

说明书

发明名称: 具有分形微结构的近视防控眼镜片

[0001] 本申请要求于2023年7月31日提交中国专利局、申请号为CN2023109524092、发明名称为“具有分形微结构的近视防控眼镜片”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本发明属于光学镜片的设计与加工技术领域，尤其涉及具有分形微结构的近视防控眼镜片。

背景技术

[0003] 据国家卫生健康委员会数据，我国近视患者已达6亿，2020年我国青少年总体近视率为52.7%，其中6岁儿童为14.3%，小学生为35.6%，初中生为71.1%，高中生为80.5%。近视防控任务艰巨并且形势迫在眉睫。

[0004] 目前主流的近视光学防控理论是光学离焦理论。该理论认为，如果将图像聚焦在视网膜前方成像（即正离焦），眼轴不易生长，则近视得到控制；施加视网膜后方聚焦的图像（负离焦）作用相反。目前主流的近视防控光学手段包括离焦框架镜（以下简称离焦镜）和角膜塑形镜（Orthokeratology，以下简称OK镜）和离焦软性角膜接触镜（以下简称离焦软镜）。三者在现有的理论体系内均被认为通过周边视野近视性离焦，实现延缓近视发展的作用。

[0005] 此外，另有基于降低周边视野对比度的一类镜片在售。该近视控制理论认为，高对比度信号对于近视防控是不利的，因此，通过将周边视野对比度降低，则有利于近视控制。

[0006] 然而光学正离焦理论并不能够解释全部的临床现象。在临床中，有些青少年近视患者即便给足正离焦光学信号，近视仍然得不到有效控制，甚至出现迅速增长的情况。有些患者将OK镜换成周边离焦镜后，反而近视得到控制。这些临床现象提示，光学离焦理论是极其不完备的理论，用于近视防控的光学矫正方法，需要更高等级的近视控制理论支持。

- [0007] 目前，市场上基于光学正离焦理论有多款产品在售，均基于光学离焦理论。与基于光学离焦理论不同，另有一款基于周边对比度理论的镜片在售。
- [0008] 1) 新乐学镜片：新乐学镜片采用的是“多区正向光学离焦”设计（D.I.M.S技术），将396个微型透镜采用正三角形网格分布在镜片光学中心内环直径为9.4毫米、外环直径约33毫米的环形区域。每个微型透镜均能形成近视离焦，离焦量为3.5D。同时调整微型透镜的大小和间隔，使得离焦度数面积和矫正度数面积比例稳定(目标50:50)。它让镜片持久为配戴者提供近视离焦效果，从而实现更好的近视控制效果。香港理工大学2018年在《英国眼科学杂志》的《多区正向光学离焦(DIMS)眼镜片延缓近视进展: 2年随机对照临床研究》发表，显示在具有较同类研究更高的样本量且未添加指定条件进行筛选的条件下，有效使近视加深减慢59%，眼轴增长减缓60%。
- [0009] 2) 星趣控镜片：星趣控镜片是依视路的研发团队带来的H.A.L.T高非球微透镜技术。以这一技术进行设计的星趣控镜片通过隐形分布在11圈星环上的1021个微透镜，均为正离焦微透镜。星趣控镜片相邻环的微透镜的光心间距是2.41mm，我们人眼即使是向周边注视，比如看近时往下方注视，依然能够从这个间隙内的单光镜片区域获取清晰的视网膜黄斑中心视力。针对该产品开展了一项由167名近视儿童参与、为期三年的临床试验。第一年实验结果显示：配戴星趣控镜片的儿童与配戴单光镜片的儿童相比，近视发展平均水平降低了60%以上（One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. Br J Ophthalmol 2022 Aug;106(8):1171-1176）。
- [0010] 3) 奥拉镜片：视网膜的不同区域，针对近视离焦信号的反应可能不同。动物实验表明，黄斑中心凹周边 10° - 20° 范围内的离焦可以产生最强的近视控制作用。奥拉镜片在强化干预视网膜近视离焦最敏感的区域应施尽施。不同密度，不同大小，合理设计加光量的离焦透镜，通过放射线状的阵列排列方式，针对视网膜黄斑中心凹周边 10° - 20° 范围的近视离焦最敏感区域，施以更强的光学离焦，强化近视管理效果；平衡追求优异视觉质量、提升患者依从性。
- [0011] 4) 控优点镜片（尼康）：近视的基因突变导致近视患者表达的视锥感光器对光非常不敏感。在近视患者中，突变视锥相对于相邻正常视锥总是产生小信号

