

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102053368 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 11

(21) 申请号 201010575508. 6

(22) 申请日 2010. 12. 07

(66) 本国优先权数据

201010263858. 9 2010. 08. 27 CN

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888 号

(72) 发明人 刘英 王健 孙强

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 张伟

(51) Int. Cl.

G02B 27/01 (2006. 01)

G02B 27/00 (2006. 01)

G02B 17/08 (2006. 01)

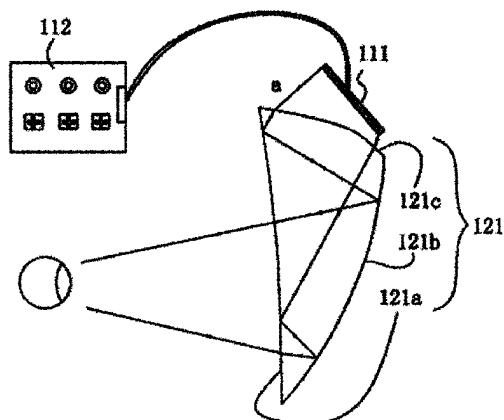
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

头戴式显示系统

(57) 摘要

本发明涉及一种头戴式显示系统，其包括一微型图像播放系统和一光学成像系统。该光学成像系统包括一光学镜片。该光学镜片包括一第一表面、一第二表面和一第三表面。该微型图像播放系统发出的光线先从该第三表面进入该光学透镜，在该光学头境内经过该第二表面的反射，最终从该第一表面出射。该第一表面是的变形非球面，该第二表面和该第三表面是扩展多项式面。该头戴式显示系统光学畸变较小。



1. 一种头戴式显示系统,其包括一微型图像播放系统和一光学成像系统,该光学成像系统包括一光学镜片,该光学镜片包括一第一表面、一第二表面和一第三表面,该微型图像播放系统发出的光线先从该第三表面进入该光学透镜,在该光学头境内经过该第二表面的反射,最终从该第一表面出射,其特征在于:该第一表面是变形非球面,该第二表面和该第三表面是扩展多项式面。

2. 如权利要求1所述的头戴式显示系统,其特征在于:该第一表面和该第二表面是凹形面,该第三表面是凸形面。

3. 如权利要求2所述的头戴式显示系统,其特征在于:该第一表面满足面形方程:

$$z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + [1 - (1 + K_x) c_x^2 x^2 + (1 + K_y) c_y^2 y^2]^{1/2}} + \sum_{i=1}^n A_i [(1 - p_i) x^2 + (1 + p_i) y^2]^{i+1}$$

其中,  $c_x$  是曲面在 x-z 平面内 x 方向的曲率半径,  $c_y$  是曲面在 y-z 平面内 y 方向的曲率半径,  $K_x$  是曲面 x 方向的二次曲线系数,  $K_y$  是曲面 y 方向的二次曲线系数,  $A_i$  是 4, 6, ..., 2n 阶非球面系数, 关于 z 轴旋转对称,  $p_i$  是 4, 6, ..., 2n 阶非旋转对称非球面系数。

4. 如权利要求2所述的头戴式显示系统,其特征在于,该第二表面和该第三表面满足面形方程:

$$\begin{aligned} z &= \frac{c(y^2 + y^2)}{1 + [1 - (1 + K)c^2(y^2 + y^2)]^{1/2}} + \sum_{i=1}^n A_i E_i(x, y) \\ &= \frac{c(y^2 + y^2)}{1 + [1 - (1 + K)c^2(y^2 + y^2)]^{1/2}} + A_1 x + A_2 y + A_3 x^2 + \\ &\quad A_4 x y + A_5 y^2 + A_6 x^3 + A_7 x^2 y + A_8 x y^2 + A_9 y^3 + A_{10} x^4 + \\ &\quad A_{11} x^3 y + A_{12} x^2 y^2 + A_{13} x y^3 + A_{14} y^4 + \dots \end{aligned}$$

