



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102998779 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 27

(21) 申请号 201210279818. 2

G03F 7/20 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 08. 08

(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 刘伟奇 吕博 冯睿 魏忠伦 柳华 康玉思 姜珊

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

G02B 15/173 (2006. 01)

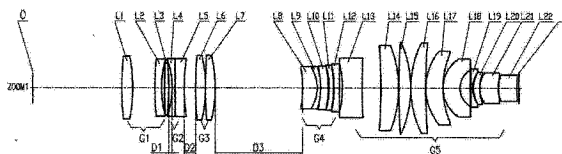
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 13 页

(54) 发明名称

一种变焦距光刻物镜系统

(57) 摘要

一种变焦距光刻物镜系统,属于光学技术领域,本发明为了解决现有光刻物镜无法实现同一光刻物镜曝光出不同比例大小的掩模板曝光图形的问题,本发明系统从物面到像面依次为:物面、第一透镜组、第二透镜组、第三透镜组、第四透镜组、第五透镜组和像面;物面为掩模板所在平面;第一透镜组用于固定物面与变焦距系统第一片透镜的距离;第二透镜组起到改变光刻物镜焦距及像面尺寸的作用;第三透镜组作用在于当变倍组移动过程中补偿像面的移动,使像面在整个变倍过程中保持位置固定;第四透镜组,具有负光焦度,第五透镜组,具有正光焦度,两者构成后固定组,用于保证光刻物镜靠近像面一侧的最后一块透镜与像面距离不变;像面为刻蚀基片所在平面。



1. 一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,从物面一侧到像面一侧依次为:物面(O)、第一透镜组(G1)、第二透镜组(G2)、第三透镜组(G3)、第四透镜组(G4)、第五透镜组(G5)和接收面(I);

物面(O)为掩模板所在平面;

第一透镜组(G1)为前固定组,具有正光焦距,用于固定物面(O)与变焦距系统第一片透镜的距离;

第二透镜组(G2)为变倍组,具有负光焦距,起到改变光刻物镜焦距及像面尺寸的作用;

第三透镜组(G3)为补偿组,具有正光焦距,作用在于当变倍组移动过程中补偿像面的移动,使像面在整个变倍过程中保持位置固定;

第四透镜组(G4),具有负光焦距,第五透镜组(G5),具有正光焦距,两者构成后固定组,用于保证光刻物镜靠近像面一侧的最后一片透镜与像面距离不变;

像面(I)为刻蚀基片所在平面。

2. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,变焦距光刻物镜系统共包括22块透镜,从靠近物面一侧到靠近像面一侧依次排列。

3. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,第一透镜组(G1)由第一透镜至第三透镜组成,第一透镜为双凸透镜、第二透镜为负弯月透镜和第三透镜为双凸透镜。

4. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,第二透镜组(G2)由第四透镜和第五透镜组成,第四透镜为薄负透镜,第五透镜为负透镜,且第四透镜的后表面与第五透镜的前表面曲率半径相同,第四透镜和第五透镜可交合在一起或可无限接近。

5. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,第三透镜组(G3)由第六透镜和第七透镜组成,第六透镜为双凸透镜,第七透镜为双凸透镜。

6. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,第四透镜组(G4)由第八透镜至第十二透镜组成,第八透镜为正弯月透镜、第九透镜为负弯月透镜、第十透镜至第十二透镜为薄负弯月透镜;且第八透镜的后表面与第九透镜的前表面曲率半径相同,第八透镜和第九透镜可交合在一起或可无限接近。

7. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,第五透镜组(G5)由第十三透镜至第二十二透镜组成,第十三透镜为厚负透镜,第十四透镜至第十五透镜为正透镜,第十七透镜为正弯月透镜,第十八透镜为厚弯月镜,第十九透镜为负透镜,第二十透镜为薄正透镜,第二十一透镜和第二十二透镜为厚正透镜。

8. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,光刻物镜系统中最大透镜全口径小于153mm。

9. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,光刻物镜系统的总长为805mm,光学透镜组的总长655.4mm,物面(O)到第一透镜前表面的距离为147.5733mm,第二十二透镜后表面到像面(I)的距离为3.5mm。

10. 根据权利要求1所述的一种变焦距光刻物镜系统,其特征在于,光刻物镜系统的工作波长为410nm。

一种变焦距光刻物镜系统

技术领域

[0001] 本发明属于光学技术领域,具体涉及一种变焦距光刻物镜系统。

背景技术

[0002] 在现代高分辨率集成电路制造工艺的光刻技术中光刻装置是一种十分重要的设备。光刻物镜系统是光刻装备中至关重要的核心部件。光刻装置按是否采用掩模板主要分为有掩模光刻装置和无掩模光刻装置两大类,两种光刻方式大多采用投影式光刻曝光形式。有掩模光刻装置将掩模板上的曝光图形信息投影到刻蚀基片上;无掩模光刻装置将空间光调制器的曝光图形信息投影到刻蚀基片上,刻蚀基片通过显影等复杂工艺将掩模板上的曝光图形信息呈现出来。但光刻物镜系统基本采用定焦系统,即一套光刻物镜系统只能曝光出掩模板或数字光调制器的一种比例的曝光图形,无法实现在同一光刻设备中光刻物镜的变焦距功能,即也不能实现掩模板曝光图形不同比例大小的呈现。

发明内容

[0003] 本发明为了解决现有光刻物镜为定焦系统,无法实现同一光刻物镜曝光出不同比例大小的掩模板曝光图形的问题,提供一种变焦距光刻物镜系统。

[0004] 本发明的技术方案为:

[0005] 一种变焦距光刻物镜系统,从物面到像面依次为:物面、第一透镜组、第二透镜组、第三透镜组、第四透镜组、第五透镜组和像面;

[0006] 物面为掩模板所在平面;

[0007] 第一透镜组为前固定组,具有正光焦度,用于固定物面与变焦距系统第一片透镜的距离;

[0008] 第二透镜组为变倍组,具有负光焦度,起到改变光刻物镜焦距及像面尺寸的作用;

[0009] 第三透镜组为补偿组,具有正光焦度,作用在于当变倍组移动过程中补偿像面的移动,使像面在整个变倍过程中保持位置固定;

[0010] 第四透镜组,具有负光焦度,第五透镜组,具有正光焦度,两者构成后固定组,用于保证光刻物镜靠近像面一侧的最后一片透镜与像面距离不变;

[0011] 像面为刻蚀基片所在平面。

[0012] 所述一种变焦距光刻物镜系统共包括 22 块透镜,从靠近物面一侧到靠近像面一侧依次排列。

[0013] 所述第一透镜组由第一透镜至第三透镜组成,第一透镜为双凸正透镜、第二透镜为左凸右凹负透镜和第三透镜为双凸薄正透镜。

[0014] 所述第二透镜组由第四透镜和第五透镜组成,第四透镜为左凹右凸薄负透镜,第五透镜为双凹负透镜,且第四透镜的后表面与第五透镜的前表面曲率半径相同,第四透镜和第五透镜可交合在一起或可无限接近。

[0015] 所述第三透镜组由第六透镜和第七透镜组成,第六透镜和第七透镜均为双凸正透镜。

[0016] 所述第四透镜组由第八透镜至第十二透镜组成,第八透镜为左凹右凸正弯月透镜,第九透镜至第十二透镜为左凹右凸负透镜,第十二透镜、第十三透镜均为双凹负透镜;第八透镜的后表面与第九透镜的前表面曲率半径相同,第八透镜和第九透镜可胶合在一起或可无限接近。

[0017] 所述第五透镜组由第十四透镜至第二十二透镜组成,第十四透镜为左凹右凸正透镜,第十五透镜为双凸正透镜,第十六透镜和第十七透镜均为左凸右凹正透镜,第十八透镜为左凸右凹负透镜,第十九透镜为双凹负透镜,第二十透镜为左凸右凹正透镜,第二十一透镜和第二十二透镜为左凸右凹正弯月透镜。

[0018] 工作原理说明:第一透镜组 G1 将物方的远心光束压缩进变倍组,第二透镜组 G2 即变倍组自左向右地移动到四个变焦距位置,第三透镜组 G3 即补偿组同时自左向右移动来补偿变倍组移动过程中像面的移动同时将物方远心光束再次压入第四透镜组,第四透镜组将光束颠倒入射到由十片透镜组成的第五透镜组第五透镜组主要完成像差的校正及产生像方远心。在整个变焦过程中控制物面 O 到像面 I 的距离始终为 805mm,物面到第一透镜前表面的距离为 147.5733mm,第二十二透镜后表面到像面的距离为 3.5mm。

