(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115185103 A
(43)申请公布日 2022.10.14

(21)申请号 202210885191.9

(22)申请日 2017.07.31

(30)优先权数据
62/369,351 2016.08.01 US
62/502,995 2017.05.08 US

(62)分案原申请数据
201780052098.7 2017.07.31

(71)申请人 华盛顿大学
地址 美国华盛顿

(72)发明人 J·尼茨 J·库申贝克 M·尼茨

(74)专利代理机构 北京市中伦律师事务所 11410
专利代理师 杨黎峰 魏奇

(51)Int.Cl.
*G02C 7/02*(2006.01)
*G02C 7/04*(2006.01)
*G02C 7/06*(2006.01)
*G02C 7/10*(2006.01)
*G02C 7/16*(2006.01)
*A61B 3/10*(2006.01)
*B29D 11/00*(2006.01)

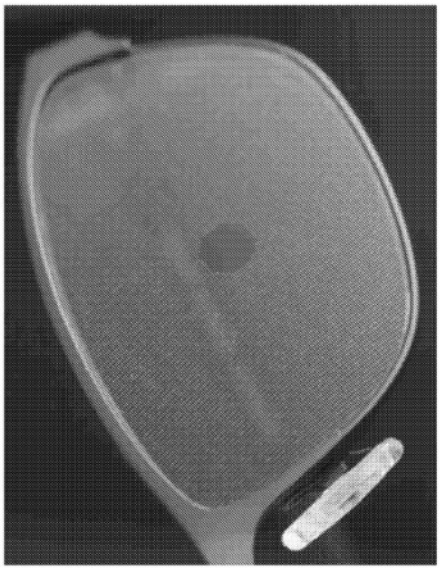
权利要求书4页 说明书14页 附图20页

(54)发明名称

用于治疗近视的眼科镜片

(57)摘要

公开了眼镜,眼镜包括眼镜框架和安装在框架中的一对眼科镜片。镜片包括分布在每个镜片上的点图案,点图案包括以1mm或更小距离间隔开的点阵列,每个点具有0.3mm或更小的最大尺寸,点图案包括不带点的通光孔径,通光孔径具有大于1mm的最大尺寸,通光孔径与该副眼镜的佩戴者的观察轴线对准。



CN 115185103 A

1.一种方法,其包括:

接收包括弯曲表面的空白眼科镜片;和

在所述弯曲表面处形成多个散射中心,所述散射中心的最大尺寸在0.01mm至1mm的范围内,并且以0.8mm或更小的距离间隔开,对于通过每个眼科镜片的入射光,所述眼科镜片将入射在光散射中心上的光散射,

其中在所述弯曲表面处形成散射中心包括将所述弯曲表面曝光于激光辐射或在镜片表面上沉积部分的材料。

2.根据权利要求1所述的方法,其中在所述弯曲表面上沉积部分的材料包括在所述弯曲表面上打印所述部分的材料。

3.根据权利要求2所述的方法,其中所述部分的材料被喷墨打印在所述弯曲表面上。

4.根据权利要求1所述的方法,其中在所述弯曲表面上形成散射中心包括在将所述部分的材料沉积在所述弯曲表面上之后固化所述部分的材料。

5.根据权利要求4所述的方法,其中所述部分的材料使用辐射或热固化。

6.根据权利要求1所述的方法,其中将所述弯曲表面曝光于激光辐射包括将所述弯曲表面曝光于所述激光辐射的离散脉冲。

7.根据权利要求1所述的方法,其中将所述弯曲表面曝光于激光辐射包括将所述弯曲表面曝光于所述激光辐射的离散脉冲。

8.根据权利要求1所述的方法,其中将所述弯曲表面曝光于激光辐射而从所述弯曲表面去除镜片材料。

9.根据权利要求1所述的方法,其中相邻散射中心之间的间隔在所述镜片表面上变化。

10.根据权利要求1所述的方法,其中所述散射中心以随机或半随机图案布置。

11.根据权利要求1所述的方法,其中所述散射中心布置在网格上。

12.根据权利要求1所述的方法,其中所述散射中心包括所述弯曲表面上的突起。

13.根据权利要求1所述的方法,其中所述散射中心包括所述弯曲表面上的凹陷部。

14.根据权利要求1所述的方法,其中所述眼科镜片是眼镜镜片。

15.根据权利要求1所述的方法,其中所述眼科镜片是隐形眼镜。

16.根据权利要求1所述的方法,其中所述眼科镜片由聚碳酸酯构成。

17.根据权利要求1所述的方法,其中所述眼科镜片由折射率大于1.60的材料构成。

18.一种方法,其包括:

确定人类受试者的眼科处方;

获得对应于眼科处方的眼科镜片;

在所述眼科镜片的表面形成多个散射中心,所述散射中心的最大尺寸在0.01mm至1mm的范围并且以0.8mm或更小的距离间隔开,对于通过每个眼科镜片的入射光,所述眼科镜片将入射在光散射中心上的光散射,并且

将所述眼科镜片安装在眼镜框架中。

19.根据权利要求18所述的方法,其中所述多个散射中心根据所述人类受试者选择的图案形成。

20.根据权利要求19所述的方法,其中选择所述图案包括选择从由以下各项组成的组中选择的一个或多个参数:散射中心尺寸、散射中心密度、通光孔径尺寸、通光孔径形状和

通光孔径在所述眼科镜片上的位置。

21.一种眼科镜片,其包括区域,所述区域包括多个间隔开的散射中心,所述散射中心的最大尺寸在0.01mm至1mm的范围并且以0.8mm或更小的距离间隔开,对于通过每个眼科镜片的入射光,所述眼科镜片将入射在光散射中心上的光散射。

22.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中相邻散射中心之间的间隔在所述镜片表面上变化。

23.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心以随机或半随机图案布置。

24.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心布置在网格上。

25.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心包括所述弯曲表面上的突起。

26.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心包括所述弯曲表面上的凹陷部。

27.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述眼科镜片由聚碳酸酯构成。

28.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述眼科镜片由折射率大于1.60的材料构成。

29.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心呈圆形形状。

30.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心呈细长形状。

31.根据权利要求30所述的眼科镜片,其中所述散射中心呈椭圆形状。

32.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心呈随机形状。

33.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述区域围绕没有所述散射中心的透明区域。

34.根据权利要求33所述的眼科镜片,其中所述透明区域位于所述弯曲表面的中心。

35.根据权利要求33所述的眼科镜片,其中所述透明区域呈圆形形状。

36.根据权利要求33所述的眼科镜片,其中所述透明区域的最大尺寸为1.5cm或更小。

37.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心占所述区域的面积的至少10%。

38.根据权利要求37所述的眼科镜片,其中所述散射中心占所述区域的面积的60%或更小。

39.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心位于所述眼科镜片的表面。

40.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述散射中心嵌入在构成所述眼科镜片的块状材料中。

41.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述眼科镜片是眼镜镜片。

42.根据权利要求21所述的眼科镜片,其中所述眼科镜片是隐形镜片。

43.一种眼镜镜片,其包括根据权利要求21所述的眼科镜片。

44.一种方法,其包括:

折射人类受试者以确定用于校正人类受试者的视力的镜片处方;和

提供根据权利要求21所述的眼镜,其中所述眼镜镜片具有与所述镜片处方对应的光焦度。

45.一种方法,其包括:

测量在一段时间内人脉络膜厚度的变化;和

对人提供眼科镜片，与轴上图像对比度相比，所述眼科镜片降低了人的周边视觉中的图像对比度

46.一种方法，其包括：

将隐形眼镜曝光于激光辐射以在隐所述形眼镜的区域中形成多个散射中心。

47.根据权利要求46所述的方法，其中所述区域位于所述隐形眼镜的表面。

48.一种眼科镜片，其包括：

通光孔径；

围绕所述通光孔径的光漫射区域包括在所述眼科镜片的表面上的多个点，每个点在所述眼科镜片的平面中具有圆形形状，

其中，在所述眼科镜片的平面中，每个点的中心布置在围绕所述通光孔径的多个同心圆中的一个上，并且

其中，与通过通光孔径观看的图像相比，来自所述点的光散射降低了通过所述光漫射区域观看的图像的对比度，

其中所述眼科镜片是眼镜片。

49.根据权利要求48所述的眼科镜片，其中所述点通过镜片效应将入射在所述眼科镜片上的光散射。

50.根据权利要求48所述的眼科镜片，其中来自所述点的光散射将对比度降低至少30％。

51.根据权利要求50所述的眼科镜片，其中来自所述点的光散射将对比度降低至少50％。

52.根据权利要求48所述的眼科镜片，其中所述通光孔径呈圆形孔径。

53.根据权利要求52所述的眼科镜片，其中所述圆形孔径的直径为1mm或更小。

54.根据权利要求49所述的眼科镜片，其中在对应的所述同心圆中的一个上的每个点具有相同的直径。

55.根据权利要求54所述的眼科镜片，其中所述同心圆中不同的同心圆上的点具有不同的直径。

56.根据权利要求55所述的眼科镜片，其中在不同的同心圆上的点的直径随着同心圆半径的增大而增大。

57.根据权利要求49所述的眼科镜片，其中相邻的点之间的间隔为0.5mm或更小。

58.根据权利要求48所述的眼科镜片，其中所述眼科镜片具有通过所述通光孔径将使用者的轴上视力矫正到20/20或更好的光焦度。

59.根据权利要求48所述的眼科镜片，其中所述眼科镜片降低人类受试者的近视发展。

60.根据权利要求48所述的眼科镜片，其还包括不带点的通光孔径，所述光漫射区域围绕所述通光孔径。

61.根据权利要求48所述的眼科镜片，其中每个点的直径为0.08mm或更大。

62.一种眼科镜片，其包括：

光漫射区域，其包括支撑在所述眼科镜片的第一表面上的多个突起，所述突起在所述眼科镜片的平面中具有约1mm或更小的尺寸；以及

被所述光漫射区域包围的没有突起的通光孔径，所述通光孔径在所述眼科镜片的平面

中具有圆形形状，

其中，所述多个突起通过每个突起的透镜效应散射光，并且在所述眼科镜片的平面中，相邻突起的中心分开约1mm或更小，

其中所述眼科镜片是眼镜片。

63.根据权利要求62所述的眼科镜片，其中所述突起在所述眼科镜片的平面中具有圆形形状。

64.根据权利要求62所述的眼科镜片，其中，与通过通光孔径观看的图像相比，来自所述突起的光散射降低了至少30％的通过所述光漫射区域观看的图像的对比度。

65.根据权利要求62所述的眼科镜片，其中突起形成在层压到所述眼科镜片的第一表面上的膜中。

66.一种眼镜镜片，其包括根据权利要求62所述的眼科镜片。

67.一种眼科镜片，其包括：

光漫射区域，其包括在所述眼科镜片表面上的多个离散的点，所述点的最大横向尺寸在从约0.005mm至约0.5mm或更小的范围内，

其中，与通过在所述光漫射区域外部的所述眼科镜片观看的图像相比，来自所述点的光散射降低了通过所述光漫射区域观看的图像的对比度，

其中所述眼科镜片是隐形眼镜。

68.一种眼镜片，其包括：

第一区域，其具有用于矫正使用者的屈光不正的光焦度；和

第二区域，其用于降低视网膜图像的对比度；

其中所述第二区域包括布置在镜片表面上的多个点，所述第二区域围绕所述第一区域，所述第一区域的尺寸在3mm至1.5cm的范围内，并且所述点的尺寸为1mm或更少。

# 用于治疗近视的眼科镜片

[0001] 本申请是申请号为201780052098.7、申请日为2017年7月31日、发明名称为“用于治疗近视的眼科镜片”的专利申请的分案申请，申请号为201780052098.7的专利申请是申请号为PCT/US20175/044635的PCT申请的中国国家阶段申请。

## 技术领域

[0002] 本发明特征在于用于治疗近视的眼科镜片，用于形成此种镜片的方法，用于使用此种镜片的方法，以及用于监测此种镜片的功效的方法。

## 背景技术

[0003] 眼睛是一种光学传感器，其中来自外部光源的光通过晶状体聚焦到视网膜的表面上，该视网膜是依赖于波长的光电传感器阵列。眼睛晶状体可以采用的各种形状中的每一种形状与其中外部光线最佳或接近最佳聚焦的焦距相关联，以在视网膜的表面上产生倒立图像，倒立图像对应于由眼睛观察到的外部图像。在眼睛晶状体可以采用的各种形状中的每一种形状中，眼睛晶状体最佳地或接近最佳地聚焦由位于距眼睛的一定距离范围内的外部物体发射或反射的光，并且不太理想地聚焦或者无法聚焦位于该距离范围之外的物体。

[0004] 在正常视力的个体中，眼睛的轴向长度或从晶状体到视网膜表面的距离对应于用于近似最佳聚焦远处物体的焦距。正常视力的个体的眼睛聚焦远处物体而没有神经输入到肌肉上，肌肉施加力以改变眼睛晶状体的形状，这一过程被称为“调节”。由于调节，更接近的近处物体由正常个体聚焦。

[0005] 然而，许多人患有与眼睛长度有关的疾病，诸如近视(“近视眼”)。在近视个体中，眼睛的轴向长度比在没有调节的情况下聚焦远处物体所需的轴向长度更长。因此，近视个体可以清楚地观察近处物体，但是较远处的物体是模糊的。虽然近视个体通常能够调节，但是其中他们可以聚焦物体的平均距离比正常视力的个体用于聚焦物体的平均距离较短。

[0006] 通常，婴儿出生时是远视的，其中眼睛长度短于在没有调节的情况下最佳或接近最佳聚焦远处物体所需的距离。在眼睛的正常发育期间，被称为“正视化”，眼睛的轴向长度相对于眼睛的其他尺寸增加到此长度，该长度在没有调节的情况下提供远处物体的近似最佳聚焦。理想地，当眼睛生长到最终成人大小时，生物过程保持近似最佳的相对眼睛长度与眼睛大小。然而，在近视个体中，眼睛对于整个眼睛大小的相对轴向长度在发育过程中持续增加，超过提供远处物体的近似最佳聚焦的长度，导致逐渐明显的近视。

[0007] 据信，近视受到行为因素以及遗传因素的影响。因此，可以通过解决行为因素的治疗设备来减轻近视。例如，在美国公开No.2011/0313058A1中描述了用于治疗眼睛长度有关的疾病(包括近视)的治疗设备。

## 发明内容

[0008] 本文公开了眼镜和隐形眼镜，其减少了视网膜中负责眼睛长度的生长的信号。示例性实施方案使用聚碳酸酯或Trivex镜片坯件制成，镜片坯件通过施加透明液体塑料突起

的图案进行处理，透明液体塑料突起通过紫外线光硬化并粘合到镜片上。每个透明塑料突起具有与其中塑料突起粘合到的下层聚碳酸酯类似的折射率，因此在突起的位置，它和下层镜片用作单个光学元件。此种光学元件的阵列作用为高像差的镜片阵列，其在各个方向上均匀地分散由阵列透射的光。结果是视网膜图像中的对比度的降低。眼镜镜片具有孔，该孔没有位于镜片轴线上的突起，从而允许用户在观察轴上物体时体验最大视敏度，同时以降低的对比度和敏锐度观察在用户视野周围的物体。