其中,  $c$  为曲面的曲率半径,  $A_i$  为多项式系数。

5. 如权利要求2所述的头戴式显示系统,其特征在于:该头戴式显示系统的出瞳直径为4毫米至8毫米,出瞳距离为15毫米至25毫米,虚物面到出瞳面的距离为2米。

6. 如权利要求5所述的头戴式显示系统,其特征在于,该头戴式显示系统的视场为50度至55度,图像畸变小于3%。

7. 如权利要求1所述的头戴式显示系统,其特征在于:从该微型图像播放系统发出的光线先经过该第三表面进入该光学透镜,再依序被该第一表面和该第二表面反射后从该第一表面射出该光学透镜。

8. 如权利要求1所述的头戴式显示系统,其特征在于:该头戴式显示系统还包括一用于支撑该微型图像播放系统和该光学成像系统的支架,该支架为眼镜型或头盔型;该图像播放系统包括一微显示器和一控制该微显示器显示的微控制器,该微显示器临近该第三表面设置。

9. 一种头戴式显示系统,其包括一光学镜片和一微显示器,其特征在于:该光学镜片包括一凹形的变形非球面形状的第一表面、一凹形的扩展多项式曲面形状的第二表面和一凸形的扩展多项式形状的第三表面,该微显示器发出的光线经由该第三表面进入该光学镜片,再以此经过该第一表面和该第二表面反射后从该第一表面射出。

10. 如权利要求 1 所述的头戴式显示系统,其特征在于:该头戴式显示系统的微显示器显示面对角线长度为 15 毫米至 15.5 毫米,其视场为 50 度至 55 度,图像畸变小于 3%。

## 头戴式显示系统

### 【技术领域】

[0001] 本发明涉及一种显示系统,特别是一种头戴式显示系统。

### 【背景技术】

[0002] 目前有很多种显示系统,比如电视、监视器、电影放映系统等,显示系统体积较大,固定于某一确切的位置,观看者位于显示系统之前观看画面,不方便随观看者的移动而移动,更不方面随身携带。随着科技的进步,人们越来越希望能够有随身携带的显示系统,使他们可以随时随地的观看图文信息,并且希望该显示系统还能达到通常大型的显示系统的显示效果。

[0003] 头戴式显示系统(Head Mounted Display,HMD)方便随身携带,而且头戴式显示装置包括微型图像显示器和光学成像系统,光学成像系统用于把微型图像显示器中播放的画面放大以尝试达到大型显示系统的显示效果。

[0004] 但是,目前的头戴式显示系统的光学成像系统均采用多个凸、凹透镜的组合,光线经过太多次的折射与反射等原因,致使图像显示产生较大的畸变甚至色散等,使得图像失真较大,上下视场相差较大等问题,观察者体验性不佳。

### 【发明内容】

[0005] 为解决现有技术中头戴式显示系统图像畸变较大的问题,有必要提供一种图像畸变较小的头戴式显示系统。

[0006] 一种头戴式显示系统,其包括一微型图像播放系统和一光学成像系统。该光学成像系统包括一光学镜片。该光学镜片包括一第一表面、一第二表面和一第三表面。该微型图像播放系统发出的光线先从该第三表面进入该光学透镜,在该光学头境内经过该第二表面的反射,最终从该第一表面出射。该第一表面是变形非球面,该第二表面和该第三表面是扩展多项式面。

[0007] 一种头戴式显示系统,其包括一光学镜片和一微显示器。该光学镜片包括一凹形的变形非球面形状的第一表面、一凹形的扩展多项式曲面形状的第二表面和一凸形的扩展多项式形状的第三表面。该微显示器发出的光线经由该第三表面进入该光学镜片,再以此经过该第一表面和该第二表面反射后从该第一表面射出。

[0008] 所述的第一表面和第二表面是凹形面,所述的第三表面是凸形面。

[0009] 所述的第一表面满足面形方程:

$$[0010] z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + [1 - (1 + K_x) c_x^2 x^2 + (1 + K_y) c_y^2 y^2]^{1/2}} + \sum_{i=1}^n A_i [(1 - p_i) x^2 + (1 + p_i) y^2]^{i+1}$$

