



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102422196 A

(43) 申请公布日 2012.04.18

(21) 申请号 201080021294.6

代理人 魏启学

(22) 申请日 2010.05.07

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G02B 7/34 (2006.01)

2009-115920 2009.05.12 JP

G03B 13/36 (2006.01)

2010-101439 2010.04.26 JP

H04N 5/232 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

H04N 5/374 (2011.01)

2011.11.14

H04N 5/369 (2011.01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/058144 2010.05.07

(87) PCT申请的公布数据

W02010/131725 EN 2010.11.18

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 山本英明

(74) 专利代理机构 北京魏启学律师事务所

11398

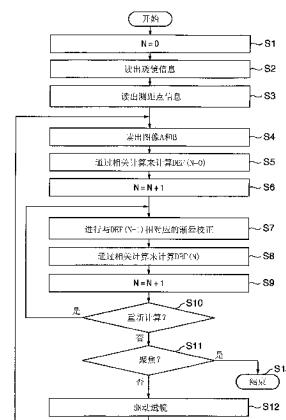
权利要求书 1 页 说明书 16 页 附图 19 页

(54) 发明名称

焦点检测设备

(57) 摘要

一种焦点检测设备包括：光电转换部件，包括第一像素组和第二像素组，第一像素组用于接收通过形成被摄体的图像的图像形成光学系统的第一光瞳区域的光束，第二像素组用于接收通过图像形成光学系统的第二光瞳区域的光束；焦点检测部件，用于基于第一像素组所生成的第一被摄体图像和第二像素组所生成的第二被摄体图像来检测图像形成光学系统的焦点状态；校正计算器，用于基于焦点检测部件的输出对第一被摄体图像和第二被摄体图像进行校正计算；以及判断部件，用于基于焦点检测部件的输出来判断是否再次进行校正计算。



1. 一种焦点检测设备,包括:

光电转换部件,包括第一像素组和第二像素组,所述第一像素组用于接收穿过用于形成被摄体图像的图像形成光学系统的第一光瞳区域的光束,所述第二像素组用于接收穿过所述图像形成光学系统的第二光瞳区域的光束;

焦点检测部件,用于基于所述第一像素组所生成的第一被摄体图像和所述第二像素组所生成的第二被摄体图像来检测所述图像形成光学系统的焦点状态;

校正计算器,用于基于所述焦点检测部件的输出对所述第一被摄体图像和所述第二被摄体图像进行校正计算;以及

判断部件,用于基于所述焦点检测部件的输出,判断是否再次进行所述校正计算。

2. 根据权利要求 1 所述的焦点检测设备,其特征在于,所述校正计算器计算与所述图像形成光学系统的第一光瞳区域相对应的第一线图像和与所述图像形成光学系统的第二光瞳区域相对应的第二线图像。

3. 根据权利要求 2 所述的焦点检测设备,其特征在于,所述校正计算器通过对所述第一被摄体图像和所述第二线图像进行卷积积分来生成第一图像信号,并通过对所述第二被摄体图像和所述第一线图像进行卷积积分来生成第二图像信号。

4. 根据权利要求 1 所述的焦点检测设备,其特征在于,所述校正计算器对所述第一被摄体图像和所述第二被摄体图像进行明暗校正。

5. 一种焦点检测设备,包括:

图像形成光学系统,用于形成被摄体的图像;

光电转换部件,包括第一像素组和第二像素组,所述第一像素组用于接收穿过所述图像形成光学系统的第一光瞳区域的光束,所述第二像素组用于接收穿过所述图像形成光学系统的第二光瞳区域的光束;

焦点检测部件,用于检测所述图像形成光学系统的焦点状态;

校正计算器,用于基于所述焦点检测部件的输出,对所述光电转换部件的第一像素组所生成的第一被摄体图像和所述光电转换部件的第二像素组所生成的第二被摄体图像进行校正计算;

信号处理选择部件,用于基于所述第一被摄体图像和所述第二被摄体图像的输出,从具有不同特性的多种信号处理中选择最优信号处理;

信号处理部件,用于对所述第一被摄体图像和所述第二被摄体图像进行所述信号处理选择部件所选择的信号处理;以及

判断部件,用于基于所述焦点检测部件的输出来判断是否再次进行所述校正计算,

其中,在所述判断部件判断为不再次进行所述校正计算之前,基于所述校正计算前的信号来选择信号处理。

6. 根据权利要求 5 所述的焦点检测设备,其特征在于,所述信号处理部件放大或衰减信号中的特定频率成分。

7. 根据权利要求 5 所述的焦点检测设备,其特征在于,在所述判断部件判断为不再次进行所述校正计算之后,基于所述校正计算后的信号来选择信号处理。

焦点检测设备

技术领域

[0001] 本发明涉及摄像设备中的焦点检测技术。

背景技术

[0002] 作为检测摄像镜头的焦点状态的一种方式,日本特开昭 58-24105(以下称为“专利文献 1”)公开了使用二维传感器来进行光瞳分割方式的焦点检测的设备,二维传感器具有各自形成有微透镜的像素。专利文献 1 中的设备被配置以使得将构成传感器的各像素中的光电转换单元分割成多个光电转换单元,该多个光电转换单元经由微透镜接收摄像镜头的光瞳的不同区域的光束。

[0003] 而且,日本专利 2959142(以下称为“专利文献 2”)公开了一种固态图像传感器,其用作图像传感器和焦点检测器,并具有二维像素阵列,在该二维像素阵列中,微透镜和光电转换单元之间的相对位置相互偏移。专利文献 2 中说明的固态图像传感器基于通过在微透镜和光电转换单元之间具有不同相对偏移方向的像素阵列所生成的图像,检测摄像镜头的焦点状态。另一方面,该传感器通过将在微透镜和光电转换单元之间具有不同相对偏移方向的像素相加来拍摄通常的图像。

[0004] 而且,本发明的申请人提交了日本特开 2005-106994(以下称为“专利文献 3”),日本特开 2005-106994 公开了使用在数字静态照相机中采用的 CMOS 图像传感器(固态图像传感器)进行光瞳分割方式的焦点检测的固态图像传感器。专利文献 3 中的固态图像传感器被配置以使得构成固态图像传感器的许多像素中的一部分像素各自包括分割成两部分的光电转换单元,以检测摄像镜头的焦点状态。光电转换单元被配置为经由微透镜接收摄像镜头的光瞳的预定区域中的光。

[0005] 图 20 是位于专利文献 3 公开的固态图像传感器的中心并进行焦点检测的像素所接收到的光的分布的说明图。图 20 示出摄像镜头的光瞳上的区域,其中,分割后的两个光电转换单元可以分别接收光。图 20 中的圆圈内的阴影区域表示摄像镜头的出射光瞳,并且非阴影区域 $S\alpha$ 和 $S\beta$ 表示分割后的两个光电转换单元可以分别接收光的区域。通常将区域 $S\alpha$ 和 $S\beta$ 设置为关于摄像镜头的光轴(图 20 中 x 轴和 y 轴之间的交点)对称。

[0006] 照相机在利用透过摄像镜头的光瞳上的区域 $S\alpha$ 的光束所生成的图像和利用透过摄像镜头的光瞳上的区域 $S\beta$ 的光束所生成的图像之间进行相关计算,从而检测摄像镜头的焦点状态。日本特开平 5-127074(以下称为“专利文献 4”)公开了一种利用透过摄像镜头的不同光瞳区域的光束所生成的图像之间的相关计算来进行焦点检测的方法。专利文献 4 还公开了以下技术:根据开口比、出射光瞳位置和图像偏移量使照相机中存储的特定滤波器变形,使变形后的滤波器适应被摄体图像,并检测图像形成状态。

[0007] 不仅可以针对位于摄像窗中心的被摄体、还可以针对通常位于摄像窗周边的被摄体来检测焦点状态。然而,通常由例如摄像窗周边的摄像镜头的框引起光束的渐晕。当该情况发生时,摄像镜头的光瞳上的区域 $S\alpha$ 和 $S\beta$ 变得不对称。因此,透过摄像镜头的光瞳上的区域 $S\alpha$ 的光束所生成的图像与透过摄像镜头的光瞳上的区域 $S\beta$ 的光束所生成的图

像具有低的一致度。结果,专利文献1~3中公开的技术具有以下缺点:即使基于透过摄像镜头的光瞳上的区域S α 的光束所生成的图像和透过摄像镜头的光瞳上的区域S β 的光束所生成的图像进行相关计算,也不能进行高精度的焦点检测。

[0008]而且,专利文献4中公开的技术具有以下缺点:仅仅通过根据上述条件使照相机中存储的特定滤波器变形,不能进行与渐晕相对应的图像校正。

发明内容

[0009]考虑到上述问题做出本发明,本发明能更精确地进行摄像设备中的焦点检测。

[0010]根据本发明,提供一种焦点检测设备,包括:光电转换部件,包括第一像素组和第二像素组,所述第一像素组用于接收穿过用于形成被摄体图像的图像形成光学系统的第一光瞳区域的光束,所述第二像素组用于接收穿过所述图像形成光学系统的第二光瞳区域的光束;焦点检测部件,用于基于所述第一像素组所生成的第一被摄体图像和所述第二像素组所生成的第二被摄体图像来检测所述图像形成光学系统的焦点状态;校正计算器,用于基于所述焦点检测部件的输出对所述第一被摄体图像和所述第二被摄体图像进行校正计算;以及判断部件,用于基于所述焦点检测部件的输出,判断是否再次进行所述校正计算。

[0011]根据本发明,还提供一种焦点检测设备,包括:图像形成光学系统,用于形成被摄体的图像;光电转换部件,包括第一像素组和第二像素组,所述第一像素组用于接收穿过所述图像形成光学系统的第一光瞳区域的光束,所述第二像素组用于接收穿过所述图像形成光学系统的第二光瞳区域的光束;焦点检测部件,用于检测所述图像形成光学系统的焦点状态;校正计算器,用于基于所述焦点检测部件的输出,对所述光电转换部件的第一像素组所生成的第一被摄体图像和所述光电转换部件的第二像素组所生成的第二被摄体图像进行校正计算;信号处理选择部件,用于基于被摄体图像的输出,从具有不同特性的多种信号处理中选择最优信号处理;信号处理部件,用于对被摄体图像进行所述信号处理选择部件所选择的信号处理;以及判断部件,用于基于所述焦点检测部件的输出来判断是否再次进行所述校正计算,其中,在所述判断部件判断为不进行所述校正计算之前,基于所述校正计算前的信号来选择信号处理。

[0012]通过以下参考附图对典型实施例的说明,本发明的其它特征将变得明显。

附图说明

[0013]图1是示出根据第一实施例的照相机的结构的框图;

[0014]图2是示出摄像元件的示意电路结构的电路图;

[0015]图3是示出摄像元件的像素部的截面图;

[0016]图4是示出摄像元件的驱动定时的时序图;

[0017]图5A和5B是摄像元件的摄像像素的平面图和截面图;

[0018]图6A和6B是用于在摄像镜头的水平方向(横向方向)上的光瞳分割的焦点检测像素的平面图和截面图;

[0019]图7A和7B是用于在摄像镜头的垂直方向(纵向方向)上的光瞳分割的焦点检测像素的平面图和截面图;

[0020]图8是用于概念性说明摄像元件的光瞳分割状况的图;

- [0021] 图 9 是用于说明焦点检测时所获取的图像和焦点检测区域的图；
- [0022] 图 10A ~ 10C 是表示在摄像元件的中心处的焦点检测像素的入射角特性的示意图；
- [0023] 图 11A 和 11B 是用于说明光束的渐晕的图；
- [0024] 图 12A 和 12B 是示出光瞳面 Me 上的光瞳区域的图；
- [0025] 图 13A 和 13B 是示出焦点检测像素的光瞳强度分布的图；
- [0026] 图 14A ~ 14C 是示出在摄像元件中心处的焦点检测像素的光瞳面 Me 上的渐晕的图；
- [0027] 图 15A ~ 15C 是示出在具有离摄像元件的中心的给定图像高度的位置处的像素的光瞳面 Me 上的渐晕的图；
- [0028] 图 16A ~ 16G 是用于说明消除被摄体图像的非对称性的滤波处理的概念图；
- [0029] 图 17 是示出焦点检测操作的流程图；
- [0030] 图 18 是示出渐晕校正操作的流程图；
- [0031] 图 19A 和 19B 是表示入射到摄像元件的光束的图；
- [0032] 图 20 是固态图像传感器的说明图；
- [0033] 图 21 是焦点检测序列的流程图；以及
- [0034] 图 22 是相关计算序列的流程图。

具体实施方式

- [0035] 第一实施例
- [0036] 图 1 是示出用作根据本发明第一实施例的包括焦点检测设备的摄像设备的照相机的结构的框图。参考图 1，附图标记 101 表示位于摄像光学系统（图像形成光学系统）的前端的第一透镜组。第一透镜组 101 被保持为在光轴方向上可伸缩。附图标记 102 表示光圈 / 快门，其不仅通过调节其开口大小来调节摄像期间的光量，还在静止摄像期间用作摄像曝光时间调节快门。附图标记 103 表示第二透镜组。光圈 / 快门 102 和第二透镜组 103 在光轴方向上一起向前 / 向后移动，并与第一透镜组 101 的向前 / 向后移动操作连动来提供变倍功能（变焦功能）。附图标记 105 表示在光轴方向上向前 / 向后移动来进行焦点调节的第三透镜组。附图标记 106 表示用作用于减少所拍摄图像中的任意伪色和波纹的光学元件的光学低通滤波器。附图标记 107 表示摄像元件，其用作光电转换部件并包括 CMOS 传感器及其周边电路。摄像元件 107 是二维单板颜色传感器，其中，在 m (列) \times n (行) 的光接收像素上，以拜耳阵列形成片上原色马赛克滤波器。
- [0037] 附图标记 111 表示变焦致动器，用于通过枢转凸轮筒（未示出）在光轴方向上向前 / 向后驱动第一透镜组 101 至第三透镜组 105 以进行变倍操作。附图标记 112 表示光圈 / 快门致动器，其控制光圈 / 快门 102 的开口大小以调节拍摄光量，并控制静止摄像期间的曝光时间。附图标记 114 表示用于在光轴方向上向前 / 向后驱动第三透镜组 105 以进行焦点调节的调焦致动器。附图标记 115 表示在摄像期间用于被摄体照明的电子闪光灯。电子闪光灯 115 优选为使用氙气的闪光照明装置，但可以是包括持续发光的 LED 的照明装置。附图标记 116 表示 AF 辅助光发射器，其经由投影透镜将具有预定开口图案的掩模的图像投影到被摄体上，以提高针对暗的被摄体或低对比度被摄体的焦点检测能力。