[0009] 在一个示例中，视网膜上的图像由正常聚焦的图像组成，其平均强度为不具有突起阵列的镜片产生的平均强度的74％。叠加在聚焦图像上的是均匀视网膜照射的背景，其等于正常聚焦图像的平均亮度的25％。

[0010] 对于这些眼镜，与通常用于矫正(但不治疗)屈光不正的眼镜相比，聚焦图像的对比度降低。对比度减少的确切量取决于被传输的图像中暗区和亮区的相对量。对于上面的示例，其中24％的光均匀分散，最大对比度降低将为48％，其中对比度定义为亮度差/平均亮度。实验证明，这种对比度的降低量对与负责控制眼睛长度的生长的机制有关的眼睛的生理学具有显著影响。

[0011] 本发明的各个方面总结如下：

[0012] 通常，在第一方面，本发明特征在于一副眼镜，其包括：眼镜框架；以及安装在框架中的一对眼科镜片。镜片包括分布在每个镜片上的点图案，点图案包括以1mm或更小距离间隔的点阵列，每个点具有0.3mm或更小的最大尺寸。

[0013] 眼镜的实现可以包括以下特征中的一个或多个和/或其它方面的特征。例如，每个点可以具有0.2mm或更小的最大尺寸(例如，0.1mm或更小，0.05mm或更小，0.02mm或更小，0.01mm或更小)。在一些实施方案中，每个点的尺寸基本相同。点可以间隔0.8mm或更小(例如，0.6mm或更小，0.5mm或更小，0.4mm或更小，0.35mm或更小)。点可以布置在正方形网格、六边形网格、另一网格上，或者布置在半随机或随机图案中。点可以以规则的间隔隔开，诸如0.55mm、0.365mm或0.24mm。或者，点间距可以根据点距镜片中心的距离而变化。例如，点间距可以随着距镜片中心的距离增加而单调增加或单调减小。

[0014] 点图案可以包括不带点的通光孔径，通光孔径具有大于1mm的最大尺寸，通光孔径与该对眼镜的佩戴者的观察轴线对准。通光孔径的最大尺寸(例如，直径)可以为2mm或更大(例如，3mm或更大，4mm或更大，5mm或更大，6mm或更大，7mm或更大，8mm或更大)并且高至1.5cm(例如，1.5cm米或更小，1.4cm或更小，1.3cm或更小，1.2cm或更小，1.1cm或更小，1.0cm或更小)。通光孔径可以是基本上圆形或类似的形状，诸如八边形、正方形或其它多边形形状。

[0015] 在一些实施方案中，点是相应镜片表面上的突起。突起可以由透明材料形成。在一些情况下，透明材料是透明和/或无色的。替代地或附加地，至少一些透明材料可以着色(例如，利用吸收红色波长的染料)。透明材料可以具有与镜片材料基本相同的折射率。突起可以是基本上球形或半球形的。

[0016] 在某些实施方案中，点是相应镜片表面上的凹槽。

[0017] 点可以是每个镜片的相对表面之间的夹杂物。

[0018] 镜片可以是透明镜片。在一些实施方案中，镜片是着色镜片。

[0019] 与通过通光孔径观察的物体的图像对比度相比，点图案可以将通过点图案观察的

物体的图像对比度降低至少30％。(例如，至少35％，至少40％，至少45％，至少50％，至少55％，至少60％)。在一些实施方案中，镜片具有光学能力以通过通光孔径将佩戴者的轴上视力矫正到20/20或更好(例如，20/15)，并且对于通过点图案的佩戴者的周边视觉的至少一部分，镜片将佩戴者的视力矫正到20/25或更好，20/30或更好以及20/40或更好。

[0020] 另一方面，本发明特征在于一种制造眼镜的方法，其包括：在镜片表面上对应于点图案沉积材料的离散部分；以及固化沉积的材料以在形成点图案的镜片表面上提供突起。可以使用喷墨打印机沉积材料。可以使用辐射(例如，紫外线辐射)来固化沉积的材料。

[0021] 通常，在另一个方面，本发明特征在于一副为佩戴者定制的眼镜，其包括：眼镜框架；和安装在框架中的一对眼科镜片，镜片具有光学能力以将佩戴者的轴上视力矫正到20/20或更好，镜片包括分布在每个镜片上的点图案，点图案包括点阵列，其布置成使得对于佩戴者的周边视觉的至少一部分，镜片将佩戴者的视力矫正到20/25或更好，并且与轴上图像对比度相比，将图像对比度降低至少30％。眼科镜片的实施方案可以包括一个或多个其它方面的特征。

[0022] 通常，在又一个方面，本发明特征在于一副为佩戴者定制的眼镜，其包括：眼镜框架；和安装在框架中的一对眼科镜片，镜片具有光学能力以将佩戴者的轴上视力矫正到20/20或更好。眼镜包括分布在每个镜片上的光学漫射器，光学漫射器配置成使得对于佩戴者的周边视觉的至少一部分，镜片将佩戴者的视力矫正为20/40或更好，20/30或更好，或者20/25或更高，并且与轴上图像对比度相比，将图像对比度降低至少30％。

[0023] 眼科镜片的实施方案可以包括以下特征中的一个或多个和/或其它方面的特征。例如，光学漫射器可以包括层压在每个镜片的表面上的膜。每个镜片可以包括不带光学漫射器的通光孔径，通光孔径最大尺寸大于1mm，通光孔径与该对眼镜的佩戴者的观察轴线对准。

[0024] 通常，在另一个方面，本发明特征在于一种眼科镜片，其包括：两个相对弯曲的表面，其共同具有光学能力以将佩戴者的轴上视力矫正到20/20或更好；以及点图案，其分布在每个镜片上，点图案包括间隔开的点阵列，其布置成使得对于佩戴者周边视觉的至少一部分，镜片将佩戴者的视力矫正到20/25或更好，并且与轴上图像对比度相比，将图像对比度降低至少30％，点图案包括不带点的通光孔径，通光孔径与佩戴者的观察轴线对准。

[0025] 眼科镜片的实施方案可以包括以下特征中的一个或多个和/或其它方面的特征。例如，眼科镜片可以是眼镜镜片。或者，在一些实施方案中，眼科镜片是隐形眼镜。

[0026] 通常，在又一个方面，本发明特征在于一种监测和阻止人的近视发展的方法，其包括：测量在一段时间内人脉络膜厚度的变化；以及为人提供眼科镜片，与轴上图像对比度相比，该眼科镜片降低了人的周边视觉中的图像对比度。

[0027] 该方法的实现可以包括以下特征中的一个或多个和/或其它方面的特征。例如，眼科镜片可以设置在前述方面的眼镜中。或者，眼科镜片可以作为隐形眼镜提供。在一些实现中，测量变化包括使用光学相干断层扫描(OCT)测量人脉络膜的厚度。

[0028] 除了其它优点之外，所公开的实施方案特征在于眼镜，眼镜包括减少视网膜中的信号的特征，该信号负责一双眼睛的晶状体上的眼睛长度的增长，而不会在任何一只眼睛中减少用户的轴上视力至对用户具有破坏性的程度。例如，提供点图案允许佩戴者每天全时刻使用，该点图案适度地模糊佩戴者的周边视觉同时允许通过通光孔径进行正常轴上观

察。与涉及交替使用不同副眼镜的方法相比，所公开的实施方案还可以仅使用一副眼镜为用户的一双眼睛提供治疗益处。

[0029] 此外，点图案在很大程度上对其他人来说是不明显的，特别是在其中点图案是透明和无色和/或其中使用隐形眼镜的情况下。点图案的不明显性可以导致某些佩戴者(尤其是儿童)更一致的使用，否则他们在日常(例如，在学校或其他同伴之间)使用更显眼的设备时可能会局促不安。

## 附图说明

[0030] 图1A示出了一副含有用于治疗近视的眼科镜片的眼镜。

[0031] 图1B示出了图1A中所示的眼科镜片上的点图案。

[0032] 图2示出了使用示例性眼科镜片治疗近视所经历的对比度降低。

[0033] 图3A示出了用于在眼科镜片上形成点图案的喷墨打印系统。

[0034] 图3B是示出使用图3A所示的系统制作点图案的方法中的步骤的流程图。

[0035] 图3C示出了使用图3B的喷墨打印方法形成点图案的打印模板。

[0036] 图3D示出了用于在喷墨打印系统中定位多个镜片的夹具的顶视图。

[0037] 图4A至图4C是示出示例性眼科镜片上的点图案的照片。

[0038] 图5A至图5B是显示脉络膜厚度的眼睛的光学相干断层扫描(OCT)图像。

[0039] 图6A至图6D是示出脉络膜厚度的OCT图像。

[0040] 图7是示出根据治疗前和治疗后受试者的视网膜位置的相对脉络膜厚度的关系曲线。

[0041] 图8是示出在原型I镜片中使用的点图案的照片。

[0042] 图9是比较使用原型I镜片进行的研究和初始研究的结果的关系曲线。绘制轴向长度差测量的时间进展。

[0043] 图10是示出在原型II镜片中使用的点图案的照片。

[0044] 图11是示出在原型III镜片中使用的点图案的照片。

[0045] 图12是比较来自初始研究(“第一漫射器”)、原型III镜片(“新漫射器”)和对照组(“无漫射器”)的受试者180天后屈光度变化的条形图。

[0046] 图13是用于在隐形眼镜上形成点图案的激光系统的示意图。

[0047] 图14A至图14B是用于隐形眼镜的点图案的示例。

[0048] 图15A是具有点图案的隐形眼镜的照片。

[0049] 图15B是具有点图案的眼镜镜片的照片。

## 具体实施方式

[0050] 参考图1A，公开了减少近视的眼镜100，其允许同时治疗一双眼睛而基本上不损害清晰视力。此外，眼镜足够坚固且不显眼，以使得佩戴者能够参与相同的日常活动而不会使眼镜失效并且不会对其外观感到局促不安，这是特别期望的，因为眼镜通常用于阻止儿童的眼睛延长。

[0051] 减少近视的眼镜100由一副框架101和安装在框架中的眼科镜片110a和110b组成。眼科镜片110a和110b分别具有通光孔径120a和120b，其分别由对比度降低的区域130a和

130b围绕。通光孔径120a和120b定位成与佩戴者的轴上观察位置重合，而对比度降低的区域130a和130b对应于佩戴者的周边视觉。还参考图1B，对比度降低的区域130a和130b由点阵列140组成，其通过将穿过这些区域的光散射到佩戴者的眼睛来降低佩戴者周边视觉中的物体的对比度。

[0052] 通光孔径的大小和形状可以变化。通常，通光孔径为佩戴者提供观察锥，其中对于该观察锥，可以最佳地矫正他们的视敏度(例如，至20/15或20/20)。在一些实施方案中，孔径的最大尺寸(在xy平面内)在约0.2mm(例如，约0.3mm或更大，约0.4mm或更大，约0.5mm或更大，约0.6mm或更大，约0.7mm或更大，约0.8mm或更大，约0.9mm或更大)至约1.5cm(例如，约1.4cm或更小，约1.3cm或更小，约1.2cm或更小，约1.1cm或更小，约1cm或更小)的范围内。在孔径是圆形的情况下，例如，如图1A所示，该尺寸对应于圆的直径(即，Ax＝Ay)，然而非圆形(例如，椭圆形，多边形，Ax≠Ay})孔径也是可能的。

[0053] 通光孔径可以在观察者的视野中对向约30度或更小的立体角(例如，约25度或更小，约20度或更小，约15度或更小，约12度或更小，约10度或更小，约9度或更小，约8度或更小，约7度或更小，约6度或更小，约5度或更小，约4度或更小，约3度或更小)。在水平和垂直观察平面中对向的立体角可以相同或不同。

[0054] 点由镜片110a和110b中的每一个镜片的表面上的突起阵列形成。突起由光学透明材料形成，该光学透明材料具有与下层镜片相似的折射率，对于聚碳酸酯为1.60。例如，在其中镜片由聚碳酸酯形成的实施方案中，突起可以由具有与PC相似的折射率的聚合物形成，诸如由光敏聚氨酯或环氧基塑料形成。除了PC之外，镜片本身也可以由烯丙基二甘醇碳酸酯塑料、氨基甲酸酯基单体或其它抗冲击单体制成。或者，镜片可以由更密集的高折射率塑料中的一种制成，其折射率大于1.60。

[0055] 在一些实施方案中，选择突起材料以具有在镜片材料的折射率的0.1内(例如，在0.09内或更小，0.08内或更小，0.07内或更小，0.06内或更小，0.05内或更小，0.04内或更小，0.03内或更小，0.02内或更小，0.01内或更小，0.005内或更小，0.002内或更小，0.001内或更小)的折射率(例如，在可见光范围内的一个或多个波长处测量)。

[0056] 突起尺寸和形状被设计成使得点散射入射光以降低通过对比度降低的区域观察的物体的对比度。突起可以是基本上球形、椭圆形或不规则形状。通常，突起应该具有足够大以散射可见光的尺寸(例如，如图1B所示的直径)，但是足够小以便在正常使用期间不被佩戴者分辨。例如，突起可以具有此尺寸(在xy平面中测量)，其在约0.001mm或更大(例如，约0.005mm或更大，约0.01mm或更大，约0.015mm或更大，约0.02mm或更大，约0.025mm或更大，约0.03mm或更大，约0.035mm或更大，约0.04mm或更大，约0.045mm或更大，约0.05mm或更大，约0.055mm或更大，约0.06mm或更大，约0.07mm或更大，约0.08mm或更大，约0.09mm或更大，约0.1mm)至约1mm或更小(例如，约0.9mm或更小，约0.8mm或更小，约0.7mm或更小，约0.6mm或更小，约0.5mm或更小，约0.4mm或更小，约0.3mm或更小，约0.2mm或更小，约0.1mm)的范围内。

[0057] 应注意，对于较小的突起，例如，具有与光的波长(例如，0.001mm至约0.05mm)相当的尺寸，光散射可以被认为是瑞利(Raleigh)或米氏(Mie)散射。对于较大的突起，例如，大约0.1mm或更大，光散射可能是由于突起的镜片效应导致，诸如由于通过曲率半径非常小的镜片聚焦到远离用户视网膜前方的点导致。在此种情况下，当来自每个突起的光到达用户

的视网膜时，它基本上从其焦点偏离并且不能由用户解析为图像。

[0058] 通常，突起的尺寸可以在每个镜片上相同或者可以变化。例如，尺寸可以根据突起的位置(例如，从通光孔径测量的)和/或根据距镜片边缘的距离而增大或减小。在一些实施方案中，突起尺寸随着距镜片中心的距离增加而单调变化(例如，单调增加或单调减小)。在一些情况下，尺寸的单调增加/减小包括根据距镜片中心的距离线性地改变突起的直径。

[0059] 图1B中所示的突起布置在正方形网格上，其在每个方向上以均匀的量间隔开。在y方向上由Dy显示，以及在x方向上由Dx显示。通常，点间隔开，使得它们共同地在观察者的周边提供足够的对比度降低以减轻近视。通常，较小的点间距将导致较大的对比度降低(假设相邻的点不重叠或合并)。通常，Dx和Dy在约0.05mm(例如，约0.1mm或更大，约0.15mm或更大，约0.2mm或更大，约0.25mm或更大，约0.3mm或更大，约035mm或更大，约0.4mm或更大，约0.45mm或更大，约0.5mm或更大，约0.55mm或更大，约0.6mm或更大，约0.65mm或更大，约0.7mm或更大，约0.75mm或更大)至约2mm(例如，约1.9mm或更小，约1.8mm或更小，约1.7mm或更小，约1.6mm或更小，约1.5mm或更小，约1.4mm或更小，约1.3mm或更小，约1.2mm或更小，约1.1mm或更小，约1mm或更小，约0.9mm或更小，约0.8mm或更小)的范围内。例如，点间距可以是0.55mm、0.365mm或0.240mm。

