



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115542576 B

(45) 授权公告日 2024.06.28

(21) 申请号 202211143884.7

(56) 对比文件

(22) 申请日 2022.09.20

CN 113906333 A, 2022.01.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 苏眉英

申请公布号 CN 115542576 A

(43) 申请公布日 2022.12.30

(73) 专利权人 陈昕阳

地址 上海市长宁区延安西路500号17楼

(72) 发明人 陈昕阳 余威德 王晓璞 薛枫

(74) 专利代理机构 上海唯源专利代理有限公司

31229

专利代理师 曾耀先

(51) Int. Cl.

G02C 7/06 (2006.01)

G02C 7/02 (2006.01)

A61H 5/00 (2006.01)

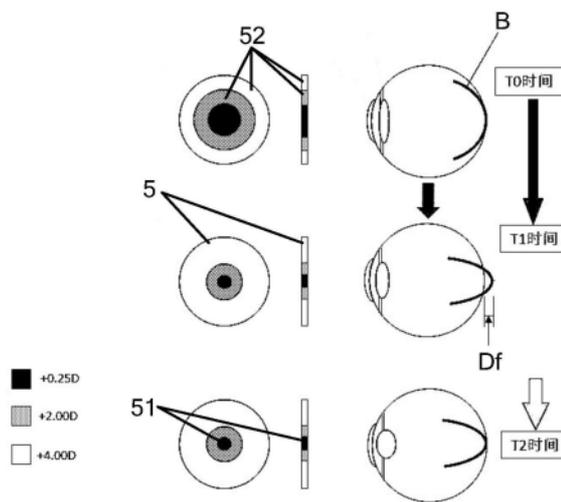
权利要求书1页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

动态视网膜离焦控制方法、系统及眼科装置

(57) 摘要

本发明涉及一种动态视网膜离焦控制方法、系统及眼科装置,该控制系统包括:供用户使用的动态离焦镜片,该动态离焦镜片上不同区域的度数均可调;用于感测眼球视物远近焦距变化的感测模块;用于配合用户眼球在远近切换时的生理调节、以不同方式动态调整该动态离焦镜片上不同区域的度数以维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态的两个控制单元;以及根据该感测模块感测信息判断看近看远状态并分别触发两个控制单元工作的触发单元。本发明解决了传统离焦镜无法有效的矫正眼球生理性调节动态变化中产生的视网膜中央或周边离焦等问题,能够进一步优化地减缓眼轴变长、减慢近视的加深。



1. 一种动态视网膜离焦控制系统,其特征在于,包括:

供用户使用的动态离焦镜片,所述动态离焦镜片上不同区域的度数均可调;

用于感测眼球视物远近焦距变化的感测模块;

控制模块,所述控制模块包括:

用于在工作时、以负加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递增正球镜度的方式维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态的第一控制单元,所述第一控制单元控制连接所述动态离焦镜片;用于在工作时、以正加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递减正球镜度的方式维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态的第二控制单元,所述第二控制单元控制连接所述动态离焦镜片;

用于获取所述感测模块的感测信息并根据所述感测信息判断用户眼球为由看远至看近时触发所述第一控制单元工作、为由看近至看远时触发所述第二控制单元工作的触发单元,所述触发单元与所述感测模块、所述第一控制单元和所述第二控制单元连接;

通过以负加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递增正球镜度的方式,使周边区的离焦差变化速率要快于中央区;反之,通过以正加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递减正球镜度的方式,使周边区的离焦差变化速率要缓于中央区;

所述第一控制单元和所述第二控制单元被设置为在同等远近距离的情况下,所述负加速度的绝对值大于所述正加速度的绝对值。

2. 如权利要求1所述的动态视网膜离焦控制系统,其特征在于,所述第一控制单元在控制所述动态离焦镜片递增正球镜度时,保证所述视网膜中央的近视性离焦量的增加量不超过+0.50D,所述第二控制单元在控制所述动态离焦镜片递减正球镜度时,保证所述视网膜中央的近视性离焦量的增加量不超过+0.25D。

3. 如权利要求1所述的动态视网膜离焦控制系统,其特征在于,还包括用于跟踪用户眼球的视觉中心位置的跟踪模块,所述跟踪模块与所述控制模块连接,所述控制模块包括用于根据所述视觉中心位置定位所述动态离焦镜片的光学中心轴、并使所述光学中心轴维持在所述视觉中心位置的定位单元。

4. 如权利要求1所述的动态视网膜离焦控制系统,其特征在于,所述动态离焦镜片包括呈密集规律排列的多个微透镜,且每个所述微透镜均可被所述控制模块单独激活并调整度数大小。

5. 如权利要求1所述的动态视网膜离焦控制系统,其特征在于,所述动态离焦镜片为仿眼球晶状体结构的仿生柔性透镜,所述控制模块被设置为通过动态拉伸使所述仿生柔性透镜发生形变的方式调整所述动态离焦镜片不同区域的度数。

6. 如权利要求1所述的动态视网膜离焦控制系统,其特征在于,所述动态离焦镜片为两组,且分别供用户的左、右眼使用,所述第一控制单元和所述第二控制单元均分别连接两组所述动态离焦镜片并可择一或同时控制两组所述动态离焦镜片。

7. 一种动态视网膜离焦控制的眼科装置,其特征在于,包括如权利要求1~6任一项所述的动态视网膜离焦控制系统。

动态视网膜离焦控制方法、系统及眼科装置

技术领域

[0001] 本发明涉及近视矫正技术领域,特别涉及一种动态视网膜离焦控制方法、系统及眼科装置。

背景技术

[0002] 近视是全世界非常广泛的疾病,其中以儿童发育期间产生的轴性近视 (Axial-length-related myopia) 为主要的近视类型,其发生主要的原因因为眼球在发育的过程中眼轴过渡的增长 (Axial elongation) 所致。目前轴性近视的防控手段有角膜塑形镜 (Orthokeratology lens, Ortho-K lenses)、离焦软式隐形眼镜 (Defocus Soft contact lenses)、离焦框架镜片 (Defocus spectacle lens)、低强度红光 (Low-level red-light, RLRL) 疗法以及低浓度阿托品滴眼液等。

[0003] 其中,离焦镜产品的设计原理与传统的近视单焦镜片有所不同,单焦镜片整体是同一屈光度,但是人的视网膜是一个弧形,越向视网膜的周边弧度越大。也就是说,传统近视镜片的屈光成像后,虽然视网膜中央区域的物像能够恰好呈现在视觉中心的黄斑区形成焦点,使之物体看清,但视网膜周边的物像聚焦在视网膜后侧,形成了视网膜的周边远视性离焦 (Retinal peripheral hyperopic defocus),这样一来会刺激视网膜,使得眼轴发育延长加速,导致近视度数的增长。而离焦镜的原理是通过特殊的光学设计,矫正了近视度数,使物象除了落在中心视网膜上,也同时矫正视网膜周边的远视性离焦,使周边成像聚焦在视网膜上或前侧。如专利CN101317120B公开了一种离焦镜片,即市场上类似卡尔蔡司公司的成长乐 (MyoVision) 镜片,该镜片通过从中央到周边设计不同范围的离焦区,由镜片的近中央区到周边做了+1.00D屈光度的变化设计,使视网膜周边能产生近视性的环状离焦区域;如专利CN104678572B公开了另一种离焦镜片,即日本Hoya公司的新乐学 (MiyoSmart) 镜片,该镜片通过旁中央区和周边设计特殊的光学结构,能让成视网膜中央及其周边区域同时存在+0D焦距落在中央视网膜上以及+2.00D~+3.50D屈光度聚焦于视网膜前侧、形成区域性的正视与近视性离焦的互相交错的近视离焦状态;市场上亦存在其他众多的多光区的同轴角膜接触性设计,用以近视防控。通过上述离焦镜的光学刺激能向眼球发出减缓眼轴变长的讯号,从而减慢近视加深的发展。