[0038] 附图标记 121 表示进行照相机本体的各种控制并内置在照相机中的 CPU。CPU 121 包括例如算术运算单元、ROM、RAM、A/D 转换器、D/A 转换器和通信接口电路。基于 ROM 中存储的预定程序，CPU 121 驱动照相机的各种电路以进行诸如 AF（自动调焦）、摄像、图像处理和图像记录等的一系列操作。附图标记 122 表示电子闪光灯控制电路，用于与摄像操作同步地控制电子闪光灯 115 的开启 / 关闭。附图标记 123 表示辅助光驱动电路，用于与焦点检测操作同步地控制 AF 辅助光发射器 116 的开启 / 关闭。附图标记 124 表示摄像元件驱动电路，用于控制摄像元件 107 的摄像操作，对所获得的图像信号进行 A/D 转换，并将转换后的信号发送至 CPU 121。附图标记 125 表示对摄像元件 107 所获取的图像进行诸如 γ 转换、颜色插值和 JPEG 压缩等的处理的图像处理电路。

[0039] 附图标记 126 表示调焦驱动电路，用于基于焦点检测结果来控制调焦致动器 114 的驱动并驱动第三透镜组 105 在光轴方向上向前 / 向后以进行焦点调节。附图标记 128 表示光圈 / 快门驱动电路，用于控制光圈 / 快门致动器 112 的驱动以控制光圈 / 快门 102 的开口。附图标记 129 表示变焦驱动电路，用于根据拍摄者的变焦操作来驱动变焦致动器 111。附图标记 131 表示诸如 LCD 等的显示装置，用于显示例如与照相机的摄像模式有关的信息、摄像前的预览图像、摄像之后的验证图像和焦点检测时的焦点状态显示图像。附图标记 132 表示操作开关组，包括例如电源开关、释放（摄像触发器）开关、变焦操作开关和摄像模式选择开关。附图标记 133 表示记录所拍摄图像的可拆卸闪速存储器。

[0040] 图 2 是示出根据本发明第一实施例的摄像元件的示意电路结构的电路图，并且其优选示例是在本发明的申请人提交的日本特开平 09-046596 中公开的技术。图 2 示出二维 CMOS 区域传感器中的 2×4 个像素的范围。然而，当使用该传感器作为摄像元件时，可以通过配置大量如图 2 所示的像素来获取高分辨率图像。将假定以下的情况来说明该实施例，其中，所使用的摄像元件具有 $2 \mu\text{m}$ 的像素间隔、 $3000 \times 2000 = 6000000$ 个有效像素，并且摄像窗具有 6mm （水平） $\times 4\text{mm}$ （垂直）的大小。

[0041] 参考图 2，附图标记 1 表示包括 MOS 晶体管栅极和栅极下的耗尽层的光电转换元件的光电转换单元；附图标记 2 表示光栅；附图标记 3 表示传送开关 MOS 晶体管；附图标记 4 表示复位 MOS 晶体管；以及附图标记 5 表示源极跟随器放大器 MOS 晶体管。附图标记 6 表示水平选择开关 MOS 晶体管；附图标记 7 表示源极跟随器负载 MOS 晶体管；附图标记 8 表示暗输出传送 MOS 晶体管；附图标记 9 表示明输出传送 MOS 晶体管；附图标记 10 表示暗输出存储电容器 C_{TN} ；以及附图标记 11 表示明输出存储电容器 C_{TS} 。附图标记 12 表示水平传送 MOS 晶体管；附图标记 13 表示水平输出线复位 MOS 晶体管；附图标记 14 表示差分输出放大器；附图标记 15 表示水平扫描电路；以及附图标记 16 表示垂直扫描电路。

[0042] 图 3 是示出本实施例中的摄像元件的像素部的截面图。参考图 3，附图标记 17 表示 P 型阱，附图标记 18 表示栅极氧化膜，附图标记 19 表示第一多晶硅层，附图标记 20 表示第二多晶硅层，以及附图标记 21 表示 n^+ 浮动扩散部（FD 部）。经由其它传送 MOS 晶体管将 FD 部 21 连接至其它光电转换单元。尽管两个传送开关 MOS 晶体管 3 的漏极共用图 3 中的 FD 部 21 以小型化并通过减少 FD 部 21 的容量来提高灵敏度，但 FD 部 21 可以通过 A1 互连来相互连接。

[0043] 接着将参考图 4 所示的时序图来说明摄像元件的操作。该时序图应用于进行来自所有像素的独立输出的情况。首先，响应于来自垂直扫描电路 16 的定时输出，将控制脉冲

ϕ_L 设置为高以复位垂直输出线。而且,将控制脉冲 ϕR_0 、 ϕPG_{00} 和 ϕPGe_0 设置为高以接通复位 MOS 晶体管 4,并且将光栅 2 的第一多晶硅层 19 的电势设置为高。在时刻 T_0 ,将控制脉冲 ϕS_0 设置为高以接通水平选择开关 MOS 晶体管 6,并选择第一行和第二行中的像素部。接着,将控制脉冲 ϕR_0 改变为低以取消 FD 部 21 的复位,所以将 FD 部 21 设置为浮动状态,并建立源极跟随器放大器 MOS 晶体管 5 的栅极至源极路径。之后,在时刻 T_1 ,将控制脉冲 ϕT_N 设置为高。通过源极跟随器操作将 FD 部 21 的暗电压输出至暗输出存储电容 C_{TN} 10。

[0044] 针对第一行中的像素的光电转换输出,将第一行中的控制脉冲 ϕTX_{00} 设置为高以使传送开关 MOS 晶体管 3 通电。之后,在时刻 T_2 ,将控制脉冲 ϕPG_{00} 改变为低。此时,优选提高在光栅 2 下延伸的电势阱,以生成用于将所有发光载体传送至 FD 部 21 的电压。为此,可以采用固定电势来代替控制脉冲 ϕTX ,只要可以传送所有发光载体即可。

[0045] 随着在时刻 T_2 将电荷从光电二极管的光电转换单元 1 传送至 FD 部 21,FD 部 21 的电势根据光的特性而改变。此时,因为源极跟随器放大器 MOS 晶体管 5 处于浮动状态,因而在时刻 T_3 将控制脉冲 ϕT_S 设置为高以将 FD 部 21 的电势输出至存储电容器 C_{TS} 11。此时,将第一行中的像素的暗输出和明输出分别存储在存储电容器 C_{TN} 10 和 C_{TS} 11 中。在时刻 T_4 ,将控制脉冲 ϕHC 临时设置为高以对水平输出线复位 MOS 晶体管 13 通电,从而复位水平输出线。在水平传送期间,根据来自水平扫描电路 15 的扫描定时信号将像素的暗输出和明输出传送至水平输出线。此时,可以通过由差分输出放大器 14 生成存储电容器 C_{TN} 10 和 C_{TS} 11 之间的差分输出 V_{OUT} 来获得去除了像素中的任何随机噪声和固定图案噪声因而具有高 S/N 比的信号。与将像素 30-11 和 30-21 的光电荷分别存储在存储电容器 C_{TN} 10 和 C_{TS} 11 中这一操作同时地将像素 30-12 和 30-22 的光电荷分别存储在存储电容器 C_{TN} 10 和 C_{TS} 11 中。通过将来自水平扫描电路 15 的定时脉冲延迟一个像素将光电荷读出至水平输出线,并从差分输出放大器 14 输出光电荷。尽管在本实施例中示出在芯片内生成差分输出 V_{OUT} 的结构,但可以通过在外部使用传统的 CDS(相关双采样) 电路来代替在芯片内生成差分输出 V_{OUT} ,以获得相同的效果。

[0046] 在将明输出传送至存储电容器 C_{TS} 11 之后,将控制脉冲 ϕR_0 改变为高以对复位 MOS 晶体管 4 通电,从而将 FD 部 21 复位至电源 V_{DD} 。在完成第一行中的水平传送之后,读出第二行。通过以下方式来读出第二行:以相同的方式驱动控制脉冲 ϕTX_{E0} 和 ϕPGe_0 ,供给高控制脉冲 ϕT_N 和 ϕT_S ,将光电荷分别存储在存储电容器 C_{TN} 10 和 C_{TS} 11 中,并提取暗输出和明输出。上述驱动允许第一行和第二行的独立读出。之后,可以通过扫描垂直扫描电路并读出第 $(2n+1)$ 和 $(2n+2)$ 行 ($n = 1, 2, \dots$) 来进行所有像素的独立输出。即,当 $n = 1$ 时,将控制脉冲 ϕS_1 设置为高,将控制脉冲 ϕR_1 设置为低,将控制脉冲 ϕT_N 和 ϕTX_{01} 设置为高,将控制脉冲 ϕPG_{01} 设置为低,将控制脉冲 ϕT_S 设置为高,并将控制脉冲 ϕHC 临时设置为高,从而读出像素 30-31 和 30-32 的像素信号。随后,以与上述相同的方式施加控制脉冲 ϕTX_{E1} 和 ϕPGe_1 以及其它控制脉冲来读出像素 30-41 和 30-42 的像素信号。

[0047] 图 5A ~ 7B 是用于说明摄像像素和焦点检测像素的结构的图。在本实施例中采用如下的拜耳阵列,其中,在 $2 \times 2 = 4$ 个像素中,在两个对角单元中配置具有 G(绿色) 光谱灵敏度的两个像素,并在其它两个单元中配置分别具有 R(红色) 和 B(蓝色) 光谱灵敏度的两个像素。根据预定规则在拜耳阵列中分布有具有后述的结构的焦点检测像素。

[0048] 图 5A 和 5B 是摄像像素的平面图和截面图。图 5A 是示出位于摄像元件的中心的

2×2个摄像像素的平面图。如已知的，在拜耳阵列中，在对角方向上的两个单元中配置两个G像素，在其它两个单元中配置R像素和B像素。在拜耳阵列中重复配置这种2行×2列的结构。图5B示出图5A中的截面A-A。附图标记ML表示位于各像素的最前面的片上微透镜，附图标记CF_R表示R(红色)滤波器，以及附图标记CF_G表示G(绿色)滤波器。附图标记PD表示参考图3所说明的CMOS传感器的光电转换单元的示意外观，附图标记CL表示用于形成在CMOS传感器内传送各种信号的信号线的互连层，以及附图标记TL表示摄像光学系统的示意外观。

[0049] 摄像像素的片上微透镜ML和光电转换单元PD被配置为尽可能有效地捕获通过摄像光学系统TL的光束。换句话说，光电转换单元PD和摄像光学系统TL的出射光瞳EP被设置为通过微透镜ML相互共轭，并且光电转换单元被设计为具有大的有效面积。尽管图5B中例示出R像素上的入射光束，但G像素和B(蓝色)像素具有相同的结构。因此，由于与R、G、B摄像像素中的各摄像像素相对应的出射光瞳EP具有大的直径，因而来自被摄体的光束被有效捕获，由此提高了图像信号的S/N比。

[0050] 图6A和6B是用于在摄像镜头的x方向上的光瞳分割的焦点检测像素的平面图和截面图。图6A是示出包括位于摄像元件中心的焦点检测像素的2×2个像素的平面图。当获得摄像信号时，G像素用作亮度信息的主要成分。人对作为图像识别特性的亮度信息敏感，因而我们可能在G像素具有缺陷的情况下识别出图像质量的劣化。相反，人对由R或B像素接收到的颜色信息不敏感，因而即使在接收到颜色信息的像素具有小缺陷的情况下，我们也不太可能识别出图像质量的劣化。在这种情况下，在本实施例中的2×2个像素中，G像素继续用作摄像像素，并且在与R和B像素相对应的位置处以特定比率配置焦点检测像素。参考图6A，附图标记S_{HA}和S_{HB}表示这些焦点检测像素。

[0051] 图6B示出图6A中的截面B-B。微透镜ML和光电转换单元PD具有与图5B所示的摄像像素相同的结构。在本实施例中，来自焦点检测像素的信号不用于图像形成，因而采用透明膜CFW(白色)来代替用于颜色分离的颜色滤波器。而且，摄像元件进行光瞳分割，因而互连层CL的开口部相对于微透镜ML的中心线在x方向上偏离。更具体地，像素S_{HA}(第一像素组)的开口部OP_{HA}在-x方向上偏离，因而开口部OP_{HA}接收穿过左侧的摄像镜头TL的出射光瞳EP_{HA}(第一光瞳区域)的光束。同样，像素S_{HB}(第二像素组)的开口部OP_{HB}在+x方向上偏离，因而开口部OP_{HB}接收穿过右侧的摄像镜头TL的出射光瞳EP_{HB}(第二光瞳区域)的光束。因而，在x方向上规则地排列像素S_{HA}，并将排列的像素组所获取的被摄体图像定义为图像A(第一被摄体图像)，并且还在x方向上规则地排列像素S_{HB}，并将排列的像素组所获取的被摄体图像定义为图像B(第二被摄体图像)。然后，可以通过检测图像A和B之间的相对位置来检测被摄体图像的聚焦偏移量(散焦量和焦点状态)。

[0052] 上述像素S_{HA}和S_{HB}可以针对在摄像窗中的x方向上具有亮度分布的被摄体、例如y方向上的线来检测焦点，但不能针对具有y方向上的亮度分布的x方向上的线来检测焦点。为了克服这一点，在本实施例中，也使用在y方向上进行摄像镜头的光瞳分割的像素，以针对具有y方向上的亮度分布的x方向上的线检测焦点。

[0053] 图7A和7B是用于摄像镜头在图7A和7B的y方向上的光瞳分割的焦点检测像素的平面图和截面图。图7A是示出包括位于摄像元件中心的焦点检测像素的2×2个像素的平面图。如在图6A的情况那样，G像素继续用作摄像像素，并且在与R和B像素相对应的

位置处以特定比率配置焦点检测像素。参考图 7A, 附图标记 S_{VC} 和 S_{VD} 表示这些焦点检测像素。

[0054] 图 7B 示出图 7A 中的截面 C-C。除了图 7B 中所示的像素在 y 方向上进行光瞳分割、而图 6B 中所示的像素在 x 方向上进行光瞳分割以外, 图 7B 中所示的像素与图 6B 中所示的像素具有相同的结构。即, 像素 S_{VC} 的开口部 OP_{VC} 在 -y 方向上偏离, 因而开口部 OP_{VC} 接收穿过摄像镜头 TL 在 +y 方向上的出射光瞳 EP_{VC} 的光束。同样, 像素 S_{VD} 的开口部 OP_{VD} 在 +y 方向上偏离, 因而开口部 OP_{VD} 接收穿过摄像镜头 TL 在 -y 方向上的出射光瞳 EP_{VD} 的光束。因此, 在 y 方向上规则地排列像素 S_{VC} , 并将所排列的像素组所获取的被摄体图像定义为图像 C, 并且, 还在 y 方向上规则地排列像素 S_{VD} , 并将所排列的像素组所获取的被摄体图像定义为图像 D。然后, 可以通过检测图像 C 和 D 之间的相对位置, 检测在 y 方向上具有亮度分布的被摄体图像的聚焦偏移量(散焦量)。

