



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1437038 B

(45) 授权公告日 2010.09.01

(21) 申请号 03104356.9

US 4784479, 1988.11.15, 全文.

(22) 申请日 2003.02.08

审查员 陈亚娟

(30) 优先权数据

032939/2002 2002.02.08 JP

(73) 专利权人 奥林巴斯光学工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 西冈公彦 安田英治 关山健太郎

永田哲生

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 黄剑锋

(51) Int. Cl.

G02B 15/14 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01)

G02B 5/08 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6128137 A, 2000.10.03, 全文.

CN 1116727 A, 1996.02.14, 全文.

JP 2001-208905 A, 2001.08.03, 全文.

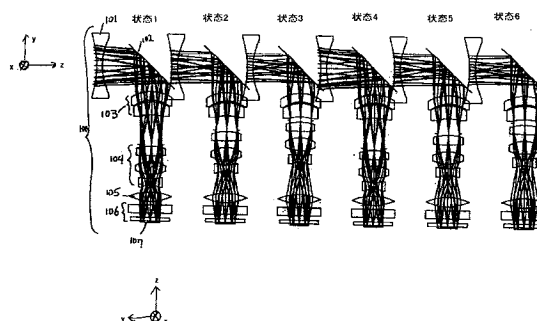
权利要求书 3 页 说明书 60 页 附图 51 页

(54) 发明名称

光学系统和光学装置

(57) 摘要

本发明提供的光学系统和光学装置,该光学系统是功耗小,声音静,应答时间短,机械结构简单,有助于降低成本,同时尽管外径细,体积小,但仍能聚焦和变焦。本发明的光学系统具有可调反射镜和移动的光学元件组。并且,光学元件组具有改变放大率功能,可调反射镜具有对焦功能。本发明的光学装置具有上述光学系统。



1. 一种光学装置,其特征在于:在具有梯度方式的自动聚焦功能的光学装置中,具有光学系统,该光学系统具有从第1状态变化到第4状态的光学特性可调光学元件,上述光学特性可调光学元件为了对焦,从第2状态变化到第3状态;从第1状态变化到第2状态以及从第3状态变化到第4状态时,至少具有由下式370决定的相当于Sd的1/3的变形量,

$$Sd = k \times P \times Fno \quad \cdots \text{式 370}$$

式中, $P = \sqrt{(Px \cdot Py)}$

Px 是摄像器件的1个像素的x方向的尺寸(μm),

Py 是摄像器件的1个像素的y方向的尺寸(μm),

Fno 是上述光学系统的F数,

k 是常数,并且取2~3之间的值。

2. 如权利要求1所述的光学装置,其特征在于上述光学系统具有旋转对称透镜。

3. 如权利要求1所述的光学装置,其特征在于上述光学系统具有移动的光学元件组,满足下式302,

$$0.5 < |\beta v| < 4 \quad \cdots \text{式 302}$$

式中, βv 是上述移动的光学元件组的放大倍率。

4. 如权利要求1所述的光学装置,其特征在于:上述光学系统具有移动的光学元件组,该元件组具有正的折射力,满足下式309

$$0.8 < \beta vw \cdot \beta vT < 1.6 \quad \cdots \text{式 309}$$

式中, βvw 是广角端的上述移动的光学元件组的放大倍率, βvT 是望远端的上述移动的光学元件组的放大倍率。

5. 如权利要求1所述的光学装置,其特征在于:上述光学系统是变焦光学系统,该变焦光学系统具有移动的光学元件组,满足下式311

$$-3 < f_v/f < 15 \quad \cdots \text{式 311}$$

式中, f_v 是上述移动的光学元件组的焦距, f 是上述光学特性可调光学元件的焦度为零时的上述变焦光学系统的焦距。

6. 如权利要求1所述的光学装置,其特征在于:上述光学系统是变焦光学系统,该变焦光学系统具有设置在上述光学特性可调光学元件之前方的第1光学元件组,满足下式316

$$f1/f < 0 \quad \cdots \text{式 316}$$

式中, $f1$ 是上述第1光学元件组焦距, f 是上述光学特性可调光学元件的焦度为零时的上述变焦光学系统的焦距。

7. 如权利要求1所述的光学装置,其特征在于:上述光学系统还具有:三个光学元件组、和一个移动的光学元件组,上述三个光学元件组中的一个光学元件组是被设置在从上述移动的光学元件组到像面之间的第4光学元件组,满足下式322,

$$0.1 < |\beta 4| < 1.3 \quad \cdots \text{式 322}$$

式中, $\beta 4$ 是上述第4光学元件组的放大倍数。

8. 如权利要求1所述的光学装置,其特征在于:上述光学系统还具有:三个光学元件组、和一个移动的光学元件组,上述三个光学元件组中的一个光学元件组是设置在上述光学特性可调光学元件和上述移动的光学元件组之间的第2光学元件组,满足下式324,

$$-0.2 < -H_v/f_v \quad \cdots \text{式 324}$$

式中, f_v 是上述移动的光学元件组的焦距, H_v 是把上述移动的光学元件组和上述第 2 光学元件组结合起来的光学系统的前侧焦点位置。

9. 如权利要求 1 所述的光学装置, 其特征在于: 上述光学系统还具有: 三个光学元件组、和一个移动的光学元件组, 上述三个光学元件组中的一个光学元件组是设置在上述光学特性可调光学元件和上述移动的光学元件组之间的第 2 光学元件组, 满足下式 327,

$$0 \leq |(D_{kv}+H_v)/f_v| < 3 \quad \cdots \text{式 327}$$

式中 D_{kv} 是从上述光学特性可调光学元件到上述移动的光学元件组的空气换算长度, H_v 是把上述移动的光学元件组和上述第 2 光学元件组结合起来的光学系统的前侧焦点位置, f_v 是上述移动的光学元件组的焦距。

10. 如权利要求 1 所述的光学装置, 其特征在于: 上述光学系统还具有: 三个光学元件组、和一个移动的光学元件组, 上述三个光学元件组中的一个光学元件组是设置在上述光学特性可调光学元件和上述移动的光学元件组之间的第 2 光学元件组, 上述移动的光学元件组具有负的折射力, 满足下式 329,

$$|(D_{kv}+H_v)/f_v| < 500 \quad \cdots \text{式 329}$$

式中 D_{kv} 是从上述光学特性可调光学元件到上述移动的光学元件组的空气换算长度, H_v 是把上述移动的光学元件组和上述第 2 光学元件组结合起来的光学系统的前侧焦点位置, f_v 是上述移动的光学元件组的焦距。

11. 如权利要求 1 所述的光学装置, 其特征在于: 上述光学系统还具有: 三个光学元件组、和一个移动的光学元件组, 上述三个光学元件组中的一个光学元件组是第 1 光学元件组, 满足下式 330,

$$0 < (D_{ok}-F_{bo})/f_v < 5 \quad \cdots \text{式 330}$$

式中 D_{ok} 是从上述第 1 光学元件组的最终面到上述光学特性可调光学元件的距离, F_{bo} 是从上述第 1 光学元件组的最终面测量的上述第 1 光学元件组的后侧焦点位置, f_v 是上述移动的光学元件组的焦距。

12. 如权利要求 1 所述的光学装置, 其特征在于: 上述光学系统还具有: 三个光学元件组、和一个移动的光学元件组, 上述三个光学元件组中的一个光学元件组是配置在最靠近物体一侧的第 1 光学元件组, 上述移动的光学元件组具有负的折射力, 满足下式 332,

$$-60 < (D_{ok}-F_{bo})/f_v < -3 \quad \cdots \text{式 332}$$

式中 D_{ok} 是从上述第 1 光学元件组的最终面到上述光学特性可调光学元件的距离, F_{bo} 是从上述第 1 光学元件组的最终面测量的上述第 1 光学元件组的后侧焦点位置, f_v 是上述移动的光学元件组的焦距。

13. 如权利要求 1 所述的光学装置, 其特征在于满足下式 335,

$$39^\circ < \Phi < 55^\circ \quad \cdots \text{式 335}$$

式中, Φ 是射入到上述光学特性可调光学元件内的轴上光线的入射角。

14. 如权利要求 1 所述的光学装置, 其特征在于: 上述光学系统还具有设置在上述光学特性可调光学元件的后方的亮度光圈。

15. 如权利要求 1 所述的光学装置, 其特征在于: 上述光学系统还包括: 具有正的折射力的、可移动的光学元件组。

16. 如权利要求 1 所述的光学装置,其特征在于:上述光学系统还包括:具有负的折射力的、可移动的光学元件组。

17. 如权利要求 1 所述的光学装置,其特征在于:用于从上述第 2 状态变化到第 3 状态所必须的变形量是对焦和补偿所必须的变形量。

18. 如权利要求 1 所述的光学装置,其特征在于:具有摄像器件,该摄像器件和最靠近物体配置的光学元件之间的位置关系是固定的。

19. 如权利要求 1 所述的光学装置,其特征在于:上述光学特性可调光学元件是可调焦点透镜。

光学系统和光学装置

技术领域

[0001] 本发明涉及包括变焦透镜、变焦衍射光学元件、可调偏角棱镜、变焦反射镜等光学特性可调光学元件的光学系统。并且,例如涉及照相机和数码相机、电视摄像机的取景器、望远镜、双筒望远镜、显微镜等的观察光学系统、眼镜、视频投影仪、照相机、数码相机、电视摄像机、内视镜、等光学装置。

背景技术

[0002] 过去的透镜采用对玻璃进行研磨而制成的透镜或者进行成形而制造的透镜,透镜本身不能调节焦距,所以,为了在某光学系统中进行调焦和变焦,必须在光轴方向上移动透镜组,因此,机械结构很复杂。

[0003] 并且,为了使透镜组的一部分移动,采用了马达等,所以,其缺点是消耗功率大、声音刺耳、响应时间长,透镜移动所需要的时间长等。

[0004] 发明的内容

[0005] 本发明正是鉴于现有技术存在的这种问题而提出的,其目的在于提供以下光学系统,例如照相机和数码相机、电视摄像机和带有摄像机功能的移动电话的摄像光学系统、取景器、望远镜、双筒望远镜、显微镜等的观察光学系统、内视镜、监视用摄像机和小型数码相机的摄像光学系统等,在这些光学系统中,消耗功率小,声音小,响应时间短,机械结构简单,有助于降低成本,同时尽管外径细,体积小,但仍能调焦和变焦。并且,不言而喻本发明除了用于上述光学系统外,还能用于机器人的眼睛、带有摄像功能的移动电话机、门镜用相机和车载相机等。

[0006] 本发明的光学系统和光学装置例如有以下内容。

[0007] 变焦光学系统,其特征在于具有光学特性可调光学元件以及移动的光学元件组,上述移动的光学元件组具有改变放大倍数功能;上述光学特性可调光学元件具有对焦功能。

[0008] 光学系统,其特征在于具有附带变焦或聚焦功能的光学特性可调光学元件,该光学特性可调光学元件的结构是:当变焦时或聚焦时向规定方向上移动。

[0009] 光学系统,其特征在于具有其结构是向规定方向移动的光学特性可调光学元件,它能满足以下条件:

[0010] $0 < |x|/f < 1$

[0011] 其中, x 是上述光学特性可调光学元件可调的最大移动量, f 是在除掉光学特性可调光学元件的状态下的上述光学系统的焦距。

[0012] 变焦光学系统其特征在于具有:光学特性可调光学元件、移动的 2 个光学元件组、以及布置在该移动的光学元件之间的光学元件组,上述光学特性可调光学元件具有聚焦功能或补偿功能,上述移动的 2 个光学元件组具有相同符号的折射力,同时按相同的移动量进行移动,上述光学元件组的折射力的符号与上述移动的光学元件组的折射力的符号相反。

[0013] 变焦光学系统,其特征在于具有光学特性可调光学元件、以及具有改变放大倍数功能的光学元件组,上述光学特性可调光学元件具有调焦功能,上述光学特性可调光学元件被布置在具有上述改变放大倍数功能的光学元件组的前方。

[0014] 变焦光学系统,其特征在于具有:一个光学元件组、光学特性可调光学元件、以及移动的光学元件组。

[0015] 光学系统,其特征在于具有:反射镜和移动的光学元件组,该移动的光学元件组具有可变放大率功能,梯度方式的自动聚焦功能。

[0016] 光学装置,其特征在于具有反射镜和移动的光学元件组,该移动的光学元件组具有可变放大率功能,具有梯度方式的自动聚焦功能。

[0017] 光学装置,其具有梯度方式的自动聚焦功能,其特征在于具有光学系统以及能从第1状态变化到第4状态的光学特性可调光学元件,上述光学特性可调光学元件,为了对焦从第2状态变化到第3状态、为了从第1状态变化到第2状态、以及从第3状态变化到第4状态,至少具有相当于由下式370决定的Sd的1/3的变形量。

[0018] $Sd = k \times P \times Fno$...式370

[0019] 式中, $P = \sqrt{(P_x \cdot P_y)}$

[0020] P_x 是摄像器件的1个像素的x方向的尺寸(μm),

[0021] P_y 是摄像器件的1个像素的y方向的尺寸(μm),

[0022] Fno 是上述光学系统的F数

[0023] K 是常数(取2/3之间的值)。

[0024] 光学装置,其特征在于具有用静电来驱动的光学特性可调光学元件,该光学特性可调光学元件,当摄影时在摄影的物体距离的范围内反射面的形状是凹面。

[0025] 光学装置,其特征在于具光学特性可调光学元件以及有源方式自动聚焦功能。

[0026] 光学装置,其特征在于能满足下式102。

[0027] $0 < |C| < 15$...式102

[0028] 式中, C 是加在摄像器件摄影面上的倾斜量(单位为 $^\circ$)

[0029] 附图的简要说明

[0030] 图1是本发明的第1实施例的断面图。

[0031] 图2是本发明的第2实施例的断面图。

[0032] 图3是本发明的第3实施例的断面图。

[0033] 图4是本发明的第4实施例的断面图。

[0034] 图5是本发明的第5实施例的断面图。

[0035] 图6是本发明的第6实施例的断面图。

[0036] 图7是本发明的第7实施例的断面图。

[0037] 图8是本发明的第8实施例的断面图。

[0038] 图9是本发明的第9实施例的断面图。

[0039] 图10是本发明的第10实施例的断面图。

[0040] 图11是本发明的第11实施例的断面图。

[0041] 图12是本发明的第12实施例的断面图。

[0042] 图13是本发明的第13实施例的断面图。

- [0043] 图 14 是旋转非对称像面弯曲的说明图。
- [0044] 图 15 是旋转非对称像散现象的说明图。
- [0045] 图 16 是旋转非对称彗形像差的说明图。
- [0046] 图 17 是表示可调反射镜的变形量和摄影系统的动作的图。
- [0047] 图 18 是表示各实施例的条件式的值的表。
- [0048] 图 19 是作为本发明光学装置使用的数码相机的开普勒取景器作为观察光学系统,在该观察光学系统中采用可变形反射镜的情况下的概要构成图。
- [0049] 图 20 是表示能用作可变形反射镜的可变形镜 409 的另一例的概要构成图。
- [0050] 图 21 是表示图 20 的例子可调形状反射镜使用的电极的一种形态的说明图。
- [0051] 图 22 是表示图 20 的例子可调形状反射镜使用的电极的另一种形态的说明图。
- [0052] 图 23 是表示能用作可变形反射镜的可变形镜 409 的另一例的概要构成图。
- [0053] 图 24 是适用于可变形反射镜的可变形镜 409 的另一其他示例的概要构成图。
- [0054] 图 25 是适用于可变形反射镜的可变形镜 409 的另一其他示例的概要构成图。
- [0055] 图 26 是表示图 25 的示例中的薄膜线圈 427 的缠绕密度状态的说明图。
- [0056] 图 27 是适用于可变形反射镜的可变形镜 409 的另一其他示例的概要构成图。
- [0057] 图 28 是表示图 27 示例中的线圈 427 的一布置例的说明图。
- [0058] 图 29 是表示图 27 示例中的线圈 427 的另一布置例的说明图。
- [0059] 图 30 是图 25 示例中按图 29 布置线圈 427 的情况下所适用的永久磁铁 426 布置的说明图。
- [0060] 图 31 是作为能适用于摄像装置的可变形反射镜的可变形镜 409 的摄像系统的概要构成图。
- [0061] 图 32 是作为能适用于可变形反射镜的另一可变形镜 188 的摄像系统的概要构成图。
- [0062] 图 33 是能适用于可变形反射镜的微型泵一例的概要构成图。
- [0063] 图 34 是表示变焦透镜的原理性构成的图。
- [0064] 图 35 是表示单轴性向列液晶分子的折射率椭圆体的图。
- [0065] 图 36 是表示图 34 所示的高分子分散液晶层上施加电场的状态图。
- [0066] 图 37 是表示图 34 所示的高分子分散液晶层上外加电压可调时的一例的构成图。
- [0067] 图 38 是采用变焦透镜的数码相机用摄像光学系统一例的构成图。
- [0068] 图 39 是可调焦点衍射光学元件一例的构成图。
- [0069] 图 40 是具有采用了扭转向列液晶的可调焦点透镜的可调焦点眼镜的构成图。
- [0070] 图 41 是图 40 所示扭转向列液晶层上的外加电压提高时的液晶分子取向状态图。
- [0071] 图 42 是可调偏角棱镜的 2 个例子的构成图。
- [0072] 图 43 是图 42 所示的可调偏角棱镜的使用状态的说明图。
- [0073] 图 44 是作为可调焦点透镜的可调焦点反射镜一例的构成图。
- [0074] 图 45 是作为本发明的光学装置使用的摄像装置 141 和摄像装置 141 的光学系统中采用了可调焦点透镜 140 的概要构成图。
- [0075] 图 46 是图 45 例子中的可调焦点透镜的变形例的说明图。
- [0076] 图 47 是图 46 的可调焦点透镜的变形状态的说明图。

[0077] 图 48 是涉及可调焦点透镜的另一其他例子的、用微型泵 160 来存取流体 161, 使透镜面变形的可调焦点透镜 167 的概要构成图。

[0078] 图 49 是光学特性可调光学元件的另一例子, 是采用压电材料 200 的可调焦点透镜 201 的概要构成图。

[0079] 图 50 是涉及图 49 的变形例的可调焦点透镜的状态说明图。

[0080] 图 51 是光学特性可调光学元件的另一其他例子, 是采用由压电材料构成的 2 块薄板 200A、200B 的可调焦点透镜的概要构成图。

[0081] 图 52 是可调焦点透镜的另一其他例子的概要构成图。

[0082] 图 53 是涉及图 52 例子的可调焦点透镜的状态说明图。

[0083] 图 54 是光学特性可调光学元件的另一其他例子, 是采用光电效应的可调焦点透镜的概要说明图。

[0084] 图 55 是涉及图 54 的例子的可调焦点透镜内采用的偶氮苯结构的说明图。(a) 是反式, (b) 是顺式。

[0085] 图 56 是可变形镜的另一其他例的概要构成图。

[0086] 发明的具体实施方式

[0087] 在说明本发明的实施例之前, 首先说明本专利说明书所述的发明内容 (发明内容分项书写) (1) ~ (47)。然后, 说明本发明的光学系统和采用该光学系统的光学装置等所利用的光学面的内容 (旋转非对称面)。此后, 说明本发明的光学系统和采用该光学系统的光学装置的例子 (实施例)。

[0088] 再后面, 说明能用于本发明的光学系统和采用该光学系统的光学装置内的光学特性可调光学元件的例子 (可调光学元件)。

[0089] [发明内容的分项条目]

[0090] (1) 变焦光学系统, 其具有可调反射镜和移动的光学元件组, 光学元件组具有可变放大率功能, 可调反射镜具有对焦功能。

[0091] (2) 如技术方案 (1) 所述的变焦光学系统, 其移动的光学元件组具有负功率。

[0092] (3) 摄像装置, 用于进行梯度方式的自动聚焦功能, 其中, 具有可调反射镜, 该可调反射镜除了具有对焦所必须的可调反射镜的变形量 QR 外, 在 QR 的两端还具有至少按由下式 370 决定的 Sd 的 1/3 来改变焦点时所必须的变形量。

[0093] $Sd = k \times P \times Fno \cdots \cdots$ 式 370

[0094] 式中, $P = \sqrt{(Px \cdot Py)}$

[0095] Px 是摄像器件的 1 个像素的 x 方向的尺寸,

[0096] Py 是摄像器件的 1 个像素的 y 方向的尺寸,

[0097] Fno 是摄影光学系统的 F 数

[0098] K 是常数 (取 2 ~ 3 之间的值)。

[0099] (4) 变焦光学系统, 其具有: 可调反射镜和移动的光学元件组, 光学元件组具有可变放大率功能, 可调反射镜具有对焦功能和补偿功能。

[0100] (5) 技术方案 (1) ~ (4) 所述的变焦光学系统, 其具有:

[0101] 第 1 光学元件组、其后面布置的可调反射镜或可调焦点透镜、以及其后面布置的可变放大率光学元件组。

[0102] (6) 如技术方案 (1) ~ (5) 所述的变焦光学系统,其构成部分从前面开始依次为:第 1 光学元件组、可调反射镜或变焦透镜、第 2 光学元件组或空气间隔、可变放大率光学元件组和光学元件组。

[0103] (7) 摄像光学系统,其特征在于:当变焦或聚焦时,可调反射镜变形的同时,可调反射镜还整体向与反射镜反射面基本垂直的方向进行平行移动。

[0104] (8) 摄像光学系统,其特征在于:变焦或聚焦时,可调反射镜变形的同时,可调反射镜还整体向某一方向进行平行移动。

[0105] (9) 摄像光学系统,其特征在于:当设可调反射镜整体的最大的平行移动量为 x ,设光学系统的焦距为 f 时,可满足下式

$$[0106] \quad 0 < |x|/f < 1$$

[0107] (10) 如技术方案 (9) 所述的摄像光学系统,从属于技术方案 (7) 或 (8)。

[0108] (11) 如技术方案 (1) ~ (10) 所述的摄像光学系统,移动的透镜组是一个。

[0109] (12) 变焦光学系统,其特征在于:具有可调反射镜,某光学元件组的前后的 2 个光学元件组因为是可变放大率,所以,平常按相同的移动量进行移动,该移动的 2 个组具有相同符号的功率,而且上述被移动组夹持的组的功率是相反的符号,可调反射镜具有:聚焦功能或补偿功能。

[0110] (13) 如技术方案 (12) 所述的变焦光学系统,其特征在于:移动的 2 个组的功率为正的。

[0111] (14) 如技术方案 (12) 所述的变焦光学系统,其特征在于:移动的 2 个组的功率为负的。

[0112] (15) 如技术方案 (12) 所述的变焦光学系统,其特征在于:从前方起依次具有:具有负的功率的组、可调反射镜、移动组中的前方,被移动组夹持的组、以及移动组的后方。

[0113] (16) 一种变焦光学系统,其特征在于:具有可调反射镜和具有可变放大率功能的可变放大率组,可变反射镜具有对焦功能,把可调反射镜布置在可变放大率组的前方。

[0114] (17) 一种变焦光学系统,其特征在于:具有可调反射镜和移动的光学元件组,光学元件组是具有可变放大率功能的可变放大率组,可调反射镜具有对焦功能和补偿功能,把可调反射镜布置在可变放大率组的前方。

[0115] (18) 如技术方案 (16) ~ (17) 所述的变焦光学系统,其特征在于从属于技术方案 (7) ~ (15)。

[0116] (19) 如技术方案 (1) ~ (18) 所述的变焦光学系统,其特征在于具有旋转对称透镜和可调反射镜。

[0117] (20) 如技术方案 (1) ~ (18) 所述的变焦光学系统,其特征在于由旋转对称透镜和可调反射镜构成。

[0118] (21) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在于能满足式 301 ~ 304。

[0119] (22) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在于能满足式 305 ~ 309。

[0120] (23) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在于能满足式 311 ~ 314。

- [0121] (24) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 316 ~ 321。
- [0122] (25) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 322 ~ 323。
- [0123] (26) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 324 ~ 326。
- [0124] (27) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 327 ~ 329。
- [0125] (28) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 330 ~ 333。
- [0126] (29) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 335 ~ 336。
- [0127] (30) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 340 ~ 347。
- [0128] (31) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 301 ~ 347 的至少 2 个以上。
- [0129] (32) 如技术方案 (1) ~ (20) 所述的变焦光学系统,其特征在於能满足式 340 ~ 347 的至少一个以上以及式 301 ~ 336 的至少一个以上。
- [0130] (33) 如技术方案 (1) ~ (29) 所述的变焦光学系统,其特征在於:亮度光圈位於可调反射镜的后方。
- [0131] (34) 如技术方案 (1) ~ (16) 所述的变焦光学系统,其特征在於:移动的光学元件组具有正功率。
- [0132] (34') 如技术方案 (1) ~ (16) 所述的变焦光学系统,其特征在於:移动的光学元件组具有负功率。
- [0133] (35) 一种摄像装置,其特征在於具有用静电驱动的可调反射镜,当摄影时,在摄影的物体距离的范围内可调反射镜的形状是凹面。
- [0134] (36) 如技术方案 (35) 所述的摄像装置,其特征在於具有一种梯度方式的自动聚焦功能,它使调整焦点使其对准物体,检测出拍摄的物体图像的高频成分,在该高频成分为最大时,判断为调焦状态。
- [0135] (37) 一种摄像装置,其特征在於:包括这样一种状态,即在技术方案 (36) 中进行自动聚焦的情况下当调整焦点使其对准物体时,可调反射镜的形状为平面。
- [0136] (38) 一种摄像装置,用于进行梯度方式的自动聚焦,其中,具有可调反射镜,其特征在於:该可调反射镜除了具有对焦所必须的可调反射镜的变形量 QR 外,在 QR 的两端还具有至少按由下式 370 决定的 Sd 来改变焦点时所必须的变形量。
- [0137] (39) 一种摄像装置,用于进行梯度方式的自动聚焦,其中,具有可调反射镜,其特征在於该可调反射镜除了具有对焦和补偿所必须的可调反射镜的变形量 QR 外,在 QR 的两端还具有至少按由下式 370 决定的 Sd 来改变焦点时所必须的变形量。
- [0138] (40) 一种摄像装置,用于进行梯度方式的自动聚焦功能,其是具有变焦光学系统,该系统具有可调反射镜,其特征在於,该可调反射镜除了具有对焦和补偿所必须的可调反

射镜的变形量 QR 外,在 QR 的两端还具有至少按由下式 370 决定的 Sd 的 1/3 来改变焦点时所必须的变形量。

[0139] (41) 如技术方案 (3)、(38) ~ (40) 所述的摄像装置,其具有技术方案 (35) 所述的特征。

[0140] (42) 一种摄像装置,其特征在于具有可调反射镜,进行有源方式的自动调焦。

[0141] (43) 一种电子摄像装置,其特征在于具有可调反射镜和摄像器件,用于进行有源方式的自动调焦。

[0142] (44) 如技术方案 (35) ~ (43) 所述的摄像装置,其特征在于具有技术方案 (1) ~ (34') 所述的光学系统。

[0143] (45) 能满足式 102 的摄像装置。

[0144] (46) 一种摄像装置,其具有技术方案 (1) ~ (34') 所述的光学系统,其特征在于:具有摄像器件,最靠近物体的光学元件和摄像器件的位置关系被固定。

[0145] (47) 如技术方案 (44) 所述的摄像装置,其特征在于:具有摄像器件,最靠近物体的光学元件和摄像器件的位置关系被固定。

[0146] (48) 如技术方案 (1) ~ (47) 所述的光学系统或摄像装置,其特征在于:采用通常的反射镜来代替可调反射镜。

[0147] (49) 如技术方案 (1) ~ (47) 所述的光学系统或摄像装置,其特征在于采用可调焦点透镜来代替可调反射镜。

[0148] [旋转非对称面]

[0149] 所谓可变形反射镜,是指可调反射镜的之一,是通过自由地把表面形状调整成凸面、平面、凹面,即可自由地调整光学功率或像差的反射镜。这样一来,即使在摄像的物体距离发生变化的情况下,也能仅仅调整可调反射镜的形状即可对准焦点。这时,可调反射镜的形状也可以是旋转对称曲面的,但为了便于进行像差校正,最好是旋转非对称面或自由曲面。

[0150] 其原因详述如下。首先,说明所用的坐标系、旋转非对称面。假定轴上主光线与光学系统的第 1 面交叉之前的直线所定义的光轴为 Z 轴,与该 Z 轴相垂直而且构成偏心光学系统的各面的偏心面内的轴为 Y 轴,与上述光轴相垂直而且与 Y 轴相垂直的轴为 X 轴。光线的跟踪方向按照从物体向像面的顺序进行光线跟踪加以说明。而且,所谓偏心 (decentration) 是指位移 (displacement(shift)) 和倾斜 (tilt) 中的一个或者两个。

[0151] 一般,仅由球面透镜构成的球面透镜系统中,从结构上看,由球面产生的球面像差、彗形像差、像弯曲等像差,在几个面上互相补偿,使整体的像差减小。

[0152] 另一方面,为了用较少的面数能很好地校正像差,采用旋转对称非球面等。这是为了减少球面产生的各种像差本身。

[0153] 但是,在偏心的光学系统中,由于偏心而产生的旋转非对称的像差不能用旋转对称光学系统来校正。由于该偏心而产生的旋转非对称的像差有:歪曲像差、像面弯曲、以及轴上也产生的像散现象和彗形像差。

[0154] 首先,说明旋转非对称像面弯曲。例如从无限远的物点射入到偏心的凹面镜内的光线射到凹面镜上进行反射成像。光线射到凹面镜上以后,到像面止的后侧焦距,在像场侧为空气的情况下,相当于光线射到的部分的曲率半径的一半。于是,如图 14 所示,形成相对

于轴上主光线产生倾斜的像面。这样,用旋转对称光学系统不能校正旋转非对称的像面弯曲。

[0155] 为了对该倾斜的像面弯曲利用其发生源的凹面镜 M 本身来进行校正,如果由旋转非对称面来构成凹面镜 M,在该例中增大对 Y 轴正方向的曲率(增强折射率),减小对 Y 轴负方向的曲率(减小折射率),那么,能够进行校正。并且,把具有与上述构成相同的效果的旋转非对称面布置在凹面镜 M 以外的光学系统中,即能够以较少的构成张数获得平坦(フラット)的像面。

[0156] 并且,旋转非对称面作为其面内和面外均无旋转对称轴的旋转非对称面形状的面,能增加自由度,有助于校正像差。

[0157] 以下说明旋转非对称的像散现象。与上述说明一样,偏心布置的凹面镜 M,对轴上光线也产生图 15 所示的像散现象。为了校正该像差,与上述说明一样,可以适当改变旋转非对称面的 X 轴方向的曲率和 Y 轴方向的曲率。

[0158] 以下说明旋转非对称彗形像差。与上述说明一样,偏心布置的凹面镜 M,对轴上光线也会产生图 16 所示的彗形像差。为了校正该彗形像差,可以根据离开旋转非对称面的 X 轴的原点的程度来改变面的倾斜度,利用 Y 轴的正负来适当调整面的倾斜率。

[0159] 并且,在本发明的偏心光学系统中,也可以是:具有上述反射作用的至少一个面相对于轴上主光线偏心,利用旋转非对称面形状来形成具有功率的构成。若采用这种构成,则由于使其反射面具有功率而产生的偏心像差可以用该面本身来进行校正,通过减小棱镜折射面的功率,能减小色差本身的产生。

[0160] 并且,本发明的偏心光学系统的构成反射面之一的可变形反射镜、折射率可调反射镜的面形状作为旋转非对称面,有助于校正偏心像差。

[0161] 如以上说明的那样,若采用本发明,则能提供这样的光学装置等,即通过采用可变形反射镜,即可不在前后驱动透镜组,仅调整反射镜的表面形状即可进行变焦和聚焦。

[0162] 而且,本发明中使用的自由曲线是由下式(a)定义的。该定义式的 Z 轴成为自由曲面的轴。

$$[0163] \quad Z = cr^2/[1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}]$$

$$[0164] \quad + \sum_{(j=2 \sim 66)} C_j X^m Y^n \quad \dots (a)$$

[0165] 式中,上式(a)的第 1 项是球面项,第 2 项是自由曲面项。

[0166] 球面项中,

[0167] c:顶点的曲率

[0168] k:圆锥常数

[0169] r: $\sqrt{X^2 + Y^2}$

[0170] N:2 以上的自然数

[0171] 自由曲面项为

$$[0172] \quad \sum_{(j=2 \sim 66)} C_j X^m Y^n$$

$$[0173] \quad = C_2 X + C_3 Y +$$

$$[0174] \quad + C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2$$

$$[0175] \quad + C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3$$

$$[0176] \quad + C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} XY^3 + C_{15} Y^4$$

$$[0177] \quad +C_{16}X^5+C_{17}X^4Y+C_{18}X^3Y^2+C_{19}X^2Y^3+C_{20}XY^4$$

$$[0178] \quad +C_{21}Y^5$$

$$[0179] \quad +C_{22}X^6+C_{23}X^5Y+C_{24}X^4Y^2+C_{25}X^3Y^3+C_{26}X^2Y^4$$

$$[0180] \quad +C_{27}XY^5+C_{28}Y^6$$

$$[0181] \quad +C_{29}X^7+C_{30}X^6Y+C_{31}X^5Y^2+C_{32}X^4Y^3+C_{33}X^3Y^4$$

$$[0182] \quad +C_{34}X^2Y^5+C_{35}XY^6+C_{36}Y^7 \dots$$

[0183] 式中 C_j (j 为 2 以上的整数) 为系数。

[0184] 上述自由曲面, 一般 $X-Z$ 面、 $Y-Z$ 面均不会有对称面。但通过把 X 的奇数次项全部设定为 0, 使其变成只有一个与 $Y-Z$ 面相平行的对称面的自由曲面。并且, 通过把 Y 的奇数次项全部设定为零, 使其变成只有一个与 $X-Z$ 面相平行的对称面的自由曲面。

[0185] 再者, 上述旋转非对称的曲面形状的面即自由曲面的另一定义式, 可以由 Zernike 多项式进行定义。该面的形状由下式 (b) 进行定义。式 (b) 的 Z 轴变成 Zernike 多项式的轴。旋转非对称面的定义按照与 $X-Y$ 面相对的 Z 轴高度的极坐标进行定义, R 表示离开 $X-Y$ 面内的 Z 轴的距离, A 表示 Z 轴周围的方位角, 从 Z 轴测量的旋转角。

$$[0186] \quad x = R \times \cos(A)$$

$$[0187] \quad y = R \times \sin(A)$$

$$[0188] \quad Z = D_2 + D_3 R \cos(A) + D_4 R \sin(A)$$

$$[0189] \quad + D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A)$$

$$[0190] \quad + D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3R^3 - 2R) \cos(A)$$

$$[0191] \quad + D_{10} (3R^3 - 2R) \sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A) + D_{12} R^4 \cos(4A)$$

$$[0192] \quad + D_{13} (4R^4 - 3R^2) \cos(2A) + D_{14} (6R^4 - 6R^2 + 1)$$

$$[0193] \quad + D_{15} (4R^4 - 3R^2) \sin(2A) + D_{16} R^4 \sin(4A)$$

$$[0194] \quad + D_{17} R^5 \cos(5A) + D_{18} (5R^5 - 4R^3) \cos(3A)$$

$$[0195] \quad + D_{19} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(A)$$

$$[0196] \quad + D_{20} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(A)$$

$$[0197] \quad + D_{21} (5R^5 - 4R^3) \sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A)$$

$$[0198] \quad + D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24} (6R^6 - 5R^4) \cos(4A)$$

$$[0199] \quad + D_{25} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \cos(2A)$$

$$[0200] \quad + D_{26} (20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1)$$

$$[0201] \quad + D_{27} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \sin(2A)$$

$$[0202] \quad + D_{28} (6R^6 - 5R^4) \sin(4A) + D_{29} R^6 \sin(6A) \dots (b)$$

[0203] 式中, D_m (m 为 2 以上的整数) 是系数。而且, 为了设计成与 X 轴方向相对称的光学系统, 利用 D_4 、 D_5 、 D_6 、 D_{10} 、 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} 、 D_{20} 、 D_{21} 、 $D_{22} \dots$ 。

[0204] 上述定义式是为了旋转非对称的曲面形状的面示例而表示的。不言而喻, 对其他任何定义式也都能获得同样的效果。如果从数学来看, 是同值的, 那么, 也可以用其他定义来表示曲面形状。

[0205] 在本发明中, 把 (a) 式中的 X 的奇数次的项全部设定为 0, 能形成的自由曲面具有与 $y-z$ 面相平行的对称面。

[0206] 并且, 对于偏心面, 从光学系统的基准面的中心, 给出该面的面顶位置的偏心量 (X

轴方向、Y 轴方向、Z 轴方向分别为 X、Y、Z)、和该面的中心轴 (对于自由曲面,为以上述 (a) 式的 Z 轴为中心的倾斜角 (分别为 α 、 β 、 γ ($^\circ$)))

[0207] 并且,偏心的顺序,在进行了 X、Y、Z 方向的偏心之后,按照 α 、 β 、 γ 的顺序使坐标系旋转。该坐标系成为反射镜面的局部坐标。然后,为了定义被反射的光线的坐标系,再次按 α 、 β 、 γ 的顺序来旋转坐标系,对定义坐标系进行定义。

[0208] 并且,在仅表示反射面的倾斜的情况下,也是给出该面的中心轴的倾斜角作为偏心量。

[0209] 再者,非球面形状,当设光轴方向为 z,与光轴相垂直的方向为 y,圆锥系数为 k,非球面系数为 a、b、c、d 时,由下式 (c) 来表示。

$$[0210] \quad z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+k) \cdot (y/r)^2\}^{1/2}]$$

$$[0211] \quad +ay^4+by^6+cy^8+dy^{10} \quad \dots (c)$$

[0212] 而且,关于上述数值数据的说明对本发明的各个实施例的数值数据都是通用的。

[0213] (实施例)

[0214] 图 8 是本发明的一例 (下述第 8 实施例),是 1.8 倍的变焦光学系统的例 302,它用于采用可调反射镜 301 作为光学特性可调光学元件的数码相机、电视摄像机等电子摄像系统。

[0215] 其构成部分有:由凸透镜 303、凹透镜 304 构成的第 1 组 305、放置在其后面的 301、正折射力的透镜组 306、具有负折射力的改变放大率组 307、由凸透镜 308、309、凹透镜 310 构成的第 4 组 311。307 在直线上沿 Z 轴平行移动,进行改变放大率。这时产生焦点移动,并通过使 301 变形而进行补偿。也就是说,301 具有补偿功能。并且,当物体距离变化时使 301 变形,即可在 408 上成像。即在进行对焦的情况下,也不一定要移动透镜。301 具有补偿和聚焦两种功能。

[0216] 其优点是:与利用凸透镜的移动来进行改变放大率时相比,若利用凹透镜来进行改变放大率,则能以较少的移动量来得到相同的改变放大率比。为了获得更高性能的变焦光学系统,最好至少用某一变焦状态来满足以下条件式中的至少一个以上。

[0217] 假定 β_v 为放大率变换器 (移动的光学元件组) 的倍率,若满足下式:

$$[0218] \quad 0.3 < |\beta_v| < 6 \quad \dots \text{式 301}$$

[0219] 则可缩短光学系统的总长。这是因为透镜系统的物体~像距离 l_o 如式 306 所示,当倍率为一倍时,为最小。也就是说,包括放大率变换器 (バリエータ) 的倍率的绝对值为 1 的变焦状态即可。如果是:

$$[0220] \quad 0.5 < |\beta_v| < 4.0 \quad \dots \text{式 302}$$

[0221] 那么,可以获得更小型的变焦光学系统。如果是:

$$[0222] \quad 0.6 < |\beta_v| < 2.5 \quad \dots \text{式 303}$$

[0223] 那么,能进一步小型化。尤其在放大率变换器为负折射力 (パワー) 的情况下,如果是:

$$[0224] \quad 0.7 < \beta_v < 3.0 \quad \dots \text{式 304}$$

[0225] 那么,能更加小型化。

[0226] 假定广角端的放大率变换器倍率为 β_{vw} ,望远端的放大率变换器的倍率为 β_{vT} ,那么,满足下式即可。

[0227] $\beta_{vw} \cdot \beta_{vT} < 5$...式 305

[0228] 这是因为在实现相同变焦比的情况下,当 $\beta_{vw} \cdot \beta_{vT} = 1$ 时,能使放大率变换器的物体~像距离 I_o 达到最小。物体~像距离 I_o 可由下式决定。

[0229] $I_o = f_v(-\beta_v - 1/\beta_v + 2)$...式 306

[0230] 所以可得上述结论,式中, f_v 是放大率变换器的焦距。

[0231] 并且,若进一步使

[0232] $0.3 < \beta_{vw} \cdot \beta_{vT} < 3$...式 307

[0233] 则能进一步小型化。式中, β_v 是放大率变换器的倍数。并且,在 $\beta_v = -1$ 的附近,作为补偿器的可调反射镜的变形量减小,所以,像差也能改善。如果是

[0234] $0.5 < \beta_{vw} \cdot \beta_{vT} < 2$...式 308

[0235] 那么会更好。在放大率变换器具有正能力的情况下,如果是

[0236] $0.8 < \beta_{vw} \cdot \beta_{vT} < 1.6$...式 309

[0237] 那么,能获得更加小型化的变焦透镜。像差也是和式 307、308 相同的原因而得到改善。

[0238] 放大率变换器的焦距 f_v 最好能满足下式 311。 f 为 302 整体的焦距。而且, f 在可调反射镜为自由曲面形状的情况下,随方位角而变化。但是在本发明中利用 Y-Z 平面内近轴光线计算出的焦距定义为 f 。 f 的计算中对可调反射镜的焦度忽略不计。

[0239] $-3 < f_v/f < 15$...式 311

[0240] f_v/f 值若低于下限,则负折射力的改变放大率效率降低,作为变焦透镜的效果减小。 f_v/f 值若超过上限,则与式 306 相比, I_o 增长,所以透镜总长增加,效果不好。如果是

[0241] $-2 < f_v/f < 5$...式 312

[0242] 那么,透镜进一步小型化,是有利条件。并且,与式 306 相比, $|f_v|$ 越小,作为补偿器的可调反射镜的变形量减小,所以对像差也有利。如果

[0243] $0.5 < f_v/f < 5$...式 313

[0244] 那么,放大率变换器的能力为正,广角时,容易降低主光线的光线高度,所以是有利的。如果

[0245] $-3 < f_v/f < -0.2$...式 314

[0246] 那么,放大率变换器的能力为负,用较小的透镜移动量就能大幅度调整倍率,是有利的。

[0247] 并且,第 1 组的焦距 f_1 ,最好满足下式 316

[0248] $f_1/f < 0$...式 316

[0249] 这是因为把第 1 组制成负折射力,作为焦点后移型有利于形成广角透镜。并且,以下所示的式 318 的下限,对防止第 4 组的倍率 β_4 的绝对值过度减小也是必须的。这是因为在可调反射镜的焦度小的情况下,若对其忽略不计,则

[0250] $f = f_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_v \cdot \beta_4$...式 317

[0251] 若假定 $|\beta_2| \cong 1$ 、 $|\beta_v| \cong 1$,则在固定了 f 时 $f_1 \beta_4$ 形成反比例关系。式中, β_2 是被夹持在可调反射镜和放大率变换器内的光学系统的倍率。在该光学系统为空气间隔的情况下, $\beta_2 = 1$ 。如果

[0252] $-20 < f_1/f < -0.2$...式 318

[0253] 那么, $|\beta_4|$ 减小, 与 4 组相比, 前面的透镜系统中产生的像差也可得到抑制。若 f_1/f 超过式 319 的上限, 则珀兹瓦尔和过分变成负, 产生像面弯曲像差, 是不利的。如果