[0060] 尽管图1B中所示的突起在x方向和y方向上以相等的间隔布置，但是更通常地，在每个方向上的间隔可以是不同的。此外，突起可以排列在不是正方形的网格中。例如，可以使用六边形网格。非规则阵列也是可能的，例如，可以使用随机或半随机点放置。在随机图案的情况下，给出的尺寸是X方向和Y方向上的点的平均间隔。

[0061] 尽管在图1B中点被描绘为具有圆形足迹，但更通常地，点可以具有其它形状。例如，点可以在一个方向上伸长(例如，在x方向或y方向上)，诸如在椭圆点的情况下。在一些实施方案中，点在形状上是随机的。

[0062] 据信，来自在点之间的对比度降低的区域130a和130b中入射在镜片上的场景的光产生在用户视网膜上的场景的图像，而来自入射在点上的场景的光不会。而且，入射在点上的光仍然透射到视网膜，因此具有降低图像对比度而基本上不减弱视网膜上的光强度的效果。因此，相信用户的周边视场中的对比度降低的量与由点覆盖的对比度降低的区域的表面积的比例相关(例如，近似成正例)。通常，点占据对比度降低的区域130a和130b的面积至少10％(例如，20％或更大，30％或更大，40％或更大，50％或更大，诸如90％或更小，80％或更小，70％或更小，60％或更小)(在xy平面中测量)。

[0063] 通常，点图案降低了佩戴者周边视觉中物体的图像对比度，而不会显著劣化在该区域中的观察者的视敏度。这里，周边视觉是指通光孔径的视野外部的视野。相对于使用所确定的镜片的通光孔径观察的图像对比度，这些区域中的图像对比度可以减少40％或更多(例如，45％或更多，50％或更多，60％或更多，70％或更多，80％或更多)。可以根据每个个体病例的需要设定对比度降低。据信，通常的对比度降低将在约50％至55％的范围内。对于非常轻微的病例，可以使用低于50％的对比度降低，而更易患的受试者可能需要高于55％的对比度降低。如通过自觉验光确定，外周视敏度可以矫正到20/30或更好(例如，20/25或更好，20/20或更好)，同时仍然实现有意义的对比度降低。

[0064] 这里，对比度是指在同一视野内两个物体之间的亮度的差异。因此，对比度降低是指该差异的变化。

[0065] 可以以各种方式测量对比度和对比度降低。在一些实施方案中，可以基于在受控条件下通过通光孔径和镜片的点图案获得的标准图案的不同部分(诸如黑色方格和白色方格的棋盘格)之间的亮度差异来测量对比度。

[0066] 替代地或附加地，可以基于镜片的光学传递函数(OTF)来确定对比度降低(参见例如，http://www.montana.edu/jshaw/documents/18%20EELE582_S15_OTFMTF.pdf)。对于OTF，对比度被指定用于传输刺激，其中在不同的“空间频率”下正弦调制亮区和暗区。这些刺激看起来像交替的亮条和暗条，其中条之间的间距在一定范围内变化。对于所有光学系统，对于具有最高空间频率的正弦变化刺激，对比度的传输最低。描述所有空间频率的对比度传输的关系是OTF。可以通过点扩散函数的傅里叶变换来获得OTF。点扩散函数可以通过以下方式获得：将点光源通过镜片成像到检测器阵列上并确定来自点的光如何在检测器上分布。

[0067] 在测量结果相矛盾的情况下，则OTF技术是优选的。

[0068] 在一些实施方案中，可以基于由点覆盖的镜片的面积与通光孔径的面积的比率来估计对比度。在该近似中，假设击中点的所有光变得均匀地分散在整个视网膜区域上，这减少了图像的较亮区域中获得的光的量，并且这增加了到达较暗区域的光。因此，可以基于通过通光孔径和镜片的点图案进行的光透射测量结果来计算对比度降低。

[0069] 通常，眼科镜片110a和110b可以是不着色的或着色的。也就是说，镜片可以对所有可见波长是光学透明的，从而看起来是不着色的和/或无色的，或者可以包括光谱滤光器，从而看起来是有色的。例如，眼科镜片可以包括减少透射到佩戴者的红光的量的滤光器。据信，对人眼(特别是儿童)中的L锥体的过度刺激可能导致非最佳眼睛延长和近视。因此，使用眼科镜片对红光进行光谱过滤可以进一步降低佩戴者的近视度数。

[0070] 可以通过将膜施加到镜片的表面来提供光谱过滤。可以通过将材料物理沉积到镜片表面上从而在表面上涂覆材料层，或将预成型的膜层压到表面上来施加膜。合适的材料包括吸收性过滤材料(例如染料)或多层膜，从而提供干涉过滤。在一些实施方案中，可以通过在镜片材料本身中纳入过滤材料和/或在用于形成突起的材料中纳入过滤材料来提供光谱过滤。

[0071] 参考图2，通过使用眼镜210在白色背景上观看黑色文本来示出光谱过滤和来自点图案的对比度降低的效果。由于眼镜对红色波长的过滤，文本的白色背景呈现绿色外观。图像对比度在通光孔径220a和220b处不受影响，但在观察者的视觉框架中的其它地方处降低。

[0072] 通常，可以由镜片以各种方式形成点，包括UV LED直接到基板打印、压印、热印和丝网打印技术。在一些实施方案中，通过将可固化材料喷墨到空白眼科镜片的表面上然后固化该材料以设定点图案来形成点。参考图3A，喷墨和固化系统300包括喷墨打印机320和与打印机通信的计算机310。打印机320包括控制器330、储存器340、喷墨打印头350和台架360。台架360支撑镜头301并相对于打印头350定位镜头。储存器340存储用于喷墨的未固化材料。适用于喷墨的可固化材料的示例包括通过光聚合交联在一起的各种市售专有单体和低聚物。

[0073] 在操作期间，打印头350从储存器340接收未固化的材料。

[0074] 台架360相对于打印头350移动镜头301(如箭头361所示)，而打印头350朝向镜头

喷射未固化材料302的液滴。在此过程中，台架和/或打印头可以是移动部件。液滴体积根据所需的突起尺寸而变化。液滴体积可以在0.001至0.015mm3的范围内(例如，约0.002mm3，约0.003mm3，约0.004mm3，约0.005mm3，约0.006mm3，约0.008mm3，约0.010mm3，约0.012mm3)。在与镜片表面接触时，液滴润湿表面，以形成未固化的突起305。或者，在一些实施方案中，台架360保持静止，而致动器相对于镜片移动打印头。

[0075] 系统300还包括UV灯370。台架360将镜片定位在灯370附近，使得灯可以固化沉积的材料，从而形成最终的突起。合适的UV灯的示例包括发射波长范围为360nm至390nm的LED。

[0076] 控制器330与储存器340、打印头350、台架360和UV灯370连通，并协调每个的操作以便于液滴的打印和固化。具体地，控制器330控制打印头350和台架360之间的相对运动、喷墨液滴喷射频率和液滴体积，使得系统300在镜片301上形成期望的点图案。控制器330还可以控制未固化材料的温度(例如，通过与储存器340或其它地方相关的加热器)以控制未固化材料的粘度。用户经由计算机310输入液滴图案，计算机为打印机产生相应的控制信号并将信号传送到控制器330。

[0077] 可以使用市售的喷墨打印机。合适的喷墨打印机包括Roland DGA(Irvine，CA)和Mimaki(Suwanee，GA)品牌的UV LED直接到基板打印机。

[0078] 喷墨点图案允许眼保健专业人员以低价且有效的方式个性化患者的点图案。参考图3B，由可以完全在眼保健专业人员的办公室执行的顺序380提供个性化眼镜。在第一步骤381中，眼保健专业人员例如通过对受试者验光来确定患者的处方度数。该步骤确定在其上形成点图案的眼科镜片的光焦度。患者也以他们选择用于常规处方度数眼镜相同的方式选择其眼镜架。

[0079] 在下一步骤382中，眼保健专业人员选择适合于患者的点图案。可以改变的点图案的参数包括：例如点大小、点密度、通光孔径大小和形状、以及镜片孔上的通光孔径的位置。这些中的每一个可以根据周边视觉中的对比度降低量和通光孔径的角度范围而定制。在图3C中示出示例性点图案。该图案在大于大多数镜片坯件的区域上打印点，确保通过点图案完全覆盖镜片表面。适合于生成图像的商业软件(例如，Microsoft Office产品，诸如Visio、PowerPoint或Word)可以与标准喷墨驱动器软件结合使用，以产生用于喷墨打印机的控制信号。或者，眼保健专业人员可以使用定制软件将所选择的用于图案的参数输入到喷墨打印机的计算机中。

[0080] 接下来，在步骤383中，喷墨打印机根据来自计算机的信号沉积未固化材料的液滴，以形成所需图案的点。在步骤384中，然后将打印图案曝光于固化辐射。在一些实施方案中，点图案的中心(诸如通光中心)与镜片的光学中心对准。这可以例如通过使用镜度计测量和标记光学中心并将打印图案与标记的光学中心对准来实现。在某些实现中，首先标记镜片的光学中心，然后以圆形形状磨边，以使得光学中心与圆形镜片的几何中心对准。然后将液滴打印在镜片上，使得点图案以圆形镜片为中心，圆形镜片现在对应于光学中心。替代地或附加地，镜片坯件可以制造或选择成使得光学中心总是与镜片的几何中心匹配。

[0081] 最后，在步骤385中，将镜片磨边并安装在框架中。

[0082] 在一些实现中，镜片可以安装在框架中，并且框架在点固化之前适合佩戴者。以这种方式，可以从镜片上清除打印的点图案，并且在必要时重新打印。

[0083] 参考图3D,在一些实现中,夹具390用于在镜片制造期间支撑多个镜片坯件。夹具390包括托盘391,托盘特征在于在一个表面上的镜头支架阵列392,每个镜头支架尺寸设计成牢固地保持镜头。例如,如果使用直径为60mm的镜片坯件,则每个镜片支架的直径为60mm以紧紧地固定相应的镜片。在操作期间,包括一个或多个镜片的夹具390定位在台架360上。夹具将每个镜片保持在精确的位置,使得系统300可以精确地喷射到镜片的表面上。此外,夹具允许每批制造多个镜片。虽然图3D中的夹具包括48个镜片支架,但是通常,夹具可以设计成固定受到喷墨系统施加物理约束的任何数量的镜片。夹具可能具有多种大小,例如夹具每次可容纳约24个镜片,约48个镜片,约100个镜片,约200个镜片,约300个镜片,约400个镜片,约500个镜片或超过500个镜片。

[0084] 图4A至图4C示出了使用图3C的图案打印的镜片的照片。图4A示出了整个镜片,而图4B和图4C示出了点图案的放大部分,图4C中的部分包括通光孔径。

[0085] 用于形成突起的其它方法也是可能的。例如,可以使用转印或平版打印代替喷墨。转印包括在不同的基板上形成突起,然后在单独的工艺步骤中将它们转移到镜片的表面。平版打印可以包括在镜片表面上形成连续均匀的突起材料层,然后图案化该层以形成点图案。可以使用光学或接触光刻来图案化该层。或者,可以使用与形成镜片相同的模制工艺在镜片表面上模制突起。在这种情况下,突起是镜片模具的一部分。在一些实施方案中,点图案可以由层压到镜片表面上的膜提供。

[0086] 虽然上述实施方案中的点图案是形成在眼科镜片的表面上的突起,但是提供具有相当的光学特性和镜片耐久性的其它实现也是可以的。例如,在一些实施方案中,通过镜片表面中的凹槽阵列提供对比度降低。凹槽的尺寸可以类似于上述突起的尺寸。可以使用各种技术形成凹槽,诸如蚀刻(例如,物理蚀刻或化学蚀刻)或从镜片表面烧蚀材料(例如,使用激光辐射或分子或离子束)。在一些实施方案中,在模制镜片时形成凹槽。

[0087] 替代地或附加地,点图案可以嵌入镜片材料本身中。例如,当模制镜片时,适当大小的透明珠可以分散在镜片材料中,其中珠材料和块状镜片材料的折射率不同。通光孔径仅由块状镜片材料形成。

[0088] 在一些实施方案中,对比度降低由其它漫射结构产生,诸如粗糙表面。可以使用全息漫射器或磨砂玻璃漫射器。在一些实施方案中,漫射器可以由层压到镜片表面上的膜提供。

[0089] 虽然前面的描述涉及用于眼镜的眼科镜片,但是所公开的原理可以应用于其它形式的眼科镜片,诸如隐形眼镜。在一些实施方案中,可以在隐形眼镜上提供点图案以提供类似的治疗效果。隐形眼镜点图案中的点的大小和间隔可以尺寸设计成使得它们将用户视野中的可比较的立体角对向至上面为眼镜镜片描述的点图案。

[0090] 可以以各种方式在隐形眼镜上形成点图案。例如,可以使用上述技术将点图案打印或转移到隐形眼镜表面。或者,可以通过将散射材料分散在隐形眼镜中来形成点图案。

[0091] 在一些实施方案中,通过将隐形眼镜表面曝光于激光辐射,在隐形眼镜的一个或两个表面上形成点。激光辐射局部消融表面处的隐形眼镜材料,留下小的凹陷部。通过选择性地将隐形眼镜表面曝光于激光辐射,可以在表面上形成点图案。例如,在脉冲光束时,激光束可以相对于表面移动。光束和隐形眼镜表面之间的相对运动可以通过以下方式引起:移动光束同时保持表面固定,移动表面同时保持光束固定,或同时移动光束和表面。

[0092] 参考图13，用于在镜片表面上形成点的激光系统1300包括激光器1320、光束斩波器1330、聚焦光学器件1340、镜子1350和台架1370。激光器1320将激光束引向镜子1350，镜子使光束朝向隐形眼镜1301偏转，隐形眼镜通过台架1370相对于镜子1350定位。致动器1360(例如，压电致动器)附接到镜子1350。台架包括支撑隐形眼镜1301的弯曲安装表面1380。激光系统1300还包括与激光器1320、光束斩波器1330和致动器1360通信的控制器(例如，计算机控制器)。

[0093] 光束斩波器1330和聚焦光学器件1340定位在光束路径中。斩波器1330周期性地阻挡光束，使得隐形眼镜1301曝光于离散的激光脉冲。聚焦光学器件1340(通常包括一个或多个光学供电元件(例如，一个或多个镜片))将光束聚焦至隐形眼镜1301的表面上的足够小的光点，使得由镜片表面上的光束消融的面积对应所需的点大小。致动器1360改变镜子1350相对于光束的取向，以将脉冲光束扫描到隐形眼镜表面上的不同目标点。控制器1310协调激光器1320、斩波器1330和致动器1360的操作，使得激光系统在隐形眼镜上形成预定的点图案。