[0055] 图 8 是用于概念性说明本实施例中的摄像元件的光瞳分割状态的图。附图标记 TL 表示摄像镜头, 附图标记 107 表示摄像元件, 附图标记 OBJ 表示被摄体, 以及附图标记 IMG 表示被摄体图像。如参考图 5A 和 5B 中的摄像像素的平面图和截面图所说明的, 摄像像素接收穿过摄像镜头的出射光瞳 EP 的整个区域的光束。另一方面, 如参考图 6A 和 6B 中用于 x 方向上的光瞳分割的焦点检测像素的平面图和截面图以及图 7A 和 7B 中用于 y 方向上的光瞳分割的焦点检测像素的平面图和截面图所说明的, 焦点检测像素具有光瞳分割功能。更具体地, 图 6A 和 6B 所示的像素 S_{HA} 接收穿过 +x 方向一侧上的光瞳的光束, 换句话说, 穿过图 8 所示的出射光瞳 EP_{HA} 的光束。同样, 像素 S_{HB} 、 S_{VC} 和 S_{VD} 分别接收穿过出射光瞳 EP_{HB} 、 EP_{VC} 和 EP_{VD} 的光束。在摄像元件 107 的整个区域上分布焦点检测像素使得能够在整个摄像区域上进行焦点检测。

[0056] 图 9 是用于说明焦点检测时所获取的图像和焦点检测区域的图。参考图 9, 在摄像面上形成的被摄体图像在中心处记录有人, 在左侧记录有近景的树木, 并且在右侧记录有远景的山脉。在本实施例中, 在整个摄像区域上以均匀的密度配置用于 x 方向的偏移检测的像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及用于 y 方向的偏移检测的像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 作为焦点检测像素。在 x 方向的偏移检测中, 从在 x 方向的偏移检测中使用的像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 所获得的图像信号对用作用于相位差计算的 AF 像素信号。而且, 在 y 方向的偏移检测中, 从在 y 方向的偏移检测中使用的像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 所获得的图像信号对用作用于相位差计算的 AF 像素信号。这使得可以在摄像区域的任意位置处设置用于 x 方向和 y 方向的偏移检测的测距区域。

[0057] 参考图 9, 人的面部现在位于窗的中心。在这种情况下, 当通过已知的面部识别技术检测到面部的存在时, 假定面部区域作为中心来设置用于 x 方向的偏移检测的焦点检测区域 $AFARh(x1, y1)$ 和用于 y 方向的偏移检测的焦点检测区域 $AFARv(x3, y3)$ 。注意, 后缀 h 表示 x 方向, 后缀 v 表示 y 方向, 并且 $(x1, y1)$ 和 $(x3, y3)$ 表示焦点检测区域的左上角的坐标。附图标记 $AFSIGH(A1)$ 表示通过在 30 个区间上连接在各区间中所包括的用于 x 方向的偏移检测的焦点检测像素 S_{HA} 而获得的、用于相位差检测的图像 A 信号。附图标记 $AFSIGH(B1)$ 表示通过在 30 个区间上连接在各区间中所包括的用于 x 方向的偏移检测的焦点检测像素 S_{HB} 而获得的、用于相位差检测的图像 B 信号。可以通过已知的相关计算来计算图像 A 信号 $AFSIGH(A1)$ 和图像 B 信号 $AFSIGH(B1)$ 之间在 x 方向上的相对偏移量, 以获得摄像镜头的聚焦偏移量(散焦量)。以相同的方式获得焦点检测区域 $AFARv(x3, y3)$ 中的

聚焦偏移量。仅需要将在用于 x 和 y 方向的偏移的焦点检测区域中检测到的两个聚焦偏移量进行比较，并采用具有较高可靠性的值。

[0058] 相反，窗左侧的树木的主干具有 y 方向上的主要成分，换句话说，在 x 方向上具有亮度分布，因此被判断为适用 x 方向的偏移检测的被摄体。针对该被摄体设置用于 x 方向的偏移检测的焦点检测区域 AFARh(x2, y2)。而且，山脉的脊线具有 x 方向上的主要成分，换句话说，在 y 方向上具有亮度分布，因此被判断为适用 y 方向的偏移检测的被摄体。针对该被摄体设置用于 y 方向的偏移检测的焦点检测区域 AFARv(x4, y4)。

[0059] 如上所述，在本实施例中，可以在窗中的任意位置处设置用于 x 方向和 y 方向的偏移检测的焦点检测区域。这使得通常可以在不考虑被摄体的投影位置和亮度分布的方向性的情况下进行焦点检测。注意，由于除了方向以外、x 方向和 y 方向的偏移检测的原理相同，因而以下将仅说明 x 方向的偏移检测，并且将不说明 y 方向的偏移检测。

[0060] 图 10A ~ 10C 是表示摄像元件的中心处的焦点检测像素的入射角特性的示意图。图 10A 示出像素 S_{HA} 的特性，并且图 10B 示出像素 S_{HB} 的特性。图 10A 和 10B 中的 x 轴和 y 轴分别表示像素的 x 方向和 y 方向上的入射角。参考图 10A ~ 10C，较暗的颜色表示所接收到的光的较高强度。为了便于说明，通过图 6A 和 6B 中的附图标记 EP_{HA} 和 EP_{HB} 分别表示像素 S_{HA} 的出射光瞳和像素 S_{HB} 的出射光瞳。然而，如图 10A ~ 10C 所示，在实际中，为了提高 S/N 比、或者由于开口部 OP_{HA} 和 OP_{HB} 的衍射的影响，像素 S_{HA} 的出射光瞳和像素 S_{HB} 的出射光瞳具有部分重叠的区域。图 10C 是表示焦点检测像素的一维入射角特性的图。在图 10C 中，横轴表示入射角，纵轴表示图 10A 和 10B 中的 θ_y 方向上的光接收灵敏度的和，并且原点表示光轴。如图 10C 所示，用作摄像元件的中心处的焦点检测像素的像素 S_{HA} 和像素 S_{HB} 的入射角特性关于光轴大致对称。

[0061] 图 11A 和 11B 是用于说明光束的渐晕的图。图 11A 示出入射到摄像元件的中心处的像素的光束，并且图 11B 示出入射到离摄像元件的中心给定图像高度的位置处的像素的光束。摄像元件接收由诸如摄像镜头的镜头保持框和光圈 / 快门 102 等的一些构成构件所限制的光束。为了便于解释，以下说明假定两个构件限制所有图像高度处的光束。附图标记 $Iw1$ 和 $Iw2$ 表示用作限制光束的构件的窗口，并且光束通过这些窗口 $Iw1$ 和 $Iw2$ 。附图标记 Me 表示利用微透镜 ML 的配置所设置的光瞳面。

[0062] 将参考图 11A 说明入射到摄像元件中心处的像素的光束的渐晕。附图标记 $L1rc$ 和 $L1lc$ 表示从窗口 $Iw1$ 射出的光束的外周部分，其中附图标记 $L1rc$ 与图 11A 中右端相对应，并且附图标记 $L1lc$ 与图 11A 中左端相对应。附图标记 $L2rc$ 和 $L2lc$ 表示从窗口 $Iw2$ 射出并被投影到微透镜 ML 的光瞳位置的光束的外周部分，其中附图标记 $L2rc$ 与图 11A 中的右端相对应，并且附图标记 $L2lc$ 与图 11A 中的左端相对应。如图 11A 所示，在入射到摄像元件中心处的像素的光束的光瞳面 Me 上的光瞳区域与具有外周部分 $L2lc$ 和 $L2rc$ 的光束相对应，换句话说，由双向箭头 $Area1$ 表示。

[0063] 接着将参考图 11B 说明入射到离摄像元件的中心给定图像高度的位置处的像素的光束的渐晕。附图标记 $L1rh$ 和 $L1lh$ 表示从窗口 $Iw1$ 射出的光束的外周部分，其中附图标记 $L1rh$ 与图 11B 中的右端相对应，并且附图标记 $L1lh$ 与图 11B 中的左端相对应。附图标记 $L2rh$ 和 $L2lh$ 表示从窗口 $Iw2$ 射出并被投影到微透镜 ML 的光瞳位置的光束的外周部分，其中附图标记 $L2rh$ 与图 11B 中的右端相对应，并且附图标记 $L2lh$ 与图 11B 中的左端相

对应。如图 11B 所示,在入射到离摄像元件中心给定图像高度的位置处的像素的光束的光瞳面 Me 上的光瞳区域与具有外周部分 L1lh 和 L2rh 的光束相对应,换句话说,由双向箭头 Area2 表示。

[0064] 图 12A 和 12B 是示出光瞳面 Me 上的光瞳区域的图。图 12A 示出摄像元件的中心处的像素的光瞳区域,并且图 12B 示出离摄像元件的中心给定图像高度的位置处的像素的光瞳区域。如参考图 11A 和 11B 所说明的,摄像元件的中心处的像素接收仅由单一窗口 Iw2 所限制的光束,因而如图 12A 所示,将窗口 Iw2 的形状直接投影到光瞳区域 Area1。因为限制光束的窗口是圆形,因此光瞳区域 Area1 也是圆形。相反,在离摄像元件中心给定图像高度的位置处的像素接收由窗口 Iw1 和 Iw2 所限制的光束,所以光瞳区域 Area2 具有如图 12B 所示的形状。

[0065] 图 13A 和 13B 是示出焦点检测像素的光瞳强度分布的图。这些光瞳强度分布等同于通过将图 10A ~ 10C 所示的摄像元件中心处的焦点检测像素的入射角特性投影至微透镜 ML 的光瞳而获得的分布。图 13A 和 13B 中的横轴和纵轴表示光瞳上的坐标。这些光瞳强度分布在离摄像元件的中心给定图像高度的位置处的像素中具有相同特性。这是因为,将离摄像元件的中心给定图像高度的位置处的像素中的微透镜 ML 制造得偏心,以使得光轴中心穿过微透镜 ML 的光瞳的中心。

[0066] 图 14A ~ 14C 是示出在摄像元件中心处的焦点检测像素的光瞳面 Me 上的渐晕的图。图 14A 示出像素 S_{HA} 的特性,以及图 14B 示出像素 S_{HB} 的特性。图 14A ~ 14C 是通过将图 12A 所示的图以及图 13A 和 13B 所示的图相互重叠而获得的图。在附图标记 Area1 表示的形状内透过的光束以图 14A ~ 14C 所示的光瞳强度分布入射到像素 S_{HA} 和 S_{HB} 。图 14C 是表示在摄像元件中心处的焦点检测像素的光瞳面 Me 上的入射光束的二维光瞳强度分布的图。在图 14C 中,横轴表示光瞳面 Me 上的 x 方向上的坐标,以及纵轴表示在各坐标处的强度。在各坐标处的强度是图 14A 和 14B 中 y 方向上的光瞳强度的和。附图标记 EsdAc 和 EsdBc 表示在像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的光瞳面 Me 上的入射光束的光瞳强度分布。如图 14C 所示,在像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的光瞳面 Me 上的光瞳强度分布左右对称。因为渐晕后的形状也左右对称,因此在像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的光瞳面 Me 上的入射光束的光瞳强度分布 EsdAc 和 EsdBc 也左右对称。

[0067] 图 15A ~ 15C 是示出在离摄像元件的中心给定图像高度的位置处的像素的光瞳面 Me 上的渐晕的图。图 15A 示出像素 S_{HA} 的特性,以及图 15B 示出像素 S_{HB} 的特性。图 15A ~ 15C 是通过将图 12B 所示的图以及图 13A 和 13B 所示的图相互重叠而获得的图。在附图标记 Area2 表示的形状内透过的光束以图 15A ~ 15C 所示的光瞳强度分布入射到像素 S_{HA} 和 S_{HB} 。图 15C 是表示在离摄像元件的中心给定图像高度的位置处的焦点检测像素的光瞳面 Me 上的入射光束的二维光瞳强度分布的图。在图 15C 中,横轴表示光瞳面 Me 上的 x 方向上的坐标,以及纵轴表示在各坐标处的强度。在各坐标处的强度是图 15A 和 15B 中 y 方向上的光瞳强度的和。参考图 15C,附图标记 EsdAh 和 EsdBh 表示在像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的光瞳面 Me 上的入射光束的光瞳强度分布。像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的光瞳面 Me 上的光瞳强度分布左右对称。然而,因为渐晕后的形状左右不对称,因此在像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的光瞳面 Me 上的入射光束的光瞳强度分布 EsdAh 和 EsdBh 也不左右对称。

[0068] 如之前所述,通过检测在 x 方向上规则排列像素 S_{HA} 的像素组所获取的被摄体图像 A 和在 x 方向上规则排列像素 S_{HB} 的像素组所获取的被摄体图像 B 之间的相对位置,检测被

摄体图像的聚焦偏移量（散焦量）。

[0069] 使 $f(x, y)$ 为被摄体的光量分布，并且使 $g(x, y)$ 为被摄体图像的光量分布，以下关系（卷积积分）成立：

[0070]

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x - a, y - b) h(a, b) da db \quad \dots(1)$$

[0071] 其中， $h(x, y)$ 是描述图像形成系统中被摄体劣化的状态的传输函数，并且被称为点分布函数。因此，我们需要知道用于确定焦点检测中使用的被摄体图像对的点分布函数。在相位差方式的焦点检测中，由于检测被摄体图像对在一维方向上的相位偏移，因而可以使用代替点分布函数的用作一维函数的线分布函数来评价与焦点检测相关联的图像系统。考虑到这个问题，当以 $f(x)$ 来代替被摄体的光量分布，并且以 $g(x)$ 来代替被摄体图像的光量分布时，可以将等式 (1) 重写为：

[0072]

$$g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x - a) L(a) da \quad \dots(2)$$

[0073] 其中， $L(a)$ 是线分布函数。

[0074] 如从等式 (2) 可以看出的那样，可以通过学习在任意散焦时的相位偏移方向上的穿过不同光瞳区域的光束所生成的线分布函数对，确定被摄体图像对。当确定了被摄体图像对时，可以根据各被摄体图像的重心之间的距离获得基线长，并且根据基线长和被摄体图像对之间的偏移量来计算散焦量。可以如下获得基线长：

[0075]

$$G_A = \frac{\int x \cdot L_A(x) dx}{\int L_A(x) dx} \quad \dots(3)$$

[0076]

$$G_B = \frac{\int x \cdot L_B(x) dx}{\int L_B(x) dx} \quad \dots(4)$$

[0077] 基线长 $G = |G_A - G_B| \quad \dots(5)$

[0078] 其中， G_A 和 G_B 是被摄体图像的重心，以及 G 是基线长。

[0079] 接着将说明通过相关计算校正被摄体图像之间的非对称性的方法。如之前所述，在对像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的非对称光瞳强度分布进行卷积积分时，被摄体图像 A 和 B 之间的非对称性发生。图 16A ~ 16G 是用于说明用于消除被摄体图像之间的非对称性的滤波处理的概念图。在图 16A ~ 16G 中，横轴表示焦点检测视野内 x 方向上的坐标，以及纵轴表示亮度。图 16A 中的附图标记 Obj 表示被摄体的光量分布，以及图 16B 和 16C 中的附图标记 EsdAx 和 EsdBx 表示像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的 AF 光瞳上的线图像。图 16D 和 16E 分别示出在给定散焦时由附图标记 ImgA 表示的被摄体图像 A (第一图像信号) 和由附图标记 ImgB 表示的被摄体图像