[0254] $-12 < f_1/f < -0.6$...式 319

[0255] 那么, 对像差更有利。放大率变换器如果是正折射力,

[0256] $-5 < f_1/f < -0.6$...式 320

[0257] 那么, 对广角和像差更有利, 若放大率变换器为负折射力, 如果

[0258] $-20 < f_1/f < -1$...式 321

[0259] 那么, 第 1 组的光线高也被抑制, 对透镜小型化有利。

[0260] 从放大率变换器, 在后组中到像面前的光学系统称为第 4 组。当把第 4 组的倍率定为 β_4 时, 最好

[0261] $0.1 < |\beta_4| < 1.3$...式 322

[0262] 若 $|\beta_4|$ 低于下限, 则在第 4 组中产生的像差增大。若 $|\beta_4|$ 超过上限, 则与式 317 相比, f_1/f 过分减小, 珀兹瓦尔和过分变负。如果

[0263] $0.2 < |\beta_4| < 0.9$...式 323

[0264] 那么, 对像差更有利。

[0265] 如果把放大率变换器和第 2 组合并的光学系统的前侧焦点位置定为 H_v (符号以光线前进方向为正, 以第 2 组的最前面的面顶为原点进行测量。所谓第 2 组是指可调反射镜和放大率变换器之间的光学系统, 也可以是空气间隔), 那么, 最好

[0266] $-0.2 < -H_v/f_v$...式 324

[0267] 这时因为在放大率变换器的前方放置可调反射镜, 需要空间, 因此, 放大率变换器不能向前方伸出, 防止放大率变换器的改变放大率范围受到限制。如果

[0268] $-0.07 < -H_v/f_v < 30$...式 325

[0269] 那么更好。

[0270] 在放大率变换器为正折射力的情况下, 如果

[0271] $0 \leq -H_v/f_v < 2$...式 326

[0272] 那么, 不能成为放大率变换器强的电传机, 对像差有利。

[0273] 若把 D_{kv} 作为从可调反射镜到放大率变换器的空气换算长度 (符号的定法, 以光线的前进方向为正), 则在放大率变换器为正折射力的情况下, 最好

[0274] $0 \leq |(D_{kv}+H_v)/f_v| < 3$...式 327

[0275] $D_{kv}+H_v$ 是表示放大率变换器+第 2 组的光学系统的主点位置相对于可调反射镜的“偏离”量。该“偏离”越小, 可调反射镜的变形量就越小, 像差的产生减少, 是有利的。如果

[0276] $0 \leq |(D_{kv}+H_v)/f_v| < 2$...式 328

[0277] 那么更好。

[0278] 在放大率变换器为负折射力的情况下, 如果

[0279] $|(D_{kv}+H_v)/f_v| < 500$...式 329

[0280] 那么, 较好。若 $|(D_{kv}+H_v)/f_v|$ 值超过上限值, 则很难校正像差。

[0281] 假定 D_{ok} 为从第 1 组的最终面到可调反射镜的距离, F_{bo} 为从第 1 组的最终面测量的第 1 组的后侧焦点位置。 D_{ok} 、 F_{bo} 均以光线的前进方向为正。在放大率变换器为正能

力的情况下,满足下式即可。

$$[0282] \quad 0 < (Dok-Fbo)/fv < 5 \quad \cdots \text{式 330}$$

[0283] Dok-Fbo 给出从可调反射镜看的第 1 组的像为止的距离。因为放大率变换器倍率在 -1 附近,所以,如果放大率变换器主点位于可调反射镜附近,那么

[0284]

$$(Dok-Fbo)/fv \approx 2$$

[0285] 这时可调反射镜的变形量最小,像差也减小,所以,超过式 330 的上限、下限中的任一个,也都会使像差增大。若是下式,则更好。

$$[0286] \quad 0.3 < (Dok-Fbo)/fv < 3.5 \quad \cdots \text{式 331}$$

[0287] 在放大率变换器为负折射力的情况下,如果

$$[0288] \quad -60 < (Dok-Fbo)/fv < -3 \quad \cdots \text{式 332}$$

[0289] 那么,与第 1 组相比,相对于后边的光学系统的物点变得很远,像差减小,所以,良好。但 $(Dok-Fbo)/fv$ 低于 332 的下限,则第 1 组向前伸出很多,透镜系统增大、或者 $|f1|$ 增大,广角化困难,所以,效果不好。若超过上限,则与第 1 组相比,相对于后边的光学系统的物点变近,像差增大,若是

$$[0290] \quad -30 < (Dok-Fbo)/fv < -5 \quad \cdots \text{式 333}$$

[0291] 则更好。

[0292] 在第 4 组为固定组的情况下,其中可以设置非球面。这是因为在近距离物体的情况下所产生的像面弯曲的倾斜(像面向光线的前进方向及其相反方向上的弯曲)较小。

[0293] 轴上光线向可调反射镜的入射角 Φ 为

$$[0294] \quad 39^\circ < \Phi < 55^\circ \quad \cdots \text{式 335}$$

[0295] 这在电视摄像机,数码相机等直方体机身的情况下,有利于外观设计、机械设计、加工和装配。如果

$$[0296] \quad 40^\circ < \Phi < 50^\circ \quad \cdots \text{式 336}$$

[0297] 则更好。

[0298] 而且,为了取代可调反射镜,也可以使用可调焦点透镜。上述式子大部分是根据近轴理论建立的,所以,这些对可调焦点透镜也能成立。

[0299] 并且,对本发明的光学系统可以通用的事项是亮度调节用的光圈可以布置在可调反射镜的后方。这是因为若布置在可调反射镜的前方,则从光圈到可调反射镜后组的距离太长,主光线的高度在光圈后的组处太高,很难校正轴外的像差。

[0300] 图 17 表示可调反射镜的变形量(凹入量)和摄像系统的动作。

[0301] 摄像装置光学系统既可以是变焦光学系统,也可以是单焦光学系统。在拍摄时,可调反射镜的形状为从图的第 2 状态 Q 变化到第 3 状态 R。在拍摄前的自动聚焦动作时形成第 1 状态 P2 ~ 第 4 状态 R2 之间的形状。P-P2、R2 ~ S 是为适应制造误差的分散性所需的余量。P2 也可以与 P 一致, R2 也可以与 S 一致。

[0302] 从 P2 到 Q 和从 R 到 R2 的凹入变化量,最好大于规定的凹入量,该规定的凹入量是使摄像系统的焦点深度仅变化 S_d 时所需要的凹入量,该 S_d 是摄像系统的焦点深度,用下式表示:

$$[0303] \quad S_d = k \times P \times F_{no} \quad \cdots \text{式 370}$$

[0304] 这是因为当按自动聚焦来寻找焦点时,若在一定程度上使物体像模糊,则容易检测出焦点位置。

[0305] 式中, P_x 是摄像器件的 1 个像素的 x 方向的尺寸 (μm),

[0306] p_y 是摄像器件的 1 个像素的 y 方向的尺寸 (μm),

[0307] $P = \sqrt{(P_x \cdot P_y)}$

[0308] F_{no} :摄影光学系统的 F 数

[0309] k :常数(取 2 ~ 3 之间的值)。

[0310] 再者,从 P_2 到 Q 和从 R 到 R_2 的凹入量的变化,如果能适应 S_d 的 2 倍以上的焦点变化,那么,自动聚焦的精度将提高,所以,效果良好。如果能适应 S_d 的 4 倍以上的焦点变化,那么效果更好。

[0311] 而且,在可调反射镜的变形量不能增大的情况下,从 P_2 到 Q 和从 R 到 R_2 的凹入量的变化能达到 S_d 的 1/3 左右即可。这是因为除了对比度低的被摄体外,对大多数被摄体,这样能够进行自动聚焦。

[0312] 以上叙述了使可调反射镜进行凹入变形的情况,但并不能仅限于此。也就是说,能够适用于可调反射镜的凸变形、凹变形中任一种情况。并且,式 370 和 P_2Q 及 RR_2 的变形量的变化所相对的条件也能够适用于可调反射镜的凸变形、凹变形中任一种情况。不言而喻,以下讨论内容也能够适用于可调反射镜的凸变形、凹变形中任一种情况。

[0313] 在具有变焦光学系统的摄像装置的情况下, QR 内也可以包括作为伴随变焦的补偿器的变形量。当然,在可调反射镜内没有补偿功能的情况下,作为 QR ,可以仅把焦点调整量包括在内。

[0314] 作为自动聚焦方式,在把红外线等投射到被摄体上,根据反射光强度来进行测距的有源方式的情况下,不需要相当于 P_2Q 、 RR_2 的变形,由于可调反射镜的变形量减小,因此摄像光学系统的像差可以减小。

[0315] 而且,本发明实施例的光学系统,不言而喻,可以和梯度上升方式、有源方式中任一自动聚焦方式相组合。或者与两种方式并用的自动聚焦方式相组合。

[0316] 下述的第 4 实施例是采用上述对比度方式的自动聚焦的例子, $K = 2$, $P = 2.5 \mu m$ 。

[0317] 而且,在图 17 中,其前题是:光学特性可调光学元件是可调反射镜,所以,以横轴为可变量。但是,像液晶透镜等那样,也有可调反射镜以外的光学特性可调光学元件,在这种情况下,横轴的参数最好选择与该元件相符合的。因此,也能适用于采用了形状不变化的可调反射镜、可调焦点透镜等一般的光学特性可调光学元件的光学装置。

[0318] 也就是说,图 17 的横轴可以用光学特性可调光学元件的焦距来置换。

[0319] 在此情况下,如下所示可以改读符号。

[0320] Q ……物体无限远时的光学特性可调光学元件的焦距。

[0321] R ……物体距离最近时的光学特性可调光学元件的焦距。

[0322] P_2Q ……自动聚焦用的光学特性可调光学元件的远点侧余量。

[0323] RR_2 ……自动聚焦用的光学特性可调光学元件的近点侧余量。

[0324] PP_2 ……为适应制造误差的分散性而用的光学特性可调光学元件的焦距变化余量。

[0325] P_2S ……为适应制造误差的分散性而用的光学特性可调光学元件的焦距变化余

量。

[0326] 并且,同样,如果考虑从 P2 到 Q 和从 R 到 R2 的焦距的变化最好大于以下所述光学特性可调光学元件的焦距变化。使焦点变化所必须的该光学特性可调光学元件的焦距变化,为式 370 所决定的 Sd 或 Sd 的 1/3 或只是 Sd 的 2 倍,这样的话,以上讨论内容也能适用于采用了一般的 光学特性可调光学元件的光学装置。

[0327] 对本发明可以通用事项是 :用 f 来表示光学系统整体的焦距。f 是即便可调反射镜是凹面或凸面状态,也看作是平面而进行计算的焦距,也就是说 是除去可调反射镜外的系统的焦距。

[0328] 再者,在可调反射镜具有对焦功能的情况下,使可调反射镜的 焦距随物体距离的变化而变化。所以,如果改变放大率透镜组在可调反射镜的后方,那么与改变放大率透镜组的倍率无关,可以根据物体距离来改变可调反射镜的焦距,进行聚焦,此外,从光学设计、可调反射镜的控制方面简化思路,便于设计摄像系统。由此,最好把可调反射镜布置在主要进行改变放大率的透镜组的前方。并且,该优点无论在可调反射镜具有补偿功能的情况下,还是没有补偿功能的情况下都是如此。

[0329] 以下列举实施例。放大率变换器除外的透镜和摄像器件被固定在镜框内。可调反射镜具有固定其中心部的实施例和固定其周围部的实施例。

[0330] 以下参照附图,详细说明本发明摄像装置的实施例。

[0331] 实施例 1 ~ 13 的断面图分别示于图 1 ~ 13。

[0332] 在实施例 1 ~ 13 的透镜数据中,“ASP”表示非球面,“FFS”表示自由曲面,“DM”表示可变形反射镜,“OB”表示物体距离。折射率、阿贝数为 d 线 (587.56nm),长度单位为 mm。可调节隔 Di (i = 1.2……) 在实施例 1 ~ 8 和 13 中依次表示广角端~标准~望远端的值,在实施例 9 ~ 12 中依次表示望远端~标准~广角端的值。即使物体距离不同,如果变焦状态的标记 (“广角”、“标准”、“望远”) 相同,那么间隔 Di 相同。并且,各实施例均在最靠像面侧插入 2 块平行平板。这是假定了摄像器件的玻璃罩、IR 截止滤波器,低通滤波器。

[0333] 与没有注明数据的自由曲面,非球面等有关的项为 0。并且,各实施例的条件式的值示于表 18。

[0334] (实施例 1)

[0335]		物体距离	变焦	焦距	对角画面视角
[0336]	状态 1	∞	广角	4.125	62.44°
[0337]	状态 2	∞	标准	5.775	46.82°
[0338]	状态 3	∞	望远	7.425	37.22°
[0339]	状态 4	300mm	广角		
[0340]	状态 5	300mm	标准		
[0341]	状态 6	300mm	望远		

[0342] Fno. :2.84 ~ 3.50

[0343] 摄像面尺寸 :4.4mm×3.3mm

[0344]	面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0345]	物体面	∞	(物体距离)			
[0346]	1	-20.37	1.00		1.6346	52.3

[0347]	2	ASP[1]	8.53		
[0348]	3	∞	0.00		
[0349]	4	FFS[1] (DM)	0.00 偏心 [1]		
[0350]	5	∞	-4.50		
[0351]	6	-6.53	-1.50	1.6575	33.0
[0352]	7	-4.97	-0.31		
[0353]	8	-5.73	-2.46	1.7440	44.8
[0354]	9	-6.93	D1 = -5.38 ~ -2.61 ~ -0.70		
[0355]	10	光圈面	-0.30		
[0356]	11	ASP[2]	-1.65	1.5891	61.1
[0357]	12	42.39	-1.13		
[0358]	13	-5.33	-2.23	1.4875	70.4
[0359]	14	6.58	-0.87		
[0360]	15	5.84	-1.16	1.7545	28.2
[0361]	16	-3.91	D2 = -1.36 ~ -4.13 ~ -6.04		
[0362]	17	-9.07	-1.69	1.6167	60.5
[0363]	18	ASP[3]	-0.61		
[0364]	19	∞	1.44	1.5477	62.8
[0365]	20	∞	0.80		
[0366]	21	∞	-0.60	1.5163	64.1
[0367]	22	∞	-0.30		
[0368]	像面	∞			
[0369]	ASP[1]				
[0370]	曲率半径 10.74、k 0.0000				
[0371]	a-3.1561 $\times 10^{-4}$ 、b 7.4345 $\times 10^{-6}$ 、c-2.9402 $\times 10^{-7}$ 、d3.8352 $\times 10^{-9}$				
[0372]	ASP[2]				
[0373]	曲率半径 -7.58、k 0.0000				
[0374]	a 7.2406 $\times 10^{-4}$ 、b 3.3243 $\times 10^{-5}$ 、c -2.1395 $\times 10^{-6}$ 、d 6.9150 $\times 10^{-7}$				
[0375]	ASP[3]				
[0376]	曲率半径 6.09、k 0.0000				
[0377]	a-3.0714 $\times 10^{-3}$ 、b 1.1814 $\times 10^{-4}$ 、c-4.5515 $\times 10^{-6}$ 、d 6.6703 $\times 10^{-8}$				
[0378]	FFS[1]				
[0379]	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5
[0380]	C4 -3.9028 $\times 10^{-4}$	0.0000	-2.1318 $\times 10^{-4}$	-7.1316 $\times 10^{-4}$	-2.7737 $\times 10^{-4}$
[0381]	C6 -2.0669 $\times 10^{-4}$	0.0000	-1.1191 $\times 10^{-4}$	-3.8008 $\times 10^{-4}$	-1.4380 $\times 10^{-4}$
[0382]	C8 -1.1153 $\times 10^{-5}$	0.0000	-1.1113 $\times 10^{-6}$	-1.1264 $\times 10^{-5}$	-1.0592 $\times 10^{-6}$
[0383]	C10 -4.8904 $\times 10^{-6}$	0.0000	-2.1291 $\times 10^{-6}$	-6.9295 $\times 10^{-6}$	-1.7984 $\times 10^{-6}$
[0384]	C11 1.2709 $\times 10^{-5}$	0.0000	-1.4733 $\times 10^{-6}$	1.5502 $\times 10^{-5}$	3.1151 $\times 10^{-7}$
[0385]	C13 1.3639 $\times 10^{-5}$	0.0000	-5.5535 $\times 10^{-7}$	1.6105 $\times 10^{-5}$	1.7493 $\times 10^{-6}$
[0386]	C15 3.2175 $\times 10^{-6}$	0.0000	-2.1544 $\times 10^{-7}$	3.7671 $\times 10^{-6}$	-1.5870 $\times 10^{-7}$

[0387] 状态 6

[0388] C4 -5.3988×10^{-4}

[0389] C6 -2.7559×10^{-4}

[0390] C8 -5.0322×10^{-6}

[0391] C10 -4.2218×10^{-6}

[0392] C11 -1.0475×10^{-6}

[0393] C13 9.5344×10^{-7}

[0394] C15 -3.8757×10^{-7}

[0395] 偏心 [1]

[0396] X 0.00 Y decy Z decz

[0397] α 45.00 β 0.00 γ 0.00

[0398] 状态 1 状态 2 状态 3 状态 4 状态 5 状态 6

[0399] decy 0.003 0 0.003 0.007 0.004 0.005

[0400] decz 0.003 0 0.003 0.007 0.004 0.005

[0401] 实施例 1 如图 1 所示,是采用了可调反射镜的数码相机用的摄像装置 100 的例。

[0402] 该实施例由 4 个透镜组和一个可调反射镜、平行平板、固体摄像器件构成。可调反射镜 102 被布置在具有负的能力的第 1 透镜组 101 和具有凹凸透镜状的正能力的第 2 透镜组 103 之间。第 3 透镜组 104 是具有正能力的放大率变换器,为了改变光学系统的画面视角在与光轴平行的方向上移动。第 4 透镜组 105 是被布置在固体摄像器件 107 前边的、具有正能力的透镜组。平行平板 106 表示红外截止滤波器、低通滤波器、摄像器件的玻璃罩等。

[0403] 在该实施例中,第 3 透镜组 104 作为放大率变换器使用,可调反射镜作为补偿器使用,并且在物体距离变化时能用于对焦,是变焦比 1.8 倍的能改变放大率的光学系统。

[0404] (实施例 2)

[0405] 物体距离 变焦 焦距 对角画面视角

[0406] 状态 1 ∞ 广角 4.2 61.53°

[0407] 状态 2 ∞ 标准 6.3 43.29°

[0408] 状态 3 ∞ 望远 8.4 33.15°

[0409] 状态 4 300mm 广角

[0410] 状态 5 300mm 标准

[0411] 状态 6 300mm 望远

[0412] Fno. :2.84 ~ 3.49

[0413] 摄像面尺寸 :4.4mm $\times$ 3.3mm

[0414] 面编号 曲率半径 面间隔 偏心 折射率 阿贝数

[0415] 物体面 ∞ (物体距离)

[0416] 1 -16.83 1.01 偏心 [1] 1.7748 50.1

[0417] 2 ASP[1] 6.51 偏心 [1]

[0418] 3 ∞ 0.00

[0419] 4 FFS[1] (DM) 0.00 偏心 [3]

[0420] 5 ∞ -4.00

[0421]	6	-7.66	-1.37	1.7359	31.0
[0422]	7	-6.63	-0.16		
[0423]	8	-11.46	-1.20	1.7850	45.2
[0424]	9	-26.59	D1 = -8.05 ~ -3.73 ~ -0.10		
[0425]	10	光圈面	-0.10		
[0426]	11	ASP[2]	-2.50 偏心 [4]	1.5764	60.3
[0427]	12	-43.52	-1.38 偏心 [4]		
[0428]	13	-5.62	-2.53 偏心 [5]	1.4900	70.0
[0429]	14	6.86	-0.87 偏心 [5]		
[0430]	15	5.31	-1.00 偏心 [6]	1.7625	28.2
[0431]	16	ASP[3]	D2 = -0.62 ~ -4.95 ~ -8.58		
[0432]			偏心 [6]		
[0433]	17	-7.77	-2.75	1.5111	67.0
[0434]	18	6.00	-0.18		
[0435]	19	5.46	-1.47	1.7441	42.1
[0436]	20	ASP[4]	-0.46		
[0437]	21	∞	-1.44	1.5477	62.8
[0438]	22	∞	-0.80		
[0439]	23	∞	-0.60	1.5163	64.1
[0440]	24	∞	-0.50		
[0441]	像面	∞	0.00 偏心 [7]		
[0442]	ASP[1]				
[0443]	曲率半径 8.84、k 0.0000				
[0444]	a-7.3333 $\times 10^{-4}$ 、b 2.0902 $\times 10^{-5}$ 、c-1.4698 $\times 10^{-6}$ 、d 3.8957 $\times 10^{-8}$				
[0445]	ASP[2]				
[0446]	曲率半径 -6.92、k 0.0000				
[0447]	a 3.4834 $\times 10^{-4}$ 、b 1.2367 $\times 10^{-5}$ 、c 6.8848 $\times 10^{-7}$ 、d 7.0789 $\times 10^{-8}$				
[0448]	ASP[3]				
[0449]	曲率半径 -5.12、k 0.0000				
[0450]	a-1.5211 $\times 10^{-3}$ 、b 5.1273 $\times 10^{-5}$ 、c-1.1665 $\times 10^{-5}$ 、d 6.4114 $\times 10^{-7}$				
[0451]	ASP[4]				
[0452]	曲率半径 5.65、k 0.0000				
[0453]	a-2.5044 $\times 10^{-3}$ 、b 1.0252 $\times 10^{-4}$ 、c -4.3124 $\times 10^{-6}$ 、d 8.6293 $\times 10^{-8}$				
[0454]	FFS[1]				
[0455]	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5
[0456]	C4 -7.7351 $\times 10^{-4}$	0.0000	-3.6890 $\times 10^{-4}$	-1.0612 $\times 10^{-3}$	-2.8544 $\times 10^{-4}$
[0457]	C6 -3.8970 $\times 10^{-4}$	0.0000	-1.8472 $\times 10^{-4}$	-5.3605 $\times 10^{-4}$	-1.4050 $\times 10^{-4}$
[0458]	C8 -1.7161 $\times 10^{-5}$	0.0000	-1.0527 $\times 10^{-5}$	-2.1366 $\times 10^{-5}$	-8.9812 $\times 10^{-6}$
[0459]	C10 -8.1320 $\times 10^{-6}$	0.0000	-5.5679 $\times 10^{-6}$	-1.0448 $\times 10^{-5}$	-3.9280 $\times 10^{-6}$
[0460]	C11 1.2801 $\times 10^{-5}$	0.0000	-3.3904 $\times 10^{-7}$	1.5724 $\times 10^{-5}$	4.9259 $\times 10^{-7}$

[0461]	C13	1.3267×10^{-5}	0.0000	-8.2321×10^{-7}	1.5533×10^{-5}	1.8986×10^{-6}
[0462]	C15	2.9429×10^{-6}	0.0000	-2.2205×10^{-7}	3.3239×10^{-6}	-2.2832×10^{-7}
[0463]	状态 6					
[0464]	C4	-6.5807×10^{-4}				
[0465]	C6	-3.3171×10^{-4}				
[0466]	C8	-1.6304×10^{-5}				
[0467]	C10	-1.0714×10^{-5}				
[0468]	C11	-1.4891×10^{-6}				
[0469]	C13	-8.0202×10^{-7}				
[0470]	C15	-7.4651×10^{-7}				
[0471]	偏心 [1]					
[0472]	X	0.00	Y	0.12	Z	0.00
[0473]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0474]	偏心 [3]					
[0475]	X	0.00	Y	decy	Z	decz
[0476]	α	45	β	0.00	γ	0.00
[0477]	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5	状态 6
[0478]	decy	0.005	0	0.003	0.007	0.004
[0479]	decz	0.005	0	0.003	0.007	0.004
[0480]	偏心 [4]					
[0481]	X	0.00	Y	-0.07	Z	0.00
[0482]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0483]	偏心 [5]					
[0484]	X	0.00	Y	-0.05	Z	0.00
[0485]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0486]	偏心 [6]					
[0487]	X	0.00	Y	-0.04	Z	0.00
[0488]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0489]	偏心 [7]					
[0490]	X	0.00	Y	-0.03	Z	0.00
[0491]	α	-1.74	β	0.00	γ	0.00

[0492] 实施例 2 如图 2 所示,是采用了可调反射镜的数码相机用的摄像装置 108 的例。该实施例,与上述实施例 1 的构成基本相同。把第 4 透镜组制成 2 片透镜,抑制了倍率色差等各像差,形成了变焦比为 2.0 倍的能改变放大率的光学系统。

[0493] 在该实施例中,在第 1 透镜组 109 和第 3 透镜组 112 的各透镜和固体摄像器件的摄像面上,在与 z 轴垂直的方向(图 2 的箭头方向)上施加了偏心(displacement)。在固体摄像器件 115 的摄像面上,也施加了以 X 轴为旋转中心的倾斜。可调反射镜 110 变形成自由曲面形状,来抑制反射造成的偏心像差。对尽管如此仍然存在的偏心像差,透镜的偏心(displacement)和摄像面的倾斜是有效的方法。

[0494] 在图 2 的箭头方向上施加偏心 (displacement), 能有效地抑制折弯光学系统特有的梯形畸变。

[0495] 分别加到各透镜上的偏心量为 Δ , 光学系统的焦距为 f 时, 最好变成:

[0496] $0 < |\Delta|/f < 0.2$...式 101

[0497] 在式 101 的范围内使透镜偏心 (displacement), 能有效的抑制梯形畸变等像差。若超过上限的 0.2, 则偏心量过大, 周围光线的像差增大, 所以很难进行平衡性良好的像差校正。

[0498] 并且, 当加在固体摄像器件的摄像面上的倾斜量为 c (度) 时, 最好变成

[0499] $0 < |C| < 15$...式 102

[0500] 在式 102 的范围内使透镜偏心 (tilt: 倾斜), 能有效地抑制包括非对称成分在内的像差。若超过上限的 10, 则像面两端上的入射光的主光线倾角的差变得过大, 由于遮光等而使像面两端的亮度改变。如果

[0501] $0 < |C| < 8$...式 103

[0502] 那么, 在遮光这一点上较好。如果

[0503] $0 < |C| < 3$...式 103-2

[0504] 那么更好。

[0505] [实施例 3]

[0506] (实施例 3)

[0507] 物体距离 变焦 焦距 对角画面视角

[0508] 状态 1 ∞ 广角 4.26 1.53°

[0509] 状态 2 ∞ 标准 6.34 3.29°

[0510] 状态 3 ∞ 望远 8.43 3.15°

[0511] 状态 4 150mm 广角

[0512] 状态 5 150mm 标准

[0513] 状态 6 250mm 望远

[0514] Fno. :2.84 ~ 3.49

[0515] 摄像面尺寸 :4.4mm×3.3mm

[0516] 面编号 曲率半径 面间隔 偏心 折射率 阿贝数

[0517] 物体面 ∞ (物体距离)

[0518] 1 -19.22 1.00 偏心 [1] 1.7800 50.0

[0519] 2 ASP[1] 6.57 偏心 [1]

[0520] 3 ∞ 0.00

[0521] 4 FFS[1] (DM) 0.00 偏心 [3]

[0522] 5 ∞ -4.00

[0523] 6 -7.55 -1.45 1.7742 26.1

[0524] 7 -6.44 -0.20

[0525] 8 -10.73 -1.29 1.7888 43.6

[0526] 9 -24.90 D1 = -8.53 ~ -3.97 ~ -0.20

[0527] 10 光圈面 -0.10

[0528]	11	ASP[2]	-2.35	偏心 [4]	1.57556	0.3
[0529]	12	-55.56	-1.34	偏心 [4]		
[0530]	13	-5.75	-2.61	偏心 [5]	1.4900	70.0
[0531]	14	6.87	-0.83	偏心 [5]		
[0532]	15	5.53	-1.00	偏心 [6]	1.7646	28.8
[0533]	16	ASP[3]	D2 = -0.62 ~ -5.18 ~ -8.95			
[0534]			偏心 [6]			
[0535]	17	-7.35	-2.80		1.4900	70.0
[0536]	18	6.58	-0.21			
[0537]	19	6.00	-2.02		1.6773	45.5
[0538]	20	ASP[4]	-0.30			
[0539]	21	∞	-1.44		1.5477	62.8
[0540]	22	∞	-0.80			
[0541]	23	∞	-0.60		1.5163	64.1
[0542]	24	∞	-0.50			
[0543]	像面	∞	0.00	偏心 [7]		
[0544]	ASP[1]					
[0545]	曲率半径 7.89、k 0.0000					
[0546]	a-7.8557 $\times 10^{-4}$ 、b 2.1256 $\times 10^{-5}$ 、c-1.5582 $\times 10^{-6}$ 、d 4.1906 $\times 10^{-8}$					
[0547]	ASP[2]					
[0548]	曲率半径 -7.08、k 0.0000					
[0549]	a 3.2960 $\times 10^{-4}$ 、b 1.0965 $\times 10^{-5}$ 、c 5.8519 $\times 10^{-7}$ 、d 9.2692 $\times 10^{-8}$					
[0550]	ASP[3]					
[0551]	曲率半径 -5.09、k 0.0000					
[0552]	a-1.5174 $\times 10^{-3}$ 、b 5.8085 $\times 10^{-5}$ 、c-1.6827 $\times 10^{-5}$ 、d 1.3452 $\times 10^{-6}$					
[0553]	ASP[4]					
[0554]	曲率半径 5.70、k 0.0000					
[0555]	a-2.9815 $\times 10^{-3}$ 、b 1.1211 $\times 10^{-4}$ 、c-3.8893 $\times 10^{-6}$ 、d 5.0634 $\times 10^{-8}$					
[0556]	FFS[1]					
[0557]		状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5
[0558]	C4	-7.2761 $\times 10^{-4}$	0.0000	-4.1810 $\times 10^{-4}$	-1.2865 $\times 10^{-3}$	-5.5229 $\times 10^{-4}$
[0559]	C6	-3.6010 $\times 10^{-4}$	0.0000	-2.0911 $\times 10^{-4}$	-6.5292 $\times 10^{-4}$	-2.7621 $\times 10^{-4}$
[0560]	C8	-1.2874 $\times 10^{-5}$	0.0000	-1.1582 $\times 10^{-5}$	-2.3385 $\times 10^{-5}$	-1.1856 $\times 10^{-5}$
[0561]	C10	-6.2363 $\times 10^{-6}$	0.0000	-5.7799 $\times 10^{-6}$	-1.2413 $\times 10^{-5}$	-6.6142 $\times 10^{-6}$
[0562]	C11	8.5992 $\times 10^{-6}$	0.0000	-1.2374 $\times 10^{-6}$	1.3026 $\times 10^{-5}$	4.8420 $\times 10^{-7}$
[0563]	C13	8.0045 $\times 10^{-6}$	0.0000	-1.7717 $\times 10^{-6}$	1.2539 $\times 10^{-5}$	2.4473 $\times 10^{-6}$
[0564]	C15	1.8452 $\times 10^{-6}$	0.0000	-4.6466 $\times 10^{-7}$	2.5536 $\times 10^{-6}$	-3.7355 $\times 10^{-7}$
[0565]	状态 6					
[0566]	C4	-7.5325 $\times 10^{-4}$				
[0567]	C6	-3.7969 $\times 10^{-4}$				

[0568]	C8	-1.9045×10^{-5}					
[0569]	C10	-1.2098×10^{-5}					
[0570]	C11	-2.8955×10^{-6}					
[0571]	C13	-2.3267×10^{-6}					
[0572]	C15	-1.1379×10^{-6}					
[0573]	偏心 [1]						
[0574]	X	0.00	Y	0.17	Z	0.00	
[0575]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0576]	偏心 [3]						
[0577]	X	0.00	Y	decy	Z	decz	
[0578]	α	45	β	0.00	γ	0.00	
[0579]		状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5	状态 6
[0580]	decy	0.005	0	0.004	0.007	0.004	0.006
[0581]	decz	0.005	0	0.004	0.007	0.004	0.006
[0582]	偏心 [4]						
[0583]	X	0.00	Y	-0.09	Z	0.00	
[0584]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0585]	偏心 [5]						
[0586]	X	0.00	Y	-0.07	Z	0.00	
[0587]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0588]	偏心 [6]						
[0589]	X	0.00	Y	-0.06	Z	0.00	
[0590]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0591]	偏心 [7]						
[0592]	X	0.00	Y	-0.05	Z	0.00	
[0593]	α	-2.16	β	0.00	γ	0.00	

[0594] 实施例 3 如图 3 所示,是采用了可调反射镜的数码相机用的摄像装置 116 的例,该实施例与上述实施例 2 的构成基本相同,是对各透镜偏心 (displacement) 和摄像器件的倾斜进行增大,能够聚焦到近点 150mm 的光学系统。变焦比为 2.0 倍。

[0595] [实施例 4]

[0596] (实施例 4)

[0597]		物体距离	变焦	Fno.	焦距
[0598]	状态 1	∞	广角	2.8449	4.22127
[0599]	状态 2	∞	标准	3.1912	5.75071
[0600]	状态 3	∞	望远	3.4907	8.08140
[0601]	状态 5	300mm	标准	3.1912	5.75071
[0602]	摄像面尺寸 :X4mm×Y3mm				
[0603]	Px = Py = 2.5 μ m				
[0604]	面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率

[0605]	物体面	∞	(物体距离)		
[0606]	1	39.4929	1.0000	1.78472	25.68
[0607]	2	474.3906	7.2046		
[0608]	3	-42.6405	0.5000	1.88300	40.76
[0609]	4	ASP[1]	8.0018		
[0610]	5	FFS[1] (DM)	-0.0018 偏心 [1]		
[0611]	6	999.0000	-0.3000		
[0612]	7	999.0000	-0.2307		
[0613]	8	999.0000	-0.5000		
[0614]	9	999.0000	D1 = -10.3161 ~ -7.2986 ~ -3.0040		
[0615]	10	光圈面	-0.0027		
[0616]	11	ASP[2]	-1.5000	1.58913	61.14
[0617]	12	35.8649	-0.3000		
[0618]	13	-5.1025	-1.9963	1.49700	81.54
[0619]	14	7.2438	-0.2906		
[0620]	15	-8.7222	-1.0482	1.51633	64.14
[0621]	16	-6.4397	-0.6000		
[0622]	17	8.8339	-0.3631	1.78472	25.68
[0623]	18	ASP[3]	D2 = -0.8526 ~ -3.8655 ~ -8.1673		
[0624]	19	-5.6538	-2.0000	1.58913	61.14
[0625]	20	ASP[4]	-0.7069		
[0626]	21	∞	-1.4400	1.54771	62.84
[0627]	22	∞	-0.1000		
[0628]	23	∞	-0.6000	1.51633	64.14
[0629]	24	∞	-0.1000		
[0630]	像面	∞			
[0631]	ASP[1]				
[0632]	曲率半径	12.5383、k 0			
[0633]	a-3.7625 $\times 10^{-4}$ 、b 1.6313 $\times 10^{-5}$ 、c-5.6290 $\times 10^{-7}$ 、d 6.9835 $\times 10^{-9}$				
[0634]	ASP[2]				
[0635]	曲率半径	-10.8213、k 0			
[0636]	a 1.3870 $\times 10^{-3}$ 、b 3.0924 $\times 10^{-5}$ 、c 7.9884 $\times 10^{-6}$ 、d-8.1500 $\times 10^{-7}$				
[0637]	ASP[3]				
[0638]	曲率半径	-3.1489、k 0			
[0639]	a-7.5029 $\times 10^{-9}$ 、b-8.0505 $\times 10^{-9}$ 、c-1.2342 $\times 10^{-5}$ 、d-1.9009 $\times 10^{-5}$				
[0640]	ASP[4]				
[0641]	曲率半径	4.6193、k 0			
[0642]	a-8.9627 $\times 10^{-3}$ 、b 4.0263 $\times 10^{-4}$ 、c-1.2792 $\times 10^{-5}$ 、d 2.4193 $\times 10^{-11}$				
[0643]	FFS[1]				

[0644] 曲率半径 ∞ 、k 0

[0645]	状态 1	状态 2	状态 3	状态 5
[0646] C4	-2.7980×10^{-3}	-1.0000×10^{-3}	-1.4138×10^{-3}	-1.7067×10^{-3}
[0647] C6	-1.2465×10^{-3}	-7.0000×10^{-4}	-6.7280×10^{-4}	-7.8841×10^{-4}
[0648] C8	-1.2017×10^{-5}	0.0000	2.7504×10^{-5}	3.1915×10^{-5}
[0649] C10	-8.9620×10^{-6}	0.0000	-1.2445×10^{-5}	2.7793×10^{-6}
[0650] C11	3.7102×10^{-5}	0.0000	3.3091×10^{-5}	-1.7423×10^{-7}
[0651] C13	1.9287×10^{-5}	0.0000	2.5108×10^{-5}	-3.3681×10^{-6}
[0652] C15	4.3329×10^{-6}	0.0000	7.7926×10^{-6}	-2.4196×10^{-6}

[0653] 偏心 [1]

[0654] X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

[0655] α -45.00 β 0.00 γ 0.00

[0656] 图 4 表示实施例 4 的断面图。实施例 4 是数码相机、电视摄像机等内使用的 2 倍变焦的透镜的例。本实施例的变焦透镜,第 1 透镜组为负的折射力,第 2 透镜组和第 3 透镜组均为正的折射力。坐标系的原点为第 1 面的中心。5 面是可调反射镜,全部状态为凹面。6 ~ 9 面为虚拟面。6 面以后坐标系的 Z 为反向。因此, R、D,非球面系数的符号与实际相反。

[0657] 可调反射镜在反射面的中心被固定的状态下产生变形,但也可以使其在反射面的周围被固定的状态下产生变形。

[0658] 光轴在与可调反射镜的交点上弯曲 90 度。光轴和可调反射镜的交点是可调反射镜的面形状的原点。

[0659] 图 4 表示坐标轴的方向。1 ~ 4 面和 5 面及 6 面以后,方向不同,故需要注意。摄像器件的摄像面如图所示,倾斜 23 分。这是因为,随可调反射镜的变形使像面的倾斜产生变化,这时为了获得最佳分辨率而进行倾斜。

[0660] 可调反射镜进行变形,其目的是对移动透镜组进行改变放大率时所产生的焦点移动进行补偿,以及当物体距离变化时进行对焦。

[0661] 11 ~ 18 面用改变放大率透镜 G2,沿光轴移动。

[0662] 在本实施例中,采用静电驱动可调反射镜,静电驱动可调反射镜,其变形仅限于凹面侧(包括平面)。因此,在本实施例中,即使物体无限远也不把标准状态的可调反射镜的形状制成平面。这是因为透镜零件、框零件、装配误差等,造成焦点位置偏离设计位置,即使这时也是让可调反射镜的形状接近平面进行对焦。

[0663] 并且,在进行对比度检测方式(梯度方式)自动聚焦的情况下,使可调反射镜变形,移动焦点位置,检测出被摄体图像的高频成分,在被摄体图像的高频成分达到最大时判断为调焦。为了从无限远进一步向远方移动焦点位置,也必须所有状态下都把可调反射镜的形状调到凹面。

[0664] [实施例 5]

[0665] (实施例 5)

[0666]	物体距离	变焦	Fno.	焦距	对角画面视角
[0667] 状态 1	∞	广角	3.022	4.801	61.2°

[0668]	状态 2	∞	标准	3.411	5.756	49.84°
[0669]	状态 3	∞	望远	3.740	6.726	42.2°
[0670]	状态 4	300mm	广角	3.001	4.801	
[0671]	状态 5	300mm	标准	3.392	5.756	
[0672]	状态 6	300mm	望远	3.721	6.726	
[0673]	摄像面尺寸 :4mm×3mm					
[0674]	面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0675]	物体面	∞	(物体距离)			
[0676]	1	-24.306	1.2		1.71297	31.69
[0677]	2	ASP[1]	2.2345			
[0678]	3	73.3434	2		1.50461	66.38
[0679]	4	-70.0057	7.0688			
[0680]	5	FFS[1](DM)	-4.2914	偏心 [1]		
[0681]	6	-6.4021	-1.0841		1.71164	50.41
[0682]	7	-5.1257	-0.3865			
[0683]	8	-5.6419	-2.3267		1.89494	24.58
[0684]	9	-5.7514	D1 = -4.29597 ~ -2.53996 ~ -0.99848			
[0685]	10	光圈面	-0.835			
[0686]	11	ASP[2]	-2.0224		1.58913	61.14
[0687]	12	17.503	-1.0067			
[0688]	13	-6.0673	-2.153		1.497	81.54
[0689]	14	8.6875	-0.8413			
[0690]	15	14.8278	-1.0216		1.84666	23.78
[0691]	16	-3.8628	D2 = -1.71739 ~ -3.47341 ~ -5.01488			
[0692]	17	-16.9294	-2.0604		1.58913	61.14
[0693]	18	ASP[3]	-1.2241			
[0694]	19	∞	-1.44	1.54771		62.84
[0695]	20	∞	-0.8			
[0696]	21	∞	-0.6	1.51633		64.14
[0697]	22	∞	-0.5			
[0698]	像面	∞				
[0699]	ASP[1]					
[0700]	曲率半径 9.4392、k 0.0000					
[0701]	a -2.0683×10^{-4} 、b 1.1006×10^{-6} 、c -8.0740×10^{-8} 、d 5.4537×10^{-10}					
[0702]	ASP[2]					
[0703]	曲率半径 -8.9634、k 0.0000					
[0704]	a 8.1855×10^{-4} 、b 2.9005×10^{-5} 、c -2.9963×10^{-6} 、d 3.7358×10^{-7}					
[0705]	ASP[3]					
[0706]	曲率半径 6.9002、k 0.0000					

[0707] $a = -1.0905 \times 10^{-3}$ 、 $b = 7.2538 \times 10^{-5}$ 、 $c = -7.1600 \times 10^{-6}$ 、 $d = 3.4177 \times 10^{-7}$

[0708] 偏心 [1]

[0709] X 0 Y 0 Z 0

[0710] α -45 β 0 γ 0

[0711] FFS[1]

	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5
[0712]					
[0713]	C4 -2.2433×10^{-4}	0.0000	-9.3831×10^{-5}	-5.0582×10^{-4}	-2.6002×10^{-4}
[0714]	C6 -1.1925×10^{-4}	0.0000	-5.1098×10^{-5}	-2.5619×10^{-4}	-1.2941×10^{-4}
[0715]	C8 -2.8598×10^{-6}	0.0000	-1.6606×10^{-7}	-4.9422×10^{-6}	-1.1846×10^{-6}
[0716]	C10 -1.6824×10^{-6}	0.0000	-8.8244×10^{-7}	-2.9138×10^{-6}	-1.4327×10^{-6}
[0717]	C11 6.7042×10^{-6}	0.0000	-2.1354×10^{-6}	8.3102×10^{-6}	1.1080×10^{-6}
[0718]	C13 6.9240×10^{-6}	0.0000	-1.9547×10^{-6}	8.3939×10^{-6}	8.3965×10^{-7}
[0719]	C15 1.7668×10^{-6}	0.0000	-4.1945×10^{-7}	1.9693×10^{-6}	1.2489×10^{-7}

[0720] 状态 6

[0721] C4 -3.8015×10^{-4}

[0722] C6 -1.8895×10^{-4}

[0723] C8 -1.0426×10^{-6}

[0724] C10 -2.9231×10^{-6}

[0725] C11 -5.1439×10^{-7}

[0726] C13 -8.9360×10^{-7}

[0727] C15 -3.5666×10^{-7}

[0728] 实施例 5 是图 5 所示的数码相机、电视摄像机等内所使用的 1.4 倍变焦摄像光学系统。

[0729] 其构成部分有：负的折射力的透镜组 211、可调反射镜 212、正的折射率的凸透镜组 213、亮度光圈 214、正的折射力的凸透镜组 215、正的折射率的凸透镜组 216，红外截止滤波器和消除莫尔条纹滤波器 217。整体上构成焦点后移型光学系统。正的折射力的透镜组 215 是放大率变换器，通过沿光轴方向（图的 z 轴方向）移动而进行改变放大率。