[0004] 但是,目前的离焦镜片的设计还存在许多局限,由于人的眼球晶状体在日常看近看远的过程中是不断动态变化的调节 (Accommodation) 状态,同时又存在调节刺激和调节反应不一定是对等的情况,即在调节运动的过程中,不同物象焦距所诱发的调节又存在不同的调节反应速度,因此,视网膜实际上处于各种不断变化的远、近离焦刺激状态,又进一步地,由于晶状体本身并非理想的非球面透镜光学折射形态,且是变化的,加之视网膜表面又存在弧度的变化,终将导致视网膜表面各个区域受到不均匀的离焦刺激。而现有的近视防控离焦镜片属于静态固定光学状态下的离焦镜片,其验光验配的方式是针对标准的正前方固定中心注视5米距离状态验配为基线的矫正屈光度,在设计中无法有效的应对眼球生理性调节动态变化中所产生的视网膜中央或是周边离焦变化。虽然专利CN107219641B

曾公开了一种脉冲式的近视性视网膜离焦技术,利用人眼感知不到的周期性、持续脉冲性的视网膜近视性离焦刺激眼球,但此技术亦如同上述众多静态化的近视性离焦方案,没有解决绝大部分情况下,人眼实际上时时刻刻处于看远、看近迅速或平滑切换的晶状体生理调节运动状态下造成的中央-周边视网膜离焦形态不稳定的问题,更无法解决视觉调节疲劳异常时远、近过程中带来的离焦量不稳定的问题,以及在该动态状态下如何实施视网膜离焦形态的刺激。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本发明提供了动态视网膜离焦控制方法、系统及眼科装置,解决了传统离焦镜无法有效的矫正眼球生理性调节动态变化中产生的视网膜中央或周边离焦等问题,本发明能够进一步优化地减缓眼轴变长、减慢近视的加深。

[0006] 本发明通过如下方案来实现:一种动态视网膜离焦控制系统,包括:

[0007] 供用户使用的动态离焦镜片,所述动态离焦镜片上不同区域的度数均可调;

[0008] 用于感测眼球视物远近焦距变化的感测模块;

[0009] 控制模块,所述控制模块包括:

[0010] 用于在工作时、以负加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递增正球镜度的方式维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态的第一控制单元,所述第一控制单元控制连接所述动态离焦镜片;

[0011] 用于在工作时、以正加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递减正球镜度的方式维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态的第二控制单元,所述第二控制单元控制连接所述动态离焦镜片;

[0012] 用于获取所述感测模块的感测信息并根据所述感测信息判断用户眼球为由看远至看近时触发所述第一控制单元工作、为由看近至看远时触发所述第二控制单元工作的触发单元,所述触发单元与所述感测模块、所述第一控制单元和所述第二控制单元连接。

[0013] 本发明基于动态离焦镜片动态控制其不同区域的度数,配合眼球动态生理性调节的特点对视网膜的中央和周边提供动态的近视离焦刺激,以维持眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态,解决了传统离焦镜无法有效的矫正因眼球生理性调节动态变化中产生的视网膜中央或是周边在远近调节中出现的远视性离焦现象,并且进一步地透过视网膜区域化的时间空间离焦量变化刺激,能够最大程度减缓眼轴变长,减慢近视的加深。

[0014] 本发明动态视网膜离焦控制系统的进一步改进在于,所述第一控制单元在控制所述动态离焦镜片递增正球镜度时,保证所述视网膜中央的近视性离焦量的增加量不超过+0.50D,所述第二控制单元在控制所述动态离焦镜片递减正球镜度时,保证所述视网膜中央的近视性离焦量的增加量不超过+0.25D。

[0015] 本发明动态视网膜离焦控制系统的进一步改进在于,所述第一控制单元和所述第二控制单元被设置为在同等远近距离的情况下,所述负加速度的绝对值大于所述正加速度的绝对值。

[0016] 本发明动态视网膜离焦控制系统的进一步改进在于,还包括用于跟踪用户眼球的视觉中心位置的跟踪模块,所述跟踪模块与所述控制模块连接,所述控制模块包括用于根

据所述视觉中心位置定位所述动态离焦镜片的光学中心轴、并使所述光学中心轴维持在所述视觉中心位置的定位单元。

[0017] 本发明动态视网膜离焦控制系统的进一步改进在于,所述动态离焦镜片包括呈密集规律排列的多个微透镜,且每个所述微透镜均可被所述控制模块单独激活并调整度数大小。

[0018] 本发明动态视网膜离焦控制系统的进一步改进在于,所述动态离焦镜片为仿眼球晶状体结构的仿生柔性透镜,所述控制模块被设置为通过动态拉伸使所述仿生柔性透镜发生形变的方式调整所述动态离焦镜片不同区域的度数。

[0019] 本发明动态视网膜离焦控制系统的进一步改进在于,所述动态离焦镜片为两组,且分别供用户的左、右眼使用,所述第一控制单元和所述第二控制单元均分别连接两组所述动态离焦镜片并可择一或同时控制两组所述动态离焦镜片。

[0020] 本发明还提供了一种动态视网膜离焦控制的眼科装置,包括如上所述的动态视网膜离焦控制系统。

[0021] 本发明还提供了一种动态视网膜离焦控制方法,包括步骤:

[0022] 将不同区域的度数均可调的动态离焦镜片设置在用户眼球处;

[0023] 利用感测模块感测用户眼球视物远近焦距变化;

[0024] 利用触发单元获取所述感测模块的感测信息并根据所述感测信息判断用户眼球的视线状态:

[0025] 当判断为由看远至看近时触发第一控制单元工作,所述第一控制单元以负加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递增正球镜度,维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态;

[0026] 当判断为由看近至看远时触发第二控制单元工作,所述第二控制单元以正加速度控制所述动态离焦镜片自光学周边区向光学中央区递减正球镜度,维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态。

[0027] 本发明动态视网膜离焦控制方法的进一步改进在于,在利用感测模块进行感测的同时,利用跟踪模块跟踪用户眼球的视觉中心位置;

[0028] 在所述第一控制单元和所述第二控制单元被触发且在开始工作之前,定位单元根据所述视觉中心位置定位所述动态离焦镜片的光学中心轴、并使所述光学中心轴维持在所述视觉中心位置。