B(第二图像信号)。通过将被摄体的光量分布 Obj 与线图像 EsdAx(第一线图像)、线图像 EsdBx(第二线图像)分别进行卷积积分来获得被摄体图像 A ImgA 和被摄体图像 B ImgB。图 16F 和 16G 示出通过对被摄体图像 A ImgA 和图像 B 的线图像 EsdBx 进行卷积积分而获得的校正图像 ReImgA、以及通过对被摄体图像 B ImgB 和图像 A 的线图像 EsdAx 进行卷积积分而获得的校正图像 ReImgB。如图 16F 和 16G 所示,各校正图像具有相同的形状。将说明校正图像具有相同形状的原理。

[0080] 通过前述的以下等式来获得被摄体图像 A ImgA :

[0081]

$$g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x - a)L(a)da \quad \dots(2)$$

[0082] 通过以下来计算描述通过对线图像 EsdBx 和被摄体图像 A ImgA 进行卷积积分而获得的校正图像 ReImgA 的函数 k(x) :

$$[0083] k(x) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x - b)L_B(b)db$$

$$[0084] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x - a - b)L_A(a)daL_B(b)db \quad \dots(6)$$

$$[0085] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x - a - b)L_A(a)L_B(b)dadb$$

[0086] 当类似地计算描述校正图像 ReImgB 的函数 k(x) 时,有:

[0087]

$$k(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x - a - b)L_A(a)L_B(b)dadb \quad \dots(7)$$

[0088] 从前述的等式 (6) 和 (7) 中可以看出,所获得的校正图像 ReImgA 和 ReImgB 是相同的。

[0089] 接着将参考图 17 所示的流程图说明本实施例中的焦点检测操作。注意, CPU 121 进行图 17 所示的序列中的操作。在步骤 S1 中,将 0 代入表示散焦量计算处理的次数的 N,并且处理进入步骤 S2。在步骤 S2 中,读出用于确定渐晕状态的透镜信息,并且处理进入步骤 S3。在步骤 S3 中,读出由用户设置的诸如测距位置和范围等的测距点信息。在完成步骤 S3 之后,处理进入步骤 S4。在步骤 S4 中,读出在步骤 S3 中读出的测距位置处的焦点检测像素的图像信号,以形成被摄体图像 A 和 B。在完成步骤 S4 之后,处理进入步骤 S5。在步骤 S5 中,CPU 121 使用步骤 S4 中获得的被摄体图像 A 和 B、利用已知的相关计算方法来获得图像偏移量,并利用该图像偏移量与步骤 S2 中所获得的透镜信息一起来获得暂定的散焦量。在计算出暂定的散焦量之后,处理进入步骤 S6。

[0090] 在步骤 S6 中,表示散焦量计算处理的次数的 N 增加 1,并且处理进入步骤 S7。在步骤 S7 中,CPU 121 使用重复计算的散焦量的最新的值对步骤 S4 中所获得的被摄体图像 A 和 B 进行渐晕校正。在完成步骤 S7 之后,处理进入步骤 S8。后面将说明与步骤 S7 中的渐晕校正相关联的详细处理。在步骤 S8 中,通过使用步骤 S7 中形成的渐晕校正后的被摄体图像,CPU 121 利用已知的相关计算方法来计算两个图像之间的偏移量。利用该偏移量与步骤 S7 中计算出的基线长一起来获得散焦量。在完成步骤 S8 之后,处理进入步骤 S9。

[0091] 在步骤 S9 中, 表示散焦量计算处理的次数的 N 增加 1, 并且处理进入步骤 S10。在步骤 S10 中, CPU 121 判断是否再次进行渐晕校正并重新计算散焦量。更具体地, 如果 $(DEF(N-1)) - (DEF(N-2))$ 的值等于或小于预定收敛判断阈值, 则因为在这种情况下所计算出的散焦量已经令人满意地收敛, 判断部件 (CPU121) 不再重复计算散焦量。如果该值大于预定收敛判断阈值, 则因为在这种情况下所计算出的散焦量尚未令人满意地收敛, 判断部件判断为需要使用计算出的最新的散焦量来重新计算渐晕校正参数, 以重新计算散焦量。如果步骤 S10 中为“是”, 则处理返回至步骤 S7。如果步骤 S10 中为“否”, 则处理进入步骤 S11。

[0092] 在步骤 S11 中, 判断所计算出的最新的散焦量 (DEF(N-1)) 是否表示聚焦状态。如果在步骤 S11 中为“否”, 则处理进入步骤 S12。如果在步骤 S11 中为“是”, 则处理进入步骤 S13。在步骤 S12 中, 根据散焦计算结果向前 / 向后移动第三透镜组 105。然后, 处理返回至步骤 S4。在步骤 S13 中, 焦点检测序列的一系列步骤结束。

[0093] 接着将说明图 17 所示的焦点检测操作的流程图中步骤 S7 中的“与散焦量 (DEF(N-1)) 相对应的渐晕校正处理”。在这种情况下, CPU 121 使用步骤 S5 或 S8 中计算出的最新的散焦量进行用于调节图像 A 和 B 之间的光量比的明暗校正, 对图像 A 和 B 进行形状校正以使得图像 A 和 B 具有几乎相同的形状, 并且计算基线长。以下将参考图 18 所示的流程图详细说明该处理。

[0094] 在步骤 S101 中, 根据透镜信息、测距点信息和最新的散焦信息 (DEF(N-1)) 来估计被摄体图像 A 和 B 的明暗, 并进行用于调节图像 A 和 B 之间的光量比的明暗校正。在明暗校正之后, 处理进入步骤 S102。在步骤 S102 中, 以各焦点检测像素为单位读出 CPU 121 内的 ROM 中存储的光瞳强度分布, 并且利用透镜信息、测距点信息和最新的散焦信息 (DEF(N-1)) 一起来计算线分布函数。在完成步骤 S102 之后, 处理进入步骤 S103。在步骤 S103 中, CPU 121 创建图像校正滤波器。在步骤 S102 中获得的线分布函数适用于基于最新的散焦信息 (DEF(N-1)) 所确定的图像校正滤波器的宽度。后面将说明该处理的细节。在完成步骤 S103 之后, 处理进入步骤 S104。

[0095] 在步骤 S104 中, 将被摄体 A 和 B 与在步骤 S103 所获得的图像校正滤波器进行卷积积分, 以计算通过将图像 A 和 B 调节为具有几乎相同的形状而获得的校正被摄体图像。然后, 处理进入步骤 S105。在步骤 S105 中, 使用步骤 S102 中获得的线分布函数来计算基线长。后面将说明计算基线长的方法。在完成步骤 S105 之后, 处理进入步骤 S106。在步骤 S106 中, 焦点检测序列的一系列步骤结束。

[0096] 接着将参考图 19A 和 19B 详细说明在步骤 S103 中确定图像校正滤波器的宽度的方法。图 19A 和 19B 是表示散焦时入射到摄像元件的光束的图。图 19A 是示出前聚焦时的光束的图。附图标记 Zaf 表示从摄像元件 107 的摄像面到光瞳面 Me 的距离; 附图标记 Raf 表示根据步骤 S2 中获得的渐晕信息通过光瞳面 Me 在水平方向上限制光束的宽度; 以及附图标记 Def 表示步骤 S5 中获得的暂定的散焦量。从图 19A 中明显可知, 图像在摄像元件 107 的摄像面上以宽度 Wf 延伸。因此, 考虑到在前聚焦时 Def 为负的事实, 通过以下给出宽度 Wf :

[0097]

$$W_f = \frac{|Raf \times Def|}{Zaf + Def} \quad \dots(8)$$

[0098] 同样,在后聚焦时,图 19B 中所示的关系成立,并且与前聚焦时相同,等式 (8) 也成立。通过等式 (8) 所获得的宽度 W_f 成为图像校正滤波器的宽度。

[0099] 接着,通过提高增益较低的滤波器的增益来调整滤波器,以使得两个图像校正滤波器处于相同水平。这是因为被摄体图像 A 和 B 在步骤 S101 中的第一校正计算期间经过了明暗校正。移动波形以使被摄体图像 A 和 B 的图像校正滤波器的重心一致。这是为了限制在步骤 S104 中的滤波处理时变化的基线长的变化量,以使得该量仅归因于滤波处理时校正被摄体图像 A 和 B 的变形。

[0100] 接着将详细说明步骤 S105 中计算基线长的方法。首先,移动与被摄体图像 A 相对应的线图像(以下称为线图像 A)和与被摄体图像 B 相对应的线图像(以下称为线图像 B),以使得线图像 A 和 B 的重心相互一致。将移动后的线图像 A 和 B 分别定义为线图像 A_0 和 B_0 。基于对线图像 A 和线图像 B_0 进行卷积积分而获得的校正线图像 A 的重心、以及对线图像 B 和线图像 A_0 进行卷积积分而获得的校正线图像 B 的重心之间的距离,计算校正基线长。通过以下等式表达该计算。

[0101] 使 $M_A(x)$ 为校正线图像 A, $L_A(x)$ 为线图像 A, 并使 $L_B'(x)$ 为线图像 B_0 , 通过以下来计算校正线图像 A :

[0102]

$$M_A(x) = \int_{-\infty}^{\infty} L_A(x) \cdot L_B'(x - b) db \quad \dots(9)$$

[0103] 然后,通过以下给出校正线图像 A 的重心 G_A' :

[0104]

$$G_A' = \frac{\int x \cdot M_A(x) dx}{\int M_A(x) dx} \quad \dots(10)$$

[0105] 同样,使 $M_B(x)$ 为校正线图像 B, $L_B(x)$ 为线图像 B, 并使 $L_A'(x)$ 为线图像 A_0 , 通过以下来计算校正线图像 B :

[0106]

$$M_B(x) = \int_{-\infty}^{\infty} L_B(x) \cdot L_A'(x - a) da \quad \dots(11)$$

[0107] 然后,通过以下给出校正线图像 B 的重心 G_B' :

[0108]

$$G_B' = \frac{\int x \cdot M_B(x) dx}{\int M_B(x) dx} \quad \dots(12)$$

[0109] 因而,我们得到基线长 G' :

$$G' = |G_A' - G_B'| \quad \dots(13)$$

[0111] 以前述方式计算基线长。

[0112] 利用上述配置,根据焦点检测部件(CPU 121)检测到的散焦量,校正计算器(CPU 121)在更新渐晕校正参数时连续进行多次焦点检测。这允许使用更精确的散焦量进行更精确的渐晕校正,从而允许更精确的焦点检测。

[0113] 更具体地,在步骤 S103 的处理中使用更精确的最新的散焦信息(DEF(N-1))来确定图像校正滤波器的宽度,并且这允许更精确的渐晕校正,从而允许更精确的焦点检测。而且,在步骤 S101 的处理中,通过根据最新的散焦信息(DEF(N-1))估计被摄体图像 A 和 B 的明暗来进行明暗校正。特别是在所使用的透镜如微透镜一样具有根据散焦量变化很大的明暗校正系数的情况下,允许更精确的渐晕校正,从而允许更精确的焦点检测。

[0114] 而且,在步骤 S102 的处理中,根据最新的散焦信息(DEF(N-1))来计算线分布函数。特别是在所使用的透镜如微透镜一样具有根据散焦量变化很大的线分布函数的情况下,允许更精确的渐晕校正,从而允许更精确的焦点检测。

[0115] 尽管在本实施例中,在相关计算中采用已知的图像偏移方式,但也可以使用其它方法来获得相同的结果。而且,在本实施例中,使用与明暗校正后的两个被摄体图像相对应的线图像处于同一水平的校正滤波器来进行图像校正处理。然而,可以通过使用不在同一水平的校正滤波器对明暗校正前的被摄体图像进行卷积积分,进行图像校正。

[0116] 而且,尽管在本实施例中例示了利用包括 CMOS 传感器及其周边电路的摄像元件作为光电转换部件的焦点计算方法,但该方法对于利用线传感器作为光电转换部件的传统单镜头反光照相机中的光瞳分割方式的焦点检测设备也是有效的。

[0117] 本实施例中的判断部件在步骤 S10 中利用基于所计算出的散焦量的收敛状态来判断是否进行重新计算的方法。然而,可以基于要重复计算的渐晕校正参数或图像 A 和 B 之间的偏移量等的其它特性的收敛状态来进行该判断,其中,要重复计算的渐晕校正参数例如明暗校正值、线图像形状和基线长等。可选地,可以仅基于表示散焦量计算处理的次数的 N 是否超过预定次数来进行该判断。或者,可以以如下方式确定焦点检测序列:通过基于收敛状态和次数 N 的组合进行该判断,在首先实现必要精度的焦点检测、但进行重复计算不超过预定次数的情况下,防止由于重复计算的次数增多而引起的计算时间的过度延长。

[0118] 尽管本实施例中的判断部件在步骤 S10 中是否进行重新计算的判断中采用固定判断阈值,但也可以采用可变判断阈值。例如,可以利用景深与 F 值成比例的事实。在这种情况下,通过使收敛判断阈值与 F 值成比例从而使判断阈值与必要的焦点检测精度相匹配,特别是在 F 值大的条件下,可以进一步缩短计算时间。可选地,如果被摄体具有低亮度并且因此所获得的图像信号具有低的 S/N 比或者被摄体具有低的对比度,则散焦量计算结果的变化大,从而可以通过使收敛判断阈值与根据被摄体对比度或亮度信息的计算结果的估计变化成比例来改善收敛性。

[0119] 第二实施例

[0120] 第一和第二实施例在照相机的配置上相同,但焦点检测序列不同。将参考图 21 所示的焦点检测序列和图 22 所示的相关计算序列来说明第二实施例中的焦点检测序列。

[0121] 注意,用作校正计算器、焦点检测部件和判断部件的 CPU121 进行图 21 和 22 所示的序列中的操作。而且,焦点检测部件包括信号处理选择部件和信号处理部件,并在对图像信号进行最优信号处理之后进行焦点检测。

[0122] 当焦点检测操作开始时,在步骤 S301 中将 0 代入表示散焦量计算处理的次数的

N。而且,将 0 代入表示更新渐晕校正参数时重复的计算是否收敛的 M,并且处理进入步骤 S302。

[0123] 步骤 S302 ~ S310 分别与第一实施例中说明的图 17 中的步骤 S2 ~ S10 相同,并且这里将不给出其说明。在步骤 S311 中,将 1 代入 M,并且处理进入步骤 S312。在步骤 S312 中,再次进行相关计算。

[0124] 步骤 S313 和 S314 分别与第一实施例中所述的图 17 中的步骤 S11 和 S12 相同,并且将不给出其说明。

[0125] 接着将参考图 22 所示的相关计算序列来详细说明步骤 S305、S308 和 S312 中由焦点检测部件所进行的相关计算处理。

[0126] 在步骤 S401 中,判断 M 是否等于 0。该序列中的 M 与焦点检测序列中的 M 相同。因而,如果更新渐晕校正参数时重复的计算收敛,则 M = 1;否则, M = 0。如果判断为 M = 0,则处理进入步骤 S402。如果 M ≠ 0,则处理进入步骤 S403。

