



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97180169. X

[45] 授权公告日 2003 年 8 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1119688C

[22] 申请日 1997. 11. 12 [21] 申请号 97180169. X

[30] 优先权

[32] 1996. 11. 29 [33] US [31] 60/033,348

[86] 国际申请 PCT/US97/20144 1997. 11. 12

[87] 国际公布 WO98/23988 英 1998. 6. 4

[85] 进入国家阶段日期 1999. 5. 28

[71] 专利权人 美国精密镜片股份有限公司

地址 美国俄亥俄州

[72] 发明人 梅尔文·H·克赖策尔

审查员 马 燕

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

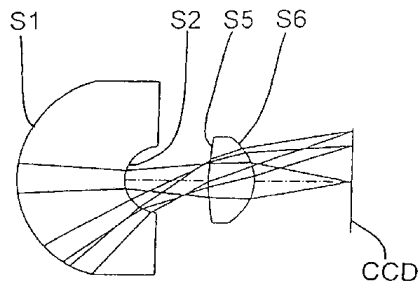
代理人 徐 泰

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称 用于物体成象的透镜系统及使用该透镜系统的光学系统

[57] 摘要

一种用于物体成象的透镜系统具有两个透镜。第一透镜具有负光焦度，第二透镜具有正光焦度且与第一透镜的距离至少是系统焦距的 1/4。在一种情况下，第二透镜是折射-衍射混合元件，两透镜都用丙烯酸组成，且只有球面和圆锥面。在其他情况下，第一透镜具有高于第二透镜的色散。例如，第一透镜用苯乙烯做成，第二透镜用丙烯酸做成。这时，第一透镜具有一个球面和一个一般非球面，第二透镜具有圆锥面，或者两个透镜都具有一个球面和一个圆锥面。由于本发明只用两个透镜且使用最少数目的一般非球面，所以成本降低。由于系统使用直径相对较大的透镜元件，所以便于加工和装配。另外，本发明的系统具有与 CCD 的光学性质相容的光学性质。



1 cm

1. 一种用于物体成象的透镜系统，其特征在于，按照从其物侧至象侧的顺序，所述系统包括：

(a)负的第一透镜元件，它具有一个球面和一个一般非球面；以及

(b)正的第二透镜元件，它具有两个圆锥面。

2. 一种用于物体成象的透镜系统，其特征在于，按照从其物侧至象侧的顺序，所述系统包括：

(a)负的第一透镜元件，它具有一个球面和一个圆锥面；以及

(b)正的第二透镜元件，它具有两个圆锥面。

3. 如权利要求 2 所述的透镜系统，其特征在于，所述第二透镜元件是折射-衍射混合元件。

4. 一种用于物体成象的透镜系统，其特征在于，按照从其物侧至象侧的顺序，所述系统包括：

(a)负的第一透镜元件，它具有一个球面和一个圆锥面；以及

(b)正的第二透镜元件，它具有一个球面和一个圆锥面。

5. 如权利要求 4 所述的透镜系统，其特征在于，所述圆锥面位于第一和第二透镜元件中每个透镜元件的像侧。

6. 如上述任何一项权利要求所述的透镜系统，其特征在于，所述系统具有焦距 f_0 ，第一透镜元件具有焦距 f_1 和厚度 t_1 ，第二透镜元件具有焦距 f_2 ，所述第二透镜元件与所述第一透镜元件相隔距离 d_{12} ，并且