[0011]  $c_x$  是曲面在 x-z 平面内 x 方向的曲率半径,  $c_y$  是曲面在 y-z 平面内 y 方向的曲率半径,  $K_x$  是曲面 x 方向的二次曲线系数,  $K_y$  是曲面 y 方向的二次曲线系数,  $A_i$  是 4, 6, ..., 2n 阶非球面系数, 关于 z 轴旋转对称,  $p_i$  是 4, 6, ..., 2n 阶非旋转对称非球面系数。

[0012] 所述的第二表面和第三表面满足面形方程:

[0013] 
$$z = \frac{c(y^2 + y^2)}{1 + [1 - (1 + K)c^2(y^2 + y^2)]^{1/2}} + \sum_{i=1}^n A_i E_i(x, y)$$

[0014] 
$$= \frac{c(y^2 + y^2)}{1 + [1 - (1 + K)c^2(y^2 + y^2)]^{1/2}} + A_1 x + A_2 y + A_3 x^2 +$$

[0015] 
$$A_4 x y + A_5 y^2 + A_6 x^3 + A_7 x^2 y + A_8 x y^2 + A_9 y^3 + A_{10} x^4 +$$

[0016] 
$$A_{11} x^3 y + A_{12} x^2 y^2 + A_{13} x y^3 + A_{14} y^4 + \dots$$

[0017] 其中 c 为曲面的曲率半径,  $A_i$  为多项式系数。

[0018] 所述的头戴式显示系统的出瞳直径为 4 毫米至 8 毫米, 出瞳距离为 15 毫米至 25 毫米, 虚物面到出瞳面的距离为 2 米。

[0019] 所述的头戴式显示系统的视场为 50 度至 55 度。

[0020] 所述的头戴式显示系统中, 从该微型图像播放系统发出的光线先经过该第三表面进入该光学透镜, 再依序被该第一表面和该第二表面反射后从该第一表面射出该光学透镜。

[0021] 所述的头戴式显示系统还包括一用于支撑该微型图像播放系统和该光学成像系统的支架, 该支架为眼镜型或头盔型。

[0022] 相较于现有技术, 由于本发明头戴式显示系统采用一包括一第一表面、一第二表面和一第三表面的光学镜片, 从微型图像播放系统发出的光线先从该第三表面进入该光学透镜, 在该光学头境内经过该第二表面的反射, 最终从该第一表面出射, 该第一表面是的变形非球面, 该第二表面和该第三表面是扩展多项式面, 因此使得光线在光学成像系统中反射、折射次数减少, 使得该第一表面、第二表面和第三表面可以相互配合减少各类相差, 使得图像产生的畸变减小。

## 【附图说明】

[0023] 图 1 是本发明头戴式显示系统优选实施方式的原理示意图。

[0024] 图 2 和图 3 是图 1 所示头戴式显示系统 10 的侧面结构示意图。

[0025] 图 4 是本发明头戴式显示系统优选实施方式光学系统优化所得到的传递函数曲线图。

[0026] 图 5 是本发明头戴式显示系统优选实施方式光学系统优化所得到的畸变曲线图。

## 【具体实施方式】

[0027] 请参阅图 1, 它是本发明头戴式显示系统优选实施方式的原理示意图。该头戴式显示系统 10 包括一微型图像播放系统 11、一光学成像系统 12 和一支撑该微型图像播放系统 11 和该光学成像系统 12 的支撑系统 (图未示)。观察者将该头戴式显示系统 10 戴在头部, 支撑系统将固定在观察者的头部, 观看者眼睛临近该光学成像系统 12。该微型图像播放系统 11 播放的图像经过该光学成像系统 12 到达观察者的眼睛。