[0127] 在步骤 S402 中,信号处理选择部件基于要校正的信号来选择信号处理。这里提到的要校正的信号指从焦点检测像素读出的渐晕校正前的被摄体图像 A 和 B 的信号。使用已知的技术进行信号处理以及从多种信号处理中进行信号处理的选择,以更精确地进行步骤 S407 中的图像偏移量检测。

[0128] CPU 121 存储诸如用于减少被摄体图像 A 和 B 之间的信号强度水平差的影响的滤波处理或用于放大或衰减特定频率成分的滤波处理等的多种信号处理。

[0129] 如果要校正的信号具有相对低的对比度或相对低的亮度,则与对比度或亮度不低的情况相比,选择用于放大相对低的空间频率范围的信号处理。在选择了信号处理之后,处理进入步骤 S404。

[0130] 在步骤 S403 中,信号处理选择部件基于校正后的信号来选择信号处理。这里提到的校正后的信号指步骤 S307 中的渐晕校正之后的被摄体图像 A 和 B 的信号。

[0131] 在步骤 S404 中,判断 N 是否为 0。该序列中的 N 与图 21 所示的焦点检测序列中的 N 相同。因而,N 表示等于前一渐晕校正的次数的散焦量计算处理的次数。如果判断为 N = 0,则处理进入步骤 S405。如果 N ≠ 0,则处理进入步骤 S406。

[0132] 在步骤 S405 中,信号处理部件处理渐晕校正前的被摄体图像 A 和 B 的信号。在信号处理之后,处理进入步骤 S407。

[0133] 在步骤 S406 中,信号处理部件处理渐晕校正后的被摄体图像 A 和 B 的信号。在信号处理之后,处理进入步骤 S407。

[0134] 在步骤 S407 中,使用处理后的信号、利用已知的技术来检测图像偏移量并计算散焦量。

[0135] 利用上述配置,进行用于针对从焦点检测像素读出的图像信号更精确地进行图像偏移量检测的信号处理,之后检测图像偏移量。这可以更精确地进行焦点检测。

[0136] 而且,即使在更新渐晕校正参数时重复的计算期间通过更新渐晕校正参数使被摄体图像改变,所使用的信号处理也保持相同。这可以更精确地判断散焦量是否收敛,从而使得能够更精确地进行焦点检测。

[0137] 此外,在更新渐晕校正参数时重复的计算收敛的情况下,对渐晕校正之后的图像信号选择最优信号处理并进行该最优信号处理。这使得可以更精确地进行焦点检测。

[0138] 尽管以上说明了本发明的优选实施例,但本发明不限于该实施例,并且可以在不背离本发明的范围的情况下做出各种修改和改变。

[0139] 尽管已经参考典型实施例说明了本发明,但是应该理解,本发明不限于所公开的典型实施例。所附权利要求书的范围符合最宽的解释,以包含所有这类修改、等同结构和功能。

[0140] 本申请要求 2009 年 5 月 12 日提交的日本专利申请 2009-115920 和 2010 年 4 月 26 日提交的日本专利申请 2010-101439 的优先权,其全部内容通过引用包含于此。