，因此，正常视锥和突变视锥之间的对比度总是很高。这种异常的高视网膜对比度信号可能导致近视发展。控优点镜片的控制原理不同于光学离焦，它采用了点扩散技术（Diffusion Optics Technology, DOT），DOT镜片包含光散射中心，当光线通过镜片时，该中心会散射光线，从而在相邻锥体之间产生较低的信号差，同时保持出色的视觉敏锐度和功能性周边视力。研究者们使用这种镜片进行了有效性和安全性研究（CYPRESS），是一项为期36个月的随机对照试验，目前24个月的结果汇总已经出炉，还有89%的儿童继续佩戴跟踪最后12个月的结果。前两年的数据显示，如果全天佩戴，2年的近视进展下降59%，眼轴增长降低38%（Control of myopia using diffusion optics spectacle lenses: 12-month results of a randomised controlled, efficacy and safety study (CYPRESS) . Br J Ophthalmol. 2022 Sep 1;bjophthalmol-2021-321005）。

- [0012] 5)爱康特集成网阵优化技术（Hexgon Optimized Reticular, HORI）：采用集成网阵优化技术，在镜片35mm直径范围内嵌入540个六边形微透镜单元，形成紧密无缝衔接的集成网阵。透镜填充率高达67%。基于该项技术的初步研究表明，与对照组相比，等效球镜控制率约为70%，眼轴长度控制率约为50%。
- [0013] 以上所有用于青少年近视防控的光学框架镜片，其中，四项基于光学正离焦理论，一项基于周边视网膜对比度理论，其控制效果均接近60%左右，具有相当的青少年近视防控效果。然而，所有上述镜片所采用的近视防控的光学理论均不完备，这也造成了无论是基于光学离焦还是对比度理论的镜片，其控制近视的效果均存在理论极限。
- [0014] 导致上述镜片控制效果类似的原因，是所采用的镜片，无论是微结构或者微透镜，在镜片周边部的分布上都存在人工刻意的痕迹，即存在一定程度的几何形态的一致性，或者空间分布的一致性，或者某种显而易见的人工规律。此外，所有这些微结构或者微透镜的微观形态不够复杂，对视觉产生的扰动不够强烈。以新乐学为例，所有微结构区域看过去的视觉体验是一致的，因此不同的注视方向，视觉体验类似——即点扩散函数在不同方位上存在趋同现象。与此类似，其他设计的镜片亦存在明显的人为痕迹，存在显而易见的规律分布。

