(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2018 年 5 月 3 日 (03.05.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/076661 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 27/22 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/083805

(22) 国际申请日: 2017 年 5 月 10 日 (10.05.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610970307.3 2016年10月28日 (28.10.2016) CN

(71) 申请人: 苏州苏大维格光电科技股份有限公司 (SVG OPTRONICS, CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 苏州大学(SOOCHOW UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。

(72) 发明人: 乔文(QIAO, Wen); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 浦东林(PU, Donglin); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 朱鸣(ZHU, Ming); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 周小红(ZHOU, Xiaohong); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 黄文彬(HUANG, Wenbin); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 赵改娜(ZHAO, Gaina); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 朱鹏飞(ZHU, Pengfei); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。 陈林森(CHEN, Linsen); 中国江苏省苏州市工业园区钟南街478号, Jiangsu 215000 (CN)。

(74) 代理人: 苏州华博知识产权代理有限公司 (SUZHOU HUABO INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国江苏省苏州市仁爱路258号独墅湖图书馆A201室, Jiangsu 215000 (CN)。

(54) **Title:** THREE-DIMENSIONAL DISPLAY APPARATUS

(54) **发明名称:** 一种三维显示装置

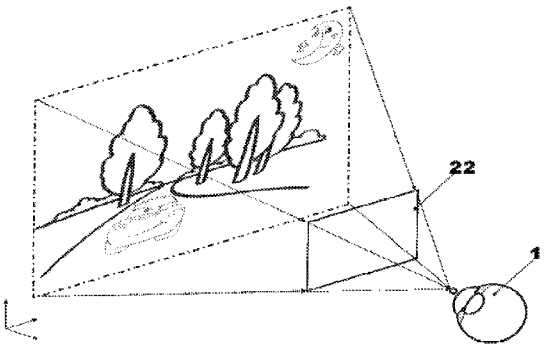


图 15 (a)

(57) **Abstract:** A three-dimensional display apparatus, comprising an image generating device and a visual lens (2). A nanostructured functional film (22) with a converging imaging function is provided on at least one layer of the visible lens (2), so that the visible lens (2) becomes a directivity function lens with a light field conversion function. The nanostructure on the directivity function lens matches an image output by the image generating device. A converging wave surface is projected in front of the human eye to form a virtual scene, or the converging wave surface and the wave surface of a reality scene are overlaid to obtain the fusion of real world information and virtual world information. The principle of converging a view angle image in the space in front of the eyeball to form a virtual scene is consistent with the principle of imaging a real scene in the human eye. Therefore, visual fatigue caused by observing for a long time is greatly reduced compared with a traditional three-dimensional display technology.

WO 2018/076661 A1

[见续页]

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明：

— 关于发明人身份(细则4.17(i))
— 关于申请人有权申请并被授予专利(细则4.17(ii))
— 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则4.17(iii))
— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种三维显示装置，包括图像生成装置，和可视镜片（2），所述可视镜片（2）上设有至少一层设置有具有会聚成像功能的纳米结构功能薄膜（22），从而使得可视镜片（2）成为具有光场变换功能的指向性功能镜片，所述指向性功能镜片上的纳米结构与图像生成装置输出的图像匹配，在人眼前方投射出会聚波面，形成虚拟景象；或该会聚波面与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。在眼球前方的空间中会聚视角图像，形成虚拟景象，其和现实景物在人眼中成像的原理一致，因此长时间观看的视觉疲劳度比传统的三维显示技术大大降低。

一种三维显示装置

技术领域

本发明属于三维图像显示领域，具体涉及一种三维显示装置，包括头戴式三维显示装置。

背景技术

虚拟现实（VR）是一种多源信息融合的交互式三维动态视景仿真，使用户沉浸到该环境中。虚拟现实是多种技术的综合。其中，广角（宽视野）立体显示技术是用户沉浸式体验的前提条件，也是虚拟现实的技术难点。在 VR 显示系统中，双目视觉是立体显示的基础，即通过左右眼获取不同图像，并由大脑融合成立体图像。但要实现舒适的三维动态视景，双眼获取图像的清晰度，单眼调节对焦在双目会聚视点所在平面等要求也要一并满足。

增强现实（AR）技术，是一种将真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术，是把原本在现实世界的一定时间空间范围内很难体验到的实体信息(视觉信息，声音，味道，触觉等)，通过电脑等科学技术，模拟仿真后再叠加，将虚拟的信息应用到真实世界，被人类感官所感知，从而达到超越现实的感官体验。真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到了同一个画面或空间同时存在。其中 AR 系统的特点之一：在三维尺度空间增添定位虚拟物体，是显示技术的难点。

总结上述虚拟现实和增强现实技术，如何通过佩戴式可视屏幕获得舒适的三维显示场景，不产生晕眩感，是其共同的技术关键。众多专利从多个角度给出了他们的解决方案。

美国专利申请US20150016777A1公开了一种基于光衍射器件和平面波导的显示装置。所述显示装置包含多层波导结构和衍射器件

阵列。将其与光纤快速扫描结合，由衍射波导器件将照明光转换成出射光场，在人眼视网膜上形成单个成像点。通过改变照明光束进入波导的输入角度和照明光束扫描点位置，使得波导输出不同出射角和不同扩散角光场，这些变化的光场在视网膜上形成高速扫描的光点，并构成 3D 图像。应用于现实增强领域，实现虚拟景物和真实景物的融合。但该专利利用光衍射器件形成的平行或发散光场不符合人眼成像习惯，易产生晕眩感。此外，受限于光纤扫描速度，这种单纯扫描方式的三维显示方案难以满足当前三维显示巨大信息量的处理与输出要求。

美国专利US008014050B2公开了一种用于三维显示或光开关的光学全息相位板。所描述相位板包含一个体衍射光栅结构和一种光敏材料。通过电极阵列可控制单个像素单元的衍射效率和位相延迟，从而实现光场相位的快速调控。然而这种利用电极阵列实现相位调控的方法遇到了单个像素难以微小化的制约，其显示效果难以满足当前消费者对显示精细度和舒适度的要求。

中国专利 201610034105.8 公开了一种投影式裸眼三维显示装置。所述显示装置通过投影装置将多视角图像信号投射至指向性投影屏幕，入射图像信号经过相位调制后在可视窗口形成会聚视点，获得 3D 景象。该方法具有亮度高、3D 效果佳等优点，可实现大幅面的裸眼 3D 显示，可应用于电视、广告机等显示终端。然而，该方法无法应用于虚拟现实和现实增强领域，实现佩戴式装置上的 3D 景象重现。

因此，国内外还未见有一款能满足无视觉疲劳的头戴式 3D 显示技术方案。

发明内容

鉴于此，本发明旨在基于全息原理，提供一种指向性纳米结构

功能镜片，通过特定光源的照明，可实现无视觉疲劳的头戴式 3D 显示方案和显示装置。

为达到上述目的，本发明的技术方案如下：

一种三维显示装置，包括图像生成装置，和可视镜片，所述可视镜片包括至少一层可视镜片单元，所述可视镜片单元设置有纳米结构，所述可视镜片上的纳米结构与图像生成装置输出的图像匹配，在视窗内形成虚拟景象；或该虚拟景象与现实景象叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

所述可视镜片由一层可视镜片单元构成，或由两层、三层、四层、或大于四层的可视镜片单元叠合在一起。

所述可视镜片单元包括镜片基底和纳米结构。

进一步的，所述镜片基底包括波导结构。

所述可视镜片为一具有一个、两个、或大于两个独立可视区域的单一整体，或为左右两个分别对应两个眼球的独立可视镜片。

上述可视镜片在视窗内形成一个或大于等于两个视点。

进一步的，所述视点设计间隔小于视窗范围。

进一步的，所述可视镜片上方和中间视点对应远处景象，下方视点对应近处景象。

所述纳米结构为纳米级尺寸的纳米光栅，也称为纳米光栅结构 。所述纳米结构为槽形结构、浮雕结构、或镂空结构，其形状为矩形、圆形、菱形、六边形中的一种或多种。

进一步的，所述纳米结构的分布基于以下原则：所述图像生成装置经所述纳米结构在视窗内不同空间位置形成视点。

所述图像生成装置包括投影装置，所述投影装置与至少一层所述可视镜片单元配合实现视窗内虚拟图像显示。

进一步的，所述投影装置经波导结构耦合至所述纳米结构。

上述可视镜片可包含左右两个独立可视区域，左右两个独立可

视区域的纳米结构分布是对称性的。

进一步的，对应于每个所述视点，均设置一组纳米结构与其对应，所述纳米结构的密度及分布依据以下条件布置：单个视点对应的纳米结构密度及分布与距离视轴角度无关，对应于各视点的纳米结构通过互相嵌套的方式均匀排列；或，单个视点对应的纳米结构密度及分布与距离视轴角度有关，所述单个视点对应的纳米结构的分布特征为：与该视点对应的纳米结构在该视点对应视轴附近的排布密度，大于远离视轴区域的排布密度，即对应于各视点的纳米结构通过互相嵌套的方式非均匀排列。

单个所述视点对应的纳米结构密度及分布曲线呈三角函数、方波函数、梯形函数或正弦函数。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例技术中的技术方案，下面将对实施例技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是人眼结构图。

图 2 是视锥细胞分布图。

图 3 是指向性导光薄膜上像素内部纳米光栅在 XY 平面下的结构图。

图 4 是图 1 中的指向性导光薄膜上像素内部纳米光栅在 XZ 平面下的结构图。

图 5 是多种纳米光栅像素结构示意图。

图 6 是单个视点会聚的指向性导光薄膜的纳米结构分布图。

图 7 是利用纳米结构指向性功能薄膜构筑单视点新波前的示意图。

图 8 是本发明实施方式下基于反射式投影的一种现实增强显示方案

图。

图9是本发明实施方式下基于投射式投影的一种现实增强显示方案图。

图10是本发明实施方式下的另一种现实增强显示方案图。

图11是本发明实施方式下的另一种现实增强显示方案图。

图12是本发明实施方式下的一种虚拟现实显示方案图。

图13是本发明实施方式下的一种多视角显示方案图。

图14（a）-（e）是视角像素密度的分布曲线图。

图15（a）-（b）是本发明实施方式下利用多焦距纳米结构指向性功能镜片实现的一种多景深显示方案图。

图16是多焦距纳米结构指向性功能镜片的纳米结构分布图。

图17是一种虚拟景物多景深分割示意图。

图18（a）-（b）是本发明实施方式下利用光场扫描实现的一种多景深显示方案图。

图19和图20为本发明实施方式下的基于分频控制的多层可视镜片单元的三维显示装置示意图。

图21（a）和图21（b）为本发明实施方式下的基于分频控制的多层可视镜片单元的三维显示装置示意图。

图22（a）-（b）为本发明实施方式下分频控制电路示例原理图。

图23（a）-（c）是本发明实施例下一种双目头戴式三维显示示意图

图24是头戴式三维显示方案示意图。

图25是头戴式三维现实增强显示方案示意图。

图26和图27是基于多层可视镜片单元的三维显示装置示意图。

图28是本发明头戴式三维显示装置结构实施例示意图。

图29是本发明三维显示装置的电路控制原理图示例。

图30是本发明现实增强三维显示装置的电路控制原理图示例。

图 31-图 40 是本发明的多种应用场景示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

参见图 1 和图 2，图 1 是人眼结构图。人的眼睛近似球体，眼球包括虹膜 101、角膜 102、晶状体 103、视网膜 104、黄斑 105；眼睛视线的轴线称为视轴 11。

眼球 1 具有光学成像功能的组织是角膜 102 和晶状体 103。视网膜 104 位于眼睛后端，是视觉形成的神经信息传递的第一站。视网膜 104 上的视锥细胞是的主要感光神经元，在视轴 11 正对终点。附图 2 是视锥细胞分布图，由图可知，视锥细胞分布极不均匀，在黄斑 105 中心凹处最密集，在视网膜 104 其他位置少量分布。因此，中心凹是视觉最敏锐的区域，其直径约为 1～3 mm。人眼的视场可达 150°，但能同时清晰地观察物体的范围只在视轴周围 6°～8°。本发明将充分考虑视锥细胞分布特点，设计各视角像素分布，达到视觉体验最优化。

按照上述原理，将每一个纳米光栅结构视为一个像素，该纳米光栅结构的取向决定了光场角度调制特性，其周期决定了光谱滤波特性。该方法中纳米光栅结构的周期(空频)和取向在各亚像素之间的变化连续，即可实现光场的调控和变换。因此，在头戴式可视设备表面制作出多个按需设定的不同取向角和周期的纳米光栅结构之后，理论上就可以获得足够多的不同视点，配合颜色和灰度的控制，就能实现多视角下的裸眼 3D 显示。

基于上述发现，本发明提出一种头戴式三维显示装置，包括图像生成装置，和对应眼睛的可视镜片，所述可视镜片包括至少一层设置有具有会聚成像功能的纳米结构的纳米结构功能薄膜，从而使得可视镜片成为具有指向性功能的指向性功能镜片，所述指向性功能镜片上的纳米结构与图像生成装置输出的图像匹配，在视窗前方投射出会聚波面，形成虚拟景象；或该会聚波面与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

在实际应用中，可视镜片可以是一个整体的镜片，也可以是分别对应双眼的两个可视镜片，当然，也可以是根据需要以 3 个或更多个可视镜片来构建。

本发明在眼球前方的空间中会聚视角图像，形成虚拟景象，其和现实景物在人眼中成像的原理一致，因此长时间观看的视觉疲劳度比传统的三维显示技术大大降低。

所述指向性功能镜片（即可视镜片）在人眼视窗内形成多个视点，使单眼能够看到两幅以上视角图像，实现单眼视差效果，及连续的动态视差；所述纳米结构为纳米级尺寸的纳米光栅，所述每一个纳米光栅即为一个纳米光栅像素，每个视角图像由多个纳米光栅像素会聚而成。

根据人眼的特点，可在实际应用中对单个视角图像的对应的纳米光栅像素分布依据眼睛的视轴角度进行优化，即与该视角图像对应的纳米光栅像素在该视角对应视轴附近的排布密度大于远离该视轴区域的排布密度；各视角图像对应的纳米光栅像素通过互相嵌套的方式非均匀排列在指向性功能镜片表面；其优点为充分利用人眼结构特点，使用较少纳米光栅像素数即可获得较高图像质量。

本发明采用基于衍射效应的纳米光栅结构构筑新光场，单个纳米光栅结构与光相互作用，改变其相位，参见图 3、图 4，图 3、图 4 是结构尺度在纳米级别的衍射光栅（即纳米光栅，也可看作纳米

光栅像素 201，其结构我们也称为纳米光栅结构）在 XY 平面和 XZ 平面下的结构图。根据光栅方程，衍射光栅像素 201 的周期、取向角满足以下关系：

$$(1)\quad \tan\phi_1 = \sin\phi / (\cos\phi - n\sin\theta\,(\Lambda/\lambda))$$

$$(2)\quad \sin^2(\theta_1) = (\lambda/\Lambda)^2 + (n\sin\theta)^2 - 2n\sin\theta\cos\phi\,(\lambda/\Lambda)$$

其中，光线以一定的角度入射到 XY 平面，θ_1 和 ϕ_1 依次表示衍射光 202 的衍射角（衍射光线与 z 轴正方向夹角）和衍射光 202 的方位角（衍射光线与 x 轴正方向夹角），θ 和 λ 依次表示光源 201 的入射角（入射光线与 z 轴正方向夹角）和波长，Λ 和 Φ 依次表示纳米衍射光栅 201 的周期和取向角（槽型方向与 y 轴正方向夹角），n 表示光波在介质中的折射率。

换言之，在规定好入射光线波长、入射角以及衍射光线衍射角和衍射方位角之后，就可以通过上述两个公式计算出所需的纳米光栅的周期和取向角了。例如，650 nm 波长红光以 60° 角入射，光的衍射角为 10° 、衍射方位角为 45° ，通过计算，对应的纳米衍射光栅周期为 550 nm，取向角为-5.96° 。

所述纳米光栅的结构为槽形结构、浮雕结构、或镂空结构，其形状为矩形、圆形、菱形、六边形中的一种或多种。当然，也可以是满足前述要求的其他形状结构。

在实际应用中，所述图像生成装置可以采用投影装置（鉴于头戴式三维显示装置的应用要求，尽可能采用体积更小的微型投影仪），所述投影装置在投影时按照多景深显示方案通过时序扫描法实现单眼的三维显示效果；即对所投影的图像进行分割，在图像分割时，被分割图像被投影至人眼前不同距离，形成距离、大小与现实场景吻合的虚像，从而构成多景深三维图像。

采用多景深的三维显示技术。在投影时按照多景深显示方案通

过时序扫描法实现单眼的三维显示效果。考虑到人眼对近距离物体的远近分辨能力强于对远距离物体的远近分辨能力。在图像分割时，可对近距离物体进行细致分割，对远距离物体进行大致分割。被分割图像被投影至人眼前不同距离，形成距离、大小与现实场景吻合的虚像，形成多景深三维图像。使观察者既有沉浸感，又与现实景物有效融合。由此，当观察者通过调节可将眼睛聚焦到单一或邻近距离的景物，而非聚焦平面上的景物成模糊像。亦可将根据实际应用，获得多视点多景深的三维显示方案，提高三维效果体验。

在一些实施例中，所述纳米结构功能薄膜上的纳米光栅结构的分布基于以下原则：图像生成装置经所述纳米结构功能薄膜上的纳米光栅结构在眼球前方的空间中不同空间位置会聚的视点与人眼眼球的移动位置相匹配；其中，眼球前方近处空间对应可视镜片的下方区域，眼球前方中间空间对应可视镜片的中间区域，眼球前方远上方空间，对应可视镜片的上方区域，眼球前方的左右空间分别对应可视镜片的相应区域；从而会聚在眼球前方空间中的视点形成距离、大小与现实场景吻合的虚像，构成光视场和不同景深三维图像；通过调节眼睛聚焦到邻近和远距离的景物，获得对应清晰的 3D 显示，即眼睛可以选择不同景深的虚拟景物进行分别聚焦，这和观看现实景物的体验是一致的。

在一些实施例中，可视镜片为一单一整体或左右两个分别对应两个眼球的独立可视镜片；根据双目视差特性，在单一整体的可视镜片上或左右两个可视镜片上匹配左、右眼相应视点对应的纳米光栅的分布和位置，且匹配对应的输出视图信息，从而获得符合自然习惯的三维显示体验。

充分考虑双目视差特性，在左右两个光场镜片上匹配左右眼相应视点对应的纳米光栅像素分布和位置，以及匹配对应的输出视图信息，可获得符合自然习惯的三维显示体验。

在一些实施例中，所述图像生成装置为微型投影仪，所述微型投影仪从可视镜片后方侧面大角度投影至纳米结构功能薄膜，或微型投影仪从可视镜片前方侧面大角度投影至纳米结构功能薄膜，实现可视镜片上纳米结构功能薄膜的指向性光照明，所述微型投影仪出射的照明光源可以是点光源、线光源、或面光源，其出射光强可以随时间或空间变化，微型投影仪实现光场灰度即振幅信息调制，并与纳米结构功能薄膜调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像，或该会聚波面进一步与现实景象形成的波面叠加，例如现实场景的传播光场透过半透明的纳米结构功能薄膜，与虚拟景象的会聚波面叠加，或者通过数码镜头将真实世界景象实时采集并与虚拟信息融合后一起投射在人眼前方，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

在一些实施例中，所述可视镜片依次由光耦合波导一体器件、镜片基体和纳米结构功能薄膜叠合而成，或直接在光耦合波导一体器件上嵌入或贴合纳米结构功能薄膜而成；微型投影仪与光耦合波导一体器件光学耦合连接，从而实现可视镜片上纳米结构功能薄膜的指向性光照明，微型投影仪为点扫描或线扫描投影成像，或面投影成像，其出射光强能够随时间或空间变化，微型投影仪实现光场灰度（振幅）信息调制，并与可视镜片调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像，或该会聚波面进一步与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

进一步的，所述可视镜片由一层可视镜片单元构成，或由两层、三层、4层、或大于4层的可视镜片单元叠合在一起；

每个可视镜片单元包括依次由光波导器件、镜片基体和纳米结构功能薄膜叠合而成；

或直接在光波导器件上嵌入或贴合纳米结构功能薄膜而成；

或纳米结构功能薄膜嵌入或贴合在镜片基体的一面上，然后在镜片基体的另一面上再设置光波导器件，或将镜片基体及纳米结构功能薄膜一起嵌入到光波导器件上，光波导器件的长宽尺寸及厚度尺寸均大于镜片基体及纳米结构功能薄膜的对应尺寸；

每一个可视镜片单元的光波导器件均光学连接有一个光线耦合器件；

所述图像生成装置为微型投影仪，所述微型投影仪的数量与光线耦合器件的数量一致，并一一对应光学连接；或微型投影仪为一个，所有光线耦合器件均设置在可视镜片的同一侧，这些光线耦合器件与微型投影仪之间设有一个光切换器件，并通过光切换器件切换某一个光线耦合器件与微型投影仪进行光学连接；

微型投影仪通过光线耦合器件耦合进可视镜片上的光波导器件，在全反射的作用下，光线在这个可视镜片内传播，可视镜片包含有一组设置于纳米结构功能薄膜上的像素式纳米光栅结构，与光线作用发生衍射，使部分光线从可视镜片出光面逸出，出射光线角度与纳米结构的周期、取向有关，出射光强效率与纳米结构的像素大小、结构深度有关，出射光线经过纳米光栅结构后在可视镜片出光面形成会聚视点，微型投影仪通过点扫描或线扫描投影成像，其出射光强能够随时间或空间变化，微型投影仪，通过扫描方式实现光场灰度即振幅信息调制，并与即可视镜片调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像，或该会聚波面进一步与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

在另外一些实施例中，所述可视镜片由一层可视镜片单元构成，或由两层、三层、4层、或大于4层的可视镜片单元叠合在一起；

每个可视镜片单元包括依次由光波导器件、镜片基体和纳米结

构功能薄膜叠合而成；

或直接在光波导器件上嵌入或贴合纳米结构功能薄膜而成；

或纳米结构功能薄膜嵌入在镜片基体一面上，然后在镜片基体的另一面上再设置光波导器件，或将镜片基体及纳米结构功能薄膜一起嵌入到光波导器件上，光波导器件的长宽尺寸及厚度尺寸均大于镜片基体及纳米结构功能薄膜的对应尺寸；

每一个可视镜片单元的光波导器件均光学连接有一个光线耦合器件；

所述图像生成装置包括光源和空间光调制器；

所述光源的数量与光线耦合器件的数量一致，并一一对应光学连接；所述光源包括点光源或线光源，及一个光线准直器件，所述点光源或线光源通过光线准直器件与光线耦合器件光学连接；或光源为一个，所有光线耦合器件均设置在可视镜片的同一侧，这些光线耦合器件与光源之间设有一个光切换器件，并通过光切换器件切换某一个光线耦合器件与光源进行光学连接，所述光源包括点光源或线光源，及一个光线准直器件，所述点光源或线光源通过光线准直器件与光切换器件光学连接；

