



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104020552 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410222704.3

(22)申请日 2014.05.23

(73)专利权人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72)发明人 程德文 张凌云 宋维涛 王涌天 刘越

(74)专利代理机构 北京理工大学专利中心
11120

代理人 付雷杰 仇蕾安

(51)Int.Cl.

G02B 17/08(2006.01)

H04B 10/116(2013.01)

(56)对比文件

CN 102957479 A, 2013.03.06, 全文.

CN 102937733 A, 2013.02.20, 全文.

CN 102231645 A, 2011.11.02, 全文.

EP 2605429 A1, 2013.06.19, 全文.

JP H10178393 A, 1998.06.30, 全文.

US 5452135 A, 1995.09.19, 全文.

审查员 刘宝荣

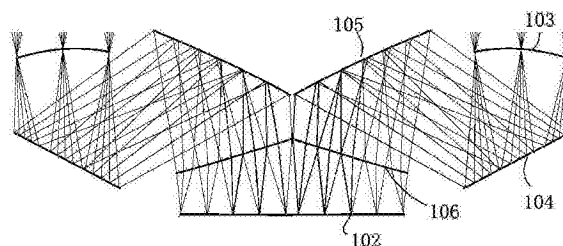
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种用于可见光通信的多通道光学接收天线

(57)摘要

本发明提供了一种用于可见光通信的光学接收天线,包括N个透镜系统,每个透镜系统包括光电探测器及四个光学表面,第一透射面接收可见光,第一反射面置于第一透射镜的透射光路中,并将第一透射面会聚的可见光反射至第二反射面,第二反射面接收第一反射面的反射光后,将其反射至第二透射面,第二透射面将反射光透射后聚焦至位于像面的光电探测器上;每个透射系统接收可见光中不同波段的光波,透镜系统中的光电探测器接收相应波段的光波;本发明的光学接收天线能够实现光学天线接收端的多通道接收,从而提高带宽;同时,折反式离轴结构的使用减小了系统的体积,实现了光学接收天线的小型化。



1. 一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,包括N个透镜系统,每个所述透镜系统包括光电探测器(102)及四个光学表面,其中四个光学表面为:

第一透射面(103);

相对于参考轴倾斜并形成折反式反射结构的第一反射面(104)和第二反射面(105);

以及第二透射面(106);

所述第一透射面(103)接收可见光,所述第一反射面(104)置于第一透射镜的透射光路中,并将第一透射面(103)会聚的可见光反射至第二反射面(105),所述第二反射面(105)接收第一反射面(104)的反射光后,将其反射至第二透射面(106),第二透射面(106)将反射光透射后聚焦至位于像面的光电探测器(102)上;所述每个透镜系统接收可见光中不同波段的光波,透镜系统中的光电探测器(102)接收相应波段的光波;

所述N为大于1的整数;

当N大于1时,N个透镜系统呈轴对称分布,且N个透镜系统中的所有光电探测器(102)均位于同一个平面上,并且拼接在一起。

2. 如权利要求1所述的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,所述第一透射面(103)上镀有在透镜系统对应波段的透射膜。

3. 如权利要求1所述的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,所述透镜系统还包括设置在第一透射面(103)前的保护玻璃(107),所述保护玻璃(107)上镀有对应波段的透射膜。

4. 如权利要求3所述的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,所述两个透射面和两个反射面的偏心和倾斜数据如下:

表面序号	y 方向偏心 (mm)	z 方向偏心 (mm)	绕 x 轴的倾斜(°)
第一透射面 (103)	1.87	0	-3.41
第一反射面 (104)	2.31	2.05	27.38
第二反射面 (105)	0.39	-0.56	22.16
第二透射面 (106)	1.67	3.06	-5.47

xyz轴的定义如下:z轴平行于参考轴向下,y轴垂直于z轴向右,x轴垂直于yz平面向里。

5. 如权利要求4所述的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,所述两个透射面和两个反射面采用球面或自由曲面。

6. 如权利要求5所述的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,所述两个透射面和两个反射面均采用自由曲面,其曲面方程为:

$$z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + (1 - (1 + k_x)c_x^2 x^2 - (1 + k_y)c_y^2 y^2)^{1/2}} + \sum_{m=0}^p \sum_{n=0}^p C_{(m,n)} x^m y^n, 1 \leq m+n \leq p$$