[0019] 本发明的有益效果是:本发明将变焦距与双远心结构结合在一个系统中,在一组光刻物镜系统中实现不同倍率高分辨率的成像质量;本发明光变焦距光刻物镜的所有透镜均为球面镜,光学总长短、通光口径较小,结构紧凑,降低了加工难度和制造成本。

附图说明

[0020] 图 1 为本发明的光学系统在四个变焦位置时的结构示意图。

[0021] 图 2 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom1 时的传递函数。

[0022] 图 3 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom1 时离焦 $1\mu\text{m}$ 时的传递函数。

[0023] 图 4 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom1 时的场曲图及畸变图。

[0024] 图 5 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom2 时的传递函数。

[0025] 图 6 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom2 时离焦 $1\mu\text{m}$ 时的传递函数。

[0026] 图 7 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom2 时的场曲及畸变图。

[0027] 图 8 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom3 时的传递函数。

[0028] 图 9 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom3 时离焦 $1\mu\text{m}$ 时的传递函数。

[0029] 图 10 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom3 时的场曲及畸变图。

[0030] 图 11 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom4 时的传递函数。

[0031] 图 12 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom4 时离焦 $1\mu\text{m}$ 时的传递函数。

[0032] 图 13 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom4 时的场曲及畸变图。

[0033] 图 14 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom1 时的畸变图。

图 15 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom2 时的结构示意图

图 16 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom2 时的畸变图。

图 17 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom3 时的结构示意图。

图 18 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom3 时的畸变图。

图 19 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom4 时的结构示意图。

图 20 为本发明的光学系统在变焦位置 zoom4 时的畸变图。

具体实施方式

下面结合附图对实施方式进一步说明。

[0034] 实施例 1 :如图 1 所示,本发明按 zoom1 的结构提供了一种工作在 410nm 波长的折射式变焦距光刻物镜系统,用于将物面 0 的图案成像在像面 I 上,其由 22 片光学透镜组成,从物面一方到像面一方将透镜标记为 L1~L22,该 22 片光学透镜按光焦度及在本发明系统中的作用被分成 G1~G5 组,光焦度的分配从物面到像面依次为正 - 负 - 正 - 负 - 正,物面到像面距离为 805mm,系统中最大镜片全口径小于 153mm,像方 F 数 2,像方数值孔径 0.2,放大倍率为 0.25,像面大小 14.8mm。

[0035] 变焦距光刻物镜系统的具体结构:

[0036] 第一透镜组 G1 具有正光焦度,包括三片透镜即第一透镜 L1~第三透镜 L3,其中,第一透镜 L1 为双凸正透镜,第二透镜 L2 为左凸右凹负透镜(右边朝像面),第三透镜 L3 为双凸薄正透镜。第一透镜 L1 采用双凸正透镜的目的在于将轴外视场光线压低,避免镜片过大通光口径的产生,第二透镜 L2 可以提供较大的球差,同时平衡第一透镜 L1 的负畸变,第三透镜 L3 采用薄正透镜校正第二透镜 L2 产生的过大的正 Petzval 场曲。

[0037] 第二透镜组 G2 具有负光焦度,包括两片透镜即第四透镜 L4 和第五透镜 L5,其中第四透镜 L4 为左凹右凸负透镜(右凸面朝像面),第五透镜 L5 为双凹负透镜,其中第四透镜 L4 的右凸面和第五透镜 L5 的左凹面曲率半径相等,第四透镜 L4 和第五透镜 L5 间隔无限小(为加工方便可将第四透镜 L4、第五透镜 L5 做双胶合处理),较佳的,第二透镜组 G2 采用较少的镜片数,同时保证负光焦度的产生,主要目的有两点:尽量在第二透镜组 G2 变倍组减少镜片数量已使整个系统的镜片数量减少进而可缩短系统总长,使系统结构较紧凑,另一方面校正第一透镜组 G1 的负畸变。

[0038] 第三透镜组 G3 具有正光焦度,包括两片透镜即第六透镜 L6 和第七透镜 L7,第六透镜 L6 和第七透镜 L7 均为双凸正透镜,两片镜产生较大的正光焦度,作为补偿组出现在系统前部,主要目的是当第二透镜组 G2 在变焦过程中保持像面不发生移动及实现系统变倍的功能,另外两个正光焦度的透镜可以校正前两组透镜的正球差,第六透镜 L6 和第七透镜 L7 产生负的子午和弧矢彗差,补偿前两组的较大的正彗差,同时校正第二透镜组 G2 产生的正 Petzval 场曲。

[0039] 第四透镜组 G4 具有负光焦度,包括六片透镜即第八透镜 L8~第十三透镜 L13,第八透镜 L8 为左凹右凸正透镜,第九透镜 L9、第十透镜 L10、第十一透镜 L11 为左凹右凸负透镜,第十二透镜 L12、第十三透镜 L13 为双凹负透镜,其中第八透镜 L8 的右凸面和第九透镜 L9 的左凹面曲率半径相等,间隔无限小(为加工方便可做双胶合处理)。由于经过前三组透镜组后各视场的边缘光线近乎平行于光轴,在后组镜片数量较少而直接会聚到像面上时将产生很大的像差,尤其在像方数值孔径较大时像差甚为严重,第四透镜组 G4 将入射光向外发散一定角度和后面的透镜组构成一个凸部,校正单色像差。

[0040] 第五透镜组 G5 具有正光焦度,承担光焦度最多,综合补偿变焦过程中像面的成像质量,同时产生各视场均一的照度及大的像方数值孔径值。包括九片透镜即第十四透镜

L14~第二十二透镜 L22, 第十四透镜 L14 为左凹右凸正弯月透镜, 第十五透镜 L15 为双凸正透镜, 第十六透镜 L16 为双突正弯月透镜, 第十七透镜 L17 为左凸右凹正透镜, 第十八透镜 L18 为左凸右凹负透镜, 第十九透镜 L19 为双凹负透镜, 第二十透镜 L20 为左凸右凹正透镜, 第二十一透镜 L21、第二十二透镜 L22 为左凸右凹正弯月透镜, 其中第十八透镜 L18、第十九透镜 L19 主要用于平衡系统正透镜产生的初级球差, 最后两块左凸右凹正弯月透镜 L21、L22 主要校正像面弯曲。

[0041] 下面表 1 给出的是系统处在 zoom1 位置时变焦距光刻物镜中各个镜片的设计参数, 记录了每一片透镜前后表面曲率半径、折射率, 色散阿贝数及镜片厚度或相邻两个镜片表面的间隔距离(曲率半径和厚度或间隔的单位为 mm)。

[0042] 表 1 :具体实施实例的光学系统结构参数表。

[0043]

物方数值孔径: 0.1; 物方视场 $y=37\text{mm}$; 物面到 L1 前表面距离= 147.57mm 系统总长 (物面 O 到像面 I) = 805mm ; 像方视场 $y'=9.25\text{mm}$; 像方 F 数= 1.25				
序号	曲率半径	厚度或间隔	折射率	色散阿贝数
1	526.597	17.88	1.713	53.8
2	-285.025	36.98		
3	493.951	11.04	1.6968	55.5
4	176.847	4.90		
5	935.187	6.88	1.8467	23.9
6	-511.600	5.169		
7	-139.977	4.76	1.6968	55.5
8	-24917.672	14.76	1.7847	25.7
9	318.664	18.90		
10	621.697	16.36	1.6968	55.5
11	-234.008	0.10		
12	740.142	16.20	1.8060	46.6
13	-241.286	144.545		
14	-194.071	23.84	1.713	53.8
15	-65.235	6.0	1.846	23.9
16	-106.470	0.20		
17	-134.225	12.60	1.8467	23.9
18	-167.656	1.50		
19	-132.645	7.20	1.883	40.8
20	-197.287	0.80		
21	-190.754	8.80	1.7725	49.7
22	14322.081	5.0		
23	-167.434	32.40	1.7536	28.4
24	892.185	31.39		
25	-1028.360	29.40	1.6421	53.1
26	-191.858	0.10		
27	1043.809	19.87	1.6213	57.7

[0044]