[0028] 请参阅图 2, 它是图 1 所示头戴式显示系统 10 的侧面结构示意图。该头戴式显示系统 10 的微型图像播放系统 11 包括一微显示器 111 和一与该微显示器 111 电连接的信号输出器 112。该微显示器 111 为一平面显示器。该信号输出器 112 用于向微显示器 111 传

输数字化的图像资料和控制信息,其包括用于存储图像资料的存储器(图未示)和用于产生控制信号的控制器(图未示)。该信号输出器112与该微显示器111通过电缆相连接。

[0029] 该头戴式显示系统10的光学成像系统12包括一光学镜片121,该光学镜片121包括一第一表面121a、一第二表面121b和一第三表面121c。该第一表面121a为凹面形状的透射表面,靠近观察者眼睛设置;该第二表面121b为凸面形状的反射表面,整体上与该第一表面121a相对设置,且相对该第一表面121a远离观察者眼睛设置,同时与该第一表面121a具有一共同的边;该第三表面121c为凸面形状的透射表面,相对设置在观察者眼睛前上方,与该第一表面121a和该第二表面121b均相交,且相交的两个边相对。

[0030] 该微显示器111临近该第三表面121c设置,其出光面与该第三表面121c相对。以自该微显示器111出射的光线a为例,其在该第三表面121c处透射进入该光学镜片121;之后在该第一表面121a处发生反射,射向该第二表面121b;然后光线a在该第二表面121b处被反射,射向该第一表面121a;最后光线a在该第一表面121a处透射出该光学镜片121,并射向观察者。

[0031] 为便于进一步详细阐述本发明的技术方案,如图3所示建立一全局的直角坐标系S-xyz。该直角坐标系有相互垂直的x、y和z三个轴向,其中z轴水平向右,y轴垂直向上,x轴垂直于y-z平面,并指向纸内。定义观察者带上该头戴式显示系统10时眼睛的位置为出瞳面,如图3中0面。该出瞳面0位于该坐标系S-xyz的x-y平面上,与观察者瞳孔的大小相同,其直径为出瞳直径。该出瞳面的中心点为P<sub>0</sub>,定义其在直角坐标系S-xyz中的坐标为(0,0,0),即定义该直角坐标系S-xyz的原点为P<sub>0</sub>。该光学镜片121的光轴为N,该光轴N通过P<sub>0</sub>点,并垂直该出瞳面0。靠近该出瞳面0方向,该光轴N与该光学镜片121的第三表面121a的交点为P<sub>1</sub>,P<sub>1</sub>为该光学镜片121的光轴中心。定义出瞳面0中心点P<sub>0</sub>到P<sub>1</sub>的距离d<sub>POP1</sub>为出瞳距离。定义各个光学表面及微显示器111与x-y平面的夹角为倾角。以y-z平面为参考平面,定义顺时针方向的倾角为正,逆时针方向的倾角为负。该第一表面121a、第二表面121b、第三表面121c和该微显示器111的倾角依次为α<sub>1</sub>、α<sub>2</sub>、α<sub>3</sub>和α<sub>4</sub>。ω<sub>1</sub>是本发明微型显示系统10的光学成像系统12的上视场,对应的ω<sub>2</sub>是本发明微型显示系统10的光学成像系统12的下视场。

[0032] 人眼瞳孔在正常状态下的直径为2mm左右,在黑暗环境下会适当放大。为了允许人眼眼球有一定范围的移动,一般要求头盔显示器光学系统的出瞳直径大小在4mm至10mm,本发明优选实施方式中,设定出瞳直径为6mm。

[0033] 为保证使用者佩戴方便,出瞳距离d<sub>POP1</sub>不应过小,应大于15mm。如果允许用户在使用时佩戴眼镜的话,例如近视眼镜、老花镜等,则要求出瞳距离为15mm至25mm。本发明优选实施方式中设定的光学成像系统12的出瞳距离d<sub>POP1</sub>为17.5mm。

[0034] 在本发明优选实施方式中,该微显示器111采用OLED显示器,其发光面对角线尺寸大小为0.61英寸,即15.494mm,约15.5mm。该微显示器111成矩形,长宽比例为4:3。