其中, c_x 和 c_y 分别是曲面在子午方向和弧矢方向的顶点曲率半径, k_x 和 k_y 分别是子午方向和弧矢方向的二次曲面系数, $C_{(m,n)}$ 是多项式 $x^m y^n$ 的系数, p 为多项式的最高幂数,则各光学表面的多项式系数如下:

系数项	第一透射面 (103)	第一反射面 (104)	第二反射面 (105)	第二透射面 (106)
c_y	3.76	1.01E+03	5.28E+01	-1.66E+01
k_x	0	0	0	0
k_y	0	0	0	0
c_x	2.66E-01	9.90E-04	1.89E-02	-6.02E-02
$C_{(0,1)}$	1.42E-02	-3.35E-03	1.24E-02	3.48E-02
$C_{(2,0)}$	8.99E-04	-4.75E-04	2.57E-03	-6.16E-02
$C_{(0,2)}$	-5.52E-03	2.01E-04	2.62E-03	-6.11E-03
$C_{(2,1)}$	-1.47E-03	5.85E-04	-2.31E-03	1.88E-05
$C_{(0,3)}$	-2.91E-03	8.42E-05	-9.26E-04	-7.17E-04
$C_{(4,0)}$	2.36E-04	7.31E-04	4.03E-05	1.30E-02
$C_{(2,2)}$	-6.08E-04	9.92E-04	2.68E-05	4.48E-03
$C_{(0,4)}$	-1.03E-03	3.03E-04	3.99E-05	3.10E-04
$C_{(4,1)}$	2.73E-04	5.07E-06	-5.44E-06	3.23E-05
$C_{(2,3)}$	3.15E-04	7.89E-06	-1.11E-06	1.59E-07
$C_{(0,5)}$	1.69E-04	-3.75E-06	-6.22E-07	1.50E-06
$C_{(6,0)}$	1.47E-05	1.48E-05	-1.51E-05	3.05E-05
$C_{(4,2)}$	1.64E-04	1.15E-05	2.28E-06	-2.31E-06
$C_{(2,4)}$	9.93E-05	-1.86E-06	-8.14E-07	2.73E-06
$C_{(0,6)}$	1.34E-04	3.98E-06	-1.58E-07	1.73E-07

7. 如权利要求1所述的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,四个光学表面所包围的空间由折射率大于1.4的玻璃或树脂光学材料填充。

8. 如权利要求1所述的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,其特征在于,所述接收天线满足: $\frac{L}{ID} \leq 3$, 其中L是光学接收天线的总长度,ID是光电探测器的对角线长度。

一种用于可见光通信的多通道光学接收天线

技术领域

[0001] 本发明涉及光学设计领域,具体涉及一种用于可见光通信的光学接收天线。

背景技术

[0002] 室内可见光通信中信号光的特点是覆盖面积大,视场宽。要保证所接收信号光的强度,如果直接使光电探测器的实际物理面积增加,则会增大探测器的内部噪声,同时因为等效电容的增加也会导致接收机的响应带宽受到限制。因此,可在探测器前放置光学接收系统,来增加等效接收面积:使大视场信号光尽可能多地被光学接收系统接收到探测器内,从而等效扩大接收面积和接收视场,增大接收到的光功率。

[0003] 接收光学天线、耦合系统、滤波器和光电接收器四部分组成了室内可见光通信接收系统前端。接收光学天线应该尽可能多地接收包含目标信号光在内的室内空间的微弱光辐射,然后经过耦合系统将收集到的光耦合到滤波器的接收端,滤掉“噪声”后保留目标信号光,被光电接收器接收后转换成电信号。因此,只要接收光学天线在室内空间中接收到的光能辐射足够多,耦合系统的插入损耗少,滤波效果良好,则接收器就能接收到所需的信息。可见接收光学天线是整个接收系统前端的关键。

[0004] 接收光学天线相当于一个能接收室内空间可见光辐射的物镜,要求具有大视场和高增益。现在较为常用的接收光学天线如牛顿系统、格里高利系统和卡塞格伦系统等,这些系统不易获得较大视场,增大视场的同时会增大系统的体积,考虑到室内可见光通信使用的便携性,系统尺寸的增大会降低实用性;另外,上述系统存在中心遮挡的问题,而一般入射到次镜上的光斑强度成高斯分布,遮挡比的存在使得中心部分能量损失。