所述空间光调制器设置于可视镜片与人眼之间；

光源通过光线准直器件和光线耦合器件耦合进光波导器件，也即是导入可视镜片，在全反射的作用下，光线在纳米结构功能薄膜内传播，纳米结构功能薄膜包含有一组像素式纳米光栅结构，与光线发生衍射作用，使部分光线从纳米结构功能薄膜出光面逸出，出射光线角度与纳米光栅结构周期、取向有关，出射光强效率与纳米光栅结构的像素大小、结构深度有关，光源的光经过纳米光栅结构后在可视镜片出光面形成一个或多个会聚视点，空间光调制器放置在可视镜片与人眼之间，空间光调制器进行光场灰度即振幅信息调制，并与纳米结构功能薄膜调制的光场相位信息匹配，最终在人眼

前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像，或该会聚波面进一步与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

上述实施例中，当采用一个光源及光切换器件时，采用分频照明的方法实现基于多层纳米结构功能薄膜光场镜片的三维显示。将多层纳米结构功能薄膜紧密叠合形成光场镜片。通过分频的方式控制照明光源，实现出光空间内出射光场按各层纳米结构功能薄膜设计的纳米光栅结构控制出射光场依次变换。利用光切换器件将照明光源交替切换至各层指向性导光薄膜，实现各层指向性导光薄膜的交替照明。通过该方法，既兼顾了图像清晰度，又提供了更多视角信息，可实现良好的 3D 显示效果。此外，在制作上，纳米光栅像素与空间光调制器像素无需对准，极大降低了制造难度。其优势为视角更连续，3D 体验更佳，制作更简便。

在一些实施例中，纳米结构功能薄膜上的纳米光栅结构的设置依据以下条件：眼睛观看位置不同、距离不同的物体时，眼睛转动，视轴随之转动；所述纳米光栅结构分别形成至少两个视角，或多个连续视角形成连续视窗，便于眼睛转动时观看虚拟景物；纳米结构功能薄膜上制作的纳米光栅结构，其形成的视角一一对应于眼球水平左右转动的至少两个视角，及一一对应眼球上下转动的至少两个视角，根据人眼视觉习惯，可视镜片上方和中间视角对应远处景象，下方视角对应近处景象；或进一步设计视角间隔小于人眼瞳孔大小，保证单眼能够看到两幅以上视角图像，实现单眼视差效果，即单眼聚焦的位置位于显示物体上。

在一些实施例中，所述可视镜片为两个独立的可视镜片分别对应两个眼球，左右两个可视镜片的纳米结构分布是对称性的，两者之间产生的光场具有双目视差，在眼球移动时，左右可视镜片的会聚光场形成视差效应，即左眼获得的图像包含更多的左方向信息，

右眼获得的图像包含更多的右方向信息，通过大脑融合形成立体图像。

在一些实施例中，所述图像生成装置为微型投影仪或空间光调制装置，所述头戴式三维显示装置中设有眼球跟踪装置，所述眼球跟踪装置跟踪眼球动态变化，确定视轴角度和瞳孔位置，然后将上述信息转换为控制信号，控制微型投影仪或空间光调制器，在可视镜片的不同部分投影相应的图像，使得会聚的视点位于眼睛的视轴上。

在一些实施例中，对应于每个视角，纳米结构功能薄膜上设置一组纳米光栅像素与其对应，所述纳米光栅像素的密度及分布依据以下条件布置：

一种方式是，单个视角对应的纳米光栅像素与距离视轴角度无关，对应于各视角的纳米光栅像素通过互相嵌套的方式均匀排列在纳米结构功能薄膜上；

或，另一种布置方式，单个视角对应的纳米光栅像素与距离视轴角度有关，所述单个视角对应的纳米光栅像素的分布特征为：与该视角对应的纳米光栅像素在该视角对应视轴附近的排布密度，大于远离视轴区域的排布密度，即对应于各视角的纳米光栅像素通过互相嵌套的方式非均匀排列在纳米结构功能薄膜上。这一种排布方式既兼顾了视觉体验的质量，又可以减少纳米光栅像素的数量，降低加工成本。

在一些实施例中，所述纳米结构功能薄膜为多焦距纳米结构指向性功能薄膜，其在人眼明视区域投影形成至少两个深度的虚像，当人眼通过调节眼球聚焦到近距离景象时，远距离景象模糊，反之，当人眼聚焦到远距离景象时，近距离景象模糊。

比如，所述可视镜片为具有多个焦距的离轴菲涅尔透镜，在近轴条件下，其成像关系可简单近似为：

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{u'}=\frac{1}{f}$$

其中，u 和 u' 分别为物距和像距，f 为菲涅尔透镜焦距，每个菲涅尔透镜具有不同焦距，并在人眼前方投影出景深不同的多个虚像，其垂轴放大率g即像高y'与物高y之比也将随之改变：

$$g=\frac{y'}{y}=\frac{u'}{u}$$

所述纳米光栅结构为多个离轴菲涅尔透镜结构的互相嵌套，形成多个焦距的离轴菲涅尔透镜结构，从而显示不同距离的图像，实现多景深图像分离显示，通过改变投影物体大小，使所呈现的虚像大小与其对应的远近距离比例符合人眼观察实景的比例。

以三个焦距的实例举例说明，所述纳米光栅结构为三个离轴菲涅尔透镜结构的互相嵌套，形成三个焦距的离轴菲涅尔透镜结构，所述三个离轴菲涅尔透镜结构的焦距依次变大，分别对应远景、中景、近景的图像显示，其对应的纳米光栅嵌套排列方式如下：

第一排，所述纳米光栅依次对应于远景、中景、近景、远景；

第二排，所述纳米光栅依次对应于中景、近景、远景、近景；

第三排，所述纳米光栅依次对应于近景、远景、中景、近景。

以此类推，可以制作任意需要的多焦距会聚的纳米结构功能薄膜。

参见图 5（a）、图 5（b）、图 5（c）、图 5（d）、图 5（e）、图 5（f）、图 5（g）、图 5（h）、图 5（i）和图 5（j），这些附图是多种含有纳米光栅像素结构的功能薄膜的示意图。纳米光栅结构可由单种材料组成，亦可由多种材料组成，其材质可为树脂、塑料、橡胶、玻璃、聚合物、光折变晶体、金属、金属氧化物等。其中，图 5（a）、图 5（c）、图 5（g）、图 5（f）、图 5（i）是由基材 2101 和功能层 2102 两种材质构成纳米结构功能薄膜的示意

图，功能层 2102 形成纳米光栅结构。图 5（e）是由一种单一材质基材 2101 构成纳米结构功能薄膜的示意图，即直接在基材上制备纳米光栅。图 5（b）、图 5（d）、图 5（h）和图 5（i）是由基材 2101、功能层 2102 和复合层 2103 三种材质构成纳米结构功能薄膜的示意图。

在本发明中，可视镜片可以由可视镜片的镜片基体与具有纳米光栅结构的功能薄膜复合而成，也可以由多层功能薄膜复合而成，或者直接在镜片基体上加工纳米光栅而成。因此，纳米光栅可以加工在上述功能薄膜上，然后再贴合或嵌入到镜片基体上，也可以直接在镜片基体上加工所述纳米光栅。也就是说，图 5（a）-（j）中的标识 2101 基材，既可以代表功能薄膜的基材，也可以代表镜片的本体。当可视镜片中设有光波导器件时，可以按照前述复合结构进行构建可视镜片。

其中，图 5（e）是在基材 2101 上直接加工纳米光栅，而图 5（f）是将功能层 2102 嵌入到基材 2101 内部，从而将纳米光栅设置于基材 2101 的内部。图 5（g）和图 5（h）是基材 2101 和功能层 2102 均制备纳米光栅，并且相互嵌套。图 5（a）-（d），及图 5（i）、图 5（j）是将纳米光栅结构的功能层 2101 贴合于基材 2101 上。

纳米光栅结构的本质是光学折射率在微纳米尺度空间内周期性变化并可与光作用发生衍射效应。本发明提出的上述纳米结构功能薄膜，其中纳米光栅像素可以采用紫外连续变空频光刻技术以及纳米压印进行制作，该紫外连续变空频光刻技术参照申请号为 CN201310166341.1 的中国专利申请记载的光刻设备和光刻方法。需要指出的是，在本发明中，可以采用光刻方法在光滑表面制作出各个不同指向的纳米光栅。纳米光栅的厚度为 10um-2mm，其结构可以是浮雕型的，通过上述纳米光刻方法制作纳米结构，再做出能够用

于压印的模板，然后通过纳米压印批量压印出纳米光栅构成的像素阵列。亦可是折射率调制型，通过纳米光刻在折射率调制型记录材料（如光致聚合物薄膜、光折变晶体玻璃等）上曝光制备。

附图 6(a)-(f)是含有纳米光栅像素的功能薄膜 22 与镜片基体 21 构成指向性功能镜片（可视镜片 2）或可视镜片单元的结构示意图。如图 6（a）、图 6（b）和图 6（c）所示，通过在镜片基体 21 表面贴合纳米结构功能薄膜 22，或在镜片基体 21 内部嵌入纳米结构功能薄膜 22（图 6（d）、图 6（e））获得指向性功能镜片。值得指出的是，制作单层和多层紧密叠合的纳米光栅结构时（如图 6（b）、图 6（e）、图 6（f）），可以在光栅结构表面蒸镀或贴合一层与基底折射率不同的透明介质层 23,保护纳米光栅结构特性和导光特性。

参见图 7，图 7 是实现单个视点会聚的指向性功能薄膜的纳米结构分布图。图 7 所示的纳米光栅结构相当于单个离轴菲涅尔透镜结构，可以使图像会聚于视点 1。n×m 个这样的纳米光栅结构构成了 n×m 个不同焦点的离轴菲涅尔透镜结构（每一组纳米光栅可以根据需要模拟不同焦距的离轴菲涅尔透镜结构）。此外，通过单个像素复杂纳米结构的设计，可使出射光线对入射光波长不敏感，如通过渐变纳米结构，可使多波长入射光获得相同会聚效果。图上像素（纳米光栅）不限于矩形像素，也可以是圆形，菱形，六边形等像素结构组成。图上像素（纳米光栅）亦可互相分立，适当设计像素（纳米光栅）间距，可使之满足照明空隙要求。此外，通过调节图上各像素（纳米光栅）的像素大小、结构或槽深等结构参数依空间分布变化，可使各像素点获得理想的衍射效率，达到均匀照明的目的。

图 7 利用具有指向性功能的纳米结构功能薄膜（或称为纳米结构指向性功能薄膜）构筑单视点新波前。在自然观看情况下，自然

景物向四周发射漫反射光，而景物投射到人眼的光线被角膜和晶状体成像。同样的，由纳米结构指向性功能薄膜构筑的新波前需符合自然观看条件，即：由纳米结构指向性功能薄膜构筑的新波前应为会聚波面，在眼睛前方形成至少一个会聚点，即视点。眼睛应位于视点后的观察区域，从而使人眼在观看虚拟物体时处于放松和舒服的状态。考虑到头戴式可视设备屏幕距人眼距离通常为 10mm-50mm，可优化纳米结构指向性功能薄膜构筑的视点距离，使眼睛处于最佳观察范围内。

参见图 8，图 8 是本发明实施方式下基于反射式投影的一种现实增强显示方案图。可视镜片 2 嵌入或贴合有纳米结构功能薄膜 22，微型投影仪 3 从可视镜片 2 后方侧面大角度投影至指向性功能薄膜 22，实现可视镜片上纳米结构的指向性光照明。微型投影仪 3 出射的照明光源可以是点光源、线光源、或面光源。其出射光强可以随时间或空间变化。微型投影仪 3 实现光场灰度（振幅）信息调制，并与纳米结构功能薄膜 22 调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像。或该会聚波面进一步与现实景象形成的波面叠加，例如现实场景的传播光场透过半透明的纳米结构功能薄膜，与虚拟景象的会聚波面叠加，或者通过数码镜头将真实世界景象实时采集并与虚拟信息融合后一起投射在人眼前方，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

参见图 9，图 9 是本发明实施方式下基于投射式投影的一种现实增强显示方案图。将纳米结构功能薄膜 22 贴合或嵌入佩戴式可视镜片 2。微型投影仪 3 从可视镜片前方侧面大角度投影至纳米结构功能薄膜 22，实现可视镜片 2 上纳米结构的指向性光照明。微型投影仪 3 出射的照明光源可以是点光源、线光源、或面光源。其出射光强可以随时间或空间变化。微型投影仪 3 实现光场灰度（振幅）

信息调制，并与光场镜片（即可视镜片 2）调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像。该会聚波面可以进一步与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合

参见图 10，图 10 是本发明实施方式下的另一种现实增强显示方案图。将纳米结构功能薄膜 22 嵌入或贴合在头戴式三维显示装置的可视镜片上。微型投影仪 3 耦合进可视镜片（光线耦合器件 4 是现有技术，不再赘述），从而实现可视镜片屏幕上纳米结构的指向性光照明。微型投影仪 3 可以是点扫描或线扫描投影成像，或面投影成像。其出射光强可以随时间或空间变化。微型投影仪 3 实现光场灰度（振幅）信息调制，并与可视镜片（实质是纳米结构功能薄膜 22）调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像。该会聚波面可以进一步与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。例如，图 10 中的光线耦合器件 4 及可视镜片均为透明或半透明材质，则现实景物的光线透过光线耦合器件 4 及可视镜片，与虚拟信息融合，使眼睛看到虚拟和现实结合的视觉呈现。

参见图 11，图 11 是本发明另一种实现现实增强显示方案示意图。可视镜片包括：镜片基体 21、纳米结构功能薄膜 22 和光波导器件 5，将纳米结构功能薄膜 22 嵌入或贴合在镜片基体 21 的一面上，然后在镜片基体 21 的另一面上再设置光波导器件 5（也可以根据需要，将镜片基体 21 及纳米结构功能薄膜 22 一起嵌入到光波导器件 5 上，如图 11 所示的那样，光波导器件 5 的长宽尺寸及厚度尺寸均大于镜片基体 21 及纳米结构功能薄膜 22 的对应尺寸），微型投影仪 3 与光波导器件 5 通过光线耦合器件 4 进行光学连接。微型投影仪 3 通过光线耦合器件 4 耦合进可视镜片上的光波导器件 5。在全反射的作用下，光线在这个可视镜片内传播。可视镜片包含有

一组设置于纳米结构功能薄膜22上的像素式纳米结构(纳米光栅),与光线作用发生衍射,使部分光线从导光镜片出光面逸出。出射光线角度与纳米结构的形状(周期、取向)有关。出射光强效率与纳米结构的像素大小、结构深度有关。因此,通过设计特定纳米光栅结构,可在可视镜片出光面形成会聚视点。微型投影仪3通过点扫描或线扫描投影成像。其出射光强可以随时间或空间变化。微型投影仪3通过扫描方式实现光场灰度(振幅)信息调制,并与指向性功能屏幕(即可视镜片)调制的光场相位信息匹配,最终在人眼前方投射出会聚波面,使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像。该会聚波面可以进一步与现实景象形成的波面叠加,得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

参见图12,图12是本发明另一种实现现实增强显示方案示意图。可视镜片2(导光镜片)包括:镜片基体21、纳米结构功能薄膜22和光波导器件,将纳米结构功能薄膜22嵌入或贴合在镜片基体21的一面上,然后在镜片基体21的另一面上再设置光波导器件5(也可以根据需要,将镜片基体21及纳米结构功能薄膜22一起嵌入到光波导器件上,如图12所示的那样,光波导器件的长宽尺寸及厚度尺寸均大于镜片基体21及纳米结构功能薄膜22的对应尺寸),本实施例中,还设置有光线准直器件6、光线耦合器件4和空间光调制器7,照明光源(点光源或线光源,图12中表达为:点/线光源8)依次通过光线准直器件6、光线耦合器件4与光波导器件5进行光学连接,而空间光调制器7设置在人眼与纳米结构功能薄膜22之间。照明光源(点光源或线光源)通过光线准直器件6和光线耦合器件4耦合进光波导器件5,也即是导入可视镜片2。在全反射的作用下,光线在纳米结构功能薄膜22(也可称为导光膜或导光薄膜)内传播。纳米结构功能薄膜22包含有一组像素式纳米光栅结构,与光线作用发生衍射,使部分光线从纳米结构功能薄

膜 22 出光面逸出。出射光线角度与纳米光栅结构形状（周期、取向）有关。出射光强效率与纳米光栅结构的像素大小、结构深度有关。因此，通过设计特定纳米光栅结构，可在显示器件（可视镜片）出光面形成一个或多个会聚视点。将空间光调制器 7（如液晶面板或其它平板显示器）放置在可视镜片与人眼之间，利用空间光调制器 7 实现光场灰度（振幅）信息调制，并与纳米结构功能薄膜 22 调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像。该会聚波面可以进一步与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

参见附图 13（a）和图 13（b），图 13（a）和图 13（b）是本发明实施方式下的一种多视角显示方案图。眼睛观看位置不同、距离不同的物体时，眼睛转动，视轴随之转动。为此，需要针对性的设计纳米结构功能薄膜上的纳米光栅结构，目标是这些纳米光栅结构分别形成至少两个视角，或多个连续视角形成连续视窗，便于眼睛转动时观看虚拟景物。如图 13(a)所示，在纳米结构功能薄膜 22 上制作形成三个视角的纳米光栅结构，以对应眼球水平左右转动的三个视角，分别是对应视角 91 的纳米光栅结构分布区域 9101、对应视角 92 的纳米光栅结构分布区域 9201、和对应视角 93 的纳米光栅结构分布区域 9301，它们对应的视轴分别为 1101、1102、1103。眼睛左右移动，对应左右视角（即视角 91 和视角 93）及其纳米光栅像素分别区域 9101 和纳米光栅像素分别区域 9301。因为眼睛还可能上下移动，因此还可以对应上下视角设置纳米光栅像素区域。如图 13（b）所示，在纳米结构功能薄膜上制作形成三个视角的纳米光栅结构，以对应眼球上中下转动的三个视角，分别是对应视角 94 的纳米光栅结构分布区域 9102、对应视角 95 的纳米光栅结构分布区域 9202、和对应视角 96 的纳米光栅结构分布区域 9302，它们对应的视轴分别为 1201、1202、1203。眼睛上下移动，对应上中下

视角（即视角 94、视角 95 和视角 96）及其纳米光栅像素分布区域 9102、纳米光栅像素分布区域 9202 和纳米光栅像素分布区域 9203。优选地，考虑人眼视觉习惯，可视镜片上方和中间视角（视角 95、视角 96）对应远处景象，下方视角（视角 94）对应近处景象。此外，亦可设计视角间隔小于人眼瞳孔大小，保证单眼能够看到两幅以上视角图像，实现单眼视差效果，即单眼聚焦的位置位于显示物体上。视角小于人眼瞳孔的设计，可减小辐辏调节矛盾，实现连续的动态视差，使观看效果更加自然。

在一些实施例中，为了得到最优的视觉质量，可以在头戴式三维显示装置中增设眼球跟踪装置，利用眼球跟踪装置跟踪眼球动态变化，确定视轴角度和瞳孔位置，然后将上述信息转换为控制信号，控制光源、微型投影仪或空间光调制器等器件，在可视镜片的不同部分（区域）投影相应的图像，使得会聚的视点位于眼睛的视轴上，达到最优视景质量和减少所需处理（传输）数据量的目的。

参见附图 14（a）-（e），图 14（a）-（e）是视角像素密度的分布曲线图。图中，纵坐标 Y 代表纳米光栅像素（纳米光栅）的分布密度或数量，中间纵向的虚线代表某一视轴，横坐标 X 代表纳米结构功能薄膜上某一区域与该视轴之间的距离或者夹角，视轴与横坐标的交点标注为 0，表示纳米结构功能薄膜上该位置（或区域）与该视轴之间的距离（或夹角）为 0。情形 1，如图 14(a)所示，单个视角像素与距离视轴角度无关。各视角像素通过互相嵌套的方式均匀排列在指向性功能镜片表面，即整个纳米结构功能薄膜上的纳米光栅的分布是均匀排布的。情形 2，如图 14(b)-(d)所示，单个视角像素与距离视轴角度有关。考虑到人眼特性，人视觉在视轴周围 6° ～8° 为敏感区。参考附图 2 的视锥细胞分布图，根据实际应用，在设计纳米光栅像素时，可将所设计单个视角的像素分布曲线呈三角函数、方波函数、梯形函数、正弦函数（取其二分之一周期）

或其他函数类型，其共同特征为：与该视角对应的纳米光栅像素在该视角对应视轴附近密集排布，远离视轴区域稀疏排布。即，单个视角对应的纳米光栅像素与距离视轴角度有关，所述单个视角对应的纳米光栅像素的分布特征为：与该视角对应的纳米光栅像素在该视角对应视轴附近的排布密度，大于远离视轴区域的排布密度，即对应于各视角的纳米光栅像素通过互相嵌套的方式非均匀排列在纳米结构功能薄膜上。

以图 14(e)以水平三视角为例，说明多视角的纳米光栅像素通过互相嵌套的方式非均匀排列在指向性功能镜片表面。对应各视角的各视点的纳米光栅像素分布如虚线所示为三角函数分布，图中以三个视角即视角 91、92、93 及其对应的视轴 1101、1102、1103 为依据进行纳米光栅像素的排布，每一个视轴对应的纳米光栅排布密度函数呈三角形，距离视轴越近，纳米光栅像素密度越高，距离到一定数值后，密度降为零，其下降斜率是线性的，因此分布密度曲线最终呈等腰或等边三角形形态。图中等腰梯形的实线为三个视角合成后，光场镜片内纳米结构的整体像素密度分布。其优点为充分利用人眼结构特点，使用较少像素数即可获得较高图像质量。同理可以根据需要设计更多视角的纳米光栅排列分布。其他类型函数的分布密度曲线也基于上述同样的原理。

参见图 15（a）和图 15（b），图 15（b）是在图 15（a）的基础上利用多焦距纳米结构指向性功能镜片实现的一种多景深显示方案图。通过将纳米结构功能薄膜设计为多焦距纳米结构指向性功能薄膜，使之在人眼明视区域投影形成至少两个深度的虚像（图 15（b）中以远、中、近三个景深深度为例）。当人眼通过调节眼球聚焦到近距离景象时，远距离景象模糊，反之，当人眼聚焦到远距离景象时，近距离景象模糊。这种符合人眼调焦习惯的立体显示方式使三维景象观看效果更加自然。上述是以两个焦距为例，依次类

推，理论上可以实现近乎于和实景相似的光学呈现，使得虚拟景象足以乱真。为实现上述构想，多焦距纳米结构指向性功能镜片（即可视镜片）可视作一个具有多个焦距的离轴菲涅尔透镜。在近轴条件下，其成像关系可简单近似为：

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{u'}=\frac{1}{f}$$

其中，u 和 u' 分别为物距和像距，f 为菲涅尔透镜焦距。通过设置多个菲涅尔透镜焦距，可在人眼前方投影出景深不同的多个虚像。值得注意的是，垂轴放大率 β（像高 y' 与物高 y 之比）也将随之改变：

$$\beta=\frac{y'}{y}=\frac{u'}{u}$$

因此，设计中应通过改变投影物体大小，使所呈现的虚像大小与其对应的远近距离比例合适，就如现实中远近不同的景物在人眼中呈现的状态一样，使观察者既有沉浸感，又可与现实景物有效融合。其中，投影物体的大小可通过多种方法改变，比如，可控制图像芯片，改变其输出的物体图像大小，亦或改变投影引擎的放大倍率，还可调整投影引擎与多焦距纳米结构指向性功能镜片的相对距离，使投影物体大小发生变化。此外，根据实际应用，将多视角和多景深结合，获得视差立体效果和眼部肌肉调焦立体效果的融合，使观看效果更加自然。