发明内容

- [0015] 本发明提出了全新的近视控制理论，即周边视网膜的光学相位混沌技术，并基于这一技术设计了具有分形微结构的近视防控眼镜片。
- [0016] 本发明提出一种具有分形微结构的近视防控眼镜片，所述眼镜片包括：
- [0017] 镜片基底，所述镜片基底上设有光学区、控制区；
- [0018] 所述光学区包括中央光学区，中央光学区为以眼镜片中心位置为圆心，半径为R1的区域；
- [0019] 所述控制区环绕于中央光学区外侧，所述控制区内设有由分形曲线或分形图案在镜片基底的平面构造的微结构，或分形曲线或分形图案在镜片基底的层间构造的微结构。
- [0020] 进一步地，所述分形曲线或分形图案可采用皮亚诺曲线、希尔伯特曲线、Wu-nderlich曲线、分形龙、叶片分形、科赫曲线、曼德勃罗集、科赫三角形或芒德布罗-朱利亚图形。
- [0021] 进一步地，所述光学区中，R1为2.5–7.5mm。
- [0022] 进一步地，所述控制区呈圆环形。
- [0023] 进一步地，所述分形曲线或分形图案的曲线线宽范围50–1500 μm 。
- [0024] 进一步地，所述镜片基底总直径为70–75mm。
- [0025] 又一方面，本发明还提供一种近视防控眼镜，包括上述任一近视防控眼镜片。
- [0026] 本发明具有以下优势：
- [0027] 本发明提出的具有分形微结构的近视防控眼镜片，借助光学相位混沌技术，在眼镜片的控制区设置由分形曲线或分形图案在眼镜片的平面构造的微结构，或分形曲线或分形图案在眼镜片的层间构造的微结构，通过尽可能增加周边微结构的复杂性来提升光学扰动的程度，从而干扰近视加深的过程。其中，光学相位混沌技术的核心观点有别于光学离焦理论及对比度理论，其主要在于框架镜片周边分布的微结构要具有空间和几何形态的相对复杂性或不可重复性，即在有限的镜片面积内，尽量回避人工刻意，而采用大自然的分形语言，减少有规律的空间分布和微结构形态分布，增加微结构本身的复杂性或分布的不确定性。

附图说明

- [0028] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：
- [0029] 图1为本发明实施例眼镜片结构示意图；
- [0030] 图2为本发明实施例平面分形曲线或分形图案的眼镜片横截面结构示意图；
- [0031] 图3为本发明实施例层间构造分形曲线或分形图案（希尔伯特曲线）的眼镜片横截面图结构示意图；
- [0032] 其中，附图标记说明：1镜片基底；2光学区；3控制区。
- [0033] 图4为本发明实施例希尔伯特曲线构造隧道结构示意图；
- [0034] 图5为本发明实施例希尔伯特曲线构造的周边微结构镜片结构示意图；
- [0035] 图6为本发明实施例皮亚诺曲线构造的周边微结构镜片结构示意图；
- [0036] 图7为本发明实施例Wunderlich曲线构造的周边微结构镜片；
- [0037] 图8为本发明实施例复杂皮亚诺曲线构造的周边微结构镜片。

具体实施方式

- [0038] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。
- [0039] 现有的已上市的近视控制管理镜片，均基于光学离焦原理。所有上述镜片所采用的近视防控的光学理论不完备，这也造成了无论是基于光学离焦还是对比度理论的镜片，其控制近视的效果均存在理论极限。
- [0040] 导致上述镜片控制效果类似的原因，是所采用的镜片，无论是微结构或者微透镜，在镜片周边部的分布上都存在人工刻意的痕迹，即存在一定程度的几何形态的一致性，或者空间分布的一致性，或者某种显而易见的人工规律。导致眼球向某一个方向注视时，视觉体验基本一致，即点扩散函数存在相似性。这些微结构或者微透镜的微观形态不够复杂，对视觉产生的扰动不够强烈。所以一般在上半年控制效果理想，一旦形成神经适应，则控制效能会出现显著下降。
- [0041] 本申请发明人经过大量基础和临床研究提出光学相位混沌技术，并利用大自然的分形语言设计了镜片周边的微结构，其核心思想不在于提供某种形态的微透镜，而是在周边视野要形成足够的光学干扰，让视网膜不能在短时间内分辨眼球的正确生长方向，进而有效干扰近视加深的过程。