28	-189.436	0.10		
29	169.617	24.46	1.6204	60.3
30	2743.621	0.10		
31	94.080	28.85	1.6393	56.6
32	147.242	0.10		
33	58.251	27.78	1.7552	27.6
34	34.693	18.52		
35	-1000.725	2.60	1.7552	27.6
36	45.098	1.38		
37	52.302	10.06	1.5753	62.9
38	67.040	0.10		
39	43.583	31.26	1.4875	70.4
40	120.021	0.10		
41	61.203	30.46	1.6533	54.3
42	205.403	3.5		

[0045] 按照变焦距光学系统的原则需要给出所有变焦位置所对应的数值列表,表 2 是本发明四个变焦位置所对应的间隔数值列表(可变间距 D1、可变间距 D2、可变间距 D3 单位为 mm)。

[0046] 表 2:四个变倍位置所对应的间隔数值列表。

[0047]

缩放倍率	可变间距 D1	可变间距 D2	可变间距 D3
-0.4×	5.169	18.901	144.545
-0.35×	46.991	19.021	103.053
-0.3×	93.777	19.714	55.574
-0.25×	146.918	21.345	0.800

[0048] 在上述具体实施例 1 中,如图 2 所示,本光学系统的传递函数图形,可见各视场传递函数在 500c1/mm 时均大于 0.4。如图 3 所示,在实际工作中发生调焦不准,产生 1 μm 离焦时的传递函数图形,可见各视场传递函数在 500c1/mm 时均接近或大于 0.4。如图 4 所示,实施例的场曲及畸变。

[0049] 由于本发明光刻物镜系统有四个变焦位置,分别为 zoom1、zoom2、zoom3、zoom4,像方数值孔径在 zoom1、zoom2、zoom3、zoom4 位置分别为 0.25、0.3、0.35、0.4, zoom1 缩放比为 -0.4, zoom2 缩放比为 -0.35, zoom3 缩放比为 -0.3, zoom4 缩放比为 -0.25,即可将物面缩小 2.5 倍到缩小 4 倍,像方 F 数在 zoom1、zoom2、zoom3、zoom4 位置处分别为 2、1.75、1.5、1.25。

[0050] 同样其它三个变焦位置情况的实施方法可参照上述在 zoom1 位置实施例 1 的描述。

[0051] 实施例 2:

[0052] 如图 5 所示,本发明在变焦位置 zoom2 的结构示意图,如图 6 所示,本光学系统在变焦位置 zoom2 的传递函数图形,如图 7 所示,离焦 1 μm 时的传递函数图形,如图 8 所示,场曲及畸变图形。

[0053] 实施例 3:

[0054] 如图 9 所示,本发明在变焦位置 zoom3 的结构示意图,如图 10 所示,本光学系统的传递函数图形,如图 11 所示,离焦 $1\ \mu\text{m}$ 时的传递函数图形,如图 12 所示,场曲及畸变图形。

[0055] 实施例 4:

[0056] 如图 13 所示,本发明在变焦位置 zoom4 的结构示意图,如图 14 所示,本光学系统在 zoom4 位置的传递函数图形,如图 15 所示,离焦 $1\ \mu\text{m}$ 时的传递函数图形,如图 16 所示,场曲及畸变图形。

[0057] 同样,在上述三个变焦位置时,光学系统各视场(0.0、0.3、0.5、0.7、1.0 子午及弧矢方向)的传递函数均接近衍射极限,在 $500\text{c}/\text{mm}$ 时各视场的传递函数值均接近或大于 0.4,同时在系统发生 $1\ \mu\text{m}$ 离焦的情况下依然能保持很好的传递函数值,在 $500\text{c}/\text{mm}$ 时各视场的传递函数值均接近或大于 0.4,在三个各变焦位置的场曲和畸变值均较小,场曲小于 $5\ \mu\text{m}$,像散小于 $6\ \mu\text{m}$,各视场最大畸变小于 0.007%,最大绝对畸变小于 $0.563\ \mu\text{m}$,在满足分辨率的情况下基本消除了畸变的影响,提供了良好的像质。

[0058] 按上述设置即可以得到具有可变倍率的变焦距光刻物镜系统。

[0059] 本发明用 22 片全球面透镜组合成物方远心和像方远心的双远心结构,物方主光线及像方主光线均平行于光轴,其会聚中心在物方和像方的无穷远处,该双远心光刻物镜系统可避免由于物面的离焦而造成错误的缩放倍率及像面照度不均匀。

[0060] 本发明的变焦距光刻物镜系统由五个透镜组构成,从物面到接收面光焦度分配情况是:正-负-正-负-正,光阑位于第一透镜组的第一片透镜,整个光学系统由 22 片全球面透镜组成,多种透镜形状及光焦度的组合可有效校正轴外视场像差,得到较好的成像质量。通过调整变倍组、补偿组的位置实现变倍功能,前固定组和后固定组中透镜的不同组合有保证了像面在不同便被位置时保持位置不变,物面与像面距离恒为 805mm ,前固定组第一片透镜与后固定组最后一组透镜距离恒为 655.4mm ,结构紧凑有效提高了系统透过率。全球面透镜的采用大大降低了加工难度,便于实际的生产加工制造。本发明是一种能够提供可变倍率,具有高分辨率、畸变小、所用透镜镜片数量较少,最大口径较小,结构紧凑的光刻物镜。

