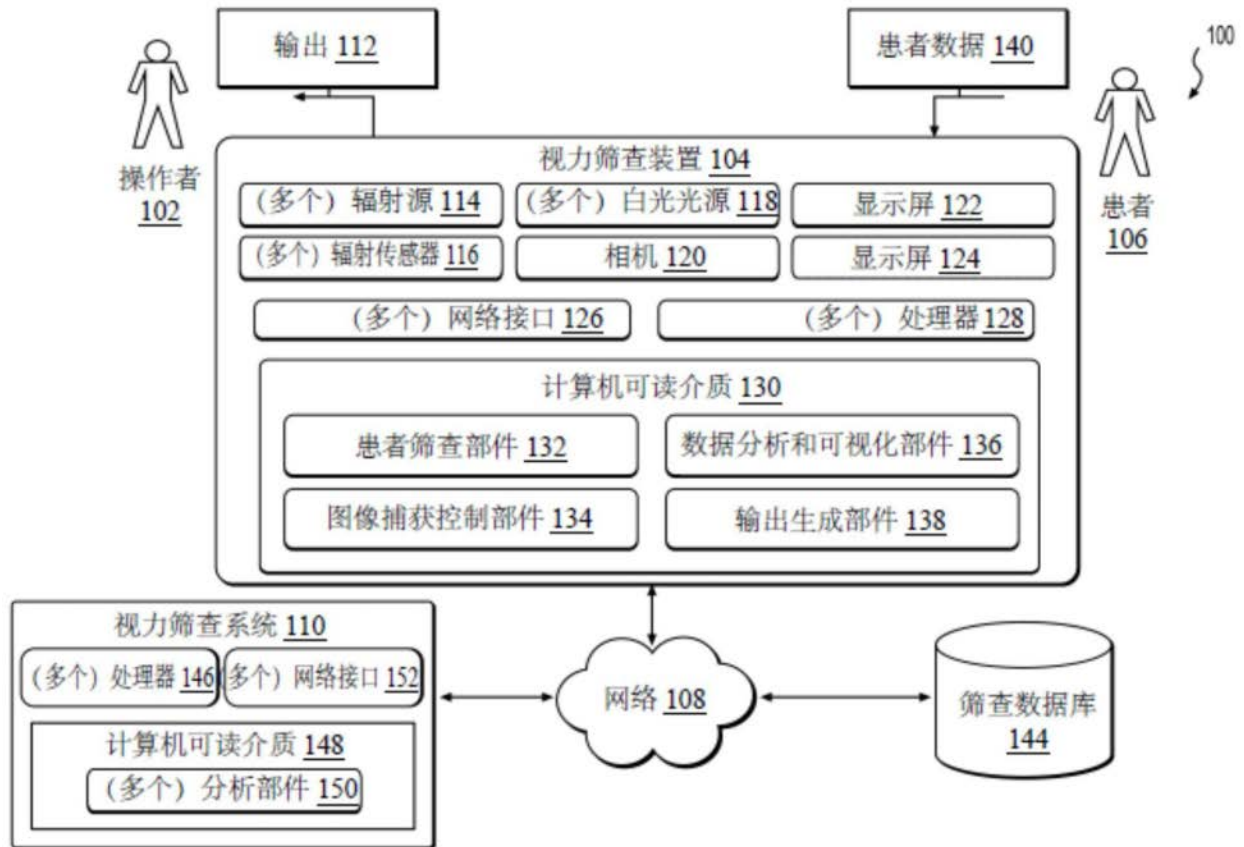


图1

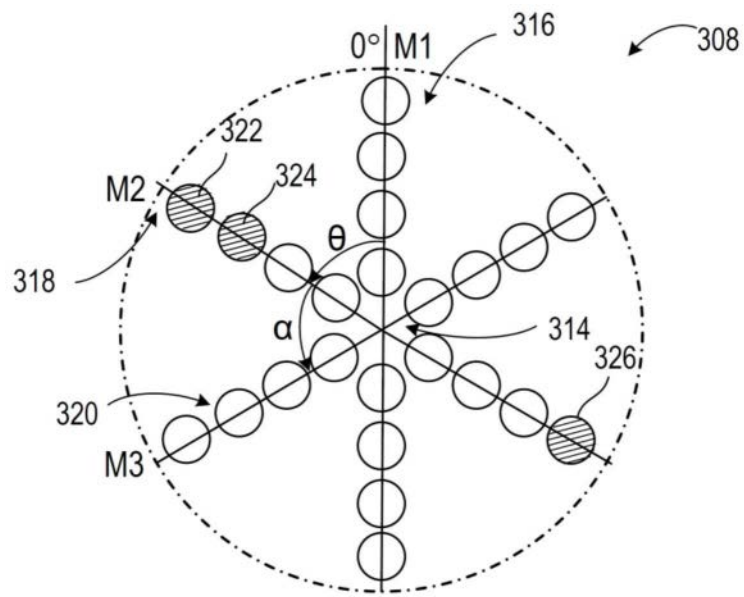


图3B