$$|f_1|/f_0 > 1.0;$$

$$t_1/f_0 > 0.5;$$

$$d_{12}/f_0 > 0.25。$$

7. 如权利要求 6 所述的透镜系统，其特征在于：

$$|f_1|/f_0 > 1.5;$$

$$t_1/f_0 > 0.7; \text{ 以及}$$

$$d_{12}/f_0 > 0.5。$$

8. 如权利要求 6 或 7 所述的透镜系统，其特征在于：

$$f_2/f_0 < 2.0。$$

9. 如权利要求 8 所述的透镜系统，其特征在于：

$$f_2/f_0 < 1.6。$$

10. 如权利要求 6 或 7 所述的透镜系统，其特征在于，所述第二透镜元件具有厚度 t_2 ，并且

$$t_2/f_0 > 0.5。$$

11. 如权利要求 6 或 7 所述的透镜系统，其特征在于，所述第一透镜元件具有的色散高于所述第二透镜元件的色散。

12. 如权利要求 11 所述的透镜系统，其特征在于，所述第一透镜元件由苯乙烯组成，而所述第二透镜元件由丙烯酸组成。

13. 如权利要求 6 或 7 所述的透镜系统，其特征在于，所述第二透镜元件是折射-衍射混合元件。

14. 如权利要求 13 所述的透镜元件，其特征在于，所述第一透镜元件和所述第二透镜元件由丙烯酸组成。

15. 如权利要求 13 所述的透镜元件，其特征在于：

$$f_2/f_0 > 1.0。$$

16. 如权利要求 6 或 7 所述的透镜系统，其特征在于，所述透镜系统具有直径为 D_{EP} 的入射光瞳，所述第一透镜元件具有直径 D_1 ，所述第二透镜元件具有直径 D_2 ，其中：

$$D_1/D_{EP} > 2.5； 以及$$

$$D_2/D_{EP} > 1.3。$$

17. 如权利要求 16 所述的透镜系统，其特征在于：

$$D_1/D_{EP} > 3.0； 以及$$

$$D_2/D_{EP} > 1.5。$$

18. 一种光学系统，它包括用于物体成象的透镜系统和用于检取所述象的电子成象系统，其特征在于，所述透镜系统是上述任何一项权利要求所述的透镜系统。

19. 如权利要求 18 的光学系统，其特征在于，所述电子成象系统是电荷耦合器件。

用于物体成象的透镜系统及 使用该透镜系统的光学系统

发明领域

本发明涉及与电子成象系统(例如,使用电荷耦合器件(CCD)或类似的光敏电子元件的系统)一起使用的透镜。这些系统在本领域中是公知的,并且能够在各种文献中找到有关它们的描述,其中包括登载在1989年9月的《今日物理》第24-32页上的Rose等人撰写的“对于成象系统的物理限制”一文以及该文引用的文献;以及刊登在L.Marton编、纽约Academic Press 1975年出版的《电子学和电子物理进展》增刊8上的Sequin等人撰写的“电荷转移器件”一文,通过参照把所有这些文献的有关部分引用于此。

发明背景

电子成象系统需要能够产生高质量的图象的透镜系统,这些透镜系统具有较小的尺寸,即,电子成象系统需要短焦距的透镜系统。例如,广泛使用具有对角线约为5.5mm的CCD(称为1/3英寸CCD)。在这样的小尺寸内,典型的CCD具有200,000个像素,于是该CCD器件的表面给出器件的分辨率为每毫米40个周期的数量级。

短焦距透镜系统典型地具有较小的透镜元件。如果这些元件太小,则难于把它们加工和装配成完工的装置。对于电子成象系统使用的透镜,尤其当该系统是大量销售的产品的一部分时,成本常常是一个主要的因素。由于CCD具有很高的分辨率,与这些器件一起使用的透镜必须具有较高的光学品质。这个要求更加重了成本问题。特别,这个要求非常重视用数目最少的透镜元件来达到高级的光学性能。

发明概述

由于上面的考虑,本发明的一个目的是为电子成象系统提供透镜系统,该系统:(1)只用两个透镜元件以降低成本;(2)使用最少数目的一般非球面,例如,只使用一个一般非球面,而在某些情形中,不使用一般非球面,目的还是

为了降低成本：(3)使用具有相对较大直径的透镜元件，以便于加工和装配；以及(4)具有与 CCD 和类似的电子成象器件的光学性质相容的光学性质。

为了达到这个目的和其他目的，本发明提供双元件透镜系统，其中，位于透镜系统的物侧的第一元件具有负的光焦度，并且相对较厚，而位于透镜系统的象侧的第二透镜元件具有正的光焦度，并且离第一透镜元件相对较远，和/或相对较厚。相对于透镜系统的入射光瞳，两个透镜元件最好都具有较大的直径。