[0094] 在一些实现中，台架1370还包括致动器。台架致动器可以是多轴致动器，例如，使隐形眼镜在垂直于光束传播方向的两个横向尺寸上移动。替代地或附加地，致动器可以沿着光束方向移动台架。沿着光束方向移动平台可以用于将镜片表面的曝光部分保持在光束的焦点位置处，而不管镜片表面的曲率，从而在镜片表面上保持基本恒定的点大小。台架致动器也可以由控制器1310控制，控制器将该台架运动与系统的其它元件相协调。在一些实施方案中，使用台架致动器代替镜子致动器。

[0095] 通常，激光器1320可以是任何类型的激光器，其能够产生具有足够能量的光以烧蚀隐形眼镜材料。可以使用气体激光器、化学激光器、染料激光器、固态激光器和半导体激光器。在一些实施方案中，可以使用红外激光器，例如CO2激光器(具有9.4μm或10.6μm的发射波长)。可以使用市售的激光系统，诸如由Universal Laser Systems，Inc.(Scottsdale，AZ)制造的CO2激光系统(例如，60W VLS 4.60系统)。

[0096] 通常选择脉冲持续时间和脉冲能量以从隐形眼镜表面消融一定量的材料，以提供所需大小的点。在图14A中示出用于隐形眼镜的示例性点图案。这里，隐形眼镜1400包括通光孔径1410、对比度降低的区域1420和透明外部区域1430。对比度降低的区域1420是具有内径ID和外径OD的环形区域。ID对应于通光孔径1410的直径。隐形眼镜的镜片直径LD大于OD。

[0097] 通常，在正常室内照明条件下(例如，其中用户能够容易地从书中阅读文本的典型的教室或办公室照明)，ID小于用户的瞳孔直径。这确保了在此种照明条件下，用户周边视野中的图像对比度降低。在一些实施方案中，ID在约0.5mm至约2mm的范围内(例如，在约0.75mm至约1.75mm的范围内，在约0.9mm至约1.2mm的范围内，约0.6mm或更大，约0.7mm或更大，约0.8mm或更大，约0.9mm或更大，约1mm或更大，约1.1mm或更大，约1.2mm或更大，约1.9mm或更小，约1.8mm或更小，约1.7mm或更小，约1.6mm或更小，约1.5mm或更小，约1.4mm或更小，约1.3mm或更小)。

[0098] 通常，OD足够大，使得对比度降低的区域在正常室内照明条件下延伸超出用户的瞳孔。在一些实施方案中，OD为约2.5mm或更大(例如，约3mm或更大，约4mm或更大，约5mm或更大，例如约10mm或更小，约8mm或更小，约7mm或小，约6mm或更小)。

[0099] 通常，选择隐形眼镜中的点之间的尺寸和间隔，以便提供所需的光学效果(例如，如上所述)，其受到用于形成点的方法的限制。在一些实施方案中，点的最大横向尺寸可以在约0.005mm或更大(例如，约0.01mm或更大，约0.015mm或更大，约0.02mm或更大，约0.025mm或更大，约0.03mm或更大，约0.035mm或更大，约0.04mm或更大，约0.045mm或更大，约0.05mm或更大，约0.055mm或更大，约0.06mm或更大，约0.07mm或更大，约0.08mm或更大，约0.09mm或更大，约0.1mm)至约0.5mm或更小(例如，约0.4mm或更小，约0.3mm或更小，约0.2mm或更小，约0.1mm)的范围内。

[0100] 点的间距也可以变化，以便提供所需的光学效果。通常，凹陷部的间距(即，在相邻凹陷部的中心之间测量)在约0.05mm(例如，约0.1mm或更大，约0.15mm或更大，约0.2mm或更大，约0.25mm或更大，约0.3mm或更大，约0.35mm或更大，约0.4mm或更大，约0.45mm或更大)至约1mm(例如，约0.9mm或更小，约0.8mm或更小，约0.7mm或更小，约0.6mm或更小，约0.5mm或更小)的范围内。

[0101] 对比度降低的区域中的点的相对面积可以如上面针对眼镜镜片所述的那样变化。

[0102] LD对应于隐形眼镜的直径，并且通常在约10mm至20mm的范围内。通常，LD比OD大至少1mm或更大(例如，约2mm或更大，约3mm或更大，约4mm或更大，约5mm或更大，约6mm或更大，约7mm或更大，如约8mm)。在不包括点的隐形眼镜的边缘处纳入至少一些空间确保了点不会降低隐形眼镜在其边缘处的完整性(例如，通过撕裂)或降低隐形眼镜和用户的眼球之间的密封的完整性。

[0103] 虽然图14A中所示的隐形眼镜点图案的特征在于点，其每个在相邻点之间具有相同的大小和相同的间距，但是其它点布置也是可能的。例如，参考图14B，隐形眼镜1450的特征在于具有不同尺寸的点。这里，隐形眼镜1450包括通光孔径1460、对比度降低的区域1470和透明外部区域1480。对比度降低的区域1470包括点图案，其中点的大小随着点位置相对于镜片中心的径向距离的增加而增加。因此，最靠近通光孔径1460的点1471是最小的，而最靠近外部区域1480的点1472是最大的。

[0104] 尽管系统1300示出为消融隐形眼镜，但更一般地，激光消融也可用于眼镜镜片。

[0105] 虽然可以使用各种技术(例如，包括自觉验光和/或眼睛长度测量)在受试者中监测近视的发展和治疗功效，但是认为脉络膜厚度的变化(即，脉络膜厚度的增加)是用于此目的的可靠的生物标记。可以使用光学相干断层扫描(OCT)测量脉络膜厚度。在图5A和5B中示出了示例性深度视野OCT图像，其示出了受试者的脉络膜厚度。脉络图示出在从左到右跨越图像区域的两条黄色曲线之间的横截面中。因为OCT图像可以具有可变放大率，所以在进行厚度测量时可以使用在治疗过程中厚度不改变的内部界标作为参考。此种界标的一个示例是脉络膜和视网膜之间的视网膜色素上皮(RPE)层，其厚度由图5B中所示的红线表示。

[0106] 实施例

[0107] 初始研究/对比实施例

[0108] 在先前的研究中，发现使用附着在镜片表面上的漫射滤色片的概念验证眼镜可以减缓受试者的轴向长度增长，但是仍然存在许多难题。使用的滤色片是市售的Bangerter遮光箔(“BOF”)。这些是由薄的柔性静电乙烯基膜制成的漫射器，其修整成匹配镜片形状并粘附到右镜片上。使用的“箔”是“BOF-0.8Acuity of 20/25”，顾名思义，其名义上最佳地将矫正视力降低到20/25。然而，实际上，可以在20/15-20/20的范围内进行最佳矫正的受试者的

敏锐度,在20/30-20/40的范围内使用BOF-0.8滤色片进行现场测试。这项研究的受试者单侧在单只眼睛上佩戴漫射器是因为其产生的敏锐度大大降低,并且担心佩戴眼镜的耐受性和安全性会使双目的敏锐度降低到20/30-40。通过使漫射器臂单眼式,该研究的受试者能够正常工作,因为他们有一只眼睛可以用于高视力。然而,理想地,在商业产品中,应该同时对两只眼睛进行治疗。

[0109] 初始研究的另一个问题是乙烯基滤色片可能会意外地脱离镜片。为了解决这个问题,在试验中向每个受试者提供两副眼镜,如果滤色片从第一副眼镜中取出,则指示使用第二副眼镜。然后,可以为受试者提供新的备份眼镜。理想地,在商业产品中,漫射器应该如标准镜头那样耐用。

[0110] 新研究

[0111] 原型镜片设计用于解决初始研究中使用的眼镜的问题,并同时保持或改善减缓轴向长度增长的功效。据信,BOF-0.8滤色片如此大幅度地降低敏锐度的主要原因是乙烯基膜本身的光学质量非常差。厚度不均匀产生“波状”图案,其使图像失真,对视力造成困扰。然而,据信图像的这种退化没有任何治疗价值。因此,新研究的原型镜片的一个目标是消除应用于眼镜的任何类型的膜,并提供漫射器作为镜片本身的永久部分。在新设计中,这些镜片的漫射器组件用于降低图像的对比度的目的,但光学质量的每个其它方面与护理标准基本相同。

[0112] 眼镜开发的第一步骤是制作镜片,其复制了BOF-0.8滤色片的漫散量(并且可能是治疗值)但具有标准镜片的所有其它光学特性(即非漫射)。将新原型的功效与初始研究的BOF-0.8滤色片进行比较,该滤色片用作功效的标准。为了减少在新原型上研究的长度,使用光学相干断层扫描(OCT)测量的脉络膜增厚被用作为治疗功效的生物标记。使用OCT对脉络膜进行成像,并且证明BOF-0.8滤色片产生了可以精确测量的脉络膜增厚。在图6A至图6D中示出了来自该研究的图像。OCT非侵入性地提供了通过中央凹的视网膜的横截面视图。可以分辨多个层,其包括内界膜神经纤维层(NFL),神经节细胞层(GCL),内丛状层(IPL),内核层(INL),感光器的内部节和外部节之间的接合(IS/OS PR),外核层(ONL),视网膜色素上皮(RPE)。最深的层是脉络膜。图6A和图6C示出了在使用BOF-0.8滤色片治疗之前和之后来自一个受试者的视网膜的未分段图像。与预治疗相比,治疗后脉络膜层的相对增厚是明显的。图6B和图6D包括示出脉络膜外边界的分段线(红色)。图6C示出了治疗后第39天的脉络膜。图6D示出了治疗后第39天的脉络膜,其中脉络膜的外边界是清晰的。厚度被测量为从边界线到RPE边界的距离。

[0113] 图7示出了根据该研究的视网膜上位置的相对脉络膜厚度的关系曲线。与治疗前测量结果(底部的黑色曲线)相比,标记的脉络膜的治疗后增厚(上部的蓝色曲线)在视网膜上是明显的。

[0114] 实施例:原型I

[0115] 开发第一原型眼镜(原型I)以用于提供一种镜片,该镜片结合了漫射元件并降低了与BOF-0.8滤色片基本相同的图像对比度,同时实用且耐用且不含有BOF-0.8滤色片的乙烯基基底的许多光学缺陷。通过使用UV可固化材料在镜片上喷墨印刷点图案而形成的镜片。来自Roland DG VersaUV系列喷墨打印机和Mimaki UV平板打印机的打印机都用于不同版本的原型I。可紫外线固化材料也可从Roland和Mimaki获得。

[0116] 镜片是透光的聚碳酸酯，防碎镜片，没有任何光谱过滤。点图案印刷在间距为0.55mm的正方形网格上。每个点的体积为0.004mm$^3$。点图案覆盖整个镜头；不保持通光孔径。使用在365nm至385nm的范围内发射的UV LED固化打印图案。在图8中示出了示例性原型I镜片的照片。

[0117] 使用受试者内的协议测试了原型I镜片。招募少数量的受试者并将对其最佳矫正视敏度进行验光。假设轴向长度的初始减少是使用OCT研究测试脉络膜增厚的结果。为此，

[0118] 在基线测量一周后，受试者佩戴眼镜，该眼镜具有未经处理的左眼(OS)镜片和附着于右眼(OD)镜片的BOF-0.8滤色片。四周后，受试者然后将新的原型镜片切换到左眼(OS)，而右眼佩戴未经处理的镜片。在右眼上佩戴BOF-0.8滤色片一个月之后，左眼和右眼(OD-OS)的脉络膜厚度之间的绝对差异显著增加。当移除OD眼镜并且用原型I处理OS眼时，存在相应显著降低的OS的轴向长度(p＝0.0083)和增加的OD-OS值(p＝0.0032)。相对于产生增加的脉络膜厚度，原型I和BOF-0.8滤色片的有效性之间没有显著差异。然而，与BOF-0.8滤色片相比，当佩戴原型I时，最佳矫正视敏度有很大的差异。

[0119] 实施例2：原型II

[0120] 原型II的目标是生产一种镜片，该镜片可以允许测量在20/15至20/20的最佳矫正视力，但具有等同于或优于BOF-0.8滤色片的效果。为此，通过修改原型I点图案以包含小的中央透明区域来生产原型II镜片。点形成在正方形网格图案上，其中间距为0.55mm。通光孔径形成为圆形，其具有3.8mm的直径。在图9中示出了原型II镜片的照片。

[0121] 当佩戴眼镜时，将透明区域定位成与瞳孔匹配，从而允许佩戴者在直视前方时视线透过透明区域。最佳矫正为20/15-20/20的受试者在佩戴原型II并视线透过透明区域读取视力表时测试为20/15-20/20。

[0122] 通过招募少数量的受试者并让他们在左眼上佩戴具有透明区域的镜片而在右眼上佩戴不具有透明区域的镜片，测试了原型II与原型I的透明区域。然后，比较了两只眼睛之间脉络膜厚度的增加，并发现具有透明区域的镜片和没有透明区域的镜片之间没有差异。这表明可以设计一种不具有光谱光过滤的漫射镜片，使允许受试者以20/15至20/20的最佳矫正视力进行测试，并且仍能保持初始研究中使用的原始镜头的效果(如通过增加脉络膜厚度所测量的)。

[0123] 实施例3：原型III

[0124] 探索其它改进以同时最大化耐受性和有效性。一般认为，透明区域越大，原型就越耐受，但也假设增加周边对比度降低可能会提高效率。因此，试验了这两个变量，其产生了另一个原型：原型III。与原型I和原型II一样，原型III没有光谱光过滤。修改原型III的点图案以包括比原型II更大的通光孔径和在透明区域之外的更大的对比度降低。特别地，通光孔径扩大到5.0mm直径，以及正方形网格间距减小到0.365mm。点大小与原型II保持一致。在图10中示出了原型III镜片的照片。

[0125] 设计目标是开发一种原型，其实现了让儿童及其父母感到愉快和舒适的良好视力。当通过镜片的通光孔径直视而测试视力时，对于具有最佳矫正视力20/15至20/20的儿童，原型III的视敏度为20/15至20/20。还利用受试者通过外周漫射器观察而测试“离轴”敏锐度。当通过漫射区域观察时，通过通光孔径具有20/15至20/20的最佳矫正敏锐度的受试者表现出20/20至20/25的视力。

[0126] 开始了一项小型试验,其中双目佩戴原型III镜片。镜片的主要目的是测定镜片的耐用性和耐受性。试验具有一个组。受试者年龄为7至10岁,具有近视发展史。受试者都被眼科医生转介给我们,因为父母担心他们的孩子会迅速发展为近视。该研究有一个站点,即西雅图华盛顿大学的眼科研究。征集了8名儿童。利用来自Cad Zeiss Meditec的IOLMaster的光学生物计监测轴向长度,获得了佩戴眼镜已6个月的4名儿童的初步结果。还要求儿童记录一份日记来记录他们每天佩戴镜片的时间,并记下他们对眼镜的任何问题或疑虑。

[0127] 当受试者进入实验室进行轴向长度测量时,查看他们的日记并检查眼镜确认是否有变化或恶化的任何迹象。还询问了受试者和其父母,确认他们是否对眼镜有任何问题或疑虑。没有记下与眼镜的耐久性相关的问题,并且受试者和父母没有抱怨。

[0128] 然而,参考图12,将佩戴原型III的受试者的轴向生长与6个月时的初始研究结果进行比较是有意义的。该图示出了比较在180天后受试者的眼睛屈光度变化的条形图。第一个条形柱代表控制眼镜,以及第二个条形柱代表来自初始研究中的原始漫射器眼镜。对于在研究中完成6个月的4名儿童,第三个条形柱表示6个月后的原型III。