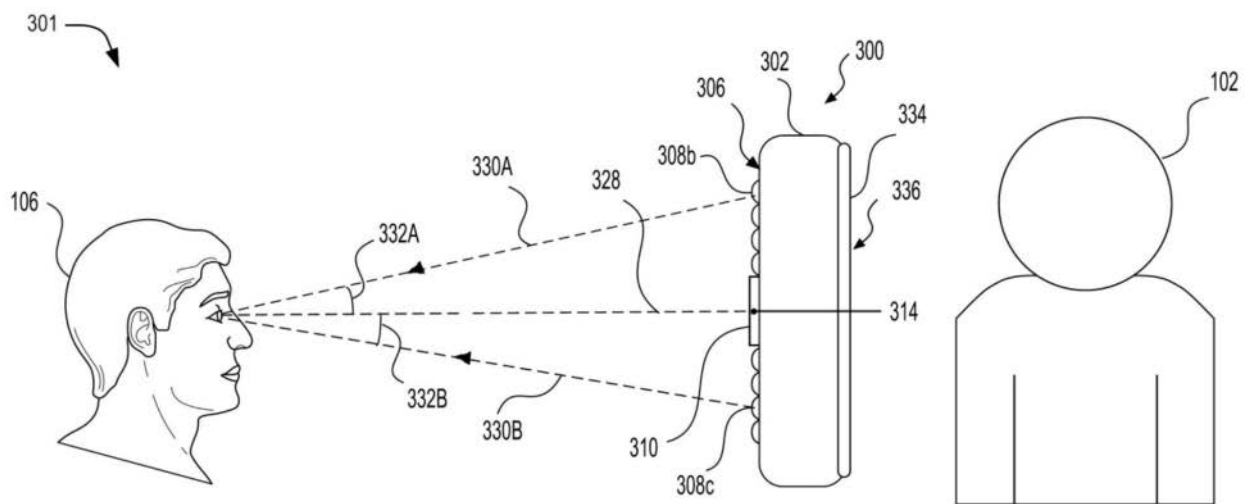


图3C

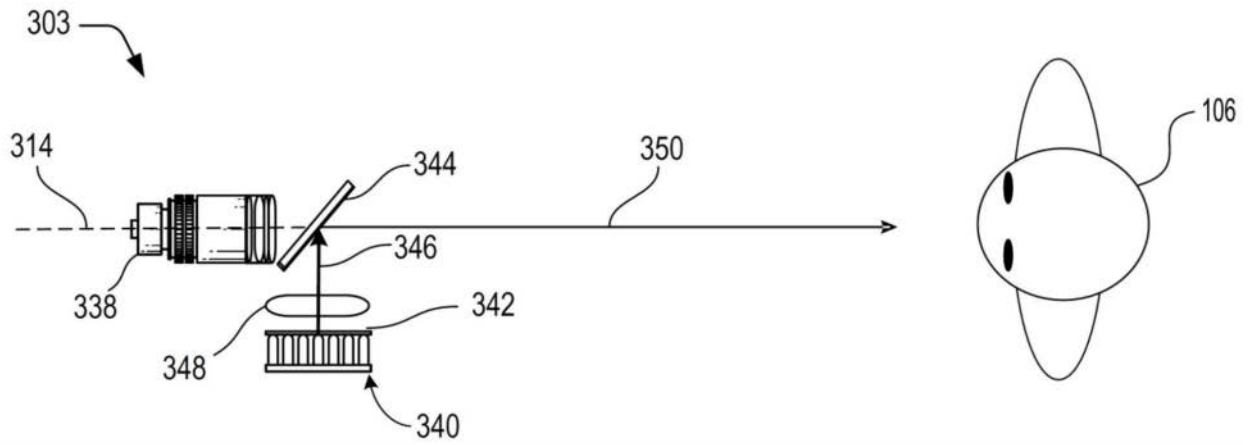


图3D