[0005] 因此需要一种大视场、高增益和小型化的接收光学天线。

[0006] 波分复用(WDM)是指同时传输多波长光信号的一项技术。其基本原理是在发送端将不同波长的光信号组合即复用起来,并耦合到一起进行传输,在接收端又将组合波长的光信号分开即解复用,并作进一步处理,恢复出原信号后送入不同的终端。波分复用技术的突出优点是能同时传输不同波长的几个甚至几百个光载波信号,不仅能充分利用带宽资源,增加系统的传输容量,而且还能提高系统的经济效益。

[0007] 因此,多通道、可实现波分复用的接收光学天线也是未来的发展趋势。

发明内容

[0008] 有鉴于此,本发明提供了一种用于可见光通信的光学接收天线,能够实现光学天线接收端的多通道接收,从而提高带宽;同时,折反式离轴结构的使用减小了系统的体积,实现了光学接收天线的小型化;透镜系统中光学表面采用自由曲面,并对自由曲面参数进行特殊设计,使得该接收天线具有较大的视场角,并有效增大了光学增益。

[0009] 本发明的一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,包括N个透镜系统,每个所述透镜系统包括光电探测器及四个光学表面,其中四个光学表面为:

[0010] 第一透射面;

- [0011] 相对于参考轴倾斜并形成折反式反射结构的第一反射面和第二反射面；
- [0012] 以及第二透射面；
- [0013] 所述第一透射面接收可见光，所述第一反射面置于第一透射镜的透射光路中，并将第一透射面会聚的可见光反射至第二反射面，所述第二反射面接收第一反射面的反射光后，将其反射至第二透射面，第二透射面将反射光透射后聚焦至位于像面的光电探测器上；所述每个透射系统接收可见光中不同波段的光波，透镜系统中的光电探测器接收相应波段的光波；
- [0014] 所述N为大于或等于1的整数；
- [0015] 当N大于1时，N个透镜系统呈轴对称分布，且N个透镜系统中的所有光电探测器(102)均位于同一个平面上，并且拼接在一起。
- [0016] 所述第一透射面上镀有所在透镜系统对应波段的透射膜。
- [0017] 所述透镜系统还包括设置在第一透射面前的保护玻璃，所述保护玻璃上镀有对应波段的透射膜。
- [0018] 所述两个透射面和两个反射面采用球面、非球面或自由曲面。
- [0019] 四个光学表面所包围的空间由折射率大于1.4的玻璃或树脂光学材料填充。
- [0020] 所述接收天线满足： $\frac{L}{ID} \leq 3$ ，其中L是光学接收天线的总长度，ID是光电探测器的对角线长度。
- [0021] 本发明具有如下有益效果：
- [0022] 1)、本发明采用多套透镜系统分别接收多波段可见光波，在实现多通道接收并保证带宽的前提下，采用离轴的折反式反射结构的透镜系统，可实现接收天线的小型化；
- [0023] 2)、本发明将多个透镜系统设置成轴对称分布，便于安装，同时缩小天线体积；将多个透镜系统中的光电探测器进行同平面拼接，使得光电探测器所占体积最小化，达到节省天线空间的目的；
- [0024] 3)、本发明对四个光学表面的偏心和倾斜参数进行设计，使得天线结构在参考轴方向的厚度达到4mm，提高便携性；
- [0025] 4)、本发明中的四个光学表面采用自由曲面形式，并对曲面参数进行设计，增大天线的视场角，提高光学增益。

附图说明

- [0026] 图1为本发明中透镜系统的结构示意图。
- [0027] 图2为本发明的一个实施例中包含两个透镜系统的接收天线的结构示意图。
- [0028] 图3为本发明的另一个实施例中包含两个透镜系统的接收天线的结构示意图。
- [0029] 图4为本发明的光学接收天线的MTF曲线图。
- [0030] 图5为本发明的光学接收天线的点列图。
- [0031] 其中，102-光电探测器，103-第一透射面，104-第一反射面，105-第二反射面，106-第二透射面，107-保护玻璃。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图并举实施例,对本发明进行详细描述。