在某些实施例中，系统包括在第一透镜元件上的一个一般非球面和两个在第二透镜元件上的两个圆锥面。在其他的实施例中，不用一般非球面。与这些实施例有关，能够在第一透镜元件上采用一个圆锥面，而在第二透镜元件上采用两个圆锥面，第二透镜元件最好是折射-衍射混合元件。另外，能够在第一和第二透镜元件上使用一个球面和一个圆锥面。在一些实施例中，为了得到颜色校正，第一透镜元件由苯乙烯组成，而第二透镜元件由丙烯酸组成。当对于第二透镜元件使用折射-衍射混合元件时，第一和第二透镜元件能够都由丙烯酸组成。

本发明的透镜系统具有适合于与常规的 CCD 一起使用的焦距和光学性质。例如，透镜系统能够容易地达到小于 5.0mm 的焦距，2.8 或更快的 f 数，和在 CCD 处的 40 周期/毫米的 MTF，于是使得它们适合于与 1/3 英寸 CCD 一起使用。

附图概述

图 1-4 是按照本发明构造的透镜系统的侧视示意图。

这些附图(它们被包括在说明书中，并且构成其一部分)描述了本发明的实施例，并且与说明书一起，用来说明本发明的原理。当然，应该明白，附图和说明书两者对于本发明只是说明性的，而不是限制性的。

较佳实施例的描述

如上所述，本发明的透镜系统包括两个透镜元件。

第一透镜元件具有负的光焦度，即， $f_1 < 0$ ，并且最好具有下述性质：

$$|f_1/f_0| > 1.0;$$

$$t_1/f_0 > 0.5; \quad \text{以及}$$

$$D_1/D_{EP} > 2.5;$$

这里 f_0 是透镜系统的焦距， f_1 是第一透镜元件的焦距， t_1 是第一透镜元件的厚度， D_1 是第一透镜元件的直径，以及 D_{EP} 是透镜系统的入射光瞳的直径。使用较厚的前透镜元件提供了对于系统的场曲率的校正。

在一些实施例中，本发明的透镜系统合满足下面的关系：

$$|f_1|/f_0 > 1.5; \text{ 以及}$$

$$t_1/f_0 > 0.7.$$

与这些实施例有关， t_1/f_0 比值最好大于 1.0。

如在这里和在权利要求书中使用的，透镜元件的直径是元件的最大的净孔径，而透镜系统的入射光瞳的直径是透镜的等效单一焦距除以系统的无穷远 f 数。根据这些定义，下面提出的例 1-4 的透镜系统具有 D_1 值 9.5、9.6、11.9 和 5.6mm，以及 D_{EP} 值 1.5、1.5、2.3 和 1.5mm，因此它们的 D_1/D_{EP} 比值分别是 6.3、6.4、5.2 和 3.7。 D_1/D_{EP} 比值最好大于 3.0。

第二透镜单元具有正的光焦度，即， $f_2 > 0$ ，并且最好具有下述性质：

$$f_2/f_0 < 2.0;$$

$$d_{12}/f_0 > 0.25;$$

$$D_2/D_{EP} > 1.3; \text{ 以及}$$

$$t_2/f_0 > 0.5;$$

这里 f_2 是第二透镜元件的焦距， d_{12} 是第一和第二透镜元件之间的距离， D_2 是第二透镜元件的直径，以及 t_2 是第二透镜元件的厚度。根据透镜元件的直径的上述定义，下面提出的例 1-4 的透镜系统具有 D_2 值 4.0、4.0、4.5 和 3.9mm，因此它们的 D_2/D_{EP} 比值分别是 2.7、2.7、2.0 和 2.6。 D_2/D_{EP} 比值最好大于 1.5。

在一些实施例中，本发明的透镜系统满足下述关系：

$$f_2/f_0 < 1.6;$$

$$d_{12}/f_0 > 0.5; \text{ 以及}$$

$$D_2/D_{EP} > 1.5.$$

在一些实施例中，第二透镜元件是折射-衍射混合元件。在本领域中，这些元件的制造是公知的。例如，参见 C.Londono 撰写的博士论文“表面凹凸衍射光学元件(或位相衍射成象照片)的设计和制造，附光学绝热例”(Tufts 大学，1992 年)以及在该文中引用的文献，这些文献的有关部分通过参照而引用于此。衍射表面有衍射效能的问题，所有的衍射级不会达到理想的聚焦。这个效应通