[0129] 我们所证明的是,我们能够制造出稳定且耐用的眼镜,其可以实现20/15至20/20视力。这一小组的受试者对眼镜非常满意,并且他们在6个月后表现出缓慢的发展速度。

[0130] 实施例4:隐形眼镜

[0131] 如下在隐形眼镜上形成点图案。在每种情况下,将-7.5D隐形眼镜定位在VLS 4.60CO 2激光系统(Universal Laser Systems,Inc.,Scottsdale,AZ)的台架上的球轴承上。在每种情况下,镜片直径为14mm。

[0132] 隐形眼镜分别以5%光焦度、10%光焦度和20%光焦度设置曝光。在每次曝光中,激光扫描速度设定为25%,以及分辨率设定为0.002英寸。曝光区域的外径为12.7mm,以及内径为1mm。该区域内的曝光图案是正方形网格,其中网格间距为0.0116英寸。

[0133] 形成可见的点图案以用于5%和10%的光焦度设定。20%的光焦度设定导致切穿隐形眼镜。

[0134] 在图15A中示出了隐形眼镜中的一个的照片。点图案是清晰可见的。

[0135] 实施例5:使用激光烧融的眼镜镜片

[0136] 使用60W、10.6μm、VLS 4.60CO2激光系统(Universal Laser Systems,Inc.,Scottsdale,AZ)在几个Trivex眼镜镜片上形成点图案。镜片在光栅和矢量打印模式下都曝光出在5%到40%之间的各种光焦度。激光设定为1,000PPI。速度设定为25%或100%。