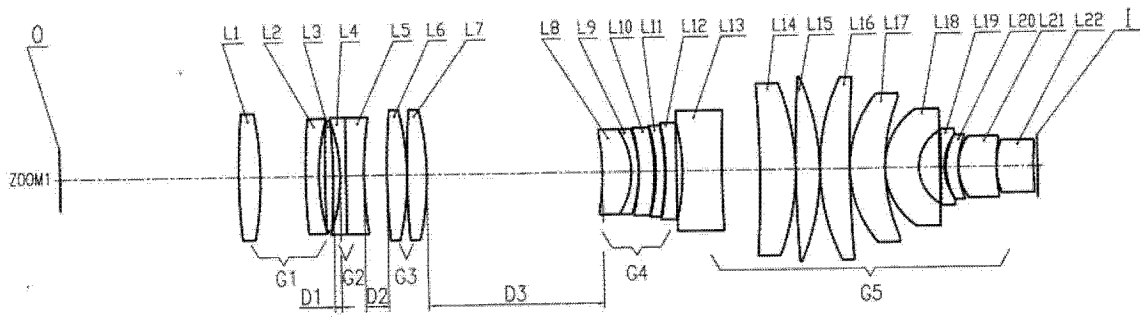


图 1

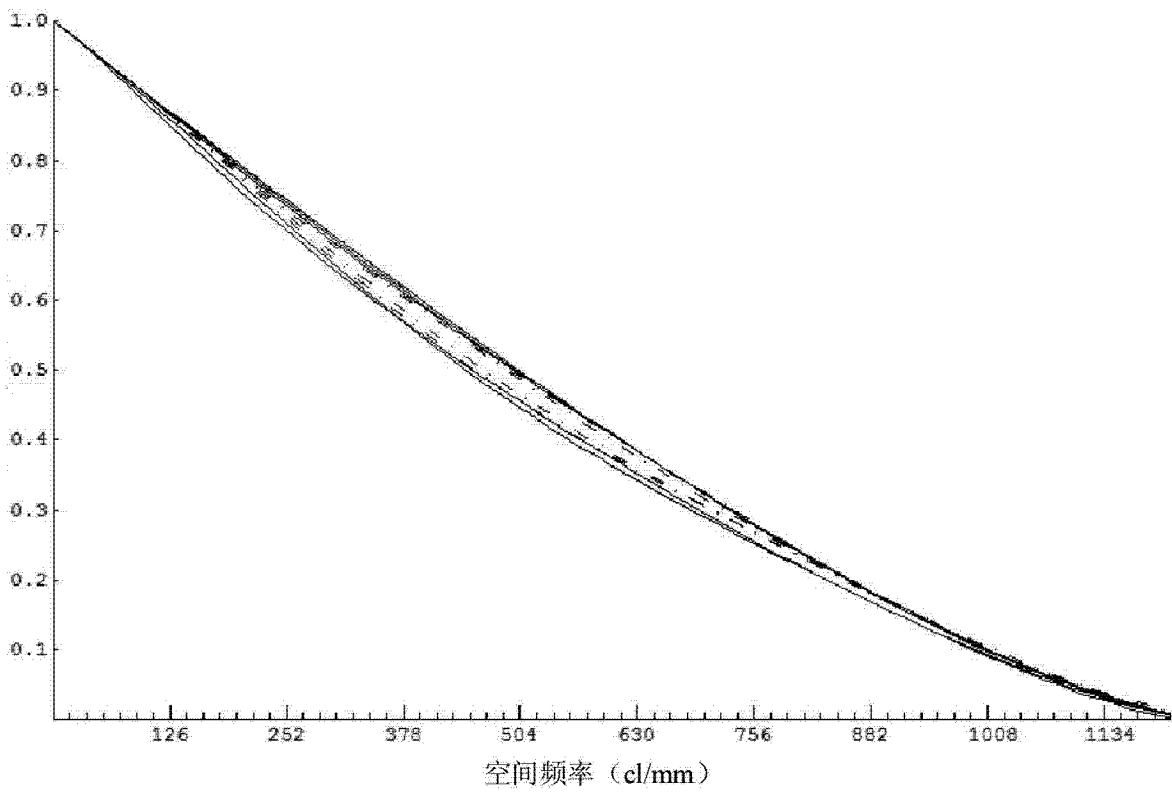


图 2

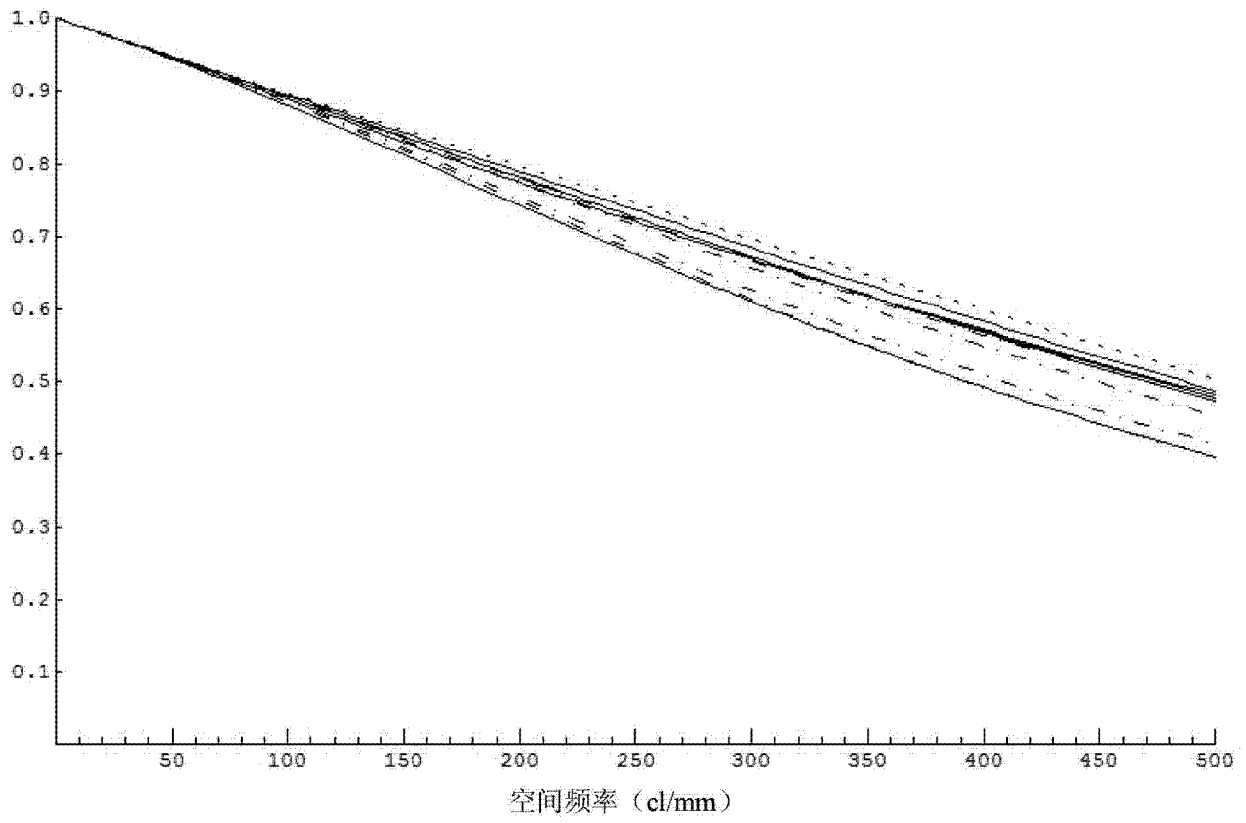


图 3

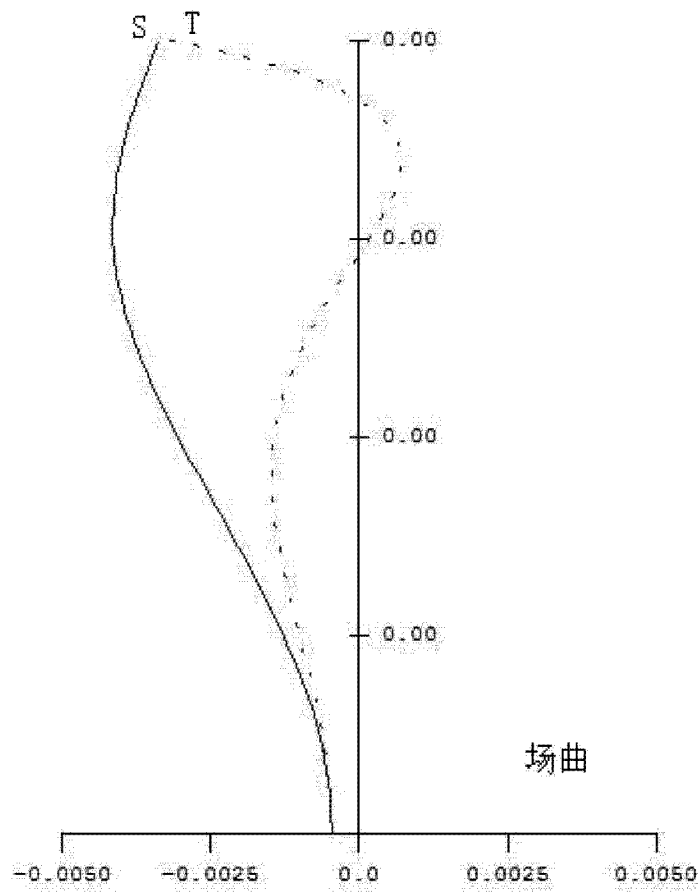


图 4