[0035] 该头戴式显示系统10所成的虚像位于虚物面V处,本发明优选实施方式中,设定虚物面V到出瞳面0之间的距离d<sub>ov</sub>为2m,以便于人眼观察。

[0036] 在本发明优选实施方式中,设计该第一表面121a为变形非球面(Anamorphic Aspherical Surface),也可称为复曲面。该第一表面121a为平面对称曲面,具有两个方向的曲率半径,两个对称面分别关于y-z、x-z平面对称。其方程如下:

$$[0037] z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + [1 - (1 + K_x) c_x^2 x^2 + (1 + K_y) c_y^2 y^2]^{1/2}} + \sum_{i=1}^n A_i [(1 - p_i) x^2 + (1 + p_i) y^2]^{i+1}$$

[0038]  $c_x$  是曲面在 x-z 平面内 x 方向的曲率半径,  $c_y$  是曲面在 y-z 平面内 y 方向的曲率半径,  $K_x$  是曲面 x 方向的二次曲线系数,  $K_y$  是曲面 y 方向的二次曲线系数,  $A_i$  是 4, 6, …, 2n 阶非球面系数, 关于 z 轴旋转对称,  $p_i$  是 4, 6, …, 2n 阶非旋转对称非球面系数。

[0039] 在本发明优选实施方式中, 设计该第二表面 121b 和该第三表面 121c 为扩展多项式面 (Extended Polynomial Surface), 其方程如下:

$$[0040] z = \frac{c(y^2 + y^2)}{1 + [1 - (1 + K)c^2(y^2 + y^2)]^{1/2}} + \sum_{i=1}^n A_i E_i(x, y)$$

$$[0041] = \frac{c(y^2 + y^2)}{1 + [1 - (1 + K)c^2(y^2 + y^2)]^{1/2}} + A_1 x + A_2 y + A_3 x^2 +$$

$$[0042] A_4 x y + A_5 y^2 + A_6 x^3 + A_7 x^2 y + A_8 x y^2 + A_9 y^3 + A_{10} x^4 +$$

$$[0043] A_{11} x^3 y + A_{12} x^2 y^2 + A_{13} x y^3 + A_{14} y^4 + \dots$$

[0044] 其中 c 为曲面的曲率半径,  $A_i$  为多项式系数。

[0045] 在本发明优选实施方式中, 该第一表面 121a、第二表面 121b、第三表面 121c、微显示器 111、出瞳面 0、虚物面 V 的参数设置如表 1 所示。

[0046] 表 1 本发明优选实施方式中各个表面参数列表

表面	面形参数及其值	偏心 (mm) S-xyz 坐标系	倾斜角 度 $\alpha$ (°)	
虚物面 V	R $\infty$	(0, 0, -2000)	0	
出瞳面 0	R $\infty$	(0, 0, 0)	0	
[0047]	第一表面 121a	c <sub>x</sub> -3. 54E-3 c <sub>y</sub> -3. 29E-3 K <sub>x</sub> 45. 88 K <sub>y</sub> 11. 13 AR -1. 02E-6 BR 1. 93E-10 AP 5. 88E-4 BP -7. 48E-3	(0, -12. 66, 17. 45)	-0. 048
	第二表面 121b	c -0. 24 K -0. 63 A <sub>2</sub> -4. 26E-4 A <sub>3</sub> 6. 39E-6 A <sub>5</sub> 4. 26E-5 A <sub>7</sub> 8. 52E-7 A <sub>9</sub> 9. 45E-7 A <sub>10</sub> 1. 57E-7 A <sub>12</sub> -1. 27E-7 A <sub>14</sub> 2. 22E-8	(0, -10. 02, 18. 81)	36. 72
[0048]	第三表面 121c	c -0. 14 K -6. 74 A <sub>2</sub> -2. 07E-3 A <sub>3</sub> 6. 20E-5 A <sub>5</sub> 7. 13E-4 A <sub>7</sub> 5. 59E-7 A <sub>9</sub> -5. 23E-5 A <sub>10</sub> 1. 09E-6 A <sub>12</sub> -8. 73E-6 A <sub>14</sub> -6. 52E-6	(0, 15. 24, 25. 34)	-56. 40
	微显示器 111	R $\infty$	(0, 18. 03, 24. 17)	-39. 69