[0033] 本发明提供了一种用于可见光通信的多通道光学接收天线,包括一个以上的离轴透镜系统,如图1所示,透镜系统包括光电探测器102及四个光学表面:第一透射面103、第一反射面104、第二反射面105和第二透射面106,其中两个反射面和两个透射面相对于参考轴倾斜。第一透射面103用于接收自由空间中的可见光,第一反射面104置于第一透射镜的透射光路中,并将第一透射面103会聚的可见光反射至第二反射面105,如图1所示,第二反射面105位于第一透射面103的左上方,第一反射面104将可见光斜向上反射至第二反射面105,第二反射面105又将可见光斜向下反射至第二透射面106,第二透射面106将反射光透射后聚焦至位于像面的光电探测器102上。两个反射面形成了折反式离轴结构,在高度上缩小光学天线的体积。

[0034] 其中,两个透射面可以相对于参考轴倾斜,也可以不倾斜,由光学接收天线的具体结构而定。

[0035] 四个光学表面的偏心和倾斜参数如下:

[0036]	表面序号	Y 方向偏心 (mm)	Z 方向偏心 (mm)	绕 X 轴的倾斜 (°)
	第一透射面	1.87	0	-3.41
	第一反射面	2.31	2.05	27.38
	第二反射面	0.39	-0.56	22.16
	第二透射面	1.67	3.06	-5.47

[0037] 其中XYZ轴的定义如下:Z轴平行于参考轴向下,Y轴垂直于Z轴向右,X轴垂直于YZ平面向里。

[0038] 如此,通过对四个光学表面的偏心和倾斜参数进行设计,使得天线结构在参考轴方向的厚度达到4mm,实现天线的小型化,便于携带。

[0039] 为了实现接收天线的多通道通信,每个透射系统接收可见光中不同波段的光波,透镜系统中的光电探测器102接收相应波段的光波。

[0040] 为了使每个透射系统接收可见光中不同波段的光波,第一透射面103上镀有对应波段的透射膜。另外,还可以在第二透射面106前设置保护玻璃107,并在保护玻璃107上镀有对应波段的透射膜。如此,可实现滤波,同时还可以保护镜片。

[0041] 为了进一步缩小光学天线的体积,提高便携性,本发明设计将多个透镜系统呈轴对称分布。多个透镜系统相对于与参考轴平行的对称轴排列,使其在参考轴方向占用的空间最小。另外,将多个透镜系统中的光电探测器102设计在同一个平面上,并且拼接在一起,也可以使得光电探测器102所占体积最小化,达到节省天线空间的目的。

[0042] 本发明中,为了增大光学天线的视场角,提高光学增益,两个透射面和两个反射面均采用自由曲面,其AXYP(Anamorphic XY Polynomials,AXYP)曲面方程 为:

$$z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + (1 - (1 + k_x)c_x^2 x^2 - (1 + k_y)c_y^2 y^2)^{1/2}} + \sum_{m=0}^p \sum_{n=0}^p C_{(m,n)} x^m y^n, 1 \leq m+n \leq p$$

[0043] 其中, c_x 和 c_y 分别是曲面在子午方向和弧矢方向的顶点曲率半径, k_x 和 k_y 分别是子午方向和弧矢方向的二次曲面系数, $C_{(m,n)}$ 是多项式 $x^m y^n$ 的系数, p 为多项式的最高幂数, 则各光学表面的多项式系数如下:

[0044]