附图说明

[0029] 图1示出了一般情况下眼球生理调节状态示意图。

[0030] 图2示出了-2.50D近视未戴眼镜时眼球调节的视网膜离焦形态示意图。

[0031] 图3示出了-2.50D近视戴普通单光眼镜时眼球调节的视网膜离焦形态示意图。

[0032] 图4示出了-2.50D近视未戴眼镜和戴普通离焦眼镜时的眼球内离焦平面形态对比示意图。

[0033] 图5示出了-2.50D近视由看远至看近出现调节延迟时非动态离焦控制和本发明动态视网膜离焦控制时眼球内焦平面形态对比示意图。

[0034] 图6示出了本发明通过动态视网膜离焦控制使光学中心轴维持在视觉中心位置的

示意图。

[0035] 图7示出了在本发明动态视网膜离焦控制下远近视物过程中的视网膜离焦面控制形态示意图。

[0036] 图8示出了在本发明动态视网膜离焦控制下远近视物过程中的视网膜上不同位置点的离焦量变化曲线图。

[0037] 图9示出了当远近距离相同时分别利用第一控制单元和第二控制单元进行控制的状态下视网膜周边-中央离焦量差值变化速率曲线对比图。

[0038] 图10示出了在动态视网膜离焦控制下动态离焦镜片的屈光分布与对应的眼球晶状体近调节反射的焦平面形态示意图。

[0039] 图11示出了电压控制列阵液晶微型透镜单元组合的动态离焦透镜的平面示意图。

[0040] 图12示出了利用电压控制列阵液晶微型透镜单元的屈光度以及对应的眼球晶状体近调节反射的焦平面形态示意图。

[0041] 图13示出了仿生柔性透镜动态拉伸改变动态离焦镜片的屈光分布以及对应的眼球晶状体近调节反射的焦平面形态示意图。

[0042] 图14示出了双眼同时注视同一距离及同一物体时在双眼不对称控制动态离焦镜片的状态下双眼融像互补示意图。

[0043] 图15示出了本发明动态视网膜离焦控制训练器进行单眼调节训练实施例示意图。

具体实施方式

[0044] 参阅图1~图4所示,人在日常的生活,眼球存在各种远近注视追踪物体的动作,此时投射进入眼内的焦距是不断地发生远近变化的,眼球内的晶状体2和睫状肌是处于不断变化的运动状态,用以适配远近的焦距变化,目的是为了让物象能始终清晰地视觉中心黄斑处M清晰成像。进一步地说,大脑为了能将远近切换画面的物体看清楚,眼球内的晶状体2会产生生理性的调节,当睫状肌放松时(如图1的T0时刻),晶状体2的表面曲率改变平缓并且晶体厚度变薄,对光的折射能力变小,远处物体射来的光刚好会聚在视网膜1上,眼球可以看清远处的物体;当睫状肌收缩时(如图1的T2时刻),晶状体2变厚并且表面曲率增加,对光的折射能力变大,近处物体射来的光会聚在视网膜1上,眼睛就可以看清近处的物体。

[0045] 从远到近注视物时,眼部会发生调节反应,可使晶状体前后表面的弧度变凸,增强眼的折射能力,进一步使物象清晰地视觉中心黄斑处M清晰成像。更进一步描述,晶状体调节的神经传导过程:人眼看见模糊的视觉图象→外侧膝状体→视区皮质→皮质→皮质脑干束及中脑束→中脑正中核→动眼神经缩瞳核→副交感节前纤维→经动眼神经、睫状神经节→睫状神经→睫状体(Ciliary muscle)的环行肌收缩→悬韧带(Suspensory ligaments)放松→晶状体厚度变凸变厚,此时折射能力增加,让物象的焦距能聚焦在视网膜的黄斑中心凹上。

[0046] 但是,一方面,当晶状体2睫状肌在做远到近或是近到远的调节紧张、放松运动时,会存在调节刺激和调节反应不一定对等的情况,如:调节反应小于调节刺激,为调节滞后;调节反应大于调节刺激,为调节超前。一般人普遍存在调节滞后的情况,滞后量大约为+0.50D到+0.75D的屈光度值,此时即出现视网膜中央以及周边远视性离焦的情况。另一方面,在用不同远近焦距刺激晶体调节运动的过程中,会出现所谓的调节微动(Accommodative microfluctuations, AMFs)现象,说明人眼对于各段距离的调节,除了存

在各个不同的调节速度和调节量,还存在额外的微小高频的振颤运动,因此,随时会在视网膜上形成不稳定的远或近视性离焦。

[0047] 进一步地,在人长时间疲劳用眼的情况下,人眼的睫状肌可处于运动收缩疲劳的状态,导致在看远到看近的切换过程中,存在调节反应因为疲劳变慢的情况,参阅图1,图1示出了一般情况下眼球生理调节状态示意图, T_0 时刻为看远状态, T_0' 时刻为刚刚切换到看近状态,晶状体2调节运动跟不上该有的调节刺激量,具有 $T_2 - T_0'$ 的调节延迟时间,在这段调节延迟时间内,如 T_0' 和 T_1 时刻,会产生视网膜中央远视性离焦量 Df_1 和 Df_2 ($Df_1 > Df_2$, 随调节的过程逐渐减少),当晶状体2调节完毕后,即 T_2 时刻时才能让物象的焦距聚焦在视网膜的中心黄斑M处,而在这个调节过程中,视网膜会受到远视性离焦量 Df_1 和 Df_2 的刺激,对应刺激区域面积分别为 A_1 和 A_2 ($A_1 > A_2$, 随调节的过程逐渐减少),由以上可推知,较高的远视性离焦量在长时间、及其高频率的出现和大面积的刺激视网膜,进而引起近视眼轴增长的风险,因此容易产生近视。

[0048] 而对于近视未戴眼镜的情况,参阅图2,图2示出了 -2.50D 近视未戴眼镜时眼球调节的视网膜离焦形态示意图。 T_0 时刻为看远状态,此时,物象实际焦距形成的焦平面B落在视网膜1前侧,导致视物模糊,并且周边的视网膜持续性的受到远视性离焦刺激; T_1 为看近状态且晶状体2还未调节完毕时,因晶状体2调节疲劳导致调节延迟,用眼过程中产生更多的远视性离焦 Df , 视网膜1受到的远视性离焦刺激面积 A 更大; T_2 时刻为晶状体2调节完毕时,此时,周边的视网膜仍然存在远视性离焦,使眼球受到近视眼轴增长的风险,容易加深近视。进一步参阅图3,图3示出了 -2.50D 近视戴普通单光眼镜时眼球调节的视网膜离焦形态示意图。进一步地,戴上普通单光眼镜3后,虽然在看远时,光学焦点落在视网膜中央区,视力清晰矫正,但是视网膜周边产生更多远视性离焦,并且从远处切换到看近物的过程中,远视性离焦量 $Df' > Df$, 反而增加远视性离焦刺激面积 $A' > A$, 近视更易加深,而且,调节疲劳异常的情况下,可能导致在看近时出现持续性的过矫,产生持续性的大量远视性离焦。

[0049] 而参阅图4,图4示出了 -2.50D 近视未戴眼镜和戴普通离焦眼镜时的眼球内离焦平面形态对比示意图。未戴眼镜时,焦平面B(即物象成像的焦点所落在的平面)形态是视网膜周边呈现远视性离焦,中央的光束聚焦在视网膜前侧,导致视物模糊,视网膜受到刺激,引起眼轴增长。戴上普通离焦镜4时,焦平面B'形态改变,视网膜视觉中央区域的焦距获得矫正,消除了视网膜周边的远视性离焦,同时增加视网膜周边的近视性离焦量,在不影响中央区看清物象的同时,消除周边远视性离焦刺激,延缓近视的加深。至今,离焦镜已经在临床上取得了有效的近视防控效果验证,逐渐成为近视防控产品的主流趋势。

[0050] 但目前的离焦镜片的设计还存在许多极限。如上所述,人的眼球是不断动态变化的调节状态,同时又存在调节刺激和调节反应不一定是对等的情况,调节的过程中,不同焦距的调节又存在不同的调节反应速度,因此造成视网膜实际上是处于各种不断变化的远、近视性离焦刺激。进一步参阅图5,戴上普通离焦眼镜4虽然形成了视网膜周边近视性离焦的焦平面,但是现有的离焦镜片的验配方式是针对标准的正前方固定中心注视5米距离所验配出来的矫正屈光度,并且是固定的焦平面,在设计中无法有效的矫正因眼球生理性调节动态变化中产生的视网膜中央或是周边的离焦现象,如图5所示,戴上普通离焦眼镜4后,仍然有可能在远近切换的调节过程中出现视网膜中央远视性离焦刺激量 Df 以及其刺激的面积极量 A , 导致眼轴增长的控制效果受到影响。