[0049] 通过本实施方式的模拟实验发现,相对于现有技术,在本发明优选实施方式中将该第一表面 121a 设计为变形非球面有利于进一步减小该光学成像系统 12 的慧差和像散;将该第二表面 121b 和该第三表面 3 设计成扩展多项式面可以减小该光学成像系统 12 的图像畸变和减小该第一表面 121a 所产生的其他像差。

[0050] 通过实验,发现相对于现有技术,由于本发明优选实施方式中的第一表面 121a 采用变形非球面、第二表面 121b 和第三表面 121c 采用扩展多项式面,使得系统单色的初级、高级相差减小,使得图像畸变减小;同时,由于本发明采用一个具有多曲面的透镜,光线仅在一个透镜组成的系统内传播,减少了透镜使用,减少了光线反射折射的次数,使得系统材料减少,系统结构简化,体积减小,重量减轻,光线损失减少。

[0051] 相对于现有技术,由于本发明头戴式显示系统 10 的各元器件参数采用表 1 中的值,可以使得该微型显示系统的全视场达到 55°,其光学成像系统 12 的上视场  $\omega_1$  的绝对值与下视场  $\omega_2$  绝对值之间差值的绝对值大大减小,小于 2°,即  $||\omega_1| - |\omega_2|| < 2^\circ$ ,完全满足人眼对视场不对称的容忍度。适当改变表一中相关参数,也可满足该微型显示系统的全视场超过 50°。此外,虚物面 V 处成像达到 75 英寸,即 1905mm,提升观察者体现视觉图像变化时全身心投入的临场感。

[0052] 此外,图 4 为本发明头戴式显示系统优选实施方式光学系统优化所得到的传递函数(MTF) 曲线图,图 5 为本发明头戴式显示系统优选实施方式光学系统优化所得到的畸变曲线图;从图 4 中可以看出,相对于现有技术,本发明头戴式显示系统 10 的传递函数在 301p/mm 处高于 0.05,更加满足人眼对头戴式显示系统传递函数的要求;从图 5 中可以看出,相对于现有技术,本发明头戴式显示系统 10 的光学畸变很小,软件显示光学畸变小于 3%,更加满足人眼观察要求。

[0053] 当然,与人的眼睛对应,该头戴式显示系统 10 还可以是双目式头盔显示系统,它包括两组相同且对称的光学镜片 121,每一光学镜片 121 对应一微型图像播放系统 11;该两组光学镜片 121 的光轴相平行,之间的距离与观察者两眼之间的瞳距相同;两个微型图像播放系统 11 还可以共同使用一套的信号输出器 112 等;该光学镜片 121 的第二表面 121b 的外表面还可以镀反射膜,可以使从该光学镜片 121 内射向该内的光较少透射而出,提高反射效率,还可以使外界的进入该光学镜片 121 的光线减少,避免干扰;该微显示器 111 还可以是微型液晶显示器、微型等离子显示器、微型阴极射线管显示器等,其对角线尺寸还可以是 0.59 英寸,即 14.986mm,约 15mm 等大小,其长宽比可以设置为 16 : 9、8 : 5 等;该第一表面 121a 的上半部分主要起到反射作用,还可以在该第一表面 121a 上部设置镀反射膜,以增强该第一表面 121a 光反射功能。