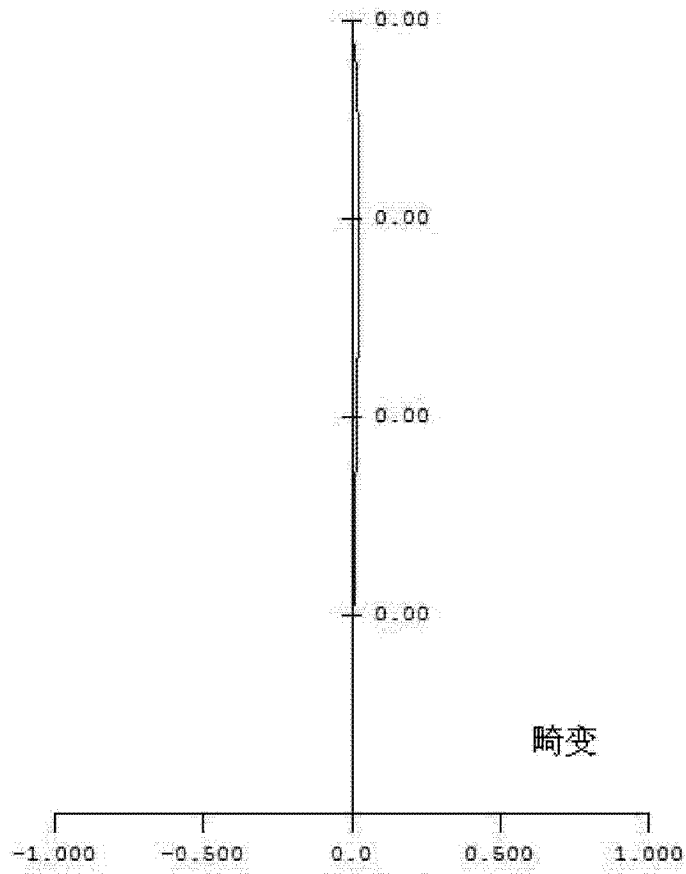


图 5

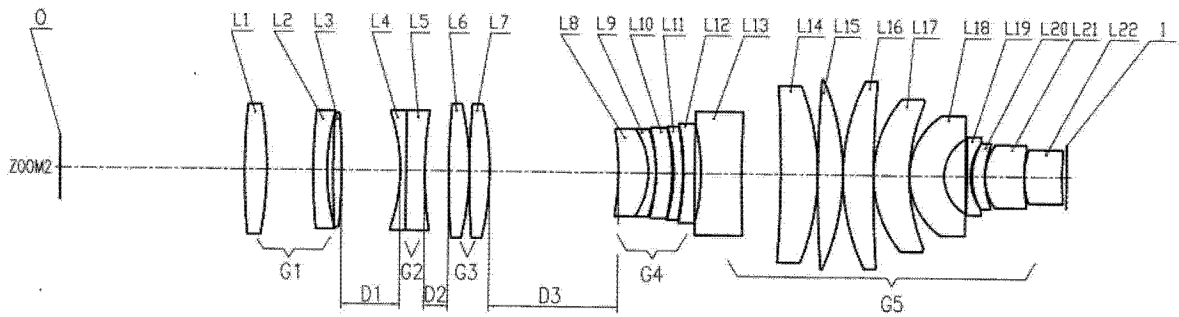


图 6

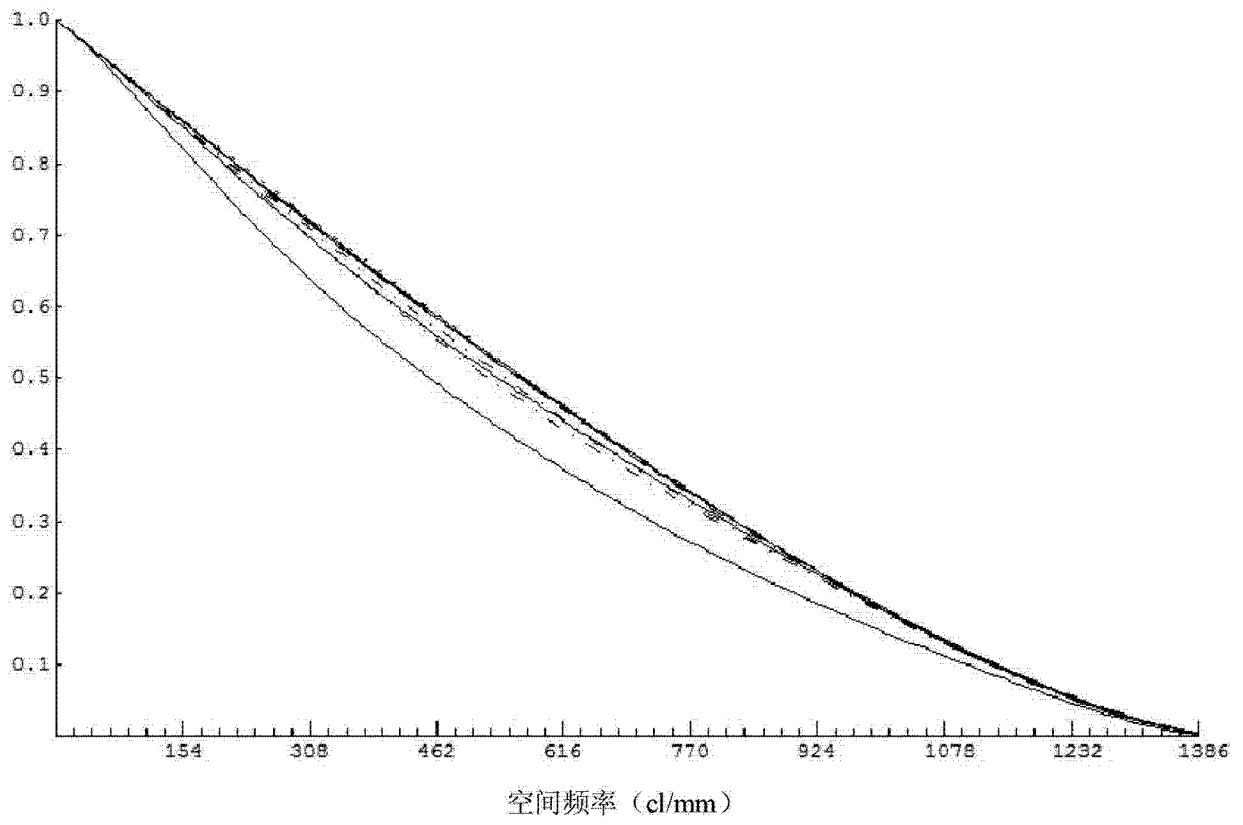


图 7

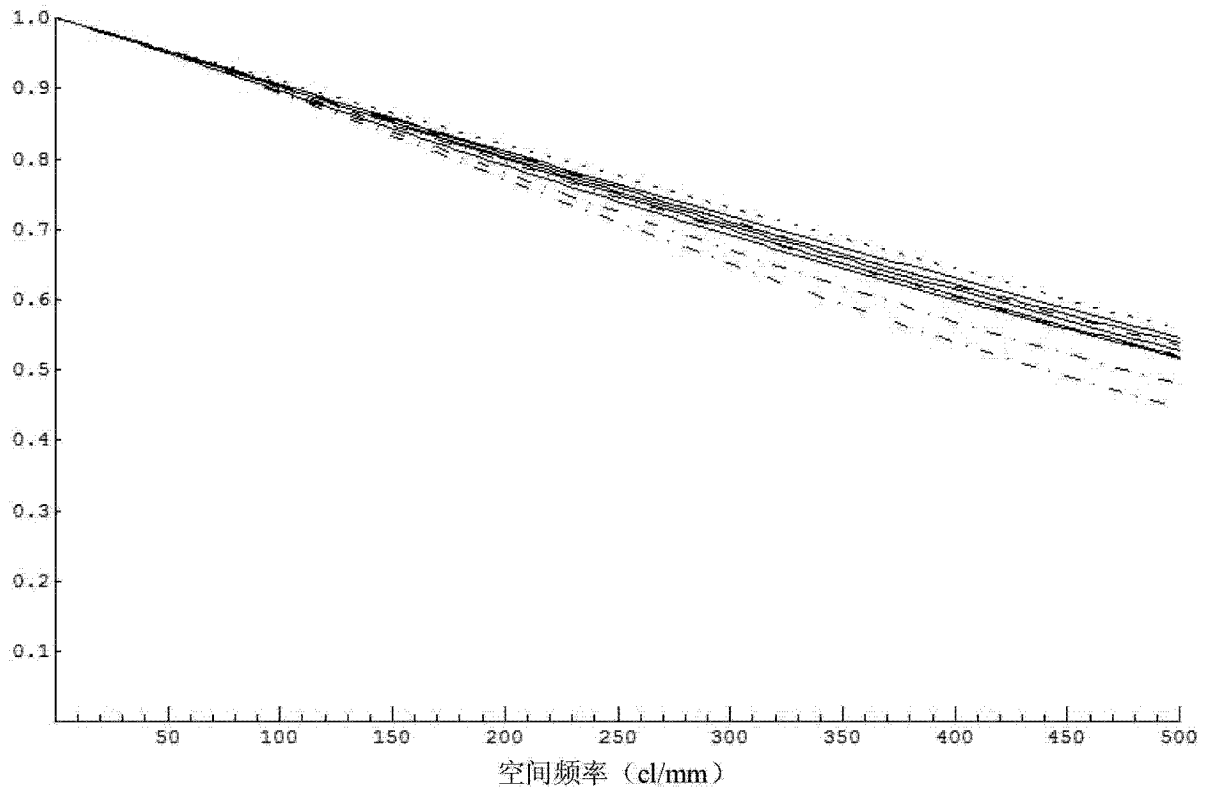


图 8