常视为“眩光”。对于电子成象系统的应用，衍射效能的问题可以通过电子成象的数字处理来着手解决。

当第二透镜元件是折射-衍射混合元件时， f_2/f_0 的比值最好大于 1.0，例如，该比值约为 1.5，这里 f_2 包括衍射表面的贡献。当不用混合元件时， f_2/f_0 的比值最好小于 1.0。

第二透镜元件使用折射-衍射混合元件时，对于透镜系统提供了颜色校正，并且允许第一和第二透镜元件由低色散材料(诸如丙烯酸)组成。如果不使用这样的混合元件，则第一透镜元件应该比第二透镜元件有较高的色散。例如，对于这些实施例，第一透镜元件能够用苯乙烯组成，而第二透镜元件用丙烯酸组成。当然，如果需要，也能够用其他的塑料。例如，代替苯乙烯，能够使用具有类似火石玻璃色散的聚碳酸酯以及聚苯乙烯和丙烯酸的共聚物(例如，NAS)。参见美国俄亥俄州 Cincinnati 市 Precision Lens, Inc., 1983 年出版的《塑料光学部件手册》，第 17-29 页。当第二透镜元件是折射-衍射混合元件时，一般能够得到最高等级的颜色校正(轴向和横向)。

在一些较佳实施例中，第一透镜元件具有一个球面和一个圆锥面，而第二透镜元件也具有一个球面和一个圆锥面。这种结构便于透镜系统的制造。

在另一些实施例中，第二透镜元件可以具有两个圆锥面，而第一透镜元件可以具有一个物侧表面和一个象侧表面，前者是球面，后者在某些实施例中是圆锥面，而在其他实施例中是一般非球面。具体而言，当第二透镜元件是折射-衍射混合元件时，第一透镜元件的象侧表面可以是圆锥面。在其他情况下，对于这些实施例，第一透镜元件的象侧表面典型地是一般非球面，以利于象差校正。圆锥面优于一般非球面，这是因为如果直径延伸得超出净孔径时，用来确定一般非球面的多项式(参见下式)能够引出不希望的表面结构，而圆锥面不存在这样的问题。

在这里和在权利要求书中按照术语“球面”、“圆锥面”和“一般非球面”的通常意义使用这些术语，为此，使用了下述形式的透镜表面方程：

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1 + k)c^2 y^2]^{1/2}} + Dy^4 + Ey^6 + Fy^8 + Gy^{10} + Hy^{12} + Iy^{14}$$

这里 z 是在距系统的光轴 y 处的表面弛垂度， c 是透镜在光轴处的曲率，而 k 是圆锥常数。

于是，如果“ k ”以及“ D ”到“ I ”都是零，则表面是球面；如果“ k ”不

是零而“D”到“I”都是零，则表面是圆锥面；无论“k”是否为零，如果“D”到“I”中至少一个不是零，则表面是一般非球面。当然，除了上面提出的式子以外，也能够用其他的式子来描述透镜元件的表面，并且对这个式子的有关的参数值作类似的考虑，以确定某个特定的表面是球面、圆锥面还是一般非球面。

图 1 至 4 描述了按照本发明构造的各种透镜系统。相应的说明和光学性质分别在表 1 至表 4 中给出。对于在图 2 和图 4 中使用的玻璃平板，采用 Hoya 牌号。在实践本发明时，也可以使用其他制造商制造的同等的玻璃。对于塑料元件，使用工业可接受的材料。

在表 1 和 2 中提出的非球面系数是用于上面提出的式子的。在表中使用的略语如下：

EEL	等效焦距
FVD	前顶点距离
$f/$	f 数
ENP	从长共轭点看到的入口光瞳
BRL	筒长
OBJ HT	物高
MAG	放大率
STOP	小孔光阑的位置和尺寸
IMD	象距
OBD	物距
OVL	总长