参见图 16。图 16 是多焦距纳米结构指向性功能镜片的纳米光栅结构分布图。其纳米光栅结构相当于多个离轴菲涅尔透镜结构的互相嵌套，形成多个焦距（图中示例为 3 个，焦距 a、焦距 b、焦距 c）。图上像素（纳米光栅）不限于矩形像素，也可以是圆形，菱形，六边形等像素结构组成。图上像素亦可互相分立，适当设计像素间距，可使之满足照明空隙要求。此外，通过调节图上各像素

的像素大小、结构或槽深等结构参数依空间分布变化，可使各像素点获得理想的衍射效率，达到均匀照明的目的。使之与投影图像或空间光调制器输出图像对准，实现多景深显示时，应将短焦距（如图 16 中的焦距 a）对应纳米光栅像素单元与近景图像像素单元匹配，即图 16 中标号为 001 的纳米光栅像素单元；长焦距（如图 16 中的焦距 c）对应的纳米光栅像素单元与远景图像像素单元匹配，即图 16 中标号为 003 的纳米光栅像素单元；中焦距（如图 16 中的焦距 b）对应的纳米光栅像素单元与中景图像像素单元匹配，即图 16 中标号为 002 的纳米光栅像素单元。从而实现多景深图像分离显示。各焦距对应的纳米光栅像素单元进行相互嵌套排布，如图 16 所示的三个焦距对应的纳米光栅像素单元的嵌套排布示例，以横向 4 个单元，纵向 3 个单元为例，第一排从左到右依次为 001、002、003、001；第二排为 002、003、001、002；第三排为 003、001、002/003。

参见图 17（a）、图 17（b）、图 17（c）和图 17（d），图 17（a）、图 17（b）、图 17（c）和图 17（d）是一种虚拟景物多景深分割示意图。以 17(a)所示图像为例，可根据景物远近关系分割成若干图像（图示中以近景、中景、远景来划分举例说明，分别对应图 17(b)、图 17(c)、图 17(d)）。考虑到人眼对近距离物体的远近分辨能力优于对远距离物体的远近分辨能力。在图像分割时，可对近距离物体进行细致分割，对远距离物体进行大致分割。被分割图像被投影至人眼前不同距离，形成多景深三维图像。

参见附图 18（a）和图 18（b），图 18（a）和图 18（b）是本发明实施方式下利用光场扫描实现的一种多景深显示方案图。不同于上述实施例中利用指向性功能镜片的纳米像素结构设计实现多个会聚视角，该实施例通过快速移动微型投影仪的空间位置或（和）投影角度，改变纳米像素单元的入射角度，从而改变出射光场，并

在观察区域内实现多个连续视角的扫描，尤其是深度方向的扫描。对于单个视点，纳米结构指向性功能薄膜可视作一个离轴菲涅尔透镜。在近轴条件下，其成像关系可简单近似为：

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{u'}=\frac{1}{f}$$

其中，u 和 u' 分别为物距和像距，f 为菲涅尔透镜焦距。通过调节物距，可在人眼前方投影出景深不同的虚像。充分考虑人眼成像特点，虚像距离人眼位置应在其近点和远点之间。值得注意的是，垂轴放大率 β（像高 y ' 与物高 y 之比）也将随之改变：

$$\beta=\frac{y'}{y}=\frac{u'}{u}$$

因此，设计中应通过改变投影物体大小，使所成虚像大小合适，使观察者既有沉浸感，并可与现实景物有效融合。由此，当观察者通过调节将眼睛聚焦到近距离景象时，远距离景象模糊，反之亦然，使得观察者获得与现实景物近乎一样的观看体验。将该实施例与上述实施例结合，可根据实际应用，获得多视点多景深的三维显示方案，提高三维效果体验。

参见图 19，图 19 为本发明实施方式下一种基于多层纳米结构功能薄膜（也可称为指向性导光薄膜）的显示方案图。多层纳米结构功能薄膜叠加（图 19 中以三层为例），实质上是由三层可视镜片单元紧密叠加，每一层可视镜片单元均包括光波导器件 5、镜片基体 21、纳米结构功能薄膜 22，每一层均通过光线耦合器件 4 与一台微型投影仪 3 光学连接。每层可视镜片单元均由独立的微型投影仪 3 和光线耦合器件 4 控制。微型投影仪 3 可以是点扫描或线扫描投影成像，或面投影成像。其出射光强可以随时间或空间变化。微型投影仪 3 可放置在各层导光薄膜同侧，亦可放置在不同侧。通过多层指向性导光薄膜紧密叠合的方法，本质上是利用空间复用的

方法增加可视屏幕可显示信息量，实现多视点或多焦距的三维显示。通过该方法，既兼顾了图像清晰度，又提供了更多视角信息，可实现良好的裸眼 3D 显示效果，其优势为视角更连续，3D 体验更佳。

参见图 20，图 20 为图 19 方案的一种变形，多层的可视镜片单元结构相同（图示中也以 3 层为例，可以根据需要做成 2 层、4 层、5 层或更多层），每一层可视镜片单元也均对应一个光线耦合器件 4，但是这些光线耦合器件 4 均设置在每一层光波导器件 5 的同一侧，然后微型投影仪 3 是共用一个，在各光线耦合器件 4 与微型投影仪 3 之间设置一个光切换器件 10，通过光切换器件 10 来切换微型投影仪 3 与某一个光线耦合器件 4 连通。微型投影仪 3 可以是点扫描或线扫描投影成像，或面投影成像。其出射光强可以随时间或空间变化，实现各层纳米结构功能薄膜的交替照明。因此，通过分频的方式控制微型投影仪 3，可实现各纳米结构功能薄膜依次照明，即出光空间内出射光场按各纳米结构功能薄膜通过纳米光栅结构控制的出射光场依次变换。通过分频式多层纳米结构功能薄膜紧密叠合的方法，本质上是利用时空复用的方法增加可视屏幕可显示信息量，实现多视点或多焦距的三维显示。通过该方法，既兼顾了图像清晰度，又提供了更多视角信息，可实现良好的 3D 显示效果。其优势为视角更连续，3D 体验更佳。

为了实现上述两个实施例的分频控制，所述头戴式三维显示装置还设有分频控制装置，所述分频控制装置包括：

分频电路，用于生成周期性控制信号；

脉冲发生电路，用于生成基准脉冲信号，与分频电路的输入端连接，将基准脉冲信号发送给分频电路，从而调整周期性控制信号的频率；

当微型投影仪为一个时，所述分频电路的另一输出端连接光切

换器件，控制光切换器件按照设定的频率周期性依次切换微型投影仪对各层可视镜片单元的依次照明；

当微型投影仪与光线耦合器件的数量一致时，所述分频电路与各微型投影仪之间还设有照明控制电路，所述照明控制电路根据分频电路的周期性控制信号，按照设定的频率周期性依次启闭各微型投影仪对各层可视镜片单元的依次照明。

参见图 21（a）、图 21（b），图 21（a）、图 21（b）是在图 12 示例的基础上进一步的扩展和优化。

可视镜片采用多层纳米结构功能薄膜叠加（图 21（a）、图 21（b）中以三层为例），实质上是由三层可视镜片单元进行叠加，每一层可视镜片单元均包括光波导器件 5、镜片基体 21、纳米结构功能薄膜 22（当然，纳米光栅可以直接加工在镜片基体 21 或者光波导器件 5 之上，那么，对应的，就不需要纳米结构功能薄膜和镜片基体了），每一层均光学连接一光线耦合器件 4。

本实施例中，还设置有光线准直器件 6 和空间光调制器 7，照明光源（点光源或线光源，图 12 中表达为：点/线光源）依次通过光线准直器件 6、光线耦合器件 4 与光波导器件 5 进行光学连接，而空间光调制器 7 设置在人眼与纳米结构功能薄膜 22 之间。照明光源（点光源或线光源，图中标注为点/线光源 30）通过光线准直器件 6 和光线耦合器件 4（图 12 中表达为光线耦合器件）耦合进光波导器件 5，也即是导入可视镜片。在全反射的作用下，光线在纳米结构功能薄膜 22（也可称为导光膜或导光薄膜）内传播。纳米结构功能薄膜 22 包含有一组像素式纳米光栅结构，与光线作用发生衍射，使部分光线从纳米结构功能薄膜 22 出光面逸出。出射光线角度与纳米光栅结构形状（周期、取向）有关。出射光强效率与纳米光栅结构的像素大小、结构深度有关。因此，通过设计特定纳米光栅结构，可在显示器件（可视镜片）出光面形成一个或多个会聚

视点。将空间光调制器 7（如液晶面板或其它平板显示器）放置在可视镜片与人眼之间，利用空间光调制器 7 实现光场灰度（振幅）信息调制，并与纳米结构功能薄膜 22 调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面，使人眼可以看到逼真的虚拟三维图像。该会聚波面可以进一步与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。

其中，图 21（a）的方案采用每一层可视镜片单元均对应一个光线耦合器件、光线准直器件及点/线光源，每一层的照明均由一个点/线光源独立控制。而图 21（b）则多层（图中以三层为例）一起通过一个光切换器件共用一个光线准直器件，并光学连接一个点/线光源，即多层可视镜片的照明均由一个点/线光源通过一个光线准直器件，然后经光切换器件切换轮流给予各层可视镜片提供照明。

该方案本质由多层用于控制相位的分频式纳米结构功能薄膜和一个用于控制灰度显示的快速响应空间光调制器组成。单层纳米结构功能薄膜在出光面形成一个会聚视点。以图中三层可视镜片单元为例，最上面一层纳米结构功能薄膜形成会聚视点 2111，中间一层纳米结构功能薄膜形成会聚视点 2121，最下面一层纳米结构功能薄膜形成会聚视点 2131。以此类推。多层导光薄膜紧密叠合。通过分频的方式控制照明光源，实现各导光薄膜依次照明，即出光空间内出射光场按各纳米结构功能薄膜通过纳米光栅结构控制的出射光场依次变换。如图 21(a)所示，根据需要，照明光源可放置在各层导光薄膜同侧，亦可放置在异侧。每层指向性导光薄膜可由独立的照明光源、光准直器件及光线耦合器件控制。通过交替点亮各层导光镜片的照明光源可实现出射光场顺序变换。或如图 21(b)所示，各层指向性导光薄膜由相同照明光源和光准直器件控制。利用光切换器件将照明光源交替切换至各层指向性导光薄膜，实现各层指向

性导光薄膜的交替照明。通过该方法，既兼顾了图像清晰度，又提供了更多视角信息，可实现良好的 3D 显示效果。此外在制作上，纳米光栅像素与空间光调制器像素无需对准，极大降低了制造难度。其优势为视角更连续，3D 体验更佳，制作更简便。

参见图 22（a）、图 22（b），图 22（a），图 22（b）为分频式纳米结构功能薄膜的分频控制电路原理框图。如图 22（a）所示为上述图 21（a）结构的控制电路原理框图。所述头戴式三维显示装置还设有分频控制装置，所述分频控制装置包括：

分频电路，用于生成周期性控制信号；

脉冲发生电路，用于生成基准脉冲信号，与分频电路的输入端连接，将基准脉冲信号发送给分频电路，从而调整周期性控制信号的频率；

图像刷新控制电路，其输入端与分频电路的一输出端连接，输出端与空间光调制器的一输入端连接，用于控制空间光调制器的刷新频率与光源的切换频率同步；

当光源为一个时，如图 22（b）所示，所述分频电路的另一输出端连接光切换器件，控制光切换器件按照设定的频率周期性依次切换光源对各层可视镜片单元的依次照明；

当光源与光线耦合器件的数量一致时，如图 22（a）所示，所述分频电路与各光源之间还设有照明控制电路，所述照明控制电路根据分频电路的周期性控制信号，按照设定的频率周期性依次启闭各光源对各层可视镜片单元的依次照明。

脉冲发生电路产生周期性脉冲信号。该脉冲信号通过分频电路，控制照明电路，从而实现点/线光源的交替通断和各层指向性导光薄膜的交替照明。同时，分频电路控制空间光调制信号的刷新频率，实现输出图像刷新频率与多层指向性导光薄膜照明频率的匹配。如图 22（b）所示为上述图 21（b）结构的控制电路原理框图。

脉冲发生电路产生周期性脉冲信号。该脉冲信号通过分频电路，控制光切换器件，从而实现各层指向性导光薄膜的交替照明。同时，分频电路控制空间光调制信号的刷新频率，实现输出图像刷新频率与多层指向性导光薄膜照明频率的匹配。

参见图 23（a）、图 23（b）、图 23（c），图 23（a）、图 23（b）、图 23（c）为本发明实施方式下的一种双眼视窗对应图，本方案即采用两个独立的可视镜片分别对应两个眼球。双目运动时，由于眼球的精细协调运动，使来自物体同一部分的光线成像于两眼视网膜上。同一被视物体在两眼视网膜上的像并不完全相同，左眼从左方看到物体的左侧面较多，而右眼则从右方看到物体的右侧面较多。为达到三维视觉效果，应匹配左右眼相应视点输出的视图信息，实现双目立体视觉。如图 23(a)所示，双眼会聚于中间物体时，左右眼视点对应的两个可视镜片照明区域应匹配。即：左眼中间视点对应的纳米光栅像素阵列分布区域应与左眼视轴同轴（或可近似为同轴），且与物体同轴（或可近似为同轴）。右眼中间视点对应的纳米光栅像素阵列分布区域应与右眼视轴同轴（或可近似为同轴），且与物体同轴（或可近似为同轴）。此外，左右眼输出的视图信息应匹配。即：左眼通过左可视镜片观察可视物体应含有更多左侧信息，右眼通过右可视镜片观察可视物体应含有更多右侧信息，符合人眼视角关系、距离及大小关系。相同地，如图 23(b)、图 23(c)所示，双眼会聚于边缘物体时，也应正确匹配左右眼相应视点对应的纳米光栅位置，以及输出视图信息。

参见图 24，图 24 是本发明实施例下一种双目头戴式三维显示示意图。左右两个可视镜片的纳米结构分布是对称性的，两者之间产生的光场具有双目视差，在眼球移动时，左右可视镜片的会聚光场形成视差效应，即左眼获得的图像包含更多的左方向信息，右眼获得的图像包含更多的右方向信息，通过大脑融合形成立体图像，

符合人眼观察习惯。更进一步优化，增设眼球动态跟踪装置，通过眼球跟踪确定视轴角度和瞳孔位置，将眼球的移动及其视轴角度和瞳孔位置等动态信息传送给控制装置，控制微型投影仪或者点/线光源及空间光调制器，分别在左右可视镜片的不同部分投影相应的图像，达到最优视景质量和减少所需处理（传输）数据量的目的。

参见图 25，图 25 是一种头戴式三维现实增强显示方案示意图。在图 23（a）、图 24 的基础上，微型投影仪从可视镜片侧面大角度投影（微型投影仪未画出），实现两个独立的可视镜片上纳米结构的指向性光照明。微型投影仪通过控制光强、波长与空间位置的关系，实现光场灰度（振幅）信息调制，并与纳米结构指向性功能薄膜（即可视镜片上纳米结构功能薄膜）调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面。该波面可与现实景象形成的波面叠加，得到真实世界信息和虚拟世界信息的融合。左右两个可视镜片的纳米结构分布是对称性的，两者之间产生的光场具有双目视差，在眼球移动时，左右可视镜片的会聚光场形成视差效应，即左眼获得的图像包含更多的左方向信息，右眼获得的图像包含更多的右方向信息，通过大脑融合形成立体图像，符合人眼观察习惯。考虑到眼睛观看位置不同、距离不同的物体时，眼睛转动，视轴和视点随之转动，因此，对应设计纳米结构功能薄膜上的纳米光栅像素，使之形成如图 24 中所示 9 个视点组成的连续视窗，便于眼睛转动时观看虚拟景物。单个视角像素密度的分布与距离视轴角度有关。与视角对应的纳米光栅像素在该视角对应视轴附近密集排布，远离视轴区域稀疏排布。各视角的纳米光栅像素通过互相嵌套的方式非均匀排列。眼睛左右移动，对应左右视角及其纳米光栅像素区域。眼睛上下移动，对应上下视角及其纳米光栅像素区域。可视镜片上方和中间视角对应远处景象，下方视角对应近处景象。更进一步优化，增设眼球动态跟踪装置，通过眼球跟踪确定视轴角度和瞳孔位

置，将眼球的移动及其视轴角度和瞳孔位置等动态信息传送给控制装置，控制微型投影仪或者点/线光源及空间光调制器，分别在左右可视镜片的不同部分投影相应的图像，达到最优视景质量和减少所需处理（传输）数据量的目的。

参见图 26，图 26 中，对应与左右眼球的可视镜片均为多层结构，图 26 中以 4 层为例进行说明，每一层经包括光波导器件、镜片基体、和纳米机构功能薄膜，他们之间的结构在前述实施例中已经有明确的说明，这里不再赘述。图 26 示例采用照明光源（点光源或线光源）通过光线准直器件和光线耦合器件耦合进可视镜片的各光波导器件（本图中未画出，可参考前述相应的说明），在全反射的作用下，光线在纳米结构功能薄膜内传播。纳米结构功能薄膜包含有一组像素式纳米光栅结构，与光线作用发生衍射，使部分光线从纳米结构功能薄膜出光面逸出。出射光线角度与纳米结构形状（周期、取向）有关。出射光强效率与纳米结构的像素大小、结构深度有关。通过设计特定纳米光栅结构，在可视镜片出光面形成一个会聚视点。在纳米结构功能薄膜前方安置空间光调制器（未画出），实现光场灰度（振幅）信息调制，并与纳米结构功能薄膜调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面。多层用于控制相位的纳米结构功能薄膜形成分频式纳米结构功能薄膜，和一个用于控制灰度显示的快速响应空间光调制器组合。每一单层纳米结构功能薄膜在出光面均形成一个会聚视点。如 2510 纳米导光薄膜形成会聚视点 2511，2520 纳米结构功能薄膜形成会聚视点 2521，2530 纳米结构功能薄膜形成会聚视点 2531。以此类推。多层纳米结构功能薄膜紧密叠合。通过分频的方式控制照明光源，实现各纳米结构功能薄膜依次照明，即出光空间内出射光场按各纳米结构功能薄膜通过纳米光栅结构控制的出射光场依次变换，从而在单眼前方实现由多个连续观察视角组成的观察视窗。每层指向性导

光薄膜可由独立的照明光源、光线准直器件及光线耦合器件（也称为光线耦合器）控制。通过交替点亮各层导光镜片的照明光源可实现出射光场顺序变换。亦或各层纳米结构功能薄膜由相同照明光源和光准直器件控制。利用光切换器件将照明光源交替切换至各层纳米结构功能薄膜，实现各层纳米结构功能薄膜的交替照明（图中未画出）。通过该方法，既兼顾了图像清晰度，又提供了更多视角信息，可实现良好的 3D 显示效果。此外在制作上，纳米光栅像素与空间光调制器像素无需对准，极大降低了制造难度。左右两个可视镜片的纳米结构分布是对称性的，两者之间产生的光场具有双目视差，在眼球移动时，左右光场镜片的会聚光场形成视差效应，即左眼获得的图像包含更多的左方向信息，右眼获得的图像包含更多的右方向信息，通过大脑融合形成立体图像，符合人眼观察习惯。考虑到眼睛观看位置不同、距离不同的物体时，眼睛转动，视轴和视点随之转动，设计纳米结构指向性功能镜片，使之在人眼前显示广角虚拟景物。单个视角像素密度的分布与距离视轴角度有关。与视角对应的纳米光栅像素在该视角对应视轴附近密集排布，远离视轴区域稀疏排布。眼睛左右移动，对应左右视角及其纳米光栅像素区域。眼睛上下移动，对应上下视角及其纳米光栅像素区域。更进一步优化，增设眼球动态跟踪装置，通过眼球跟踪确定视轴角度和瞳孔位置，将眼球的移动及其视轴角度和瞳孔位置等动态信息传送给控制装置，控制微型投影仪或者点/线光源及空间光调制器，分别在左右可视镜片的不同部分投影相应的图像，达到最优视景质量和减少所需处理（传输）数据量的目的。

参见图 27，图 27 是一种头戴式三维虚拟现实显示方案示意图。将纳米结构功能薄膜分别嵌入或贴合左右可视镜片。照明光源（点光源或线光源）通过光线准直器件和光线耦合器件耦合进光场镜片光波导器件（未画出）。在全反射的作用下，光线在纳米结构功能

薄膜内传播。纳米结构功能薄膜包含有一组像素式纳米结构，与光线作用发生衍射，使部分光线从导光薄膜出光面逸出。出射光线角度与纳米结构形状（周期、取向）有关。出射光强效率与纳米结构的像素大小、结构深度有关。通过设计特定纳米光栅结构，在可视镜片出光面形成一个会聚视点。在纳米结构功能薄膜前方放置空间光调制器（未画出），实现光场灰度（振幅）信息调制，并与纳米结构指向性功能薄膜调制的光场相位信息匹配，最终在人眼前方投射出会聚波面。多层用于控制相位的纳米结构功能薄膜紧密叠加形成分频式纳米结构功能薄膜，并与一个用于控制灰度显示的快速响应空间光调制器组合。图 27 中可视镜片 2 以三层可视镜片单元叠合组成为例，每一层可视镜片单元均设有一层纳米结构功能薄膜，每一层单层纳米结构功能薄膜在出光面形成一个会聚视点。且各层纳米结构功能薄膜的焦距不同（通过设计不同焦距的纳米光栅组合），使可视镜片在人眼明视区域投影形成至少两个深度的虚像，通过分频的方式控制照明光源，实现各纳米结构功能薄膜依次照明，即出光空间内出射光场按各纳米结构功能薄膜的纳米光栅结构控制的出射光场依次变换。为实现多景深显示，应将短焦距对应纳米光栅像素单元与近景图像像素单元匹配，长焦距对应的纳米光栅像素单元与远景图像像素单元匹配。从而实现多景深图像分离显示。当人眼通过调节聚焦到近距离景象时，远距离景象模糊，反之，当人眼聚焦到远距离景象时，近距离景象模糊。这种符合人眼调焦习惯的立体显示方式使三维景象观看效果更加自然。左右两个可视镜片的纳米结构分布是对称性的，两者之间产生的光场具有双目视差，在眼球移动时，左右光场镜片的会聚光场形成视差效应，即左眼获得的图像包含更多的左方向信息，右眼获得的图像包含更多的右方向信息，通过大脑融合形成立体图像，符合人眼观察习惯。更进一步优化，增设眼球动态跟踪装置，通过眼球跟踪确定视轴角度

和瞳孔位置，将眼球的移动及其视轴角度和瞳孔位置等动态信息传送给控制装置，控制微型投影仪或者点/线光源及空间光调制器，分别在左右可视镜片的不同部分投影相应的图像，达到最优视景质量和减少所需处理（传输）数据量的目的。

上述空间光调制可选用液晶平板显示器等图像显示器件。

综上所述，本发明公开了一种利用设置纳米结构功能薄膜的可视镜片实现的佩戴式 3D 显示装置。在本发明中，利用设置纳米结构功能薄膜的可视镜片实现会聚光场的相位信息调制，与导光、投影等方式实现的光场灰度信息匹配，可在人眼前方获得三维显示体验。本发明还指出，利用多视角、多景深的方法，可提升三维效果，消除视疲劳。利用分频、多层纳米功能薄膜叠合等方法，可提高显示信息量，提升显示清晰度和立体感。本发明所涉及的头戴式三维显示装置，可用于虚拟现实，或现实增强领域，获得舒适的三维显示场景，不产生晕眩感。