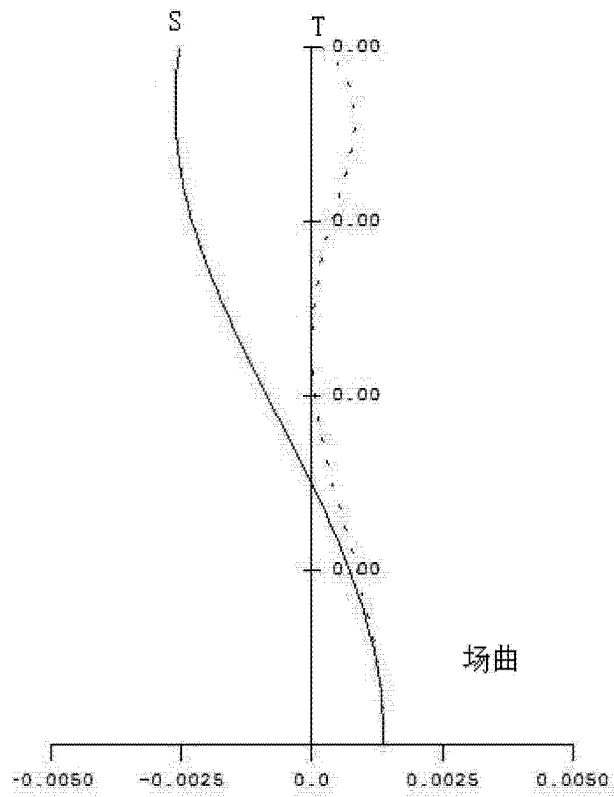


图 9

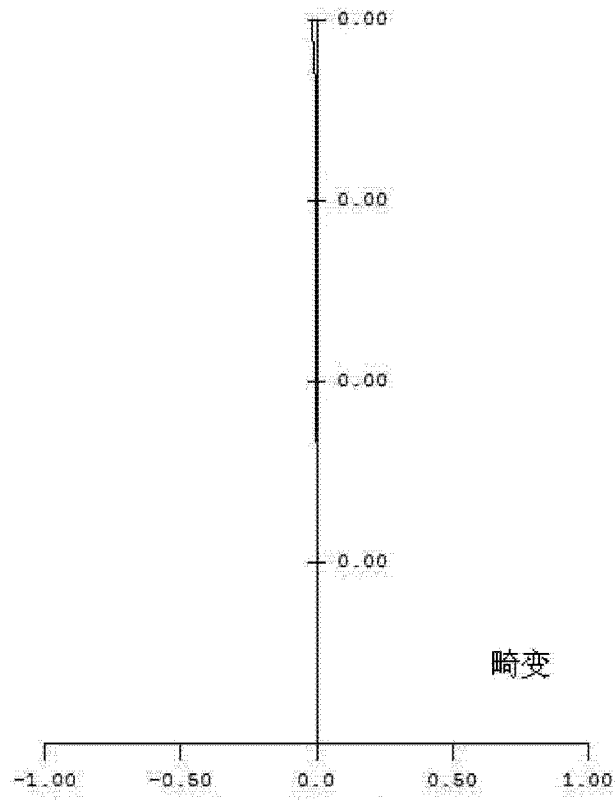


图 10

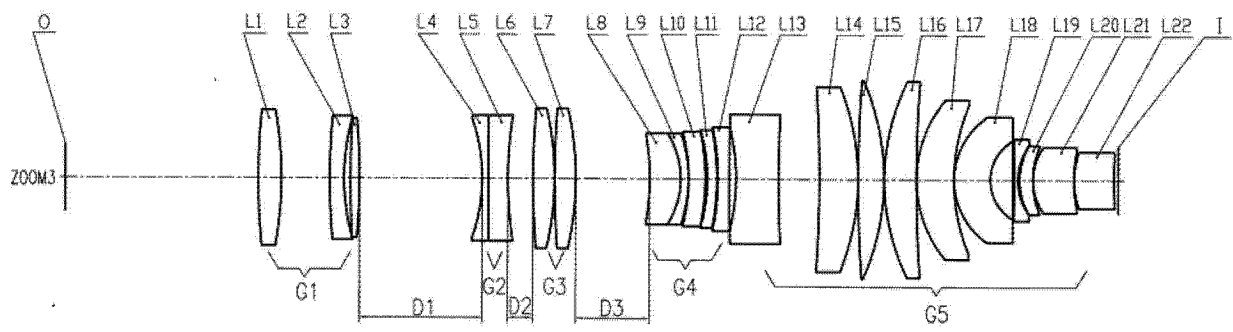


图 11

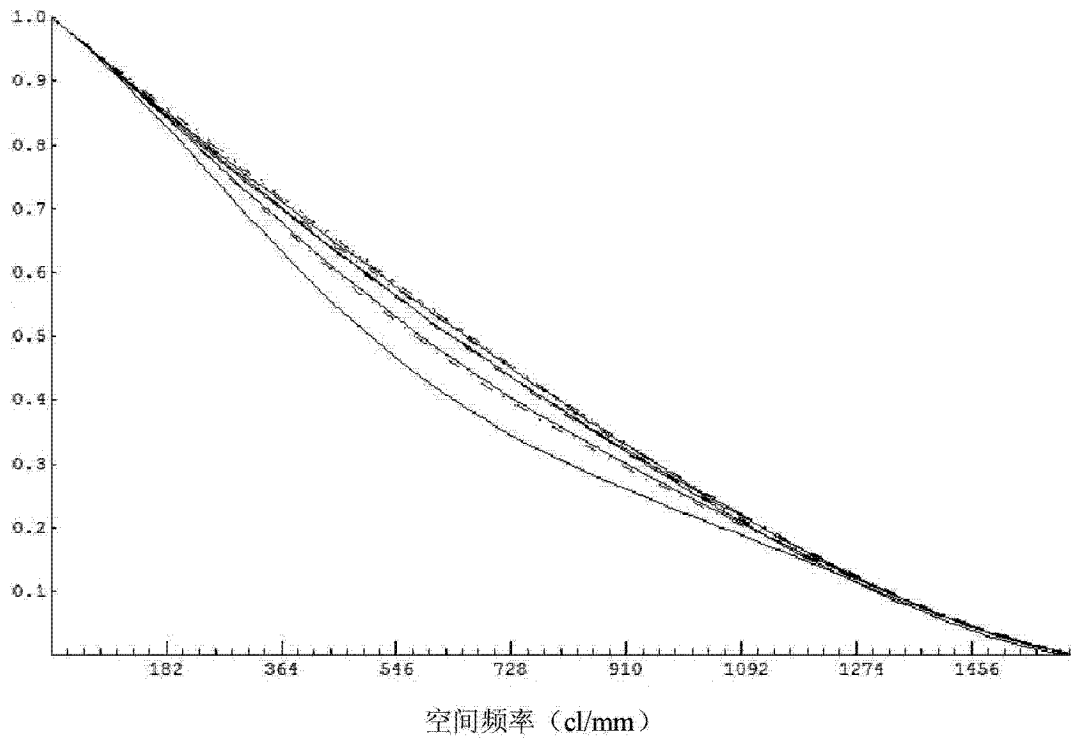


图 12