图 1-4 中出现的标记 S1、S2、S4、S5、S6、S7 和 S8 对应于表 1-4 中“表面编号”下列出的相应表面。

与表中各个表面相关联的标记“c”表示圆锥表面。与表 1 和 2 的表面 2 相关联的标记“a”表示一般非球面。表 3 表面 6 和 7 表示衍射表面。在该表中使用的星号表示对于衍射表面在 Sweatt 模型中使用的折射率和阿贝数，例如， N_e 值 9999 和 V_e 值 -3.4。参见 W.C.Sweatt, “全息光学元件和超高折射率透镜之间的数学等效”，刊载于《美国光学杂志》，1979 年，第 69 卷，第 486-487 页。虽然在图 3 中把衍射表面作为一个单独的元件示出，但事实上它是第二透镜元件的一部分。表 1-4 中的表面 3 是光晕(vignetting)表面。在表中给出的所

有的尺寸都以毫米为单位。

如通常那样，在绘制这些图时，使长共轭点在左边，而短共轭点在右边。因此，在本发明的典型的应用中，要观察的物将在左边，而电子成象系统(例如，使用 CCD 的系统)将在右边。

虽然已经描述了本发明的特定的实施例，但应理解，本领域内具有一般技能的人根据上面的解释就能做出不背离本发明的范围和精神的各种变更。下面的权利要求书打算覆盖此处提出的特定的实施例以及这些变更、改变和等效物。

表 1

表面 编号	类型	半径	厚度	玻璃	净孔径 直径
1		4.9397	5.08731	苯乙烯	9.54
2	ac	1.5323	2.89159		3.20
3		∞	0.92144		1.47
4		小孔光阑	0.18423		1.68
5	c	6.0166	2.21905	丙烯酸	4.00
6	c	-2.0489	4.67874		4.00

标记

- a - 多项式非球面
- c - 圆锥截面

圆锥

表面

编号	常数
2	-1.3889E-01
5	-4.7668E+01
6	-7.2577E-01

偶多项式非球面

表面

编号	D	E	F	G	H	I
2	1.3599E-03	2.1563E-03	-6.1775E-03	2.4938E-03	2.6865E-05	-1.4075E-04

系统一级性质

OBJ. HT: -310.00	f/ 2.80	MAG: -0.0080
STOP: 0.00 在表面 4 后		DIA: 1.6001
EFL: 4.09873	FVD: 15.9821	ENP: 10.9749
IMD: 4.67874	BRL: 11.3033	EXP: -2.80210
OBD: -503.622	OVL: 519.604	

元件一级性质

元件 编号	表面 编号	光焦度	f'
1	1 2	-0.11867	-8.4271
2	5 6	0.29369	3.4050

表 2

表面 编号	类型	半径	厚度	玻璃	净孔径 直径
1		4.8906	4.9000	苯乙烯	9.60
2	ac	1.5840	2.88000		3.30
3		∞	0.95000		1.50
4		小孔光阑	0.19000		1.60
5	c	6.2277	2.40000	丙烯酸	4.00
6	c	-2.0793	3.37000		4.00
7		∞	0.55000	C5	6.00
8		∞	1.00005		6.00

标记

a - 多项式非球面

c - 圆锥截面

圆锥

表面

编号	常数
2	-1.3889E-01
5	-4.9915E+01
6	-7.4312E-01

偶多项式非球面

表面

编号	D	E	F	G	H	I
2	-4.3543E-03	9.2650E-03	-9.9861E-03	4.0803E-03	-6.4199E-04	3.4693E-06

系统一级性质

OBJ. HT:	-308.00	f/	2.82	MAG:	-0.0080
STOP:	0.00	在表面 4 后		DIA:	1.5956
EFL:	4.16672	FVD:	16.2400	ENP:	10.6682
IMD:	1.00005	BRL:	15.2400	EXP:	-2.80210
OBD:	-512.386	OVL:	528.626		

元件一级性质

元件 编号	表面 编号	光焦度	f'
1	1 2	-0.11358	-8.8047
2	5 6	0.28651	3.4903

表 3

表面 编号	类型	半径	厚度	玻璃	净孔径 直径
1		7.5616	4.34575	丙烯酸	11.90
2	c	2.4466	7.85084		5.83
3		∞	2.90000		3.75
4	c	6.4812	3.08783	丙烯酸	4.57
5	c	-5.1558	0.00100		4.54
6		1000.0000	0.00100	*****	4.53
7		-998.8000	7.57866		4.53

