



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110955063 B

(45) 授权公告日 2020.11.03

(21) 申请号 201911251800.X

G02F 1/133 (2006.01)

(22) 申请日 2019.12.09

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101534701 A, 2009.09.16

申请公布号 CN 110955063 A

CN 209404746 U, 2019.09.20

(43) 申请公布日 2020.04.03

CN 202631850 U, 2012.12.26

(73) 专利权人 上海交通大学

CN 107870429 A, 2018.04.03

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

CN 107608075 A, 2018.01.19

审查员 吴坤军

(72) 发明人 陈超平 陈捷 刘浩文 姜婧辉  
米岚田

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 王毓理 王锡麟

(51) Int. Cl.

G02C 7/04 (2006.01)

G02F 1/1335 (2006.01)

G02F 1/1343 (2006.01)

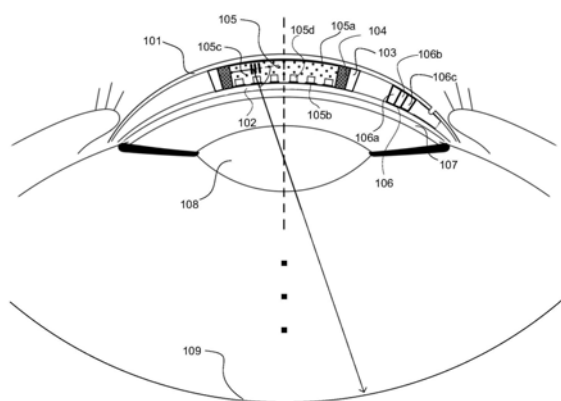
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

基于视网膜扫描的眼内显示装置

(57) 摘要

基于视网膜扫描的眼内显示装置,包括:与眼睑同侧的第一柔性基底、与角膜同侧的第二柔性基底以及设置于其间的发光二极管阵列、光线准直器、用于调节光线方向的电控液晶光栅、和控制单元,其中:发光二极管阵列与光线准直器相连,控制单元与发光二极管阵列和电控液晶光栅相连并收发图像信息和光线角度信息;本发明通过将装置穿戴在人眼角膜上,因而无需出瞳扩大和人眼跟踪,简化了系统复杂度;通过匹配发光二极管数量与视锥细胞密度,以环状的扫描方式,实现了中央凹化成像,其优势在于在满足人眼最高角分辨率的同时,减少了总像素数量、降低了处理高分辨率图像的时延及装置功耗;本发明适用于面向增强现实、虚拟现实和混合现实的智能隐形眼镜。



1. 一种基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征在于,包括:与人眼眼睑同侧的第一柔性基底、与人眼角膜同侧的第二柔性基底以及设置于其间的发光二极管阵列、光线准直器、用于调节光线方向的电控液晶光栅、和控制单元,其中:发光二极管阵列的发光端面与光线准直器相连,控制单元与发光二极管阵列和电控液晶光栅相连;

所述的发光二极管阵列为多个发光二极管组成的环状阵列,发光二极管的数量  $N = 2\pi R \times \sin \frac{x}{R} \times D \times \rho$ , 其中:R是眼球半径、D是视锥细胞直径、 $\rho$ 是视锥细胞密度、x是最大显示分辨率所对应的偏心率;

所述的光控液晶光栅包括:公共电极、电极阵列、液晶和光栅阵列,其中:公共电极位于第一柔性基底上并与控制单元相连,电极阵列位于第二柔性基底并与控制单元相连,光栅阵列位于电极阵列上,通过电极阵列中的第i个电极与公共电极之间的电压可控制位于两者之间的液晶的折射率,使得发光二极管阵列发出的光线被光线准直器耦合进入所述的光控液晶光栅后,朝着人眼晶状体中心出射。

2. 根据权利要求1所述的基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征是,所述的控制单元包括:用于接收及发送数据的无线数据传输模块、无线充电模块、及电池,其中:无线数据传输模块与发光二极管阵列和电控液晶光栅相连,并向发光二极管阵列传输图像信息、向电控液晶光栅传输光线角度信息,无线充电模块与电池相连并向电池传输电能,电池与发光二极管阵列、电控液晶光栅、和无线数据传输模块相连并传输电能。