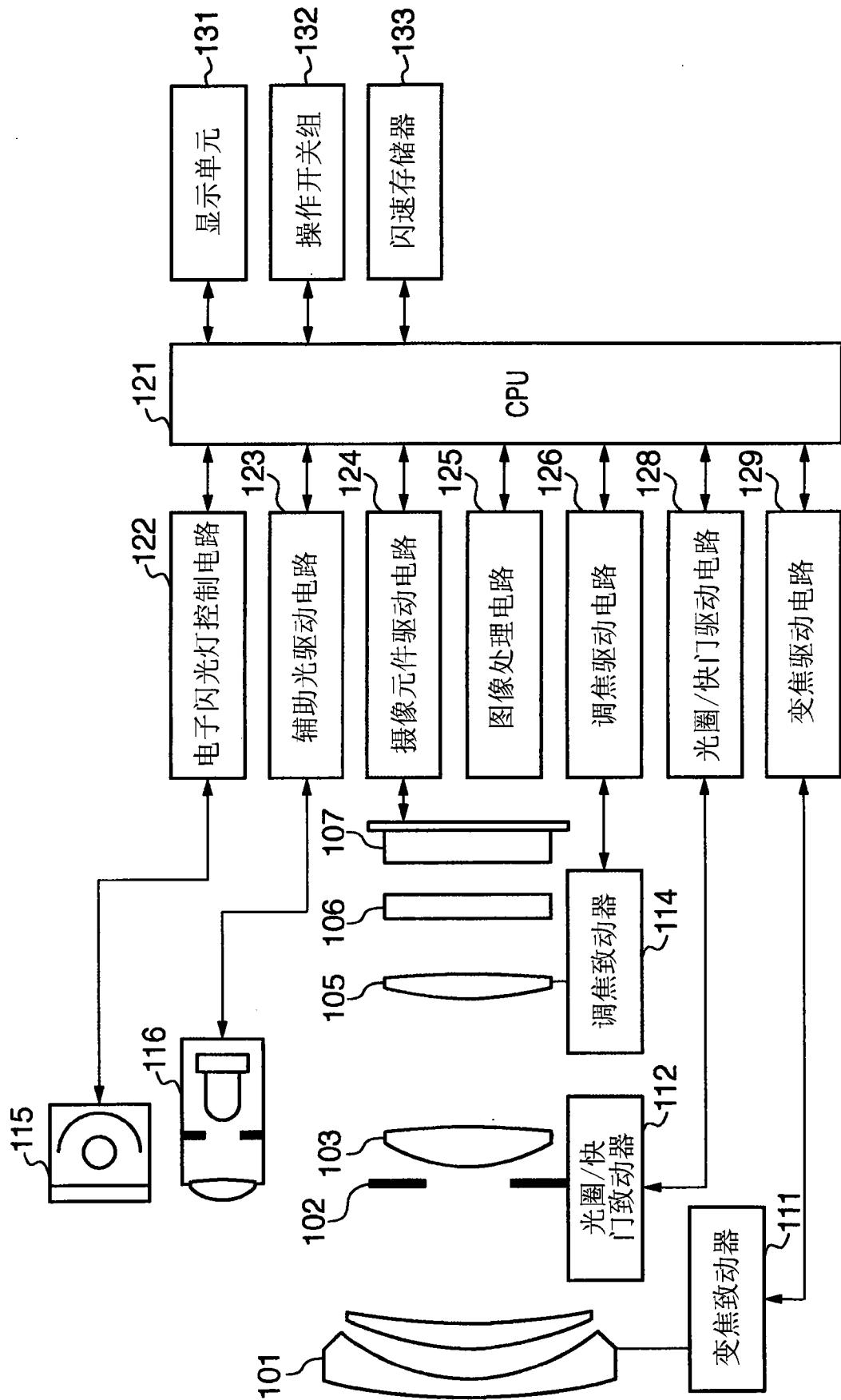


图 1

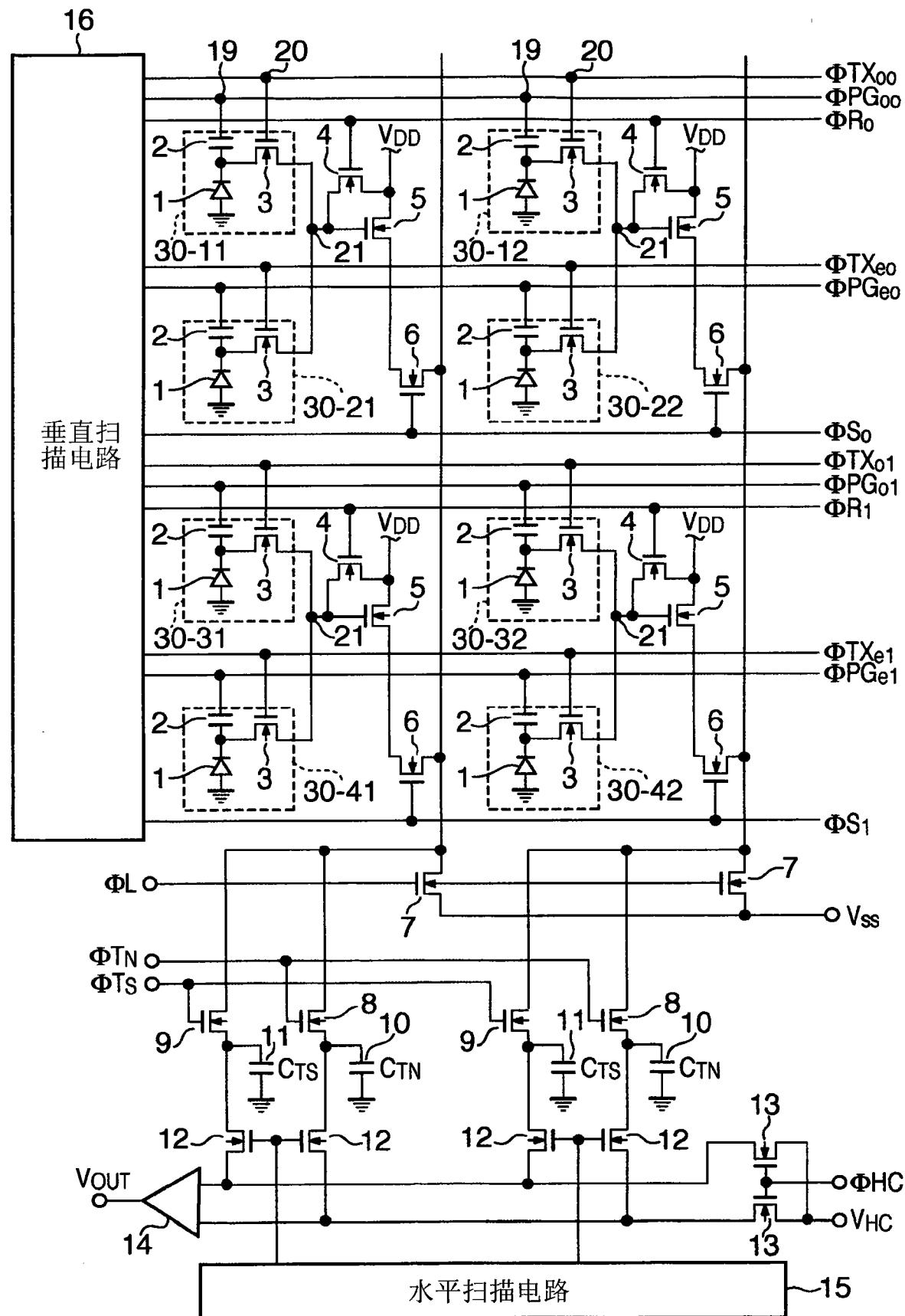


图 2

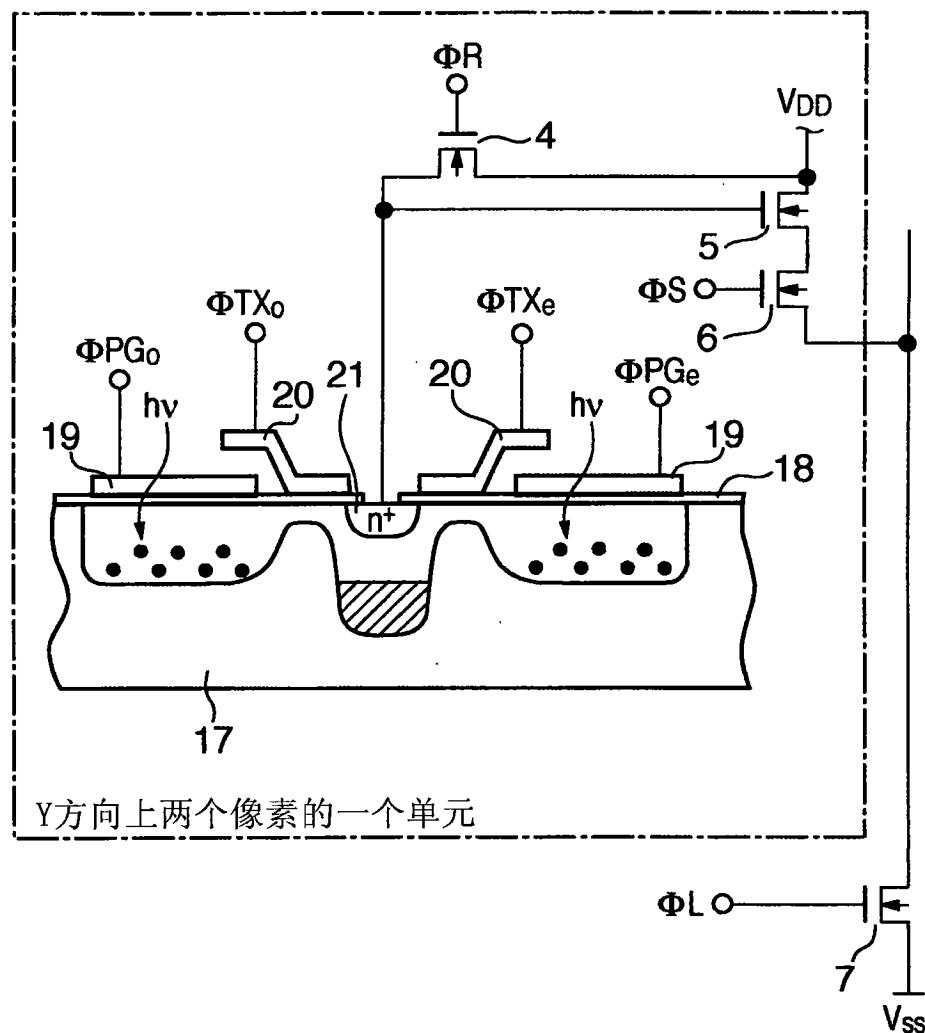


图 3

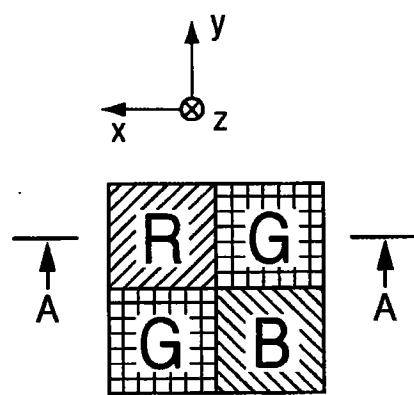
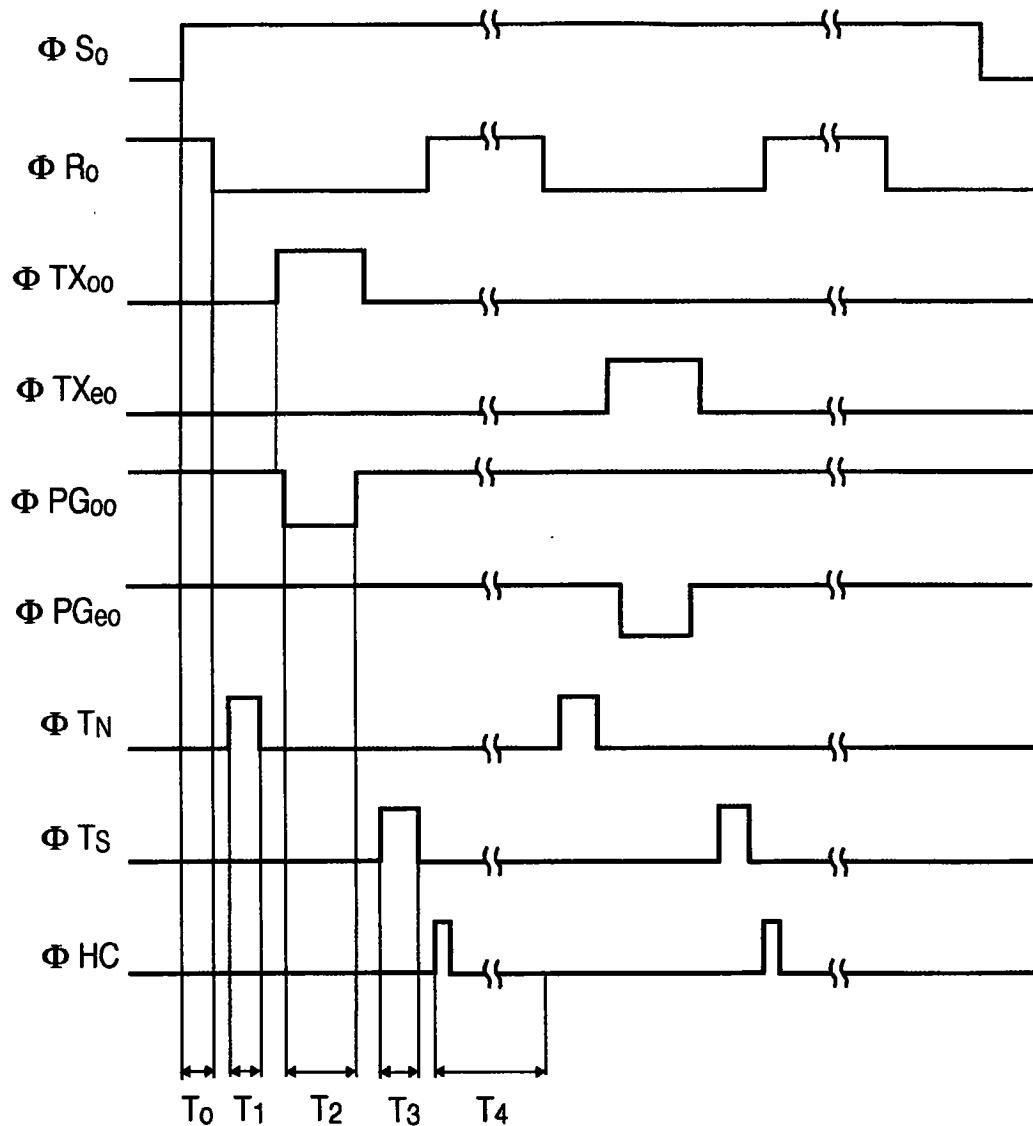