标记

c - 圆锥截面

圆锥

表面

编号	常数
2	-3.9940E-01
4	-2.4310E+00
5	-2.2088E+00

系统一级性质

OBJ. HT: -275.00	f/ 1.84	MAG: -0.0090
STOP: 2.53 在表面 4 后		DIA: 4.4613
EFL: 4.25080	FVD: 25.7651	ENP: 11.2131
IMD: 7.57866	BRL: 18.1864	EXP: -.388641
OBD: -463.377	OVL: 489.142	

元件一级性质

元件 编号	表面 编号	光焦度	f'
1	1 2	-0.98183E-01	-10.185
2	4 5	0.15688	6.3745
3	6 7	0.12022E-01	83.183

表 4

表面 编号	类型	半径	厚度	玻璃	净孔径 直径
1		3.2860	2.29000	苯乙烯	5.60
2	c	1.0740	1.51000		2.30
3		∞	0.00000		1.90
4		2.8130	3.10000	丙烯酸	3.90
5	c	-1.9130	0.00000		3.90
6		小孔光阑	3.00000		1.90
7		∞	0.50000	C5	4.00
8		∞	1.11707		4.00

标记

c—圆锥截面

圆锥

表面

编号	常数
2	-3.1855E-01
5	-1.4577E+00

系统一级性质

OBJ. HT: -255.00	f/ 2.50	MAG: -0.0080
STOP: 0.00 在表面 6 后		DIA: 1.811
EFL: 3.81046	FVD: 11.5171	ENP: 5.46002
IMD: 1.11707	BRL: 10.4000	EXP: -3.32796
OBD: -474.118	OVL: 485.635	