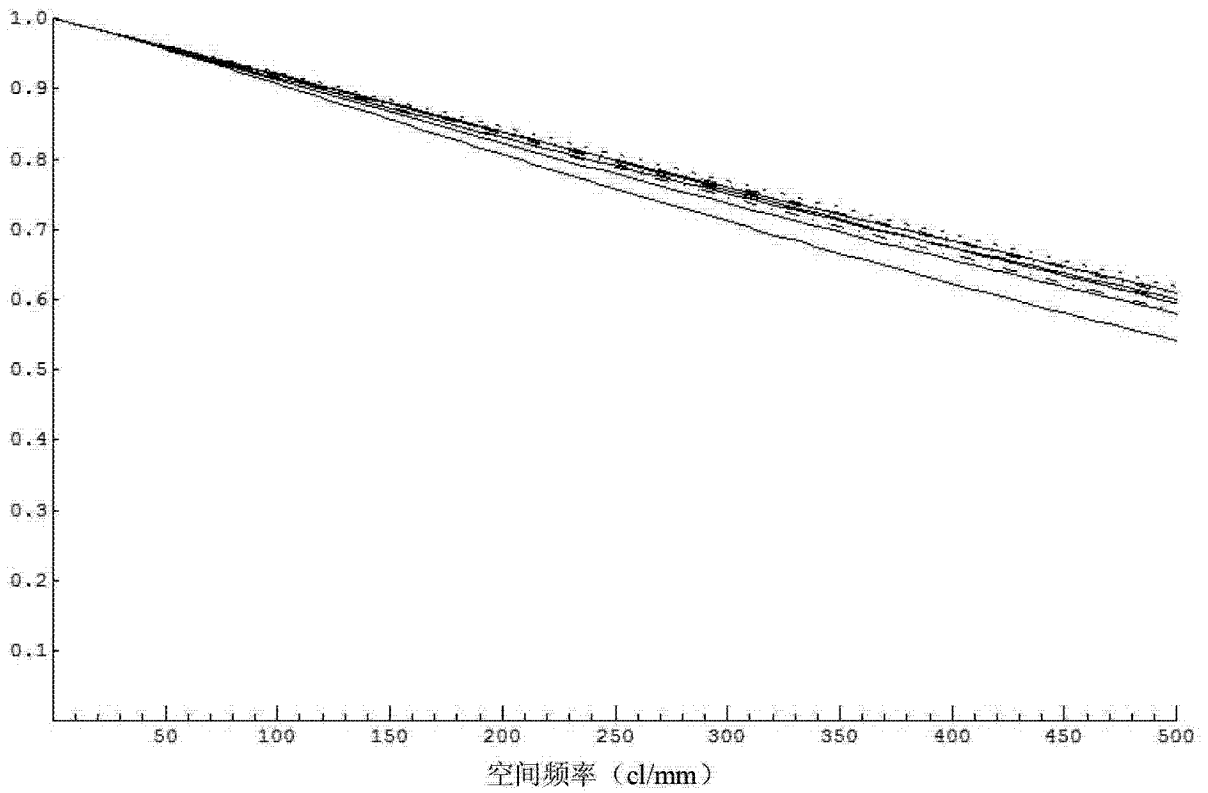


图 13

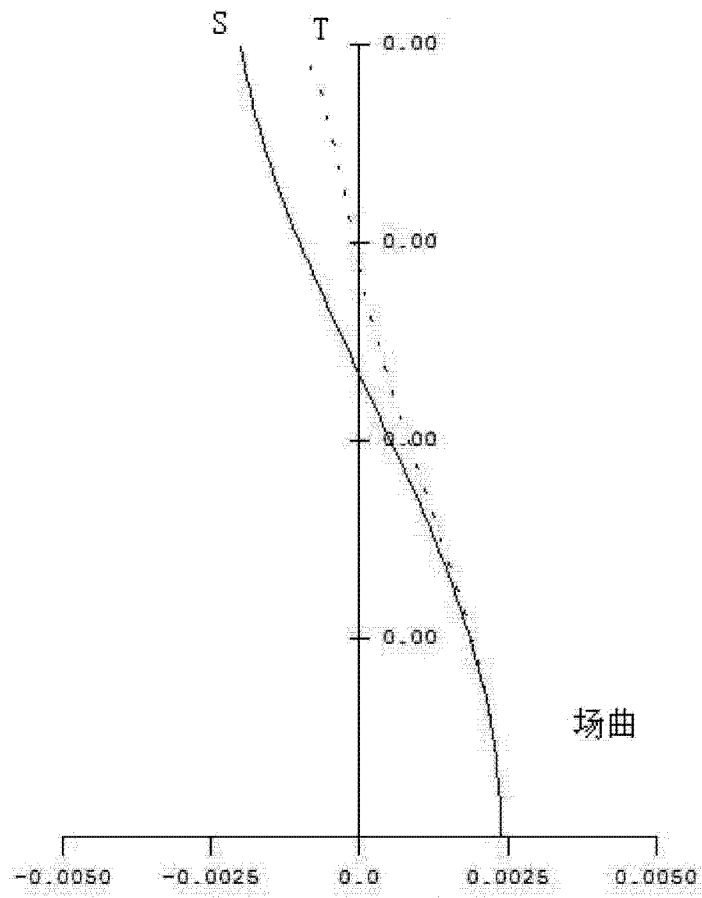


图 14

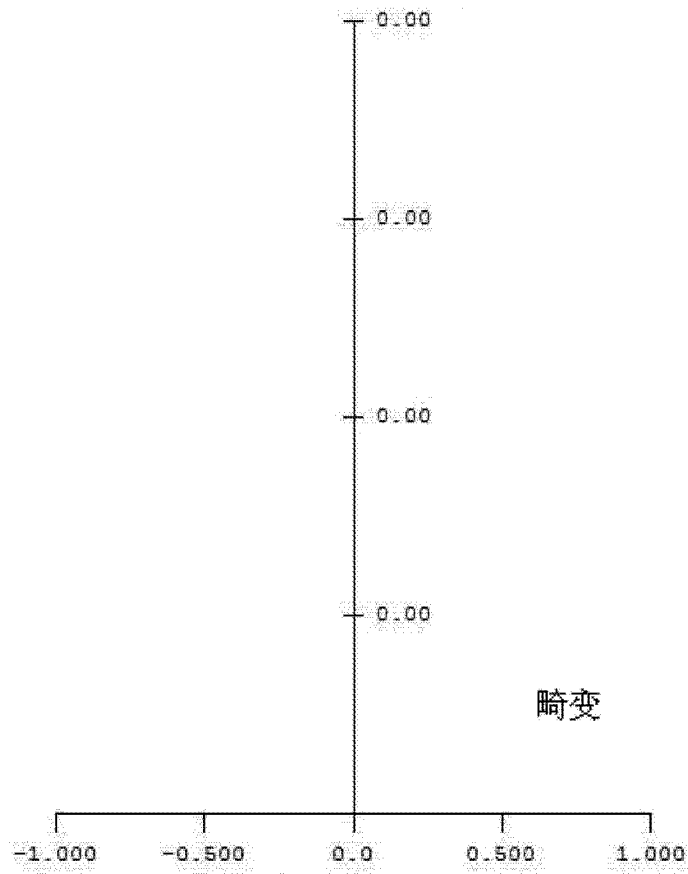


图 15

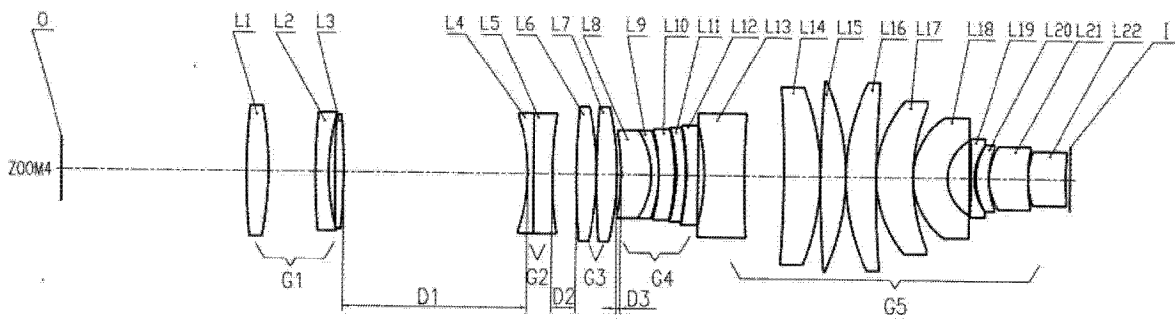


图 16