图 5A

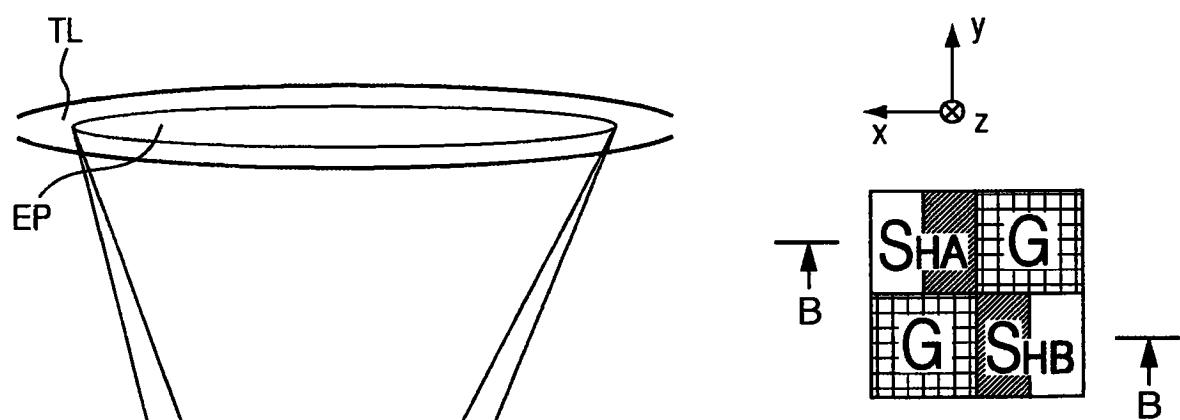


图 6A

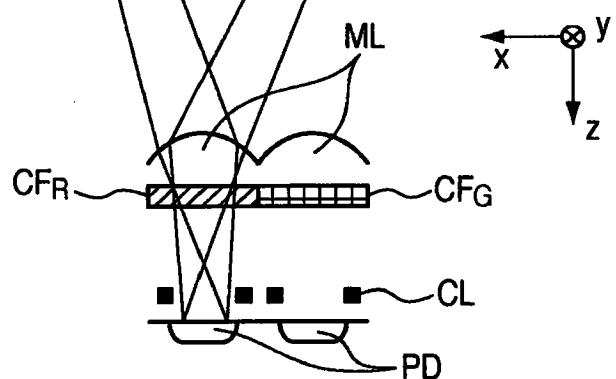


图 5B

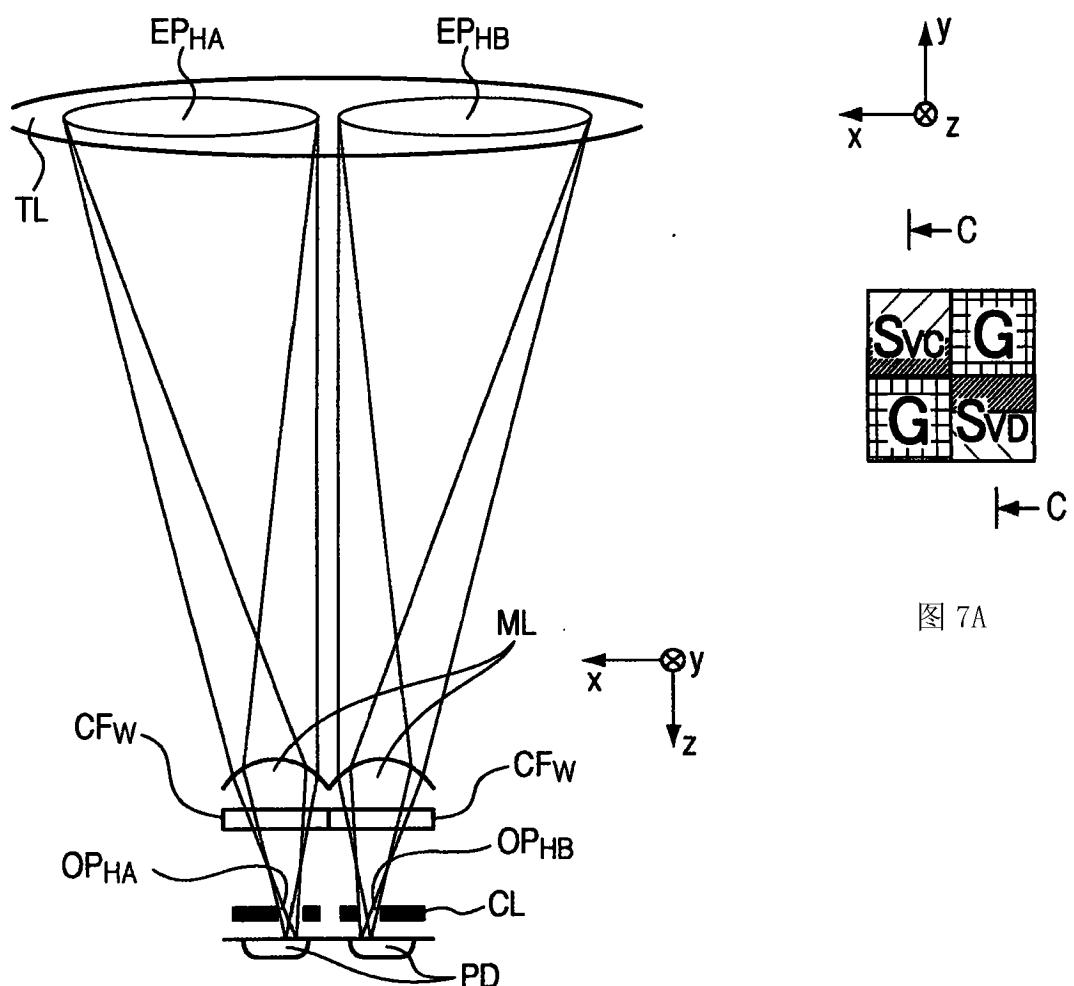


图 6B

图 7A

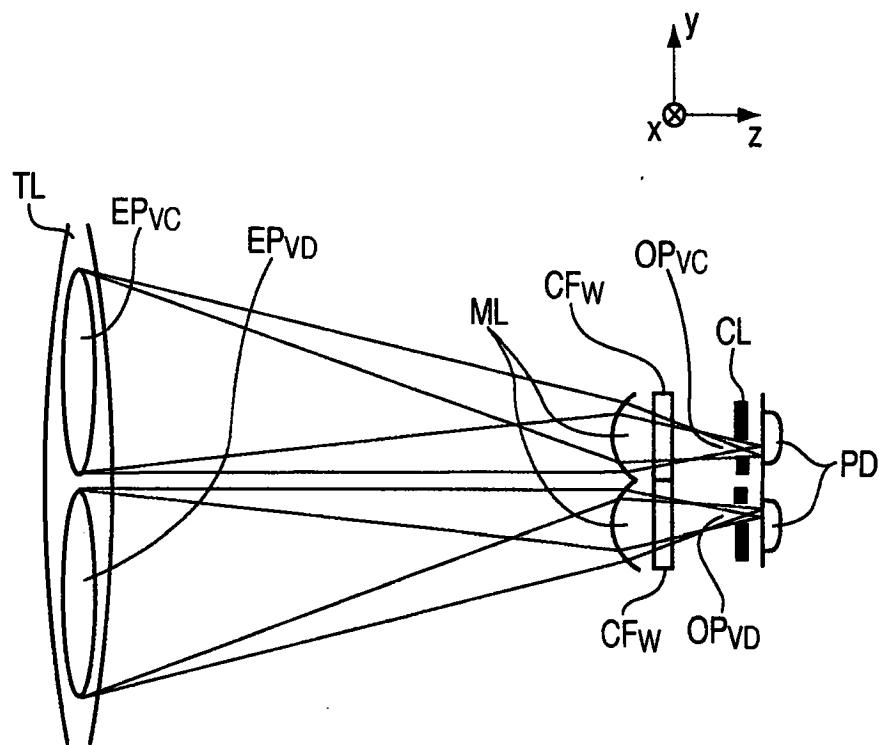


图 7B

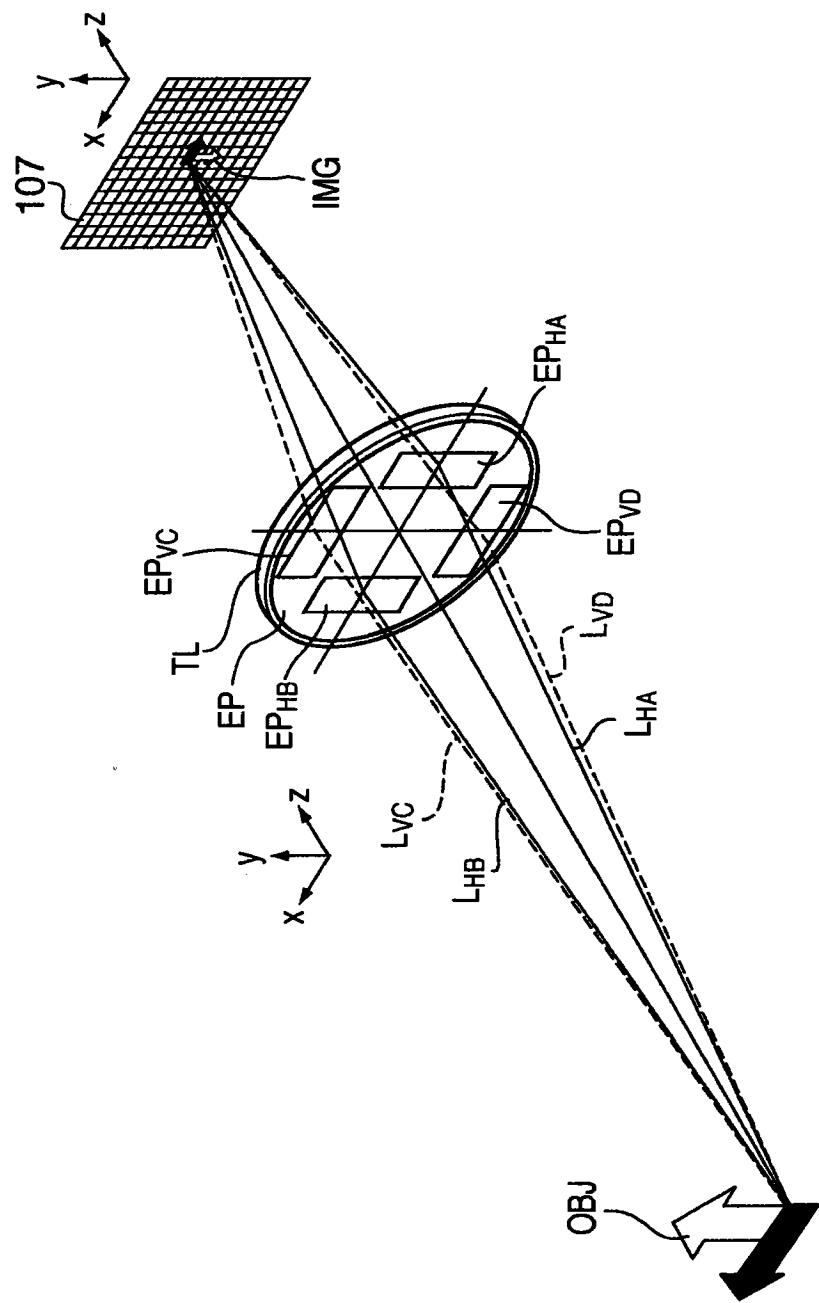


图 8

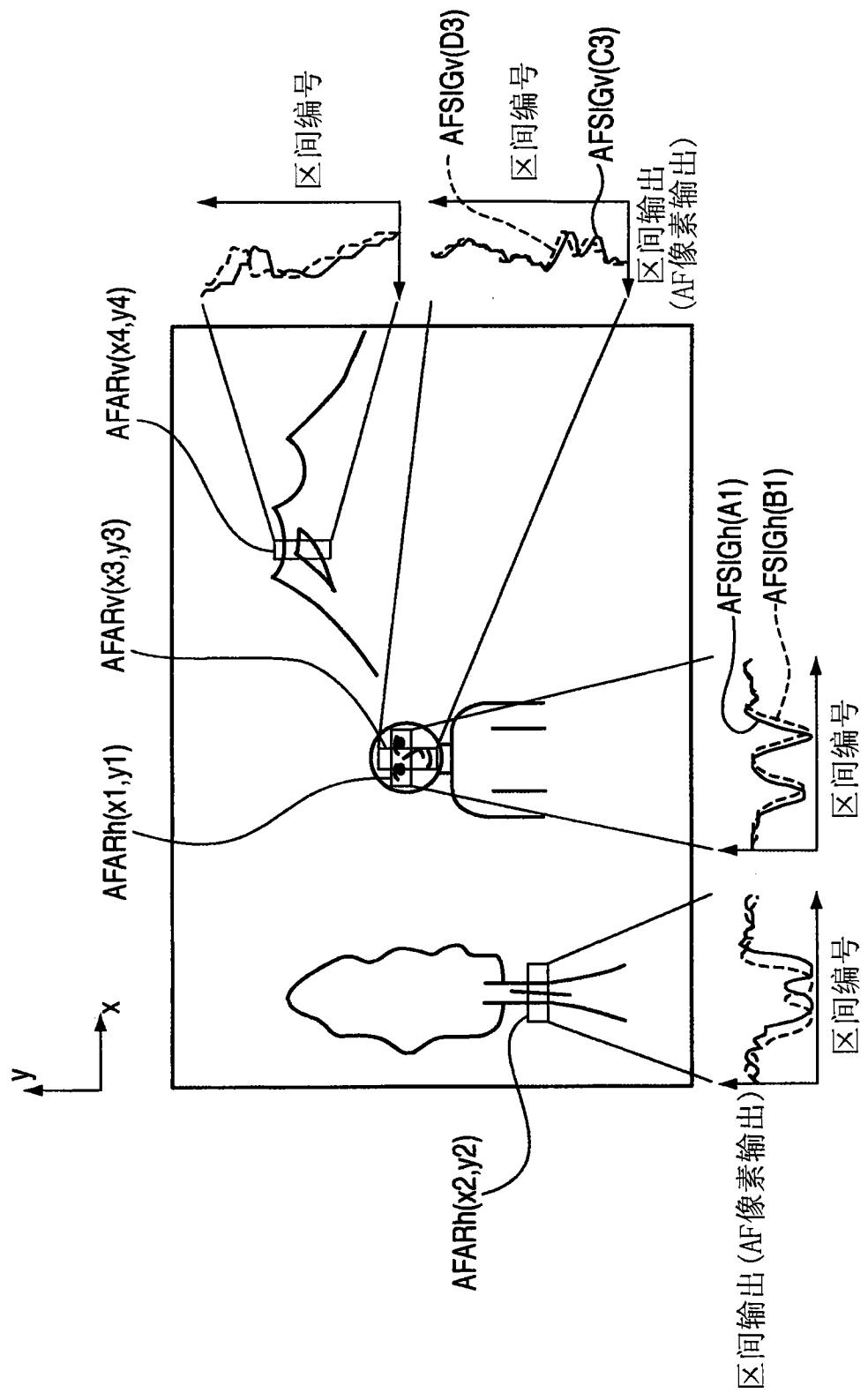


图 9

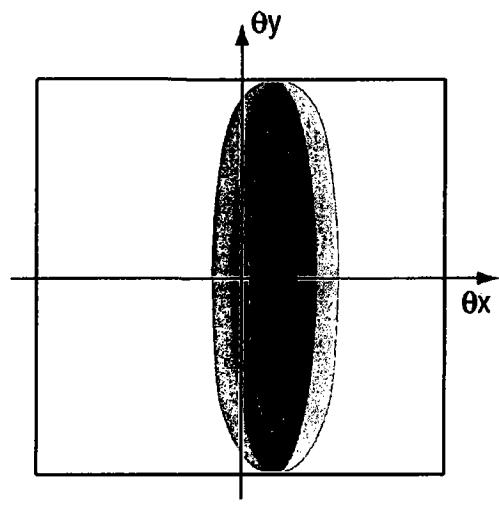


图 10A

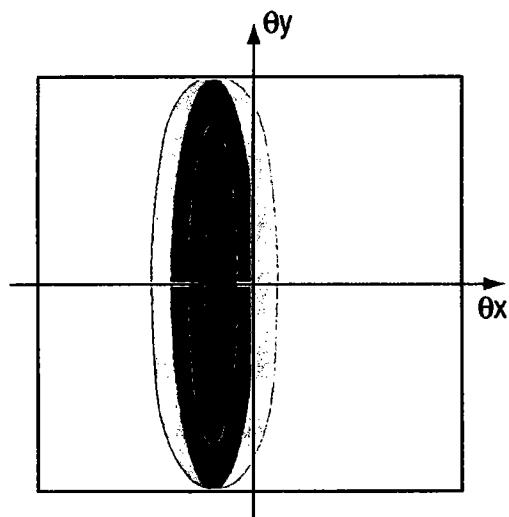


图 10B

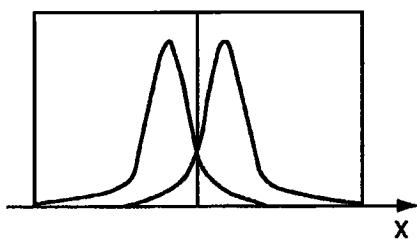


图 10C

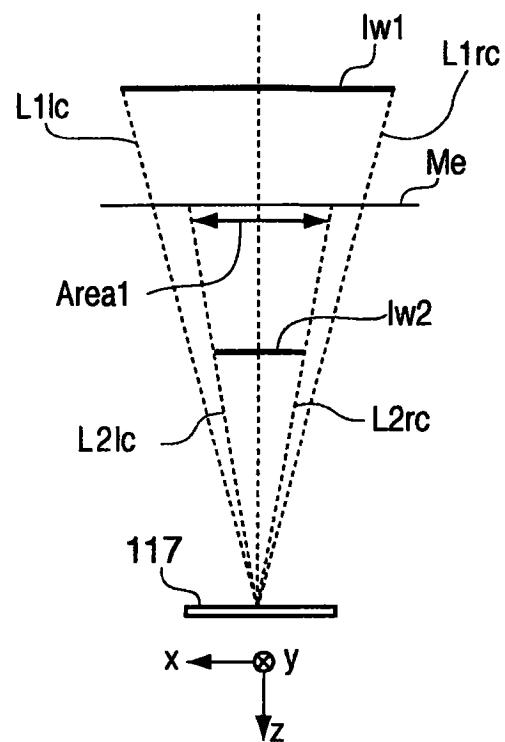


图 11A

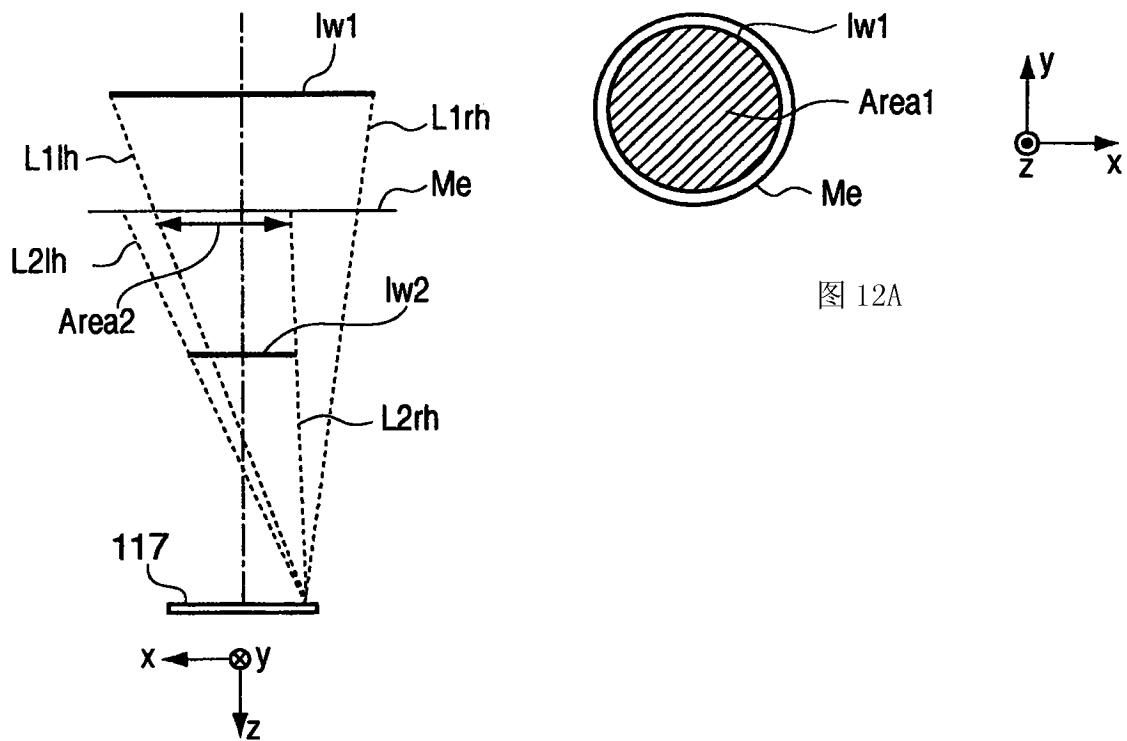


图 11B

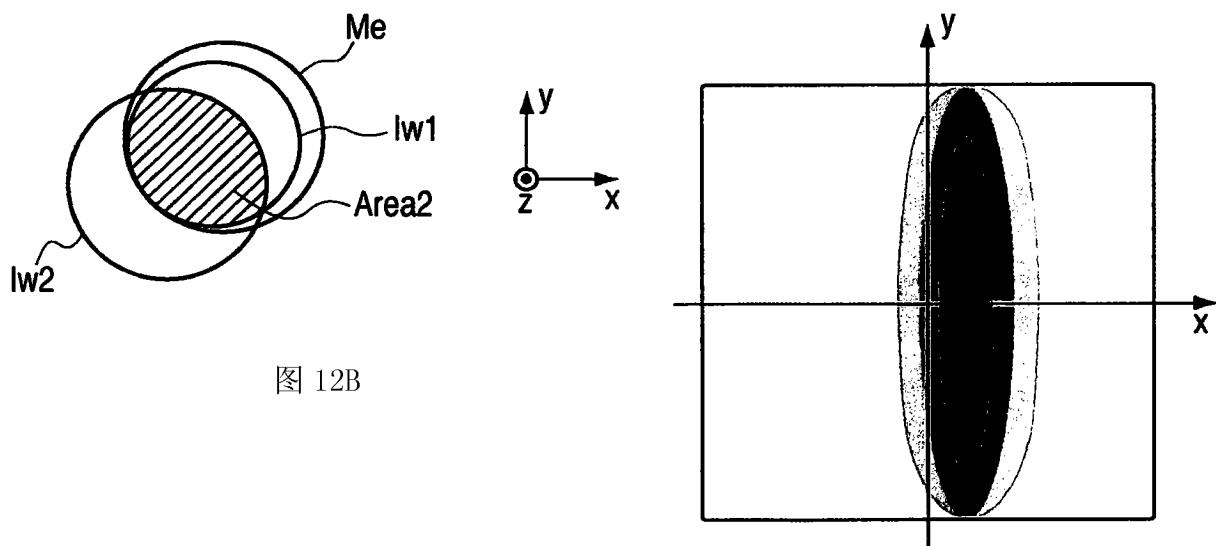


图 12B

图 13A

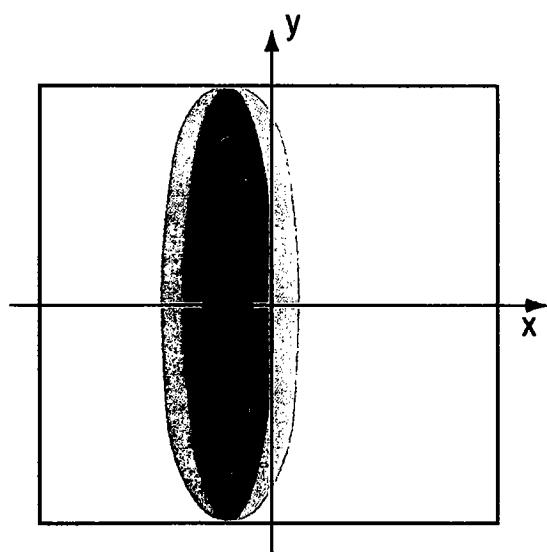


图 13B

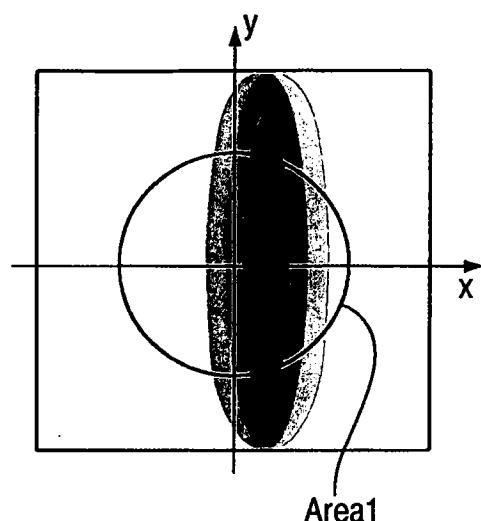


图 14A

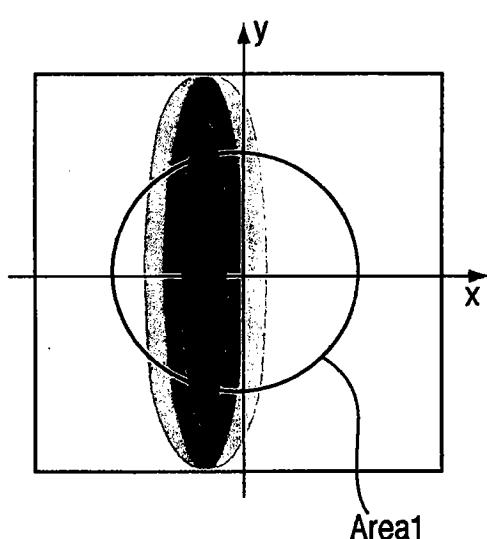