[0137] 在图15B中示出了以矢量模式曝光的镜片的照片。此示例中以矢量模式打印的点图案是清晰可见的。

[0138] 描述了许多实施方案。其它实施方案在以下权利要求中。

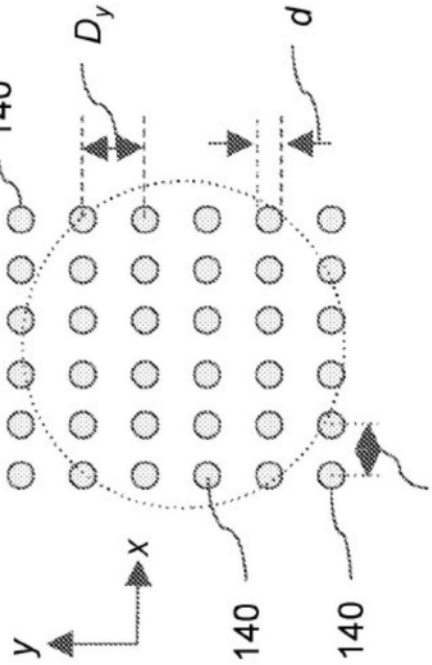

140
$D_y$
d
x
y
140
140
$D_x$

图 1B

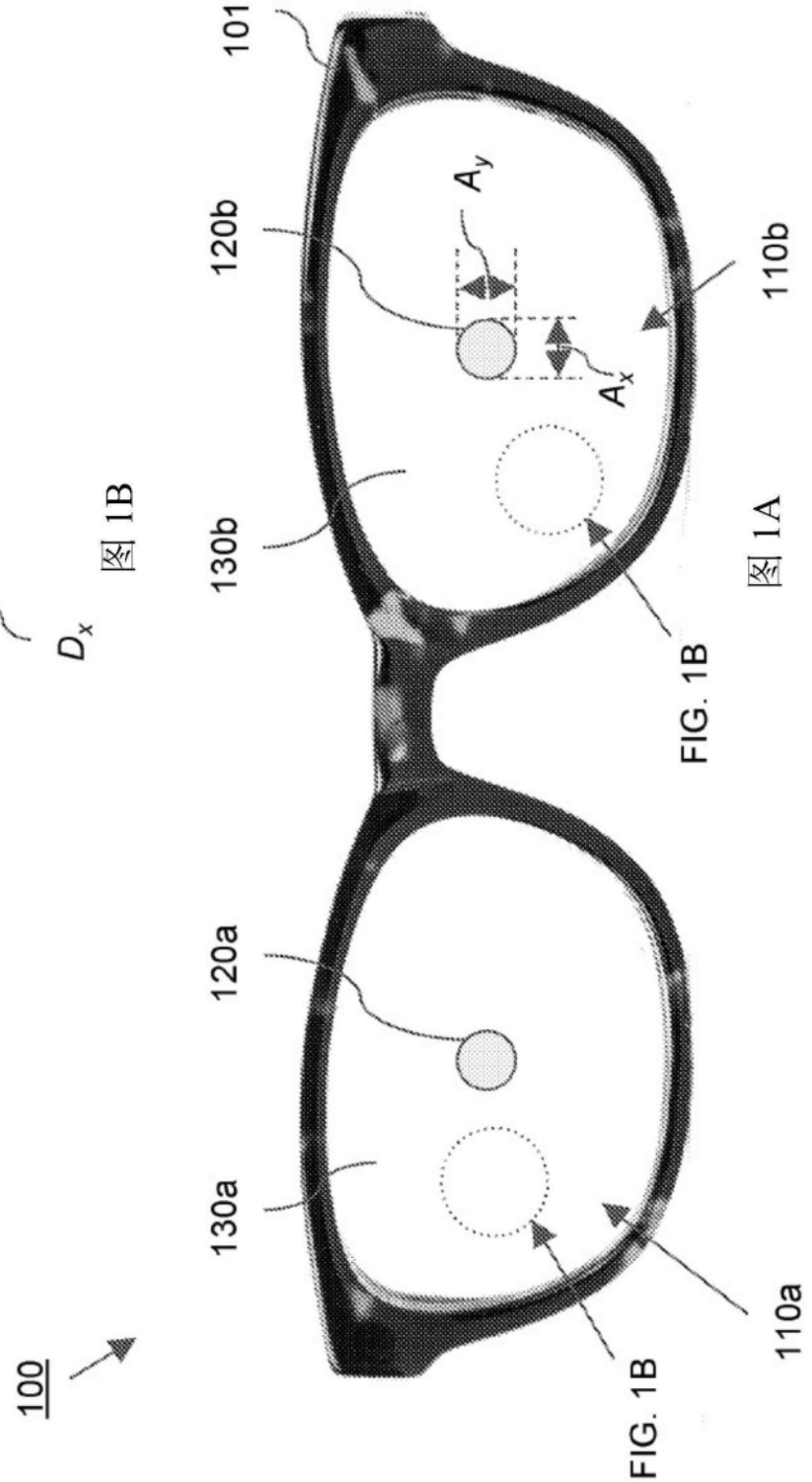

101
120b
130b
120a
130a
$A_y$
$A_x$
110b
110a
100
FIG. 1B
FIG. 1B

图 1A

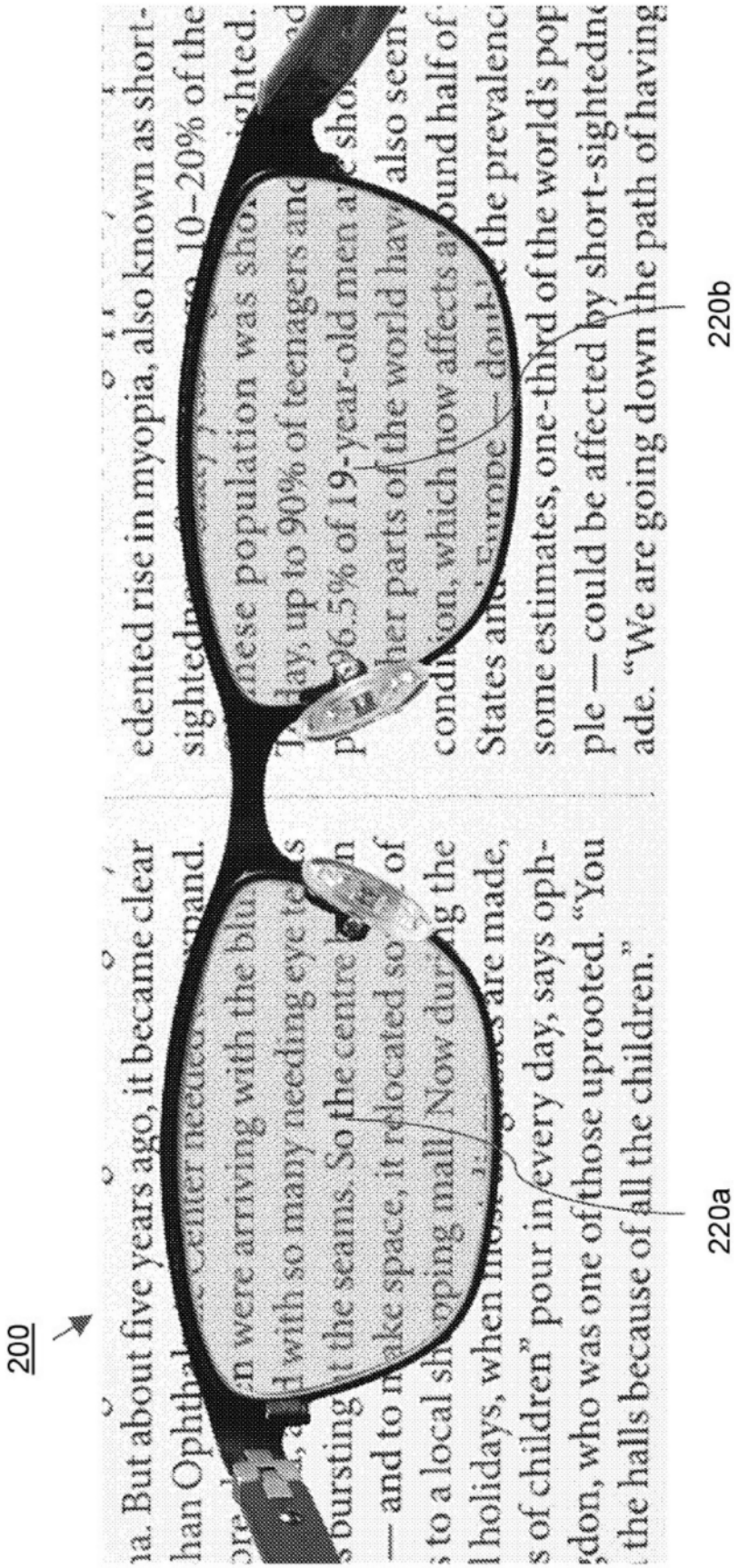



图2

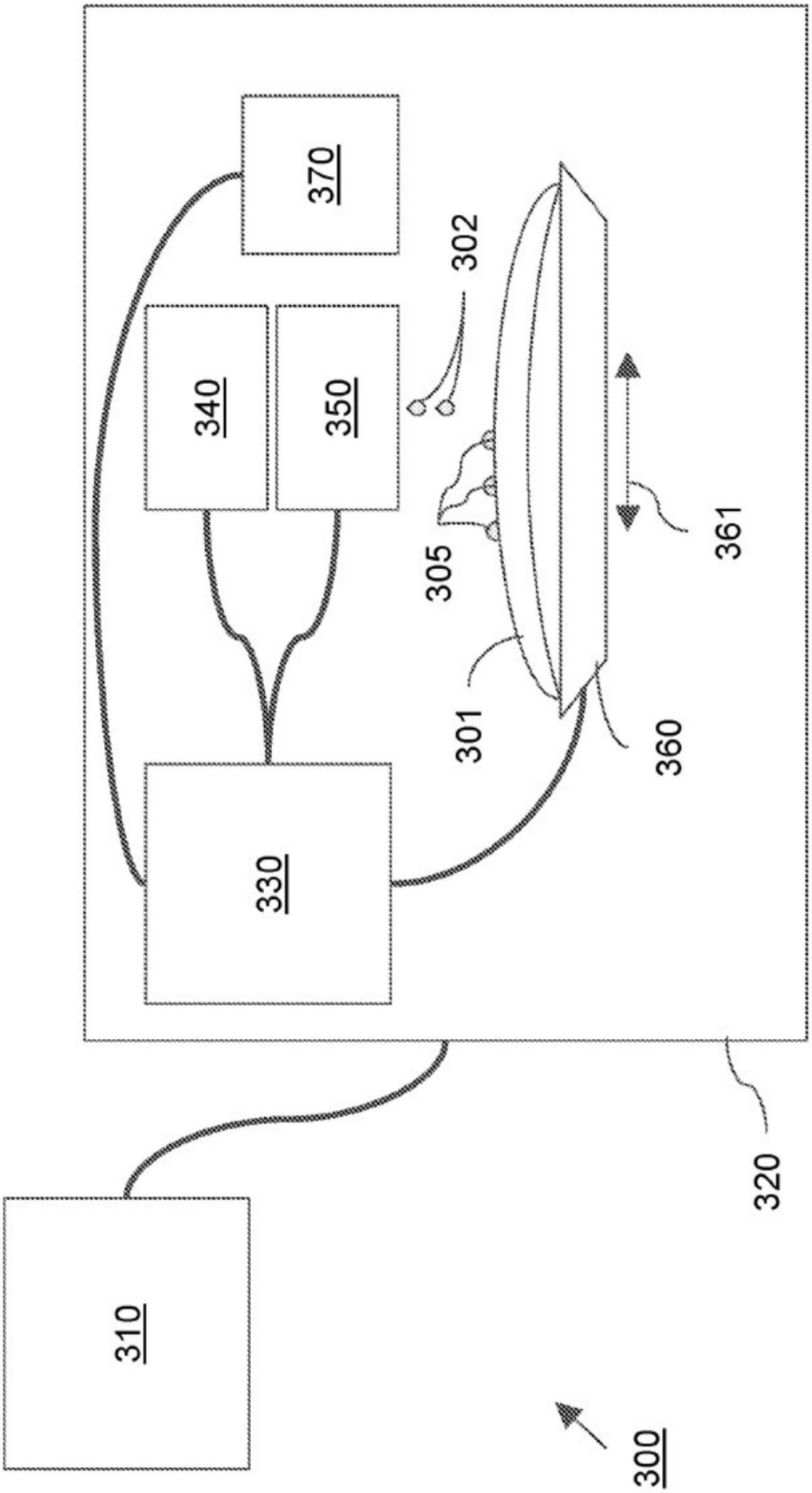



图3A

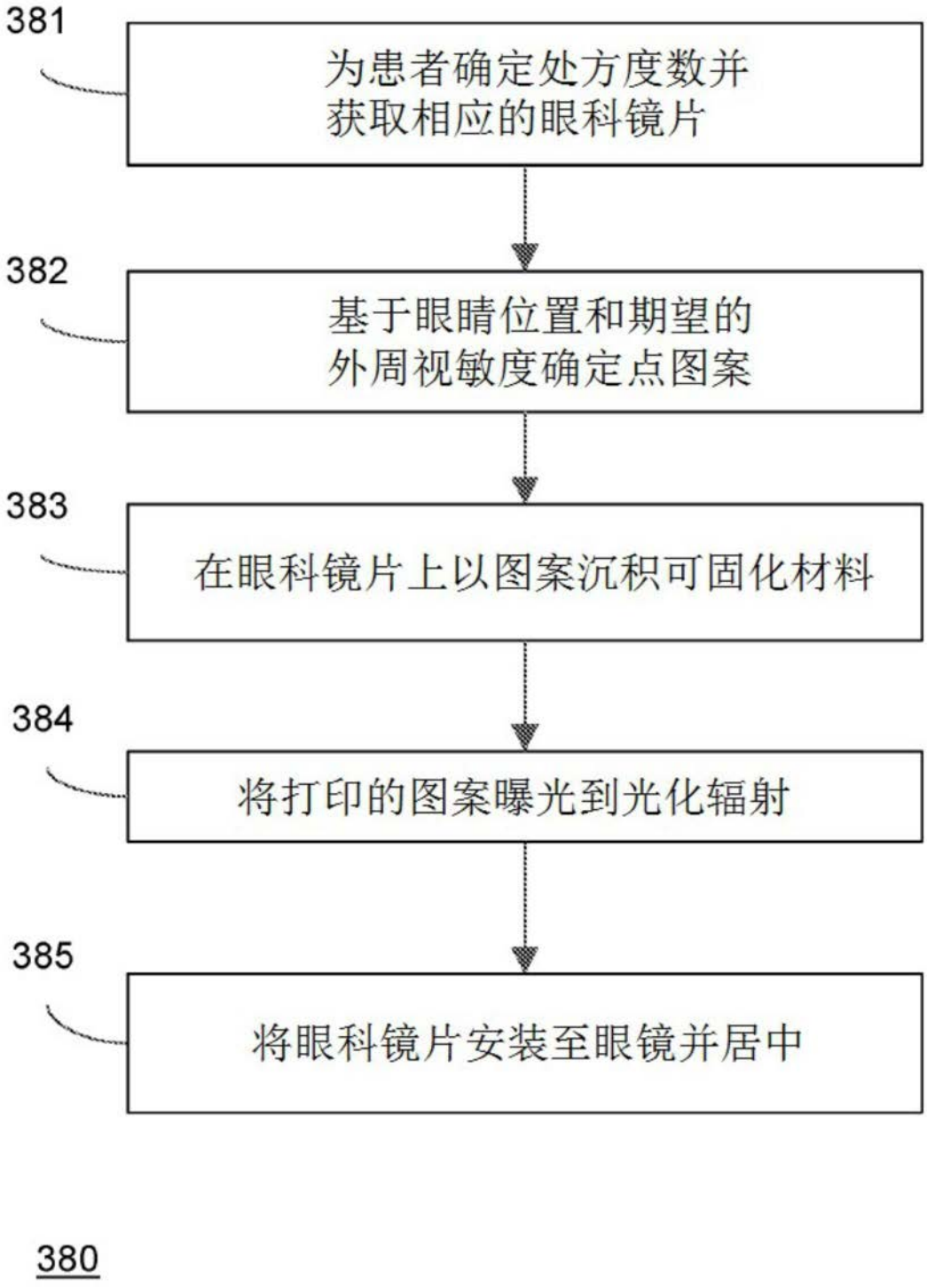

381
为患者确定处方度数并
获取相应的眼科镜片
382
基于眼睛位置和期望的
外周视敏度确定点图案
383
在眼科镜片上以图案沉积可固化材料
384
将打印的图案曝光到光化辐射
385
将眼科镜片安装至眼镜并居中
380