参见图 28，图 28 是基于可视镜片的一种头戴式 3D 显示装置示意图。外界信息采集传感器，例如：现实三维场景采集传感器（3001）、头部运动识别传感器（3002）、眼部运动识别传感器（3004）等，集成在头戴式便携装置上。其具体位置分布可根据实际应用需要改变。虚拟三维景象通过设置有纳米结构功能薄膜的可视镜片和图像输出装置（3003）添加至特定位置。各部件具体位置可根据实际应用需要调整和修改。

将上述利用设置纳米结构功能薄膜的可视镜片实现的佩戴式 3D 显示装置与外界信息采集系统、控制系统结合，可用于虚拟现实和现实增强领域。

参见图 29，图 29 是基于可视镜片的虚拟现实系统方案示意图。在虚拟现实系统中，多个传感器（或图像采集器）对真实世界和观察者进行信息采集，主要包括但不局限于：用于观察者头部运动的

头部运动识别装置、用于眼部运动识别的眼球运动识别装置、用于手势识别的手势识别装置等。这些识别装置采集到相关姿态信息后，传送给信息处理装置进行预处理，然后再传送给中央处理器（CPU）进行处理，CPU 还可以从云端信息获取装置那里采集云端信息，并将所有信息综合处理后，输出图像输出控制指令给图像输出控制装置，该装置发出指令，控制图像生成装置（微型投影仪或光源加空间光调制器等）经过可视镜片进行三维图像的汇聚，终端信息匹配、处理、交互，最终通过可视镜片在虚拟三维尺度空间特定位置呈现虚拟物体或信息。

参见附图 30，图 30 是基于可视镜片的现实增强系统方案示意图。在图 29 的基础上，增加显示景物识别装置，这样可以将现实景物实时的与虚拟景象进行融合，实现现实增强三维显示。对 AR 甚至 MR 提供产业化基础。

参见图 31，图 31 是佩戴式 3D 显示装置与其他移动设备或终端可通过云网络实现信息交互的示意图。头戴式移动装置（3100）、腰戴式移动装置（3101）、腕戴式移动装置（3102）与便携式移动装置（3103、3104）可通过云端便捷地实现信息交互。

该专利所涉及的虚拟现实与增强现实显示技术，可应用到诸如视频游戏、事件直播、视频娱乐、医疗保健、房地产、零售、教育、工程和军事（图 27-35）等社会活动中。

图 32 是本发明应用于交通驾驶的示意图，通过本发明的装置，将虚拟图像（图中示例的是“600 米后文星路”的图文提示和实际路面上的右转行驶标识），该虚拟图像通过焦距的调整，准确的投影到与实景匹配的位置，使虚拟图像和现实景物有机的融合到一起，自然且准确，实现现实增强显示，可有效避免现有车载导航系统中，视觉场景切换导致的交通事故。

图 33 是本发明应用于儿童教育的示意图（当然可以是其他任

何多媒体信息展示领域及电影、电视等领域），两位小朋友通过本发明的装置，一起观看或分享关于恐龙的咨询，包括文字显示和恐龙的立体显示。

图 34 是本发明应用于游戏娱乐、军事训练、战争等领域的示意图，其中的建筑、人物可以是全虚拟的，也可以是虚拟和现实事物融合的现实增强模式。应用于游戏娱乐和军事训练，可以大大提高游戏及军事训练的拟真度，提高游戏的乐趣和可玩性，提高军事训练的实战效果。应用于军事作战，通过云端信息采集与信息交互，使士兵快速获得战场上敌军、我军的位置、运动、作战特性等信息，以及战场形貌信息，大大提高士兵的信息采集能力、实时判断准确性、以及统一作战协调性，提高军队整体战斗力。

图 35 是本发明应用于购物领域或产品展示。可以拟真的全面了解产品的外观信息，并结合文字、声音信息，实现全新的购物体验或展示效果。

图 36 是本发明应用于医疗领域的示意图，实现医生与病患的更加丰富的资讯交流，如图中，医生可以让病患直观的看到自己病牙的立体信息，了解病况，视窗中还同步显示诊断结果等文字信息。

图 37 是本发明应用于家庭影音娱乐领域的示意图，可获得近乎于身临其境的视觉体验，又大大减轻视觉疲劳的症状。

图 38 是本发明应用于服饰虚拟试穿的示意图，通过对试穿者的三维扫描或多角度拍照进行三维合成，然后再将服装与试穿者的三维虚像融合，得到穿上新服饰的三维影像，试穿者可以实时的观察自己的试穿效果，通过本发明的头戴式三维显示装置，可以获得近乎于照镜子的真实视觉体验。

图 39 是本发明应用于商务会议领域的示意图，真实而生动的展示需要讨论的产品或文案，相比于传统的 ppt，更具直观的优势。对于大型设备展示来说，更是如此。

图 40 是本发明应用于远程交互领域的示意图，在图中，以父女两人通过本发明进行远程互动下国际象棋的例子，在本方案中，每一方只需要摆放己方的棋子，然后通过本发明上增设的数码摄像机将己方的棋子动态、甚至是连同下棋人本人全貌一同拍摄（可以是三维扫描、多角度录像或拍照等方式），并进行三维转换，最终通过本发明投射到对方眼前，使得相互之间如同面对面在一起，具有高度的拟真感，如果再加上现实增强技术，几乎察觉不到彼此本来遥远的距离了，这对于远程交互来说，可以是一次革命性的飞跃。

综上，本发明可以实现（不同实施例可能实现部分或全部优点）以下优点：

1） 本发明中涉及的佩戴式 3D 显示装置，利用多层纳米结构功能镜片在人眼前获得会聚光场，再现光场与人眼获取真实景物光场方式相同。将光场相位与导光、投影等方式实现的光场灰度信息匹配，可实现舒适的三维显示场景，不产生晕眩感。

2） 显示清晰度高，立体感强。多层分频式指向性镜片的显示方案，通过分频的方式控制照明光源，实现出光空间内出射光场按各导光薄膜通过纳米光栅结构控制的出射光场依次变换。使显示信息量大幅增加，避免了显示清晰度和立体感之间额矛盾，在不牺牲图像质量的前提下，可获得优良的三维显示效果。

3） 无需对准，与现行三维显示方式兼容。多层分频式指向性镜片的显示方案中，如单层导光薄膜用于实现单会聚视点光场，则光场灰度信息与相位信息无需对准，即如液晶面板等空间光调制器与纳米功能镜片像素之间无需对准，降低制作成本，易于批量生产。此外，其图像输出格式与现有的快门式三维显示格式兼容，易于产业化。

4） 可获得舒适的三维显示场景，不产生晕眩感。多视点的 3D 显示方案，可减小辐辏调节矛盾，实现连续的动态视差，无频闪，

使观看效果更加自然。多景深的 3D 显示方案，可使人眼调节对焦于深度不同的景象，符合人眼调节习惯，不产生晕眩感。

5) 在本发明中，既可以采用纳米光刻方法在镜片表面刻蚀制作出指向性纳米光栅，也可通过该纳米光刻方法先制作出能用于压印模板，再通过纳米压印批量复制，以降低屏幕成本。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权 利 要 求 书

1、一种三维显示装置，其特征在于，包括图像生成装置，和可视镜片，所述可视镜片包括至少一层可视镜片单元，所述可视镜片单元设置有纳米结构，所述可视镜片上的纳米结构与图像生成装置输出的图像匹配，在视窗内形成虚拟景象。

2、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述可视镜片由一层可视镜片单元构成，或由两层、三层、四层、或大于四层的可视镜片单元叠合在一起。

3、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述可视镜片单元包括镜片基底和纳米结构。

4、根据权利要求 3 所述的三维显示装置，其特征在于，所述镜片基底包括波导结构。

5、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述可视镜片为一具有一个、两个、或大于两个独立可视区域的单一整体。

6、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述可视镜片为左右两个分别对应两个眼球的独立可视镜片。

7、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述可视镜片在视窗内形成一个或大于等于两个视点。

8、根据权利要求 7 所述的三维显示装置，其特征在于，所述视点设计间隔小于视窗范围。

9、根据权利要求 7 所述的三维显示装置，其特征在于，所述可视镜片上方和中间视点对应远处景象，下方视点对应近处景象。

10、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述纳米结构为纳米级尺寸的纳米光栅，也称为纳米光栅结构 。

11、根据权利要求 10 所述的头戴式三维显示装置，其特征在于，所述纳米结构为槽形结构、浮雕结构、或镂空结构。

12、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述

纳米结构的分布基于以下原则：所述图像生成装置经所述纳米结构在视窗内不同空间位置形成视点。

13、根据权利要求 1 所述的三维显示装置，其特征在于，所述图像生成装置包括投影装置，所述投影装置与至少一层所述可视镜片单元配合实现视窗内虚拟图像显示。

14、根据权利要求 13 所述的三维显示装置，其特征在于，所述投影装置经波导结构耦合至所述纳米结构。

15、根据权利要求 5 或 6 任一所述的三维显示装置，其特征在于，所述可视镜片包含左右两个独立可视区域，所述左右两个独立可视区域的纳米结构分布是对称性的。

16、根据权利要求 7 所述的三维显示装置，其特征在于，对应于每个所述视点均与一组纳米结构相对应，所述纳米结构的密度及分布依据以下条件布置：

单个视点对应的纳米结构密度及分布与距离视轴角度无关，对应于各视点的纳米结构通过互相嵌套的方式均匀排列；

或，单个视点对应的纳米结构密度及分布与距离视轴角度有关，所述单个视点对应的纳米结构的分布特征为：与该视点对应的纳米结构在该视点对应视轴附近的排布密度，大于远离视轴区域的排布密度，即对应于各视点的纳米结构通过互相嵌套的方式非均匀排列。

17、根据权利要求 16 所述的三维显示装置，其特征在于，单个所述视点对应的纳米结构密度及分布曲线呈三角函数、方波函数、梯形函数或正弦函数。

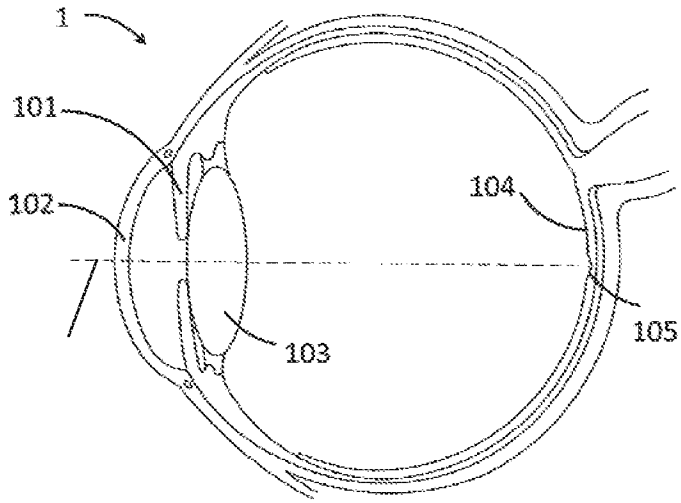
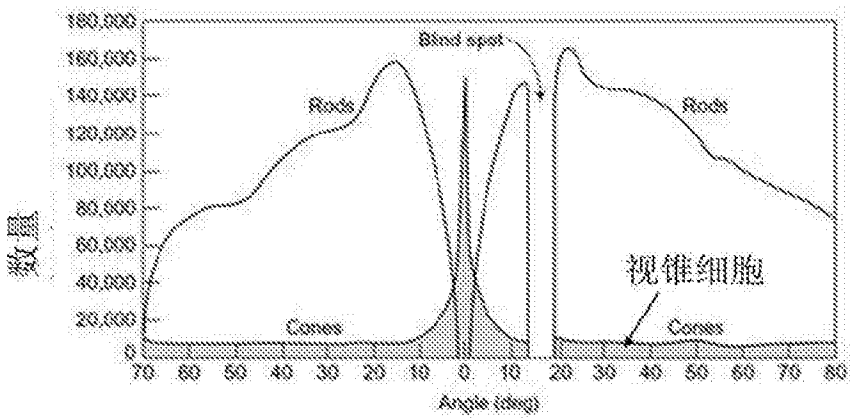