3. 根据权利要求1所述的基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征是,所述的发光二极管阵列发出的光线被光线准直器耦合进入所述的光控液晶光栅后,以角度 $\theta$ 朝着人眼晶状体中心出射,且  $\cos \theta = n_{eff} - \frac{\lambda}{\Lambda_i}$ , 其中: $n_{eff}$ 是液晶的有效折射率, $\lambda$ 是波长, $\Lambda_i$ 是光栅阵列中的第i个光栅的周期。

4. 根据权利要求1所述的基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征是,所述的第一柔性基底为聚甲基丙烯酸甲酯制成;第二柔性基底为聚甲基丙烯酸甲酯或硅水凝胶制成。

5. 根据权利要求1所述的基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征是,所述的发光二极管阵列中的发光二极管为微型发光二极管、有机发光二极管、量子点发光二极管、边缘发射激光二极管或垂直腔面发射激光二极管。

6. 根据权利要求1所述的基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征是,所述的光线准直器为微透镜、衍射光元件、全息光元件或光波导元件。

7. 根据权利要求1所述的基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征是,所述的光栅阵列为矩形衍射光栅阵列。

8. 根据权利要求2所述的基于视网膜扫描的眼内显示装置,其特征是,所述的电池为葡萄糖生物燃料电池。

9. 一种基于上述任一权利要求所述装置的眼内显示方法,其特征在于,通过无线数据传输模块分别将收到的图像信息传输至发光二极管阵列、将收到的光线角度信息传输至电控液晶光栅,发光二极管阵列发出的光线经光线准直器耦合进入电控液晶光栅,电控液晶光栅根据光线角度信息调节公共电极与电极阵列之间的电压,从而改变液晶的折射率,将光线朝着人眼晶状体中心出射,从而实现环状的视网膜扫描。

10. 根据权利要求9所述的眼内显示方法,其特征是,该眼内显示方法包括:由第一柔性

基底、第二柔性基底和电控液晶光栅的透明度控制的非透明和透明的显示模式。

## 基于视网膜扫描的眼内显示装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种可穿戴设备领域的技术,具体是一种基于视网膜扫描的眼内显示装置。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着增强现实和虚拟现实概念的兴起,近眼显示(Near-Eye Display,简称NED)技术成为了当前显示领域的焦点。自1968年美国人Ivan Sutherland发明第一款近眼显示器以来,陆续出现了不计其数的近眼显示方案,包括:(1)基于合束器的近眼显示;(2)基于波导的近眼显示;(3)基于视网膜投影的近眼显示。前两者是通过合束器或波导行成虚像,再通过人眼观看该虚像,问题在于光路复杂、视场角(Field of View,简称FOV)小。视网膜投影则是直接将图像投影在视网膜上,优点在于光路简单、视场角(FOV)大。视网膜投影又可分为非扫描式的视网膜投影和扫描式的视网膜投影(即视网膜扫描)。前者是将图像整体投影在视网膜上,后者则是将图像逐点依次扫描在视网膜上。

[0003] 无论是非扫描式的还是扫描式的视网膜投影,都存在一个严重的技术缺陷,即出瞳极小,造成眼球必须固定位置,甚至在固定位置后仍不能转动;成像质量和大小随着人眼晶状体的屈光度(或焦距)改变而改变;并且由于人眼在视网膜中央凹(Fovea)中心处的最高角分辨率在理论上可达到 $0.38'$ ,使用传统的视网膜投影需要极高分辨率的微显示屏,例如8K分辨率以上的显示屏,如此高分辨率的图像必然会导致图像处理的时间延迟,并会伴随着很高的装置功耗。尤其对于可穿戴设备而言,时延和功耗问题都极其严重地制约了系统性能。如果简单地使用低分辨率图像,对于增强现实和虚拟现实而言,则将大大影响画质和相关的用户体验。