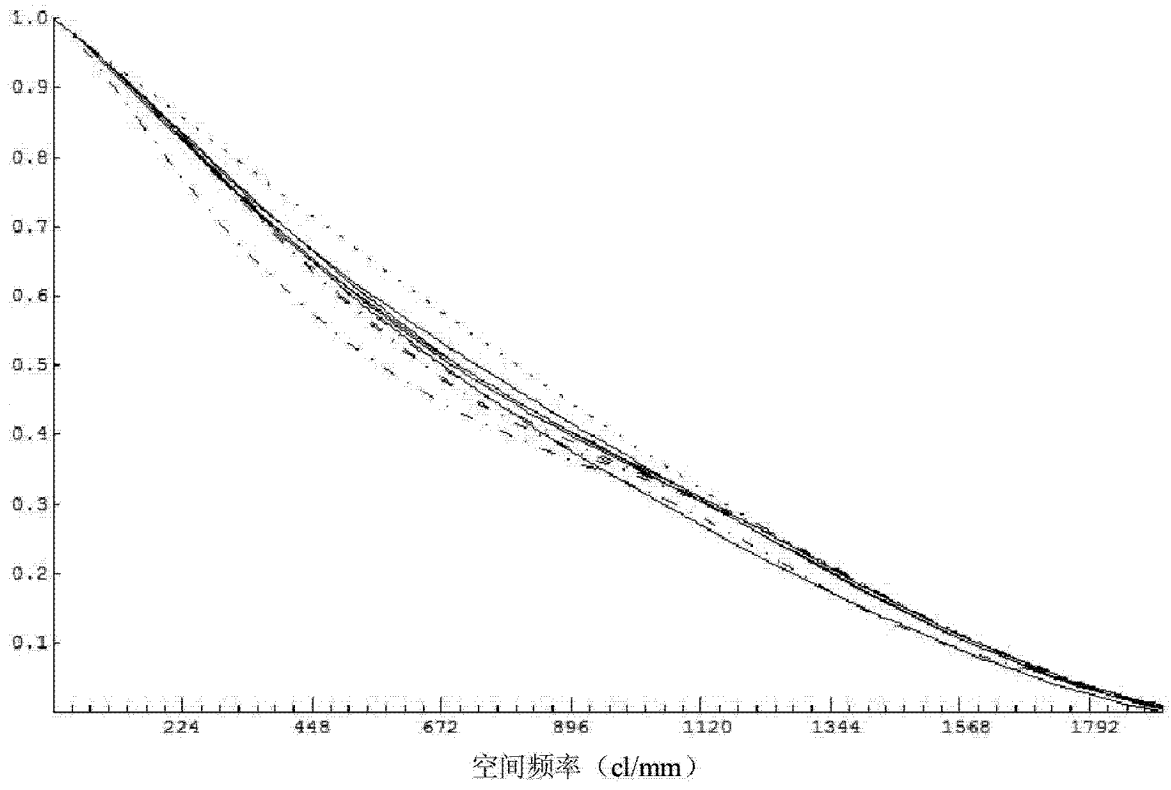


图 17

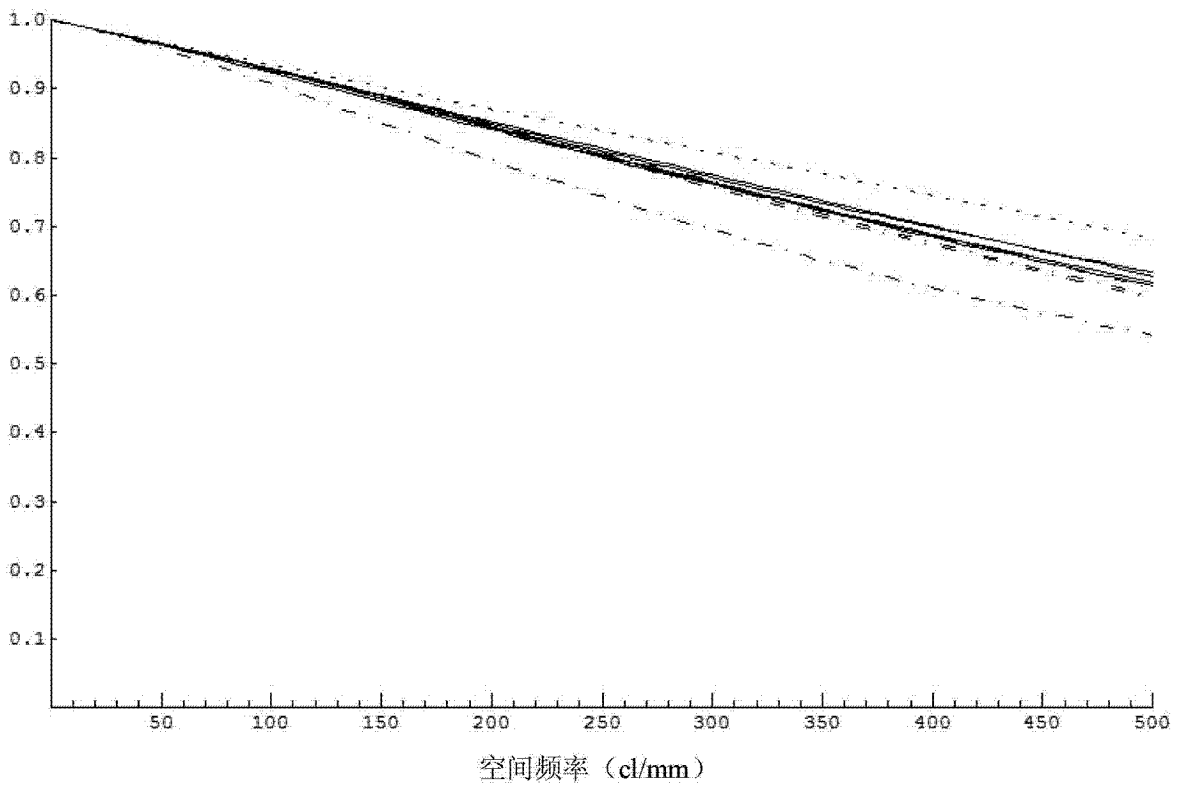


图 18

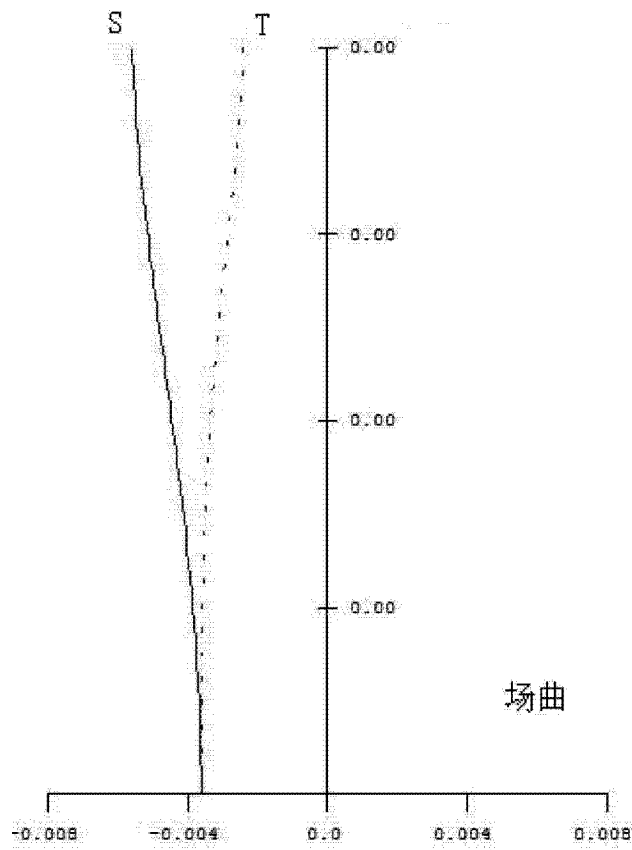


图 19

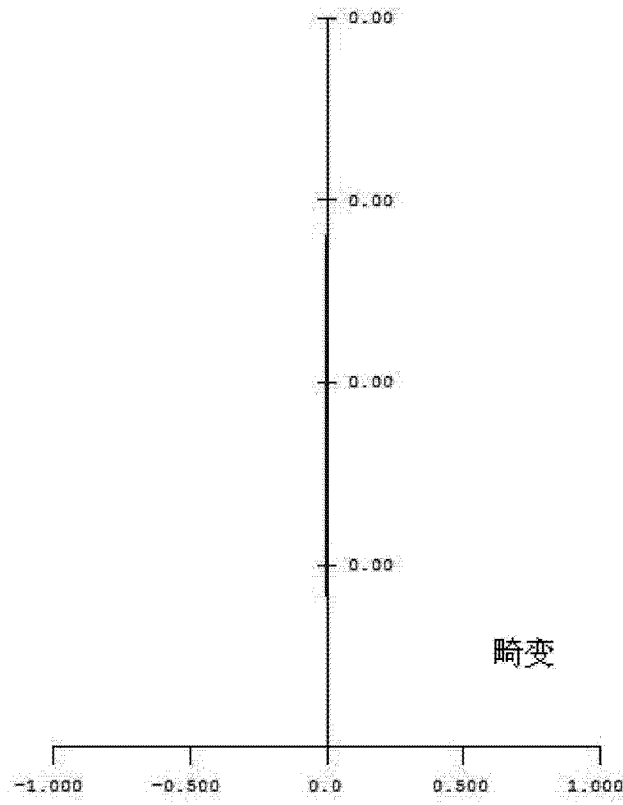


图 20