图 1



视锥细胞分布图

图 2

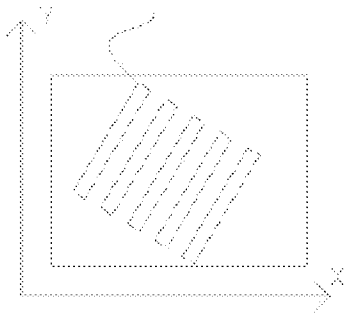


图3

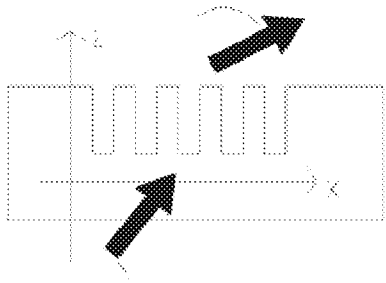


图4

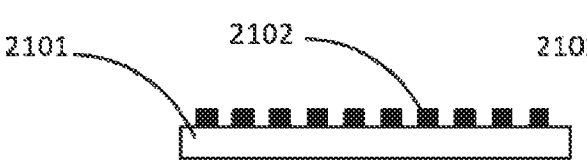


图 5（a）

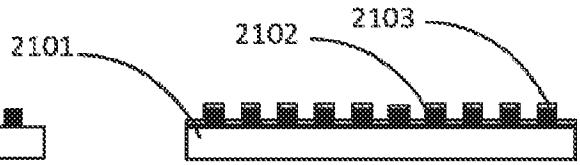


图 5（b）

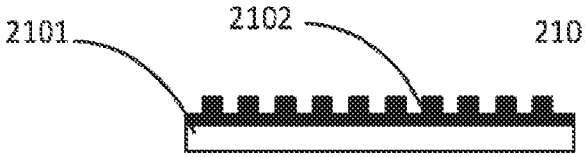


图 5（c）

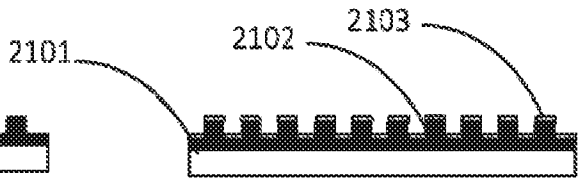


图 5（d）

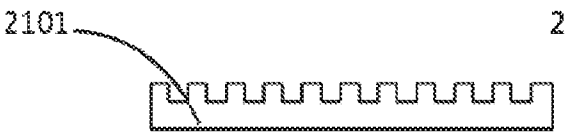


图 5（e）

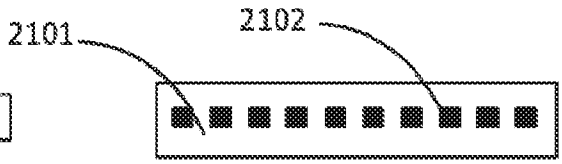


图 5（f）

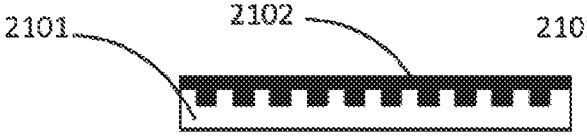


图 5（g）

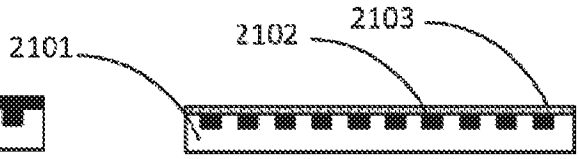


图 5（h）

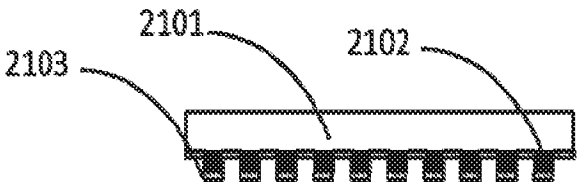


图 5（i）

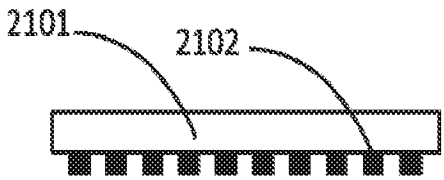


图 5（j）

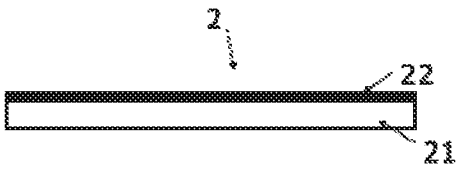


图 6（a）

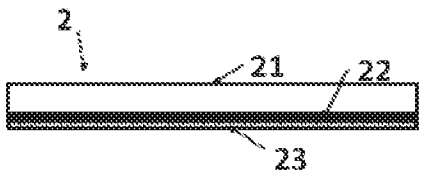


图 6（b）

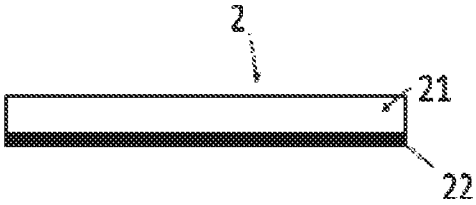


图 6（c）

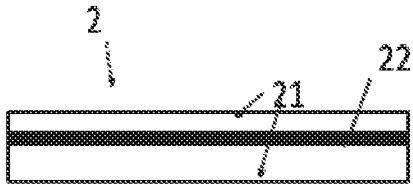


图 6（d）

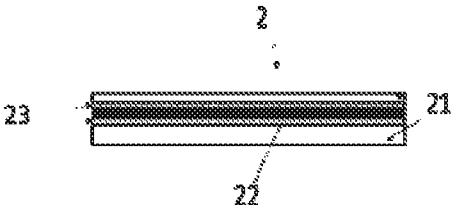


图 6（e）

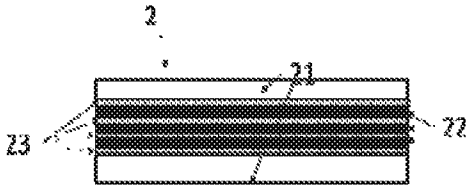


图 6（f）

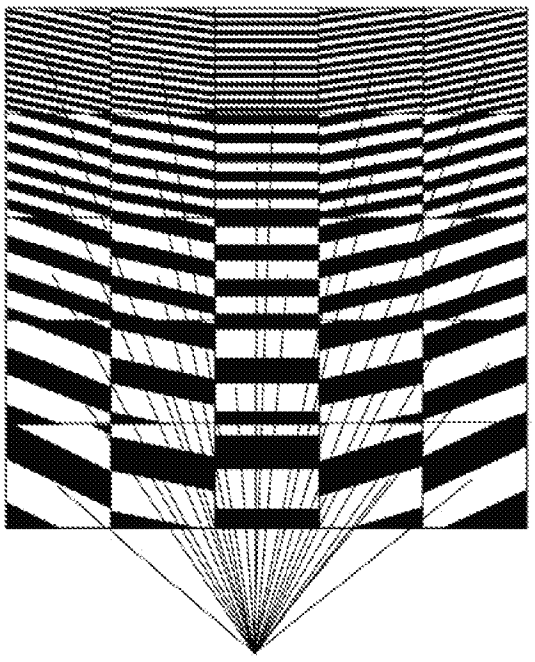


图 7

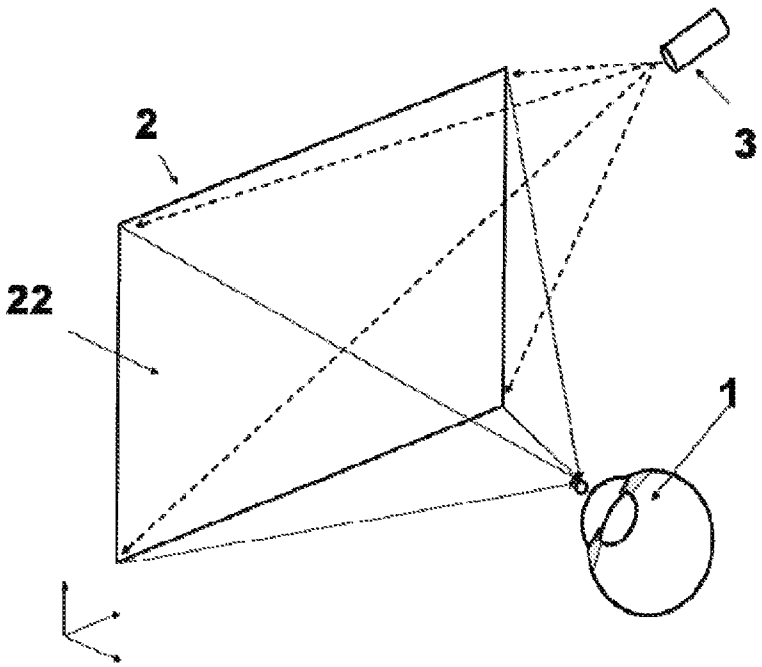


图 8

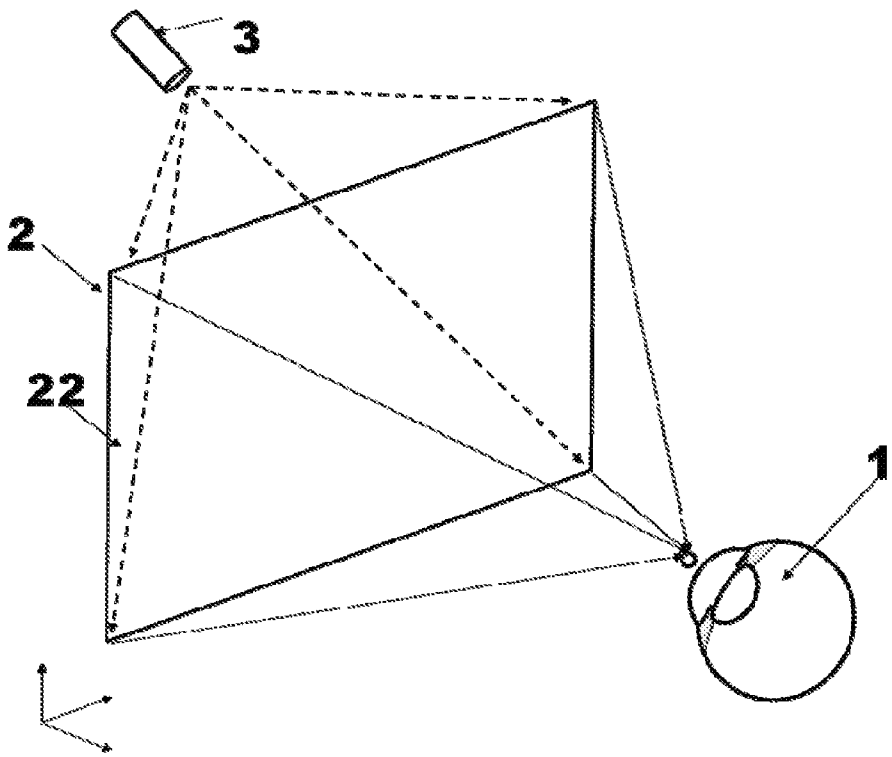


图 9

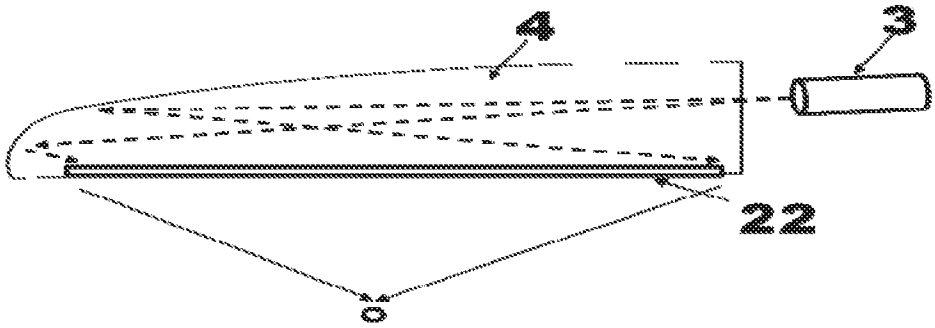


图 10

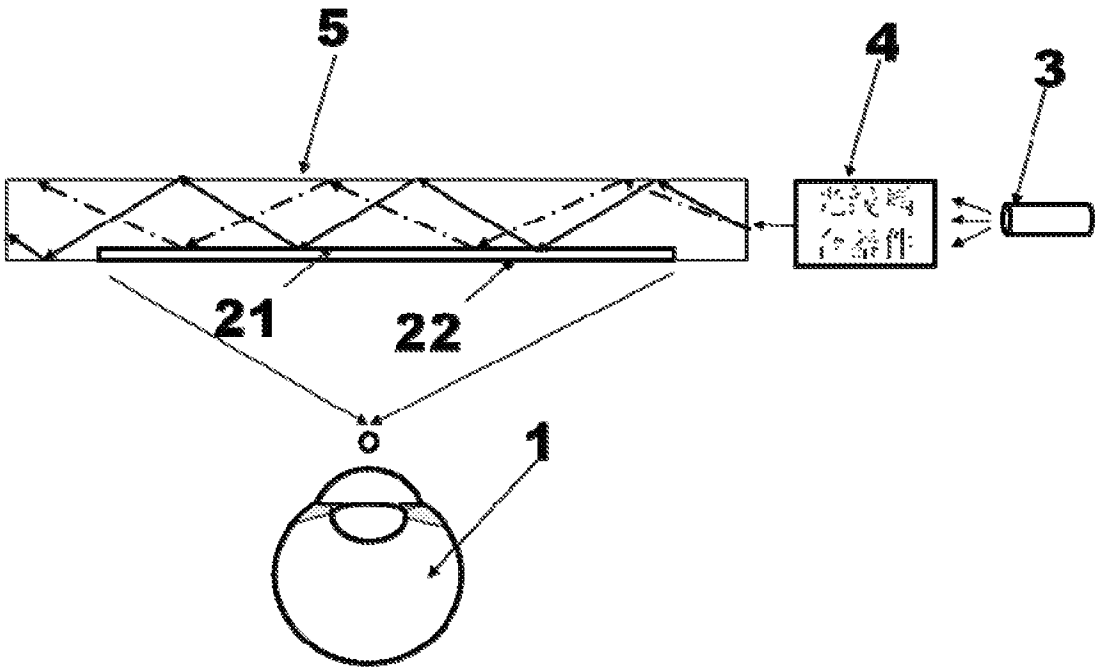


图 11

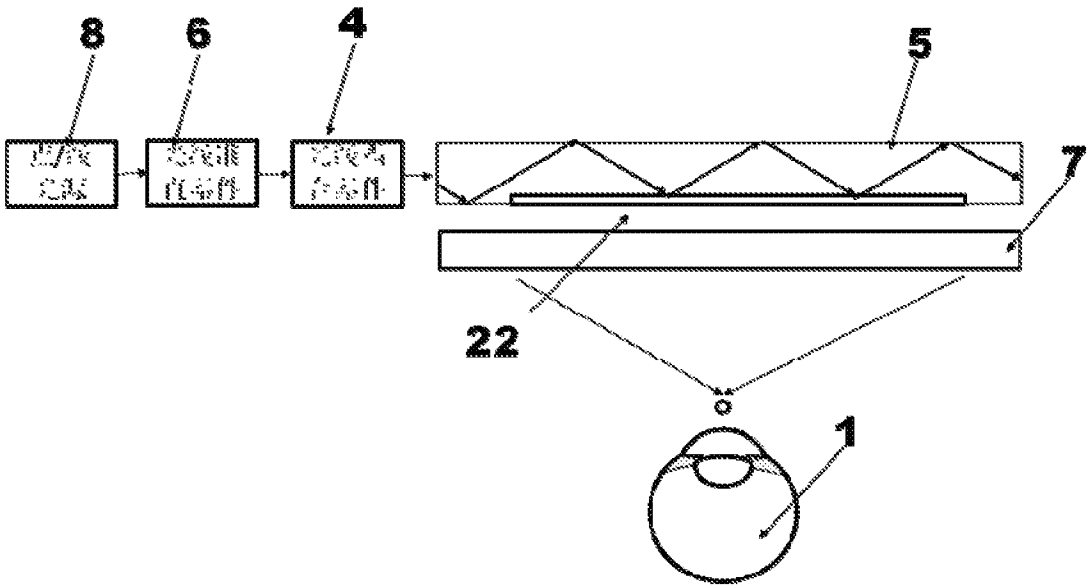


图 12

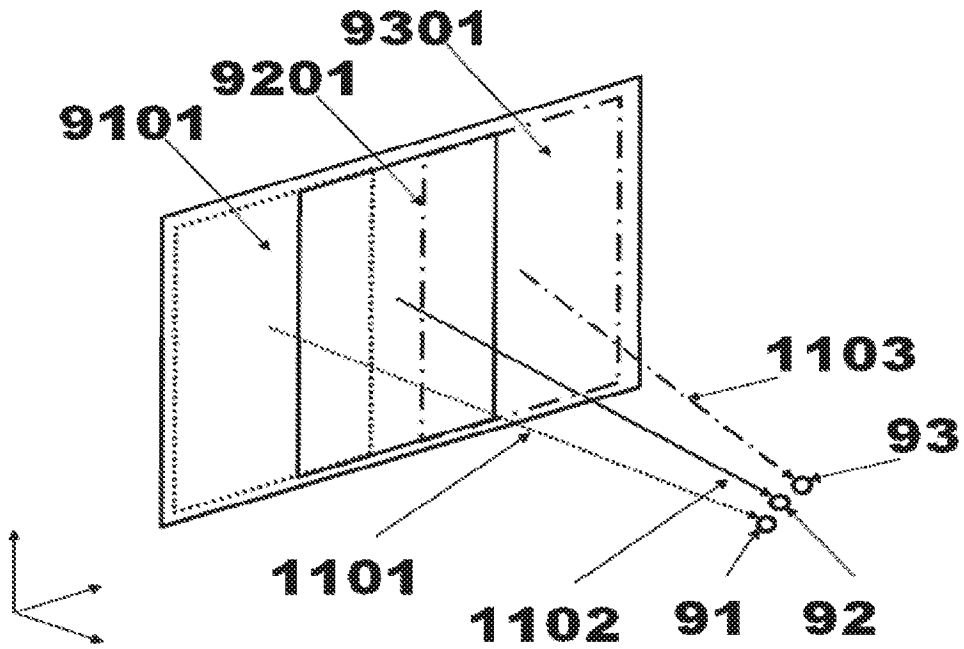


图 13（a）

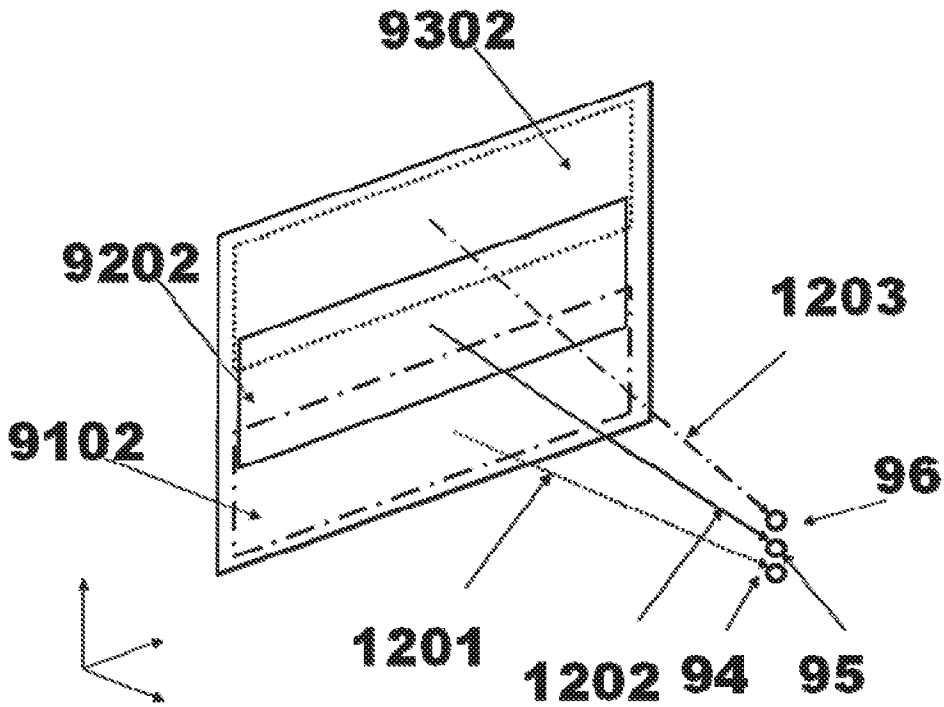


图 13（b）

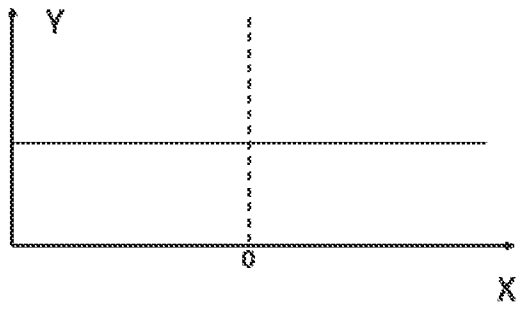