[0004] 为解决高分辨率图像的时延问题,在计算机图形领域,一个名为中央凹化成像(Foveated Imaging)的方法被提出。该方法是将图像的分辨率做了中央凹化处理,即图像的分辨率呈现中心区域为最高,从中心区域开始至图像边缘,分辨率逐渐下降。这个方法很好地匹配了人眼的角分辨率分布特性——主要是视锥细胞的密度分布——降低了图像的有效分辨率,改善了时延和功耗。但该方法并未改变图像的实际物理分辨率,即总像素数,且必须外加一个人眼跟踪装置,因此实际的改善效果并不理想,甚至更加恶化。因为外加的人眼跟踪装置也会产生相应的时延和功耗。

[0005] 现有已公开的视网膜扫描装置,如没有外加人眼跟踪装置,则无法实现中央凹化成像。即使外加人眼跟踪装置,如上所述,也无法根本性地解决高分辨率图像处理的时间延迟以及装置功耗。

### 发明内容

[0006] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提出一种基于视网膜扫描的眼内显示装置,通过将显示装置穿戴在人眼角膜上,以环状扫描方式通过匹配发光二极管数量与视锥细胞密度,在满足人眼最高角分辨率的同时,可极大减少总像素数量,实现所谓的中央凹化

成像 (Foveated Imaging)。这样既降低了处理高分辨率图像的时间延迟,也减少了装置功耗,适用于面向增强现实、虚拟现实和混合现实的智能穿戴设备,例如智能隐形眼镜。

[0007] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0008] 本发明包括:与人眼眼睑同侧的第一柔性基底、与人眼角膜同侧的第二柔性基底以及设置于其间的发光二极管阵列、光线准直器、用于调节光线方向的电控液晶光栅、和控制单元,其中:发光二极管阵列的发光端面与光线准直器相连,控制单元与发光二极管阵列和电控液晶光栅相连。

[0009] 所述的电控液晶光栅包括:公共电极、电极阵列、液晶和光栅阵列,其中:公共电极位于第一柔性基底上并与控制单元相连,电极阵列位于第二柔性基底并与控制单元相连,光栅阵列位于电极阵列上,通过电极阵列中的第*i*个电极与公共电极之间的电压可控制位于两者之间的液晶的折射率,使得发光二极管阵列发出的光线被光线准直器耦合进入所述的电控液晶光栅后,以角度 $\theta$ 朝着人眼晶状体中心出射,且 $\cos\theta = n_{eff} - \frac{\lambda}{\Lambda_i}$ ,其中: $n_{eff}$ 是液晶的有效折射率, $\lambda$ 是波长, $\Lambda_i$ 是光栅阵列中的第*i*个光栅的周期。

[0010] 所述的控制单元包括:用于接收及发送数据的无线数据传输模块、无线充电模块、及电池,其中:无线数据传输模块与发光二极管阵列和电控液晶光栅相连,并向发光二极管阵列传输图像信息、向电控液晶光栅传输光线角度信息;无线充电模块与电池相连,并向电池传输电能;电池与发光二极管阵列、电控液晶光栅、和无线数据传输模块相连,并向三者传输电能。

[0011] 技术效果

[0012] 本发明整体解决了出瞳较小,造成眼球必须固定位置甚至无法转动的问题、视网膜成像随着人眼晶状体的屈光度或焦距改变而改变的问题,并减少了高分辨率图像的总像素数,以及由此导致的图像处理时延和装置功耗。

[0013] 与现有技术相比,本发明实现了中央凹化成像 (Foveated Imaging),即分辨率从视网膜中央凹 (Foveat) 处至视网膜外沿逐渐递减。有益的效果在于,在满足人眼最高角分辨率的同时,可极大减少总像素数量,从而既降低了处理高分辨率图像的时间延迟,也减少了装置功耗;

[0014] 和现有的近眼显示装置相比,本装置无需扩大出瞳及人眼跟踪,极大地降低了系统复杂度。

## 附图说明

[0015] 图1为本发明提出的基于视网膜扫描的眼内显示装置的截面图;

[0016] 图2是本发明提出的基于视网膜扫描的眼内显示装置的正视图。

## 具体实施方式

[0017] 如图1和图2所示,本实施例所示的基于视网膜扫描的眼内显示装置包括:与人眼眼睑同侧的第一柔性基底101、与人眼角膜同侧的第二柔性基底102以及设置于其间的发光二极管阵列103、光线准直器104、用于调节光线方向的电控液晶光栅105、和控制单元106,其中:发光二极管阵列103的发光端面与光线准直器104相连,控制单元106与发光二极管阵