[0051] 基于传统离焦镜的上述问题,目前有一些变焦镜片的设计,如利用电压变化控制液晶(Liquid crystal, LC)排列方向以使透镜产生变焦的设计,具体如用以矫正老视眼的DeepOptics的液晶变焦镜片或是专利CN113196141A所公开的多层液晶透镜变焦装置,能提升透镜变焦响应时间以及变焦量。但是这些变焦设计均未给出能够与眼球动态生理性调节相配合的具体动态控制方法,更加未给出对视网膜周边加大近视性离焦量刺激视网膜延缓近视眼轴发育等概念。本发明提供了一种动态视网膜离焦控制方法、系统及眼科装置,配合眼球动态生理性调节对视网膜中央和周边提供动态的近视性离焦刺激,以维持眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态。下面以具体实施例结合附图对该动态视网膜离焦控制方法、系统及眼科装置作进一步说明。

[0052] 参阅图5所示,一种动态视网膜离焦控制系统,包括:

[0053] 供用户使用的动态离焦镜片5,该动态离焦镜片5上不同区域的度数均可调;

[0054] 用于感测眼球视物远近焦距变化的感测模块6(如图6所示);

[0055] 控制模块,该控制模块包括:

[0056] 用于在工作时、以负加速度控制该动态离焦镜片5自光学周边区向光学中央区递增正球镜度的方式维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态的第一控制单元,该第一控制单元控制连接该动态离焦镜片5;

[0057] 用于在工作时、以正加速度控制该动态离焦镜片5自光学周边区向光学中央区递减正球镜度的方式维持用户眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态的第二控制单元,该第二控制单元控制连接该动态离焦镜片5;

[0058] 用于获取该感测模块的感测信息并根据该感测信息判断用户眼球为由看远至看近时触发该第一控制单元工作、为由看近至看远时触发该第二控制单元工作的触发单元,该触发单元与该感测模块、该第一控制单元和该第二控制单元连接。

[0059] 具体来说,该动态离焦镜片5可以是包括呈密集规律排列的多个微透镜,且每个该微透镜均可被该控制模块单独激活并调整度数大小。如图11和图12所示,该动态离焦镜片5上呈列阵排布有多个液晶微透镜单元51,控制模块分别电连接每个液晶微透镜单元51,通过调整电压的大小实现对相应液晶微透镜单元51的屈光度的增加或减少控制,进而对实现离焦变化量以及离焦变化范围的控制,以呈现所需要的焦平面B的刺激形态。该动态离焦镜片5还可以是仿眼球晶状体结构的仿生柔性透镜,如图13所示,该控制模块被设置为通过动态拉伸使该仿生柔性透镜发生形变的方式调整该动态离焦镜片不同区域的度数。当然,该动态离焦镜片5不限于上述结构形式。

[0060] 另外,关于远近切换时对动态离焦镜片的控制,参阅图7和图8所示,图7示出了在本发明动态视网膜离焦控制下远近视物过程中的视网膜离焦面控制形态示意图,图8示出了在本发明动态视网膜离焦控制下远近视物过程中的视网膜上不同位置点的离焦量变化曲线图。如定义视网膜离焦区域包括:P0区域(即中央区),范围为 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$;P1区域(即第一段周边离焦环),范围为 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$;P2区域(即第二段周边离焦环),范围为 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。左边图为看远3米距离,配合晶状体调节看清远物时,对三个区域的近视性离焦量控制为:P0=+0.25D,P1=+2.00D,P2=+4.00D;右边图为看近0.4米距离,配合晶状体调节增加看清近物时,对三个区域的近视性离焦量控制为:P0=+0.50D,P1=+3.00D,P2=+6.00D。以上为例,应用该控制系统时,随着看近,越向视网膜周边正球镜度离焦量变化差越大。此外,在看远3

米距离至看近0.4米距离时,进一步对照参阅图5,再更进一步地说,眼球具有生理性调节延迟的特点,镜片上之前的度数设置会使得视网膜的中央和周边产生远视性离焦量 D_f ,为了减小视网膜受到该远视性离焦量 D_f 刺激的区域A的面积,利用第一控制单元控制P0区域的近视性离焦量增量为+0.25D、控制P1区域的近视性离焦量增量为+1.00D、控制P2区域的近视性离焦量增量为+2.00D,使得焦平面B由“平底锅”形态变为“尖底锅”形态,即使在近距离调节的过程中出现了调节延迟的时间段,依然能透过焦平面B的形态变化,使视网膜中央区远视性离焦量 D_f 减小至 D_f' ,相应视网膜受到刺激的区域A减小至 A' ,并且继续维持眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态。并且进一步地,由于看近距离时,人眼视觉画面主要是视网膜黄斑区的中央视野(Central visual field)的精细视觉感知,较大幅提升视网膜周边的近视性离焦量虽然会导致人眼周边画面的清晰度下降,但并不会影响近距离用眼的视觉感受。

[0061] 反之同理,在由看近0.4米距离至看远3米距离时,镜片上之前的度数设置会使得视网膜的中央和周边产生更多的近视性离焦量差值,因此,利用第二控制单元控制P0区域、P1区域和P2区域递减近视性离焦量,以使焦平面B由“尖底锅”形态变为“平底锅”形态,同时,维持眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦量的形态。以此的设定控制方案,是为了配合人日常的远距用眼习惯,即由于人在看远时,瞳孔会出现生理反射性的扩大,并且在视觉感受上需要更大面积的中央以及旁中央清晰视觉画面。

[0062] 上述仅为一个实施例,对于其他距离的远近视物,按照距离越远,视网膜中央到周边的近视性离焦量增量越小、距离越近,近视性离焦量增量越大的规律进行控制,但无论如何都必须维持视觉中心的清晰度,如图8所示,以矫正基础常规近视度数的情况下,并且在常规的预设范围内,如不存在调节迟滞(Accommodative lag)等特定的疾患的情况下,加之应用本技术的动态离焦控制系统,对于中央的P0区域来说,应保证该视网膜中央的近视性离焦量的增加量均不超过+0.50D。进一步地举例,若近视进展的患者合并调节迟滞疾患,那么系统可以设定成看近距离0.4米时P0区域变化近视性离焦增量 $>+0.50D$,以适应此类特定情境的疾患需求。

[0063] 作为一较佳实施方式,该第一控制单元和该第二控制单元被设置为在同等远近距离的情况下,该负加速度的绝对值大于该正加速度的绝对值。同时,视网膜周边区跟着中央区的离焦量变化方式具备特征性的联动。也就是说:依据人眼的生理运动特性,看近到远跟看远到近的晶状体-睫状肌的生理调节运动速度是不一样的,因为人的眼球,特别是儿童与青少年疲劳用眼,在调节的时候,睫状肌紧张容易、放松难。具体的,参阅图9所示,以某一固定区域范围内的周边视网膜和中央区的离焦量变化差的变焦速度为例(如上述图7的视网膜P1和P2区):在0.33米至3米范围内,远到近的离焦差变化速率 v 的变化幅度大于近到远的离焦差变化速率 v' 的变化幅度。如远到近时,周边区的离焦差变化速率要快于中央区。反之,如近到远时,周边区的离焦差变化速率要缓于中央区。

[0064] 通过上述控制系统,使得在由看远至看近以及由看近至看远过程中,使视网膜的中央和周边受到的不同的动态的近视性离焦刺激,减小了由看远至看近时因晶状体调节延迟导致的中央和周边产生的远视性离焦量的发生概率及其面积刺激量,以及由减小了看近至看远时因晶状体调节紧张性放松迟缓,导致的中央和周边产生的近视性离焦量差值过大导致的视觉模糊感受。同时,维持眼球视网膜周边的近视性离焦量大于中央的近视性离焦

量的形态。另外一方面,视网膜中央到周边的近视性离焦差的变化速率控制,亦能提供一种新型的近视眼优化控制手段。解决了传统离焦镜无法有效的矫正因眼球生理性调节动态变化中产生的视网膜中央或是周边依然可能存在的远视性离焦刺激、或是近视性离焦量不足的现象,能够最大程度减缓眼轴变长,减慢近视加深。