图 14（a）

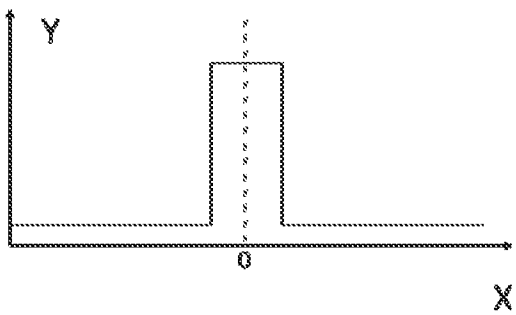


图 14（b）

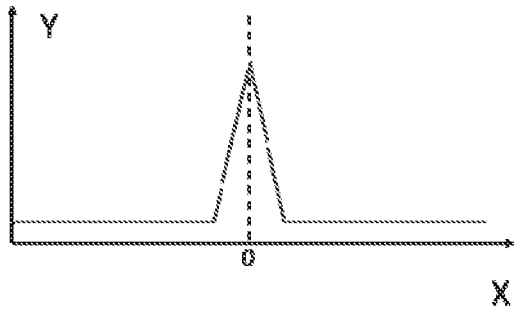


图 14（c）

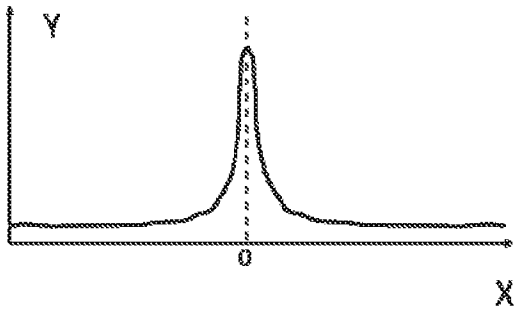


图 14（d）

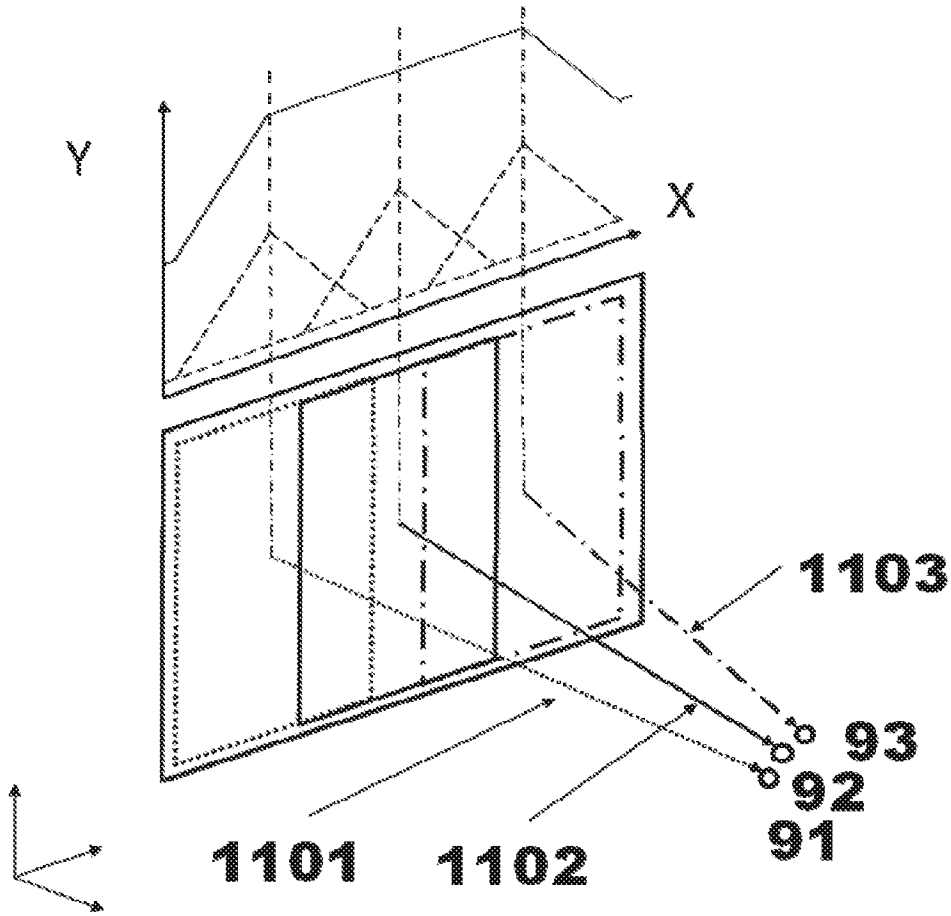


图 14（e）

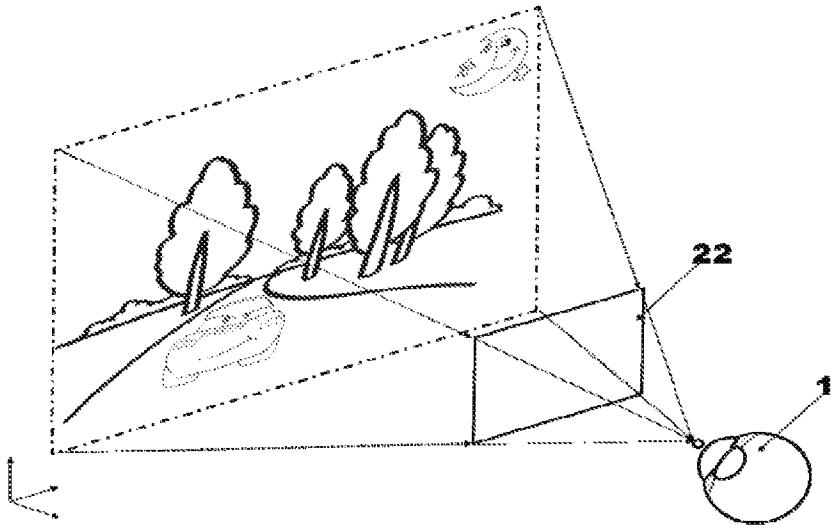


图 15（a）

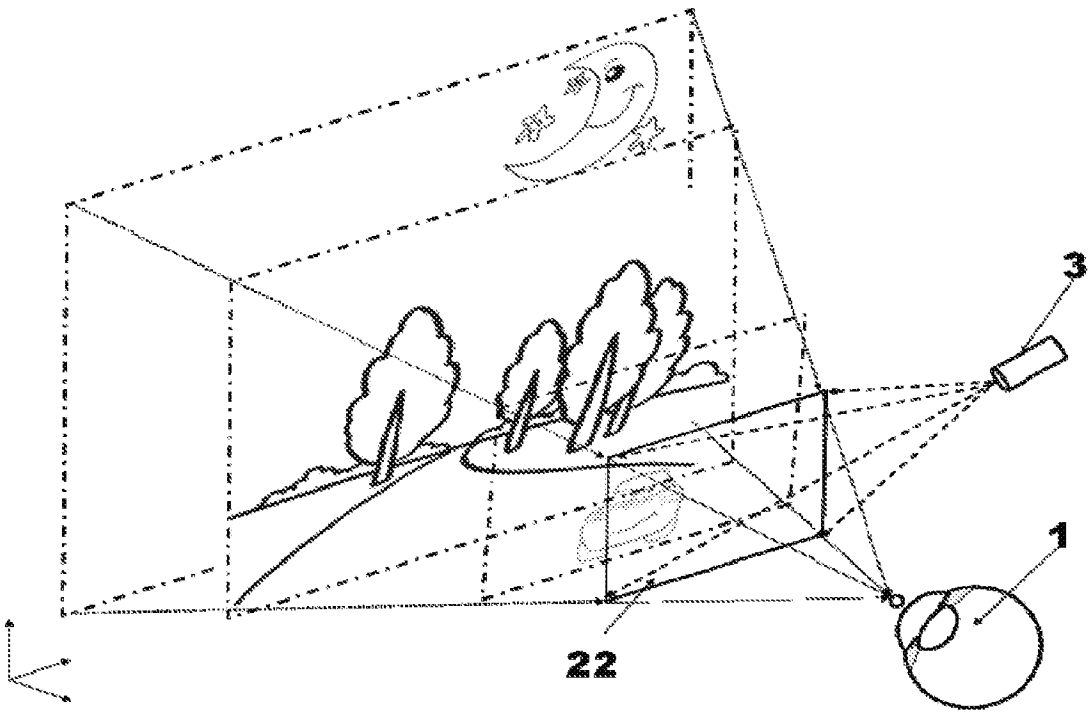


图 15（b）

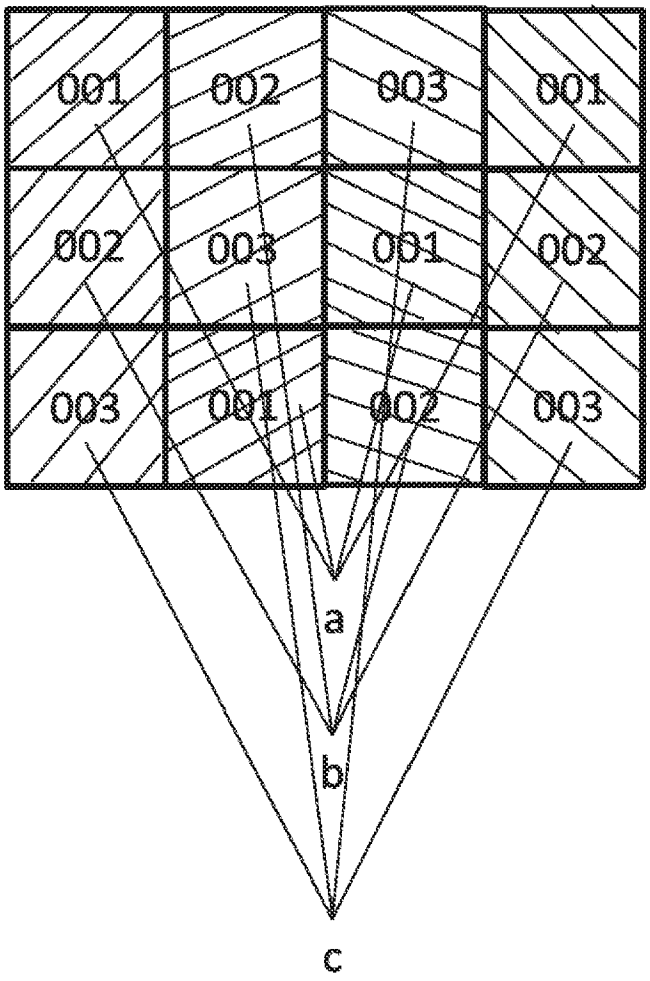


图 16

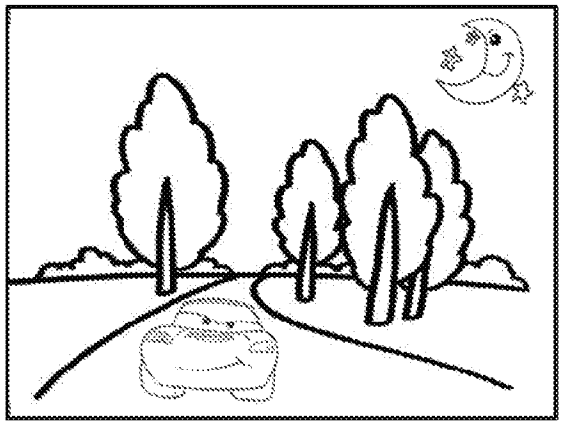


图 17（a）

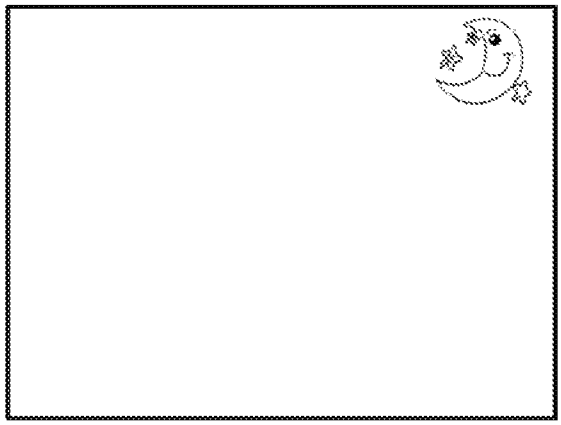


图 17（b）

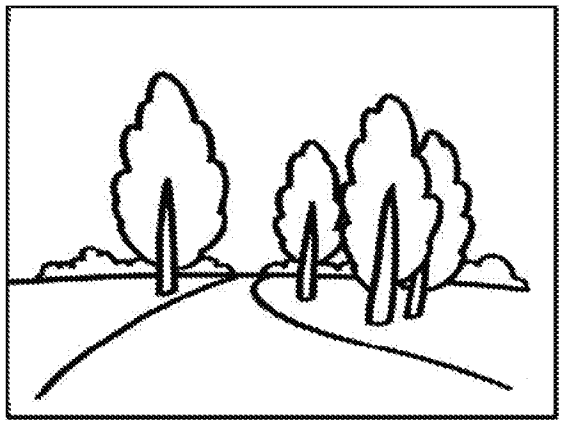


图 17（c）

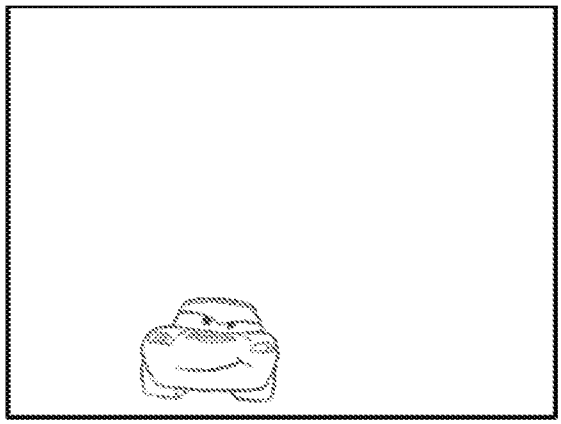


图 17（d）

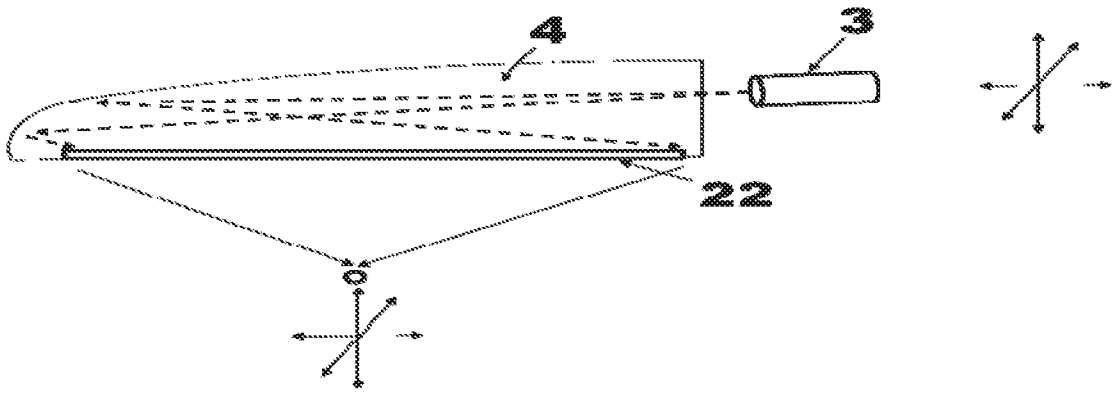


图 18（a）

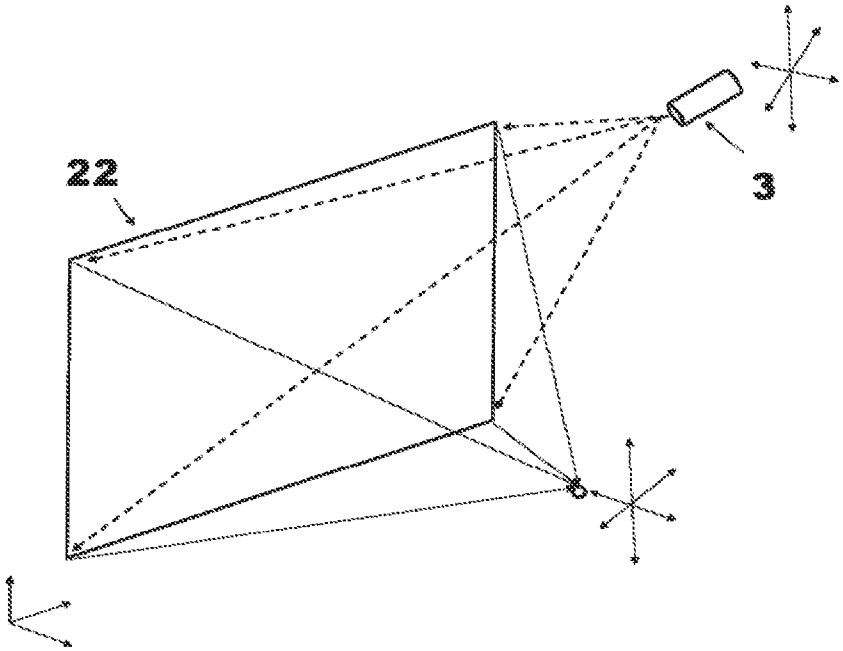


图 18（b）

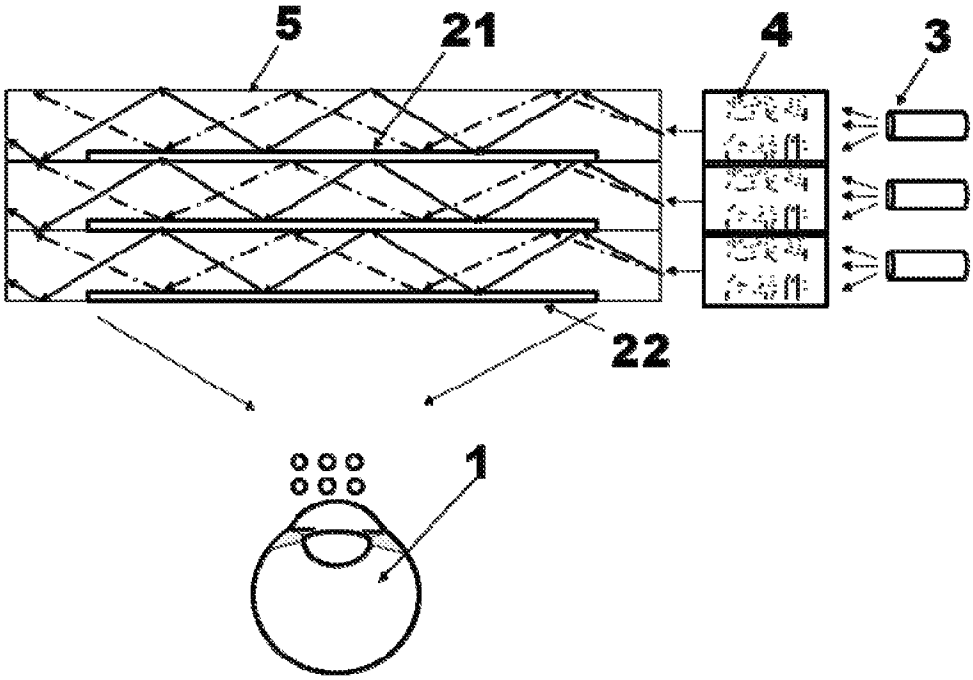


图 19

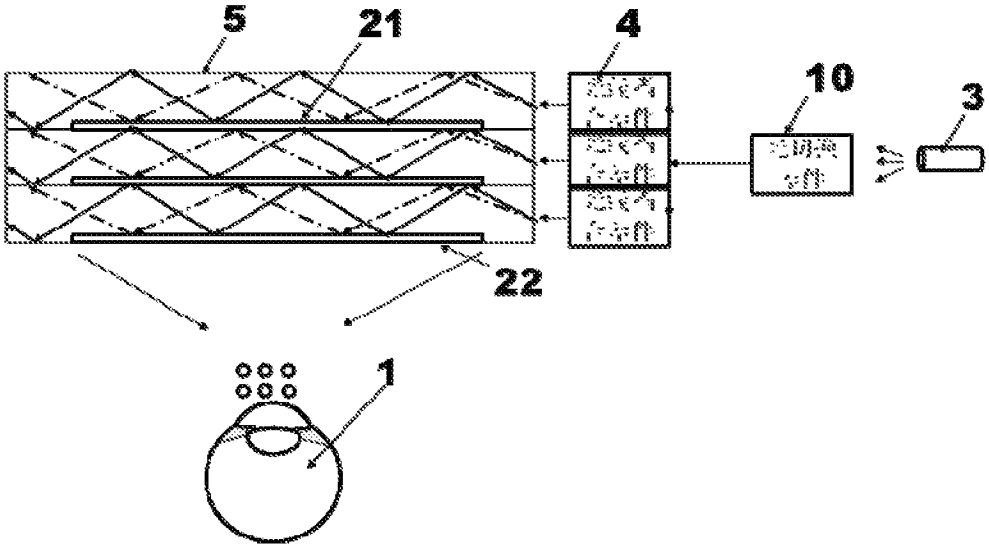


图 20

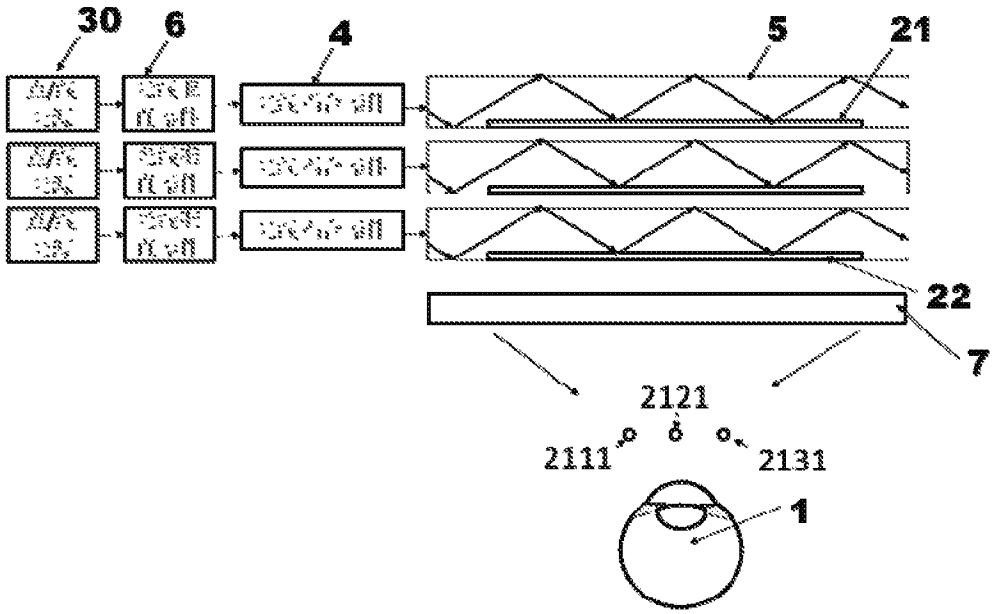


图 21（a）

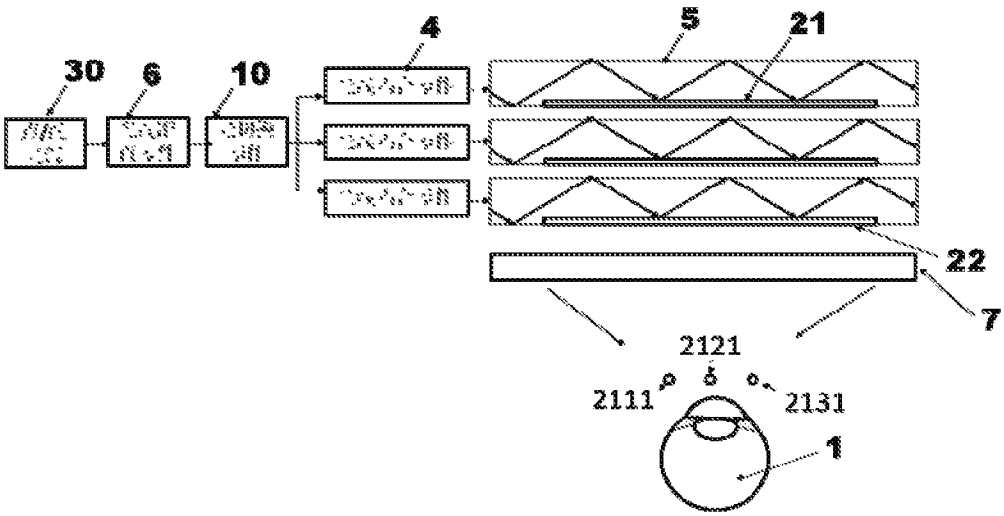

30
6
10
4
5
21
22
7
2121
2111
2131
1

图 21（b）

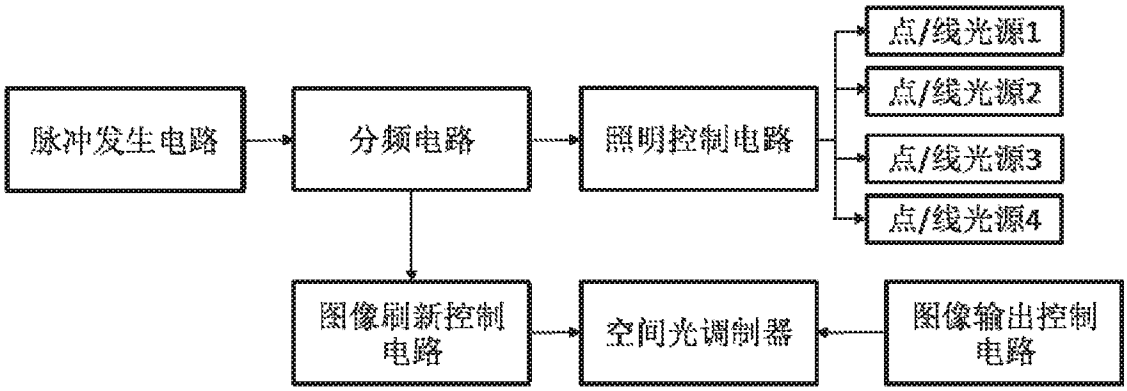

脉冲发生电路
分频电路
照明控制电路
点/线光源1
点/线光源2
点/线光源3
点/线光源4
图像刷新控制电路
空间光调制器
图像输出控制电路

图 22（a）

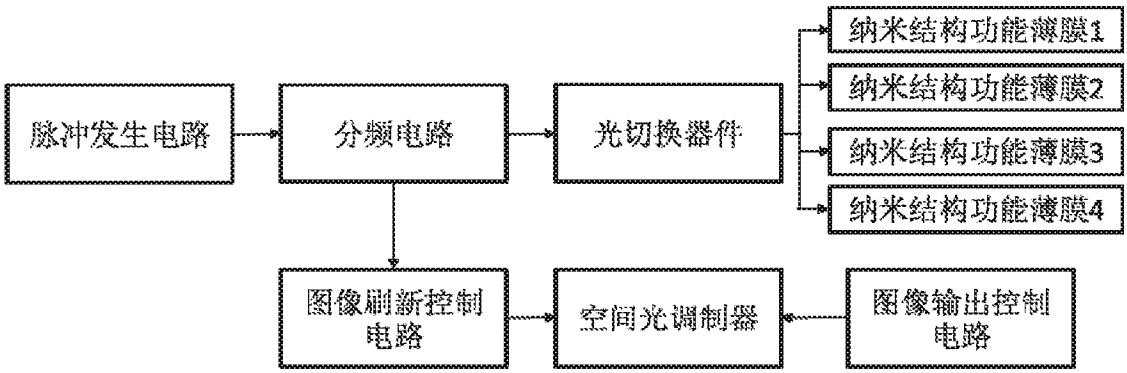

脉冲发生电路
分频电路
光切换器件
纳米结构功能薄膜1
纳米结构功能薄膜2
纳米结构功能薄膜3
纳米结构功能薄膜4
图像刷新控制电路
空间光调制器
图像输出控制电路

图 22(b)

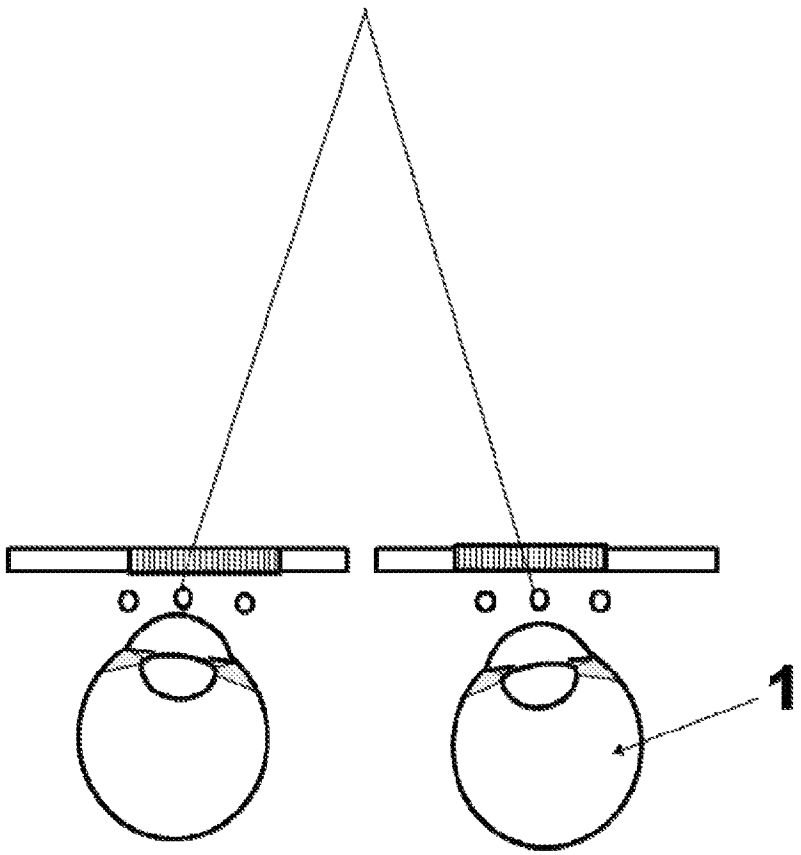

1

图 23（a）

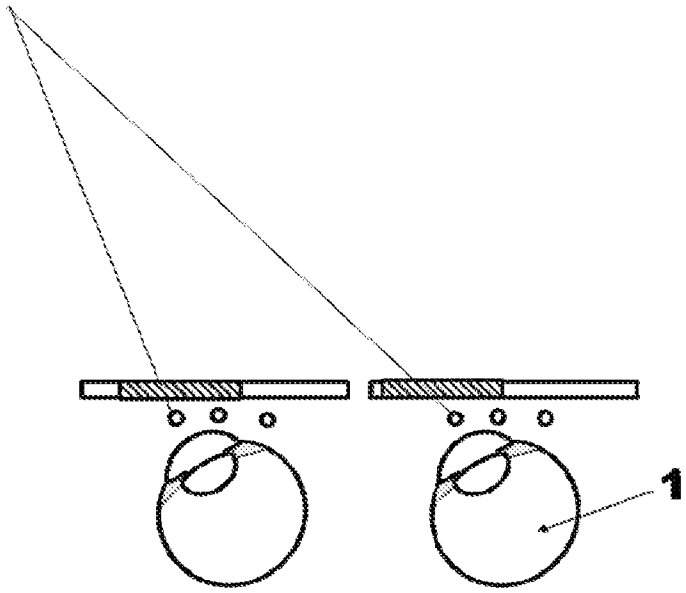


图23(b)

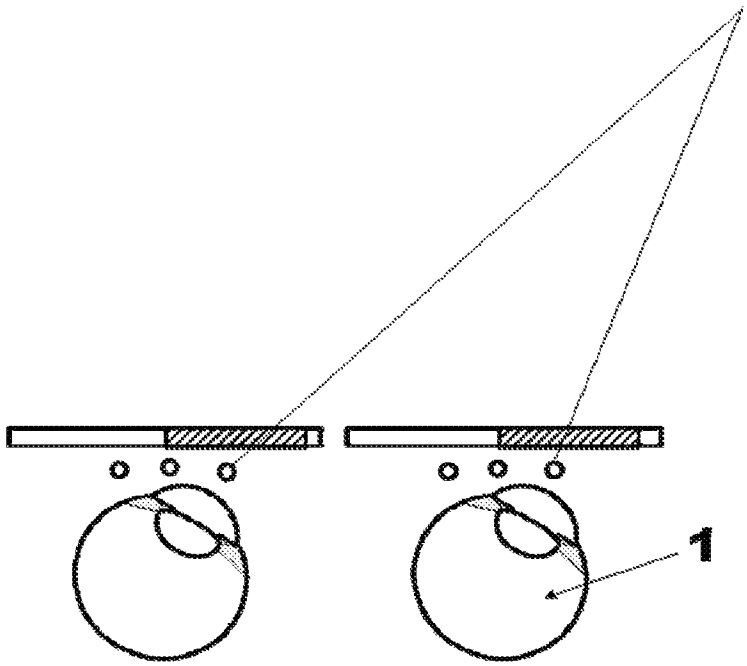


图23(c)