列103和电控液晶光栅105相连。

[0018] 所述的发光二极管阵列103为多个发光二极管组成的环状阵列,发光二极管的数量  $N = 2\pi R \times \sin \frac{x}{R} \times D \times \rho$ , 其中:R是眼球半径、D是视锥细胞直径、 $\rho$ 是视锥细胞密度、x是最大显示分辨率所对应的偏心率(Eccentricity)。该数量取决于最大显示分辨率所对应的偏心率处的视锥细胞直径和密度,且随着扫描半径的增大,像素密度逐渐下降,从而实现了所谓的中央凹化成像。优势在于在满足人眼最高角分辨率的同时,减少了总像素数、降低了处理高分辨率图像的时间延迟、同时减少了装置功耗。

[0019] 所述的电控液晶光栅105包括:公共电极105a、电极阵列105b、液晶105c、光栅阵列105d,其中:公共电极105a位于第一柔性基底101上,并与控制单元106相连,电极阵列105b位于第二柔性基底102上,并与控制单元106相连,光栅阵列105d位于电极阵列105b上,通过电极阵列105b中的第i个电极与公共电极105a之间的电压控制位于两者之间的液晶105c的折射率,使得发光二极管阵列103发出的光线被光线准直器104耦合进入所述的电控液晶光栅105后,以 $\theta$ 角度朝着人眼晶状体中心出射,且  $\cos \theta = n_{eff} - \frac{\lambda}{\Lambda_i}$ , 其中: $n_{eff}$ 是液晶的有效折射率, $\lambda$ 是波长, $\Lambda_i$ 是光栅阵列中的第i个光栅的周期。

[0020] 所述的控制单元106包括:用于接收及发送数据的无线数据传输模块106a、无线充电模块106b、及电池106c,其中:无线数据传输模块106a与发光二极管阵列103和电控液晶光栅105相连,并向发光二极管阵列103传输环状图像信息以及向电控液晶光栅105传输光线角度信息,无线充电模块106b与电池106c相连并向电池106c传输电能,电池106c与发光二极管阵列103、电控液晶光栅105、和无线数据传输模块106a相连并传输电能。

[0021] 所述的第一柔性基底101优选为聚甲基丙烯酸甲酯制成;第二柔性基底102优选为聚甲基丙烯酸甲酯或硅水凝胶制成。

[0022] 所述的第二柔性基底102根据用户视力产生相应的屈光度,起到类似隐形眼镜的视力矫正功能。

[0023] 所述的发光二极管阵列103中的发光二极管优选为微型发光二极管(Micro Light-Emitting Diode)、有机发光二极管、量子点发光二极管、边缘发射激光二极管(Edge-Emitting Laser Diode)或垂直腔面发射激光二极管(Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Diode)。

[0024] 所述的光线准直器104优选为微透镜、衍射光元件、全息光元件或光波导元件。

[0025] 所述的光栅阵列105d优选为矩形衍射光栅阵列。

[0026] 所述的电池106c优选为葡萄糖生物燃料电池。

[0027] 本装置的工作流程如下:首先,无线数据传输模块106a与外部计算设备,例如手机、台式电脑、笔记本电脑、云端服务器等,建立连接并接收数据。无线数据传输模块106a将数据中的图像信息传输至发光二极管阵列103。环状布置的发光二极管阵列103发射出携带图像信息的光线。光线将先通过光线准直器104,被其准直为接近平行的光线,从而耦合进入电控液晶光栅105。

[0028] 当公共电极105a和电极阵列105b之间的电压为零时,液晶105c的折射率和光栅阵列105d的折射率相近,电控液晶光栅105将不改变光线传播方向。

[0029] 当公共电极105a和电极阵列105b之间的电压为某一非零的特定值时,公共电极

105a和电极阵列105b之间的液晶105c分子将沿电场方向转动,从而导致液晶105c与光栅阵列105d的折射率失配,光线将以所述的特定角度 $\theta$ 耦合出电控液晶光栅105,使得出射光线刚好通过晶状体108的中心。随后,光线将陆续经过第二柔性基底102、角膜107、晶状体108等后,抵达视网膜109。