元件一级性质

元件 编号	表面 编号	光焦度	f'
1	1 2	-0.22890	-4.3688
2	4 5	0.33962	2.9444

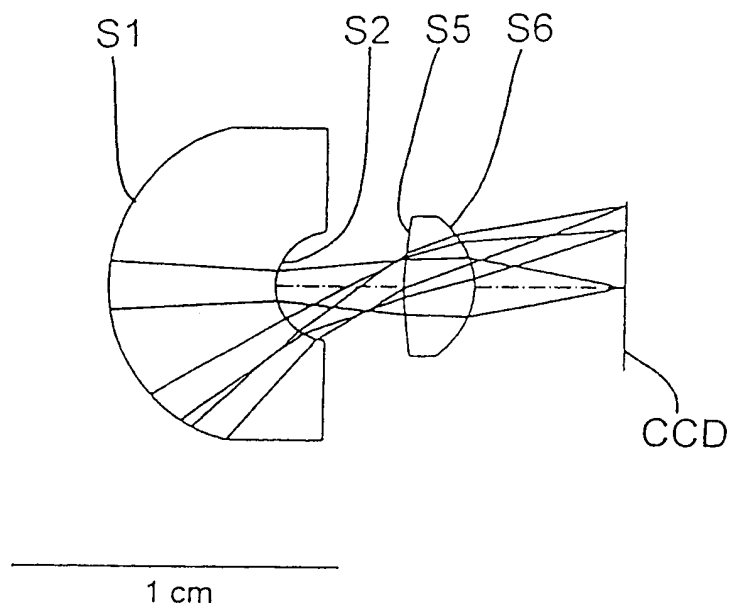


图 1