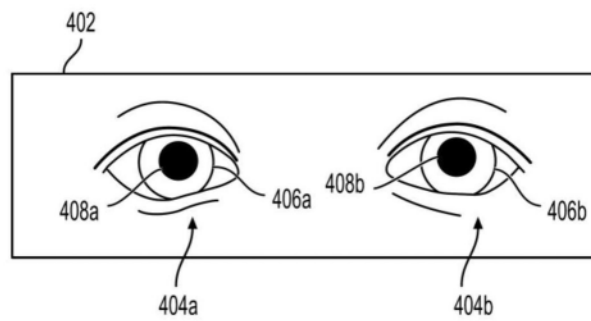


图4A

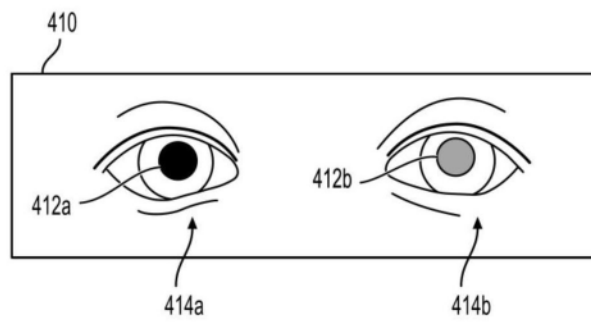


图4B