[0730] 可调反射镜 212 还具有补偿和聚焦透镜的功能，变形是为了补偿随改变放大率而产生的焦点位置偏移以及随物体距离变化而产生的焦点偏移。形状在物体距离 ∞ 而且变焦标准状态时为平面，在其他状态时为自由曲面形状。

[0731] 负的折射力的透镜组 211 由凹透镜 218 和凸透镜 219 这 2 块构成。这样的效果是减小由凹透镜 218 产生的强的负畸变像差，此外，能降低凹透镜 218 中的光线高度。再者，作为上述 2 种效果的结果，能减轻光学系统内所使用的非球面透镜的像差校正负担，因此能放宽非球面量，更容易制造。

[0732] 图 5 的光线图是指作为代表性的，在物体距离 ∞ 而且变焦状态为广角、标准和望远时。并且，图 5 所示的坐标系是各状态通用的。但是，从可调反射镜 212 到物体侧、可调反射镜 212、从可调反射镜 212 到像面侧，分别采用不同的坐标系，故需要注意。

[0733] [实施例 6]

[0734] （实施例 6）

[0735] 物体距离 变焦 Fno. 焦距 对角画面视角

[0736]	状态 1	∞	广角	3.980	4.652	57.1°
[0737]	状态 2	∞	标准	4.477	5.453	49.2°
[0738]	状态 3	∞	望远	5.149	6.701	40.5°
[0739]	状态 4	300mm	广角	3.961	4.652	
[0740]	状态 5	300mm	标准	4.459	5.453	
[0741]	状态 6	300mm	望远	5.133	6.701	
[0742]	摄像面尺寸 4mm×3mm					
[0743]	面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0744]	物体面	∞	(物体距离)			
[0745]	1	-38.5523	2.045		1.744	44.782
[0746]	2	ASP[1]	3.1074			
[0747]	3	63.3299	3.3731		1.51633	64.14
[0748]	4	-55.7768	10.5953			
[0749]	5	FFS[1] (DM)	-4.5963	偏心 [1]		
[0750]	6	-106.8041	-2.0514		1.92286	18.9
[0751]	7	-4240.8114	D1 = -6.80213 ~ -4.23488 ~ -0.76948			
[0752]	8	光圈面	-0.0787			
[0753]	9	ASP[2]	-6.2388		1.5725	57.74
[0754]	10	23.4652	-1.2298			
[0755]	11	-8.3423	-2.3156		1.52249	59.84
[0756]	12	11.2443	-0.8167			
[0757]	13	10.9717	-1.073		1.84666	23.78
[0758]	14	-4.447	D2 = -0.68903 ~ -3.25628 ~ -6.72167			
[0759]	15	-9.0599	-3.7612		1.5725	57.74
[0760]	16	ASP[3]	-1.5817			
[0761]	17	∞ -1.44		1.54771	62.84	
[0762]	18	∞ -0.8				
[0763]	19	∞ -0.6		1.51633	64.14	
[0764]	20	∞ -0.5				
[0765]	像面	∞				
[0766]	ASP[1]					
[0767]	曲率半径 8.6410、k 0.0000					
[0768]	A-4.5614×10 ⁻⁴ 、B2.9660×10 ⁻⁶ 、C-1.3571×10 ⁻⁷ 、D 1.5429×10 ⁻⁹					
[0769]	ASP[2]					
[0770]	曲率半径 -9.4088、k 0.0000					
[0771]	a 2.6088×10 ⁻⁴ 、b 5.8088×10 ⁻⁶ 、c-2.4412×10 ⁻⁷ 、d 2.0243×10 ⁻⁸					
[0772]	ASP[3]					
[0773]	曲率半径 9.0075、k 0.0000					
[0774]	a-1.3159×10 ⁻³ 、b 6.5552×10 ⁻⁵ 、c-5.2821×10 ⁻⁶ 、d 2.0025×10 ⁻⁷					

[0775] FFS[1]

[0776]	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5
[0777]	C4 -2.4155×10^{-4}	0.0000	2.7301×10^{-5}	-4.2833×10^{-4}	-1.7222×10^{-4}
[0778]	C6 -1.1909×10^{-4}	0.0000	1.5481×10^{-5}	-2.1381×10^{-4}	-9.1215×10^{-5}
[0779]	C8 -3.5587×10^{-6}	0.0000	3.8957×10^{-8}	-2.8029×10^{-6}	8.3713×10^{-7}
[0780]	C10 -1.6571×10^{-6}	0.0000	-6.1292×10^{-8}	-1.8332×10^{-6}	-6.6528×10^{-7}
[0781]	C11 9.5081×10^{-6}	0.0000	-3.0453×10^{-6}	8.4450×10^{-6}	-1.5904×10^{-6}
[0782]	C13 8.9905×10^{-6}	0.0000	-3.2328×10^{-6}	8.0447×10^{-6}	-1.2389×10^{-6}
[0783]	C15 2.3001×10^{-6}	0.0000	-8.8762×10^{-7}	1.9921×10^{-6}	-2.5879×10^{-7}

[0784] 状态 6

[0785]	C4 -1.5675×10^{-4}
[0786]	C6 -7.6576×10^{-5}
[0787]	C8 5.9061×10^{-7}
[0788]	C10 -1.6575×10^{-6}
[0789]	C11 -4.5466×10^{-6}
[0790]	C13 -4.7765×10^{-6}
[0791]	C15 -1.2345×10^{-6}

[0792] 偏心 [1]

[0793]	X	0	Y	0	Z	0
[0794]	α	-45	β	0	γ	0

[0795] 实施例 6 是图 6 所示的数码相机、电视摄像机等内所使用的 1.4 倍变焦摄像光学系统。

[0796] 其构成部分有：负的折射力的透镜组 221、可调反射镜 222、正的折射率的凸透镜组 223、亮度光圈 224、正的折射力的透镜组 225、正的折射率的透镜组 226，红外截止滤波器和消除莫尔条纹滤波器 227。整体上构成焦点后移型光学系统。正的折射力的透镜组 225 是放大率变换器，通过沿光轴方向（图的 z 轴方向）移动而进行改变放大率。

[0797] 可调反射镜 222 还具有补偿和聚焦透镜的功能，变形是为了补偿随改变放大率而产生的焦点位置偏移以及随物体距离变化而产生的焦点偏移。形状在物体距离 ∞ 而且变焦标准状态时为平面，在其他状态时为自由曲面形状。

[0798] 本实施例，正的折射力的透镜组 223 由一片构成，与实施例 5 的正的折射力的透镜组 213 相比，透镜片数少。所以，能进一步降低成本。

[0799] 图 6 的光线图是指作为代表性的，在物体距离 ∞ 而且变焦状态为广角、标准和望远时。并且，图 6 所示的坐标系是各状态通用的。但是，从可调反射镜 222 到物体侧、可调反射镜 222、从可调反射镜 222 到像面侧，分别采用不同的坐标系，故需要注意。

[0800] [实施例 7]

[0801] （ 实施例 7）

[0802]		物体距离	变焦	Fno.	焦距	对角画面视角
[0803]	状态 1	∞	广角	3.416	4.613	57.7°
[0804]	状态 2	∞	标准	3.859	5.452	48.8°
[0805]	状态 3	∞	望远	4.415	6.703	39.8°

[0806]	状态 4	300mm	广角	3.393	4.613	
[0807]	状态 5	300mm	标准	3.839	5.452	
[0808]	状态 6	300mm	望远	4.394	6.703	
[0809]	摄像面尺寸 4mm×3mm					
[0810]	面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0811]	物体面	∞	(物体距离)			
[0812]	1	-28.7616	1.6339		1.72916	54.68
[0813]	2	ASP[1]	5.017			
[0814]	3	54.6152	2.9255		1.497	81.54
[0815]	4	-49.9256	4.5			
[0816]	5	FFS[1] (DM)	D1 = -12.1381 ~ -10.03316 ~ -7.33504			
[0817]			偏心 [1]			
[0818]	6	光圈面	-0.1297			
[0819]	7	ASP[2]	-5.2993		1.58313	59.38
[0820]	8	22.9382	-1.1742			
[0821]	9	-6.7237	-2.2996		1.456	90.33
[0822]	10	9.6725	-0.8548			
[0823]	11	9.7133	-1.0241		1.72151	29.23
[0824]	12	-3.9774	D2 = -1.10099 ~ -3.20589 ~ -5.90401			
[0825]	13	-11.478	-2.244		1.603	65.44
[0826]	14	ASP[3]	-1.4865			
[0827]	15	∞	-1.44		1.54771	62.84
[0828]	16	∞	-0.8			
[0829]	17	∞	-0.6		1.51633	64.14
[0830]	18	∞	-0.5			
[0831]	像面	∞				
[0832]	ASP[1]					
[0833]	曲率半径 10.0576、k 0.0000					
[0834]	a -4.0835×10^{-4} 、b 4.3979×10^{-6} 、c -1.5633×10^{-7} 、d 1.9974×10^{-9}					
[0835]	ASP[2]					
[0836]	曲率半径 -9.1682、k 0.0000					
[0837]	a 3.4194×10^{-4} 、b 2.4869×10^{-9} 、c 9.8652×10^{-7} 、d -5.8064×10^{-8}					
[0838]	ASP[3]					
[0839]	曲率半径 7.7704、k 0.0000					
[0840]	a -1.5911×10^{-3} 、b 8.6440×10^{-5} 、c -7.3116×10^{-6} 、d 2.9293×10^{-7}					
[0841]	FFS[1]					
[0842]	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4	状态 5	
[0843]	C4 -3.2829×10^{-4}	0.0000	-2.6321×10^{-6}	-6.0794×10^{-4}	-2.5035×10^{-4}	
[0844]	C6 -1.6462×10^{-4}	0.0000	-5.8132×10^{-6}	-3.0603×10^{-4}	-1.2764×10^{-4}	
[0845]	C8 -8.0161×10^{-6}	0.0000	1.3356×10^{-6}	-5.9070×10^{-6}	2.6211×10^{-6}	

[0846]	C10	-3.1928×10^{-6}	0.0000	1.6332×10^{-7}	-2.6085×10^{-6}	2.7854×10^{-7}
[0847]	C11	1.1826×10^{-5}	0.0000	4.6352×10^{-6}	1.1156×10^{-5}	-1.8158×10^{-6}
[0848]	C13	1.1056×10^{-5}	0.0000	-4.1022×10^{-6}	1.0686×10^{-5}	-1.3540×10^{-6}
[0849]	C15	2.8228×10^{-6}	0.0000	-1.0533×10^{-6}	2.5287×10^{-6}	-5.8769×10^{-7}
[0850]	状态 6					
[0851]	C4	-2.8099×10^{-4}				
[0852]	C6	-1.4301×10^{-4}				
[0853]	C8	3.7096×10^{-6}				
[0854]	C10	-8.1693×10^{-7}				
[0855]	C11	-6.0249×10^{-6}				
[0856]	C13	-5.7482×10^{-6}				
[0857]	C15	-1.5497×10^{-6}				
[0858]	偏心 [1]					
[0859]	X	0	Y	0	Z	0
[0860]	α	-45	β	0	γ	0

[0861] 实施例 7 是图 7 所示的数码相机、电视摄像机等内所使用的 1.4 倍变焦摄像光学系统。

[0862] 其构成部分有：负的折射力的透镜组 231、可调反射镜 232、正的折射率的透镜组 234、亮度光圈 233、正的折射力的透镜组 235、红外截止滤波器和消除莫尔条纹滤波器 236。整体上构成焦点后移型光学系统。正的折射力的透镜组 234 是放大率变换器，通过沿光轴方向（图的 z 轴方向）移动而进行改变放大率。

[0863] 可调反射镜 232 还具有补偿和聚焦透镜的功能，变形是为了补偿随改变放大率而产生的焦点位置偏移以及随物体距离变化而产生的焦点偏移。形状在物体距离 ∞ 而且变焦标准状态时为平面，在其他状态时为自由曲面形状。

[0864] 本发明实施例没有相当于实施例 5 的正的折射力的透镜组 213 和实施例 6 的正的折射力的透镜组 223 的正的折射力的透镜组。因此，其效果是：透镜片数减少，能进一步降低成本，并能扩大作为放大率变换器的正的折射力的透镜组 234 的移动范围，容易制成变焦比高的光学系统。

[0865] 图 7 的光线图是指作为代表性的，在物体距离 ∞ 而且变焦状态为广角、标准和望远时。并且，图 7 所示的坐标系是各状态通用的。但是，从可调反射镜 232 到物体侧、可调反射镜 232、从可调反射镜 232 到像面侧，分别采用不同的坐标系，故需要注意。

[0866] [实施例 8]

[0867] （ 实施例 8）

[0868]		物体距离	变焦	Fno.	焦距	
[0869]	状态 1	∞	广角	5.0000	9.04749	
[0870]	状态 2	∞	标准	3.8000	7.01436	
[0871]	状态 3	∞	望远	2.8000	5.08010	
[0872]	摄像面尺寸 X4mm×Y3mm					
[0873]	Px = Py = 5 μ m					
[0874]	面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数

[0875]	物体面	∞	(物体距离)		
[0876]	1	∞	0.0000		
[0877]	2	35.1214	1.0000	1.78472	25.68
[0878]	3	167.8232	1.0000		
[0879]	4	130.3582	0.2969	1.51633	64.14
[0880]	5	ASP[1]	18.7302		
[0881]	6	FFS[1](DM)	-4.3019 偏心 [1]		
[0882]	7	∞	0.0000		
[0883]	8	-7.7555	-2.3000	1.58913	61.14
[0884]	9	32.1532(光圈面)	-0.1123		
[0885]	10	1000.0000	-0.1000		
[0886]	11	1000.0000	D1 = -4.25292 ~ -2.62378 ~ -1.01260		
[0887]	12	∞	-0.7833		
[0888]	13	ASP[2]	-0.1000		
[0889]	14	1000.0000	-0.1000		
[0890]	15	5.7308	-0.6694	1.84666	23.78
[0891]	16	-15.1681	-0.2586		
[0892]	17	1000.0000	-0.1000		
[0893]	18	ASP[3]	D2 = 0.24107 ~ -1.36283 ~ -2.96276		
[0894]	19	-15.3016	-2.0000	1.69680	55.53
[0895]	20	13.8966	-0.3000		
[0896]	21	-8.9786	-5.3922	1.58913	61.14
[0897]	22	ASP[4]	-0.6387		
[0898]	23	49.9212	-1.0000	1.51633	64.14
[0899]	24	-69.5147	-1.1964		
[0900]	25	∞	-1.4400	1.54771	62.84
[0901]	26	∞	-0.1000		
[0902]	27	∞	-0.6000	1.51633	64.14
[0903]	28	∞	-2.1000		
[0904]	像面	∞			
[0905]	ASP[1]				
[0906]	曲率半径	11.4689、k 0			
[0907]	a-	1.4142×10^{-4} 、b 1.4501×10^{-7} 、c 1.0445×10^{-8} 、d -4.0703×10^{-13}			
[0908]	ASP[2]				
[0909]	曲率半径	1000.0000、k 0			
[0910]	ASP[3]				
[0911]	曲率半径	1000.0000、k 0			
[0912]	ASP[4]				
[0913]	曲率半径	11.0623、k 0			

[0914] $a-2.8728 \times 10^{-3}$ 、 $b 1.4022 \times 10^{-4}$ 、 $c-3.9838 \times 10^{-6}$ 、 $d 3.4424 \times 10^{-10}$ FFS[1]

[0915] 曲率半径 ∞ 、 $k 0$

[0916] 状态 1 状态 2 状态 3

[0917] C4 1.6713×10^{-3} 0.0000 -7.2848×10^{-4}

[0918] C6 1.0083×10^{-3} 0.0000 -8.1095×10^{-4}

[0919] C8 -1.1132×10^{-4} 0.0000 3.4637×10^{-5}

[0920] C10 1.8948×10^{-5} 0.0000 2.3972×10^{-6}

[0921] C11 8.9426×10^{-5} 0.0000 -4.4633×10^{-5}

[0922] C13 3.1405×10^{-5} 0.0000 4.9175×10^{-5}

[0923] C15 1.8300×10^{-5} 0.0000 -9.5845×10^{-6}

[0924] 偏心 [1]

[0925] X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

[0926] α -45.00 β 0.00 γ 0.00

[0927] 图 8 表示实施例 8 的断面图。305 是第 1 透镜组,306 是第 2 透镜组,307 是第 3 透镜组,311 是第 4 透镜组。这是移动 15 ~ 16 面的凹透镜 307 进行改变放大率的 1.8 倍变焦的例。6 面是可调反射镜,它通过使面形状变化,来进行随改变放大率的焦点移动以及随物体距离变化的焦点移动。其优点是:用凹透镜 307 来进行改变放大率,与用正透镜进行改变放大率时相比,能以较少的透镜移动量来进行大的改变放大率。

[0928] [实施例 9]

[0929] (实施例 9)

[0930] 物体距离 变焦 Fno. 焦距

[0931] 状态 1 ∞ 望远 5.0000 8.15692

[0932] 状态 2 ∞ 标准 3.8000 6.89107

[0933] 状态 3 ∞ 广角 2.8000 4.52486

[0934] 状态 5 300mm 标准 3.8000 6.89107

[0935] 摄像面尺寸 X4mm×Y3mm

[0936] $P_x = P_y = 5 \mu m$

[0937] 面编号 曲率半径 面间隔 偏心 折射率 阿贝数

[0938] 物体面 ∞ (物体距离)

[0939] 1 ∞ 0.0000

[0940] 2 -303.0641 0.7000 1.51633 64.14

[0941] 3 9.2736 1.0000

[0942] 4 20.6261 1.2000 1.78472 25.68

[0943] 5 ASP[1] 7.0000

[0944] 6 FFS[1] (DM) -7.2293 偏心 [1]

[0945] 7 ∞ 0.0000

[0946] 8 -6.7720 -2.3000 1.58913 61.14

[0947] 9 70.7255 (光圈面) -0.0225

[0948] 10 ∞ -0.1000

[0949]	11	∞	D1 = -2.74171 $\sim$ -1.85566 $\sim$ 0.13614		
[0950]	12	∞	-0.7833		
[0951]	13	ASP[2]	-1.0000	1.69680	55.53
[0952]	14	189.1667	-0.4000		
[0953]	15	4.6448	-1.2571	1.84666	23.78
[0954]	16	-22.3831	-0.1403		
[0955]	17	∞	-0.1000		
[0956]	18	ASP[3]	D2 = -0.29533 $\sim$ -1.23656 $\sim$ -3.19451		
[0957]	19	-14.4658	-2.0000	1.69680	55.53
[0958]	20	9.9717	-0.3000		
[0959]	21	-9.2901	-3.5540	1.58913	61.14
[0960]	22	ASP[4]	-0.3626		
[0961]	23	107.3171	-0.8865	1.51633	64.14
[0962]	24	-291.5336	-0.6489		
[0963]	25	∞	-1.4400	1.54771	62.84
[0964]	26	∞	-0.1000		
[0965]	27	∞	-0.6000	1.51633	64.14
[0966]	28	∞	-2.1000		
[0967]	像面 ∞				
[0968]	ASP[1]				
[0969]	曲率半径 342.4201、k 0				
[0970]	a -9.1895×10^{-5} 、b 5.4102×10^{-7} 、c -2.4185×10^{-8} 、d -2.3500×10^{-11}				
[0971]	ASP[2]				
[0972]	曲率半径 -186.8247、k 0				
[0973]	ASP[3]				
[0974]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[0975]	ASP[4]				
[0976]	曲率半径 9.1729、k 0				
[0977]	a -3.2236×10^{-3} 、b 1.6799×10^{-4} 、c -5.5687×10^{-6} 、d 5.0927×10^{-10} FFS[1]				
[0978]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[0979]	状态 1 状态 2 状态 3 状态 5				
[0980]	C4	2.2386×10^{-3}	1.5000×10^{-3}	5.5152×10^{-4}	4.7137×10^{-4}
[0981]	C6	1.4954×10^{-3}	1.0000×10^{-3}	3.2716×10^{-4}	3.3428×10^{-4}
[0982]	C8	-5.4914×10^{-5}	0.0000	-7.2448×10^{-6}	2.5619×10^{-5}
[0983]	C10	-8.2461×10^{-7}	0.0000	1.7986×10^{-6}	6.2461×10^{-6}
[0984]	C11	1.0352×10^{-5}	0.0000	1.1053×10^{-7}	-2.7914×10^{-5}
[0985]	C13	-3.9167×10^{-5}	0.0000	-5.9980×10^{-6}	1.2558×10^{-5}
[0986]	C15	-1.2899×10^{-7}	0.0000	-3.8539×10^{-7}	-1.2580×10^{-5}
[0987]	偏心 [1]				

[0988] X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

[0989] α -45.00 β 0.00 γ 0.00

[0990] 图9表示实施例9的断面图。在本实施例中是移动13~16面的负折射力的透镜组G3,进行改变放大率的1.8倍变焦透镜的例。第3透镜组G3采用凹凸的2片结构,提高了像差。

[0991] 把第3透镜组的第1、第2透镜制成凹、凸结构,缩短到可调反射镜6面的距离,这样,能实现比实施例8薄的光学系统。

[0992] 6面是可调反射镜,通过改变面形状来进行随改变放大率的焦点移动以及随物体距离变化的焦点移动。利用凹透镜进行改变放大率,其优点是:与利用正透镜进行改变放大率时相比较,能以较小的透镜移动量来进行大的改变放大率。

[0993] 并且,上述实施例8、9是以负的折射力的透镜组作为改变放大率透镜组的设计。在此情况下,第1透镜组G1~可变形反射镜~第2透镜组G2的系统,从整体上看具有正能量,其构成对负能力的第3透镜组G3形成虚物点。这样一来,能用负能力改变放大率透镜组有效地进行改变放大率。

[0994] [实施例10]

[0995] (实施例10)

[0996] 物体距离 变焦 Fno. 焦距

[0997] 状态1 ∞ 望远 3.9000 8.23940

[0998] 状态2 ∞ 标准 3.2000 6.41384

[0999] 状态3 ∞ 广角 2.8000 5.47790

[1000] 状态5 300mm 标准 3.2000 6.41384

[1001] 摄像面尺寸 X4mm×Y3mm

[1002] $P_x = P_y = 2.5 \mu m$ 、 $k = 2.0$

[1003] 面编号 曲率半径 面间隔 偏心 折射率 阿贝数

[1004] 物体面 ∞ (物体距离)

[1005] 1 ∞ 0.0000

[1006] 2 -504.0444 0.7000 1.51633 64.14

[1007] 3 8.6811 1.0000

[1008] 4 20.3265 1.2000 1.78472 25.68

[1009] 5 ASP[1] 7.0000

[1010] 6 FFS[1](DM) -4.0000 偏心[1]

[1011] 7 ∞ 2.2293

[1012] 8 ∞ $D1 = 1.20003 \sim 0.21911 \sim -0.43913$

[1013] 9 ∞ 1.0000

[1014] 10 -9.4331 -2.3000 1.58913 61.14

[1015] 11 222.2495(光圈面) -1.0000

[1016] 12 ∞ $D2 = -1.20003 \sim -0.21911 \sim 0.43913$

[1017] 13 ∞ -0.6475

[1018] 14 ∞ -1.0000

[1019]	15	ASP[2]	-1.0000	1.69680	55.53
[1020]	16	2905.0515	-0.4000		
[1021]	17	4.9561	-0.1711	1.84666	23.78
[1022]	18	-32.876	-0.0972		
[1023]	19	∞	-0.3953		
[1024]	20	ASP[3]	D3 = 1.20003 $\sim$ 0.21911 $\sim$ -0.43913		
[1025]	21	∞	-1.0000		
[1026]	22	-11.9555	-2.0000	1.69680	55.53
[1027]	23	11.2189	-0.3000		
[1028]	24	-6.4379	-4.2823	1.58913	61.14
[1029]	25	ASP[4]	-1.5598		
[1030]	26	∞	D4 = -1.20003 $\sim$ -0.21911 $\sim$ 0.43913		
[1031]	27	∞	-0.9296		
[1032]	28	∞	-1.4400	1.54771	62.84
[1033]	29	∞	-0.1000		
[1034]	30	∞	-0.6000	1.51633	64.14
[1035]	31	∞	-2.1000		
[1036]	像面		∞		
[1037]	ASP[1]				
[1038]	曲率半径 419.2460、k 0				
[1039]	a-9.4595 $\times 10^{-5}$ 、b 7.2229 $\times 10^{-7}$ 、c-2.5763 $\times 10^{-8}$ 、d-1.0490 $\times 10^{-10}$				
[1040]	ASP[2]				
[1041]	曲率半径 -1848.9723、k 0				
[1042]	ASP[3]				
[1043]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[1044]	ASP[4]				
[1045]	曲率半径 23.0340、k 0				
[1046]	a-2.5469 $\times 10^{-3}$ 、b 3.9717 $\times 10^{-5}$ 、c -4.6619 $\times 10^{-6}$ 、d 1.1907 $\times 10^{-8}$				
[1047]	FFS[1]				
[1048]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[1049]	状态 1		状态 2	状态 3	状态 5
[1050]	C4	2.2824 $\times 10^{-3}$	1.5000 $\times 10^{-3}$	1.9335 $\times 10^{-4}$	1.1794 $\times 10^{-3}$
[1051]	C6	1.0312 $\times 10^{-3}$	1.0000 $\times 10^{-3}$	1.0345 $\times 10^{-4}$	6.0055 $\times 10^{-4}$
[1052]	C8	9.4653 $\times 10^{-6}$	0.0000	7.2377 $\times 10^{-6}$	-2.1271 $\times 10^{-5}$
[1053]	C10	-1.2969 $\times 10^{-5}$	0.0000	2.2733 $\times 10^{-7}$	-6.3319 $\times 10^{-6}$
[1054]	C11	-2.6948 $\times 10^{-5}$	0.0000	-4.0076 $\times 10^{-6}$	-6.459 $\times 10^{-6}$
[1055]	C13	7.0776 $\times 10^{-6}$	0.0000	-5.7967 $\times 10^{-7}$	5.0297 $\times 10^{-6}$
[1056]	C15	-1.0268 $\times 10^{-6}$	0.0000	-9.5026 $\times 10^{-7}$	-2.6466 $\times 10^{-6}$
[1057]	偏心 [1]				

[1058] X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

[1059] α -45.00 β 0.00 γ 0.00

[1060] 图 10 表示实施例 10 的断面图。在本实施例中,从被固定的 15 面到 18 面是第 3 透镜组 G3。并且,第 3 透镜组 G3 的前后的第 2 透镜组 G2(10 ~ 11 面)和第 4 透镜组 G4(22 ~ 25 面)为进行改变放大率,平常按相同的移动量进行移动。也就是说,可以认为,第 2 透镜组 G2 和第 4 透镜组 G4 从机械方面看是一体化的。并且,第 2 透镜组 G2 和第 4 透镜组 G4 具有相同符号的能力,而且与第 3 透镜组 G3 相比,能力的符号不同。也就是说,若第 3 透镜组 G3 为负能力,则第 2 透镜组、第 4 透镜组 G2、G4 为正能力。若第 3 透镜组 G3 为正能力,则第 2 透镜组、第 4 透镜组 G2、G4 为负能力。

[1061] 并且,要求像固体摄像器件那样从摄像光学系统射出的主光线是远心的用途,其结构可以是:第 3 透镜组 G3 为负能力,第 2 透镜组、第 4 透镜组 G2、G4 为正能力。这是因为若 4 透镜组为正能力,则容易使主光线远心。这种变焦透镜形式类似于所谓光学校正式变焦形式。在本实施例中利用可调反射镜来校正随透镜组移动而进行的焦点移动、以及随物体距离变化而进行的焦点移动。当然,也可以校正其中的某一种。

[1062] 在本实施例中,因为 2 个透镜组进行相同的移动,所以,其优点是:不需要凸轮,成本较低,若选择能力(パワー)分配,则改变放大率时的焦点移动少,所以,能减小可调反射镜的变形量。

[1063] 而且,第 3 透镜组 G3 也可以移动。可调反射镜布置在第 1 透镜组 G1 和第 2 透镜组 G2 之间,但也可以布置在第 4 透镜组 G4 之后等。

[1064] 该类型的光学系统中,所谓放大率变换器是指在改变放大率时移动的光学元件组中,倍率变化比率最高的光学元件组。在实施例 10 中,是指第 4 透镜组 G4。第 4 透镜组 G4 从望远端到广角端,是从 -0.976 倍变化到 -0.78 倍。第 2 透镜组 G2 从望远端到广角端,是仅仅从 -0.325 倍变化到 -0.314 倍。所以第 4 透镜组 G4 的定义除上述定义外,第 4 透镜组 G4 也可以是放大率变换器本身。

[1065] 在该类型的光学系统中也适用以上所述的条件式。但对式 324 ~ 329 来说,放大率变换器是指改变放大率时移动的透镜组中靠可调反射镜的透镜组。

[1066] 对本发明的全部内容都能通用的定义是:光学元件组是指由一个以上的光学元件构成的组件。并且,实施例中的透镜组也可以包括透镜以外的光学元件。

[1067] 本发明的光学系统满足下列条件式即可。

[1068] $0.3 < |f_2/f| < 10$...式 340

[1069] 式中, f_2 是移动的光学元件组中前方的光学元件组的焦距。 $|f_2/f|$ 若低于下限,则像差增加,若高于上限,则改变放大率作用或补偿功能不足。或者若

[1070] $0.6 < |f_2/f| < 5$...式 341

[1071] 则良好。若

[1072] $1.1 < |f_2/f| < 5$...式 341-2

[1073] 则更好。

[1074] 并且,本发明的光学系统若满足以下条件式,即可。

[1075] $0.15 < |f_3/f| < 6$...式 342

[1076] 式中, f_3 是被移动的光学元件组夹持的光学元件组的焦距。

[1077] $|f3/f|$ 若低于下限,则像差增大,若超过上限,则与光学元件组相组合的改变放大率作用或补偿作用不足。如果

[1078] $0.25 < |f3/f| < 3$ …式 343

[1079] 那么良好。如果

[1080] $0.35 < |f3/f| < 2.2$ …式 343-2

[1081] 那么更好。

[1082] 并且本发明的光学系统,满足以下条件式即可。

[1083] $0.15 < |f4/f| < 7$ …式 344

[1084] 式中, $f4$ 是移动的光学元件组中后方的光学元件组的焦距。

[1085] $|f4/f|$ 若低于下限,则像差增大,若高于上限,则改变放大率作用或补偿作用不足。若

[1086] $0.25 < |f4/f| < 3$ …式 344-2

[1087] 则良好。若

[1088] $0.4 < |f4/f| < 2$ …式 345

[1089] 则更好。式 340 ~ 345 对本发明的其他实施例在无妨碍的情况下,也可以适用。

[1090] [实施例 11]

[1091] (实施例 11)

[1092]	物体距离	变焦	Fno.	焦距
[1093] 状态 1	∞	望远	4.5000	8.74026
[1094] 状态 2	∞	标准	3.2000	6.42951
[1095] 状态 3	∞	广角	2.8000	4.79958
[1096] 状态 5	300mm	标准	3.2000	6.42951

[1097] 摄像面尺寸 X4mm×Y3mm

[1098] $P_x = P_y = 2.5 \mu m, k = 2.1$

[1099]	面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[1100]	物体面	∞	(物体距离)			
[1101]	1	∞	0.0000			
[1102]	2	-964.7304	0.7000		1.51633	64.14
[1103]	3	9.5889	1.0000			
[1104]	4	17.7453	1.2000		1.78472	25.68
[1105]	5	ASP[1]	7.0000			
[1106]	6	FFS[1] (DM)	-4.0000	偏心 [1]		
[1107]	7	∞	-0.5000			
[1108]	8	∞	$D1 = 1.68135 \sim 0.59966 \sim -0.57528$			
[1109]	9	∞	-1.0000			
[1110]	10	-10.4257	-1.3000		1.58913	61.14
[1111]	11	388.0611	-1.0000			
[1112]	12	∞	$D2 = -1.68135 \sim -0.59966 \sim 0.57528$			
[1113]	13	∞	0.0000			

[1114]	14	光圈面	-1.0000		
[1115]	15	ASP[2]	-1.0000	1.69680	55.53
[1116]	16	14410	-0.4000		
[1117]	17	4.1865	-0.1711	1.84666	23.78
[1118]	18	-34.6352	-0.0967		
[1119]	19	∞	-1.3953		
[1120]	20	ASP[3]	$D3 = 1.68135 \sim 0.59966 \sim -0.57528$		
[1121]	21	∞	-1.0000		
[1122]	22	-15.1800	-2.0000	1.69680	55.53
[1123]	23	9.5514	-0.3000		
[1124]	24	-6.4630	-4.8432	1.58913	61.14
[1125]	25	ASP[4]	-1.2137		
[1126]	26	∞	$D4 = -1.68135 \sim -0.59966 \sim 0.57528$		
[1127]	27	∞	-0.7234		
[1128]	28	∞	-1.4400	1.54771	62.84
[1129]	29	∞	-0.1000		
[1130]	30	∞	-0.6000	1.51633	64.14
[1131]	31	∞	-2.1000		
[1132]	像面 ∞				
[1133]	ASP[1]				
[1134]	曲率半径 559.6254、k 0				
[1135]	a -1.1630×10^{-4} 、b 8.6486×10^{-7} 、c -1.4621×10^{-8} 、d -1.0484×10^{-10}				
[1136]	ASP[2]				
[1137]	曲率半径 -9397.6126、k 0				
[1138]	ASP[3]				
[1139]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[1140]	ASP[4]				
[1141]	曲率半径 16.8496、k 0				
[1142]	a -3.0683×10^{-3} 、b 7.9412×10^{-5} 、c -6.1481×10^{-6} 、d 7.1383×10^{-10} FFS[1]				
[1143]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[1144]	状态 1		状态 2	状态 3	状态 5
[1145]	C4	-5.0000×10^{-4}	-6.2241×10^{-4}	-5.0000×10^{-3}	-1.7652×10^{-3}
[1146]	C6	-1.5288×10^{-4}	-3.4826×10^{-4}	-2.2850×10^{-3}	-8.0538×10^{-4}
[1147]	C8	2.1605×10^{-5}	4.2421×10^{-11}	5.9732×10^{-5}	4.6464×10^{-5}
[1148]	C10	-1.4053×10^{-6}	3.0300×10^{-12}	4.4807×10^{-5}	1.5296×10^{-5}
[1149]	C11	2.7287×10^{-6}	2.1366×10^{-10}	3.8387×10^{-5}	8.945×10^{-6}
[1150]	C13	9.4480×10^{-7}	7.2849×10^{-11}	2.0863×10^{-5}	9.2071×10^{-6}
[1151]	C15	-1.5247×10^{-6}	9.1322×10^{-12}	1.6418×10^{-6}	-1.7323×10^{-6}
[1152]	偏心 [1]				

[1153] X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

[1154] α -45.00 β 0.00 γ 0.00

[1155] 图 11 表示实施例 11 的断面图。该实施例的构成与实施例 10 是同一类型。光圈被固定在负折射力的固定透镜组旁边。因此,优点是改变放大率时的光线高度变动小。

[1156] 各条件式与实施例 10 一样可以满足。

[1157] 可调反射镜在所有的摄影状态下均为凹面,其设计适合于静电驱动可调反射镜。并且,在可调反射镜的形状中,从平面到摄影状态的范围是对比度方式的自动聚焦用的余量。即相当于图 17 的 P2Q。

[1158] 同样,由于在近点的自动聚焦,与近点 300mm 的可调反射镜的形状相比,该可调反射镜变形成为更深的凹面。即近点处的自动聚焦用的余量。这相当于图 17 的 RR2。

[1159] 并且,对本发明可以通用的事项是,在画面视角比较窄的变焦透镜的情况下,也可以用下式 347 来置换式 316。

[1160] $f1/f < 0$ または $f1/f > 5$ …式 347

[1161] 这是因为在画面视角窄的情况下,不是焦点后移型也能降低光学系统中的光线高度。

[1162] [实施例 12]

[1163] (实施例 12)

[1164] 物体距离 变焦 Fno. 焦距

[1165] 状态 1 ∞ 望远 4.5000 8.73317

[1166] 状态 2 ∞ 标准 3.2000 6.27299

[1167] 状态 3 ∞ 广角 2.8000 4.29905

[1168] 状态 5 300mm 标准 3.2000 6.27299

[1169] 摄像面尺寸 X4mm×Y3mm

[1170] $P_x = P_y = 2.5 \mu m, k = 2.5$

[1171] 面编号 曲率半径 面间隔 偏心 折射率 阿贝数

[1172] 物体面 ∞ (物体距离)

[1173] 1 ∞ 0.0000

[1174] 2 -482.8203 0.7000 1.51633 64.14

[1175] 3 6.3094 1.0000

[1176] 4 27.9840 1.2000 1.78472 25.68

[1177] 5 ASP[1] 5.0000

[1178] 6 FFS[1] (DM) -4.0000 偏心 [1]

[1179] 7 ∞ -0.5000

[1180] 8 ∞ $D1 = 2.93012 \sim 1.71055 \sim 0.01162$

[1181] 9 ∞ -1.0000

[1182] 10 -9.1491 -1.3000 1.58913 61.14

[1183] 11 1065.1375 -1.0000

[1184] 12 ∞ $D2 = -2.93012 \sim -1.71055 \sim -0.01162$

[1185] 13 ∞ 0.5000

[1186]	14	光圈面	-1.0000		
[1187]	15	ASP[2]	-1.0000	1.69680	55.53
[1188]	16	290700	-0.4000		
[1189]	17	5.8684	-0.1711	1.84666	23.78
[1190]	18	-80.3252	-0.2000		
[1191]	19	∞	-1.8953		
[1192]	20	ASP[3]	$D3 = 2.93012 \sim 1.71055 \sim 0.01162$		
[1193]	21	∞	-1.0000		
[1194]	22	-15.1465	-2.0000	1.69680	55.53
[1195]	23	10.5668	-0.3000		
[1196]	24	-8.2373	-4.3398	1.58913	61.14
[1197]	25	ASP[4]	-2.0230		
[1198]	26	∞	$D4 = -2.93012 \sim -1.71055 \sim -0.01162$		
[1199]	27	∞	-1.2057		
[1200]	28	∞	-1.4400	1.54771	62.84
[1201]	29	∞	-0.1000		
[1202]	30	∞	-0.6000	1.51633	64.14
[1203]	31	∞	-2.1000		
[1204]	像面 ∞				
[1205]	ASP[1]				
[1206]	曲率半径 322.8961、k 0				
[1207]	a- 1.8286×10^{-4} 、b - 4.7666×10^{-6} 、c- 3.6610×10^{-8} 、d- 1.0357×10^{-9}				
[1208]	ASP[2]				
[1209]	曲率半径 -125200、k 0				
[1210]	ASP[3]				
[1211]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[1212]	ASP[4]				
[1213]	曲率半径 53.5355、k 0				
[1214]	a- 2.0411×10^{-3} 、b 1.8960×10^{-4} 、c- 2.1343×10^{-5} 、d 7.5729×10^{-7}				
[1215]	FFS[1]				
[1216]	曲率半径 ∞ 、k 0				
[1217]	状态 1		状态 2	状态 3	状态 5
[1218]	C4	-1.0000×10^{-3}	8.0649×10^{-4}	-1.0000×10^{-3}	2.6458×10^{-4}
[1219]	C6	-3.8000×10^{-4}	4.0553×10^{-4}	-3.5320×10^{-4}	1.0179×10^{-4}
[1220]	C8	-6.5634×10^{-7}	9.6342×10^{-6}	8.1981×10^{-6}	8.9472×10^{-6}
[1221]	C10	-3.2350×10^{-6}	6.8916×10^{-6}	1.4590×10^{-5}	3.6633×10^{-6}
[1222]	C11	-8.6083×10^{-6}	-2.7438×10^{-5}	3.6593×10^{-6}	-2.4821×10^{-5}
[1223]	C13	-9.4944×10^{-6}	-9.8705×10^{-6}	-1.0661×10^{-6}	-9.8971×10^{-7}
[1224]	C15	-8.2680×10^{-6}	-8.2617×10^{-6}	-1.2234×10^{-5}	-6.6129×10^{-6}

[1225] 偏心 [1]

[1226] X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

[1227] α -45.00 β 0.00 γ 0.00

[1228] 图 12 表示实施例 12 的断面图。该例也和实施例 10、11 是同一类型。为了减少可调反射镜的变形量,设计成向凹、凸侧变形。

[1229] 并且,对第 1 透镜组 G1 的负能力进行加强,形成广角。从可调反射镜到第 1 透镜的距离小,适合于小型数码相机、卡式数码相机。

[1230] [实施例 13]

[1231] (实施例 13)

[1232] 物体距离 变焦 焦距 对角画面视角

[1233] 状态 1 ∞ 广角 4.2 61.53°

[1234] 状态 2 ∞ 标准 6.3 43.29°

[1235] 状态 3 ∞ 望远 8.4 33.15°

[1236] 状态 4 300mm 广角

[1237] 状态 5 300mm 标准

[1238] 状态 6 300mm 望远

[1239] Fno. :2.82 ~ 3.52

[1240] 摄像面尺寸 :4.4mm×3.3mm

[1241] 面编号 曲率半径 面间隔 偏心 折射率 阿贝数

[1242] 物体面 ∞ (物体距离)

[1243] 1 -14.36 1.00 偏心 [1] 1.7291 45.7

[1244] 2 ASP[1] 6.45 偏心 [1]

[1245] 3 ∞ 0.00

[1246] 4 FFS[1] (DM) 0.00 偏心 [3]

[1247] 5 ∞ -3.80

[1248] 6 -7.65 2.19 1.6831 31.6

[1249] 7 -6.02 -0.14

[1250] 8 -8.31 -2.00 1.7453 41.7

[1251] 9 -16.30 D1 = -7.11 ~ -3.37 ~ -0.12

[1252] 10 光圈面 -0.10

[1253] 11 ASP[2] -2.69 偏心 [4] 1.5821 62.5

[1254] 12 -31.78 -1.38 偏心 [4]

[1255] 13 -5.27 -2.44 偏心 [5] 1.4875 70.4

[1256] 14 6.74 -0.96 偏心 [5]

[1257] 15 4.81 -0.80 偏心 [6] 1.7551 27.6

[1258] 16 ASP[3] D2 = -0.58 ~ -4.32 ~ -7.57

[1259] 偏心 [6]

[1260] 17 -9.41 -2.61 1.6001 61.4

[1261] 18 6.52 -0.20

[1262]	19	5.89	-1.54	1.7444	43.9	
[1263]	20	ASP[4]	-0.10			
[1264]	21	∞	-1.44	1.5477	62.8	
[1265]	22	∞	-0.80			
[1266]	23	∞	-0.60	1.5163	64.1	
[1267]	24	∞	-0.50			
[1268]	像面	∞	0.00	偏心 [7]		
[1269]	ASP[1]					
[1270]	曲率半径 9.74、k 0.0000					
[1271]	a -6.2519×10^{-4} 、b 1.2541×10^{-5} 、c -7.6432×10^{-7} 、d 1.7319×10^{-8}					
[1272]	ASP[2]					
[1273]	曲率半径 -6.60、k 0.0000					
[1274]	a 4.2068×10^{-4} 、b 2.6754×10^{-5} 、c -3.3993×10^{-6} 、d 5.4375×10^{-7}					
[1275]	ASP[3]					
[1276]	曲率半径 -5.34、k 0.0000					
[1277]	a -1.4669×10^{-3} 、b -2.5868×10^{-5} 、c 2.4908×10^{-5} 、d -3.9721×10^{-6}					
[1278]	ASP[4]					
[1279]	曲率半径 5.62、k 0.0000					
[1280]	a -2.9782×10^{-3} 、b 1.2391×10^{-4} 、c -4.8542×10^{-6} 、d 7.6341×10^{-8}					
[1281]	FFS[1]					
[1282]	状态 1		状态 2	状态 3	状态 4	状态 5
[1283]	C4	-7.5312×10^{-4}	0.0000	-3.4212×10^{-4}	-1.0695×10^{-3}	-3.0806×10^{-4}
[1284]	C6	-3.7728×10^{-4}	0.0000	-1.7218×10^{-4}	-5.4546×10^{-4}	-1.5079×10^{-4}
[1285]	C8	-1.3987×10^{-5}	0.0000	-7.6019×10^{-6}	-1.5925×10^{-5}	-6.6752×10^{-6}
[1286]	C10	-5.6901×10^{-6}	0.0000	-3.6267×10^{-6}	-8.3321×10^{-6}	-2.9455×10^{-6}
[1287]	C11	1.0628×10^{-5}	0.0000	9.5627×10^{-7}	1.4199×10^{-5}	1.1005×10^{-6}
[1288]	C13	1.0528×10^{-5}	0.0000	8.5460×10^{-7}	1.3836×10^{-5}	2.1106×10^{-6}
[1289]	C15	2.4609×10^{-6}	0.0000	2.2087×10^{-7}	2.9930×10^{-6}	-5.0391×10^{-8}
[1290]	状态 6					
[1291]	C4	-6.5191×10^{-4}				
[1292]	C6	-3.2651×10^{-4}				
[1293]	C8	-1.7035×10^{-5}				
[1294]	C10	-7.9035×10^{-6}				
[1295]	C11	4.3390×10^{-7}				
[1296]	C13	1.0298×10^{-6}				
[1297]	C15	-1.4066×10^{-7}				
[1298]	偏心 [1]					
[1299]	X	0.00	Y	0.10	Z	0.00
[1300]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[1301]	偏心 [3]					