[0065] 作为一以较佳实施方式,参阅图6所示,由于远近距离切换视物时,视觉中心位置往往会发生改变,如眼球突然从平视远处的黑板切换至朝下近距离阅读书本时,光学中心需要跟着下移。因此,在本实施方式中,该动态控制离焦近视矫正系统还包括用于跟踪用户眼球的视觉中心位置的跟踪模块7,该跟踪模块7与该控制模块连接,该控制模块包括用于根据该视觉中心位置定位该动态离焦镜片5的光学中心轴X、并使该光学中心轴X维持在该视觉中心位置的定位单元。其中,该跟踪模块7随着用户眼球的转动跟踪其视线方位,同时借助感测模块6所感测的距离变化,然后利用中央运算器8运算出视觉中心位置,并发送至控制模块,该控制模块通过计算和对比得到动态离焦镜片5上相对应的光学中心位置0。如图6中上面图片是眼球水平注视远景物体,下面图片是眼球向下注视近距离物体,再远切近的过程中,随着视线下移光学中心位置0,同时以该光学中心位置0为中心控制镜片的离焦度。其中,以光学中心位置0为中心的一定直径范围作为中央区,围绕该中央区周边的区域为周边区,为了兼顾结构的可实现性以及提高控制精度,该周边区自内向外依次分为直径递增的至少两段周边离焦环,配合图10和图11所示,图中动态离焦镜片5包括中央区51和两段周边离焦环52,在控制时以中央区51和每段周边离焦环52单独作为控制区域,段数越多,控制精度越高。

[0066] 作为一较佳实施方式,参阅图14所示,该动态离焦镜片为两组,分别供用户的左、右眼球使用,包括供用户的左眼球使用的左眼镜片51和供用户的右眼球使用的右眼镜片52,该第一控制单元和所述第二控制单元均分别连接两组该动态离焦镜片并可择一或同时控制两组该动态离焦镜片。

[0067] 具体来说:左眼镜片51供左眼球佩戴,右眼镜片52供右眼球佩戴,由于双眼同时视时具有双眼融像互补的特征,因此,可以根据临床需要,独立加强控制其中一个镜片的离焦形态和速度。例如:对一个眼球略微降低视觉质量、但做出更快速以及更大的近视性离焦,得到更陡峭的焦平面变化,以做出更多刺激该眼球眼轴发育变缓的信号,而用户在用眼的过程中通常会感觉不出来视觉上的差异,因为只要有其中一个眼睛视力看得清晰,双眼的视觉画面会通过融像互补的方式,让双眼的同时视力保持清晰。举例来说,理论上,远、近距离的视力,透过该控制系统,使双眼彼此之间的视网膜中央区的离焦量差异始终在 $+0.25 \sim +1.25D$ 之间,或使左右两眼的视力差距小于等于2行视力表(以E字视力表标准为例),在视觉融像的基础上双眼视觉感受影响较小,且又能兼顾近视眼轴发育延缓控制。进一步地,双眼的动态离焦梯度差,通过本系统的控制,可以是动态平滑梯度闪频的速率变化,也可以是倾向持续固定一眼的(例如其中一眼的近视度数加深较快,需要强化干预眼轴发育的情况),也可以是左右眼交替切换的。

[0068] 基于上述动态视网膜离焦控制系统可以发明一种动态视网膜离焦控制的眼科装置,包括如上所述的动态视网膜离焦控制系统。

[0069] 具体来说:该眼科装置可以是用于矫正近视的,该眼镜可以做成角膜接触镜,供用户佩戴,控制模块通过无线连接的形式控制连接该角膜接触镜。该眼镜也可以做成框架眼

镜,控制模块及镜片均装设在镜架上。

[0070] 该眼科装置还可以是用于进行近视矫正训练的视觉训练器,参阅图15所示,该视觉训练器除了包括上述动态视网膜离焦控制系统外,还包括供用户近眼显示的目镜93、可提供虚拟画面的显示器91、以及用于对该虚拟画面进行远景和近景切换的单焦的可变焦组件(Variable focus element,简称VFE)组件92,该目镜93、该动态离焦镜片5、该VFE组件92和该显示器91顺序间隔设置在同一轴线上。其中,该目镜73组为+20D~+10D之间的固定焦距设计,使人眼可以在近距离晶状体放松的情况下看清视觉训练器装置内的近距离画面,该VFE组件92提供大范围的动态的单焦变焦量,主要用以诱发晶状体的调节运动,范围为-20.00D~+2.00D。动态离焦镜片5主要提供比较细节的眼内视网膜各区域不同的离焦变化。显示器91提供虚拟物体的远近画面,VFE组件92同时提供物理光学焦距刺激眼球睫状肌发生调节运动,使调节灵敏度能达到运动锻炼目的的同时,动态离焦镜片5对视网膜提供动态的近视性离焦刺激,以使近视得到延缓控制,视觉疲劳或视觉功能调节异常的问题也得到消除。较佳地,由于视觉训练器通过固定的注视目标做训练也能发挥近视延缓训练的功能,因此,为了简化视觉训练器的结构和控制程序,可以将该动态视网膜离焦控制系统与VFE组件92设置为联动结构,使该VFE组件92根据控制的变焦量进行联动,而无需进行视觉追踪、距离感测以及光学中心移动定位等。当然,上述仅为一较佳实施例,该动态视网膜离焦控制装置还可以与其他视觉装置相结合,以实现功能的叠加,如专利CN107526165B,公开了视觉显示装置技术,根据屈光度调整单元所动态提供的多种屈光度,使用者的眼睛均可相应地进行生理调节运动,以清楚地观看固定显示面所显示的画面,而减缓眼睛疲劳,其中屈光度调整单元根据使用者的个人化生理调节需求特征提供多种屈光度给使用者的眼睛以进行观看,并且屈光度的调整会结合使用者大脑所感知的视网膜成像放大倍率变化提供内容画面的修正。将本发明的动态视网膜离焦控制装置与上述专利的装置结合使用,可以形成功能性的近视眼延缓训练器。

[0071] 上述仅为对该动态视网膜离焦控制系统的一些应用实例,在不违背本发明创造的精神和特性的基础上,此动态视网膜离焦控制系统还能够用在其他特定情况下的临床需求,针对视网膜各区域的离焦量差异变化速率进行调整,应用于诸如视觉功能异常、屈光手术前后的视觉训练康复、老视眼的调节功能锻炼、其他复杂的屈光不正以及斜视与弱视视觉训练诊疗设备上。

[0072] 以上结合附图实施例对本发明进行了详细说明,本领域中普通技术人员可根据上述说明对本发明做出种种变化例。因而,实施例中的某些细节不应构成对本发明的限定,本发明将以所附权利要求书界定的范围作为本发明的保护范围。