系数项	第一透射面	第一反射面	第二反射面	第二透射面
c_y	3.76	1.01E+03	5.28E+01	-1.66E+01
k_x	0	0	0	0
k_y	0	0	0	0
c_x	2.66E-01	9.90E-04	1.89E-02	-6.02E-02
$C_{(0,1)}$	1.42E-02	-3.35E-03	1.24E-02	3.48E-02
$C_{(2,0)}$	8.99E-04	-4.75E-04	2.57E-03	-6.16E-02
$C_{(0,2)}$	-5.52E-03	2.01E-04	2.62E-03	-6.11E-03
$C_{(2,1)}$	-1.47E-03	5.85E-04	-2.31E-03	1.88E-05
$C_{(0,3)}$	-2.91E-03	8.42E-05	-9.26E-04	-7.17E-04
$C_{(4,0)}$	2.36E-04	7.31E-04	4.03E-05	1.30E-02
$C_{(2,2)}$	-6.08E-04	9.92E-04	2.68E-05	4.48E-03
$C_{(0,4)}$	-1.03E-03	3.03E-04	3.99E-05	3.10E-04
$C_{(4,1)}$	2.73E-04	5.07E-06	-5.44E-06	3.23E-05
$C_{(2,3)}$	3.15E-04	7.89E-06	-1.11E-06	1.59E-07
$C_{(0,5)}$	1.69E-04	-3.75E-06	-6.22E-07	1.50E-06
$C_{(6,0)}$	1.47E-05	1.48E-05	-1.51E-05	3.05E-05
$C_{(4,2)}$	1.64E-04	1.15E-05	2.28E-06	-2.31E-06
$C_{(2,4)}$	9.93E-05	-1.86E-06	-8.14E-07	2.73E-06
$C_{(0,6)}$	1.34E-04	3.98E-06	-1.58E-07	1.73E-07

[0045] 相比于现有的XY多项式, 本发明由于采用了双曲率基底, 即 x 、 y 方向具有不同主曲

率, 所以在设计开始时 $z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)c_x^2 x^2 - (1 + k_y)c_y^2 y^2}}$ 部分相对于 $yo z$ 面和 $xo z$ 面是对称

的, 在特定场合优势明显, 例如要求成像在 x 、 y 方向放大率不同, 或者焦距不同等等。由于变量数目较多, AXYP曲面的优化速度快, 像差校正能力强。为验证本发明的光学接收天线的性能, 图4给出了光学接收天线系统的MTF值, 从图中可看出所有视场传递函数值在90cycles/mm处都在0.3以上, 大部分视场接近衍射极限。图5给出了光学接收天线的点列图, 所有视场都具有很好的会聚性能。

[0046] 综上, 以上仅为本发明的较佳实施例而已, 并非用于限定本发明的保护范围。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。