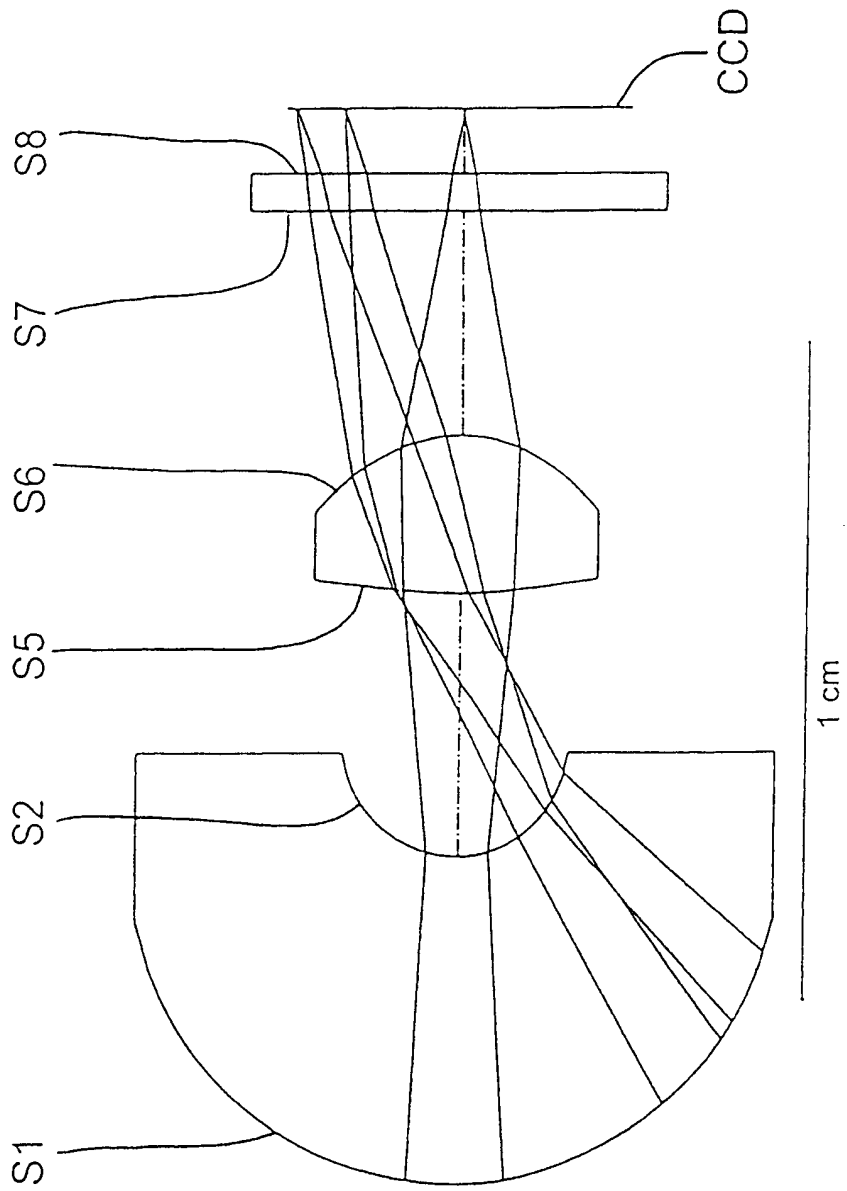


图 2

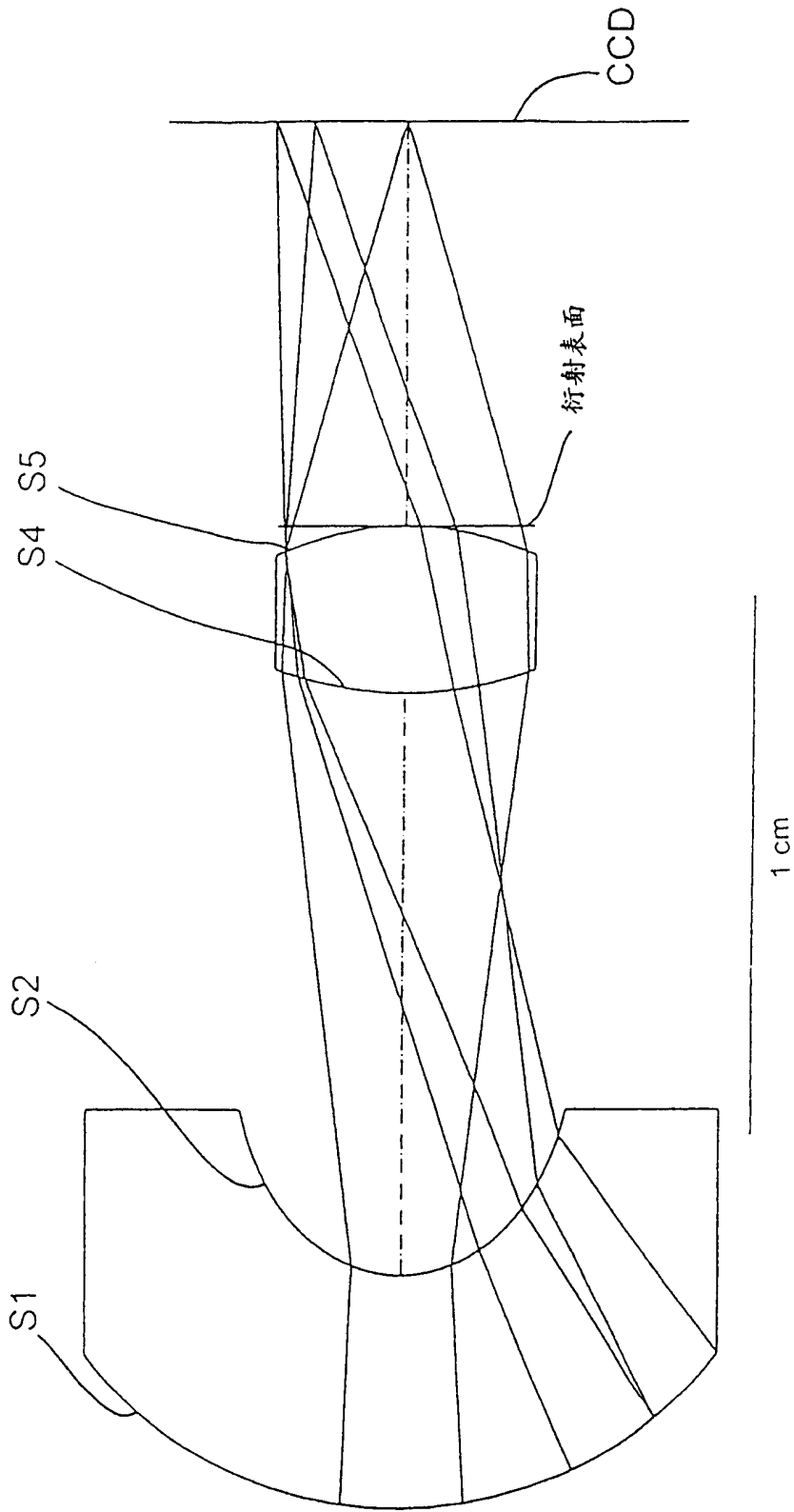


图 3

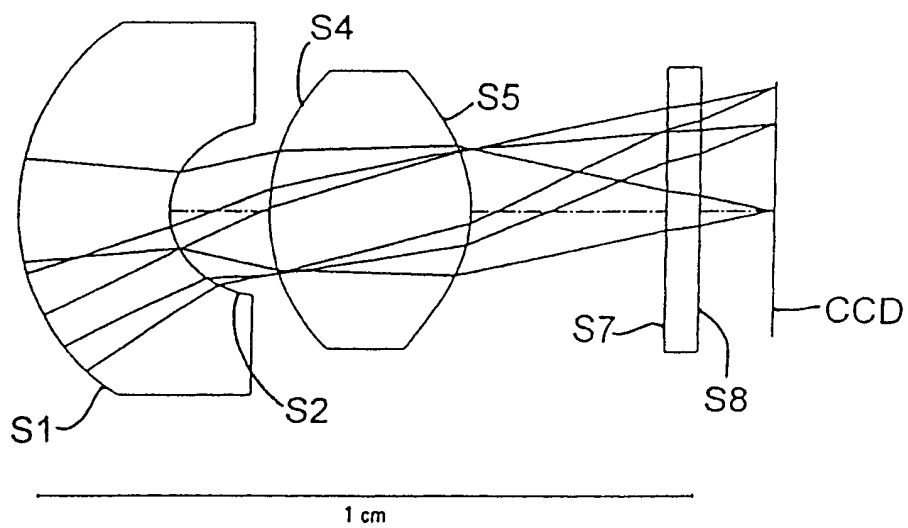


图 4