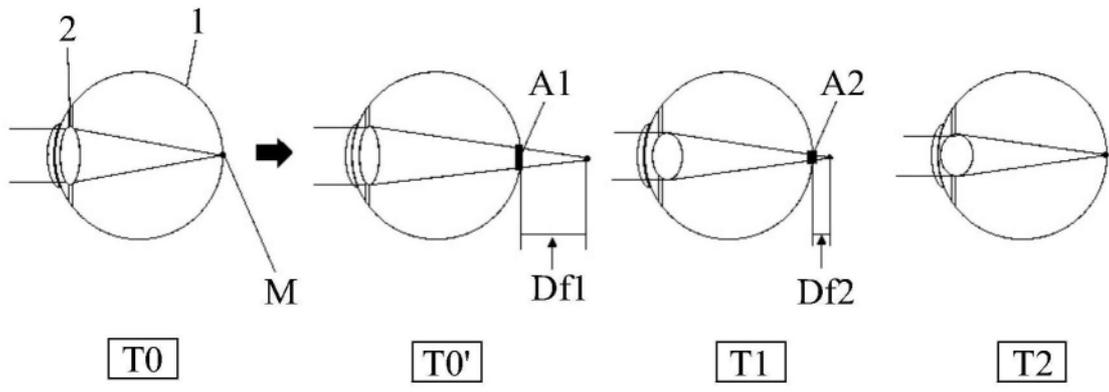


图1

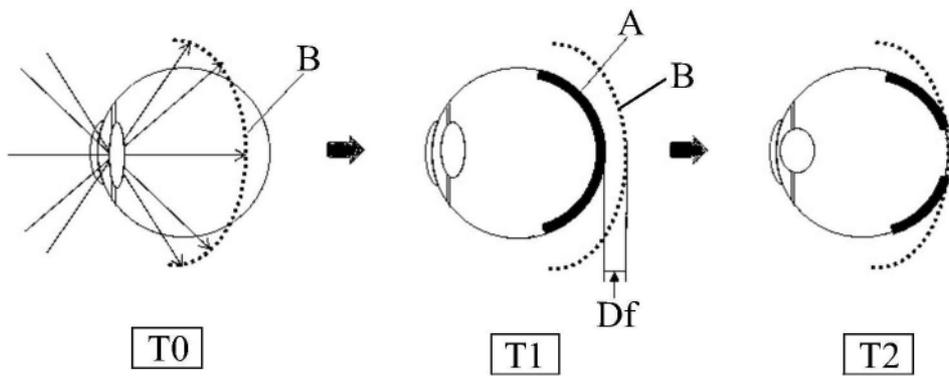


图2

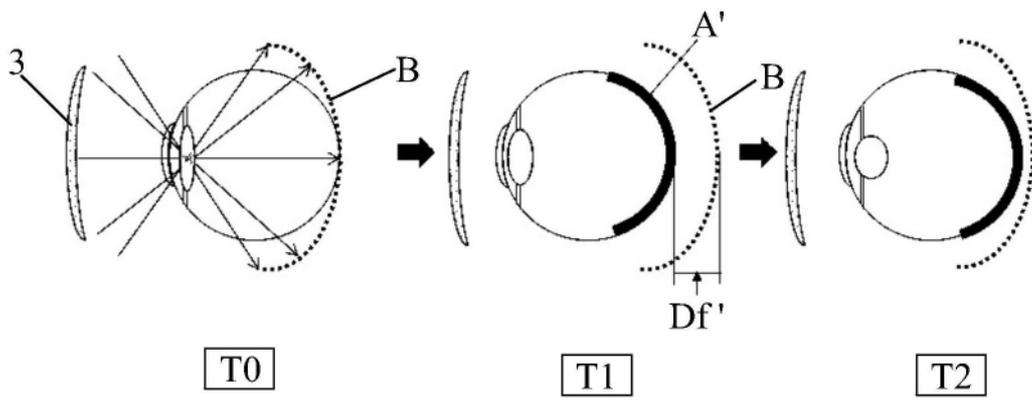


图3

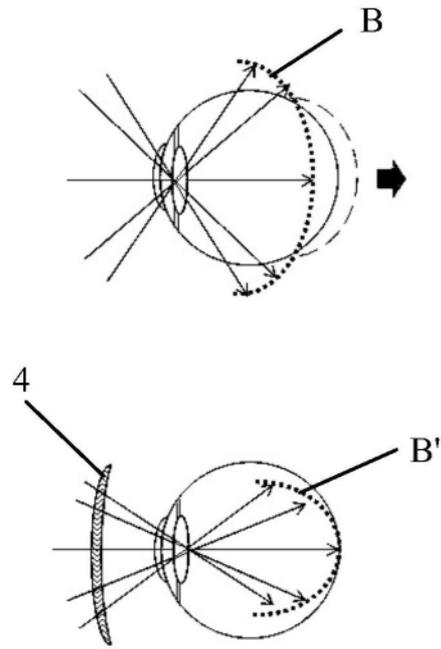


图4

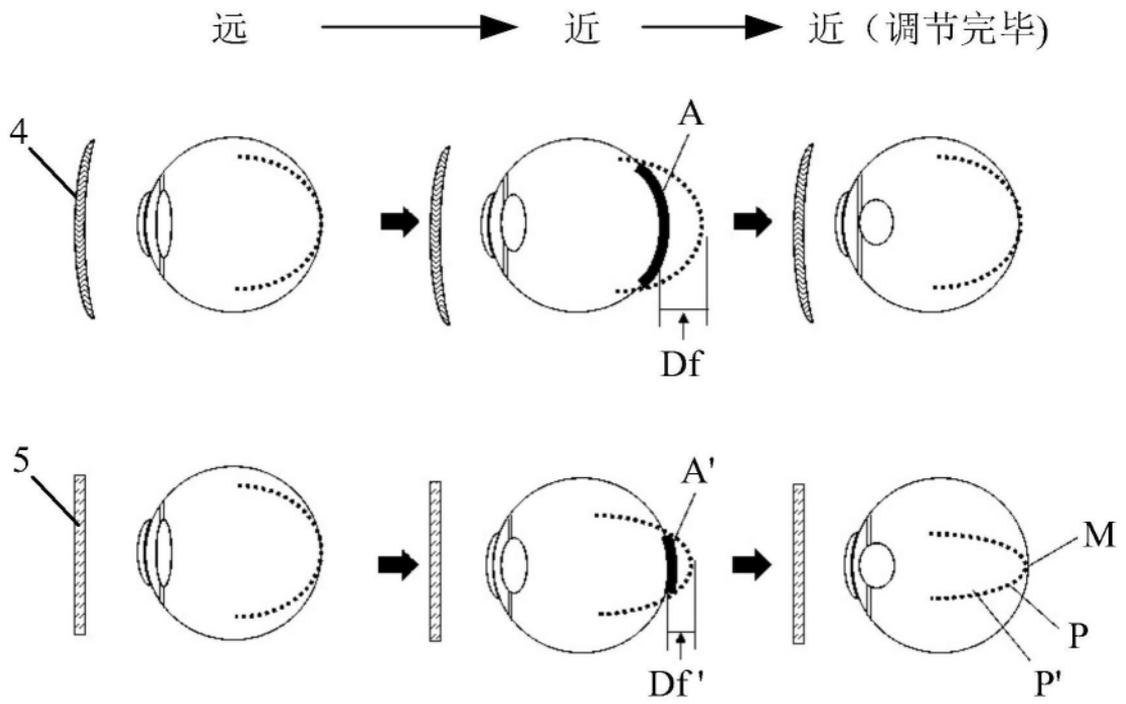


图5