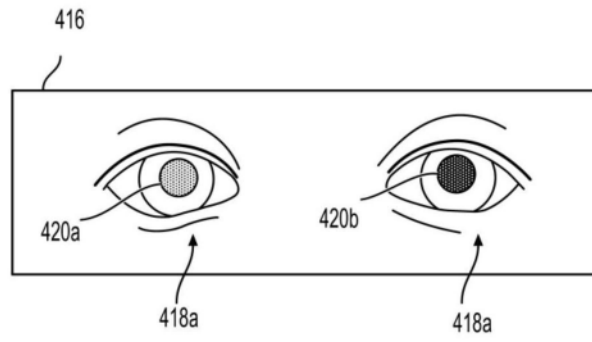


图4C

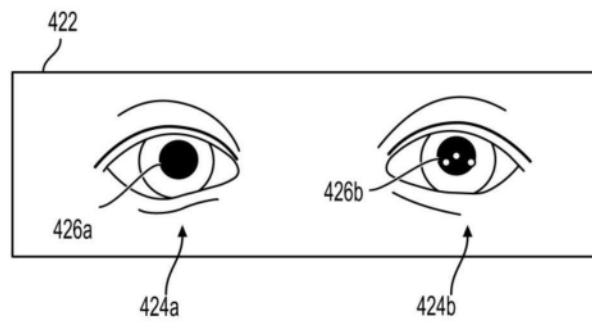


图4D