[1302]	X	0.00	Y	decy	Z	decz			
[1303]	α	45	β	0.00	γ	0.00			
[1304]		状态 1		状态 2	状态 3	状态 4	状态 5	状态 6	
[1305]	decy	0.009	0	0	0.008	0.002	0.001		
[1306]	decz	0.009	0	0	0.008	0.002	0.001		
[1307]	偏心 [4]								
[1308]	X	0.00	Y	-0.02	Z	0.00			
[1309]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00			
[1310]	偏心 [5]								
[1311]	X	0.00	Y	-0.01	Z	0.00			
[1312]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00			
[1313]	偏心 [6]								
[1314]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00			
[1315]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00			
[1316]	偏心 [7]								
[1317]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00			
[1318]	α	-1.86	β	0.00	γ	0.00			

[1319] 实施例 13 如图 13 所示,是采用可调反射镜的数码相机用的光学装置的例。

[1320] 该实施例,在对透镜和摄像器件施加 displacement 这一点上,与上述实施例 2 和实施例 3 的结构基本相同。但在可调反射镜变形时可调反射镜整体向垂直于反射镜反射面的方向的平行移动也同时进行。这样来抑制由于可调反射镜而产生的偏心像差。

[1321] 在本实施例中,变焦时和聚焦时,可调反射镜表面变形的同时,可调反射镜整体也进行平行移动。这样,仅靠反射镜表面变形还不能校正的像差可以在适当范围内减小。

[1322] 当可调反射镜整体的最大平行移动量为 x ,光学系统的焦距为 f 时,最好满足下式。

[1323] $0 < |x|/f < 1$

[1324] 若超过上限,则很难确保使反射镜平行移动所需的空間。并且,很难使光学系统减小。

[1325] 对本发明可以通用的事项是,在变焦光学系统的情况下,对本发明的各条件式至少在一个变焦状态下能满足该条件式即可。并且,在变焦光学系统的情况下,若改变放大率组具有正能力,则透镜构成容易采取焦点后移型,容易广角化。若改变放大率组具有负能力,则改变放大率组以较小的移动量,即可实现大的改变放大率。

[1326] 最后说明各实施例的坐标系的定义。

[1327] [实施例 1 ~ 3、13]

[1328] 假定从物体中心伸出而且与物体面相垂直的直线为 Z 轴。把射入到光学系统内的光线的前进方向作为 Z 轴正方向,把包括该 Z 轴和像面中心的平面作为 Y-Z 平面,把通过原点,垂直于 Y-Z 平面,从纸面的前方向里面侧的方向作为 X 轴正方向,与 X 轴、Z 轴构成右手直角坐标系的轴为 Y 轴。

[1329] 在这些实施例中,在该 Y-Z 平面内进行各面的偏心,并且,把各旋转非对称自由曲

面的唯一对称面作为 Y-Z 面。

[1330] 进行偏心时的坐标系的原点作为以进行偏心的面为 k 面时,从 k-1 面的面顶位置向 Z 轴方向上按面间隔的大小而进行移动后的点。

[1331] 关于偏心面,根据对应的坐标系的原点,给出了:该面的面顶位置的偏心量(X 轴方向、Y 轴方向、Z 轴方向分别为 X、Y、Z)、以及该面的中心轴(对自由曲面,为上述(a)式的 Z 轴)分别以 X 轴、Y 轴、Z 轴为中心倾斜角(分别为 α 、 β 、 γ (°))。而且,在此情况下, α 和 β 符号分别相对于 X 轴、Y 轴的正方向以反时针旋转为正; γ 符号相对于 Z 轴正方向以顺时针旋转为正。

[1332] 进行偏心的方法是离开中心并返回,也就是说,当 k 面偏心时 k+1 面的面顶位置作为从偏心前的 k 面的面顶位置在 Z 轴方向上按面之间隔的大小进行移动后的点。

[1333] 偏心的顺序是,使该面的面顶位置分别在 X 轴方向、Y 轴方向、Z 轴方向上按照 X、Y、Z 进行偏心后,按照以该面的 X 轴为中心的旋转角 α 、以及以 Y 轴为中心的旋转角 β ,以 Z 轴为中心的旋转角 γ 的顺序,依次进行倾斜。

[1334] 并且,反射面的偏心的表现如下。偏心全部在 Y-Z 面内进行,所以,对反射面的旋转角能按照轴中心的旋转角 α 来进行表现。 β 、 γ 总是为 0。并且,当使反射面按 α 旋转时,光线在反射面上被反射后的光学系统的坐标系,定义为使反射前的坐标系旋转 2α 。这时,反射前和反射后,轴上主光线的前进方向和光学系统的 Z 轴正方向相反,故必须注意。

[1335] 并且,关于反射镜面的变形符号,当反射镜面变形成为自由曲面形状时,作为能力成分的 c_4 、 c_6 为正时,形成凸面反射镜。也就是说形成具有负反射力的反射镜。相反,当作为能力成分的 c_4 、 c_6 为负时,形成凹面反射镜。即具有正的反射力(パワー)的反射镜。

[1336] [实施例 4 ~ 12]

[1337] α 、 β 、 γ 符号分别相对于 X 轴、Y 轴、Z 轴的正方向,以顺时针旋转为正,其余和上述情况相同。在以上的说明中,全都是说明采用可调反射镜的光学系统。但是,在利用通常的(形状不变的)反射镜来代替可调反射镜的情况下,尤其在没有任何妨碍的条件下也可以适用上述条件式限制等。这是因为采用可调反射镜的折弯光学系统的小型化的优点仍保持原封不动。并且,因为可调反射镜的焦度(パワー)弱,所以从技术上看,置换成通常反射镜很容易。

[1338] 采用上述本发明的变焦光学系统能适用于胶卷像机、数码相机、电视摄像机、便携终端用的相机、监视相机、机器人的眼睛、电子内视镜等。

[1339] 并且,在上述变焦光学系统中,说明了透镜组中有反射面的构成的变焦光学系统,但对于没有反射面的构成的变焦光学系统,如果是利用具有可变形状面的光学元件,例如可调焦点透镜等的结构,那么也能达到小型化、低成本、省电力、动作静音化等效果。再者,在上述实施例中也可以采用没有可变形状面的可调焦点反射镜。而且,关于可调焦点反射镜,将在以后用图 34 来说明其一例。

[1340] 以下说明能适用于本发明光学系统或摄像装置的可变形反射镜的构成例。

[1341] [可调光学元件]

[1342] 图 19 是数码相机的开普勒式取景器的概要构成图。其中采用光学特性可调反射镜作为能适用于本发明的变焦光学系统的可调反射镜。本例的构成当然也能使用于银盐胶卷照相机。首先说明光学特性可变形镜 409。

[1343] 光学特性可变形镜 409 (以下简称为可变形镜), 其中, 由电极 409k 和可变形基板 409j、以及在该基板 409j 上镀敷铝膜作为反射面使用的薄膜 (反射面) 409a 这 3 层构成的变形层的周围部被固定在支承台阶 423 上, 并且, 相对于电极 409k 设置了间隔的多个电极 409b 被固定在上述支承台阶 423 的下侧, 411a 是分别与各电极 409b 相连接的多个可变电阻器 ; 412 是通过可变电阻器 411b 和电源开关 413 而被连接在电极 409k 和电极 409b 之间的电源 ; 414 是对多个可变电阻器 411a 的电阻值进行控制用的运算装置 ; 415、416 和 417 是分别与运算装置 414 相连接的温度传感器、湿度传感器、和距离传感器, 这些部分如图所示进行布置, 共同构成一个光学装置。

[1344] 而且, 物镜 902、目镜 901 和棱镜 404、二等边直角棱镜 405、反射镜 406 和可变形镜 409 的各个面也可以不是平面, 而是球面、旋转对称非球面, 此外也可以是对光轴偏心的球面、平面、旋转对称非球面或具有对称面的非球面、只有一个对称面的非球面、没有对称面的非球面、自由曲面、具有不能微分的点或线的面等, 形成各种形状。另外, 无论是反射面, 还是折射面, 只要是对光能有某种影响的面即可。以下将这些面总称为扩展曲面。而且, 所谓偏心 (decentration) 是指 displacement(shift) 和 tilt 中的一个或两者。

[1345] 并且, 薄膜 409a, 例如、P. Rai-choudhury 编、Handbook of Microlithography, Micromachining and Microfabrication, Volume 2: Micromachining and Microfabrication, P495, Fig. 8.58, SPIE PRESS 刊 和 Optics Communication, 140 卷 (1997 年) P187 ~ 190 中所述的薄膜反射镜, 若在多个电极 409b 和 409k 之间加上电压, 则由于静电力的作用而使薄膜 409a 变形, 使其面形状发生变化。这样, 不仅能根据观察者的视力来对焦, 而且, 能控制 : 透镜 901、902 和 / 或棱镜 404、二等边直角棱镜 405、J406 受温度和湿度变化所造成的变形和折射率变化, 或者, 透镜框架的伸缩和变形以及光学元件、框架等的零件装配误差所造成的成像性能下降。能随时适当进行对焦, 以及对对焦所产生的像差进行校正。

[1346] 而且, 电极 409b 的形状, 例如图 21、图 22 所示, 可以进行相同的分割、或者矩形分割, 根据薄膜的变形方法来选择。

[1347] 在采用上述可变形镜 409 的情况下, 来自物体的光在物镜 902 和棱镜 404 的各入射面和射出面上进行折射, 在可变形镜 409 上进行反射, 透过棱镜 404, 在二等边直角棱镜 405 上进一步进行反射 (在图 19 中, 光路中的十标记表示光线向纸面的里侧前进), 在反射镜 406 上进行反射, 通过目镜 901 而射入眼内。这样, 由透镜 901、902、棱镜 404、405 和可变形镜 409, 来构成光学装置的观察光学系统, 通过对这些光学元件的面形状和厚度进行优化, 即可使物体面的像差达到最小。

[1348] 也就是说, 作为反射面使用的薄膜 409a 的形状, 为了获得最佳成像性能, 采用以下控制方法, 即利用从运算装置 414 来的信号, 来使各可变电阻器 411a 的阻值进行变化。也就是说, 从温度传感器 415、湿度传感器 416 和距离传感器 417 向运算装置 414 内输入信号, 该信号的大小对应于周围温度和湿度以及离物体的距离, 运算装置 414 输出一种决定可变电阻器 411a 的阻值的信号, 以便在电极 409b 上加适当的电压, 该电压能决定薄膜 409a 的形状, 该薄膜的形状能根据上述输入信号来补偿周围温度和湿度条件以及离物体的距离所造成的成像性能下降。这样, 薄膜 409a 在加到电极 409b 上的电压即静电力的作用下产生变形, 所以, 其形状根据状况而变成包括非球面在内的各种形状。而且, 也可以没有距离传

感器 417, 在此情况下, 可以移动数码相机的摄像光学系统的摄像透镜 403, 使从固体摄像器件 408 来的图像信号的高频成分大体达到最大, 从该位置相反地计算出物体距离, 使可变形镜变形, 根据观察者的眼睛来调整焦点。

[1349] 并且, 如果用聚酰胺等合成树脂来制作能变形的基板 409j, 那么, 即使低电压也能产生大的变形, 所以效果良好。而且, 能把棱镜 404 和可变形镜 409 形成一体, 制成一个单元。

[1350] 并且, 也可以利用刻蚀工艺在可变形镜 409 的基板上形成一体化的固体摄像器件 408 (无图示)。

[1351] 再者, 透镜 901、902、棱镜 404、405, J406, 可以利用塑料模压等方法来成形, 很容易形成任意的所需形状的曲面, 制作方法也很简单。而且, 在上述说明中, 透镜 901、902 离开棱镜 404 面而形成。如果把棱镜 404、405、J406、可变形镜 409 设计成不设置透镜 901、902, 即可消除像差, 那么, 棱镜 404、405、可变形镜 409 变成一个光学模块, 便于装配。并且, 透镜 901、902、棱镜 404、405、反射镜 406 也可以部分或全部用玻璃制作, 若采用这种结构, 则能获得精度更高的观察光学系统。

[1352] 而且, 在图 19 的例中, 设置了运算装置 414, 温度传感器 415、湿度传感器 416、距离传感器 417, 温湿度变化、物体距离的变化等也用可变形镜 409 进行补偿, 但也可以不是这样, 即也可以省略运算装置 414、温度传感器 415、湿度传感器 416、距离传感器 417, 利用可变形镜 409 仅对观察者的视力变化进行补偿。

[1353] 图 20 是在本发明的变焦光学系统中能作为可变形反射镜使用的可变形镜 409 的另一例的概要构成图。

[1354] 本例的可变形镜, 在薄膜 409a 和多个电极 409b 之间安装压电元件 409c, 这些都设置在支承台 423 上。并且, 通过在每个电极上改变加在压电元件 409c 上的电压, 即可使压电元件 409c 局部产生不同的伸缩, 能改变薄膜 409a 的形状。电极 409b 的形状如图 21 所示, 也可以是同心分割, 如图 22 所示, 也可以是矩形分割。此外, 可以选择适当的形状。

[1355] 在图 20 中, 424 是与运算装置 414 相连接的摆动传感器, 例如, 摄影时检测出数码相机的摆动, 为了补偿因摆动而造成的图像失真, 通过运算装置 414 和可变电阻器 411 来改变加在电极 409b 上的电压, 使薄膜 (反射面) 409a 变形。这时, 对从温度传感器 415、湿度传感器 416 和距离传感器 417 来的信号也同时考虑, 进行对焦、温度和湿度补偿等。在此情况下, 因为在薄膜 409a 上施加因压电元件 409c 变形而产生的应力, 所以, 最好在一定程度上把薄膜 409a 的厚度制作得厚一些, 使其具有相应的强度。而且, 压电元件 409c 也可以通过所用的材料, 如后所述, 制成 409c-1、409c-2 那样的 2 层结构。

[1356] 图 23 是在本发明的变焦光学系统中能作为可变形反射镜使用的可变形镜 409 的再另一个例子的概要构成图。

[1357] 本例的可变形镜与图 20 所示的可变形镜的不同之处是: 介于薄膜 409a 和多个电极 409b 之间的压电元件, 其构成部分是利用具有反向压电特性的材料而制成的 2 片压电元件 409c 和 409c'。也就是说, 如果压电元件 409c 和 409c' 用强介电性晶体制成, 那么, 被布置成结晶轴方向互为相反。在此情况下, 其优点是: 若在压电元件 409c 和 409c' 上加电压, 则产生反向伸缩, 所以, 使薄膜 (反射面) 409a 变形的力大于图 20 所示的例的情况, 结果能使反射镜表面形状产生巨大变化。图 23 所示的其他符号与图 20 相同。

[1358] 压电元件 409c 和 409C' 中所用的材料,例如有:钛酸钡、四水酒石酸钾钠、水晶、电石、磷酸二氢钾 (KDP)、磷酸二氢铵 (ADP)、铌酸锂、等压电物质、同物质的多晶体、同物质的晶体、PbZrO₃ 和 PbTiO₃ 的固溶体压电陶瓷、二氟化聚乙烯 (PVDF) 等有机压电物质、上述以外的强电介质等,尤其有机压电物质,拉伸弹性模量小,即使用低电压也能产生大的变形,所以,效果良好。而且,在利用这些压电元件时,若厚度不均匀,则在上述各例中,也能使薄膜 409a 适当变形。

[1359] 并且,压电元件 409c 和 409c' 的材料采用:聚氨酯、有硅橡胶,丙烯酸弹性体, PZT, PLZT, 聚氟乙烯 (PVDF) 等高分子压电体,亚乙烯基二氧共聚物,二氟乙烯和三氟氟代乙烯共聚物等。

[1360] 在利用具有压电性的有机材料,具有压电性的合成树脂,具有压电性的弹性体时,可以实现可变形镜的大变形。

[1361] 此外,在图 20、图 24 的压电元件 409c 中使用的电致伸缩材料,例如,丙烯酸弹性体,有机硅橡胶等的情况下,也可以将基板 409c-1 和电致伸缩材料 409c-2 粘贴,将压电元件 409c 的层制成双层结构。

[1362] 图 24 是用于本发明的变焦光学系统中的可变形镜 409 的进一步的另外一个例子的简略结构图。

[1363] 本例的可变形镜,利用薄膜 409a 和多个电极 409d 夹持压电元件 409c,将它们设置在支持台 423 上。并且,经由利用运算装置 414 控制的驱动电路 425a 将电压外加到薄膜 409a 和电极 409d 之间的压电元件 409c 上。进而与此不同,也可以经由利用运算装置 414 控制的驱动电路 425b 将电压外加到设置在支持台 423 的内部底面上的多个电极 409b 上。从而,能够借助外加到薄膜 409a 和电极 409d 之间的电压和外加到电极 409b 上的电压产生的静电力,使薄膜 409a 双重变形,可以比前面所述的实施例中的任何一个有更多的变形图样,并且,还具有响应性快的优点。图 24 中所示的其它标号和图 20 相同。

[1364] 同时,如果改变薄膜 409a、电极 409d 之间的电压的符号的话,可以使可变形镜的薄膜 409a 变形成凸面和凹面。在这种情况下,用压电效应可以进行大的变形,也可以用静电力进行微细的变形。此外,对于凸面变形,主要利用压电效应,对于凹面变形主要利用静电力。此外,电极 409d 可以用一个电极构成,或者像电极 409b 那样,由多个电极构成。由多个电极构成的电极 409d 的形式示于图 24。此外,在说明中,将压电效应和电致伸缩效应,电致伸缩归纳起来描述成压电效应。从而,电致伸缩材料也包含在压电材料中。

[1365] 图 25 是用于本发明的变焦光学系统中的可变形镜 409 的进一步的另外一个例子的简略结构图。

[1366] 本例的可变形镜,由于利用电磁力使反射面的形状发生变化,所以,在支持台 423 的内部底面上固定有永磁铁 426,在顶面上载置固定有氮化硅或聚酰亚胺等构成的基板 409e 的周缘部,在基板 409e 的表面上,附设铝等金属涂敷制成的薄膜 409a,构成可变形镜 409。

[1367] 在基板 409e 的下表面上,固定安装多个线圈 427,这些线圈 427 分别经由驱动电路 428 连接到运算装置 414 上。图 25 中所示的其它标号与图 20 中的相同。从而,利用各传感器 415、416、417、424 来的信号,在运算装置 414 中求出光学系统的变化,当利用从运算装置 414 中出来的与所求出的光学系统的变化相对应的输出信号,从各个驱动电路 428 向

各个线圈 427 分别提供适当的电流时,作用在各线圈 427 和永磁铁 426 之间的电磁力将线圈 427 排斥或吸引,使基板 409e 和薄膜 409a 变形。

[1368] 在这种情况下,各个线圈 427 可以分别流过不同量的电流。此外,线圈 427 也可以是一个。也可以将永磁铁 426 安装到基板 409e 的下面,将线圈 427 设置在支持台 423 的内部底面一侧。此外,线圈 427 可以用光刻等方法制成薄膜线圈,进而,也可以在线圈 427 内插入强磁性体构成的铁心。

[1369] 在薄膜线圈的情况下,如图 26 所示,通过将薄膜线圈 427 的线圈密度制成根据在基板 409e 的下面的部位的不同而变化的线圈 428',可以使基板 409e 及薄膜 409a 产生所需的变形。此外,线圈 427 可以是一个,也可以在这些线圈 427 中插入强磁性铁心。

[1370] 图 27 是用于本发明的变焦光学系统中的可变形镜 409 的进一步的另外一个例子简略结构图。在图 9 中,其它标号和图 2 相同。

[1371] 在本例的可变形镜中,基板 409e 用铁等强磁性体制作,作为反射膜的薄膜 409a 由铝等构成。并且,基板 409e 的周缘部,载置固定于支持台 423 的顶面上。线圈 427 被固定在选择台 423 的内部底面一侧。在这种情况下,由于不把薄膜线圈设置在基板 409e 的下面也可以,所以,结构简单,可以降低制造成本。此外,如果把电源开关 413 换成切换兼电源通断用开关的话,可以改变流过线圈 427 的电流的方向,可以自由地改变基板 409e 及薄膜 409a 的形状。

[1372] 图 28 是表示相对于薄膜 409a 和基板 409e 配置的线圈 427 的配置例,图 29 是表示线圈 427 的另外一个配置例,这些配置,也可以用于图 25 所示的例子。此外,图 30 表示在以图 33 的放射状的方式配置线圈 427 时,永磁铁 426 的配置。即,如图 30 所示,如果将棒状永磁铁 426 配置成放射状时,与图 25 所示的例子相比,可以给予基板 409e 及薄膜 409a 以微小的变形。此外,在这样用电磁力使基板 409e 及薄膜 409a 变形的情况下(图 25 及图 27 的例子),具有可以用比使用静电力时低的电压进行驱动的优点。

[1373] 上面叙述了几个可变形镜的例子,为了使用薄膜形成的镜的形状发生变形,如图 24 所示,可以利用两种以上的力。即,可以同时利用静电力,电磁力,压电效应,磁致伸缩,流体的压力,电场,磁场,温度变化,电磁波等当中的两种以上使可变形镜变形。即,如果制造用两种以上不同的驱动方法使光学特性改变的光学元件的话,可以同时实现大的变形和微细的变形,实现高精度的镜面。

[1374] 图 31 是在光学装置的摄像光学系统中采用可变形镜 409 的结构,例如,用于便携式电话的数字摄像机,被膜内窥镜,电子内窥镜,个人计算机用数字照相机,PDA 用数字照相机等的摄像光学系统中采用的可变形镜时的简略结构图。

[1375] 本例的摄像光学系统,用可变形镜 409,透镜 902,固体摄像元件 408,控制系统 103 构成一个摄像单元 104,即,一个光学装置。在本例的摄像单元 104 中,来自于物体通过透镜 902 的光,在被可变形镜 409 的薄膜(反射面)409a 反射时,被聚光,成像在固体摄像元件 408 上。可变形镜 409 是光学特性可变的光学元件的一种,也称之为可变焦点镜。

[1376] 根据本例,即使物体的距离变化,通过使可变形镜 409 的反射面 409a 变形,也可以对焦点,不必用马达等驱动透镜 902,在小型化,轻量化,耗电量低等方面十分优异。此外,摄像单元 104,作为本发明的摄像光学系统,可以用于所有的实施例。此外,通过利用多个可变形镜 409,可以制成变焦摄像光学系统,可变放大率摄像光学系统等各种光学系统。

[1377] 此外,在图 31 中,表示了 in 控制系统 103 中包括采用线圈的变压器的升压回路的控制系统的结构例。特别是,当利用叠层型压电变压器时,可以小型化。升压回路可以用于本发明中全部利用电的可变形镜、可变焦点透镜,特别是,对于利用静电力、压电效应时的可变形镜,可变焦点透镜非常有用。

[1378] 图 32 是可变形镜进一步的另外一个例子的简略结构图。该图 32 表示,用微型泵 180 使管路 161a 中的流体 161 进出,使架设在支持台 189a 的上表面上的作为反射膜 189 的表面的镜面变形的可变形镜 188 的结构。根据本例,具有可以使镜面进行大的变形的优点。此外,在支持台 189a 和连接微型泵 180 的管路之间设置液体储存槽 168,以便可以向前述支持台 189a 的内部供应规定量的流体 161。

[1379] 微型泵 180,例如为利用微型机械加工技术制作的小型泵,利用电力驱动。

[1380] 作为利用微型机械加工技术制作的泵的例子,有利用热变形型的,利用压电材料型的,以及利用静电力型的。

[1381] 图 33 是前述微型泵 180 的简略结构图。在微型泵 180 中,使液体 16 出入的振动板 181,借助静电力,压电效应等的电力产生振动。在图 33 中,表示利用静电力振动的例子,图 33 中,182、183 是电极。此外,虚线表示变形时的振动板 181。伴随着振动板 181 的振动,两个阀 184、185 的前端部 184a、185a 开关,将流体从右送往左。

[1382] 在图 32 所示的可变形镜 188 中,通过反射膜 189 根据流体 161 的量凹凸变形,反射膜 189 的表面起着可变形镜的作用。可变形镜 188 被流体 161 驱动。作为流体,可以使用硅油,空气,水,胶状物等有机物、无机物。

[1383] 此外,在利用静电力、压电效应的可变形镜,可变焦点透镜等中,在驱动时,有时需要高电压。在这种情况下,例如,如图 31 所示,可以用升压用变压器,或者压电变压器等,构成控制系统。

[1384] 此外,反射用薄膜 409a 及反射膜 189,当把固定在支持台 423 或支持台 189a 上的部分作为不变形部分设置,在用干涉计测定可变形镜的形状时,可以作为基准面使用,非常便利。

[1385] 图 34 和 36 是表示适用于本发明的光学系统和光学装置的可变焦点透镜的原理的结构。该可变焦点透镜 511 包括具有作为第一、第二面的透镜面 508a、508b 的第一透镜 512a,具有作为第三、第四面的透镜面 509a、509b 的第二透镜 512b,以及在这些透镜之间、经由透明电极 513a、513b 设置的高分子分散液晶层 514,将入射光经过第一、第二透镜 512a、512b 聚光。透明电极 513a、513b,经由开关 515 连接到交流电源 516 上,将交流电场选择性地外加到高分子分散液晶层 514 上。此外,高分子分散液晶层 514,由分别含有液晶分子 517 的球状、多面体等任意形状的大量的微小高分子盒 518 构成,其体积与构成高分子盒 518 的高分子和液晶分子 517 各自所占的体积之和一致。

[1386] 这里,高分子盒 518 的大小,在所使用的光的波长为 λ 时,例如在球状的情况下,令其平均直径 D 为

$$[1387] \quad 2\text{nm} \leq D \leq \lambda / 5 \quad \cdots (1)$$

[1388] 即,由于液晶分子 517 的大小在 2nm 以上,所以,令平均直径 D 的下限值为 2nm 以上。此外,D 的上限值,也依赖于可变焦点透镜 511 的光轴方向的高分子分散液晶层 514 的厚度 t,但是,当大于 λ 时,由构成高分子盒 518 的高分子的折射率和液晶分子 517 的折射

率之差,在分子盒 518 的交界面上,光发生散射分子分散液晶层 514 变成不透明的,所以,优选地,D 在 $\lambda/5$ 以下。借助采用可变焦点透镜的光学制品,也有时不要求很高的精度,这时,D 可以在 λ 以下。此外,当厚度 t 越厚时,分子分散液晶层 514 的透明度越差。

[1389] 此外,液晶分子 517,例如,采用单轴性向列液晶分子。该液晶分子 517 的折射率椭圆体具有图 35 所示的形状,

$$[1390] \quad n_{ox} = n_{oy} = n_o \quad \dots (2)$$

[1391] 其中, n_o 表示正常光线的折射率, n_{ox} 和 n_{oy} 表示在包含正常光线的面内相互正交的方向的折射率。

[1392] 这里,如图 34 所示,在开关 515 断开,即,在不向分子分散液晶层 514 外加电场的状态下,液晶分子 517 向各种方向取向,所以,相对于入射光,分子分散液晶层 514 的折射率高,成为折射力强的透镜。与此相对,如图 36 所示,当开关 515 接通,向分子分散液晶层 514 上外加交流电场时,液晶分子 517 的取向方式为,其折射率椭圆体的长轴方向与可变焦点透镜 511 的光轴平行,所以,折射率变低,成为折射力弱的透镜。

[1393] 此外,外加到分子分散液晶层 514 上的电压,例如,如图 37 所示,可以利用可变电阻器 519 分阶段的或连续的变化。这样,随着外加电压的增高,液晶分子 517 以其椭圆长轴逐渐地与可变焦点透镜 511 的光轴平行地取向,所以,其折射力可以阶梯式的或连续的变化。

[1394] 这里,图 34 所示的状态,即,不向分子分散液晶层 514 上外加电场的状态下,液晶分子 517 的平均折射率 n_{LC}' ,如图 35 所示,当令折射率椭圆体的长轴方向的折射率为 n_z 时,基本上成为

$$[1395] \quad (n_{ox} + n_{oy} + n_z)/3 \equiv n_{LC}' \quad \dots (3)$$

[1396] 此外,当上述 (2) 式成立时的液晶分子 517 的平均折射率 n_{LC} ,当 n_z 表示异常光线的折射率 n_e 时,有

$$[1397] \quad (2n_o + n_o)/3 \equiv n_{LC} \quad \dots (4)$$

[1398] 这时,分子分散液晶层 514 的折射率 n_A ,当令构成分子盒 518 的高分子的折射率为 n_p ,液晶分子 517 的体积占据的分子分散液晶层 514 体积的比例为 ff 时,根据麦克斯威·加尼特法则,有

$$[1399] \quad n_A = ff \cdot n_{LC}' + (1-ff)n_p \quad \dots (5)$$

[1400] 从而,如图 34、37 所示,当令透镜 512a 和 512b 的内侧的面、即分子分散液晶层 514 一侧的面的曲率半径分别为 R_1 和 R_2 时,用分子分散液晶层 514 形成的透镜的焦距 f_1 为,

$$[1401] \quad 1/f_1 = (n_A - 1)(1/R_1 - 1/R_2) \quad \dots (6)$$

[1402] 此外, R_1 和 R_2 ,当曲率中心位于像点侧时,为正的。此外,除去透镜 512a 和 512b 的外侧的面形成的折射。即,仅由分子分散液晶层 514 形成的透镜的焦距,由 (6) 式给出。

[1403] 此外,当正常光线的平均折射率为

$$[1404] \quad (n_{ox} + n_{oy})/2 = n_o' \quad \dots (7)$$

[1405] 时,如图 36 所示的状态、即向分子分散液晶层 514 上外加电场的状态的高分子分散液晶层 514 的折射率 n_B 为

$$[1406] \quad n_B = ff \cdot n_o' + (1-ff)n_p \quad \dots (8)$$

[1407] 所以,在这种情况下仅用高分子分散液晶层 514 形成的透镜的焦距 f_2 , 由公式 (9) 给出,

$$[1408] \quad 1/f_2 = (n_B - 1) (1/R_1 - 1/R_2) \quad \cdots (9)$$

[1409] 此外,在 514 上,外加比图 36 所示的电压低的电压时的焦距,为 (6) 式给出的焦距 f_1 和 (9) 式给出的焦距 f_2 之间的值。

[1410] 从上述 (6) 和 (9) 式,利用 514 形成的透镜的焦距的变化率,由 (10) 式给出,

$$[1411] \quad |(f_2 - f_1)/f_2| = |(n_B - n_A)/(n_B - 1)| \quad \cdots (10)$$

[1412] 从而,为了加大该变化率,只要加大 $|n_B - n_A|$ 即可。这里,由于

$$[1413] \quad n_B - n_A = ff(n_o' - n_{LC}') \quad \cdots (11)$$

[1414] 所以如果加大 $|n_o' - n_{LC}'|$ 的话,就可以加大变化率。在实际应用当中,由于高分子分散液晶层 514 的折射率 n_B 为 1.3 ~ 2 左右,所以,如果

$$[1415] \quad 0.01 \leq |n_o' - n_{LC}'| \leq 10 \quad \cdots (12)$$

[1416] 的话, $ff = 0.5$ 时,可以使利用 514 形成的透镜的焦距变化 0.5% 以上,所以,可以获得有效的可变焦点透镜。此外, $|n_o' - n_{LC}'|$ 由于液晶物质的限制,不会超过 10。

[1417] 下面,对于上述 (1) 式的上限值的根据进行说明。在“Solar Energy Materials and Solar cells”31 卷, Wilson and Eck, 1993, Elsevier Science Publishers B. v. 发行的第 197 ~ 214 页,“Transmission variation using scattering/transparent switching films”中,指出了在使高分子分散液晶的大小变化时,透过率 τ 的变化。同时,在该文献的第 206 页,图 6 中,令高分子分散液晶的半径为 r , $t = 300 \mu m$, $ff = 0.5$, $n_p = 1.45$, $n_{LC} = 1.585$, $\lambda = 500 nm$ 时,透过率 τ , 其理论值,当 $r = 5 nm$ ($D = \lambda/50$, $D \cdot t = \lambda \cdot 6 \mu m$ (其中 D 和 λ 的单位为 nm , 以下相同)) 时, $\tau \cong 90\%$, $r = 25 nm$ 时 ($D = \lambda/10$) 时, $\tau \cong 50\%$ 。

[1418] 这里,例如,当推断 $t = 150 \mu m$ 的情况时,假定透过率 τ 以 t 的指数函数变化,当推断 $t = 150 \mu m$ 的情况时的透过率 τ 时,当 $r = 25 nm$ ($D = \lambda/10$, $D \cdot t = \lambda \cdot 15 \mu m$) 时, $\tau \cong 71\%$ 。此外, $t = 75 \mu m$ 时,同样地,当 $r = 25 nm$ ($D = \lambda/10$, $D \cdot t = \lambda \cdot 7.5 \mu m$) 时, $\tau \cong 80\%$ 。

[1419] 由这些结果,如果

$$[1420] \quad D \cdot t \leq \lambda \cdot 15 \mu m \quad \cdots (13)$$

[1421] 的话, τ 在 70% ~ 80% 以上,作为透镜是十分实用的。所以,例如, $t = 75 \mu m$ 时,由于 $D \leq \lambda/5$, 就能够得到充分的透过率。

[1422] 从而,高分子分散液晶层 514 的透过率, n_p 值越接近 n_{LC}' 的值越好。另一方面,当 n_p 与 n_o' 成为不同的值时,高分子分散液晶层 514 的透过率变差。在图 34 和图 36 的状态,平均的,高分子分散液晶层 514 的透过率良好,可以满足

$$[1423] \quad n_p = (n_o' + n_{LC}')/2 \quad \cdots (14)$$

[1424] 这里,由于是在第一透镜 512a 和第二透镜 512b 之间具有用高分子分散液晶层 514 形成的透镜的可变焦点透镜 511,作为透镜使用,在图 34 的状态和图 36 的状态,透过率基本相同,并且透过率高的比较好。因此,构成高分子盒 518 的高分子材料及液晶分子 517 的材料有一定的限制,在实际应用当中,当

$$[1425] \quad n_o' \leq n_p \leq n_{LC}' \quad \cdots (15)$$

[1426] 即可。

[1427] 如果满足上述 (14) 式的话, 上述 (13) 式进一步缓和, 只要

$$[1428] \quad D \cdot t \leq \lambda \cdot 60 \mu m \quad \cdots (16)$$

[1429] 即可。这是因为, 根据菲涅尔反射法则, 反射率与折射率之差的平方成比例, 所以, 在构成高分子盒 518 的高分子与液晶分子 51 的界面上的光的反射, 即, 高分子分散液晶层 514 的透过率的减少, 基本上和上述高分子与液晶分子 517 的折射率之差的平方成比例的缘故。

[1430] 上面所述是 $n_o' \cong 1.45$, $n_{LC}' \cong 1.585$ 时的情况, 当更一般地公式化时, 可以使

$$[1431] \quad D \cdot t \leq \lambda \cdot 15 \mu m \cdot (1.585 - 1.45)^2 / (n_u - n_p)^2 \quad \cdots (17) \quad \text{其中, } (n_u - n_p)^2 \text{ 是 } (n_{LC}' - n_p)^2 \text{ 和 } (n_o' - n_p)^2 \text{ 中大的一个。}$$

[1432] 此外, 为了增大用高分子分散液晶层 514 形成的透镜的焦距变化, ff 值大时比较好, 由于在 $ff = 1$ 时, 高分子的体积为零, 不能形成高分子盒 518, 所以, 令

$$[1433] \quad 0.1 \leq ff \leq 0.999 \quad \cdots (18)$$

[1434] 另一方面, 由于 ff 越小 τ 越高, 所以上述公式 (17) 优选地为

$$[1435] \quad 4 \times 10^{-6} [\mu m]^2 \leq D \cdot t \leq \lambda \cdot 45 \mu m \cdot (1.585 - 1.45)^2 / (n_u - n_p)^2 \quad \cdots (19)$$

[1436] 此外, t 的下限值, 如可以从图 34 中看出的, 在 $t = D$ 时, 由于如上所述, D 在 2nm 以上, 所以, $D \cdot t$ 的下限值, 成为 $(2 \times 10^{-3} \mu m)^2$, 即, $4 \times 10^{-6} [\mu m]^2$ 。

[1437] 此外, 用折射率表示物质光学特性近似成立时, 如“岩波科学ライブラリ-8 小惑星がやている”向井正著, 1994, 岩波书店发行的第 58 页所述, 是 D 较大, 在 10nm ~ 5nm 时的情况。此外, 当 D 超过 500 λ 时, 光的散射成为几何学的, 构成高分子盒 518 的高分子和液晶分子 517 的界面处的光散射, 根据菲涅尔的反射公式增大, 所以, 在实际应用当中, D 为

$$[1438] \quad 7nm \leq D \leq 500 \lambda \quad \cdots (20)$$

[1439] 图 38 是表示利用图 37 所示的可变焦点透镜 511 的数字照相机用的摄像光学系统的结构的图示。在该摄像光学系统中, 经由光圈 521, 可变焦点透镜 511 和透镜 522, 将物体 (图中未示出) 的像成像在例如由 CCD 构成的固体摄像元件 523 上。此外, 在图 38 中, 省略了液晶分子的图示。

[1440] 根据这种摄像光学系统, 利用可变电阻器 519 调整外加到可变焦点透镜 511 的高分子分散液晶层 514 上的交流电压, 通过改变可变焦点透镜 511 的焦距, 不必将可变焦点透镜 511 和透镜 522 沿光轴方向移动, 例如, 可以相对于从无限远到 600mm 处的物体的距离, 可以连续的对焦。

[1441] 图 39 是表示作为光学特性可变光学元件的可变焦点衍射光学元件的一个例子的结构的图示。

[1442] 该可变焦点衍射光学元件 531, 包括: 具有平行的第一、第二面的 532a、532b 的第一透明基板 532, 具有形成槽的深度为光的波长数量级的截面为锯齿波形状的环形衍射光栅的第三面 533a 和平坦的第四面 533b 的第二透明基板 533, 使入射光经过第一、第二透明基板 532、533 出射。在第一、第二透明基板 532、533 之间, 和图 34 中说明的一样, 经由透明电极 513a、513b 设置高分子分散液晶层 514, 将透明电极 513a、513b 经由开关 515 连接到交流电源 516 上, 将交流电压外加到高分子分散液晶层 514 上。

[1443] 在这种结构中,当令第三面 533a 的光栅的间距为 p , m 为整数时,使入射到可变焦点衍射光学元件 531 上的光线以满足 (21) 式的只偏转角度 θ 出射,

$$[1444] \quad p \sin \theta = m \lambda \quad \cdots (21)$$

[1445] 此外,令槽深为 h ,透明基板 533 的折射率为 n_{33} , k 为整数,如果满足,

$$[1446] \quad h(n_A - n_{33}) = m \lambda \quad \cdots (22)$$

$$[1447] \quad h(n_B - n_{33}) = k \lambda \quad \cdots (23)$$

[1448] 的话,在波长 λ ,衍射效率为 100%,可以防止发生光斑。 n_A 为不将交流电压外加上到高分子分散液晶层 514 上时的状态时的折射率。另外, n_B 为将交流电压外加上到高分子分散液晶层 514 上时的状态的折射率。

[1449] 这里,当求出上述公式 (22) 和 (23) 两边的差时,得到

$$[1450] \quad h(n_A - n_B) = (m - k) \lambda \quad \cdots (24)$$

[1451] 从而,例如,当 $\lambda = 500\text{nm}$, $n_A = 1.55$, $n_B = 1.5$ 时,

[1452] 成为 $0.05h = (m - k) \cdot 500\text{nm}$,

[1453] 当 $m = 1$, $k = 0$ 时,

$$[1454] \quad h = 10000\text{nm} = 10 \mu\text{m}。$$

[1455] 在这种情况下,透明基板 533 的折射率 n_{33} ,从上述公式 (22),可以是 $n_{33} = 1.5$ 。此外,在可变焦点衍射光学元件 531 的周边部的光栅间距 p 为 $10 \mu\text{m}$ 时, $\theta \cong 2.87^\circ$,可以获得 F 数为 10 的透镜。

[1456] 这种可变焦点衍射光学元件 531,由于通过向高分子分散液晶层 514 外加的电压的接通和断开改变光路的长度,例如,配置在透镜系统的光束不平行的部分,可以用于进行焦点的调整,或者用于改变透镜系统整体的焦距。

[1457] 此外,在该实施形式中,上述 (22) ~ (24) 式,在实际应用中,满足以下各公式即可

$$[1458] \quad 0.7m \lambda \leq h(n_A - n_{33}) \leq 1.4m \lambda \quad \cdots (25)$$

$$[1459] \quad 0.7k \lambda \leq h(n_B - n_{33}) \leq 1.4k \lambda \quad \cdots (26)$$

$$[1460] \quad 0.7(m - k) \lambda \leq h(n_A - n_B) \leq 1.4(m - k) \lambda \quad \cdots (27)$$

[1461] 此外,也有利用螺旋状向列液晶的可变焦点透镜。图 40 及图 41 表示这种情况的可变焦点眼镜 550 的结构,是眼镜 550 的侧面剖视图。可变焦点透镜 551,包括透镜 552 和 553,分别经由透明电极 513a、513b 在这些透镜的内表面上设置的取向膜 539a、539b,以及设置在这些取向膜之间的螺旋状向列液晶层 554。将所述透明电极 513a、513b 经过可变电阻器 519 连接到交流电源 516 上,将交流电压外加上到螺旋状向列液晶层 554 上。

[1462] 在这种结构中,当外加上到螺旋状液晶层 554 上的电压增高时,液晶分子 555 成为图 41 所示的轴向极面垂直均匀取向,与图 40 所示的外加电压低的螺旋状状态的情况相比,螺旋状液晶层 554 的折射率变小,焦距变长。

[1463] 这里,图 40 所示的处于螺旋状状态的液晶分子 555 的螺距 P ,和光的波长 λ 相比,有必要基本上相同或是充分小,例如为

$$[1464] \quad 2\text{nm} \leq P \leq 2 \lambda / 3 \quad \cdots (28)$$

[1465] 此外,该条件的下限值,由液晶分子 555 的大小决定,上限值,在入射光为自然光的情况下,在图 40 的状态,为螺旋状液晶层 554 作为各向同性媒质动作所必须的数值。当不满足该上限值的条件时,可变焦点透镜 551 成为由偏振光方向而焦距不同的透镜,因此,