[0030] 由于电极阵列105b和光栅阵列105d分别包含有M个电极和M个光栅,每个电极于不同时间段打开,且每个光栅具有不同的光栅周期。因此,当第i个电极打开时,光线将被第i个光栅以不同的角度出射至视网膜,即实现环状的视网膜扫描。由于所有的光线均经过晶状体108的中心,因此无论晶状体108的屈光度或焦距如何变化,都不会影响视网膜109上的成像。

[0031] 本眼内显示装置可兼顾非透明和透明的显示模式,其透明度取决于第一柔性基底101、第二柔性基底102和电控液晶光栅105的透明度。当整个显示装置非透明时,用户只能看到显示装置的图像,适用于虚拟现实。当整个显示装置具有一定透明度时,用户既可看到本装置所显示的图像,也能看到外界的真实场景,适用于增强现实及混合现实。如用户患有视力问题,例如近视、远视、散光等,则第二柔性基底102将起到隐形眼镜的作用,即产生相应的屈光度以矫正视力。

[0032] 综上所述,本实施例的技术方案使用了发光二极管阵列103作为环状光源、电控液晶光栅105作为调节光线方向的器件,以扫描的方式,在视网膜上进行成像。由于整个显示装置可通过眼泪的表面张力,紧紧地吸附在角膜上,使得装置可以跟随着眼球一起同步转动,却不丢失图像。因此,和传统的近眼显示装置相比,本装置无需扩大出瞳及人眼跟踪,极大地降低了系统复杂度。特别是,相比于已有的基于视网膜投影的近眼显示,本装置的成像不再受瞳孔位置、瞳孔大小、以及晶状体屈光度所影响。也正是因为成像与晶状体屈光度无关,在显示三维图像时,不会产生单眼聚焦(Accommodation)和双眼汇聚(Vergence)之间的冲突,即不会有传统视差式三维显示的不适感。并且,通过匹配发光二极管数量与视锥细胞密度,在满足人眼最高角分辨率的同时,可极大减少总像素数量,实现所谓的中央凹化成像(Foveated Imaging)。这样既降低了处理高分辨率图像的时间延迟,也减少了装置功耗。

[0033] 上述具体实施可由本领域技术人员在不背离本发明原理和宗旨的前提下以不同的方式对其进行局部调整,本发明的保护范围以权利要求书为准且不由上述具体实施所限,在其范围内的各个实现方案均受本发明之约束。