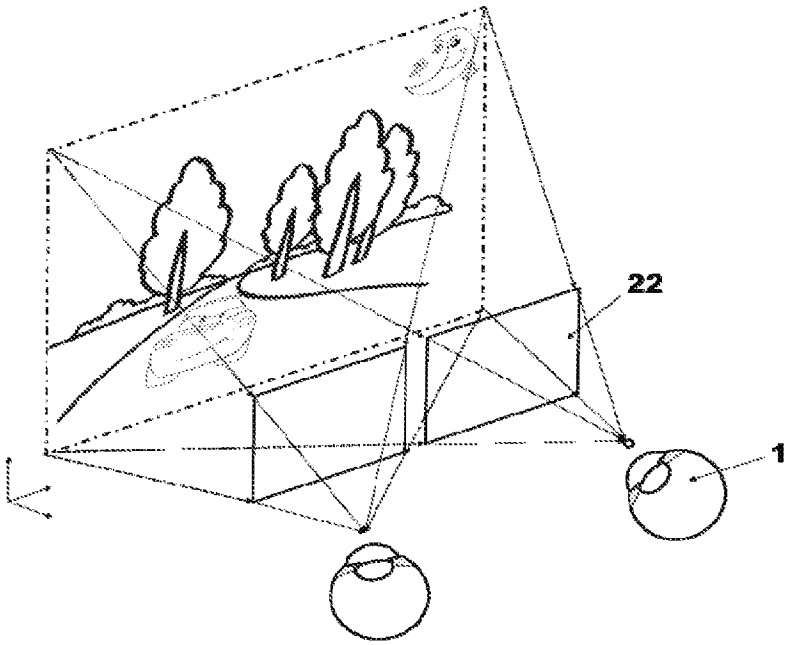


图24

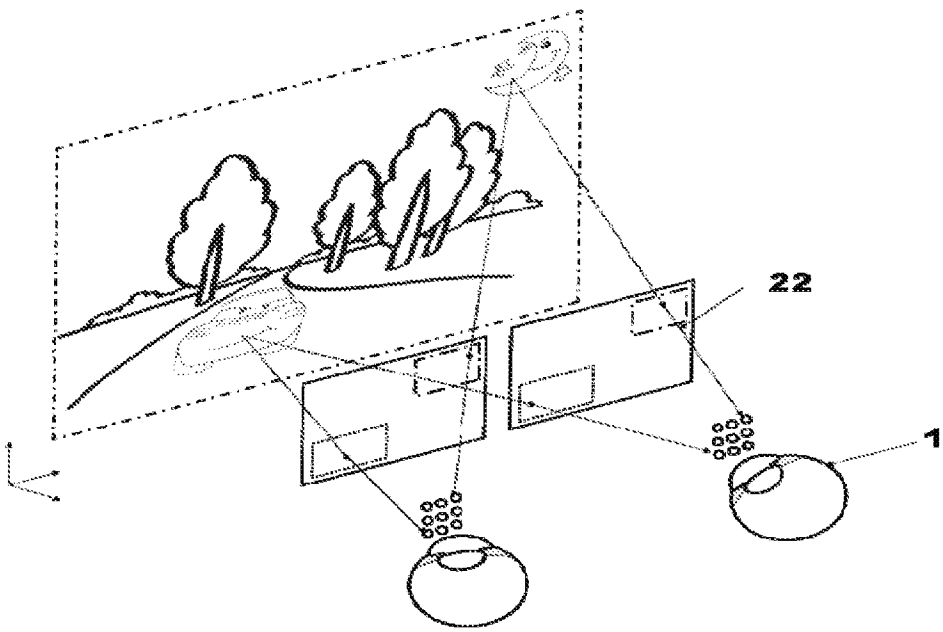


图25

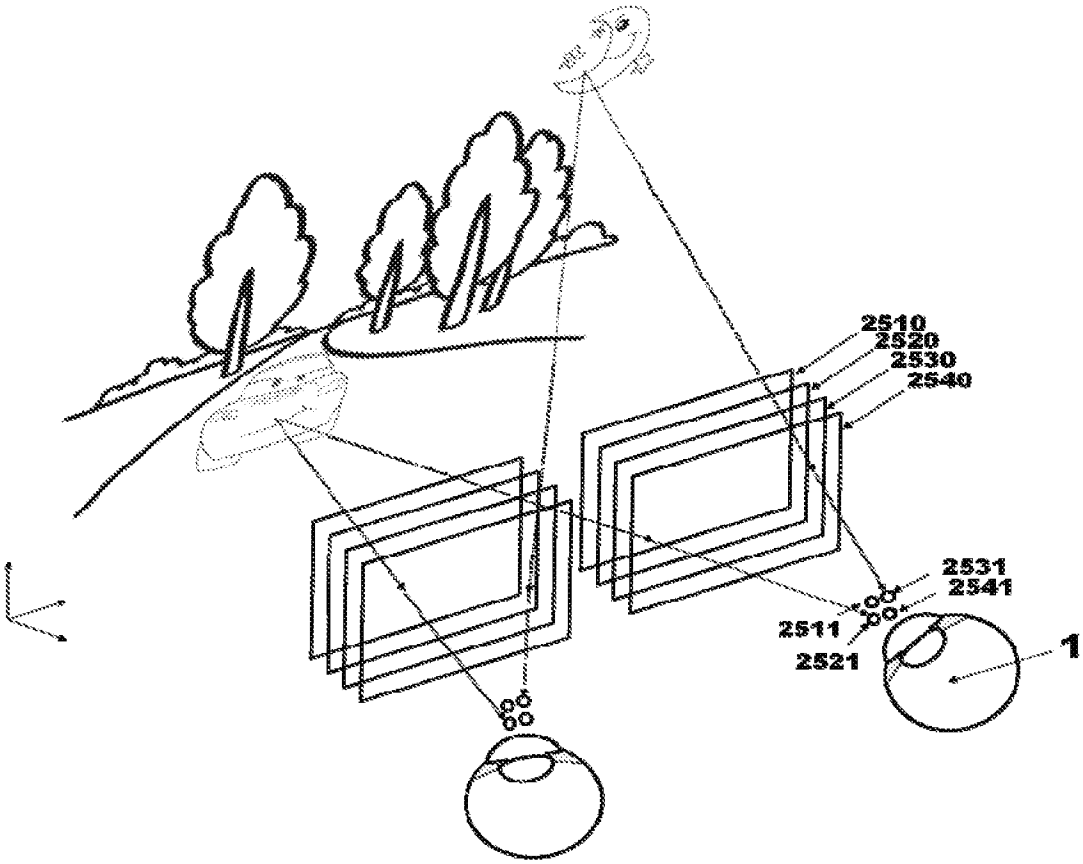


图26

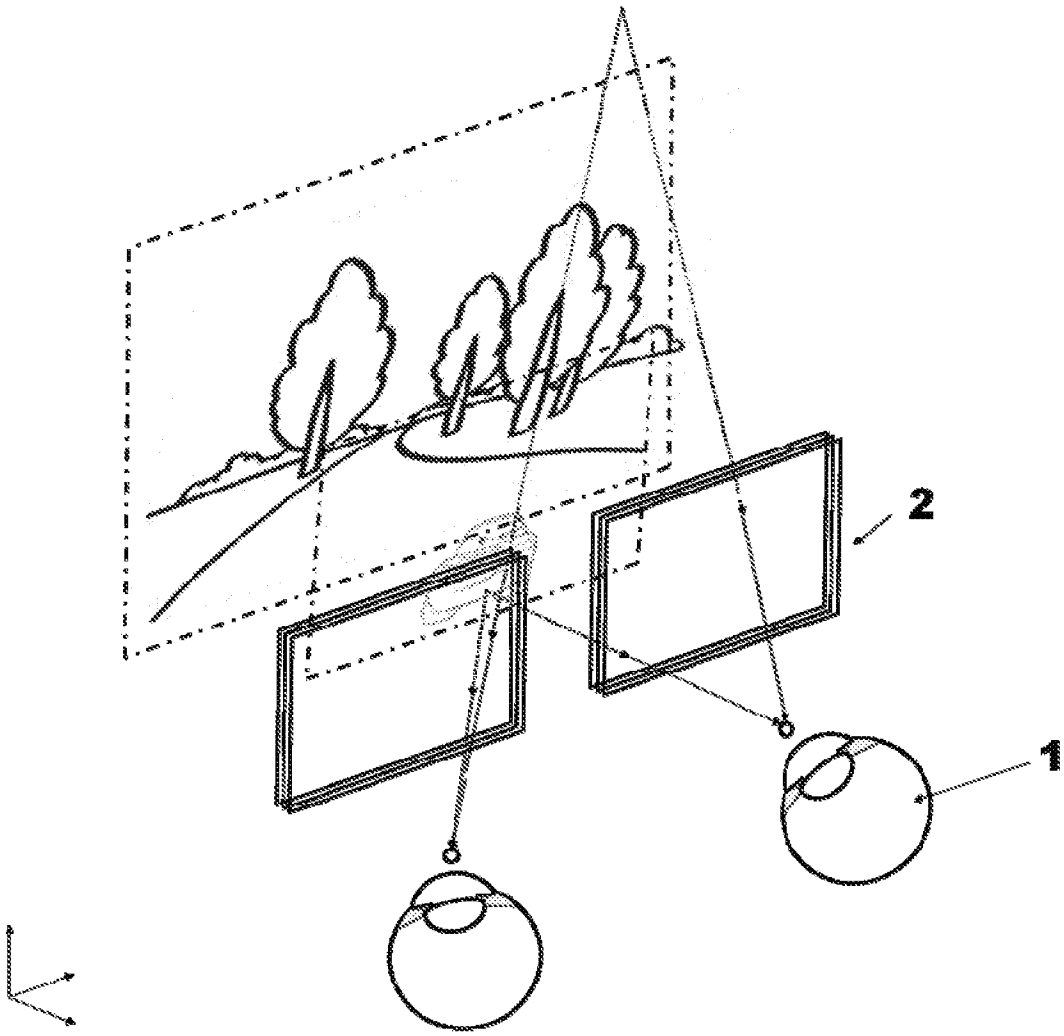


图27

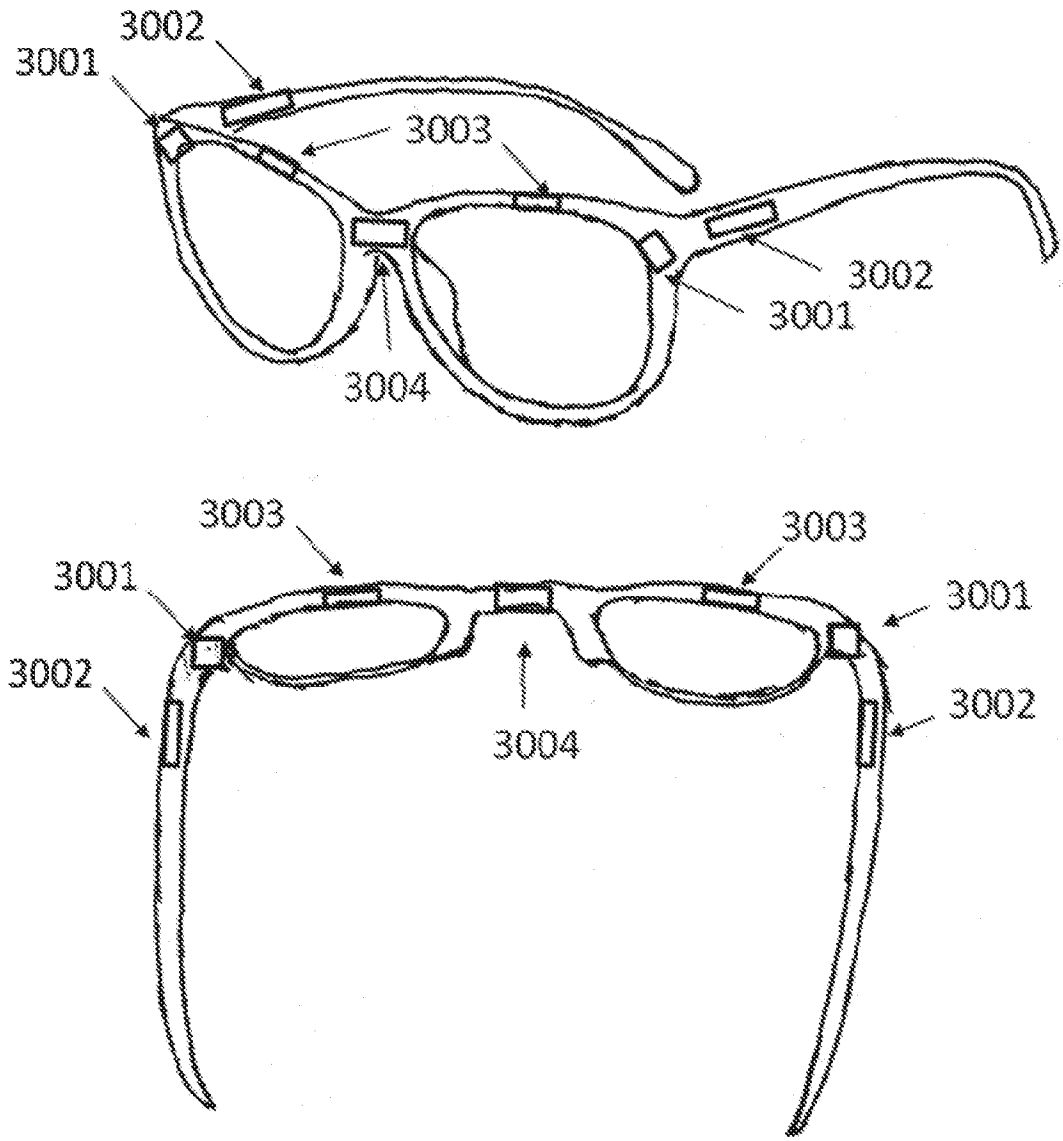

3002
3001
3003
3002
3001
3004
3003
3003
3001
3001
3002
3002
3004

图28

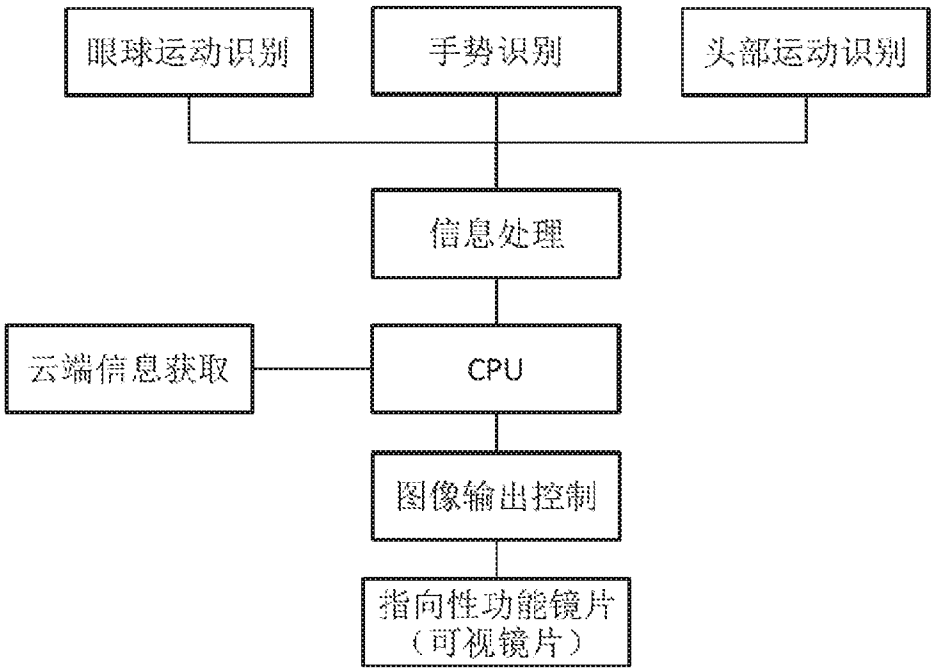

眼球运动识别
手势识别
头部运动识别
信息处理
云端信息获取
CPU
图像输出控制
指向性功能镜片
（可视镜片）

图29

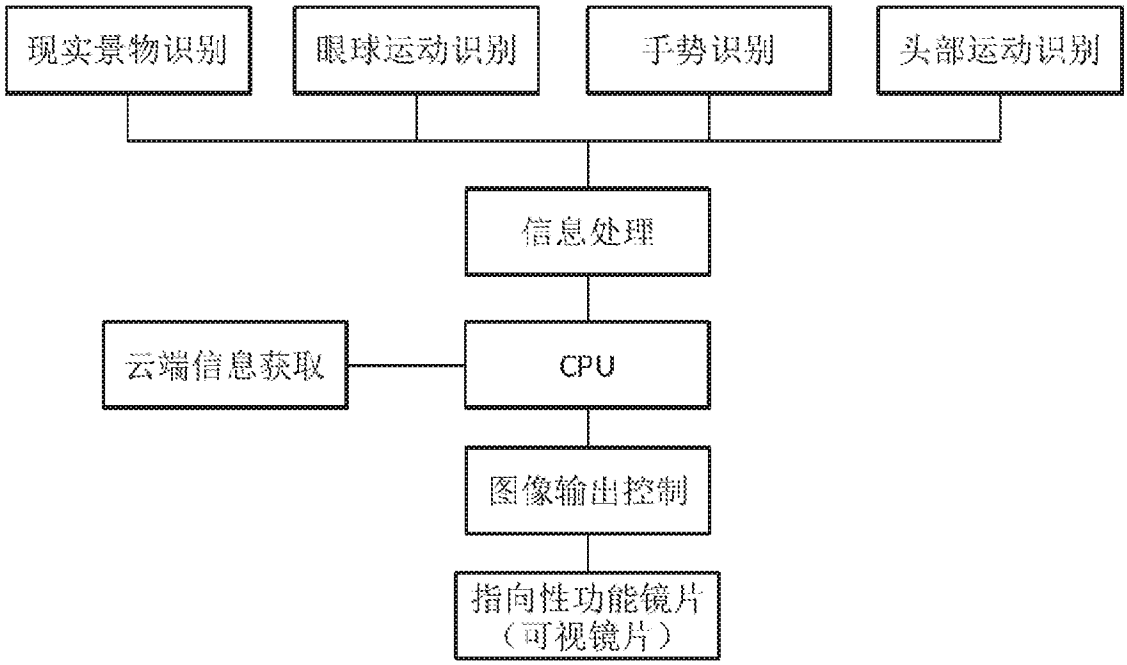

现实景物识别
眼球运动识别
手势识别
头部运动识别
信息处理
云端信息获取
CPU
图像输出控制
指向性功能镜片
（可视镜片）

图30

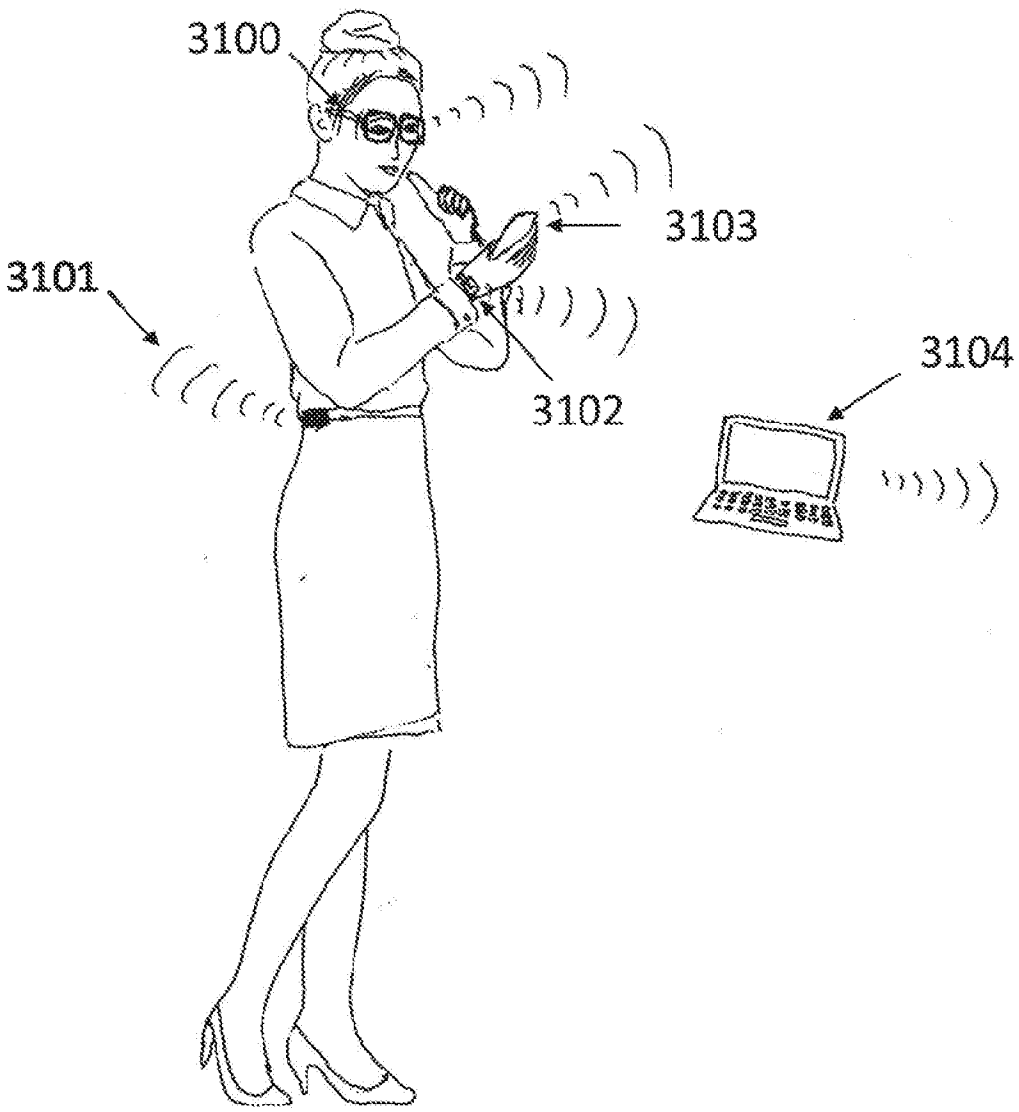


图31

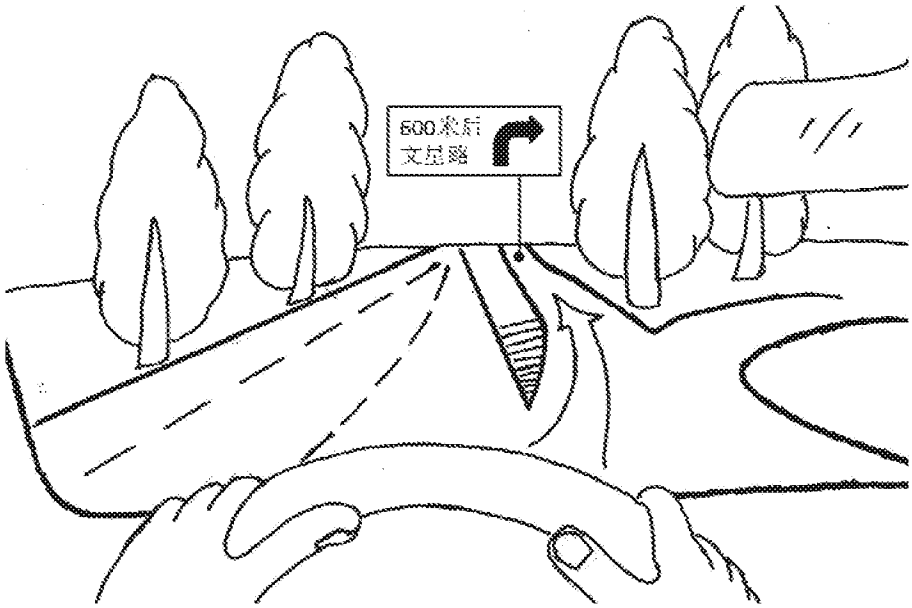


图32

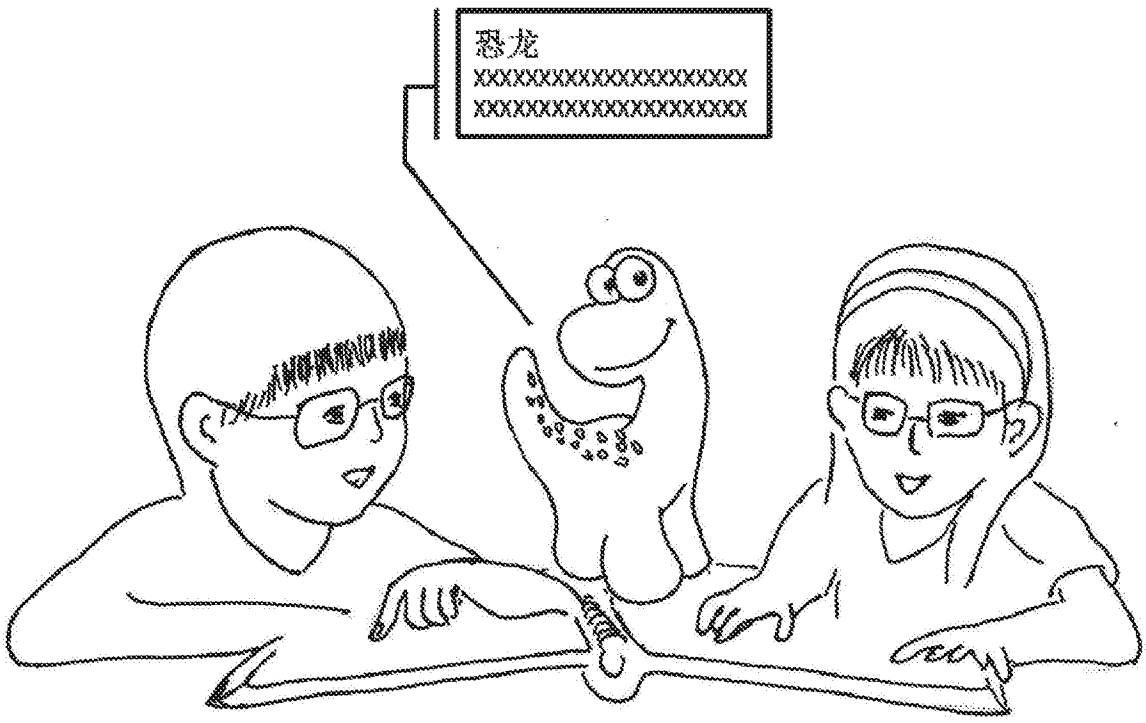


图33

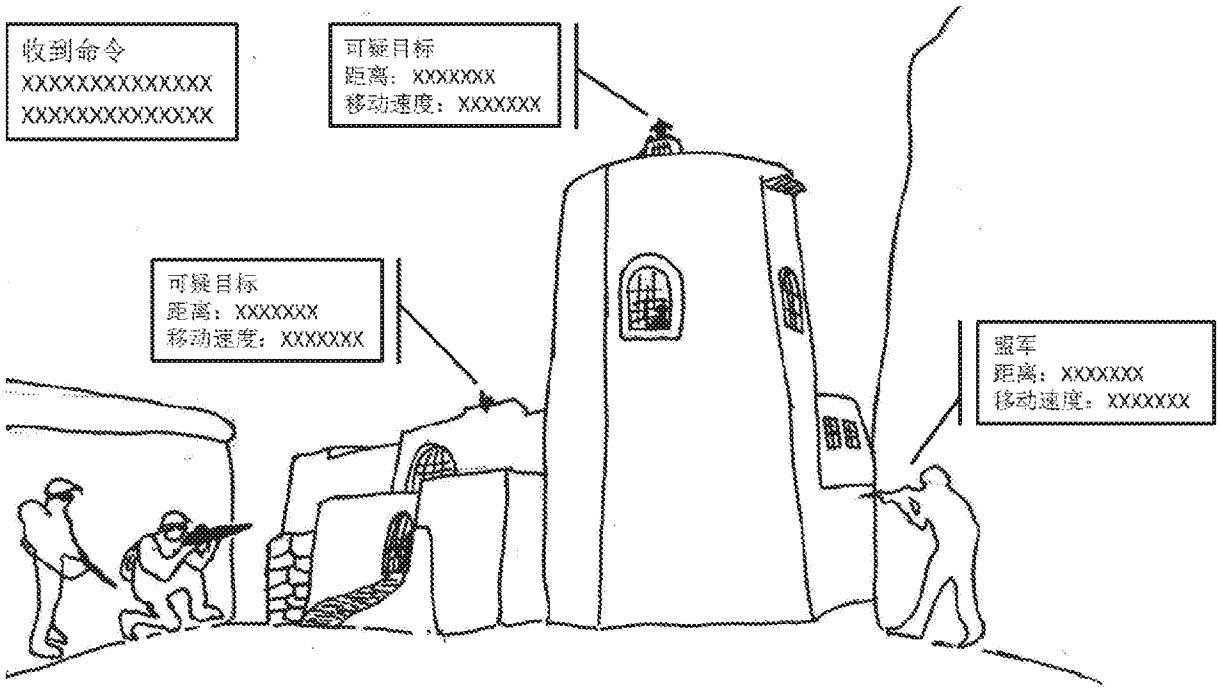

收到命令
XXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXX
可疑目标
距离：XXXXXXX
移动速度：XXXXXXX
可疑目标
距离：XXXXXXX
移动速度：XXXXXXX
盟军
距离：XXXXXXX
移动速度：XXXXXXX