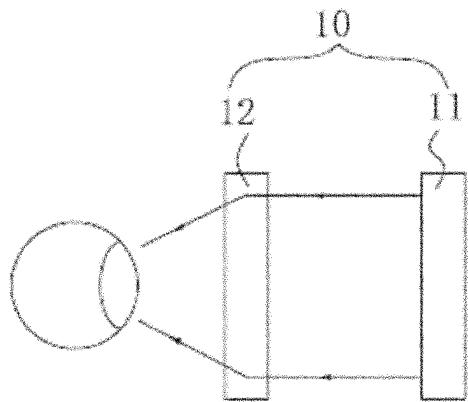


图 1

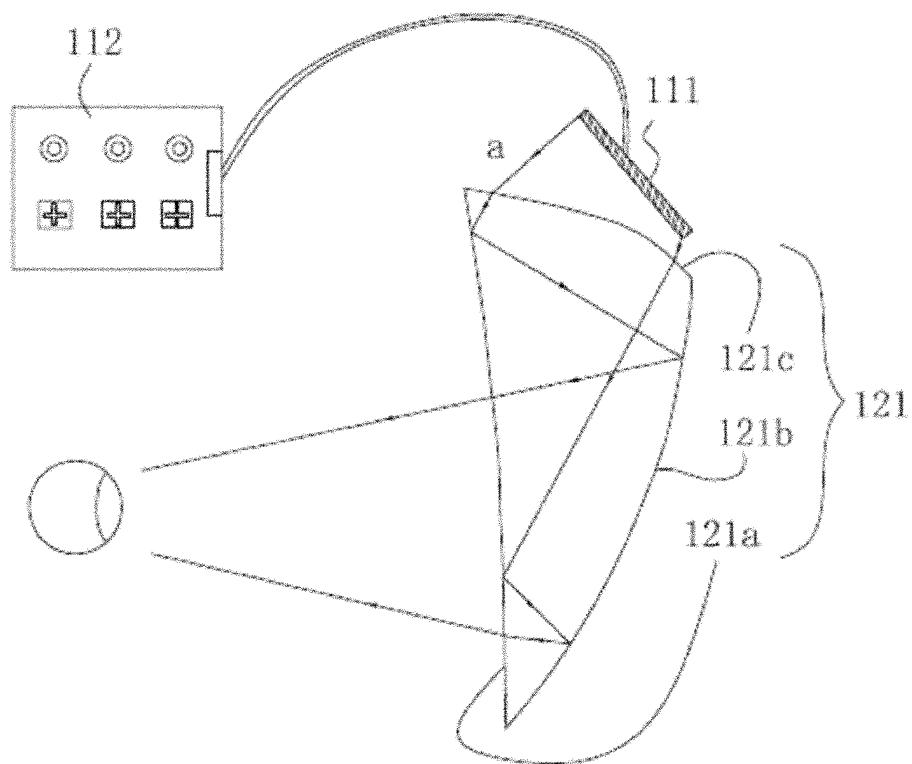


图 2

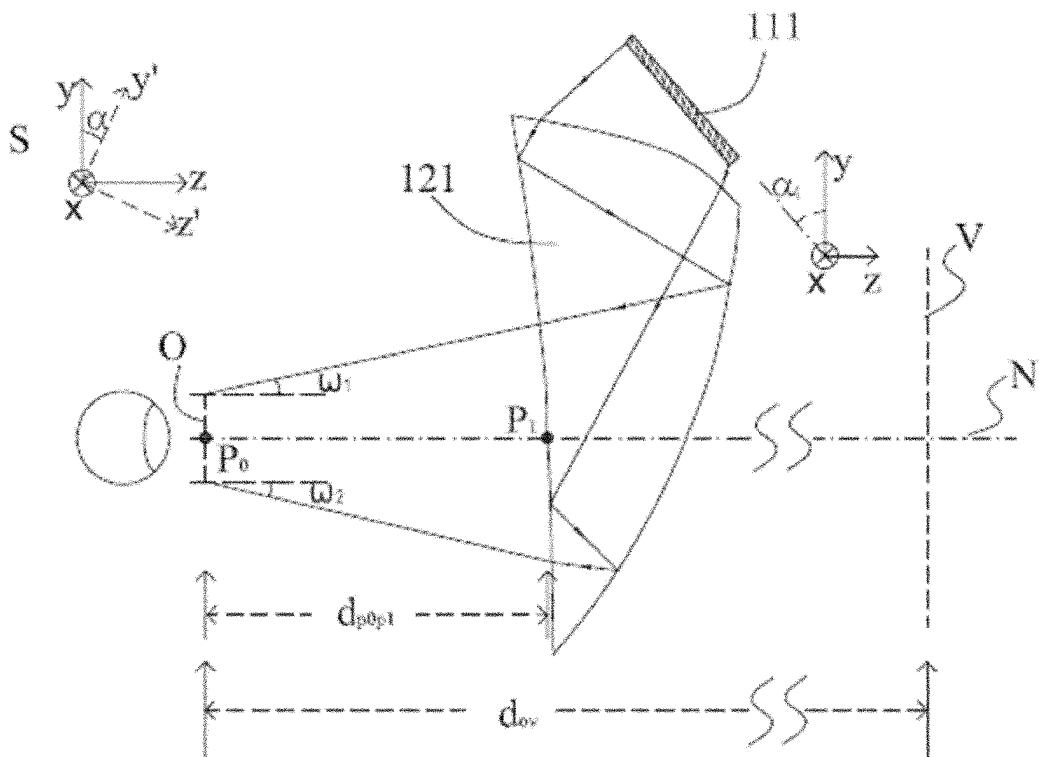