图3B

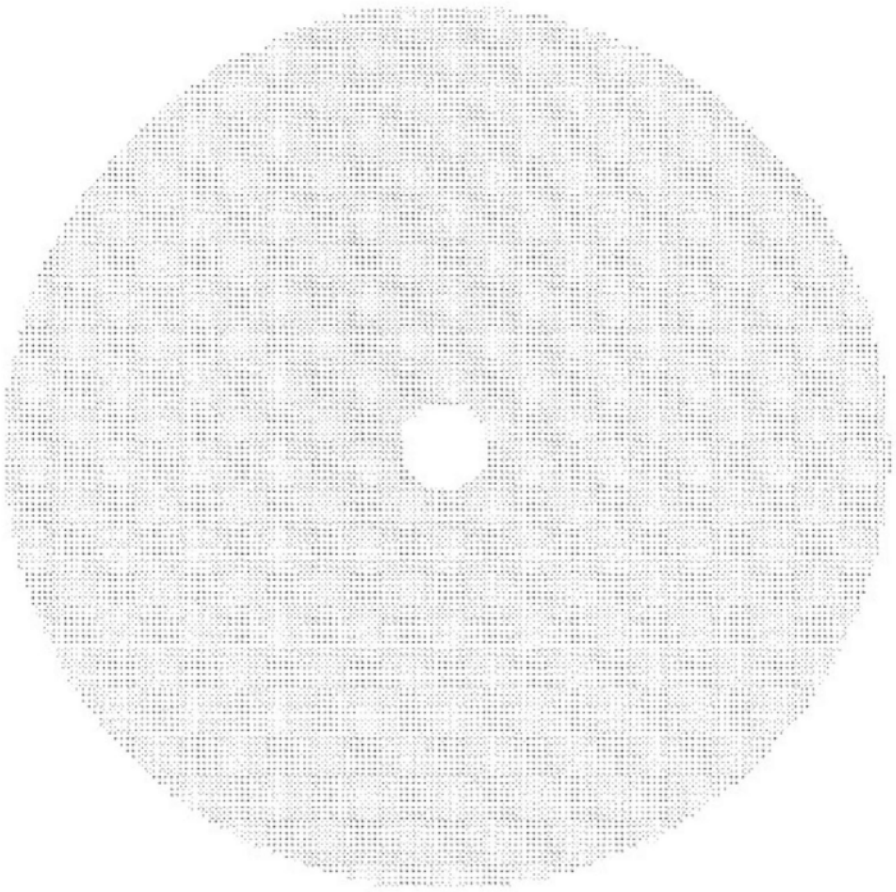


图3C

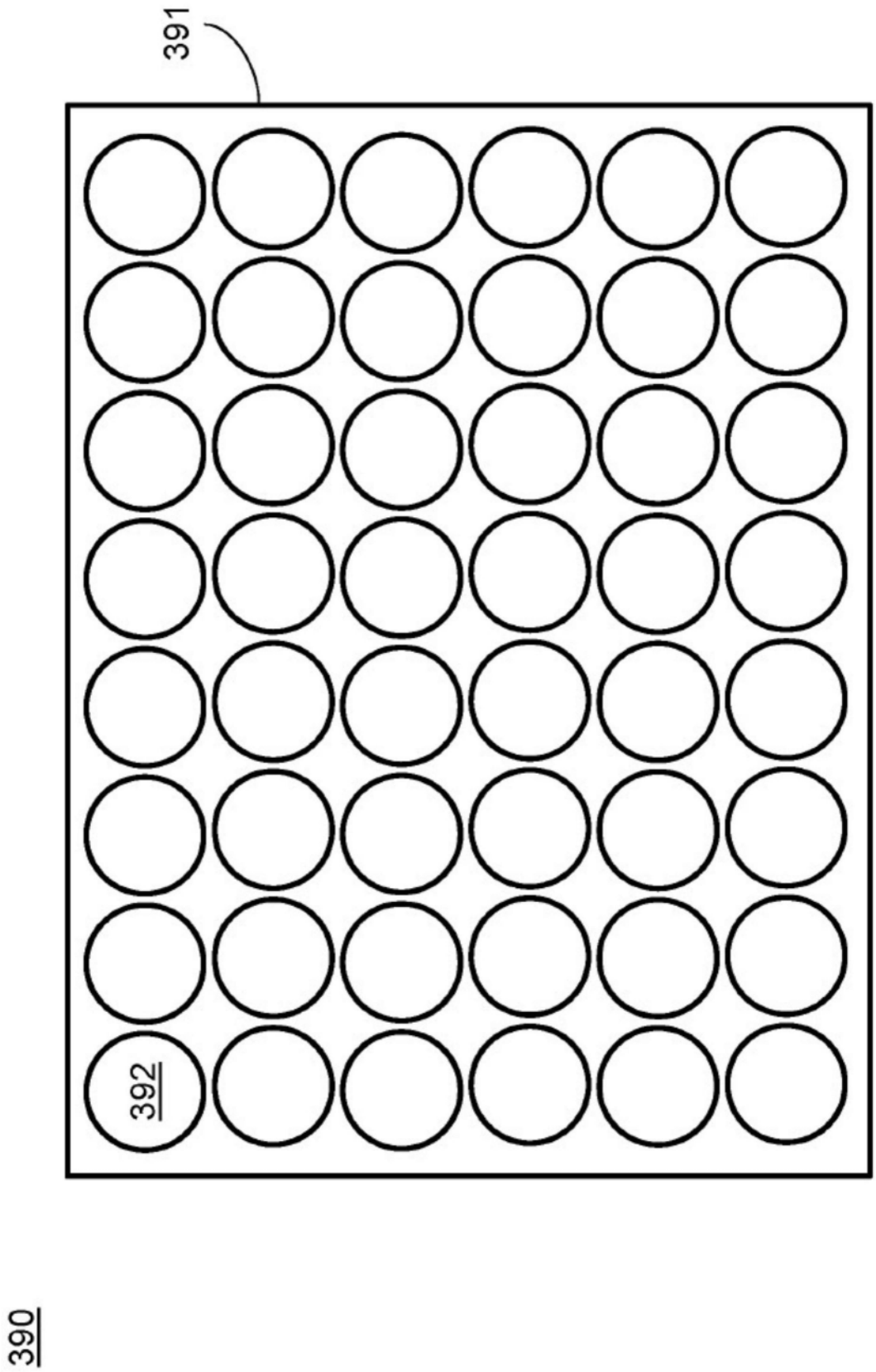



图3D

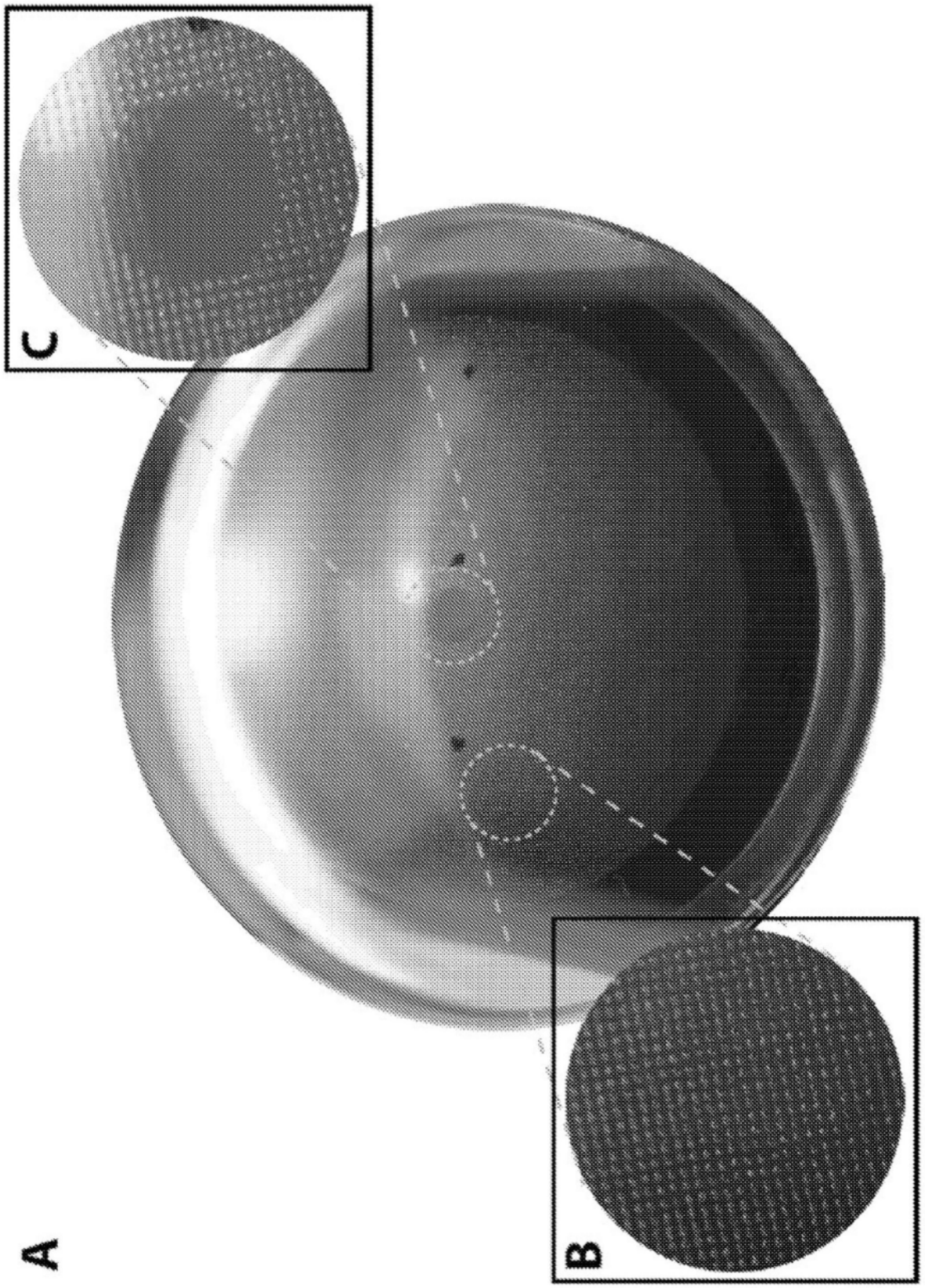



图4

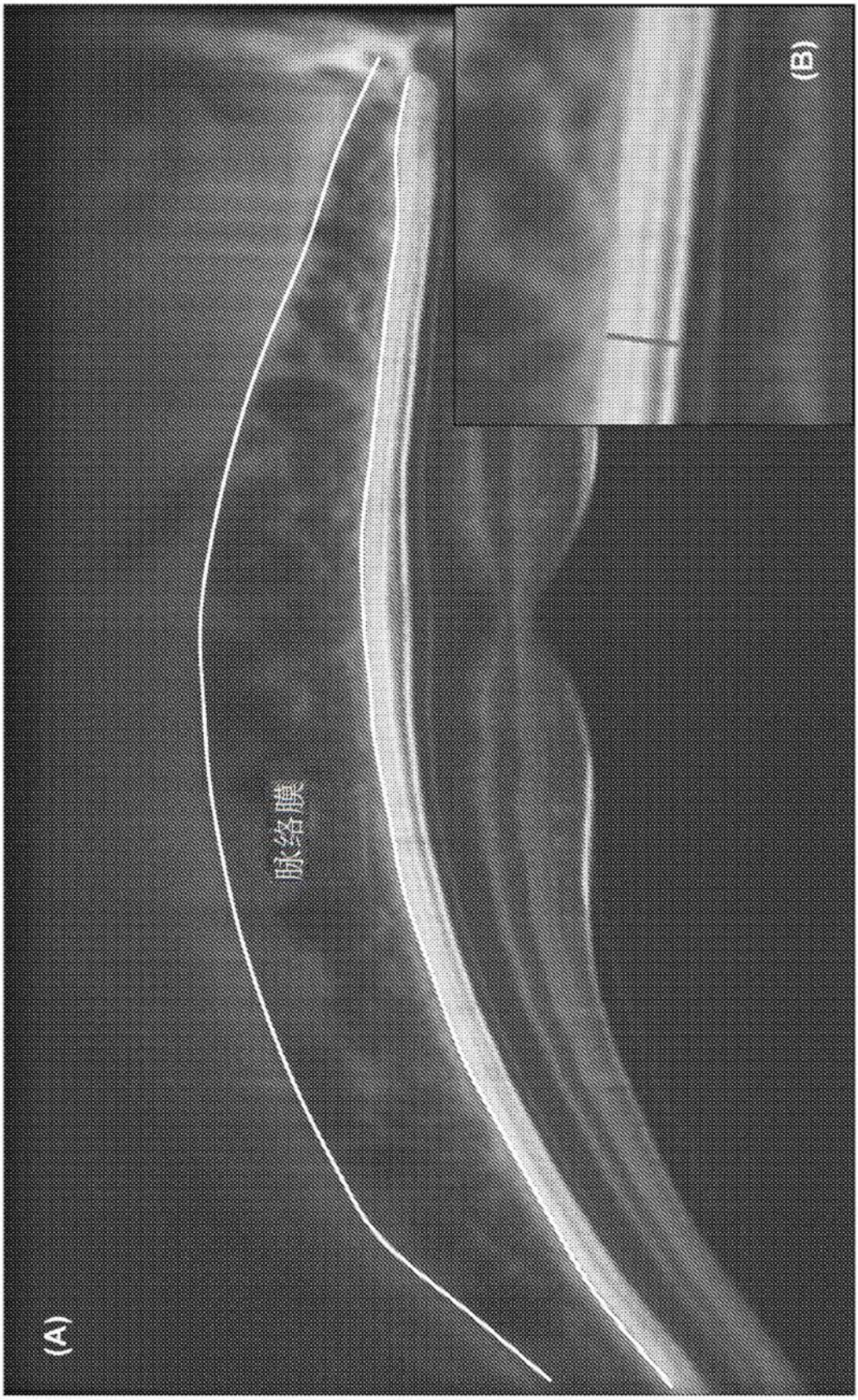



图5

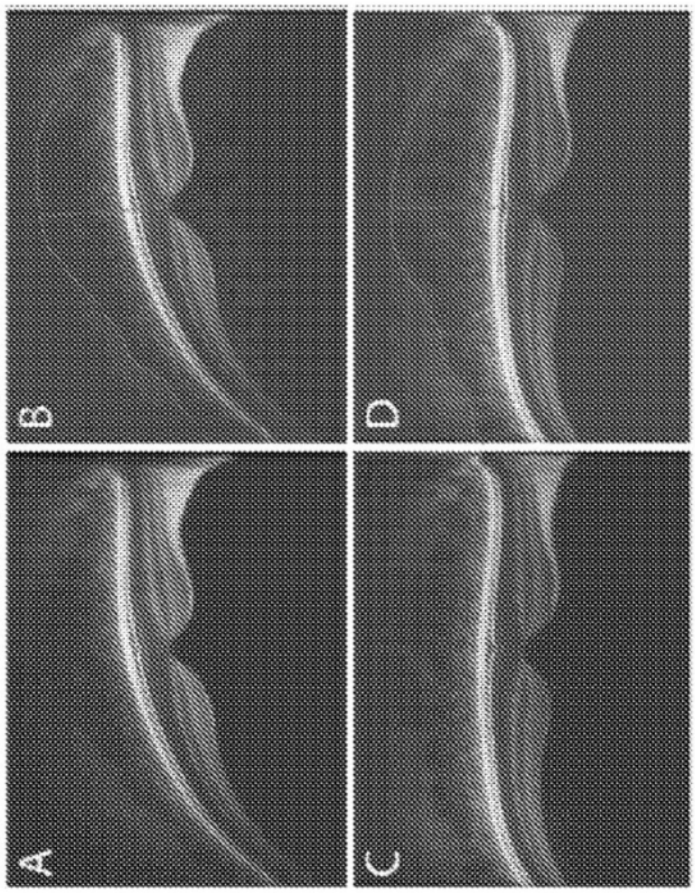



图6

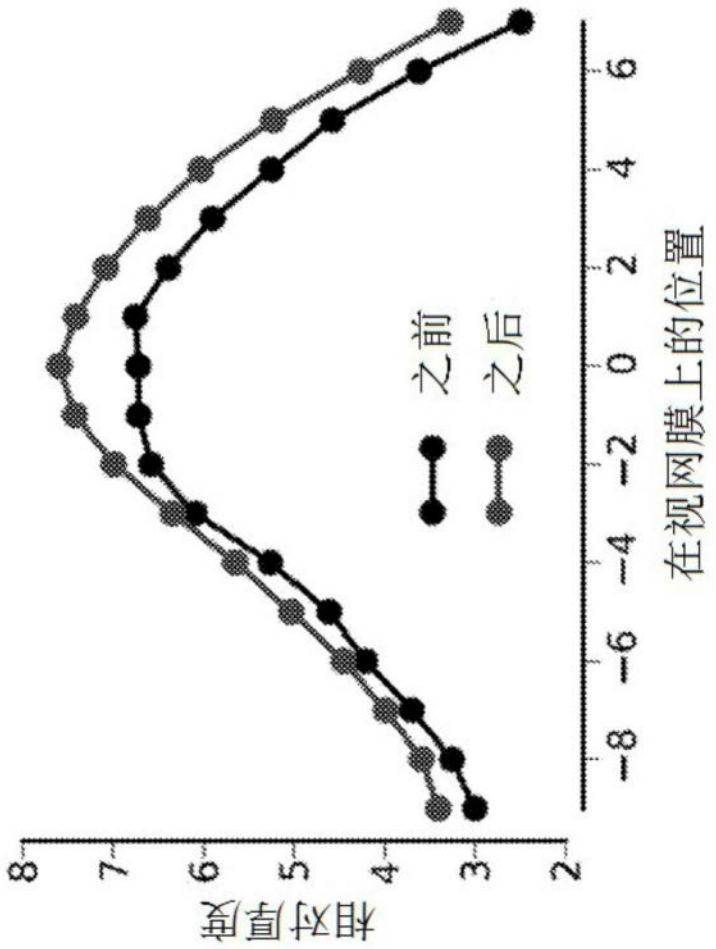



图7

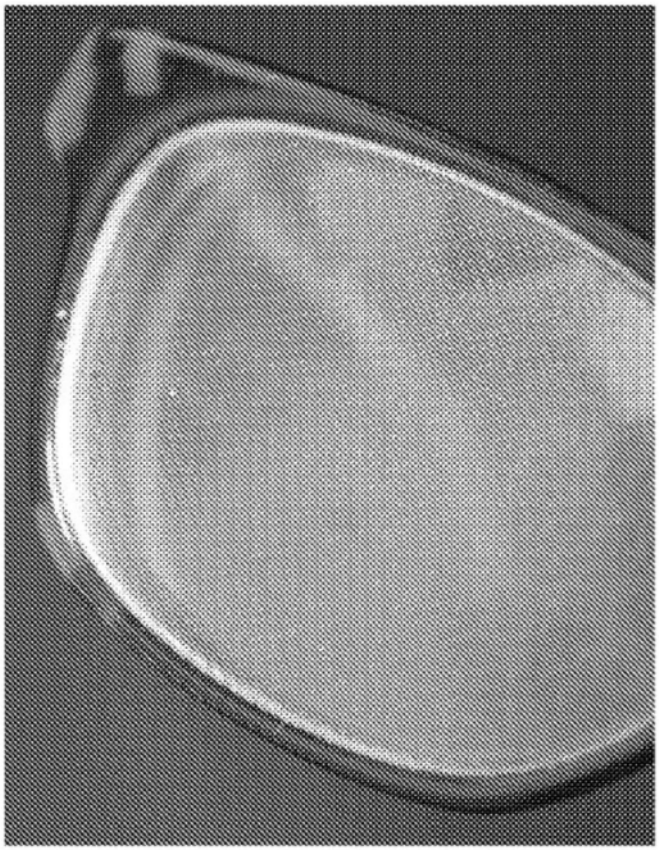


图8

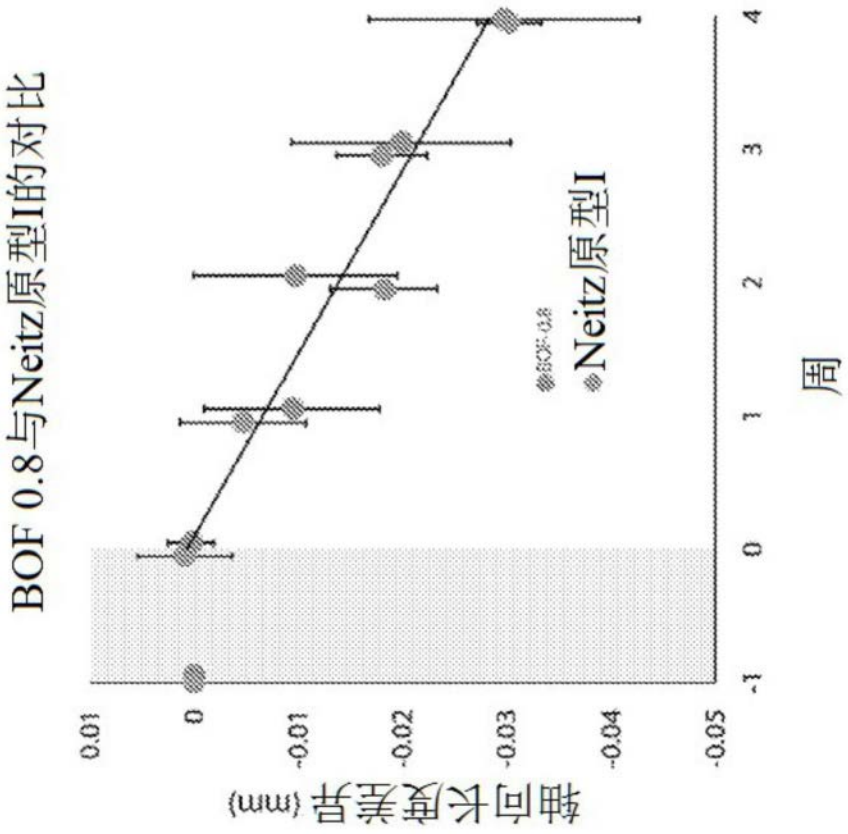

BOF 0.8与Neitz原型I的对比
轴向长度差异 (mm)
0.01
0
-0.01
-0.02
-0.03
-0.04
-0.05
-1
0
1
2
3
4
周
BOF 0.8
Neitz原型I