只能形成双重像。

[1466] 图 42(a) 是表示作为光学特性可变的光学元件的可变偏转角棱镜的结构图示。该可变偏转角棱镜 561, 包括具有第一、第二面的 562a、562b 的入射一侧的第一透明基板 562, 具有第三、第四面 563a、563b 的出射一侧的平行平板状的第二透明基板 563。入射侧透明基板 562 的内表面 (第二面) 562b, 形成菲涅尔状, 在该透明基板 562 和出射侧的透明基板 563 之间, 与图 34 中说明的一样, 经由透明电极 513a、513b 设置高分子分散液晶层 514。透明电极 513a、513b, 经由可变电阻器 519 连接到交流电源 516 上, 借此, 将交流电压外加到高分子分散液晶层 514 上, 控制透过可变偏转角棱镜 561 的光的偏转角 θ 。借此, 控制透过的光的偏转方向。此外, 在图 42(a) 中, 将基板 562 的内表面 562b 形成菲涅尔状, 但也可以如图 42(b) 所示, 形成具有使透明基板 562 和 563 的内表面相互倾斜的倾斜面的通常的棱镜的形状, 或者, 也可以形成如图 39 所示的衍射光栅的形状。在形成衍射光栅状的情况下, 上述公式 (21) ~ (27) 同样适用。

[1467] 这种结构的可变偏转角棱镜 561, 例如, 可以有效地作为 TV 摄像机, 数字照相机, 胶片照相机, 双筒望远镜等的防止模糊用光学系统。在这种情况下, 可变偏转角棱镜 561 的折射方向 (偏转方向), 最好是上下方向。进而, 为了提高其性能, 利用两个如图 42(a) 所示的可变偏转角棱镜 561, 令它们的偏转方向不同, 例如, 如图 43 所示, 最好是以在与上下和左右垂直的方向上改变折射角的方式进行配置。此外, 在图 42 和图 43 中, 省略了液晶分子的图示。

[1468] 图 44 表示在光学系统中, 作为可变焦点镜使用可变焦点透镜的例子。该可变焦点镜 565 包括具有第一、第二面 566a、566b 的第一透明基板 566, 具有第三、第四面 567a、567b 的第二透明基板 567。第一透明基板 566 形成平板状或透镜状, 在内表面 (第二面) 566b 上设置透明电极 513a, 第二透明基板 567, 将内表面 (第三面) 567a 形成凹面状, 在该凹面上加上反射膜 568, 进而, 在该反射膜 568 上设置透明电极 513b。在透明电极 513a、513b 之间, 和图 34 中说明的一样, 设置高分子分散液晶层 514, 将这些透电极 513a、513b 经由开关 515 和可变电阻器 519 连接到交流电源 516 上, 将交流电压外加到高分子分散液晶层 514 上。此外, 在图 44 中, 省略了液晶的图示。

[1469] 根据这种结构, 从透明基板 566 侧入射的光线, 其光路成为利用反射膜 (反射面) 568 折回到高分子分散液晶层 514, 所以, 可以使高分子分散液晶层 514 作用两次, 同时, 通过改变加到高分子分散液晶层 514 上的外加电压, 可以改变反射光的焦点位置。在这种情况下, 由于入射到可变焦点镜 565 上的光线, 两次透过高分子分散液晶层 514, 所以, 如果令高分子分散液晶层 514 的厚度的 2 倍为 t 的话, 同样可以利用上述各公式。此外, 将透明基板 566 或 567 的内表面制成图 21 所示的衍射光栅状, 可以将高分子分散液晶层 514 的厚度减薄。这样, 有可以减少散射光的优点。

[1470] 此外, 在上面的说明中, 为了防止液晶的恶化, 作为电源利用交流电源 516, 在液晶层上外加交流电压, 但利用直流电源向液晶层上外加直流电压也可以。此外, 作为改变液晶分子的方向的方法, 除使电压变化之外, 也可以是加在液晶层上的电场的频率变化, 加在液晶层上的磁场的强度、频率变化, 或者液晶层的温度变化。在上面的说明中, 由于高分子分散液晶层不是液态状的, 而是接近固体状的, 所以, 在这种情况下, 图 34 中所示的透镜 512a、512b 中之一, 图 39 中所示的透明基板 532、透明基板 533、图 40 中所示的透镜 552、553

中之一,图 42(a) 所示的透明基板 563、图 42(b) 所示的透明基板 562、563 中之一,图 44 中所示的透明基板 566、567 中之一,也可以不存在。

[1471] 如上面图 34 至图 44 中所述,通过形成高分子分散液晶层的媒质的折射率的变化,光学元件的焦距等变化型的光学元件的优点是,由于形状不发生变化,所以机械设计容易,机械结构简单等。

[1472] 图 45 是在本发明的光学装置的摄像光学系统中,采用可变焦点透镜 140 的摄像单元 141 的简略结构图。摄像单元 141 可以作为本发明的摄像光学系统使用。

[1473] 在本例中,用透镜 102 和可变焦点透镜 140 构成摄像透镜。同时,用该摄像透镜和固体摄像元件 408 构成摄像单元 141。可变焦点透镜 140 由以下部分构成:平板状的透明构件 142,夹持一对透明电极 145a、145b 之间的具有压电性能的合成树脂等柔性的透明物质 143,夹持在所述透明构件 142 与透明电极 145b 之间的透过光的流体或胶状物质 144。

[1474] 作为流体或胶状物质 144,可以使用硅油,特性橡胶,凝胶,水等。通过经由回路 103 向夹持透明物质 143 的透明电极 145a 和 145b 上加电压,利用透明物质 143 的压电效应,透明物质 143 变形,可变焦点透镜 140 的焦距发生变化。此外,在回路 103 内,备有电源,可变电阻器,开关等。当前述透明物质 143 变形时,为了使流体或胶体状物质 144 跟着变形,经由缸体 146 向流体或胶体状物质 144 上施加压力。

[1475] 从而,根据本例,即使物体距离变化时,也不必用马达等驱动摄像光学系统就可以聚焦,具有小型,轻量,耗电少等优点。

[1476] 此外,在图 45 中,145a、145b 是透明电极,146 是储存流体或胶体状物质 144 的缸体。此外,作为透明物质 143 的材料,使用聚氨酯,有机硅橡胶,丙烯酸弹性体, PZT, PLZT, 聚氟乙烯 (PVDF) 等高分子压电体,亚乙烯基二氰共聚物,二氟乙烯和三氟氟代乙烯共聚物等。

[1477] 当使用具有压电性的有机材料,具有压电性的合成树脂,具有压电性的弹性体等材料时,也可以实现可变焦点透镜 140 的透镜面大的变形。对于可变焦点透镜 140 的透明物质 143,可以使用透明的压电材料。

[1478] 此外,在图 45 的例子中,可变焦点透镜 140 代替设置缸体 146,如图 46 所示,也可以采用设置支援构件 147,以及在外周侧将流体或胶体物质 144 密闭用的可变形构件 148,省略缸体 146 的结构。

[1479] 支援构件 147 由相对于透明构件 142 设置一定的间隔固定的轮带状构件构成。在该支援构件 147 和透明构件 142 之间,具有用透明构件 142 和电极 145b 及前述构件 148 密闭的前述物质 144,该物质 144 追随一对透明电极 145a、145b 之间的透明物质 143 的变形进行变形。透明物质 143 的周边部分是密闭的。根据本例,通过经由透明电极 145a、145b 向透明物质 143 上加电压,即使透明物质 143 变形,如图 47 所示,为了使可变形构件 148 能够以流体或胶体状物质 144 的总体积不变的方式变形,所以,不需要缸体 146。此外,在图 46、47 中,148 是可变形构件,可以用弹性体,手风琴状的合成树脂或者金属等构成。

[1480] 在图 45、图 46 所示的例子中,由于当反向地外加电压时,透明物质 143 反向变形,所以,也可以形成凹透镜。

[1481] 在图 45、图 46 所示的例子中,在透明物质上使用电致伸缩材料,例如丙烯酸弹性体、有机硅橡胶等时,可以将透明物质 143 制成透明基板和电致伸缩材料粘贴的结构。

[1482] 图 48 是有关可变焦点透镜的进一步的另外一个例子的、利用微型泵 160 使流体 161 出入,使透镜面变形的可变焦点透镜 167 的简略结构图。

[1483] 微型泵 160,例如是用微型机械加工技术制作的小型泵,用电力进行驱动。流体 161 被夹持在透明基板 163 和透明的弹性体 164 之间。该弹性体 164 由流体 161 构成变形的面。图 48 中,165 是保护弹性体 164 用的透明基板,不一定必须设置。

[1484] 作为用微型机械加工技术制作的泵,有利用热变形的泵,使用压电材料的泵,以及利用静电力的泵等。

[1485] 同时,对于图 33 中的微型泵 180,例如,也可以像用于图 48 中所示的可变焦点透镜的微型泵 160 那样,采用两个。

[1486] 在这种结构中,当通过微型泵 160 的驱动,让流体 161 流动,使弹性体 164 变形时,对于通过透明基板 163 和流体 161 及弹性体 164 的光,通过透镜面的形状发生变化,可以改变焦点的位置。

[1487] 此外,在使用静电力、压电效应的可变焦点透镜等中,有的情况下,需要高的驱动电压。在这种情况下,可以用升压变压器,或者压电变压器等构成控制系统。特别是,当采用叠层压电变压器的话,可以小型化。

[1488] 图 49 是光学特性可变焦点透镜的另外一个例子,是代替图 48 的弹性体 164,采用压电材料 200 的可变焦点透镜 201 的简略结构图。在该例中,流体 161 被密封在透明基板 163 和透明电极 59a 之间。

[1489] 对于压电材料 200 采用和透明物质 143 相同的材料,压电材料 200 设置在透明柔性的基板 202 上。此外,对于基板 202,优选地使用合成树脂,有机材料。

[1490] 在本例中,通过经由两个透明电极 59a、59b 将电压加在压电材料 200 上,压电材料变形,在图 49 中,起着凸透镜的作用。

[1491] 此外,预先将基板 202 的形状形成凸状,并且,在两个透明电极 59a、59b 中,至少其中一个电极的大小与基板 202 的大小不同,例如,当一个透明电极 59b 小于基板 202 时,当切断电压时,如图 50 所示,只有两个透明电极 59a、59b 对向的规定部分变形成凹形,具有凹透镜的作用,作为可变焦点透镜动作。

[1492] 由于这时的基板 202 以流体 161 的体积不变的方式变形,所以,具有无需液体存储容器的优点。

[1493] 在本例中,用压电材料使保持流体 161 的基板 202 的一部分变形,所以无需液体储存容器有很大的好处。

[1494] 此外,对于图 48 的例子也可以说,透明基板 163、165 可以作为透镜构成,或者,也可以用平面构成。

[1495] 图 51 是光学特性可变焦点透镜的进一步的另外一个例子,是代替图 50 的压电材料 200,采用由压电材料构成的两个薄板 200A、200B 的可变焦点透镜的简略结构图。

[1496] 本例的可变焦点透镜,通过使薄板 200A 和 200B 的压电材料的方向性反转,具有加大变形量,获得大的可变焦点范围的优点。

[1497] 此外,图 51 中,204 为透镜形的透明基板,161 是流体。

[1498] 即使在本例中,纸面右侧的透明电极 50b 也小于基板 202。

[1499] 此外,在图 49 ~ 图 51 的例子中,也可以使基板 202,压电材料 200,薄板 200A、200B

的厚度不均匀,控制外加电压时的变形的形状。

[1500] 这样,也可以进行透镜像差的修正等,十分方便。

[1501] 图 52 是表示可变焦点透镜的进一步的另外一个例子的简略结构图。

[1502] 本例的可变焦点透镜 207,由在一对透明电极 59a、59b 之间,采用例如有机硅橡胶和丙烯酸弹性体等电致伸缩材料 206 构成。

[1503] 根据本例的结构,当电压低时,如图 52 所示,中央部分隆起,起着凸透镜的作用,当提高电压时,如图 53 所示,电致伸缩材料 206 沿上下方向伸长,沿左右方向收缩,所以,焦距伸长。从而,起着可变焦点透镜的作用。

[1504] 根据本例的可变焦点透镜,由于无需大的电源,所以有耗电少的优点。

[1505] 上面所述的从图 45 至图 52 的可变焦点透镜的共同点是,通过起着透镜作用的媒质的形状发生变化,实现可变焦点。与变化折射率的可变焦点透镜相比,具有可以自由选择焦距的变化范围,自由选择大小等优点。

[1506] 图 54 是光学特性可变焦点透镜的进一步的另外一个例子,是利用光机械效应的可变焦点透镜的简略结构图。

[1507] 本例的可变焦点透镜 214,用透明弹性体 208、209 夹持偶氮苯 210,光经由透明垫圈 211 照射到偶氮苯 210 上形成。

[1508] 图 54 中,212、213 分别是中心波长为 λ_1 , λ_2 的例如 LED、半导体激光等光源。

[1509] 在本例中,当中心波长为 λ_1 的光照射到图 55(a) 所示的反式偶氮苯上时,偶氮苯 210 变化成如图 55(b) 所示的顺式,体积减少。因此,可变焦点透镜 214 的形状变薄,减少凸透镜的作用。

[1510] 另一方面,当中心波长为 λ_2 的光照射到顺式偶氮苯 210 上时,偶氮苯 210 从顺式变化为反式,体积增加。因此,可变焦点透镜 214 的形状变厚,增加凸透镜的作用。

[1511] 这样,本例的光学元件 214 起着可变焦点透镜的作用。

[1512] 此外,在可变焦点透镜 214 中,由于光在透明弹性体 208、209 与空气的界面处全反射,光不会泄漏到外部,所以效率高。此外,作为透镜利用的光的波长,不限于可见光,红外线等也可以。此外,作为偶氮苯 210,也可以是偶氮苯和其它液体的混合物。

[1513] 图 56 是表示可变形镜的另一个例子的简略结构图。在本例中,对于用于数字照相机的情况进行了说明。此外,图 56 中,411 是可变电阻器,414 是运算装置,415 是温度传感器,416 是湿度传感器,417 是距离传感器,424 是振动传感器。

[1514] 本例的可变形镜 45,设置与丙烯酸弹性体等有机材料构成的电致伸缩材料 453 隔开间隔的分割成多个的分割电极 409b,在电致伸缩材料 453 上依次设置电极 452,可变形基板 451,进而,在其上设置将入射光反射的由铝等金属构成的反射膜 450。从而,可变形镜 45 的变形层成为四层结构。

[1515] 当制成这种结构时,与将分割电极 409b 与电致伸缩材料 453 一体化的情况相比,反射膜(反射面)450 的表面形状变得顺滑,具有在光学上不容易产生像差的优点。

[1516] 此外,可变形的基板 451 和电极 452 的配置也可以反过来。

[1517] 此外,图 56 中,449 进行是改变光学系统的放大率、或者进行变焦的钮,可变形镜 45,当使用者通过按压钮 449 使反射膜 450 变形时,可以控制改变放大率或者控制通过运算装置 414 进行变焦。

[1518] 此外,也可以代替丙烯酸弹性体等有机材料构成的电致伸缩材料,使用已经描述过的钛酸钡等压电材料。

[1519] 此外,可以说是对于上面所说明的各可变形镜是共同的,从垂直于反射面的方向观察时所看到的反射面的变形部分的形状,在轴上光线的入射面的方向上,是长的形状,例如,可以是椭圆,卵形,多角形等。因为,如图 31 的例子那样,可变形镜,在大多数情况下,用于光线倾斜入射的状态。为抑制这时发生的像差,反射面的形状可以是近于旋转椭圆面,旋转抛物面,旋转双曲面的形状。为了使可变形镜的反射面变形成这种形状,从垂直于反射面的方向观察反射面的变形部分时,在轴上光线的入射面方向上制成长的形状即可。

[1520] 最后,叙述本发明中所使用的术语的定义。

[1521] 所谓光学装置,是指包括光学系统或光学元件在内的装置。也可以不是单独使用光学装置,即也可以是装置的一部分。光学装置包括摄像装置、观察装置、显示装置、照明装置、信号处理装置等。

[1522] 作为摄像装置,例如有:胶片相机、数码相机、机器人的眼、镜头更换式数码单镜头反射式照相机、电视摄像机、动画记录装置、电子动画记录装置、摄像机、磁带录像机、电子内视镜等。数码相机、卡式数码相机、电视摄像机、磁带录像机、动画记录摄像机等均为电子摄像装置的例子。

[1523] 观察装置,例如有:显微镜、望远镜、眼镜、双筒望远镜、放大镜、纤维显示器、探测器、取景器等。

[1524] 显示装置,例如有:液晶显示器、取景器、游戏机(索尼公司制 Playstation) 视频投影仪、液晶投影仪、头戴式图像显示装置(head mounted display:HMD)、PDA(便携信息终端)、移动电话机等。

[1525] 照明装置,例如有:相机闪光灯、汽车前灯、内视镜光源、显微镜光源等。

[1526] 信号处理装置,例如有:移动电话机、微机、游戏机、光盘读写装置、光计算机的运算装置等。

[1527] 而且,因为本发明的光学系统是小型轻量型的,所以,若用于电子摄像装置、信号处理装置、尤其用于数码相机、移动电话机的摄像系统,则效果良好。

[1528] 摄像器件是指例如 CCD、摄像管、固体摄像器件、照相胶片等。并且,平行平板是包括在棱镜之一中的。观察者的变化,包括视力的变化。被摄体的变化包括作为被摄体的物体距离的变化、物体的移动、物体的动作、振动、物体的摆动等。

[1529] 扩展曲面的定义如下。

[1530] 除球面、平面、旋转对称非球面外,也可以是相对光轴偏心的球面、平面、旋转对称非球面、或具有对称面的非球面、仅有一个对称面的非球面,没有对称面的非球面、自由曲面、具有不能微分的点和线的面等任何形状。无论是反射面,还是折射面,只要对光有某种影响的面即可。在本发明中将其统称为扩展曲面。

[1531] 所谓光学特性可调光学元件包括:可调焦点透镜、可变形镜、面形状可变的偏光棱镜、顶角可变棱镜、光旋转作用可变的可变衍射光学元件,即可变 HOE、可变 DOE。可调焦点透镜也包括焦距不变,像差量变化的可变透镜。可变形镜也是如此。总之,在光学元件中光的反射、折射、衍射等光偏转作用能发生变化的均称为光学特性可调光学元件。

[1532] 所谓信息发送装置是指:移动电话机、固定式电话机、游戏机、电视机、收录机、立

体声音响等的遥控器、微机、微机的键盘、鼠标器、触摸式盘等能输入、发送某种信息的装置。带有摄像装置的电视监视器、微机监视器、显示器也包括在内。信息发送装置包括在信号处理装置内。

[1533] 从以上的说明中可以看出：若采用本发明的摄像装置，则能提供功耗小，动作声音轻，应答时间短，机械结构简单，有助于降低成本，同时，尽管外径细，体积小巧，但仍能聚焦和变焦的摄像装置。