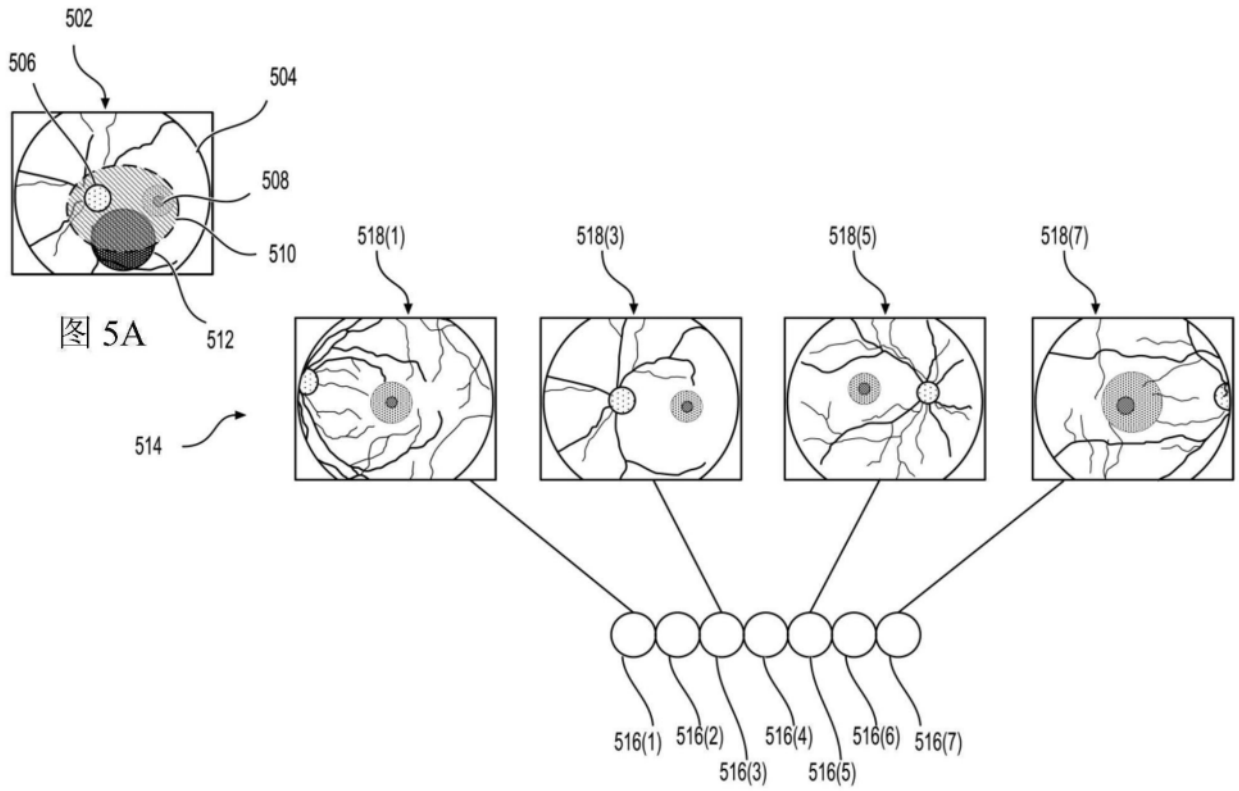


图 5B

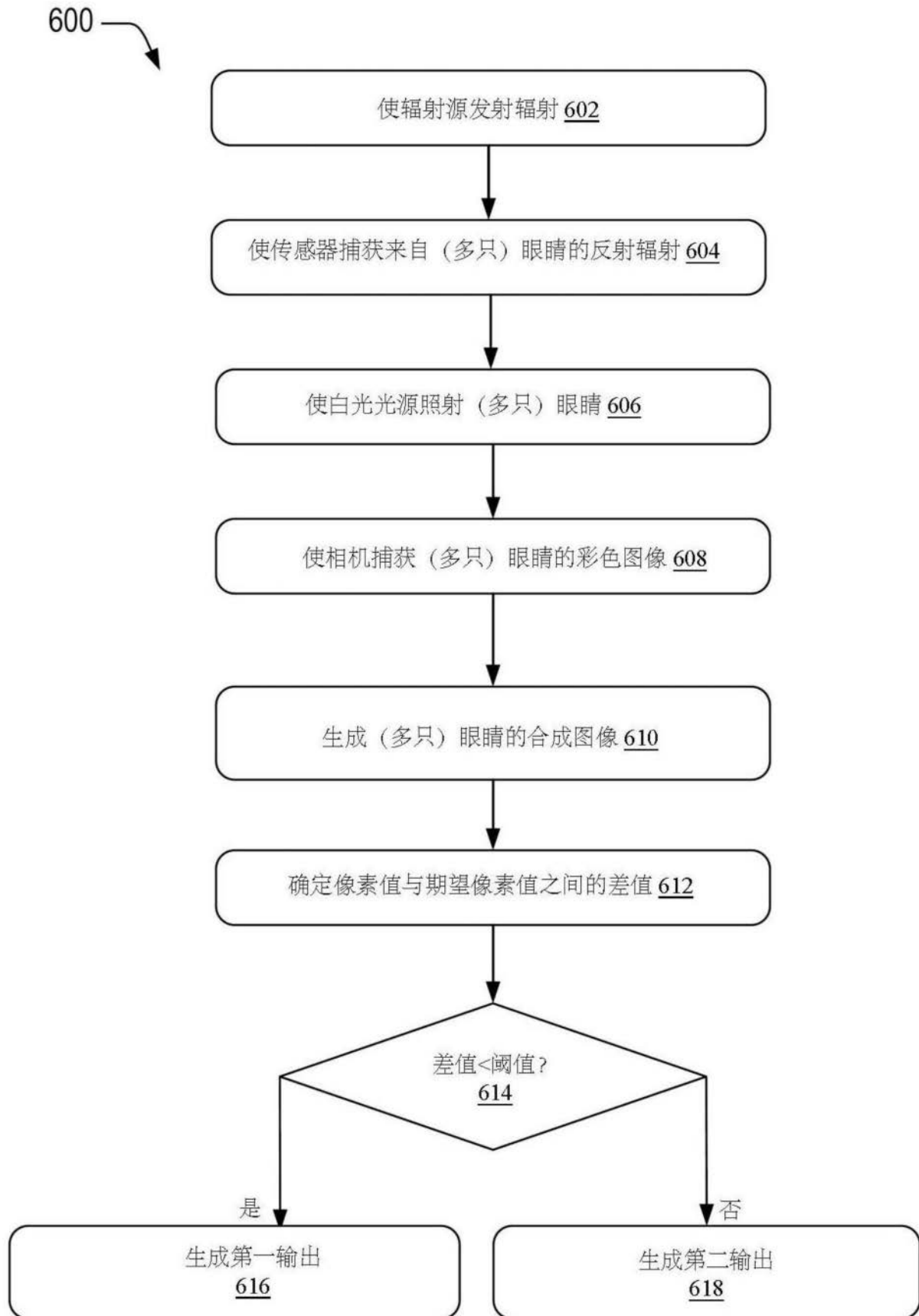