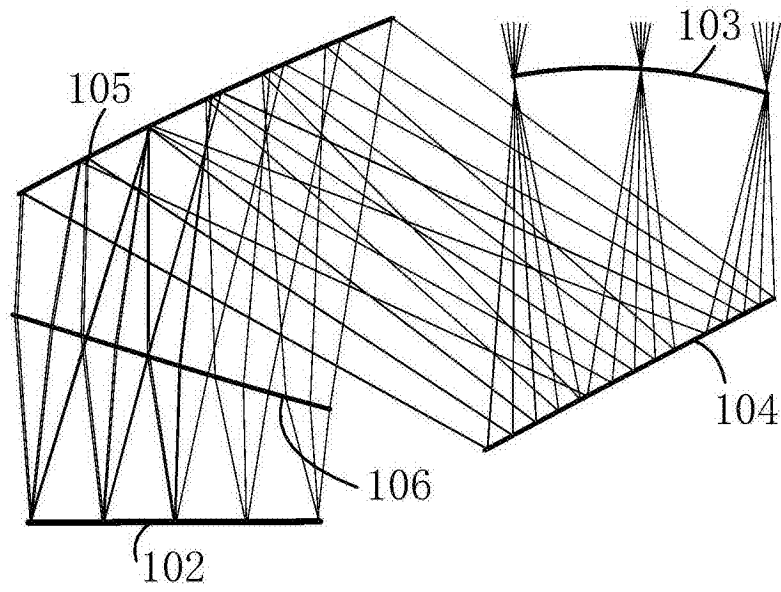


图1

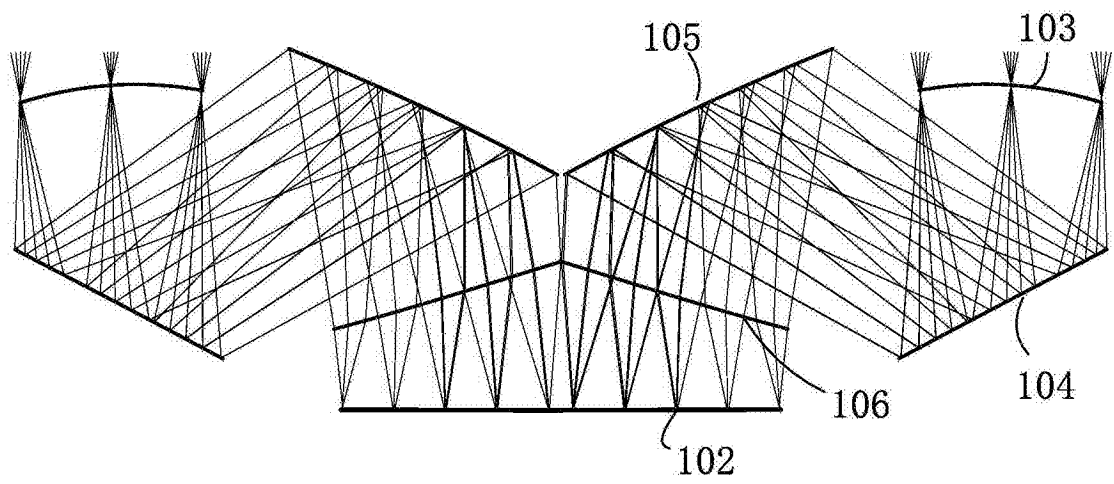


图2

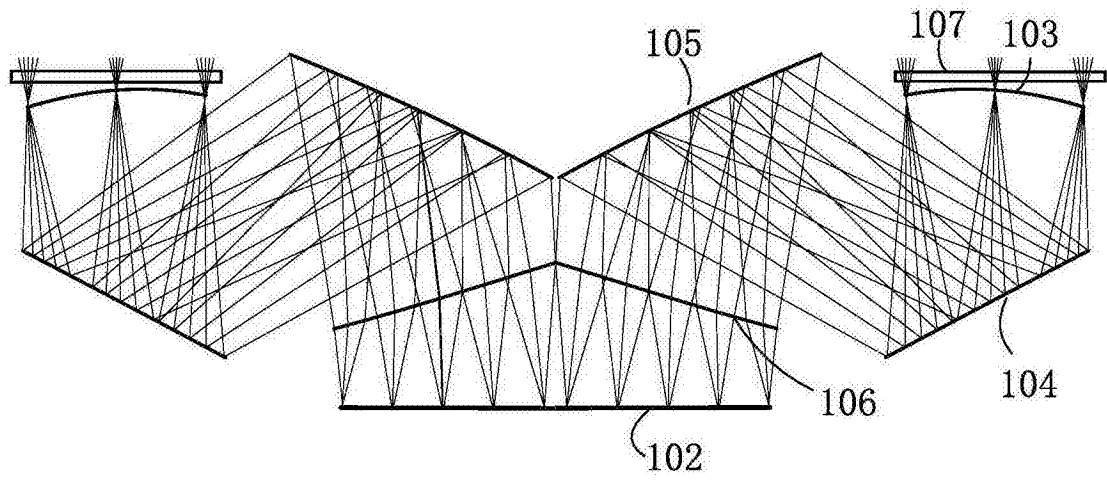