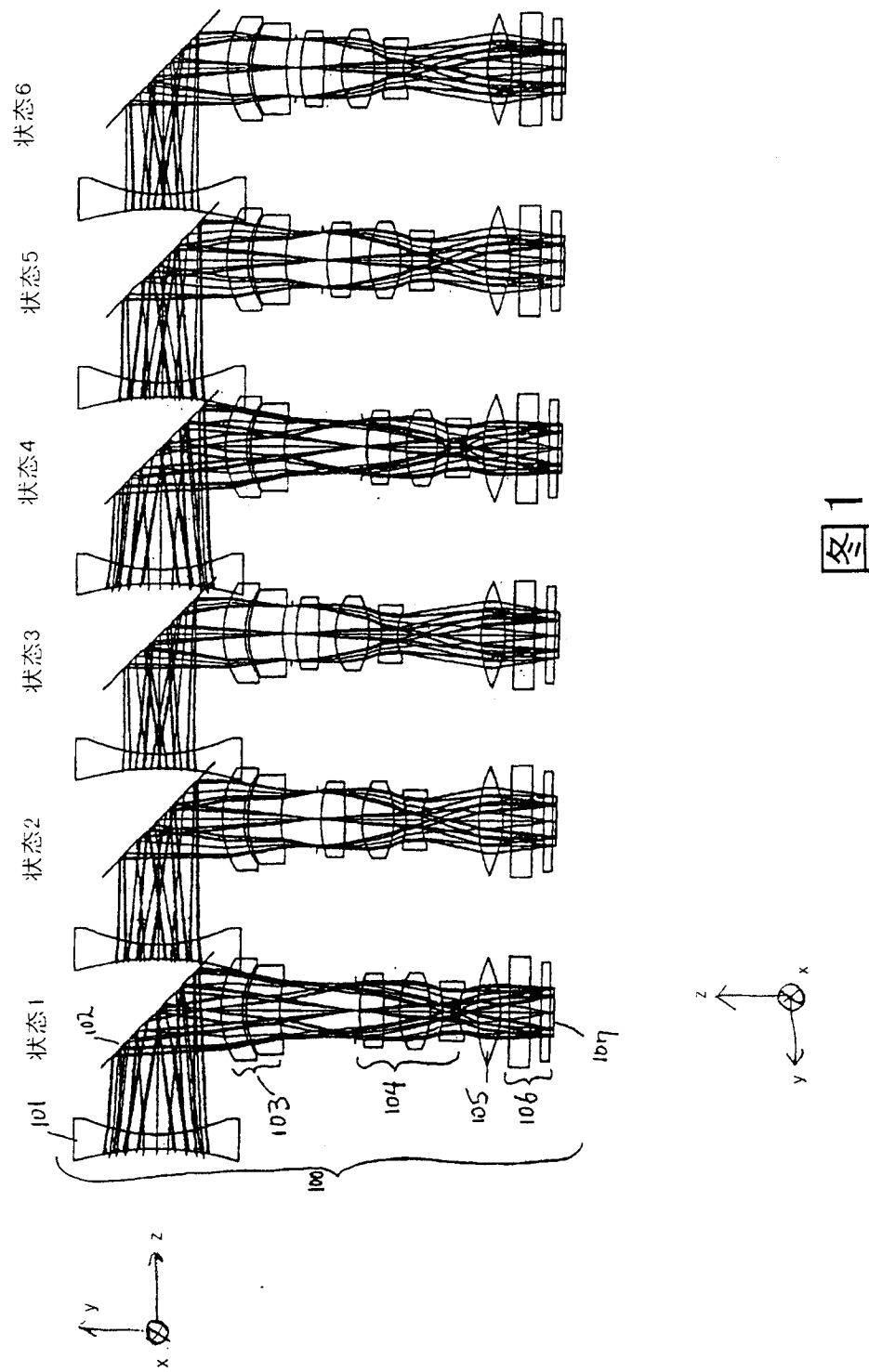


图1

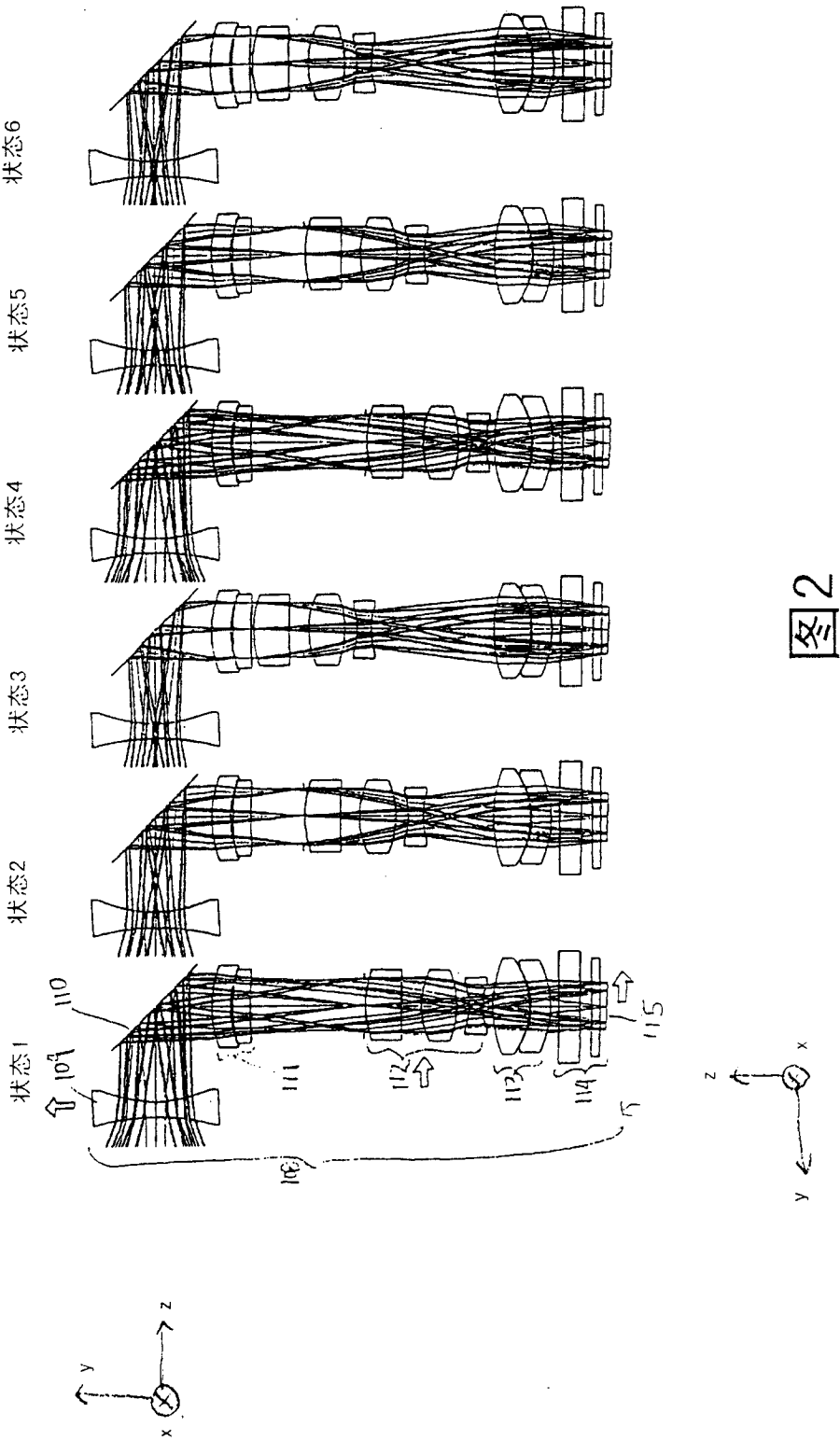


图2

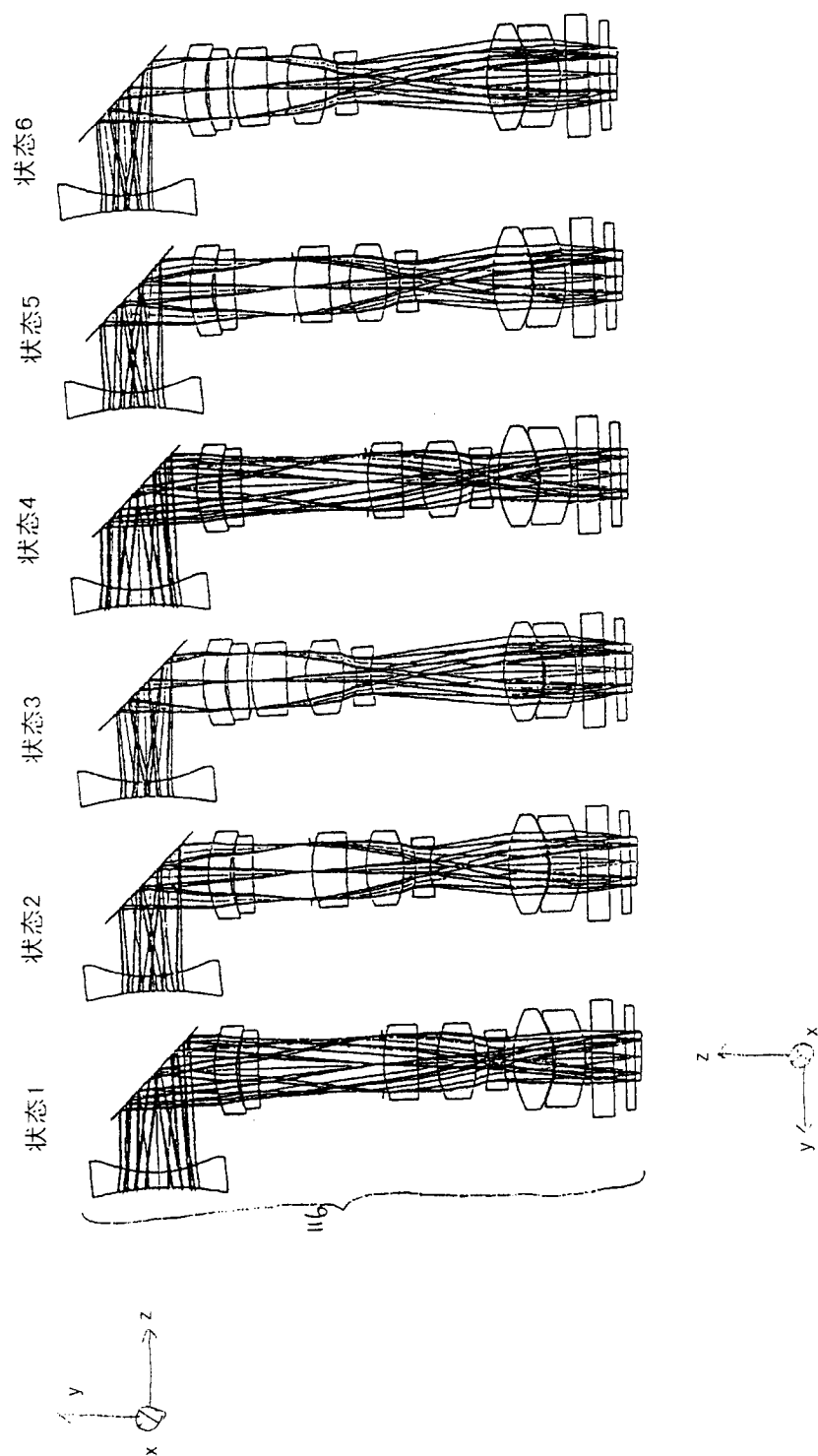


图3

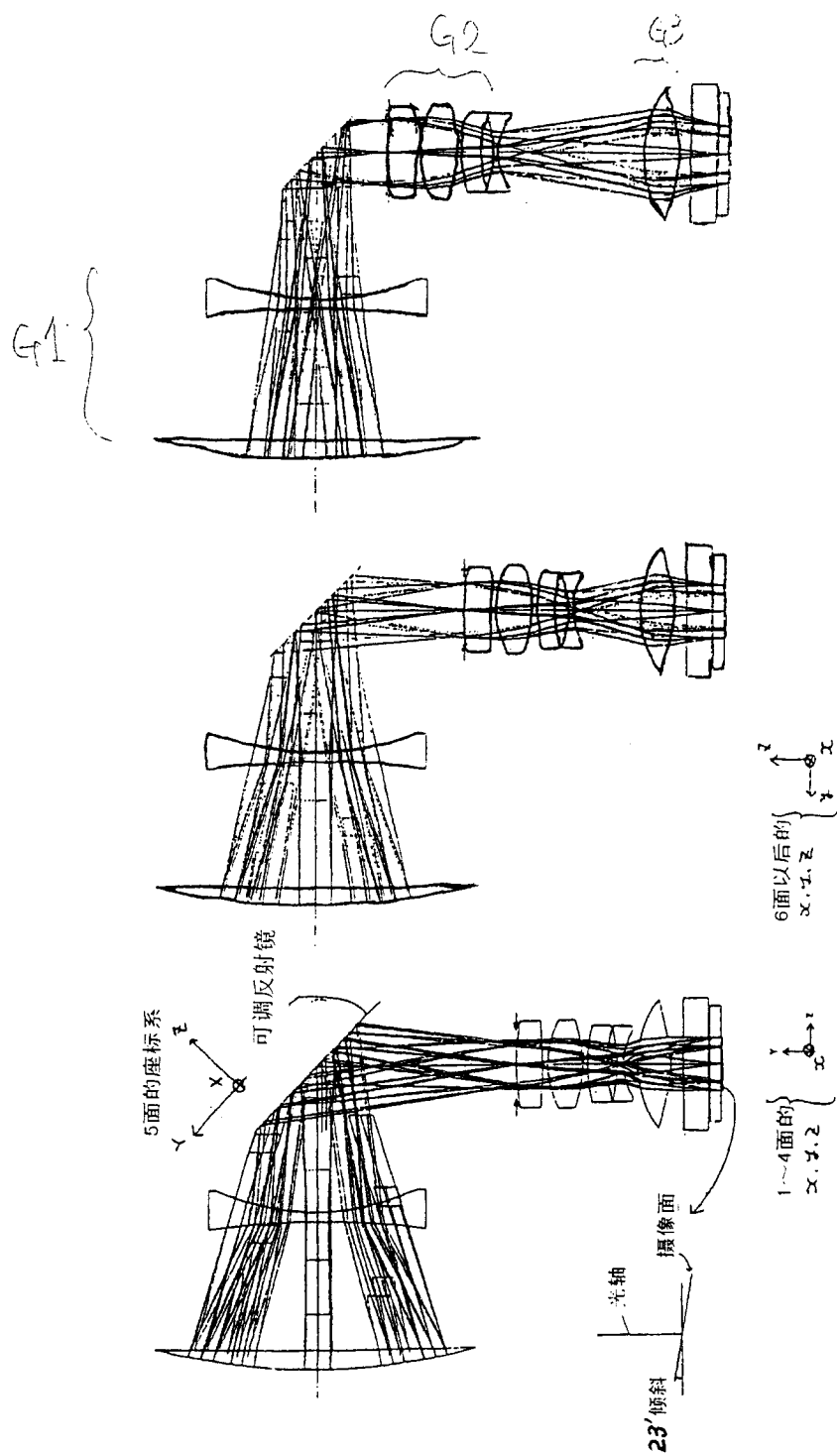


图4

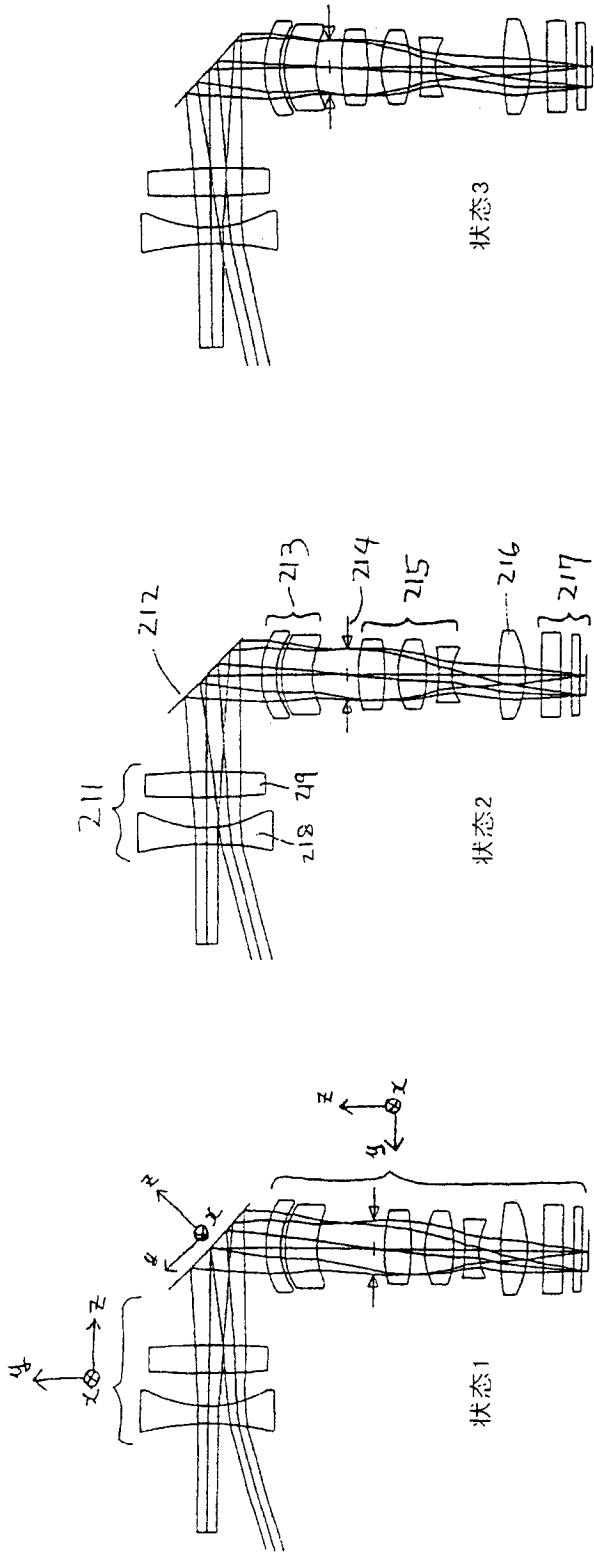


图5

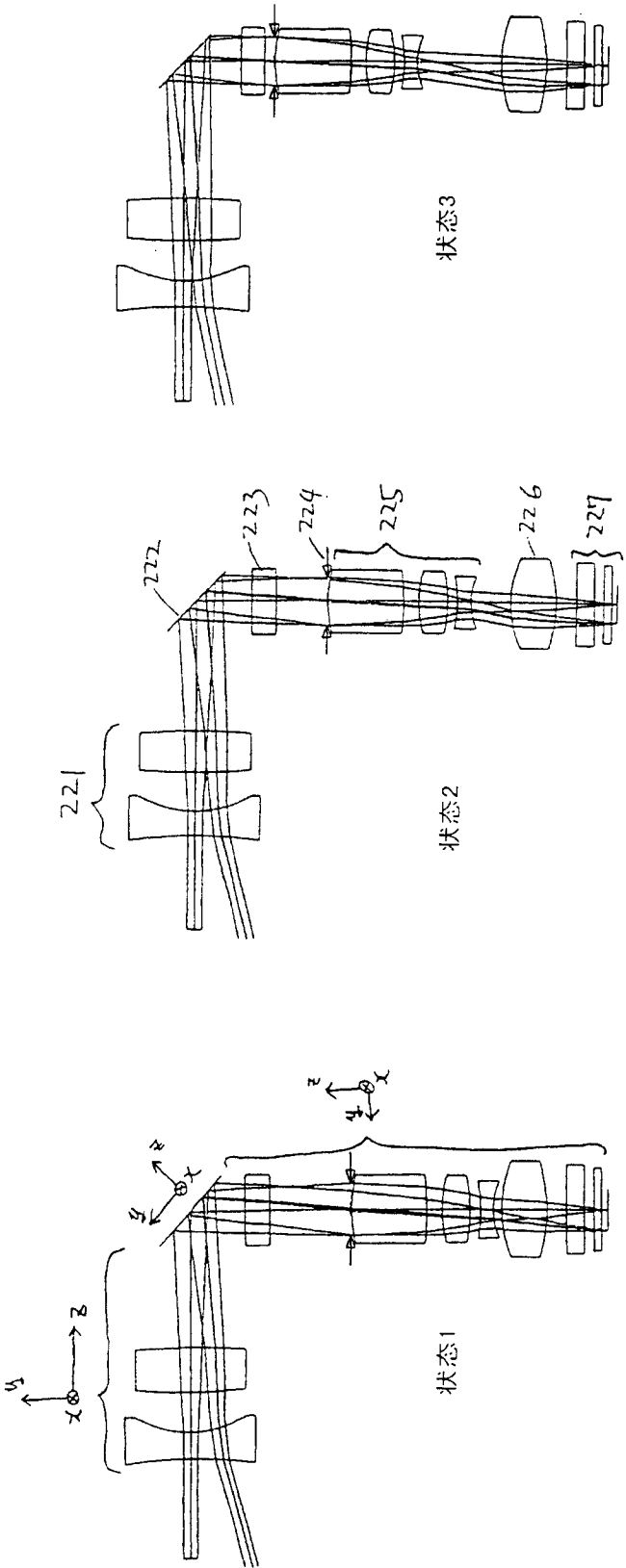


图6

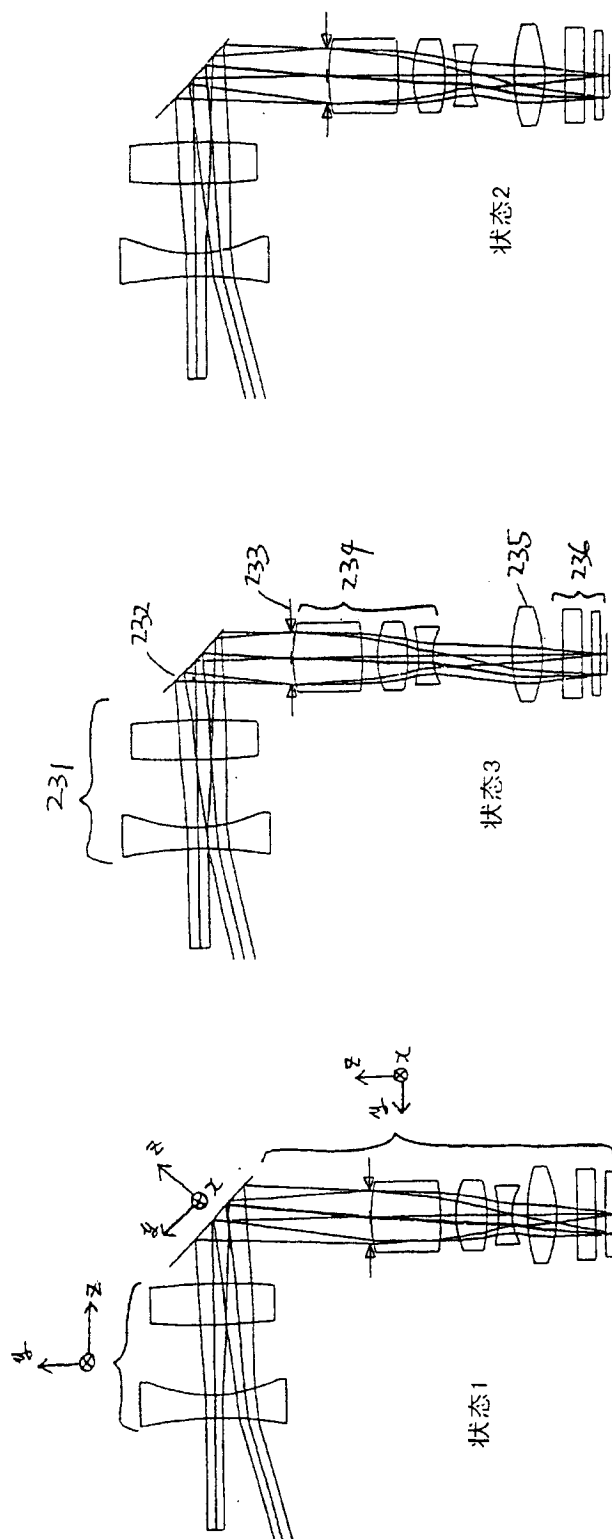


图7

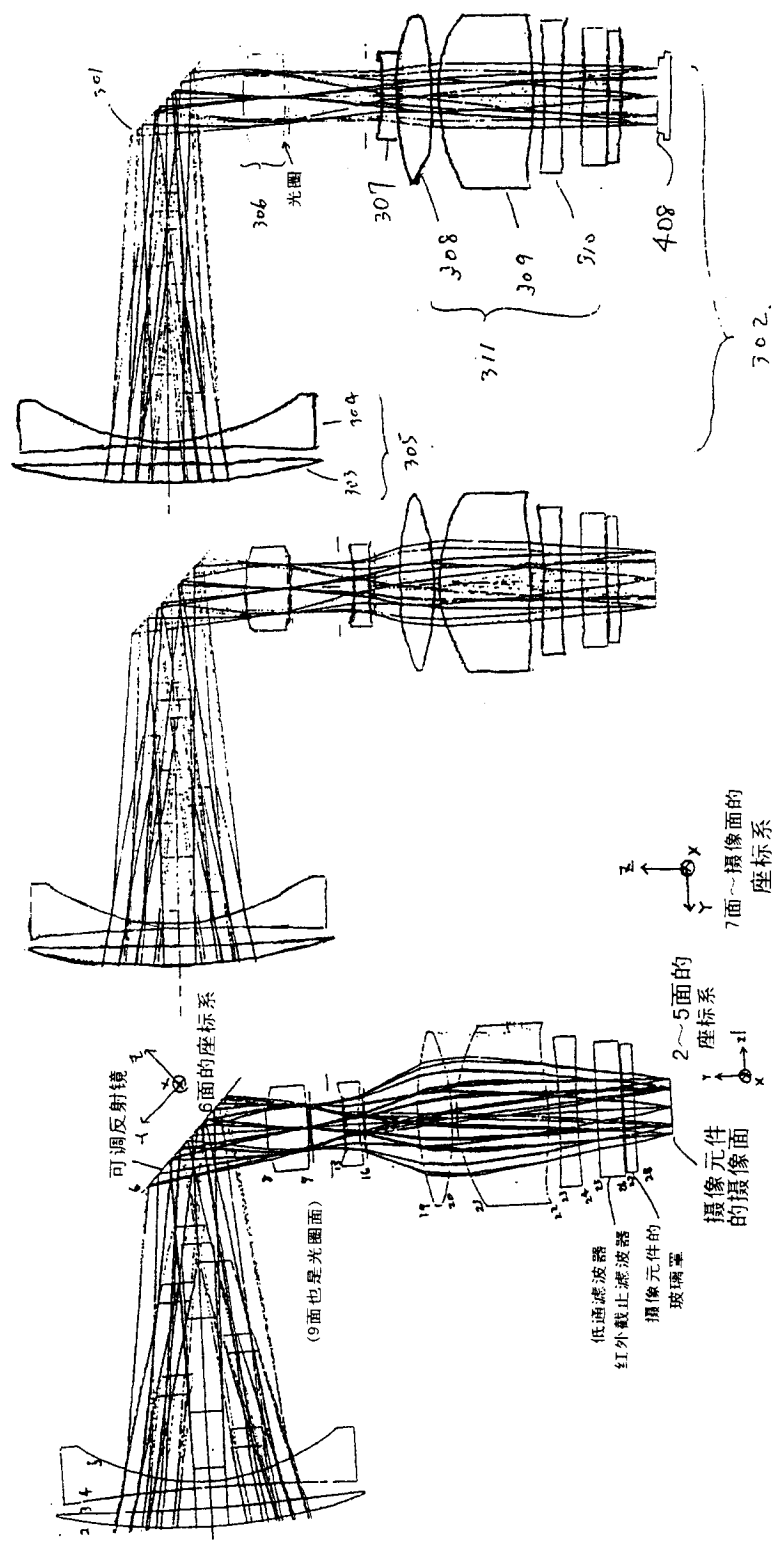


图8

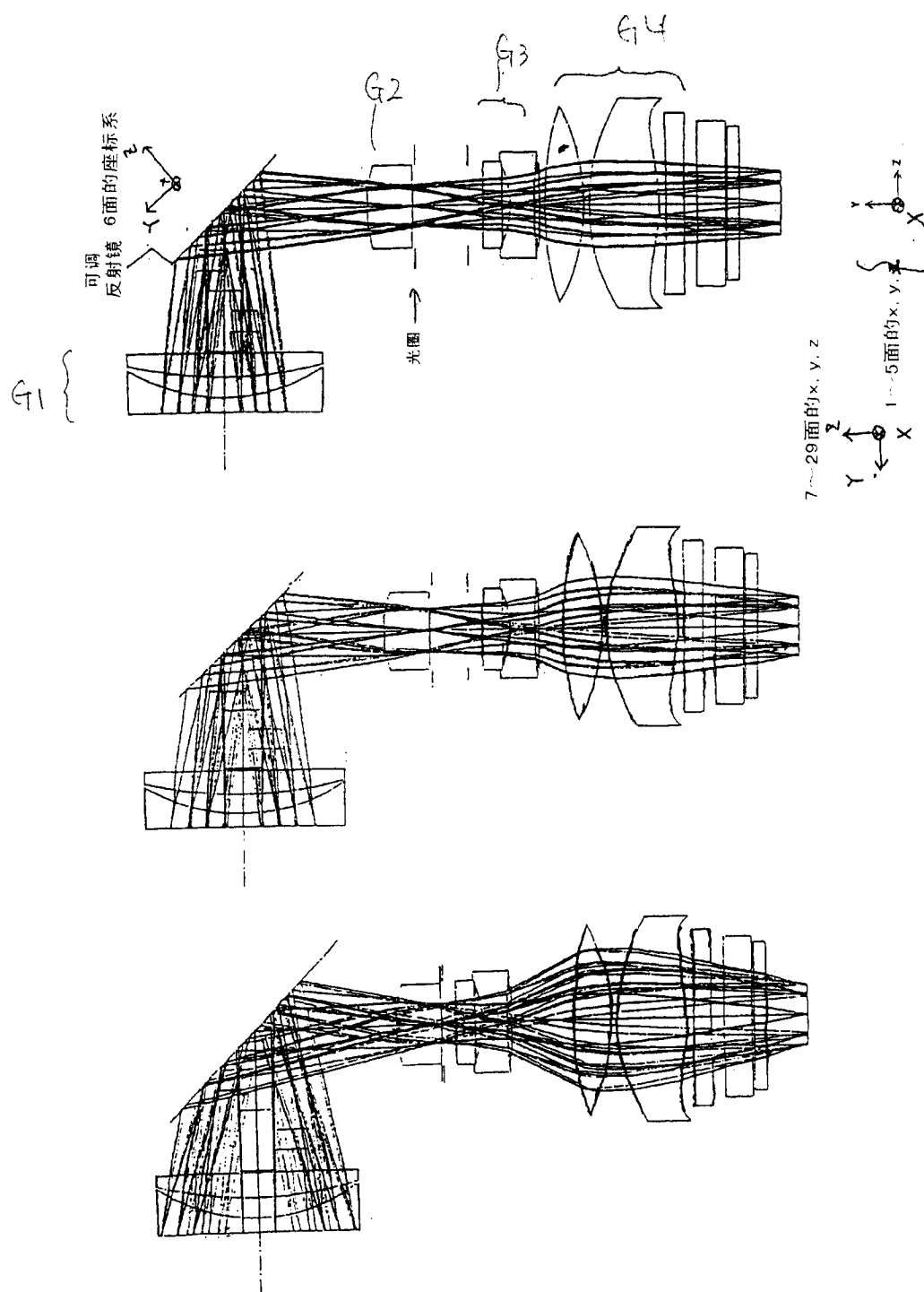


图9

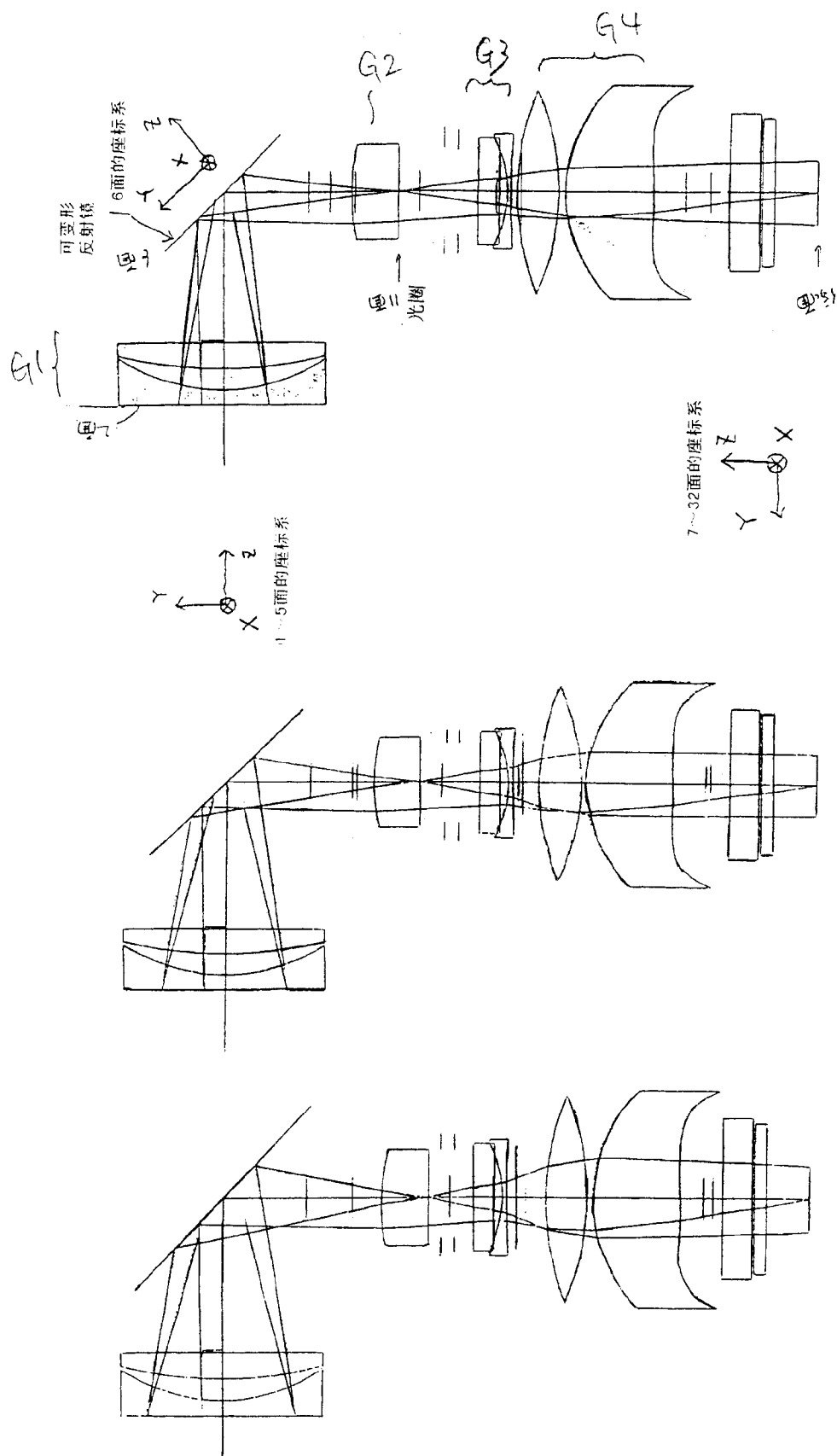


图10

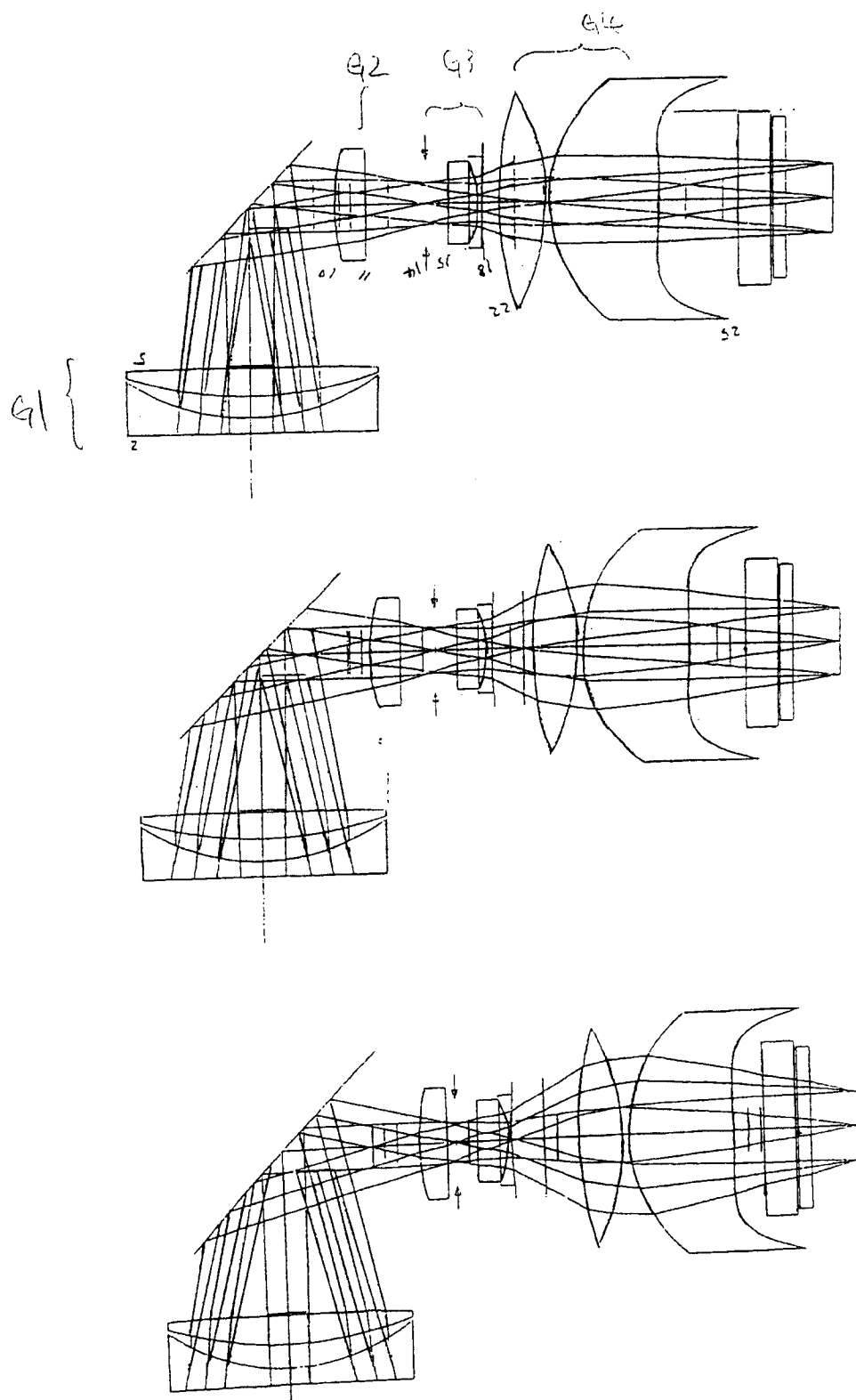


图11

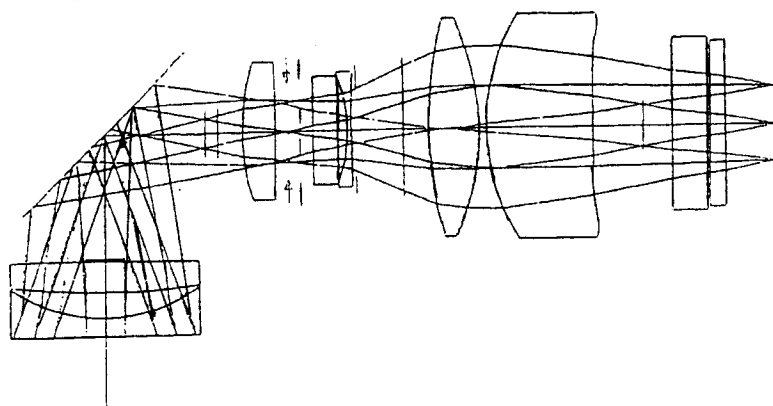
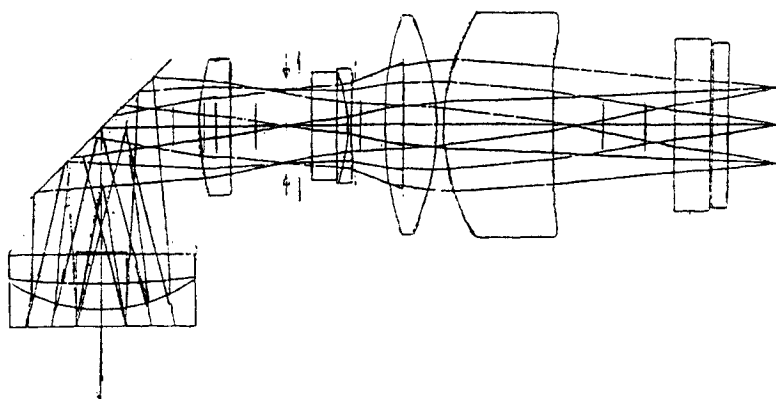
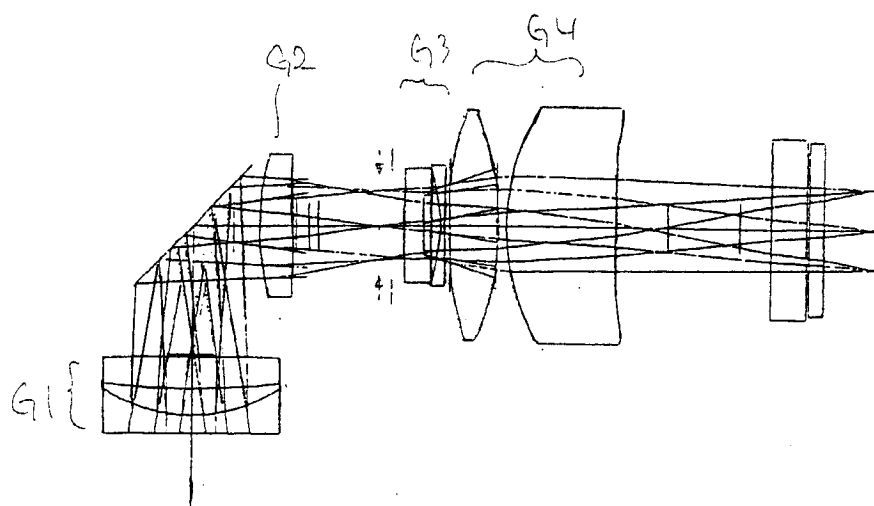