图6

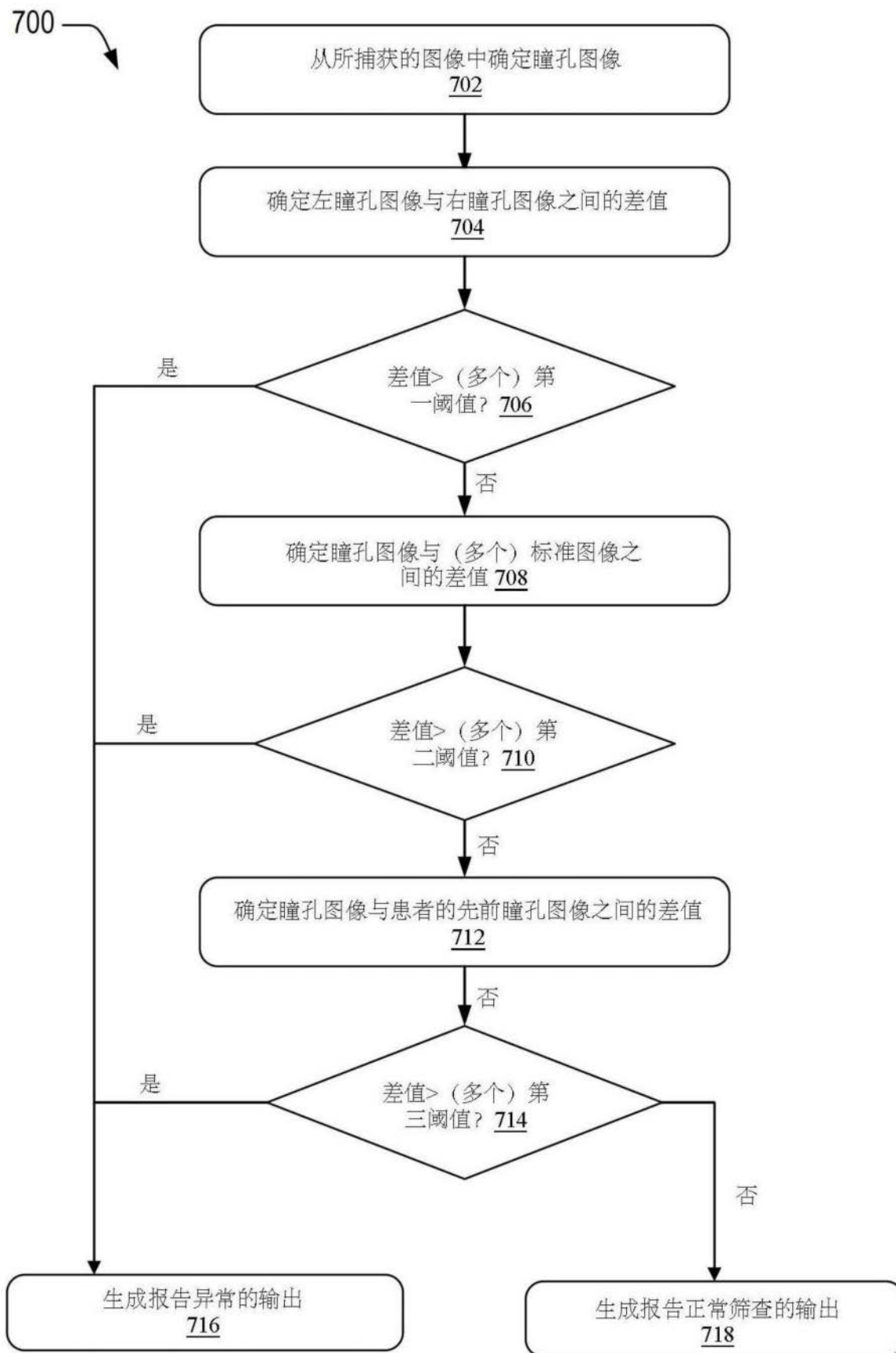


图7

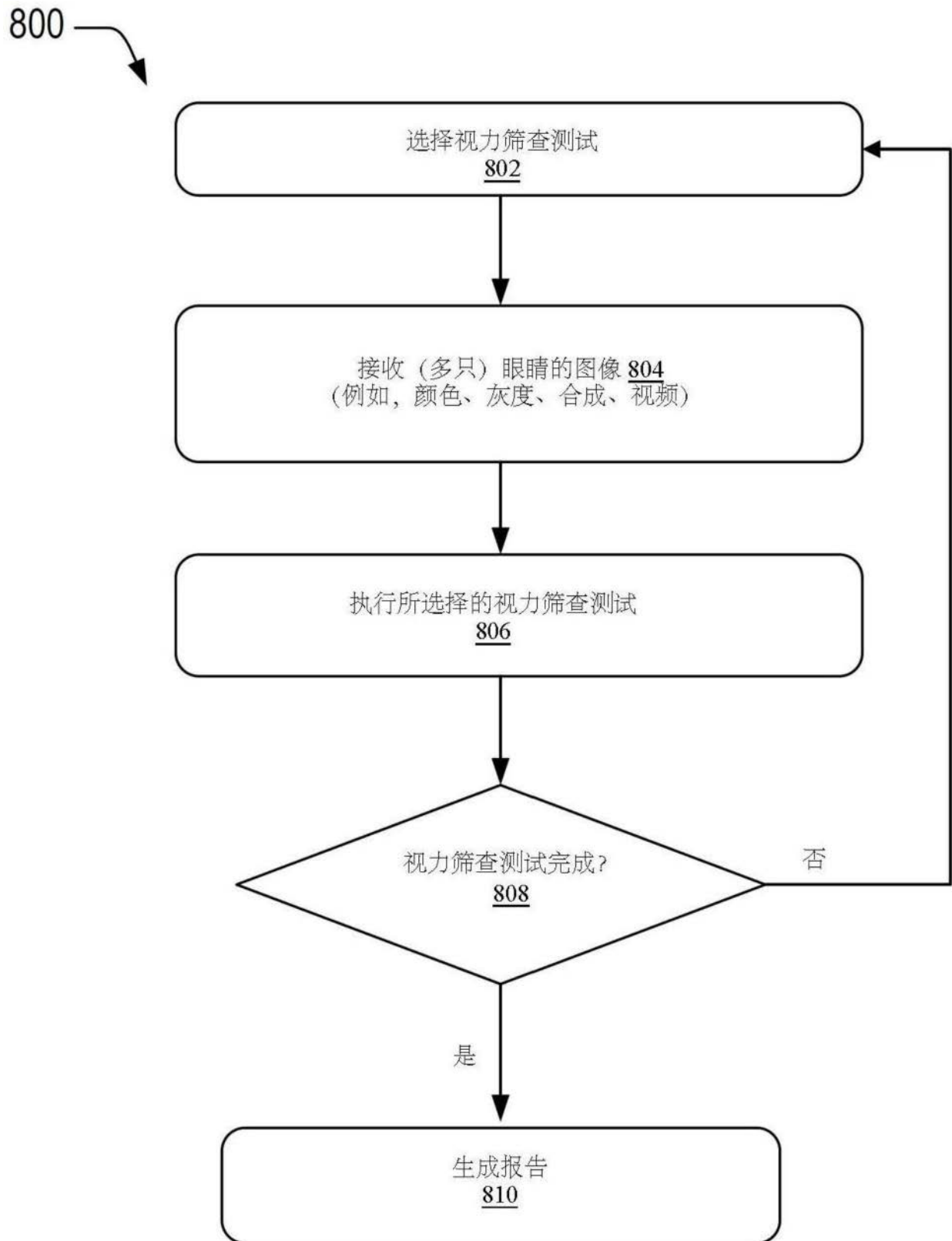


图8