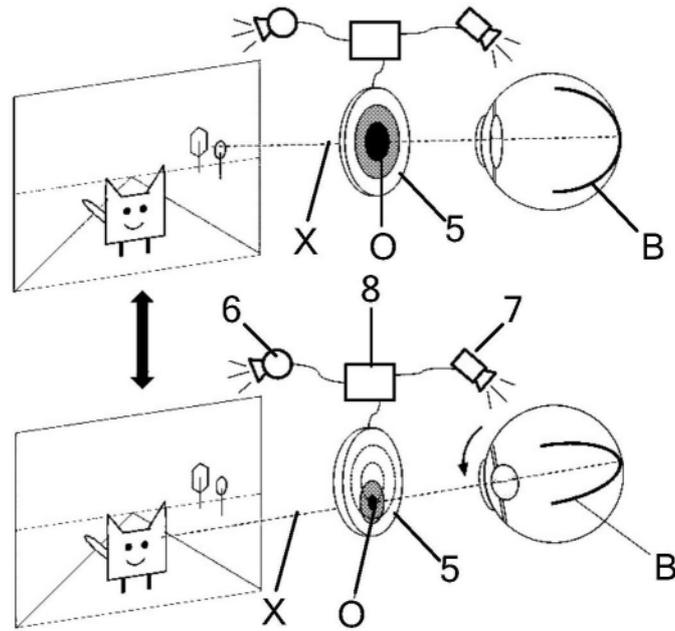


图6

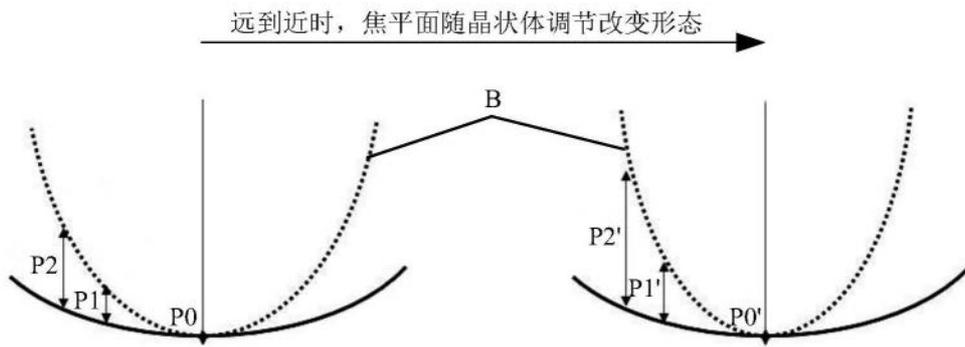


图7

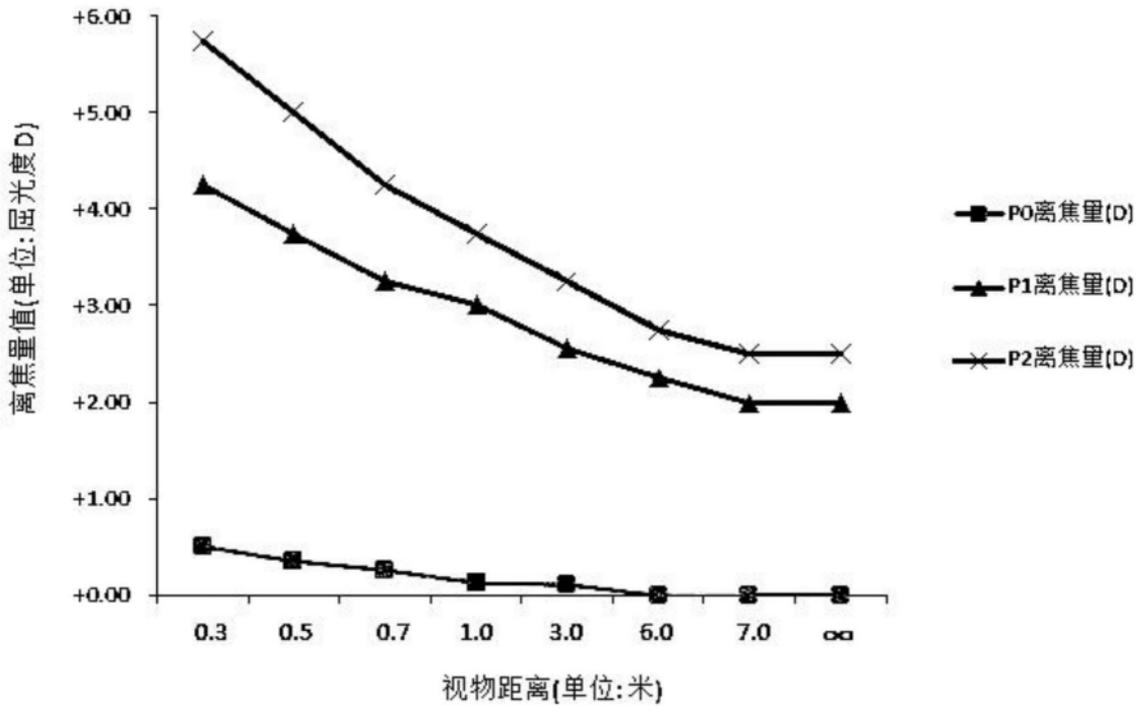


图8

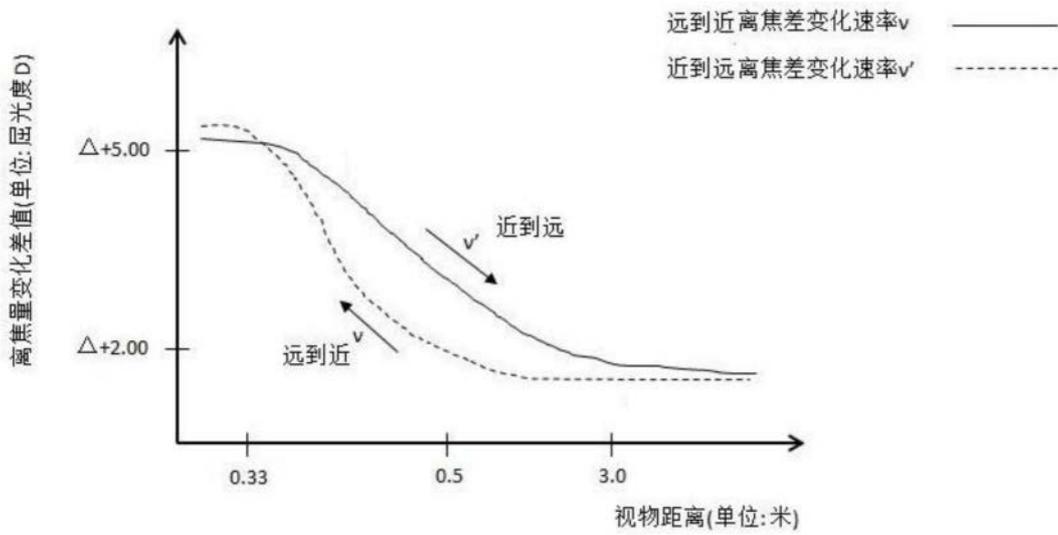


图9

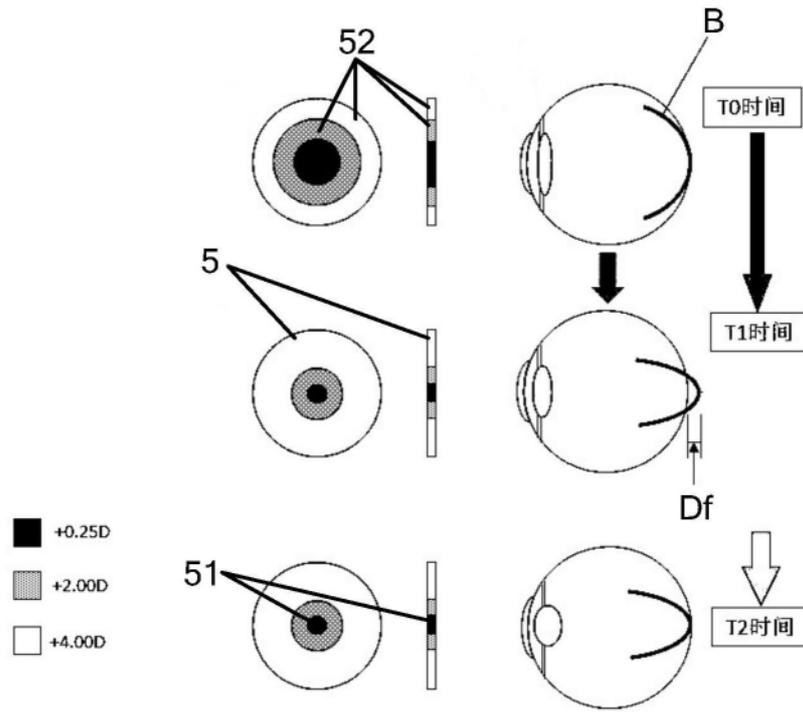


图10