图9

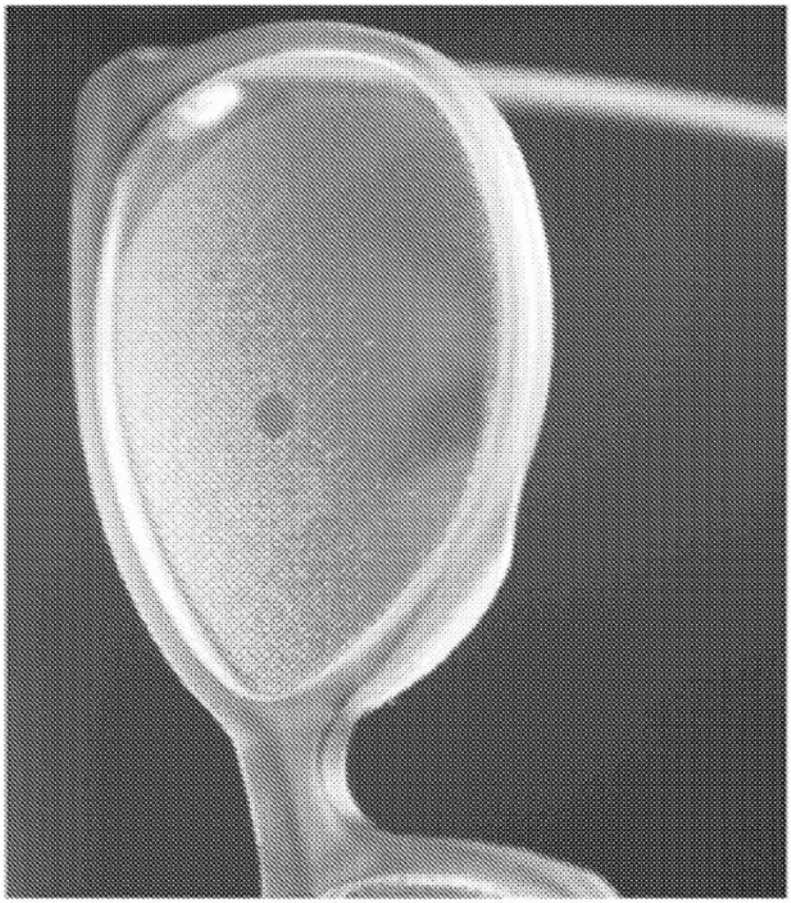


图10

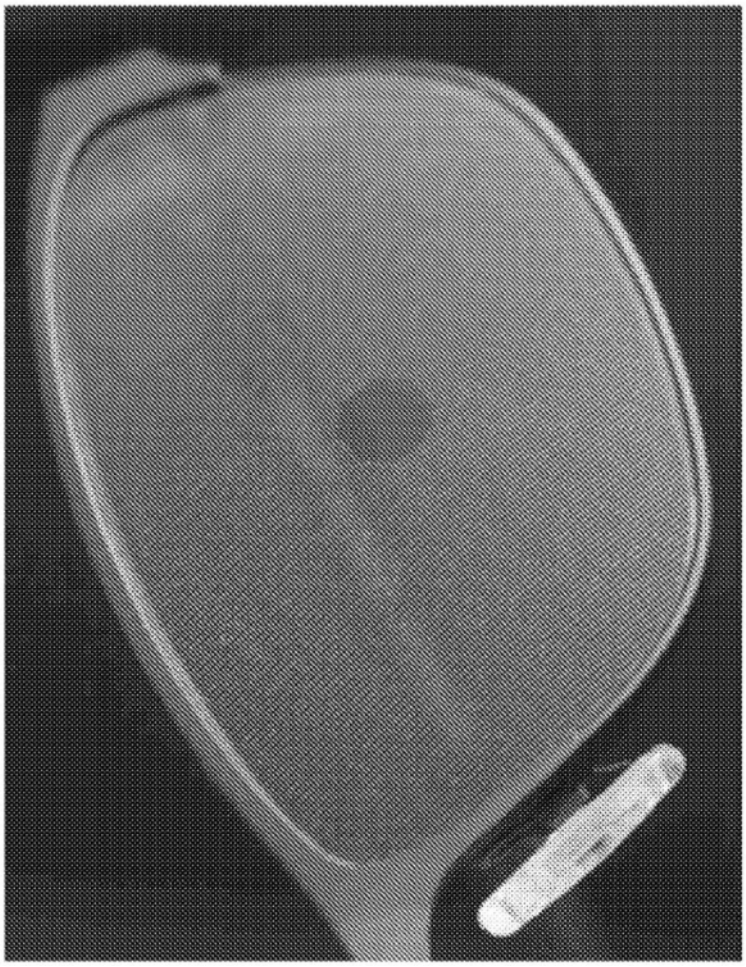


图11

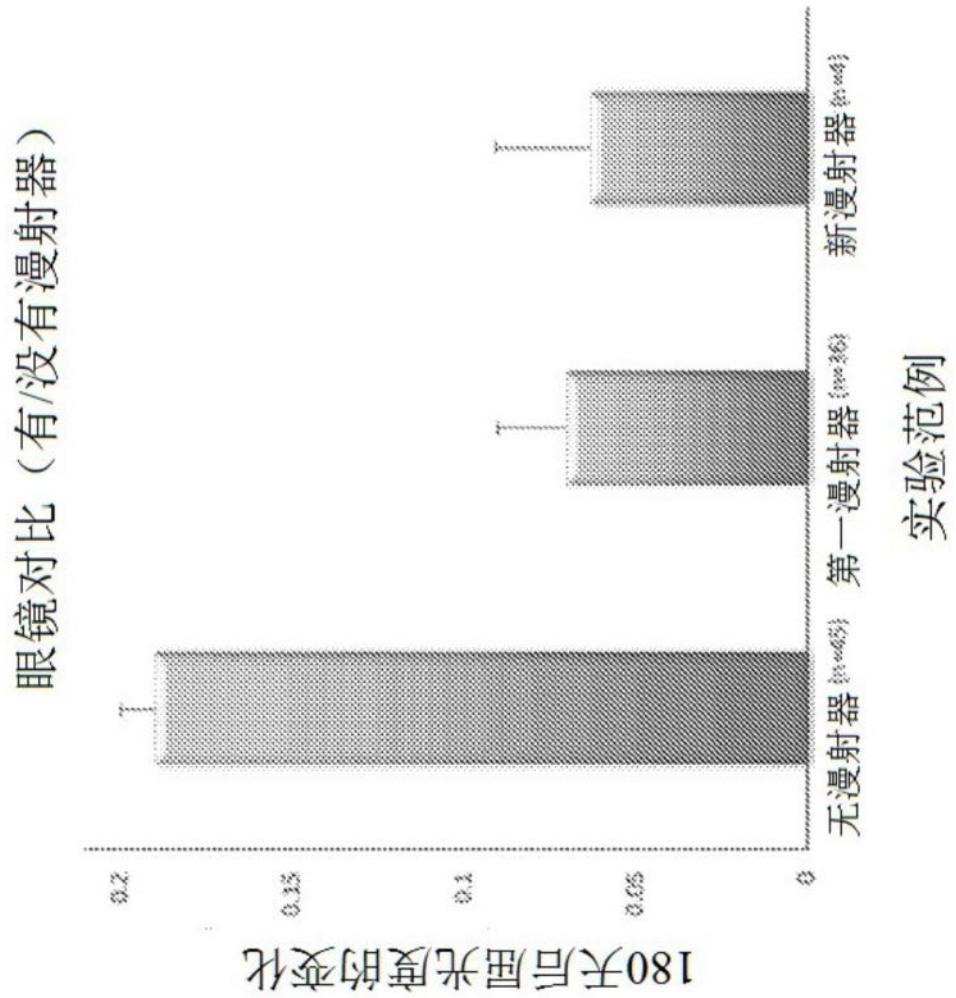



图12

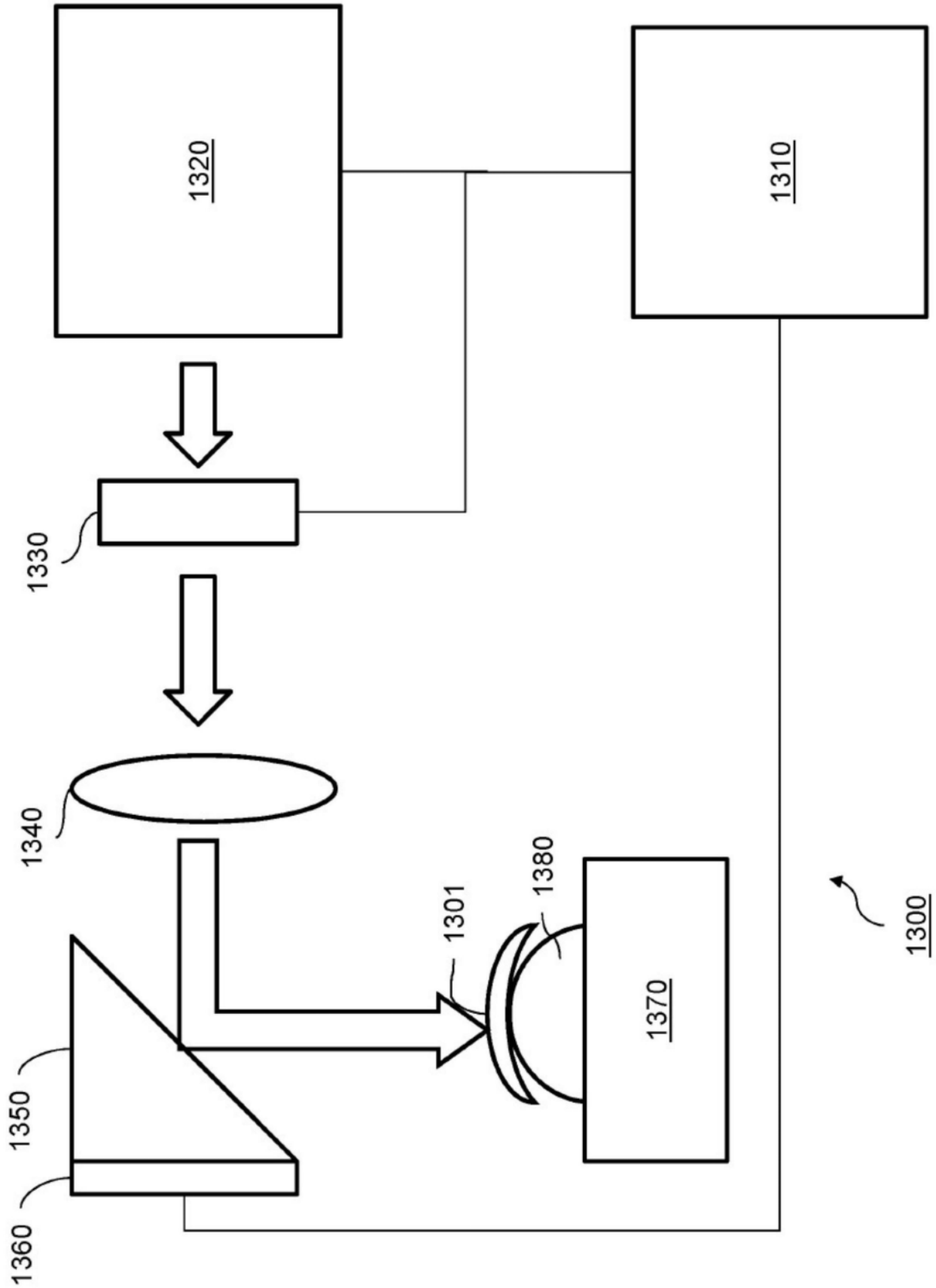



图13

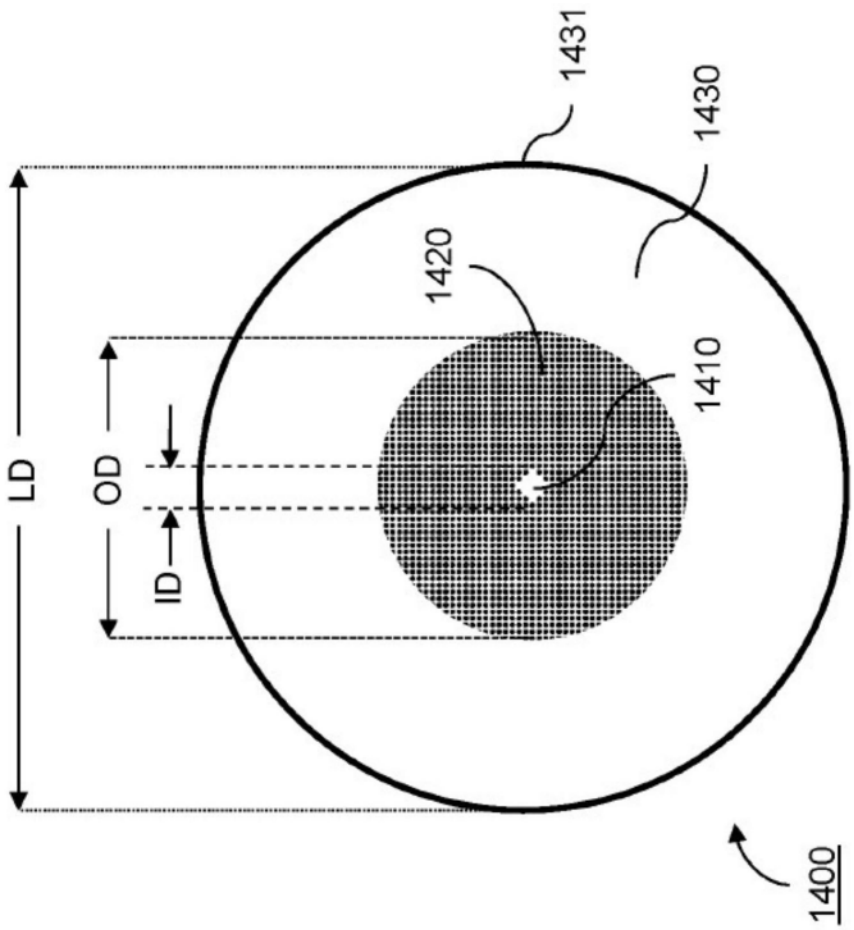



图14A

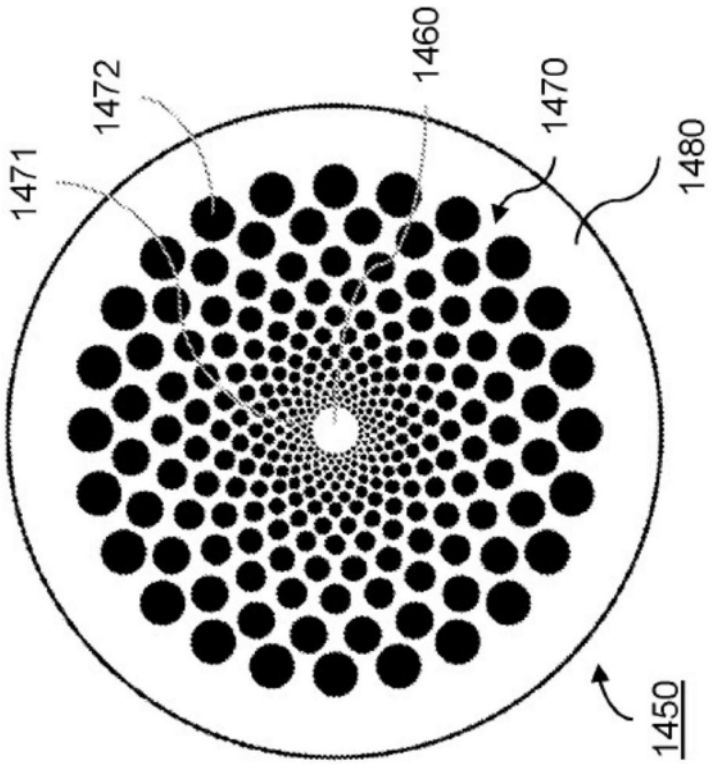



图14B

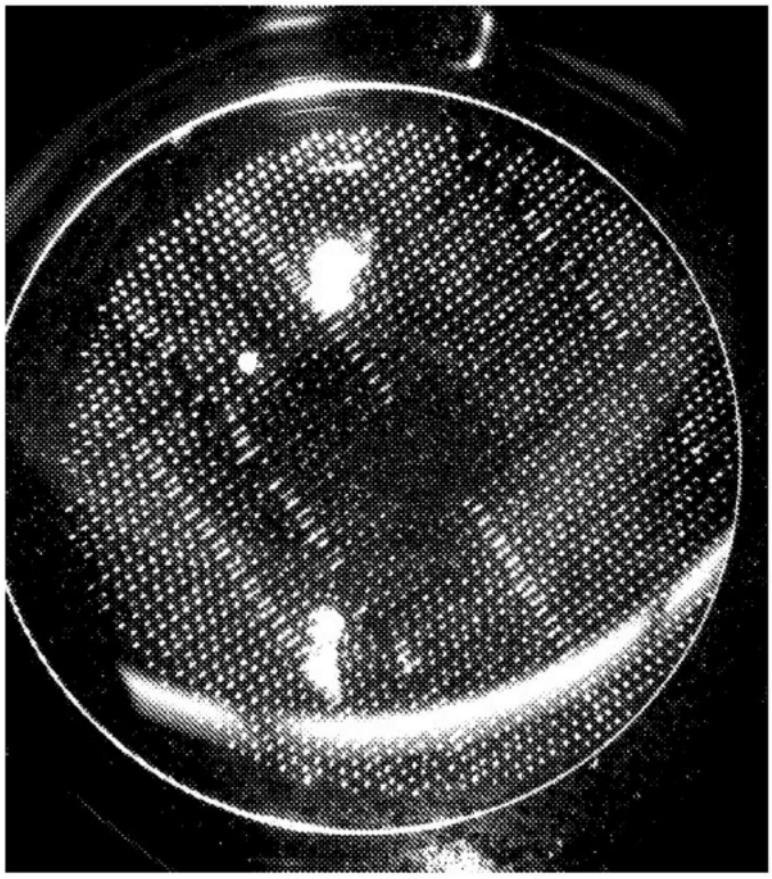


图15A

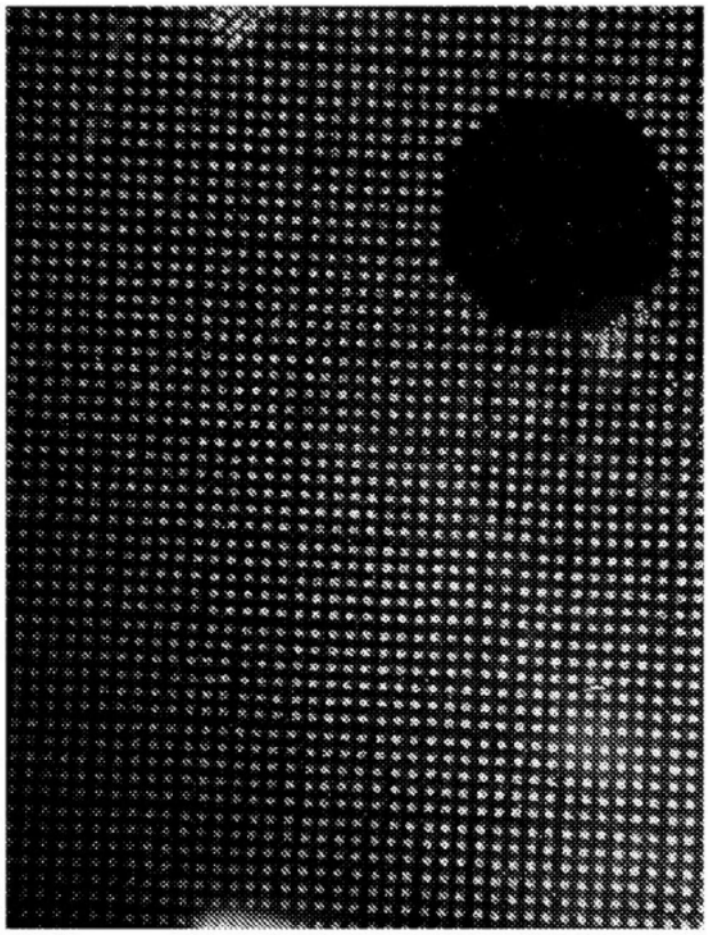


图15B