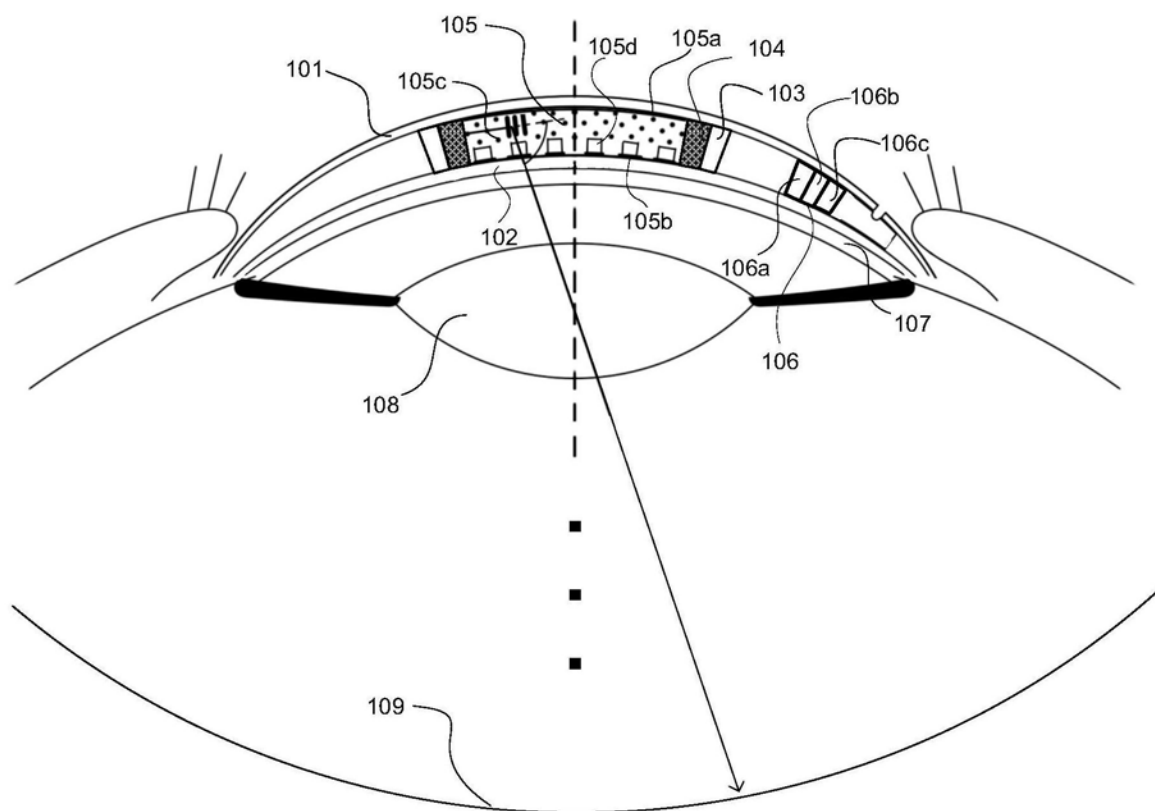


图1



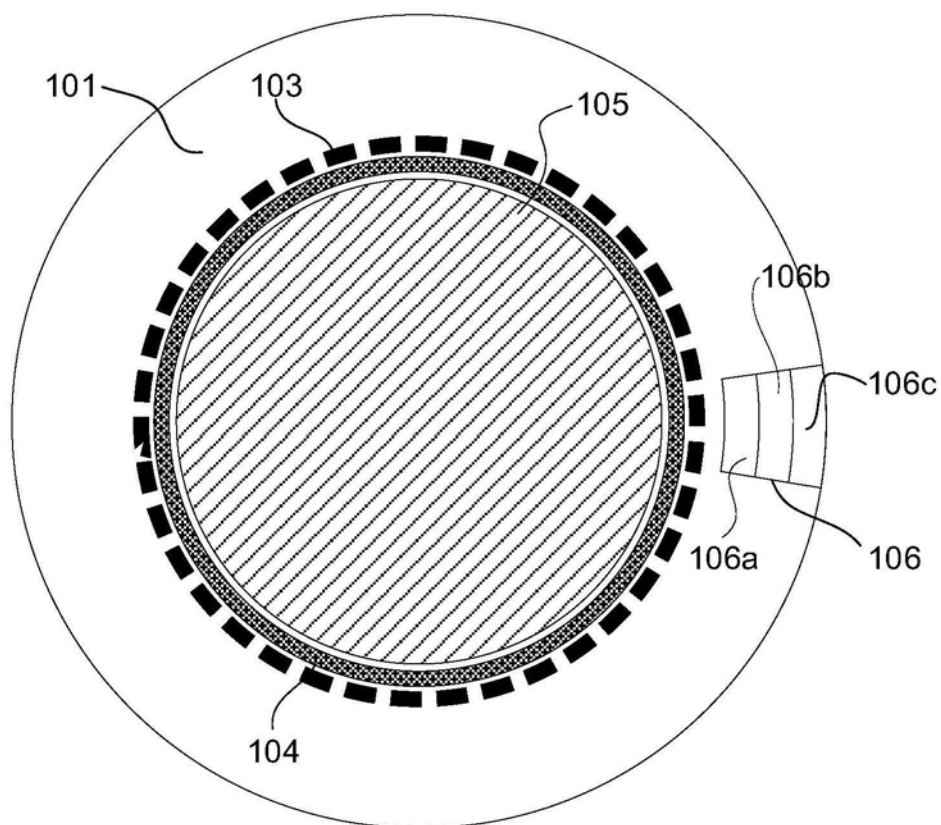


图2