图12

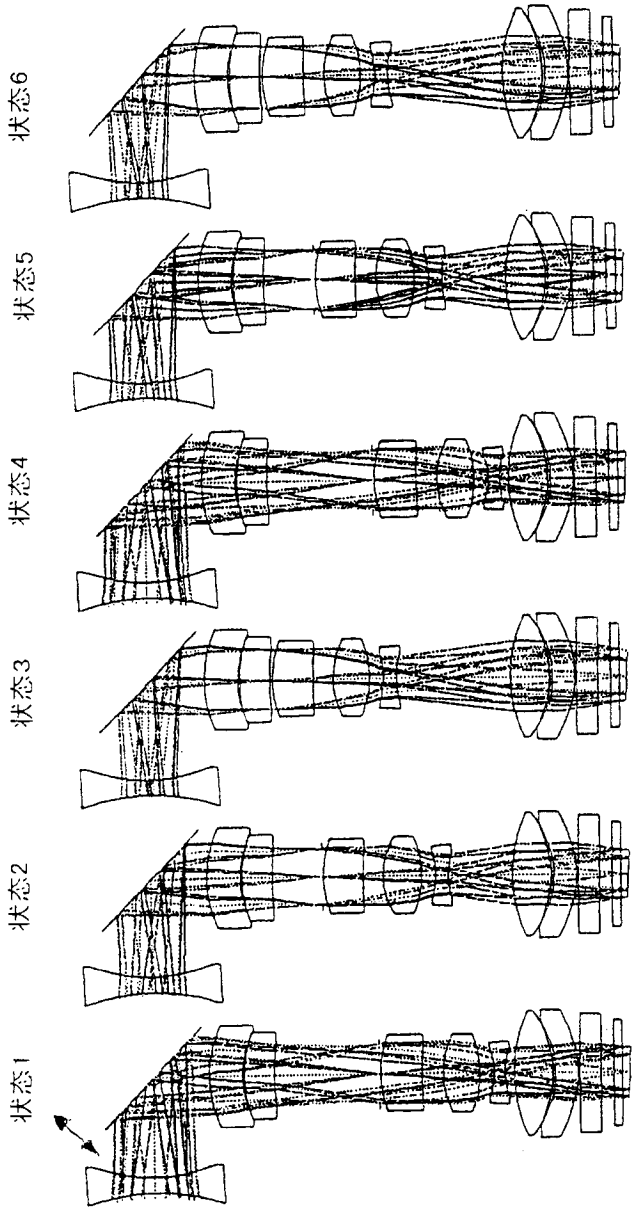


图13

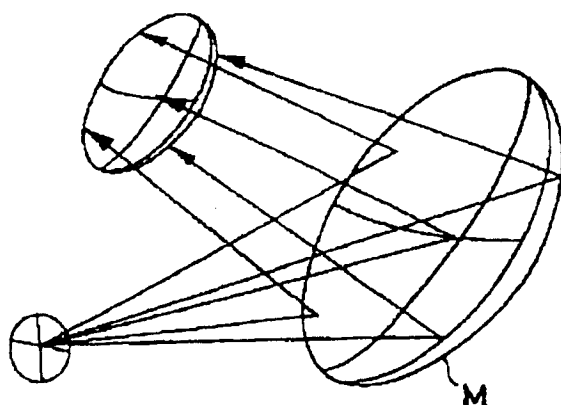


图 14

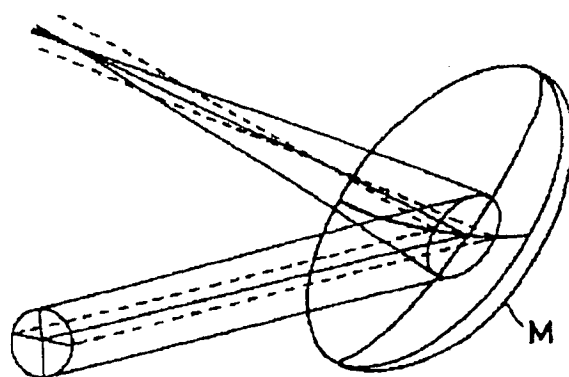


图 15

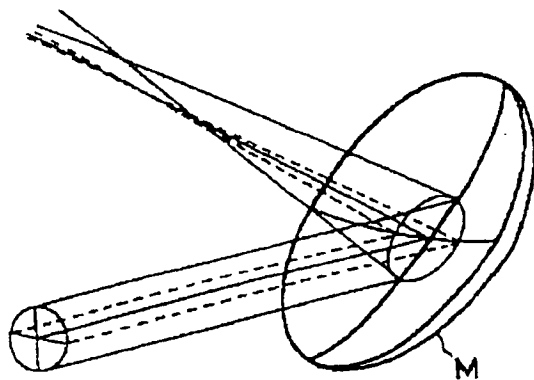


图 16

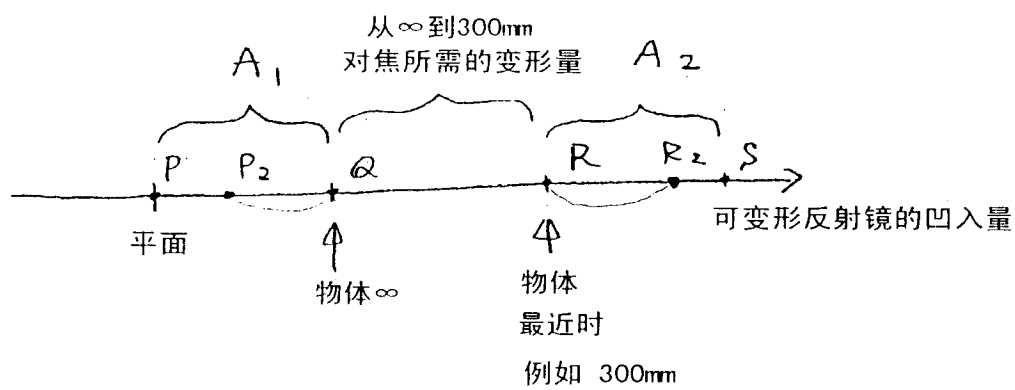


图17

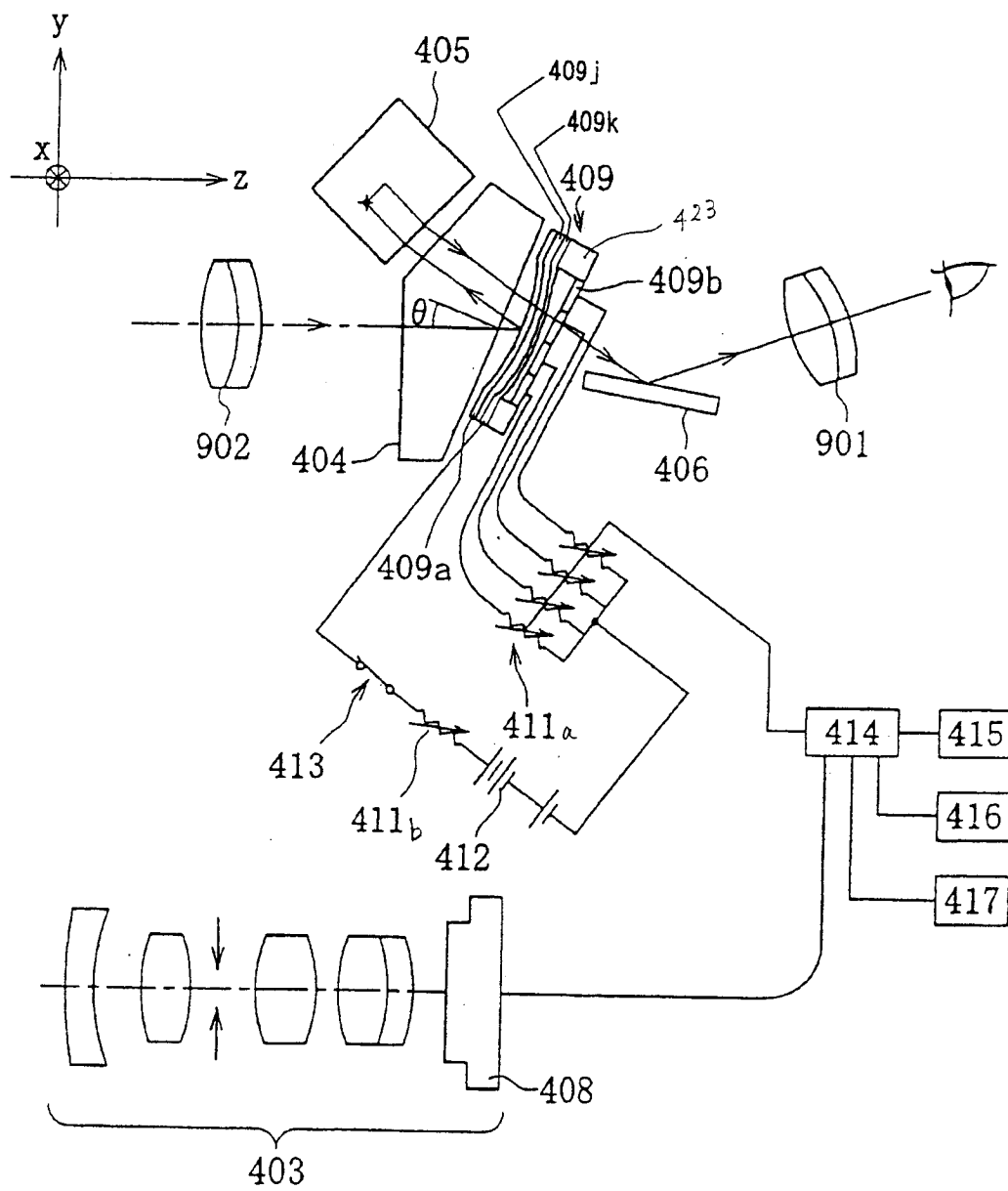


图 19

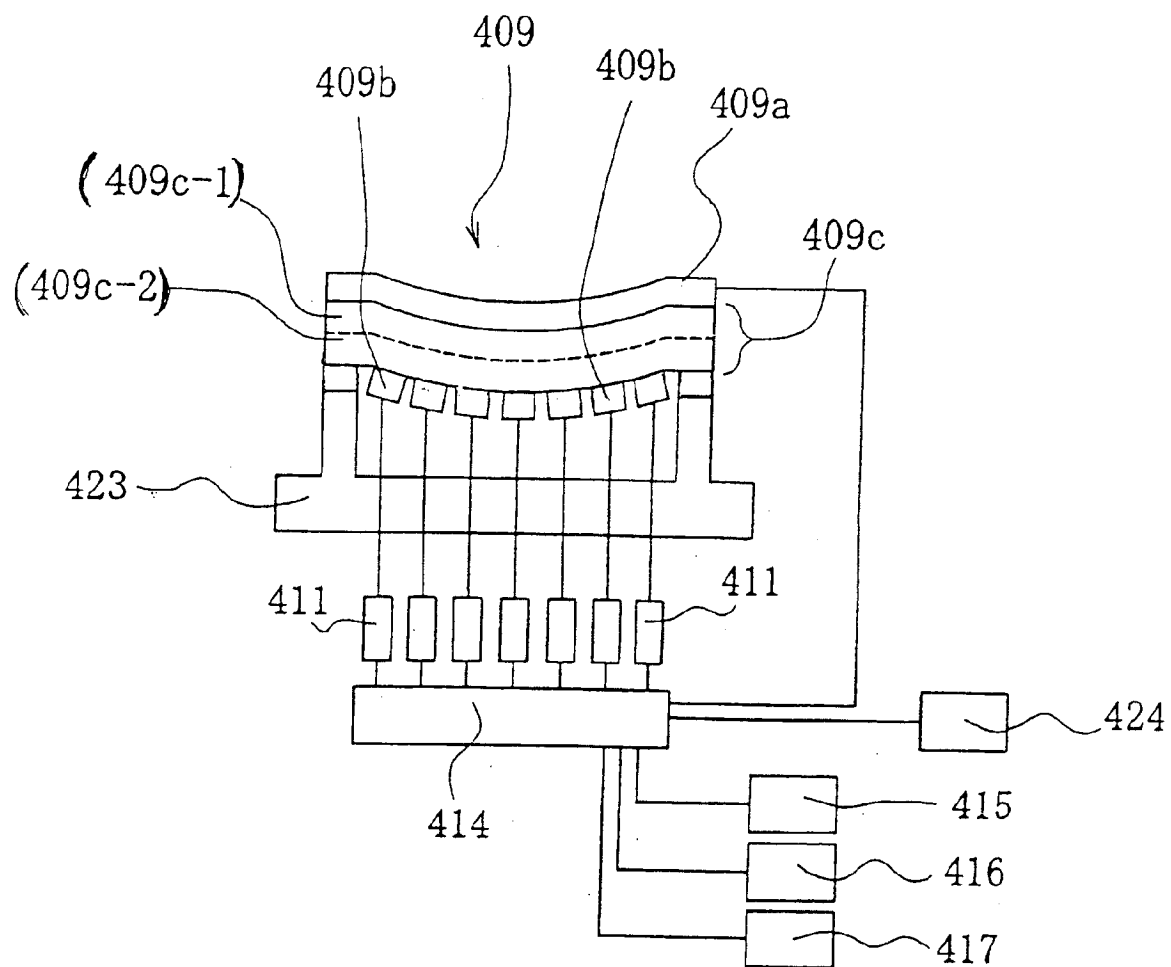


图 20

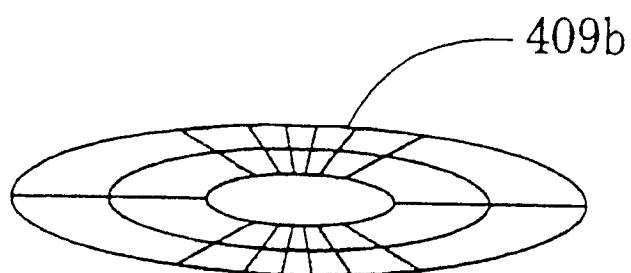


图 21

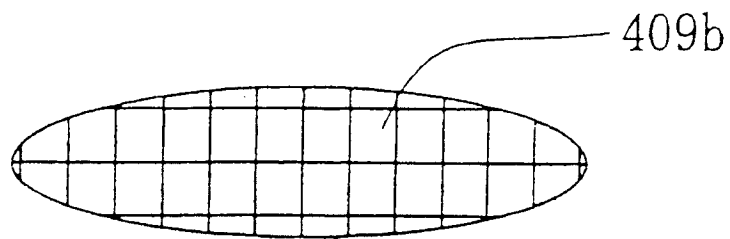


图 22

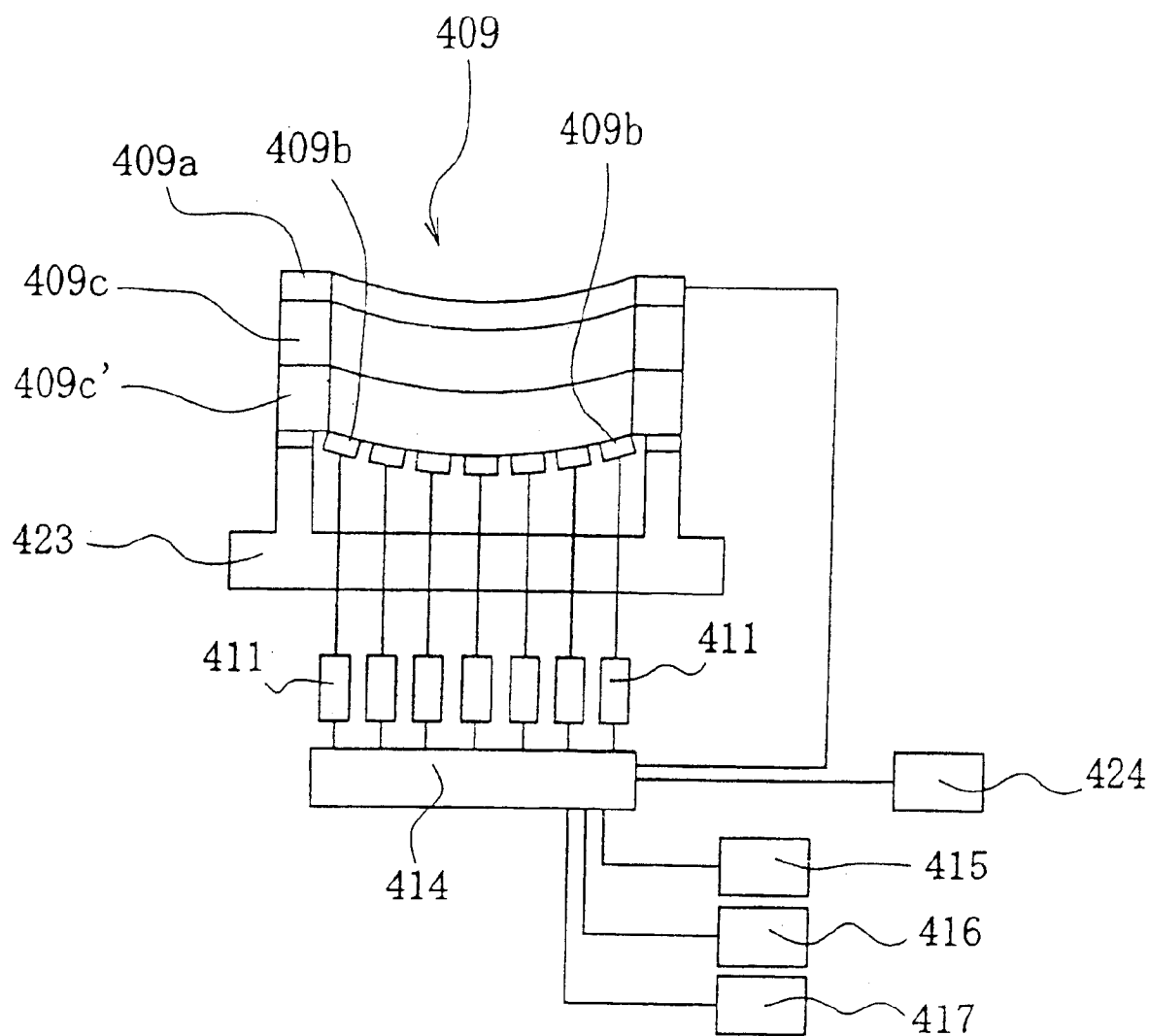


图 23

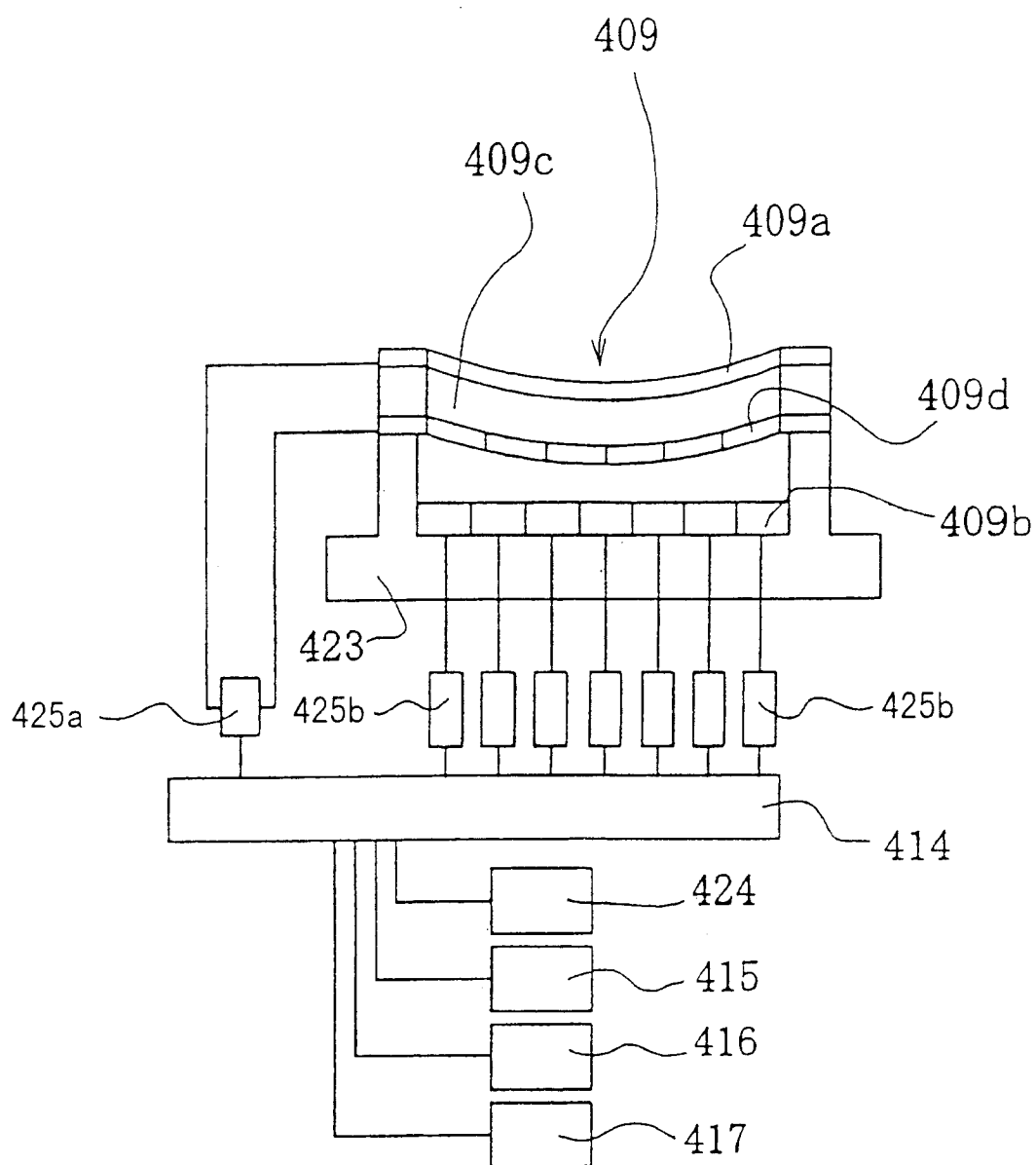


图 24

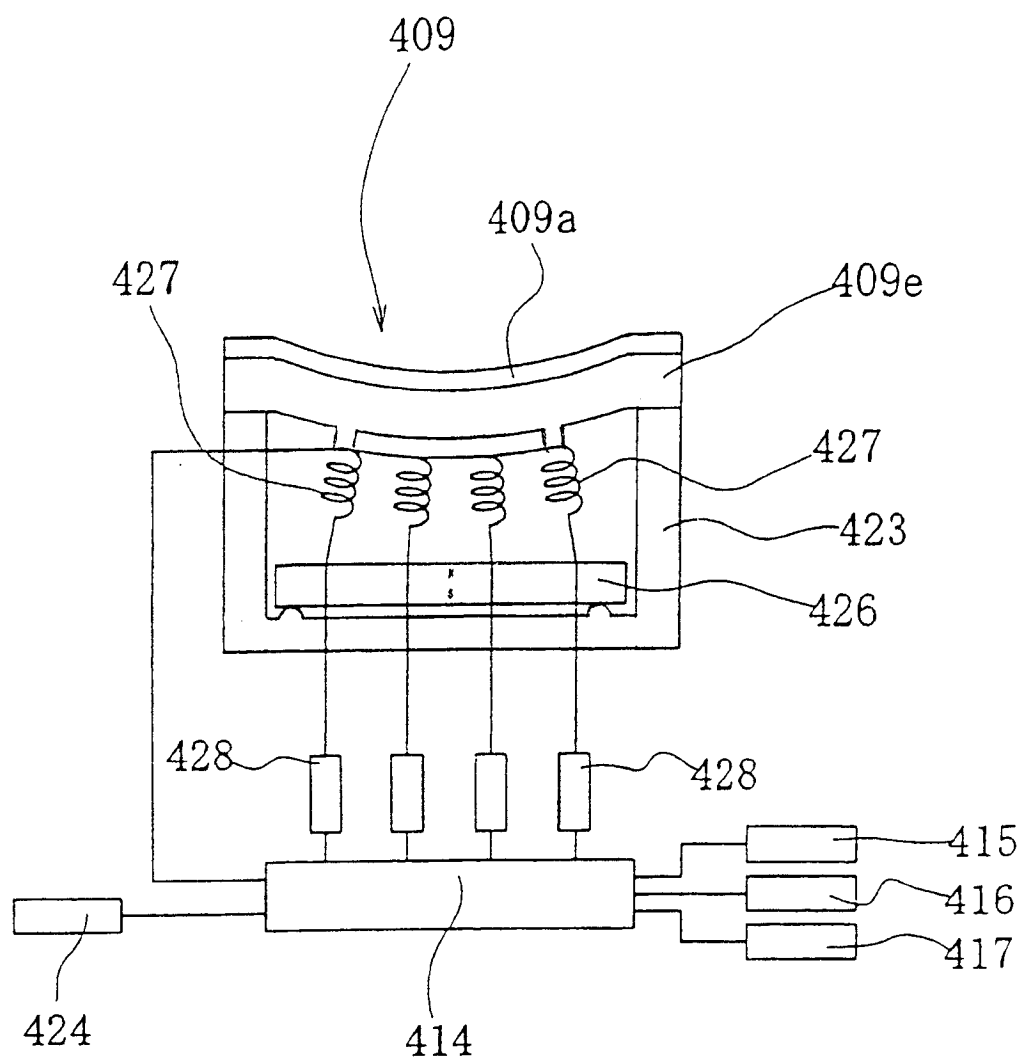


图 25

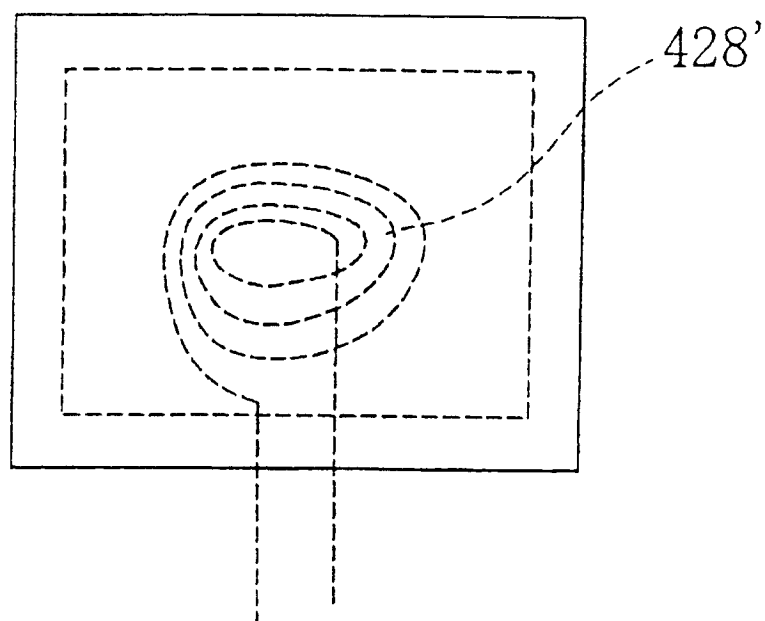


图 26

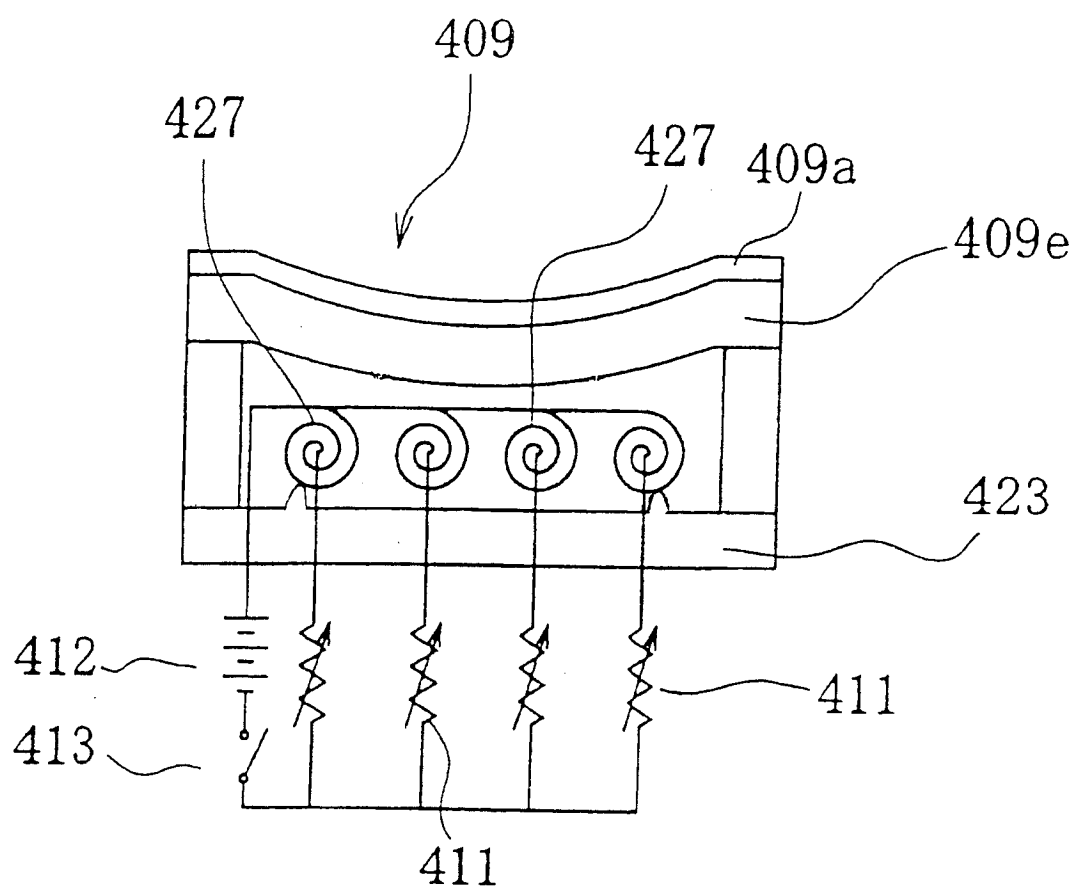


图 27

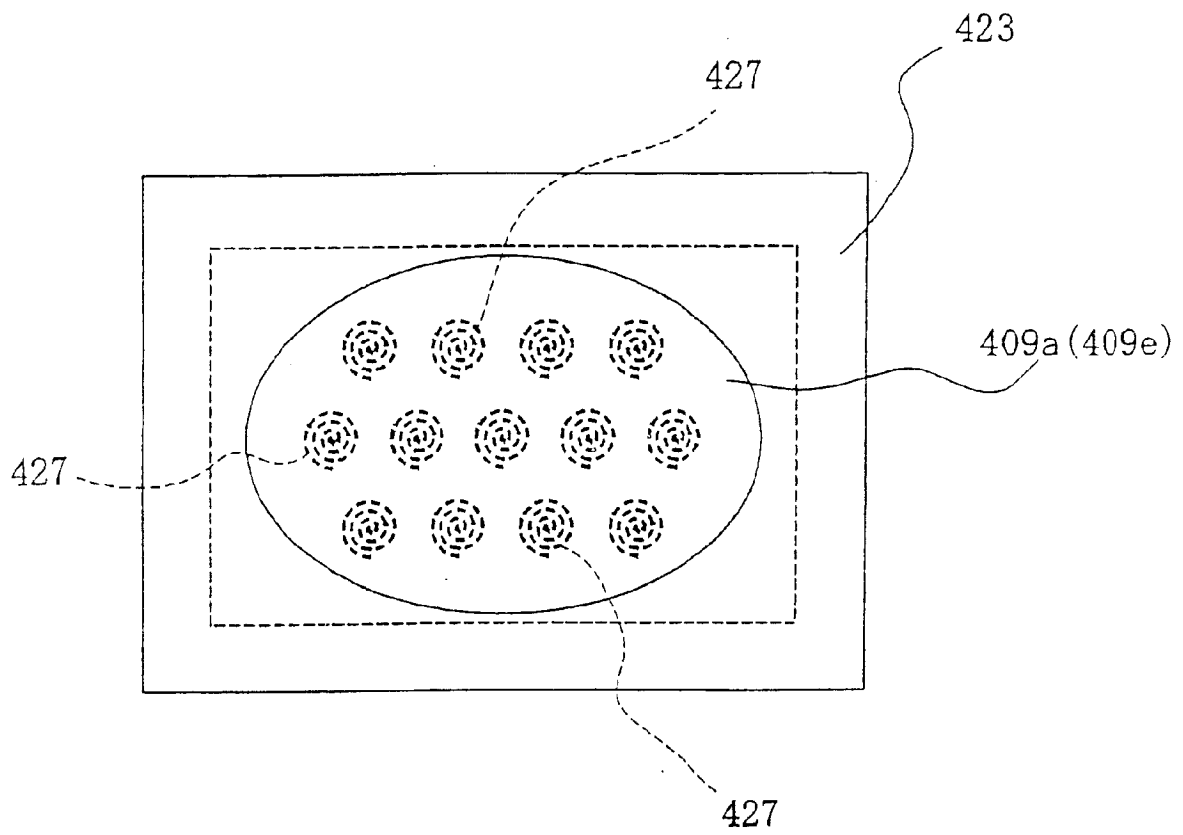


图 28

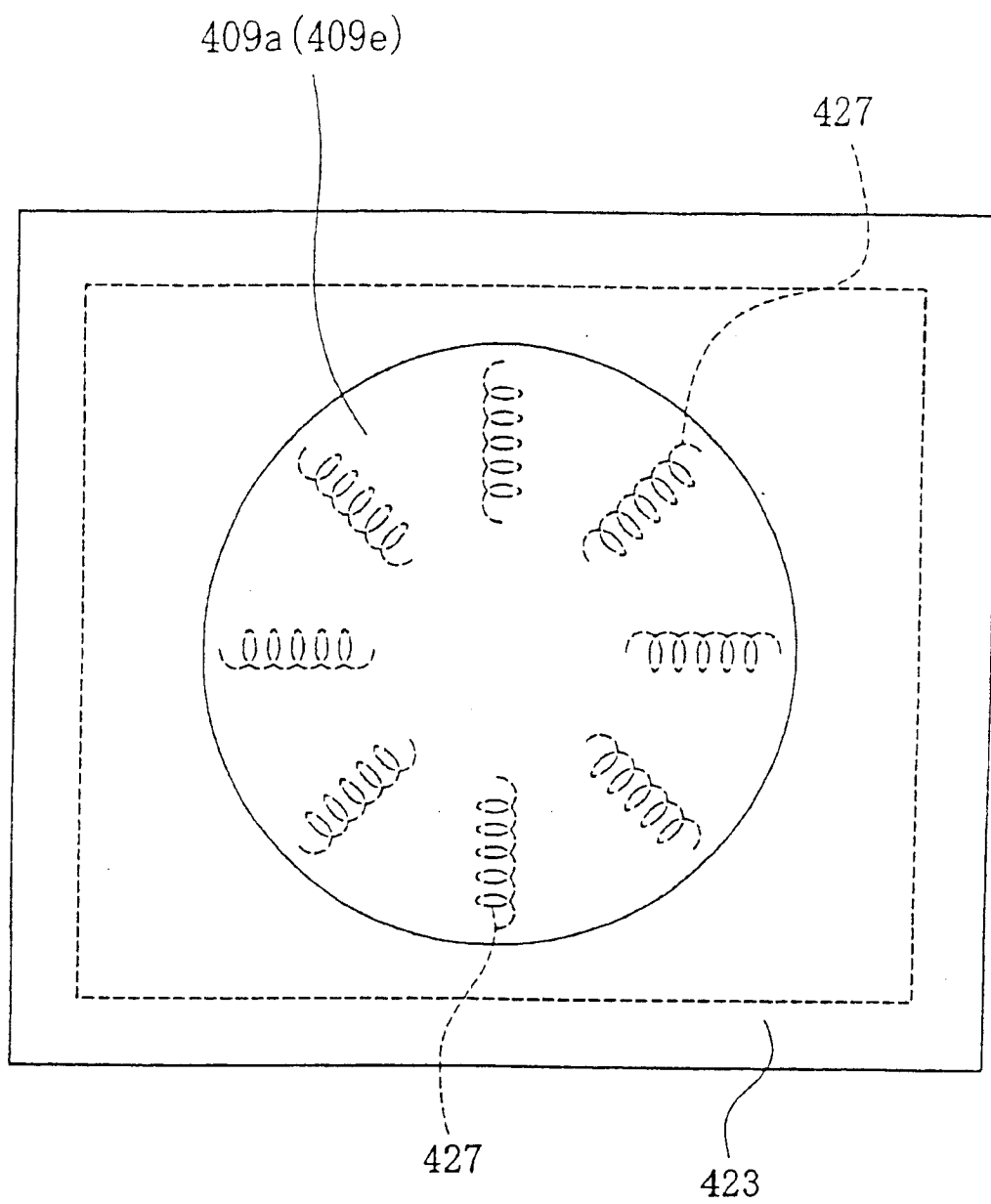


图 29

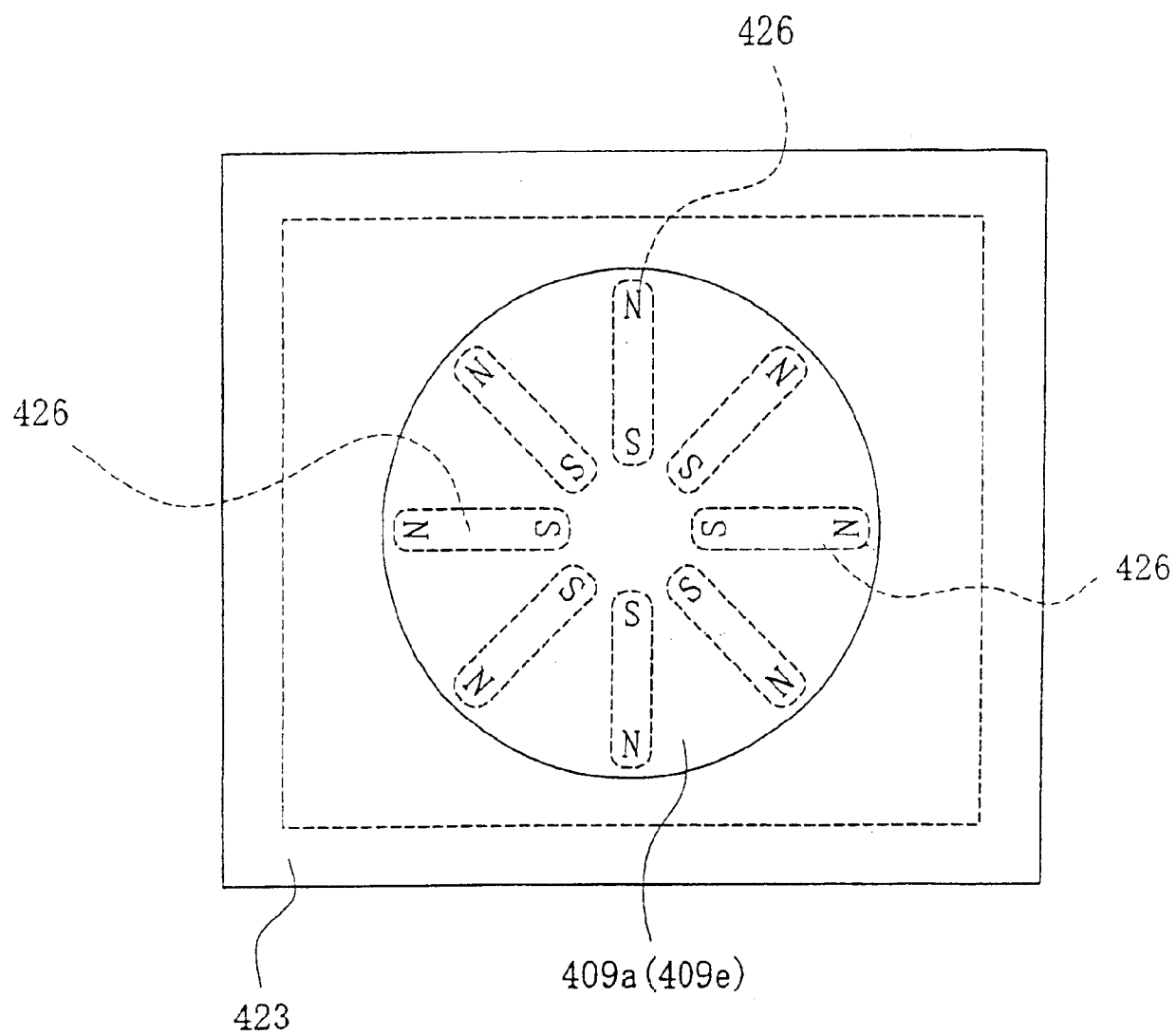


图 30

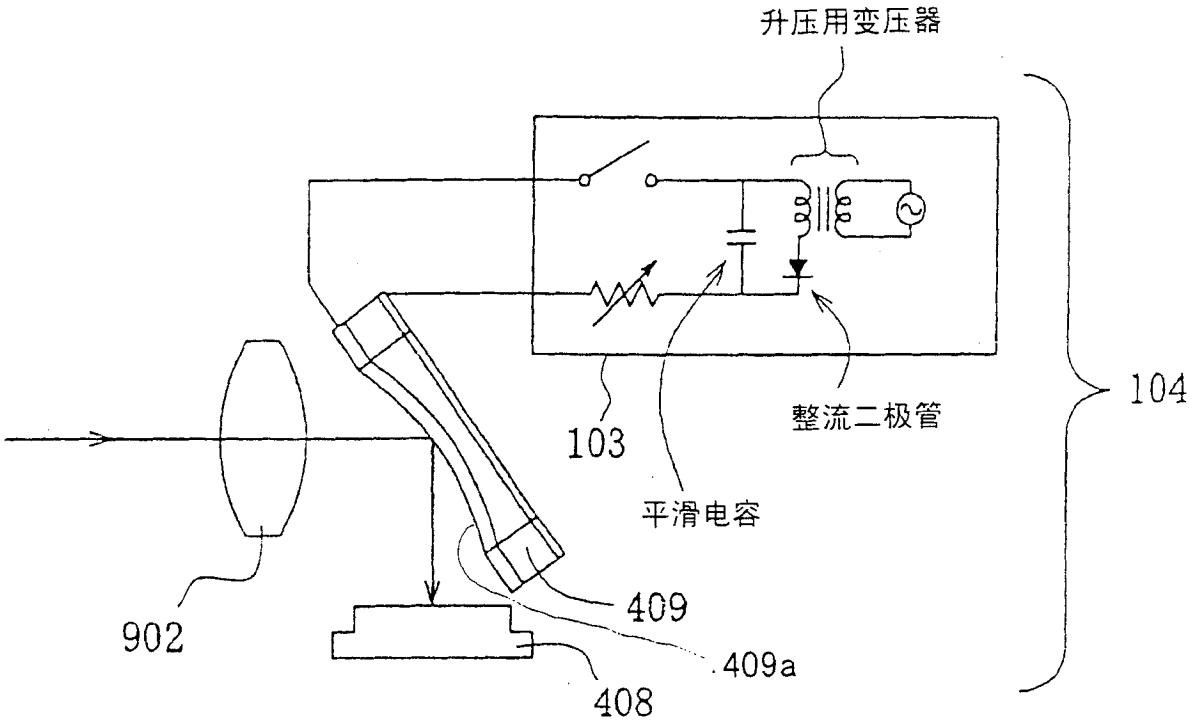


图 31

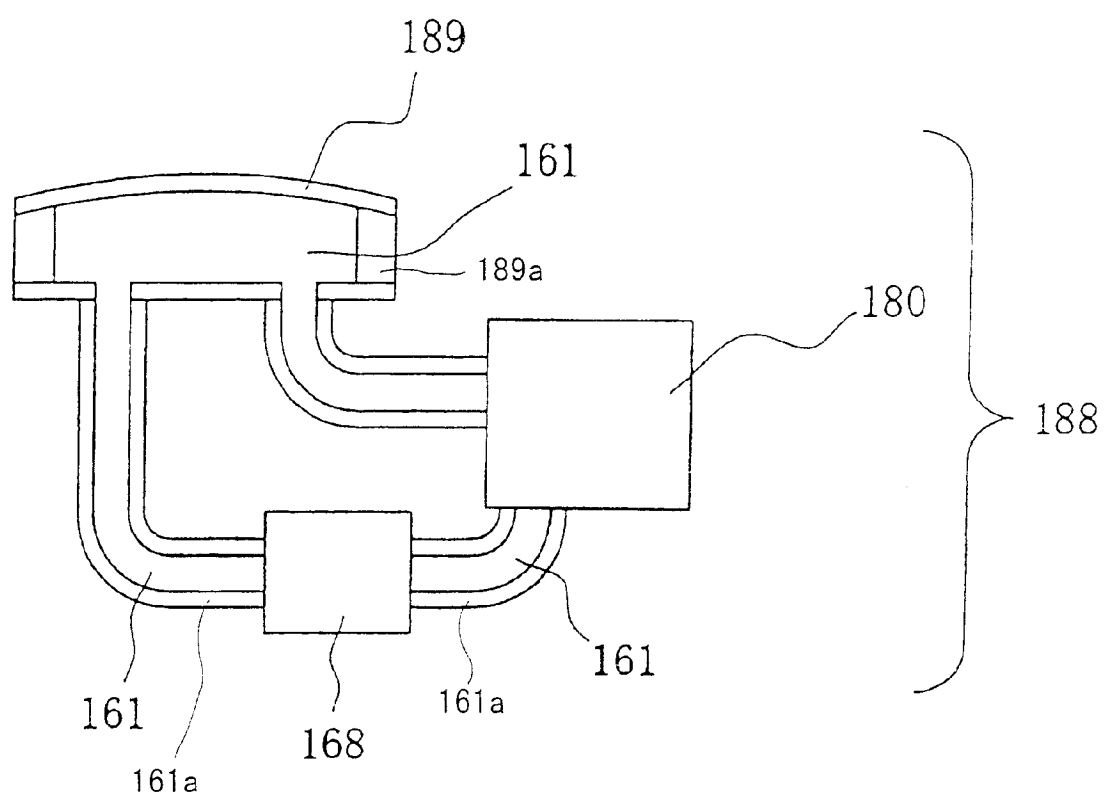


图 32

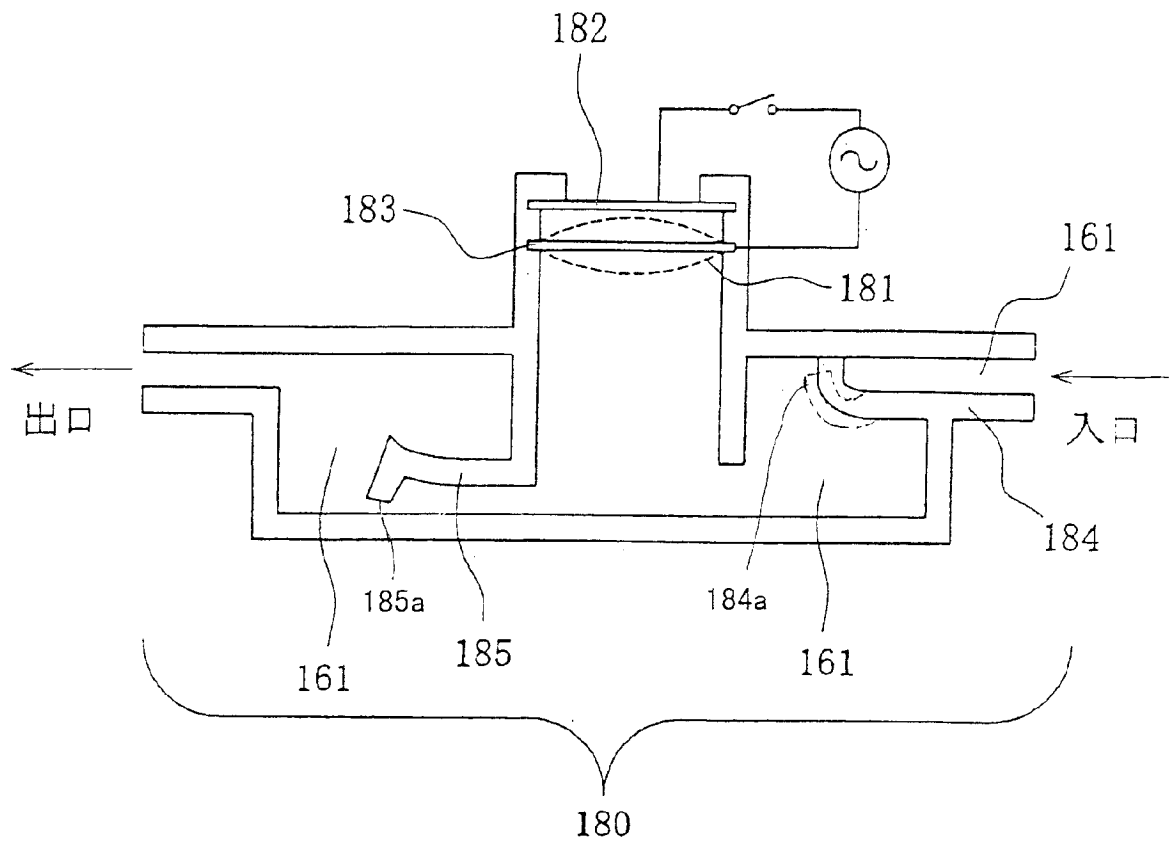


图 33

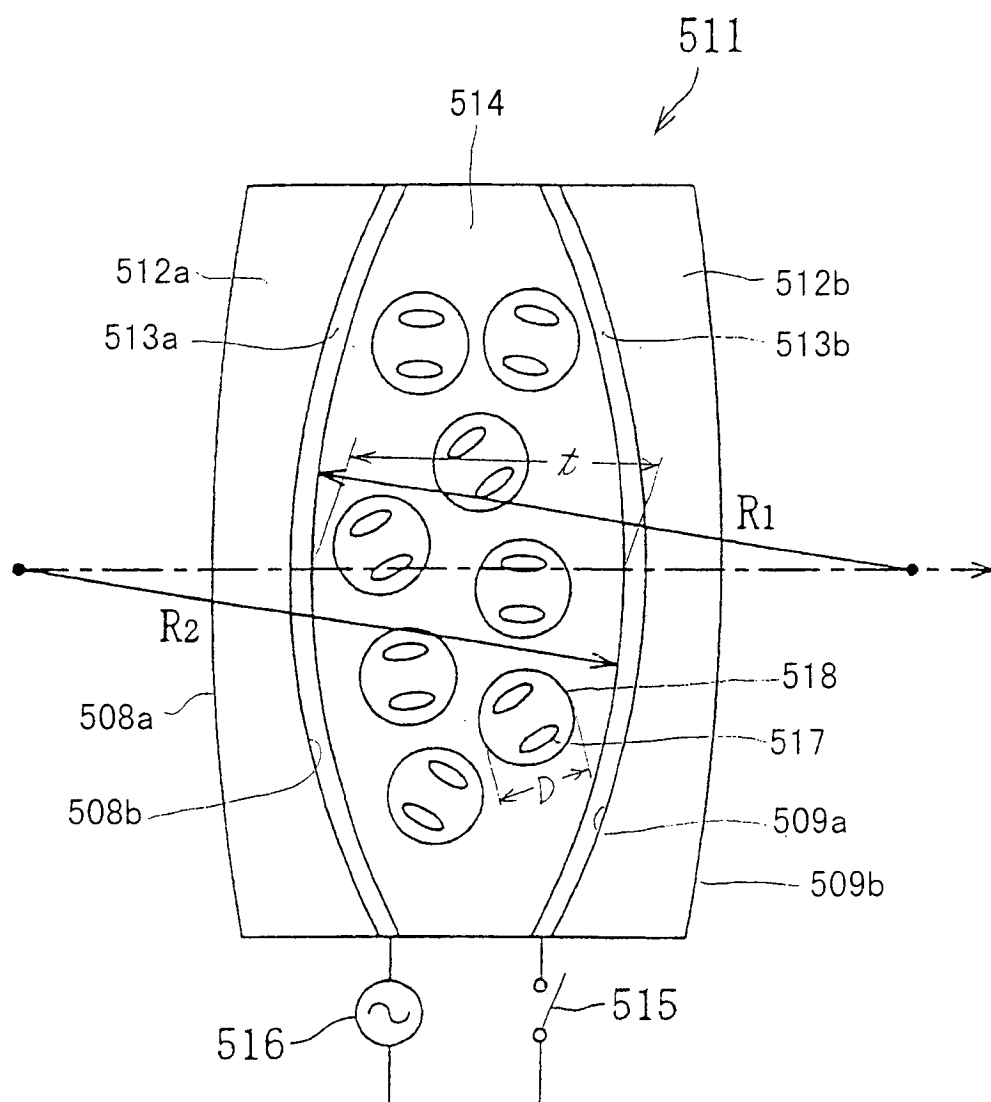


图 34

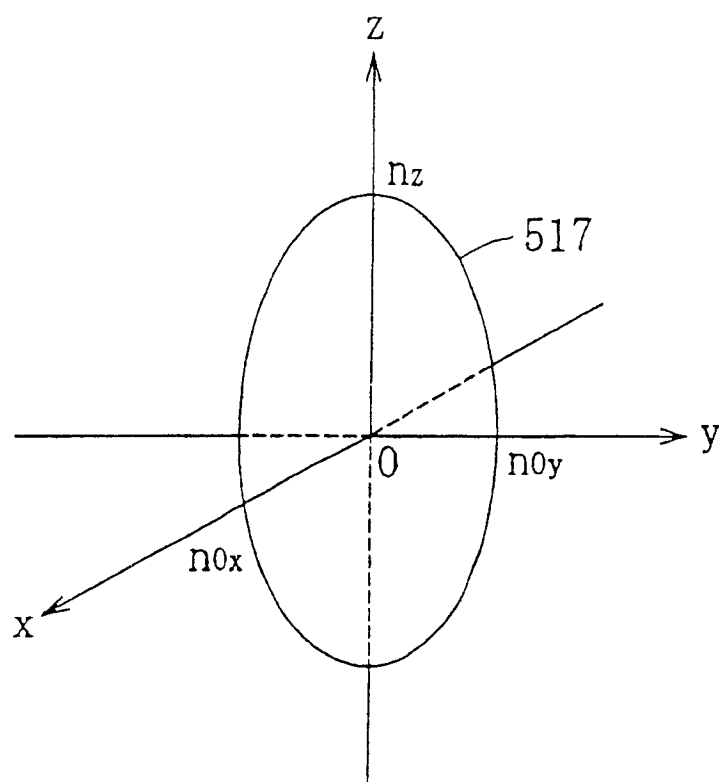


图 35