- [0042] 如图1所示,本发明一实施例提出一种具有分形微结构的近视防控眼镜片,所述眼镜片包括:
- [0043] 镜片基底1,所述镜片基底1上设有光学区2、控制区3;
- [0044] 所述光学区2包括中央光学区,中央光学区为以眼镜片中心位置为圆心,半径为 R_1 的区域;
- [0045] 所述控制区3环绕于中央光学区外侧,所述控制区3内设有由分形曲线或分形图案在镜片基底1的平面构造的微结构,或分形曲线或分形图案在镜片基底1的层间构造的微结构。
- [0046] 本发明实施例提出的近视防控眼镜片的微结构,其主要优势在于向不同方向注视时,光线通过分形曲线或分形图案微结构后的视觉体验不同,进而有效干扰近视加深的过程。
- [0047] 进一步地,所述分形曲线或分形图案可采用皮亚诺曲线(Peano Curve)、希尔伯特曲线(Hilbert Curve)、Wunderlich曲线、分形龙(Fractal Dragon)、叶片分形(Fractal Leaves)、科赫曲线(Koch Curve)、曼德勃罗集(Mandelbrot Set)、科赫三角形(Koch Triangle)或芒德布罗-朱利亚图形(Mandelbrot-Julia sets)。例如,可以使用皮亚诺曲线、希尔伯特曲线、Wunderlich曲线、分形龙、叶片分形、科赫曲线、曼德勃罗集、科赫三角形或芒德布罗-朱利亚图形等分形曲线或分形图案在镜片周边构造微结构。本发明在控制区设置的分形曲线或分形图案,其能够在周边视野形成足够的光学干扰,让视网膜不能在短时间内分辨眼球的正确生长方向,进而有效干扰近视加深的过程。
- [0048] 进一步地,所述光学区2中, R_1 为2.5–7.5mm。
- [0049] 进一步地,所述控制区3呈圆环形。
- [0050] 进一步地,所述分形曲线或分形图案的曲线线宽范围50–1500 μm ,黑白线线宽比例任意。
- [0051] 优选的,镜片基底总直径为70–75mm。
- [0052] 进一步地,微结构与镜片基底的横截面形态关系可以为方波、三角形、梯形、凸透镜、或凹透镜。亦可以采用其他分形几何图形。

- [0053] 本发明实施例中，眼镜片的光学区，主要用于矫正屈光不正。而眼镜片的周边控制区采用分形曲线或分形图案构造微结构，在周边视野要形成足够的光学干扰，让视网膜不能在短时间内分辨眼球的正确生长方向，进而有效干扰近视加深过程。
- [0054] 本发明一优选实施例中，以分形曲线或分形图案在眼镜片的平面构造的微结构为例，其眼镜片横截面如下图2所示。
- [0055] 本发明一优选实施例中，以分形曲线或分形图案（希尔伯特曲线）在眼镜片的层间构造的微结构，其眼镜片横截面如下图3所示。希尔伯特曲线可以用于填充三维空间，在镜片周边部的控制区填充层间分形曲线或分形图案，形成隧道。
- [0056] 本发明实施例中，所述眼镜片都是有厚度的，在镜片的层间制造微结构，可以将光学扰动的光学界面做到极致。分形曲线或分形图案构造层间微结构镜片，具体为在镜片周边的层间位置进行微隧道构建，采用分形曲线或分形图案构造，例如Hilbert曲线，如下图4所示。采用激光内雕技术进行，最小管道结构尺寸可以达数十微米级。
- [0057] 下面将结合实施例详细阐述本发明。
- [0058] 实施例1希尔伯特曲线构造的周边微结构镜片
- [0059] 如图5所示，在镜片基底制作凸出基底的希尔伯特分形曲线。
- [0060] 曲线线宽 $500\ \mu\text{m}$ ，黑白线线宽比例1:1，曲线形态截面为球面，截面柱镜屈光力为+3.00DC，镜片折射率为1.74，计算得到希尔伯特分形曲线的矢高为 $0.13\ \mu\text{m}$ 。考虑到镀膜加工精度以及镀膜过程中对微结构的淹没，曲线截面矢高可以做到 $0.3\text{--}0.4\ \mu\text{m}$ 。
- [0061] 实施例2皮亚诺曲线构造的周边微结构镜片
- [0062] 如图6所示，在镜片基底制作凹进基底的皮亚诺分形曲线。
- [0063] 曲线线宽 $800\ \mu\text{m}$ ，黑白线线宽比例1:1，曲线形态截面为球面，截面柱镜屈光力为-5.00DC，镜片折射率为1.67，计算得到皮亚诺分形曲线的矢高为 $0.60\ \mu\text{m}$ 。考虑到镀膜加工精度以及镀膜过程中对微结构的淹没，曲线截面矢高可以做到 $1\text{--}1.3\ \mu\text{m}$ 。
- [0064] 实施例3 希尔伯特曲线构造的层间微结构镜片。