图 3

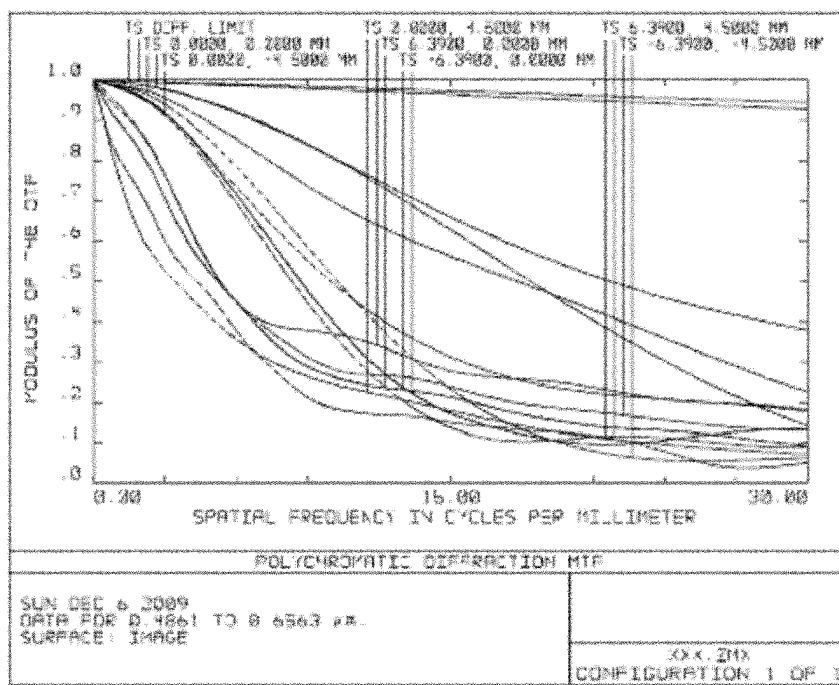


图 4

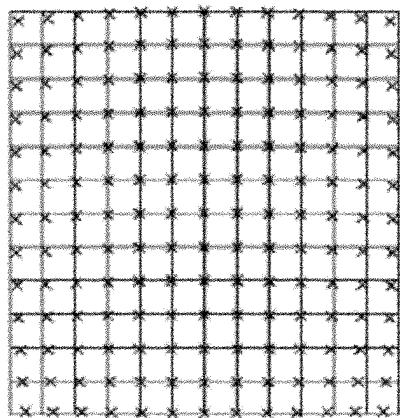


图 5