图34

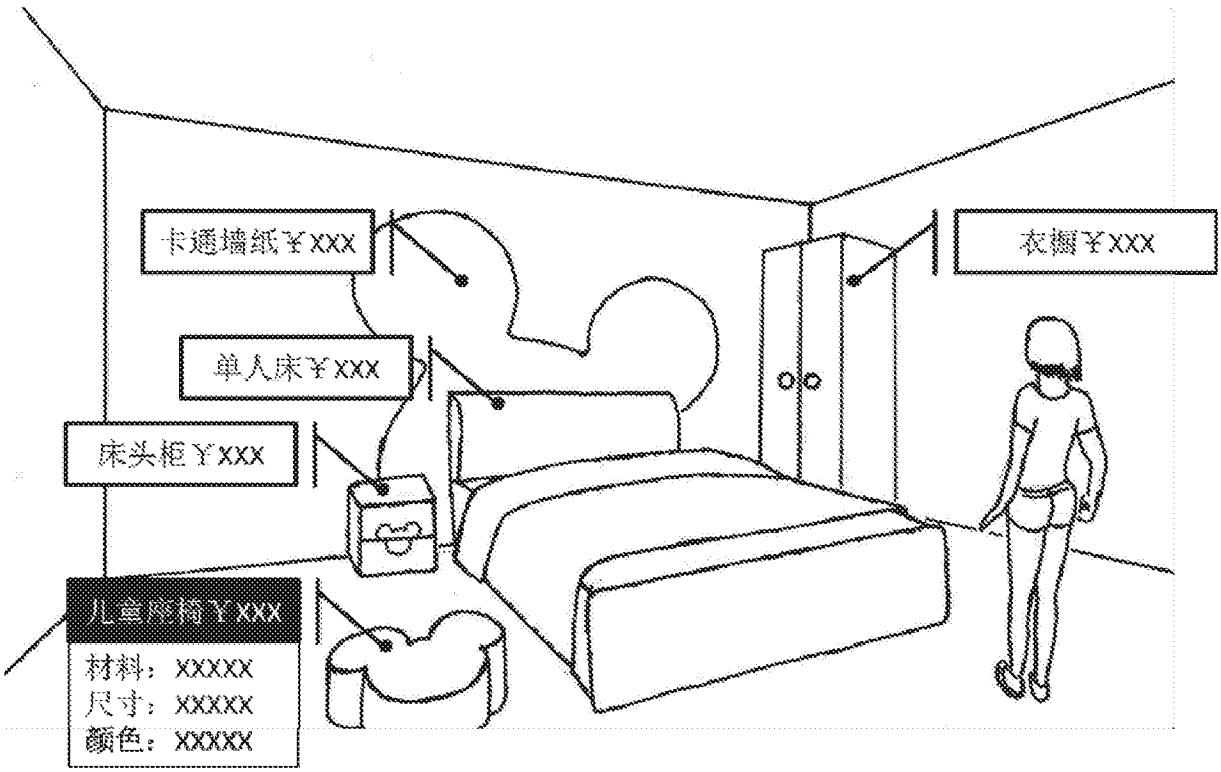

卡通墙纸￥XXX
衣橱￥XXX
单人床￥XXX
床头柜￥XXX
儿童座椅￥XXX
材料：XXXXX
尺寸：XXXXX
颜色：XXXXX

图35



图36

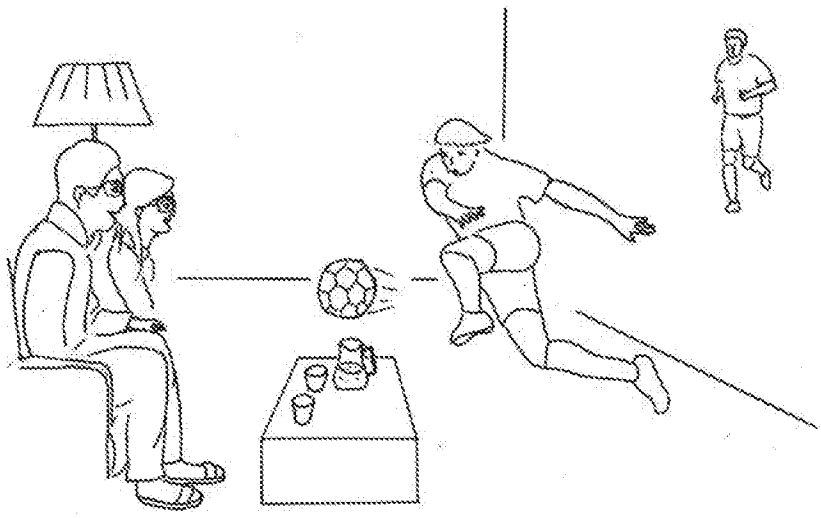


图37

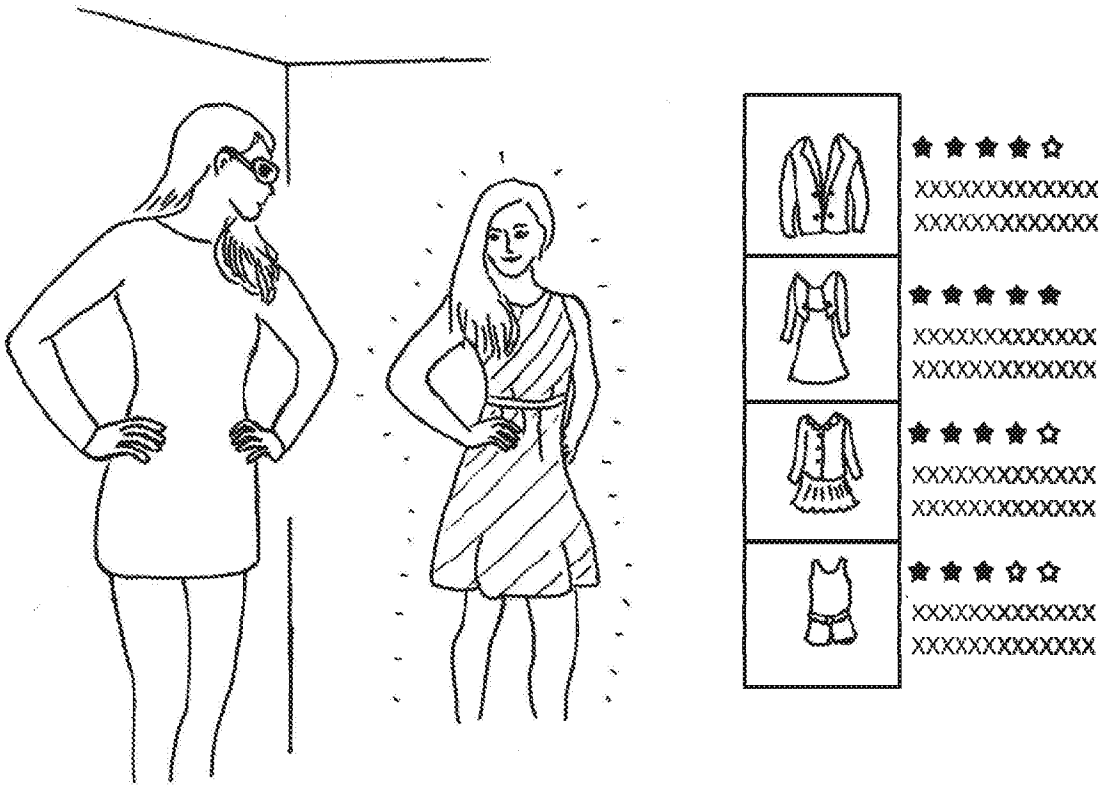

XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX

图38

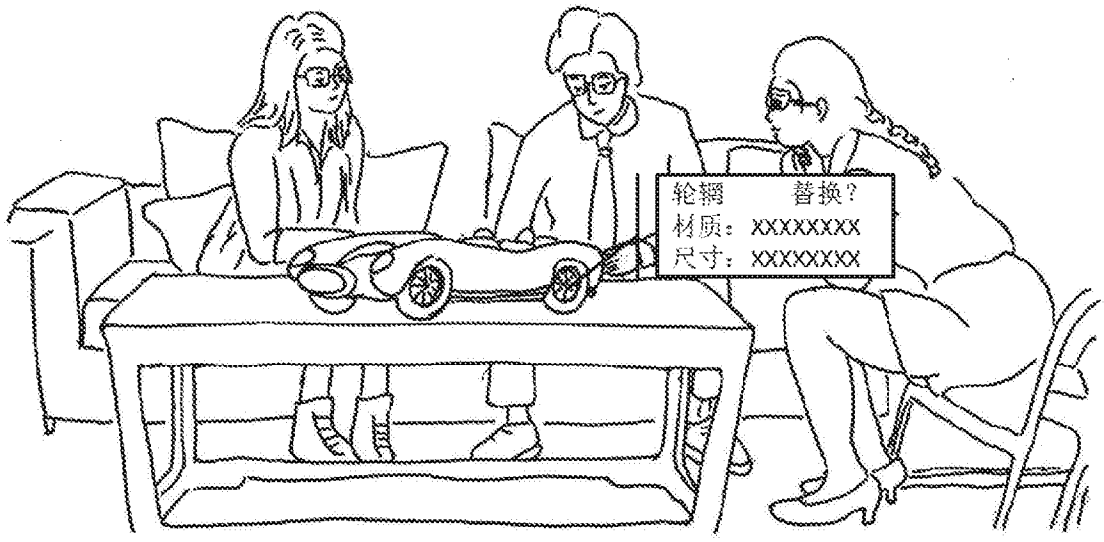


图39

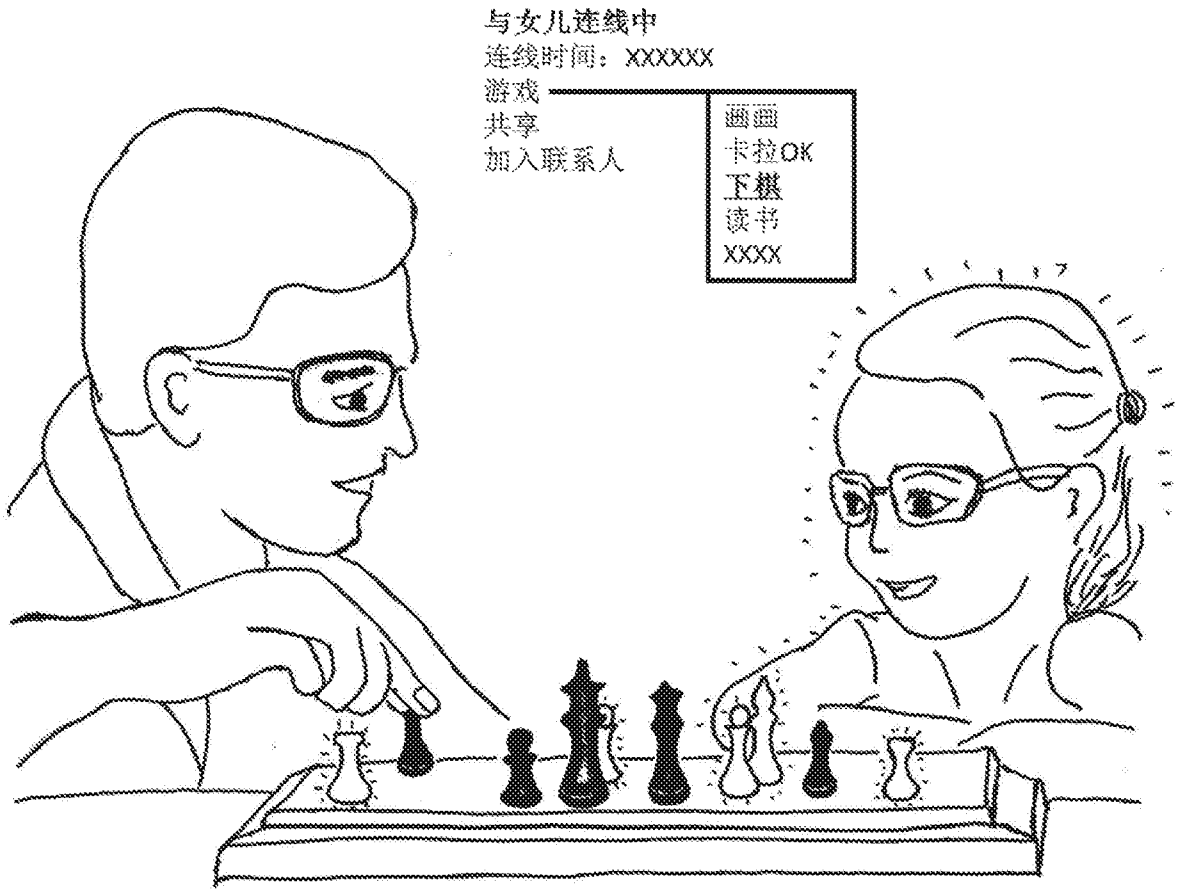


图40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/083805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 27/22 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B; H04J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 立体, 三维, 3 维, 3d, 左, 右, 眼, 目, 视图, 影像, 画面, 头戴, 头盔, 近眼, 近场, 显示, 纳米, 虚拟, 镜片, 眼镜 dimension, three, tridimension, stereo+, left, right, eye?, view, image, screen, display, television, vision, project+, movie?, video, holograph+, eyepiece, lens, eyeglass, glasses, nano+, virtual+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 105934902 A (MAGIC LEAP INC.) 07 September 2016 (07.09.2016), description, paragraphs [0302]-[0330], and figures 6-8	1-17
Y	CN 103926699 A (JILIN UNIVERSITY) 16 July 2014 (16.07.2014), description, paragraphs [0020]-[0026], and figures 1 and 2	1-17
PX	CN 106371218 A (SUZHOU SVG OPTRONICS CO., LTD. et al.) 01 February 2017 (01.02.2017), description, paragraphs [0009]-[0232], figures 1-40, and claims 1-13	1-17
A	CN 105892079 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 24 August 2016 (24.08.2016), entire document	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 July 2017	04 August 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Peng Telephone No. (86-10) 61648503

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/083805

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2009213459 A1 (WASHINGTON UNIVERSITY) 27 August 2009 (27.08.2009), entire document	1-17
A	US 2012300024 A1 (MICROSOFT CORPORATION) 29 November 2012 (29.11.2012), entire document	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/083805

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105934902 A	07 September 2016	US 2015234476 A1	20 August 2015
		US 2015243096 A1	27 August 2015
		US 2015235448 A1	20 August 2015
		US 2016110920 A1	21 April 2016
		US 2015241704 A1	27 August 2015
		US 2015248046A1	03 September 2015
		US 2015235466 A1	20 August 2015
		US 2015248790 A1	03 September 2015
		US 2015243095 A1	27 August 2015
		US 2015235467 A1	20 August 2015
		US 2015248786 A1	03 September 2015
		US 2015248012 A1	03 September 2015
		WO 2015081313 A2	04 June 2015
		US 2015241703 A1	27 August 2015
		US 2015235470 A1	20 August 2015
		JP 2017500605 A	05 January 2017
		US 2015243107 A1	27 August 2015
		E P3075090 A2	05 October 2016
		US 2015235468 A1	20 August 2015
		US 2015248011 A1	03 September 2015
		US 2015235420 A1	20 August 2015
		U S2016109652 A1	21 April 2016
		US 2015243094 A1	27 August 2015
		US 2015235471 A1	20 August 2015
		US 2015241702 A1	27 August 2015
		US 2015319342 A1	05 November 2015
		US 2015248158 A1	03 September 2015
		US 2015235421 A1	20 August 2015

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/083805

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
		US 2015235469 A1	20 August 2015
		US 2015235454 A1	20 August 2015
		AU 2014354673 A1	16 June 2016
		US 2015248010 A1	03 September 2015
		US 2015241701 A1	27 August 2015
		US 2015235418 A1	20 August 2015
		US 2015235436 A1	20 August 2015
		US 2015235472 A1	20 August 2015
		US 2015243093 A1	27 August 2015
		US 2015235437 A1	20 August 2015
		US 2015243092 A1	27 August 2015
		US 2015235455 A1	20 August 2015
		US 2015235440 A1	20 August 2015
		US 2015241700 A1	27 August 2015
		US 2015235419 A1	20 August 2015
		US 2015243104 A1	27 August 2015
		US 2015243089 A1	27 August 2015
		US 2015248006 A1	03 September 2015
		US 2015235473 A1	20 August 2015
		US 2015234190 A1	20 August 2015
CN 103926699 A	16 July 2014	CN 103926699 B	17 August 2016
CN 106371218 A	01 February 2017	None	
CN 105892079 A	24 August 2016	None	
US 2009213459 A1	27 August 2009	US 7758187 B2	20 July 2010
US 2012300024 A1	29 November 2012	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/083805

A. 主题的分类

G02B 27/22(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G02B; H04J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNKI,CNPAT,WPI,EPODOC: 立体，三维，3维，3d，左，右，眼，目，视图，影像，画面，头戴，头盔，近眼，近场，显示，纳米，虚拟，镜片，眼镜 dimension,three,tridimension,stereo+,left,right,eye?,view,image,screen,display,television,vision,project+,movie?,video,holograph+,eyepiece,lens,eyeglass,glasses,nano+,virtual+

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 105934902 A (奇跃公司) 2016年 9月 7日 (2016-09-07) 说明书第0302-0330段、附图6-8	1-17
Y	CN 103926699 A (吉林大学) 2014年 7月 16日 (2014-07-16) 说明书第0020-0026段、附图1-2	1-17
PX	CN 106371218 A (苏州苏大维格光电科技股份有限公司 等) 2017年 2月 1日 (2017-02-01) 说明书第0009-0232段，附图1-40，权利要求1-13	1-17
A	CN 105892079 A (京东方科技集团股份有限公司) 2016年 8月 24日 (2016-08-24) 全文	1-17
A	US 2009213459 A1 (WASHINGTON UNIVERSITY) 2009年 8月 27日 (2009-08-27) 全文	1-17
A	US 2012300024 A1 (MICROSOFT CORPORATION) 2012年 11月 29日 (2012-11-29) 全文	1-17

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2017年 7月 20日	2017年 8月 4日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	张鹏
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)61648503

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/083805

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	105934902	A	2016年 9月 7日	US	2015234476	A1	2015年 8月 20日
				US	2015243096	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235448	A1	2015年 8月 20日
				US	2016110920	A1	2016年 4月 21日
				US	2015241704	A1	2015年 8月 27日
				US	2015248046	A1	2015年 9月 3日
				US	2015235466	A1	2015年 8月 20日
				US	2015248790	A1	2015年 9月 3日
				US	2015243095	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235467	A1	2015年 8月 20日
				US	2015248786	A1	2015年 9月 3日
				US	2015248012	A1	2015年 9月 3日
				WO	2015081313	A2	2015年 6月 4日
				US	2015241703	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235470	A1	2015年 8月 20日
				JP	2017500605	A	2017年 1月 5日
				US	2015243107	A1	2015年 8月 27日
				EP	3075090	A2	2016年 10月 5日
				US	2015235468	A1	2015年 8月 20日
				US	2015248011	A1	2015年 9月 3日
				US	2015235420	A1	2015年 8月 20日
				US	2016109652	A1	2016年 4月 21日
				US	2015243094	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235471	A1	2015年 8月 20日
				US	2015241702	A1	2015年 8月 27日
				US	2015319342	A1	2015年 11月 5日
				US	2015248158	A1	2015年 9月 3日
				US	2015235421	A1	2015年 8月 20日
				US	2015235469	A1	2015年 8月 20日
				US	2015235454	A1	2015年 8月 20日
				AU	2014354673	A1	2016年 6月 16日
				US	2015248010	A1	2015年 9月 3日
				US	2015241701	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235418	A1	2015年 8月 20日
				US	2015235436	A1	2015年 8月 20日
				US	2015235472	A1	2015年 8月 20日
				US	2015243093	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235437	A1	2015年 8月 20日
				US	2015243092	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235455	A1	2015年 8月 20日
				US	2015235440	A1	2015年 8月 20日
				US	2015241700	A1	2015年 8月 27日
				US	2015235419	A1	2015年 8月 20日
				US	2015243104	A1	2015年 8月 27日
				US	2015243089	A1	2015年 8月 27日
				US	2015248006	A1	2015年 9月 3日
				US	2015235473	A1	2015年 8月 20日
				US	2015234190	A1	2015年 8月 20日
CN	103926699	A	2014年 7月 16日	CN	103926699	B	2016年 8月 17日
CN	106371218	A	2017年 2月 1日		无		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/083805

检索报告引用的专利文件	公布日（年/月/日）	同族专利	公布日（年/月/日）
CN 105892079 A	2016年 8月 24日	无	
US 2009213459 A1	2009年 8月 27日	US 7758187 B2	2010年 7月 20日
US 2012300024 A1	2012年 11月 29日	无	