图3

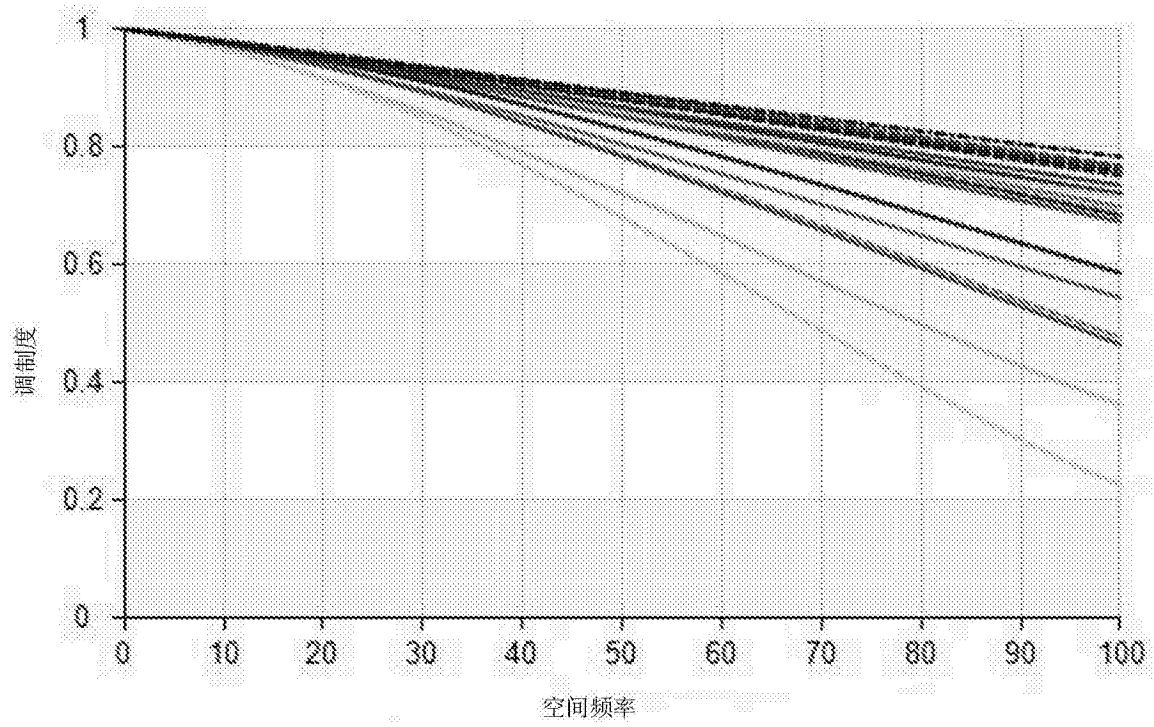


图4

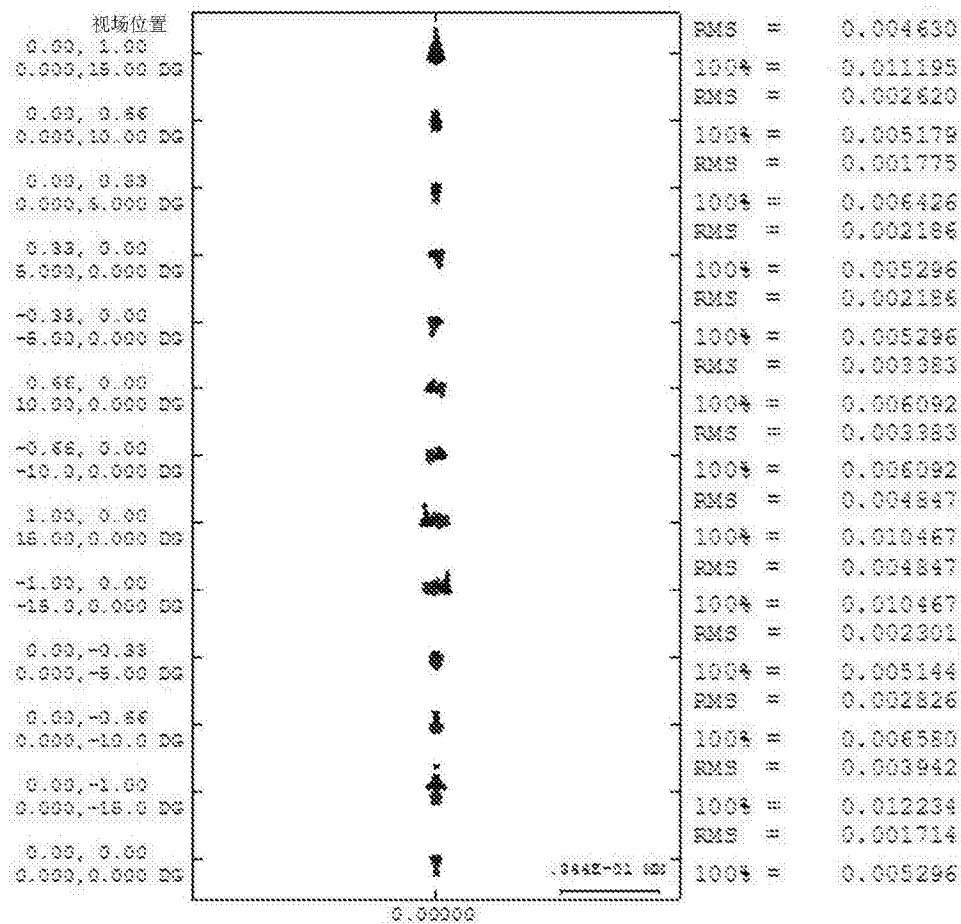


图5