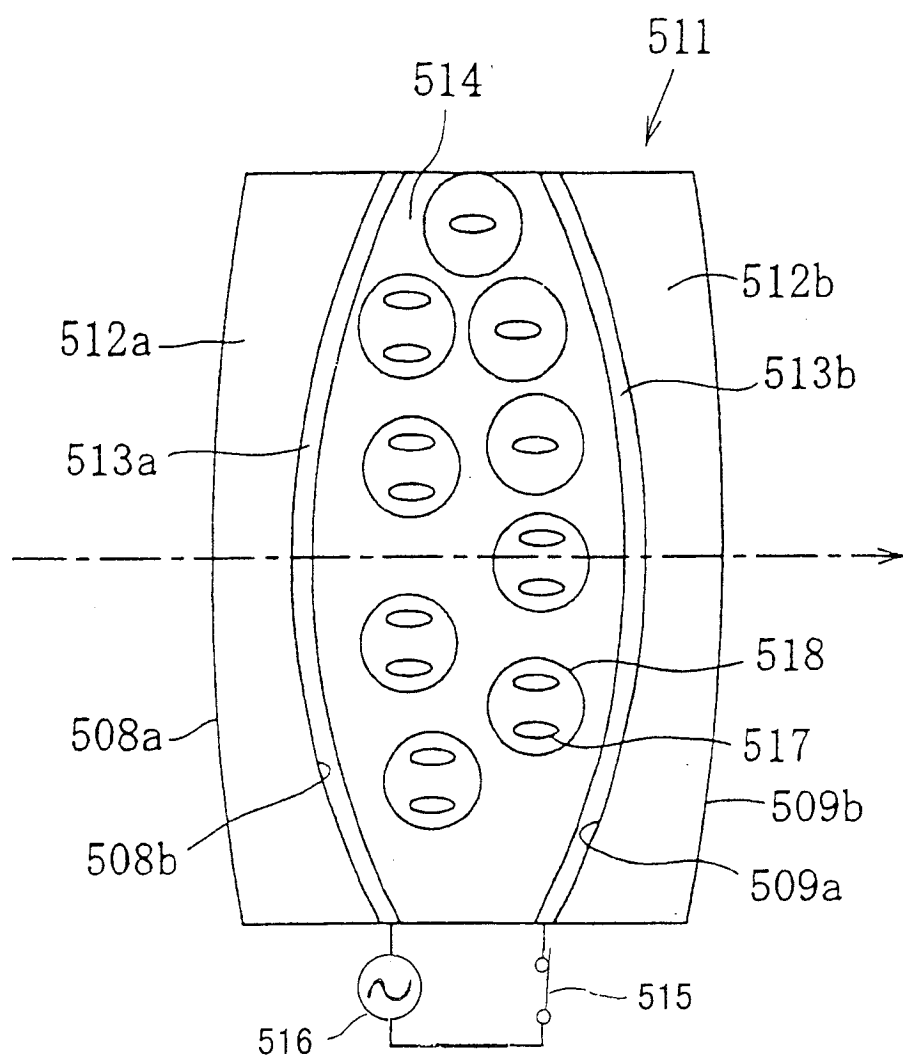


图 36

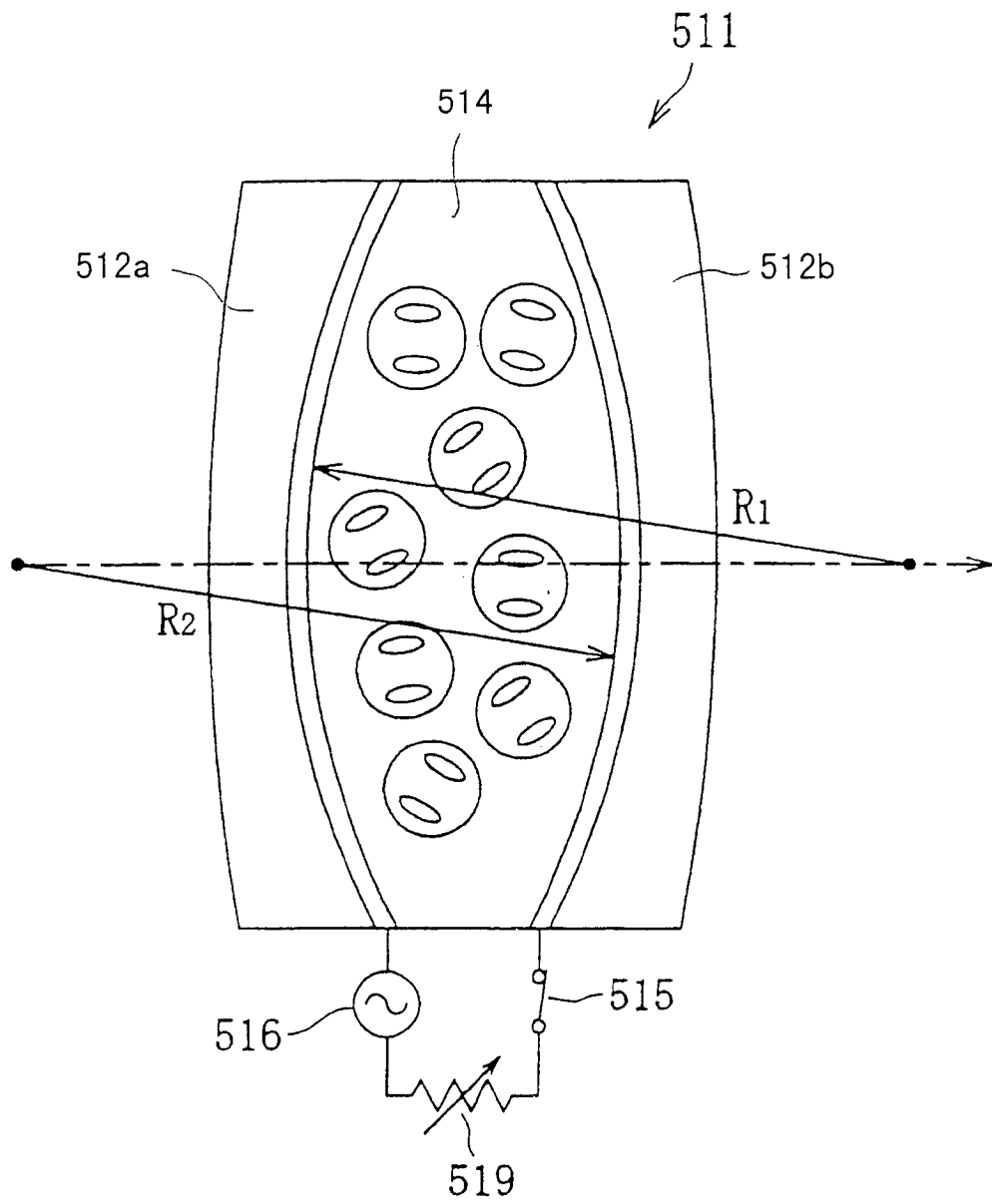


图 37

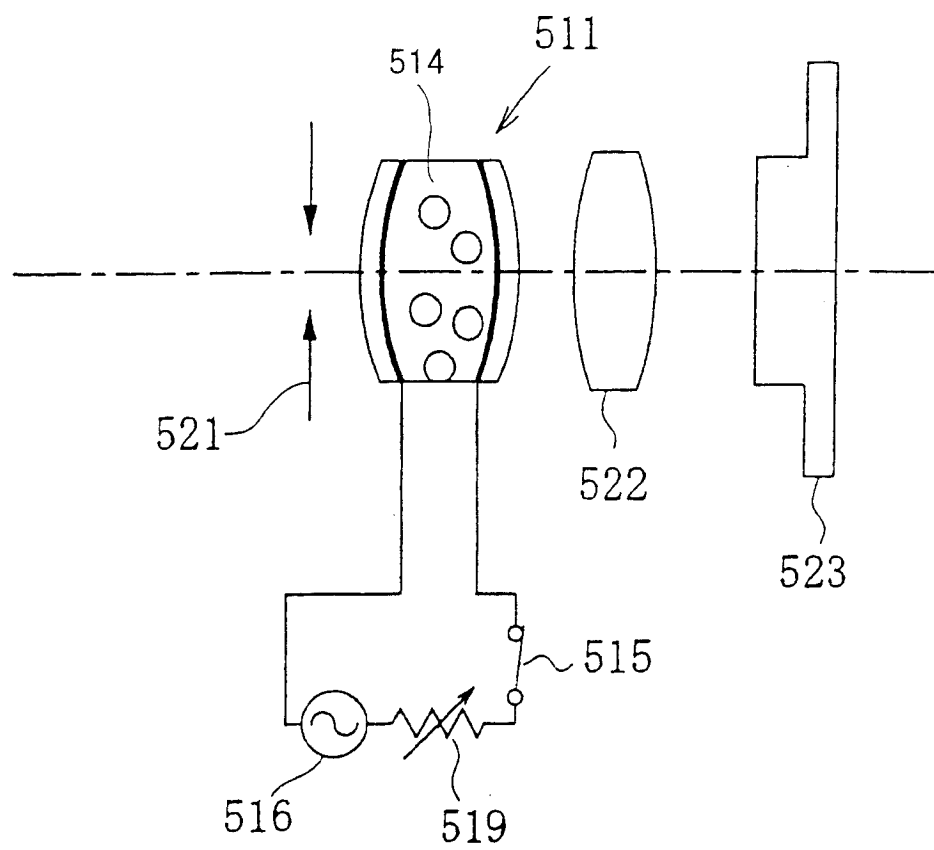


图 38

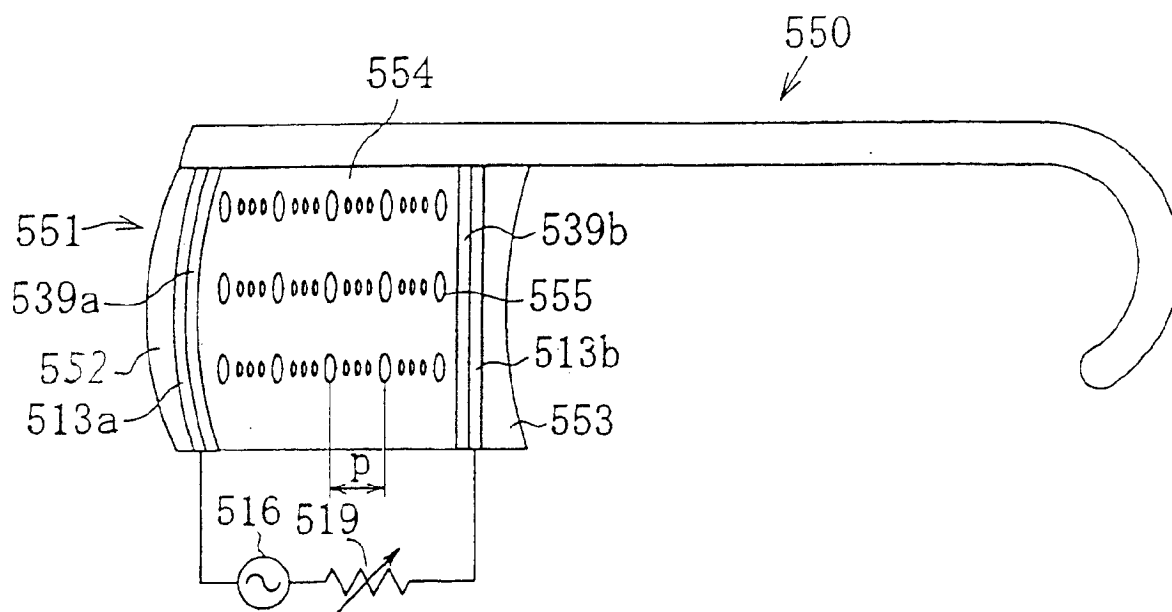


图 40

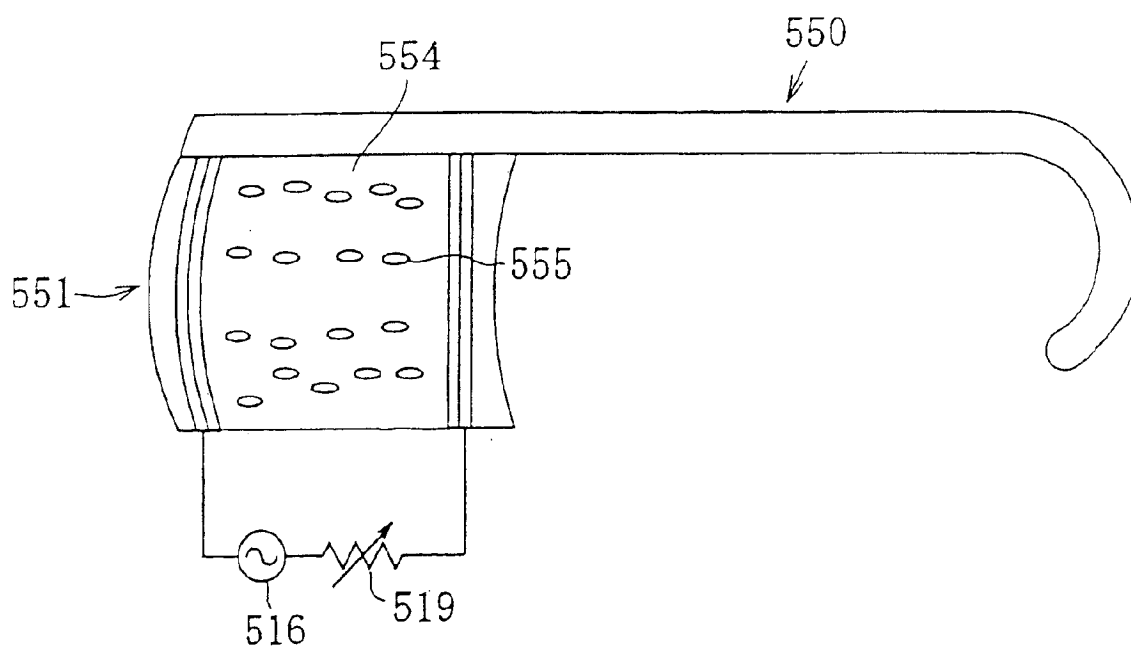


图 41

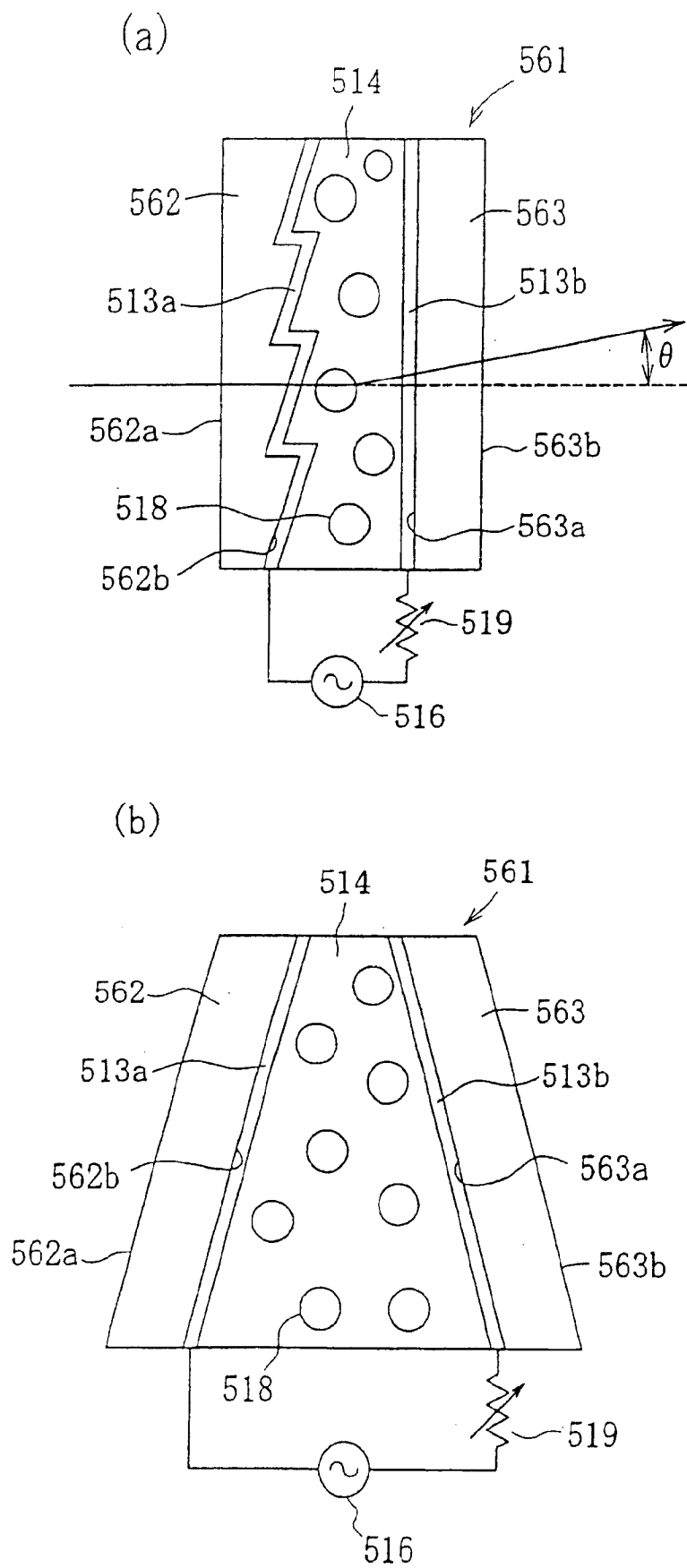


图 42

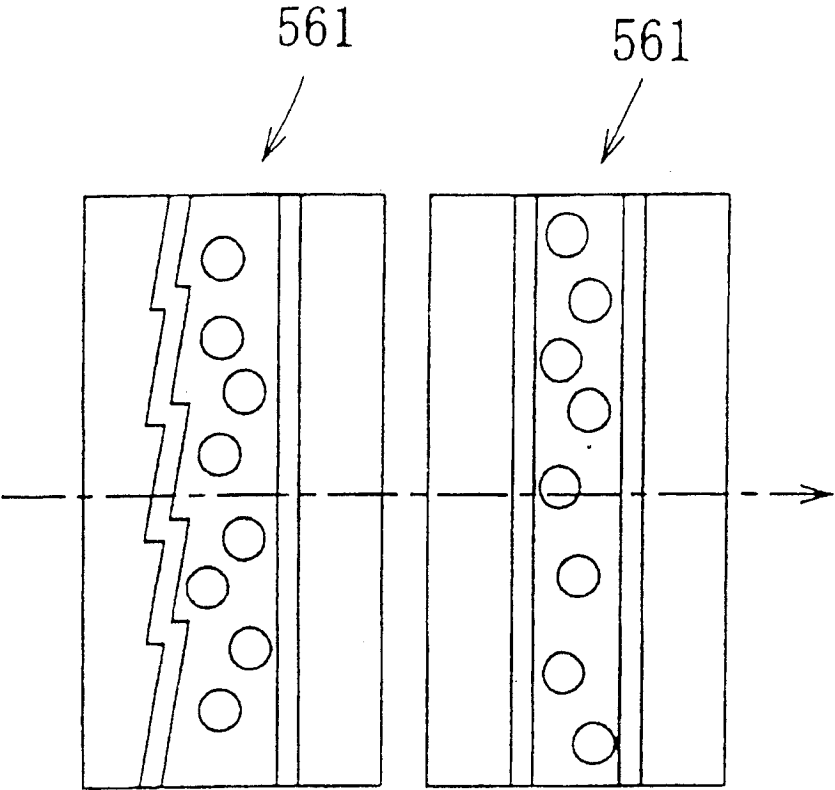


图 43

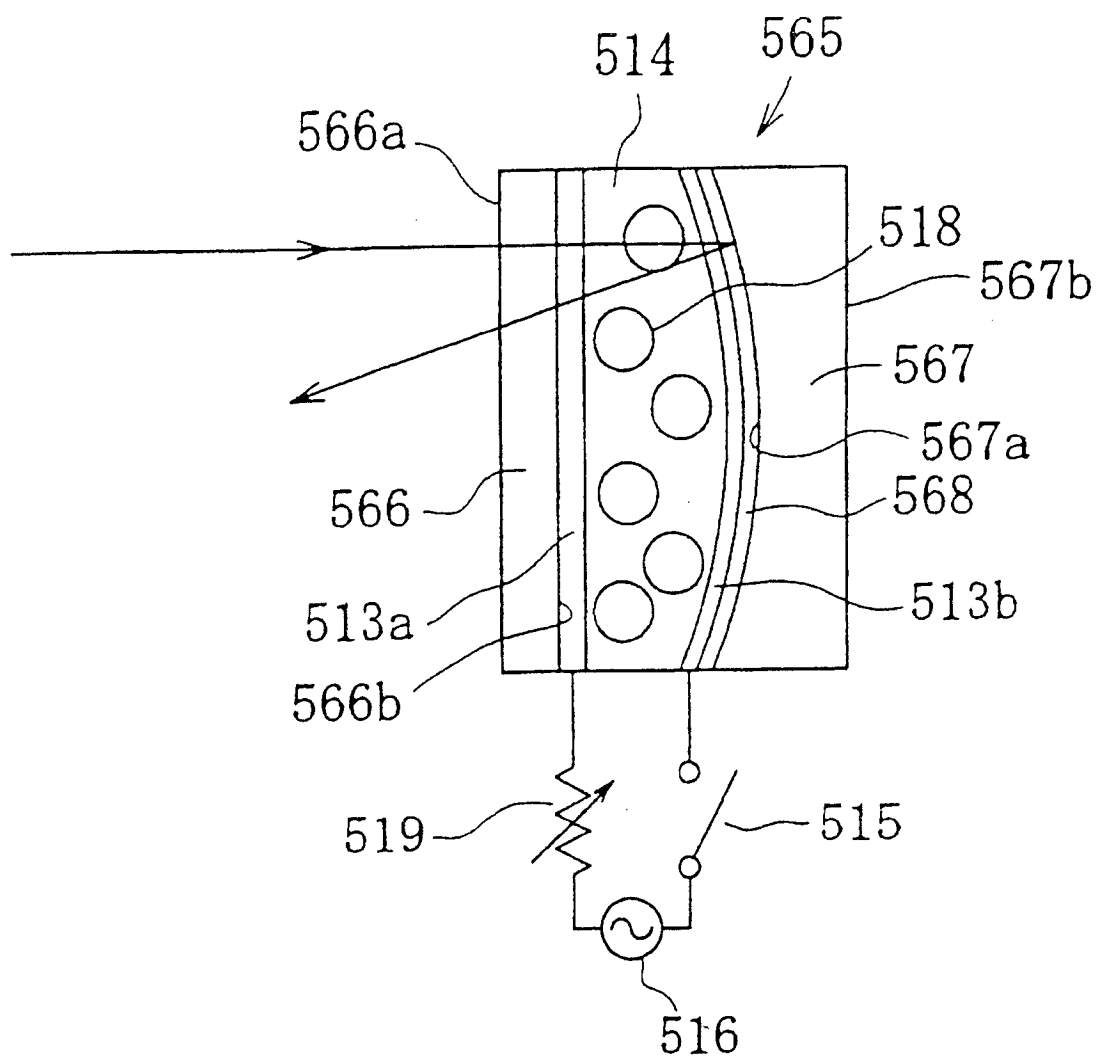


图 44

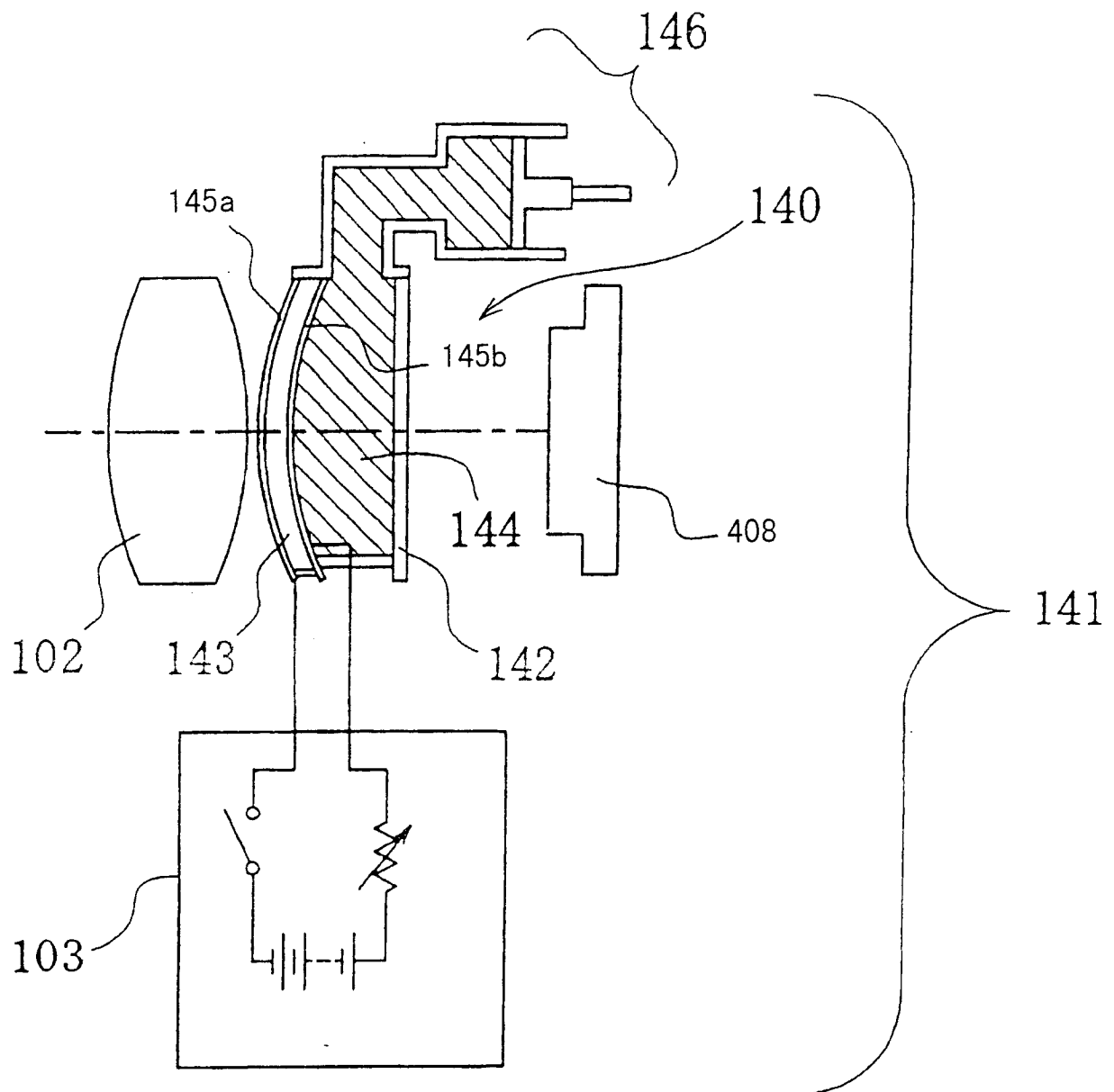


图 45

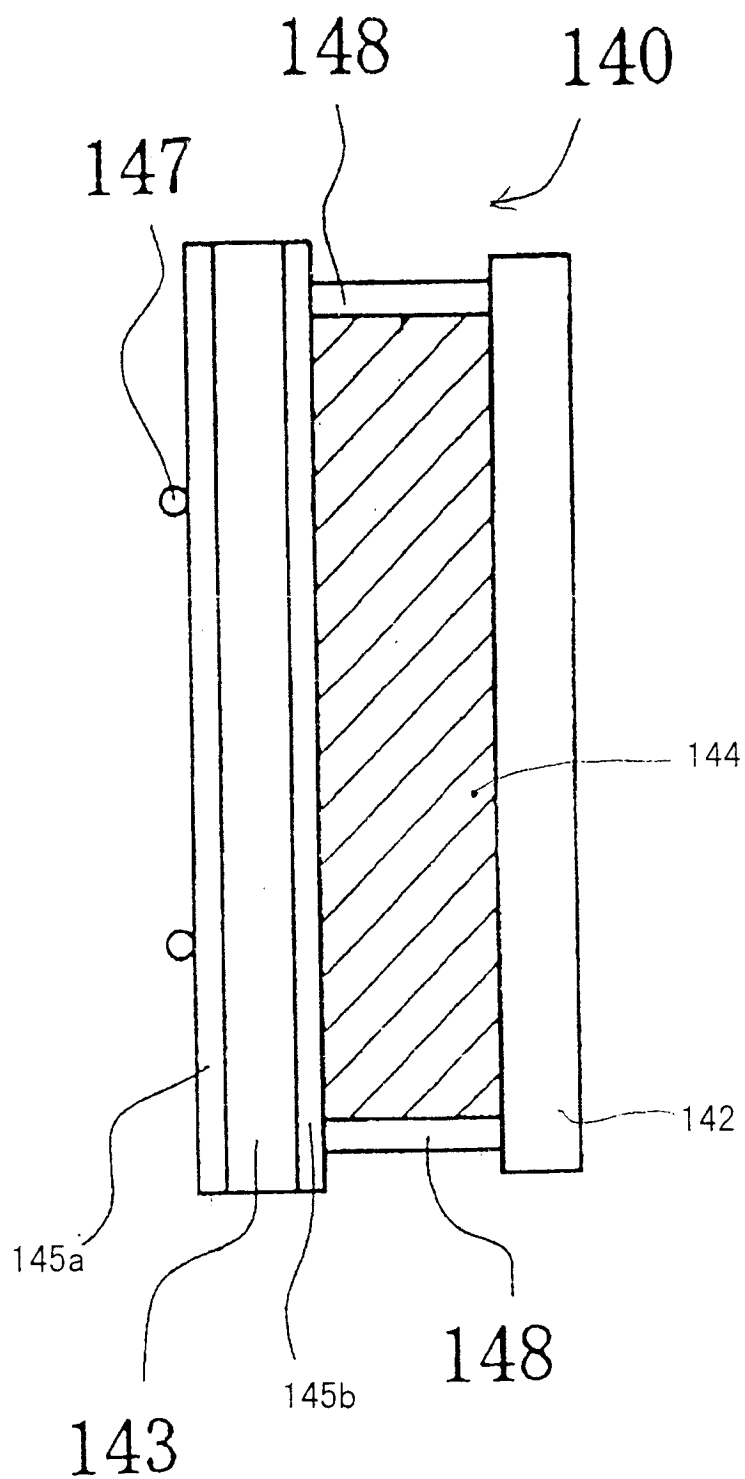


图 46

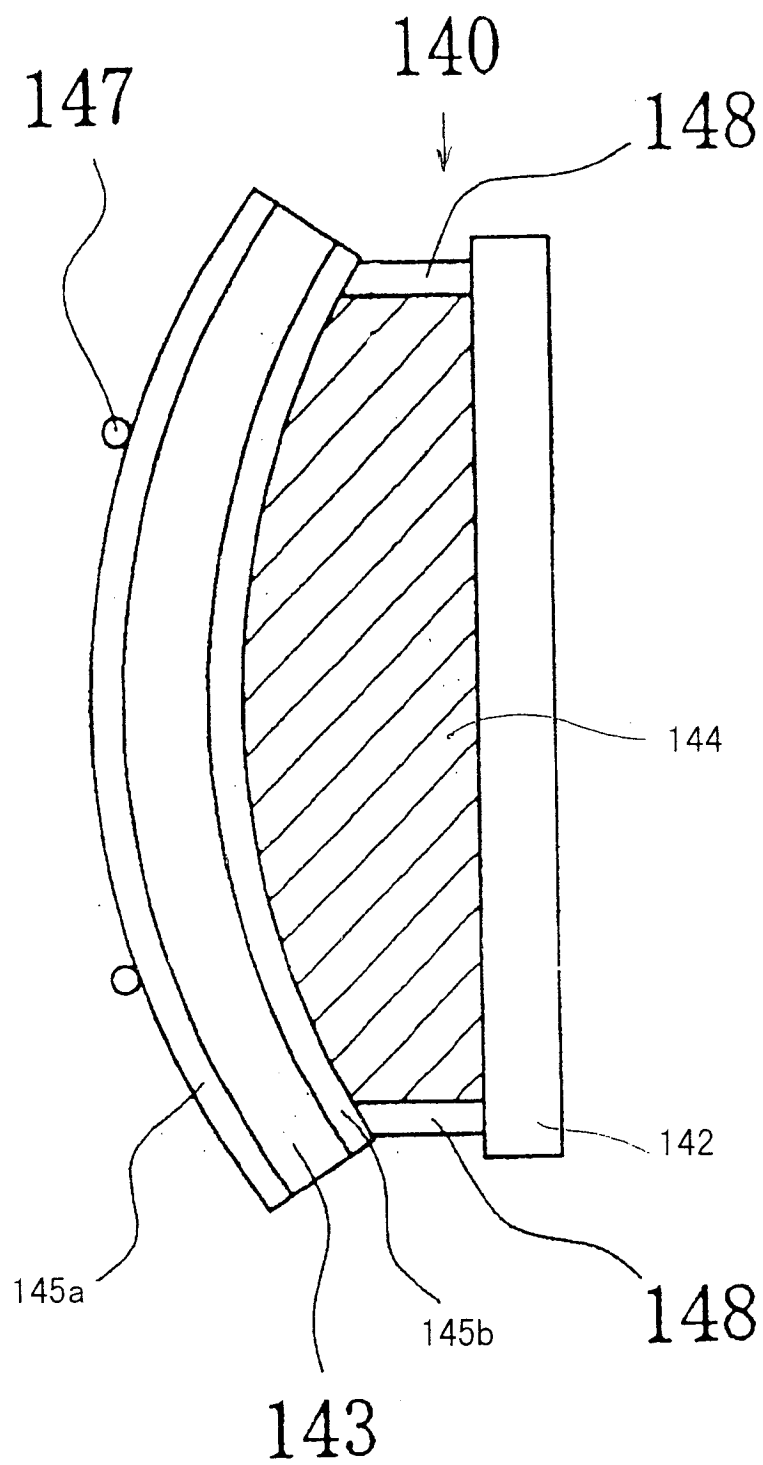


图 47

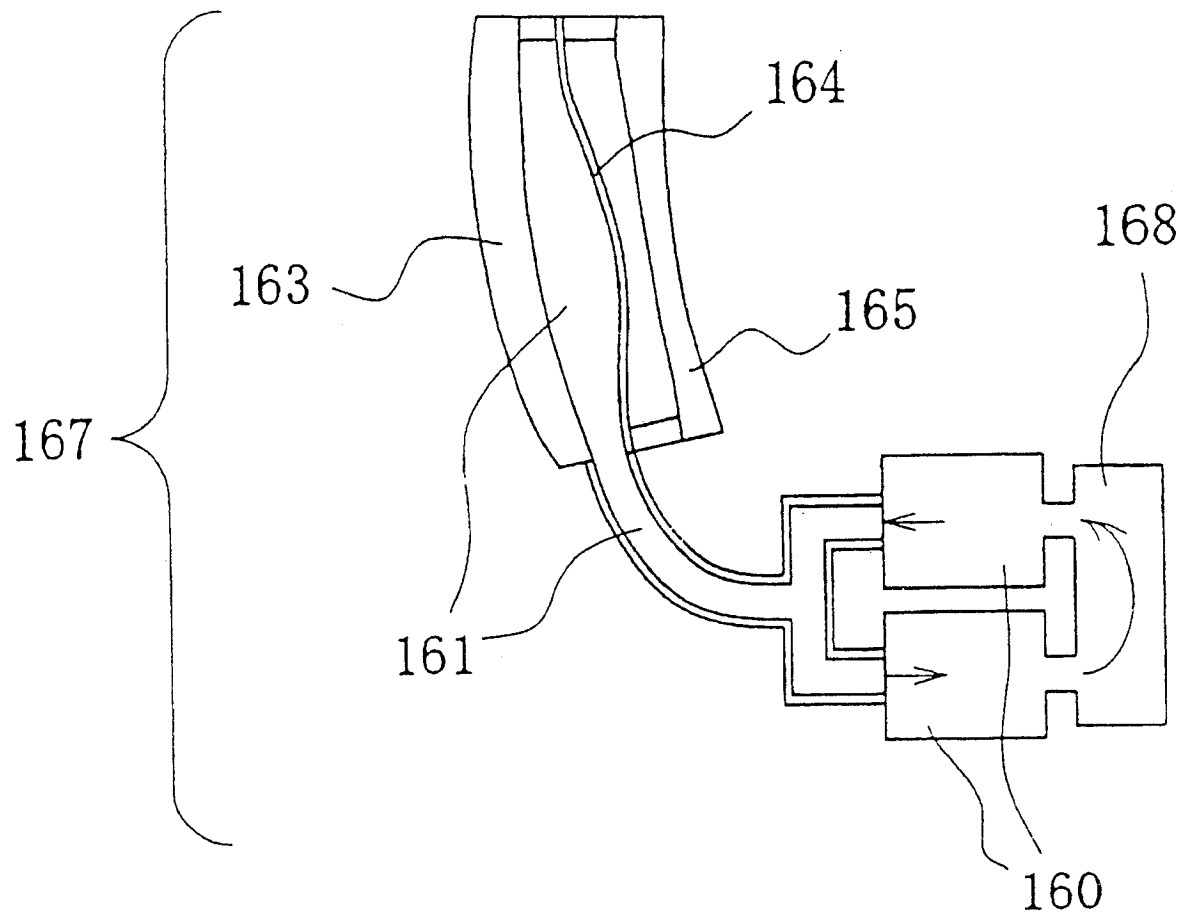


图 48

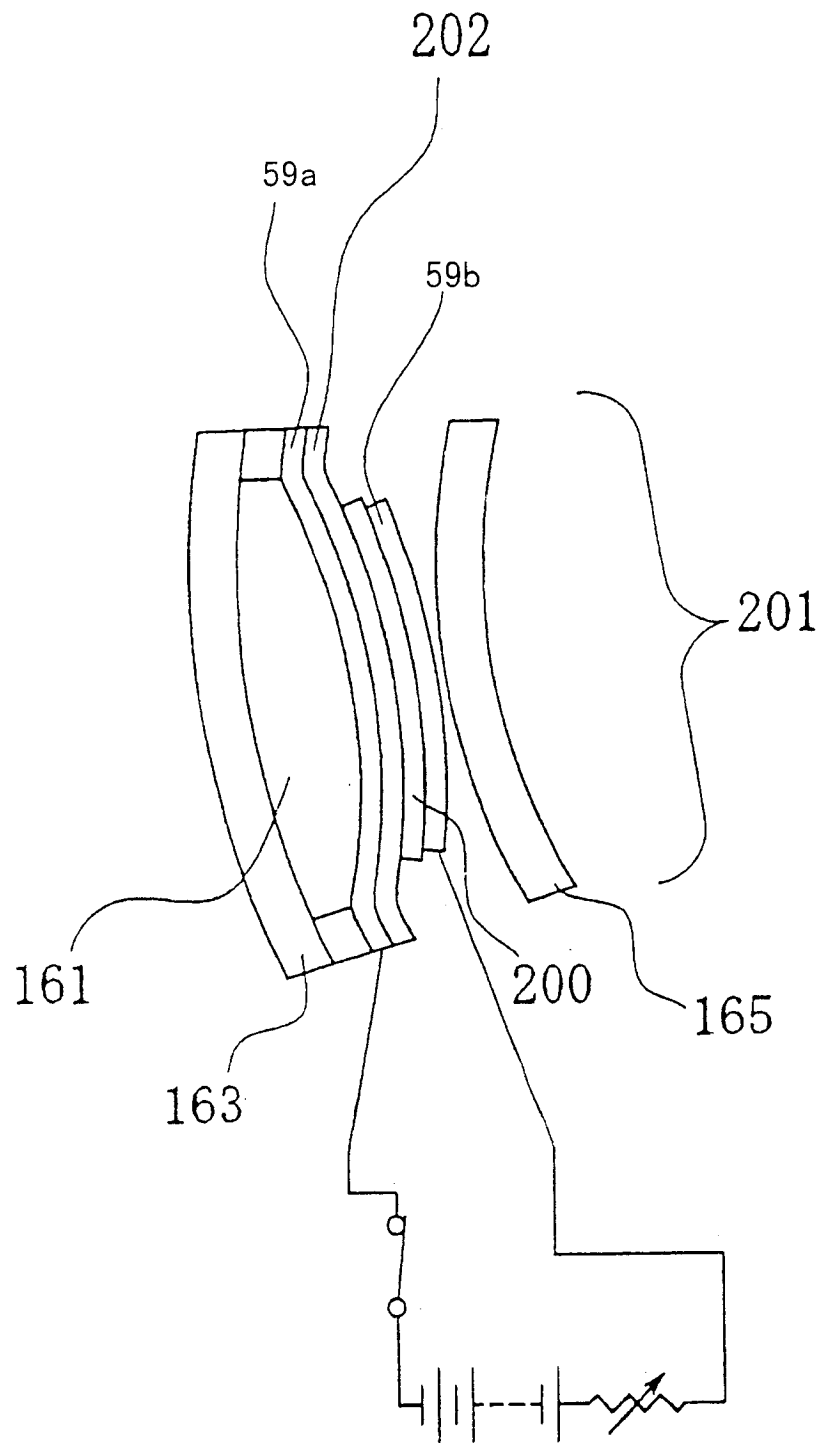


图 49

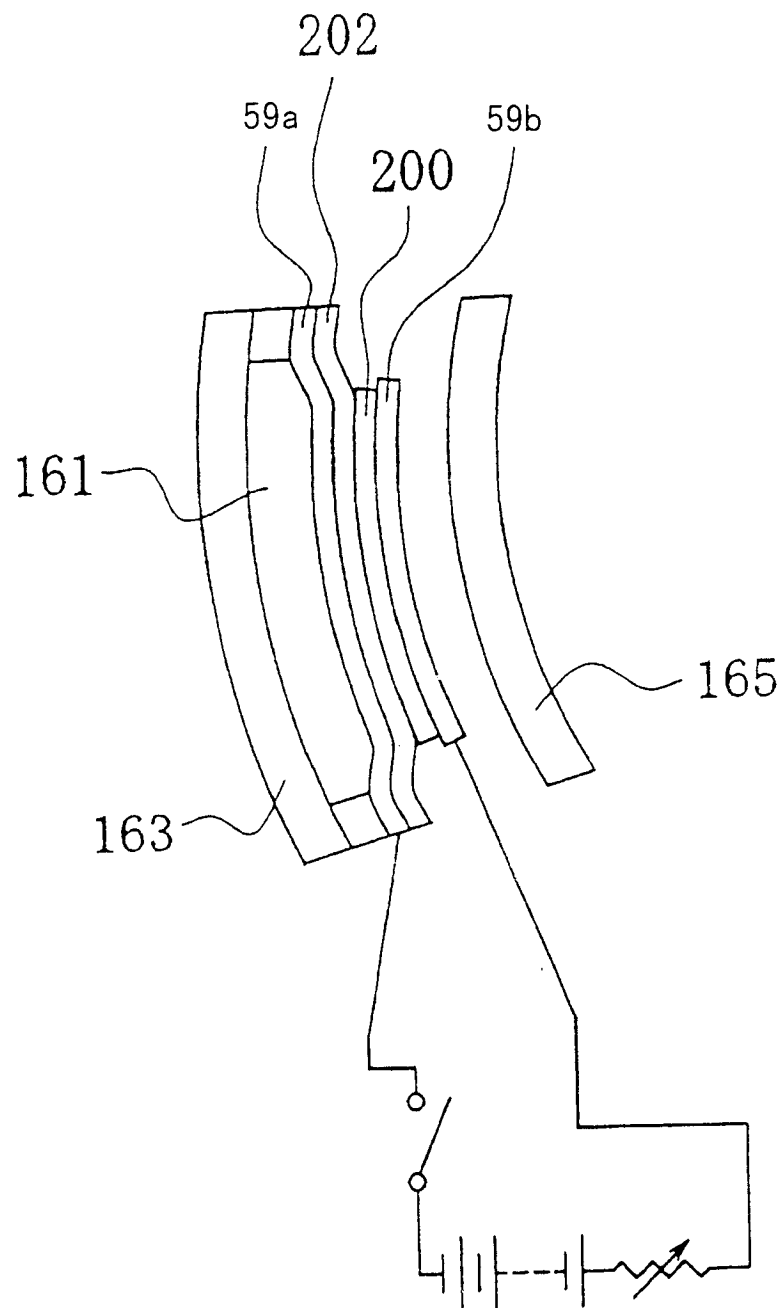


图 50

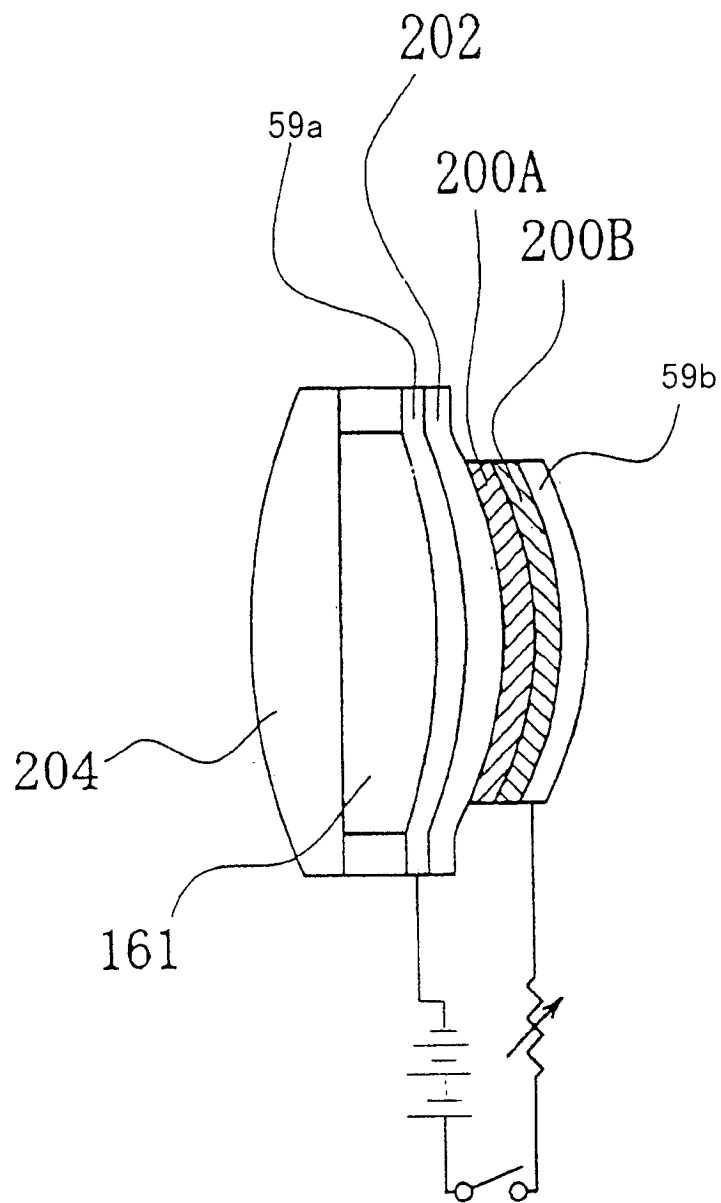


图 51

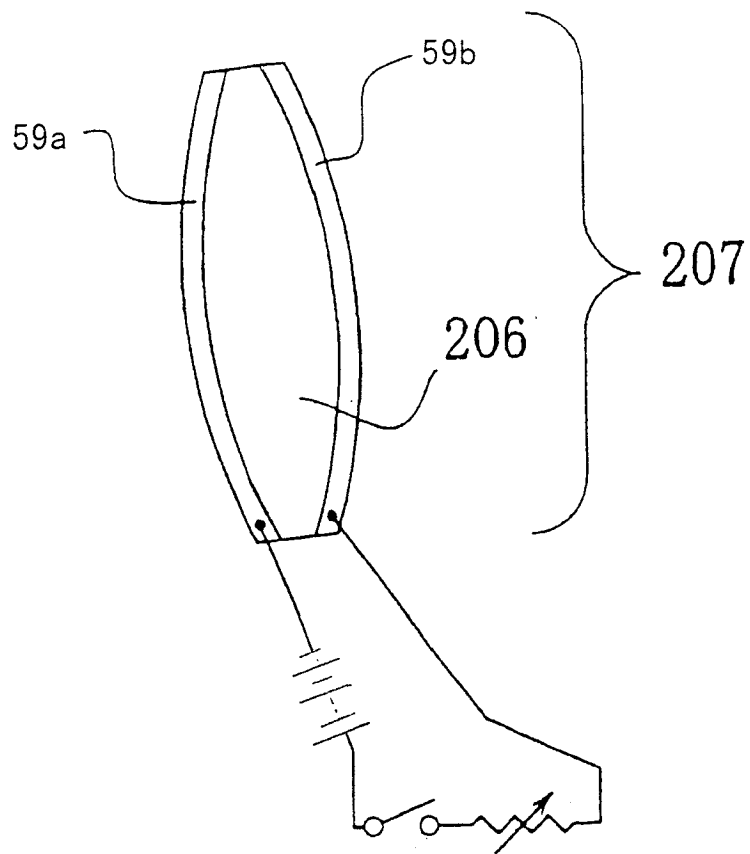


图 52

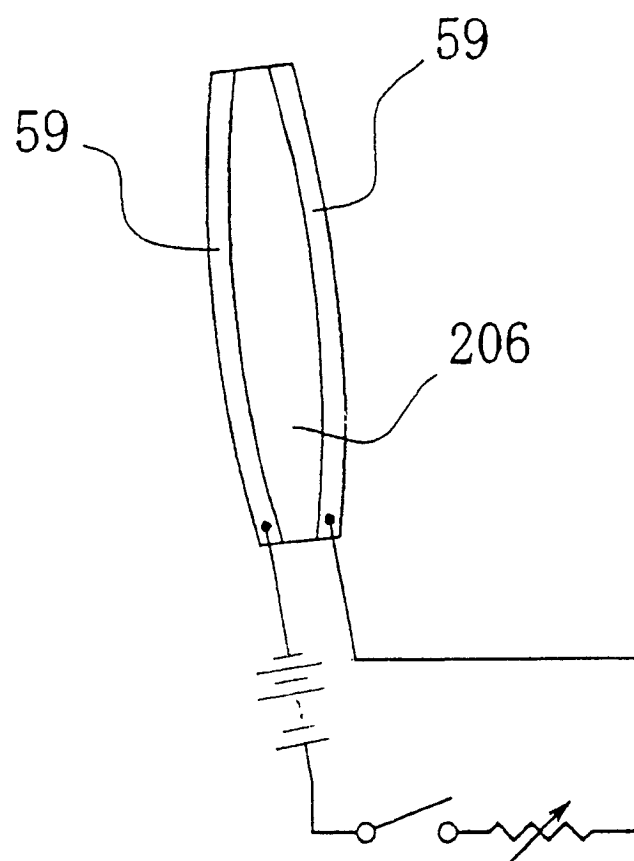


图 53

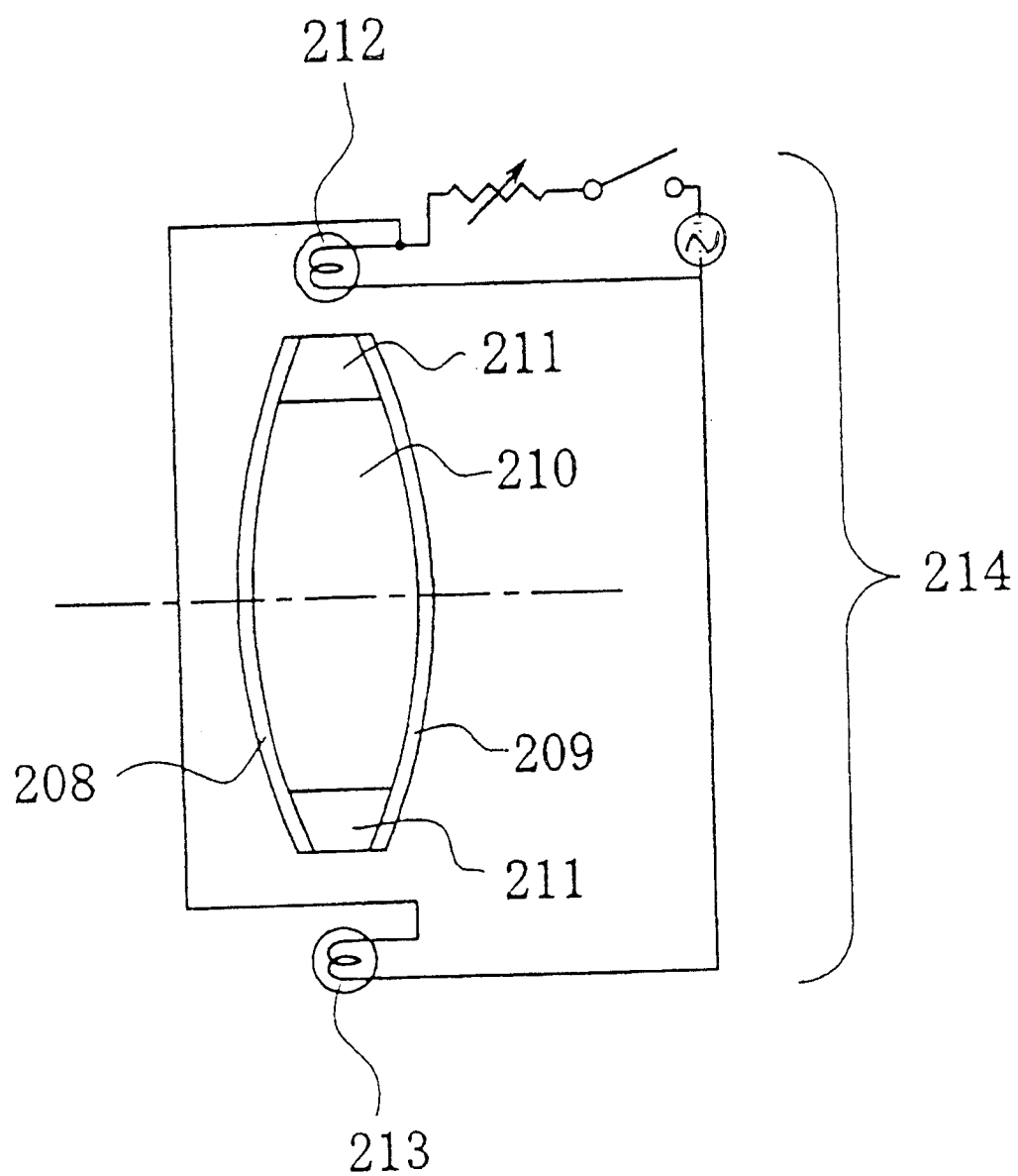
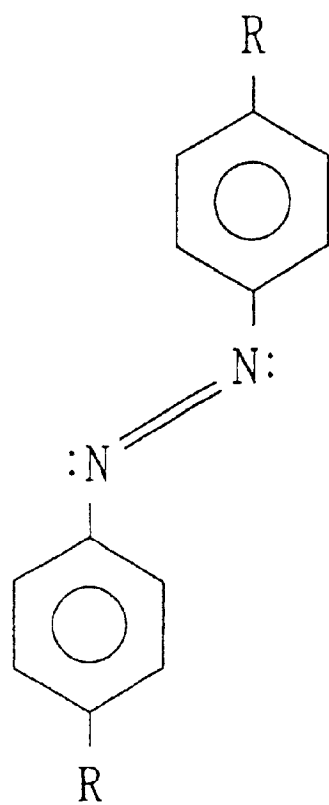


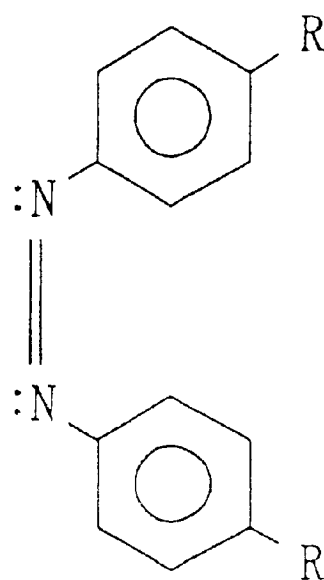
图 54

(a)



反式

(b)



顺式

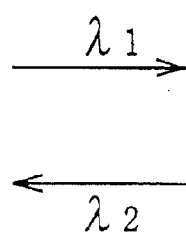


图 55

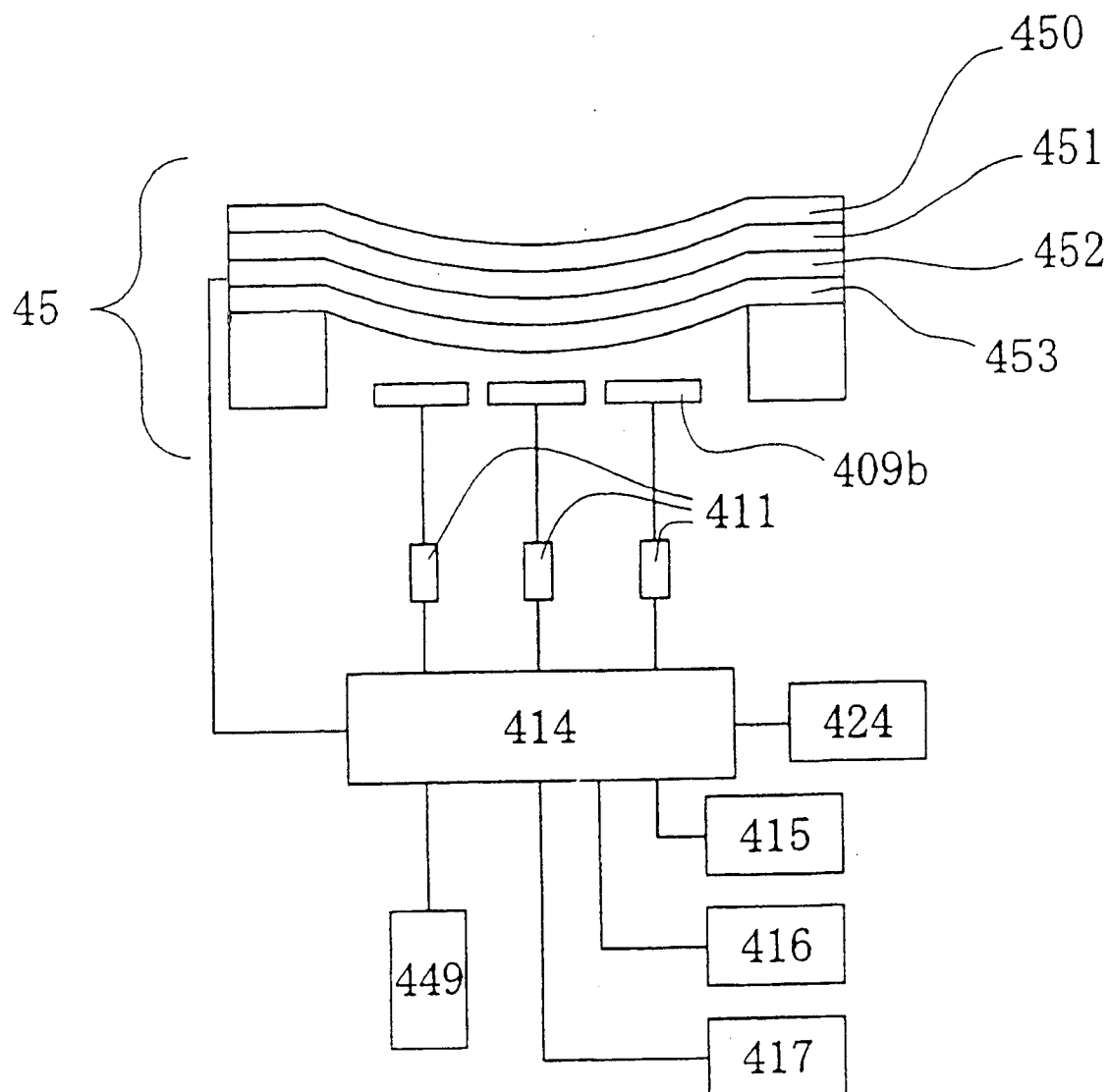


图 56