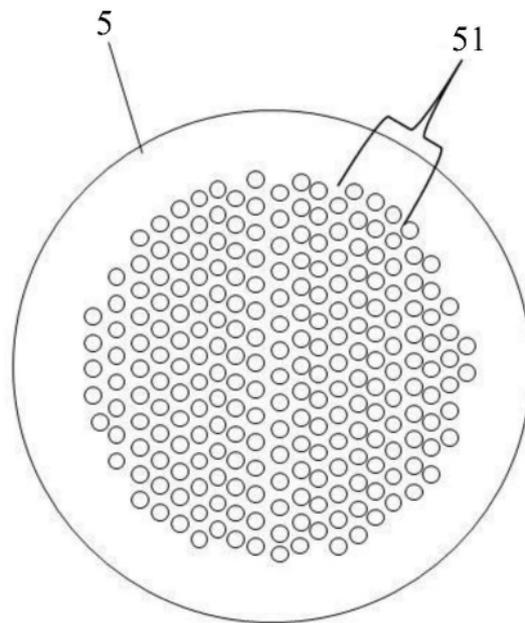


图11

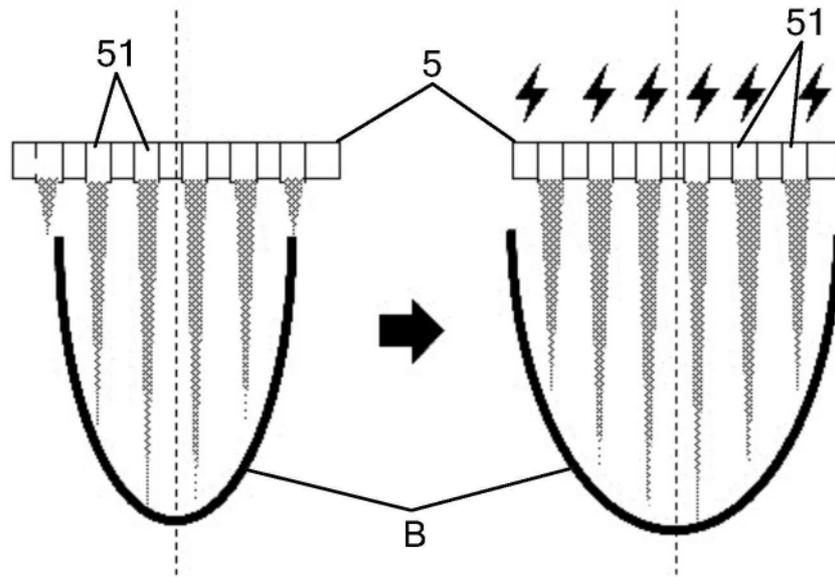


图12

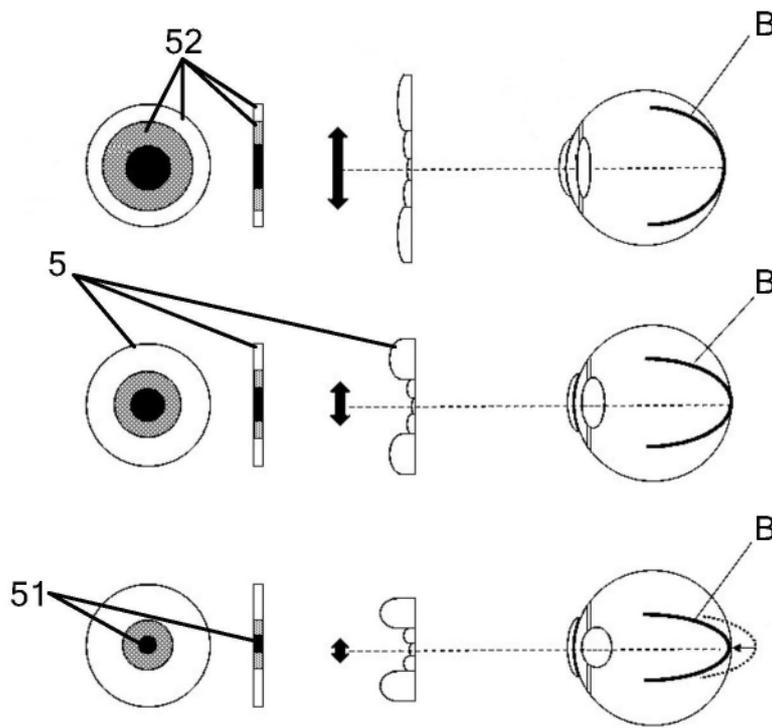


图13

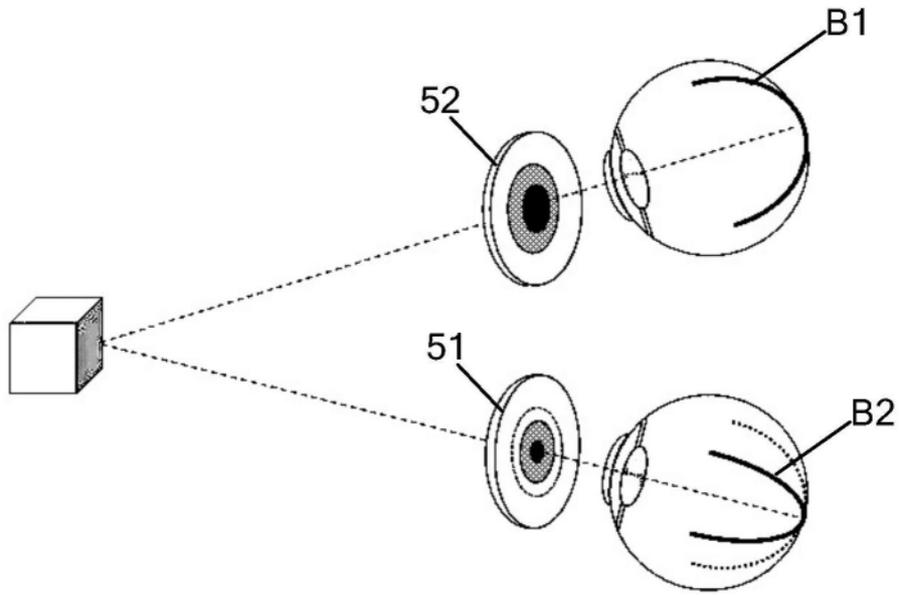


图14

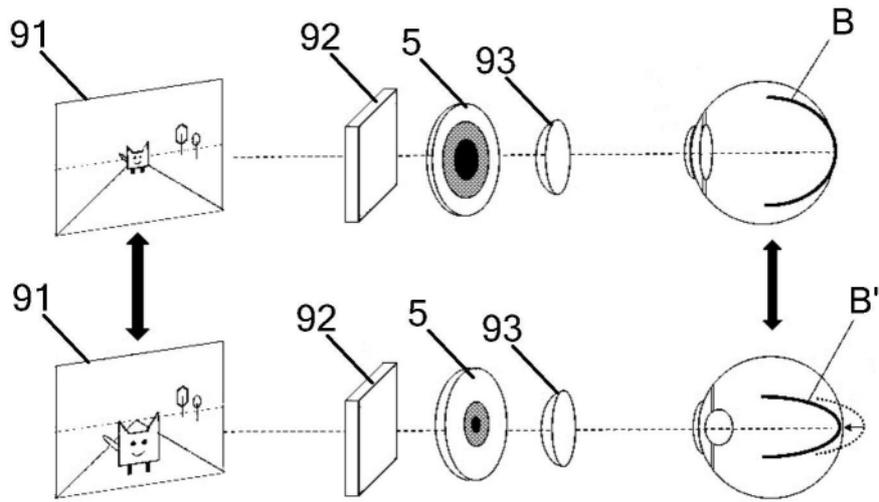


图15