- [0065] 如图3所示,采用激光内雕技术构造希尔伯特隧道,隧道管径 $50\text{ }\mu\text{m}$,填充镜片周边部的层间。
- [0066] 实施例4 Wunderlich曲线构造的周边微结构镜片。
- [0067] 如图7所示,在镜片基底制作凸出基底的Wunderlich分形曲线。
- [0068] 曲线线宽 $500\text{ }\mu\text{m}$,黑白线线宽比例1:1,曲线形态截面为球面,截面柱镜屈光力为 $+3.00\text{DC}$,镜片折射率为1.74,计算得到Wunderlich分形曲线的矢高为 $0.13\text{ }\mu\text{m}$ 。考虑到镀膜加工精度以及镀膜过程中对微结构的淹没,曲线截面矢高可以做到 $0.3\text{--}0.4\text{ }\mu\text{m}$ 。
- [0069] 实施例5 复杂皮亚诺曲线构造的周边微结构镜片
- [0070] 如图8所示,在镜片基底制作凸出基底的复杂皮亚诺分形曲线。该曲线特点是疏密不同、线宽不一致,图形结构复杂。
- [0071] 曲线线宽 $400\text{--}800\text{ }\mu\text{m}$,曲线形态截面为球面,微结构截面柱镜屈光力为 $+6.00\text{DC}$ 连续曲线,镜片折射率为1.67,计算得到皮亚诺分形曲线的矢高为 $0.18\text{--}0.72\text{ }\mu\text{m}$ 。考虑到镀膜加工精度以及镀膜过程中对微结构的淹没,曲线截面矢高可以做到 $0.5\text{--}1.3\text{ }\mu\text{m}$ 。
- [0072] 以上仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种具有分形微结构的近视防控眼镜片，其特征在于，所述眼镜片包括：
镜片基底，所述镜片基底上设有光学区、控制区；
所述光学区包括中央光学区，中央光学区为以眼镜片中心位置为圆心，半径为 R_1 的区域；
所述控制区环绕于中央光学区外侧，所述控制区内设有由分形曲线或分形图案在镜片基底的平面构造的微结构，或分形曲线或分形图案在镜片基底（1）的层间构造的微结构。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的近视防控眼镜片，其特征在于，所述分形曲线或分形图案可采用皮亚诺曲线、希尔伯特曲线、Wunderlich曲线、分形龙、叶片分形、科赫曲线、曼德勃罗集、科赫三角形或芒德布罗-朱利亚图形。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的近视防控眼镜片，其特征在于，所述光学区中， R_1 为2.5-7.5mm。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的近视防控眼镜片，其特征在于，所述控制区呈圆环形。
- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的近视防控眼镜片，其特征在于，所述分形曲线或分形图案的曲线线宽范围50-1500 μm 。
- [权利要求 6] 根据权利要求1所述的近视防控眼镜片，其特征在于，所述镜片基底总直径为70-75mm。
- [权利要求 7] 一种近视防控眼镜，其特征在于，包括权利要求1-6任一项所述的近视防控眼镜片。