图 14B

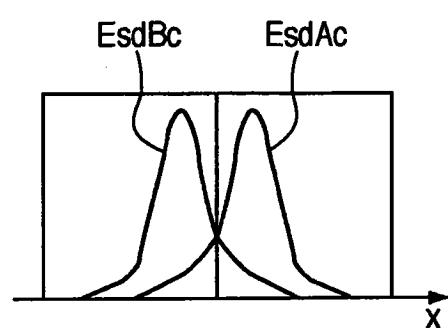


图 14C

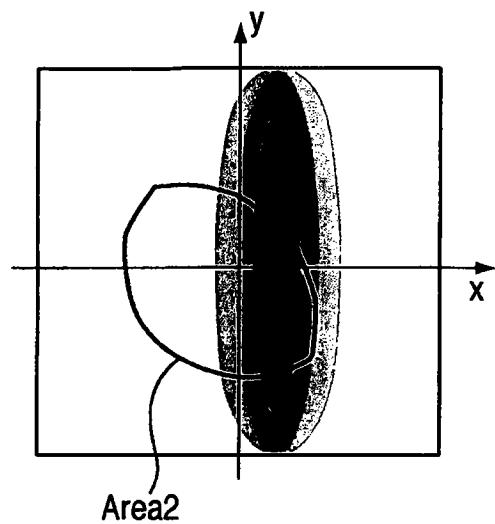


图 15A

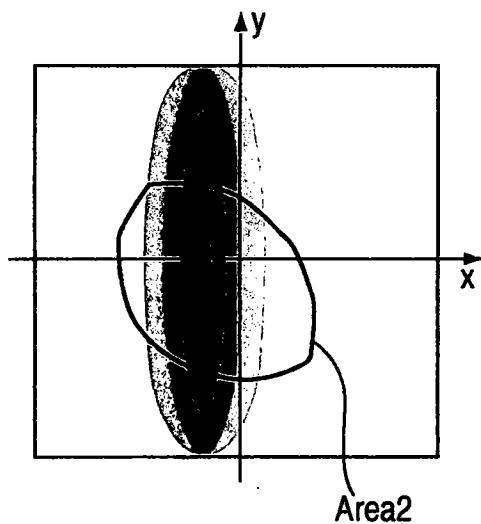


图 15B

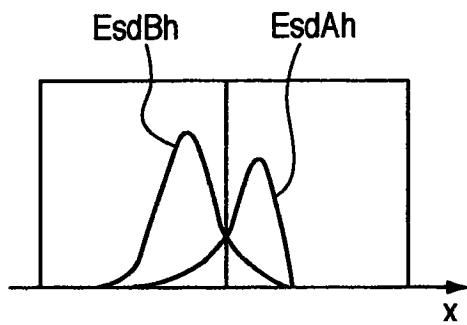


图 15C

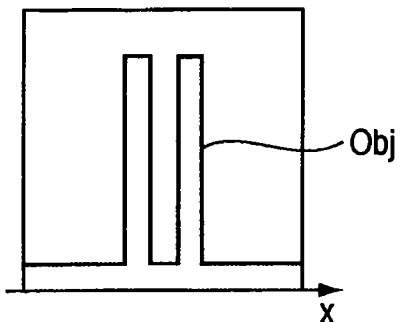


图 16A

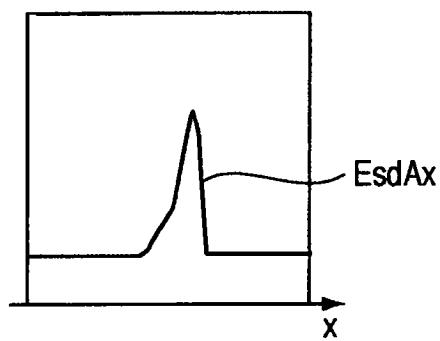


图 16B

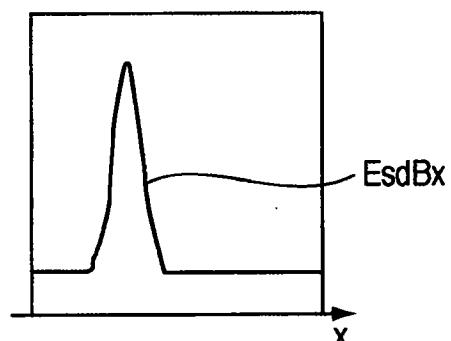


图 16C

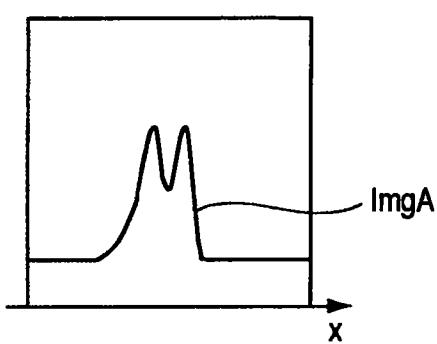


图 16D

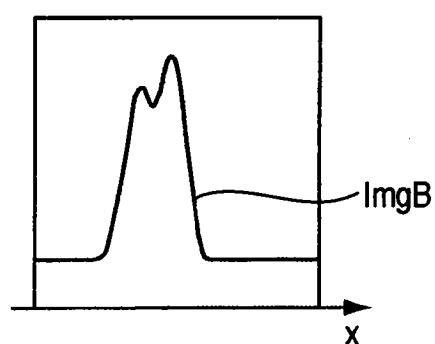


图 16E

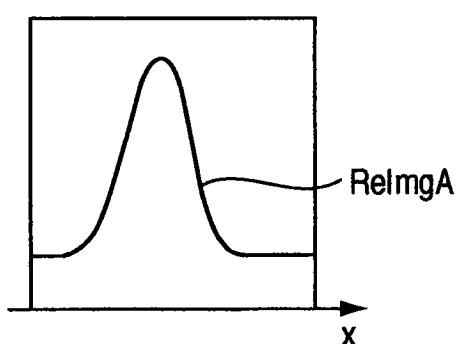


图 16F

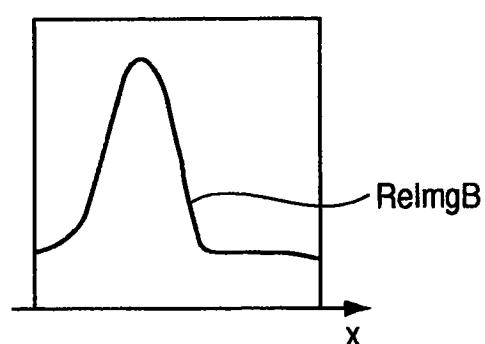


图 16G

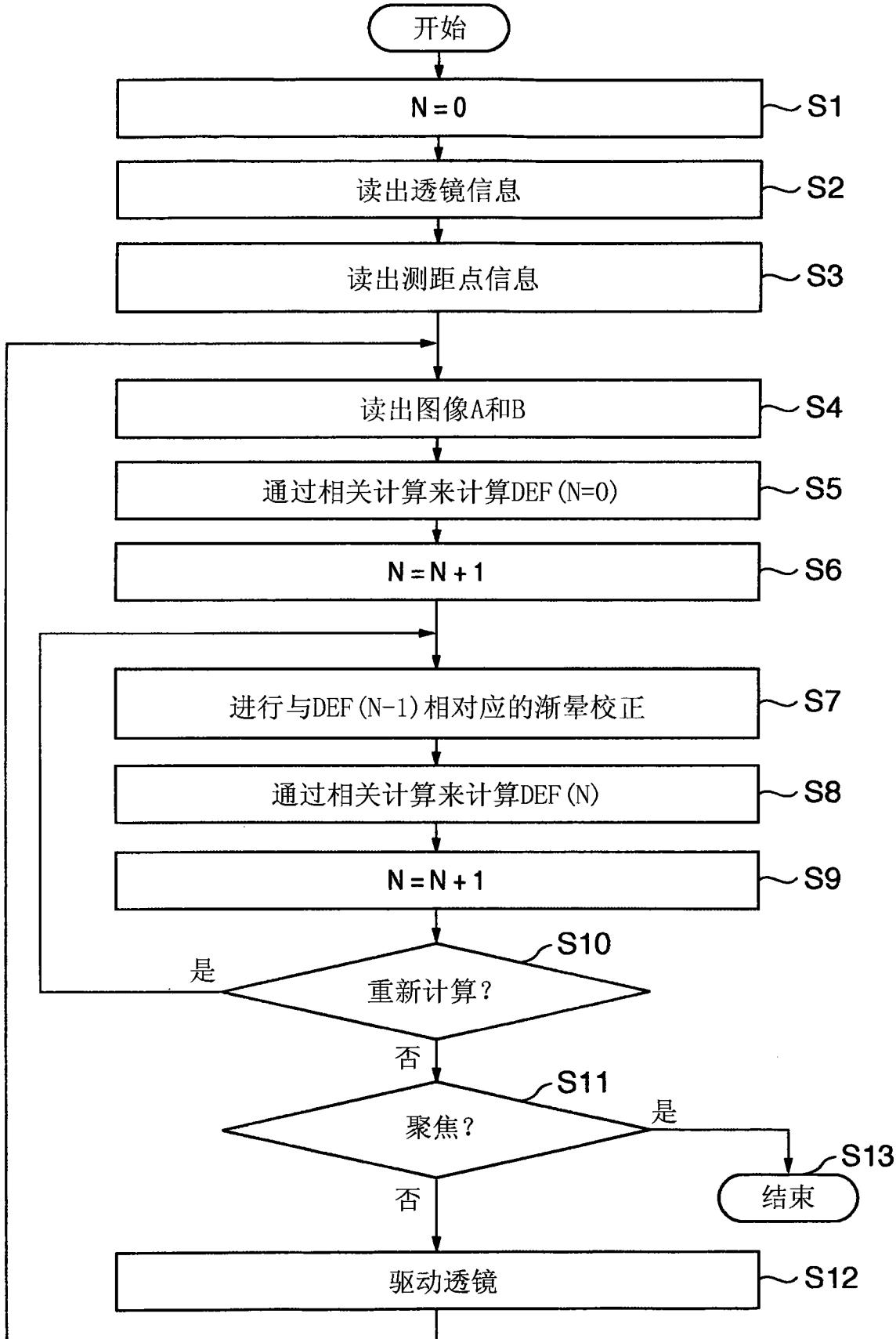


图 17

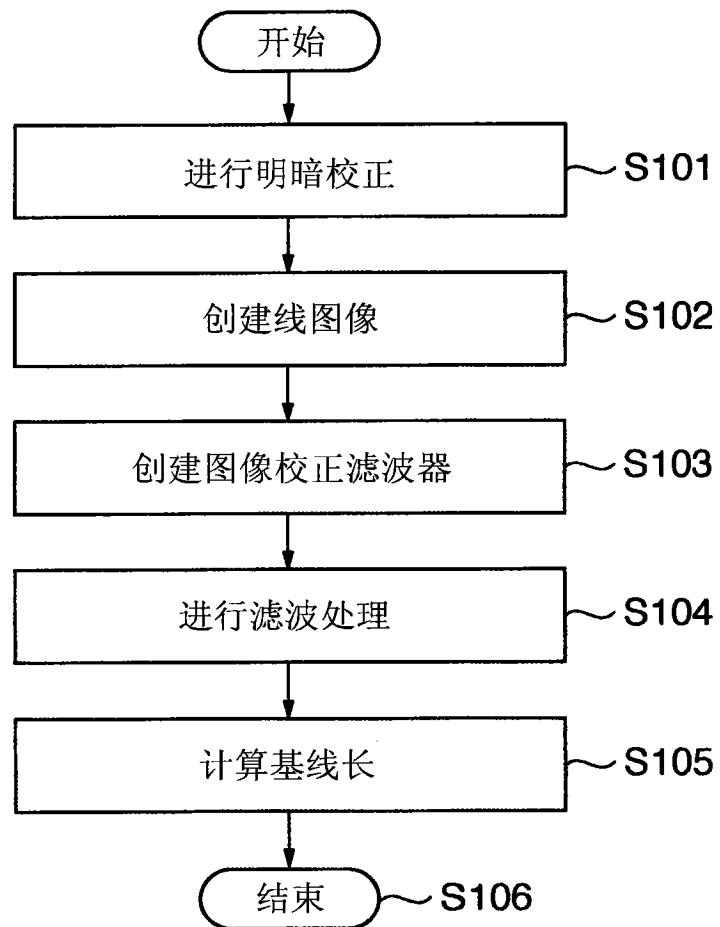


图 18

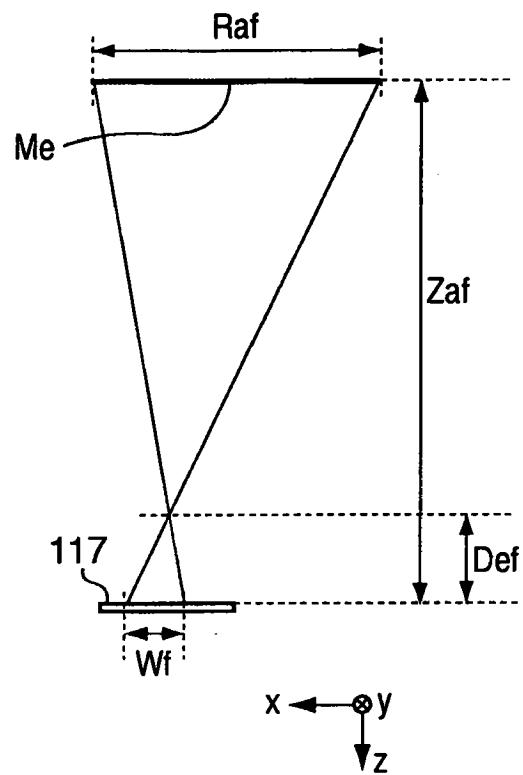


图 19A

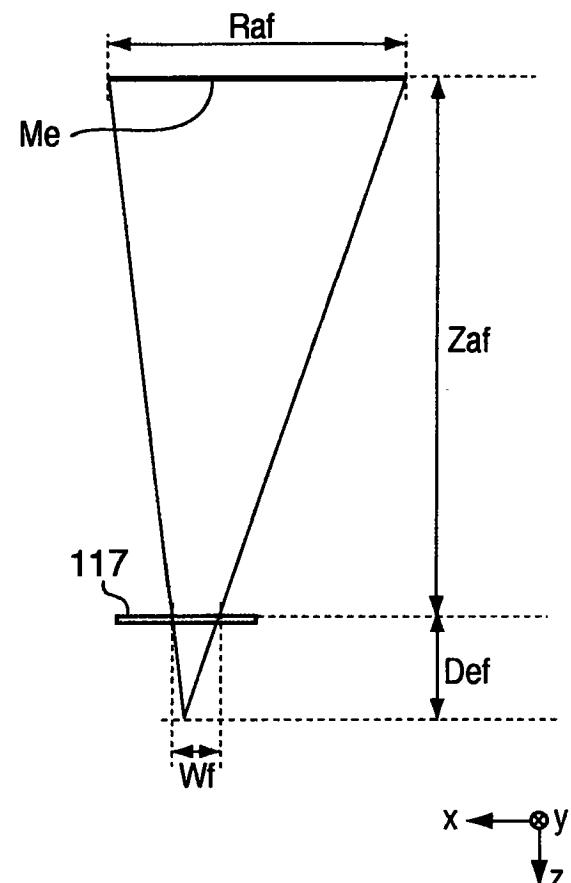


图 19B

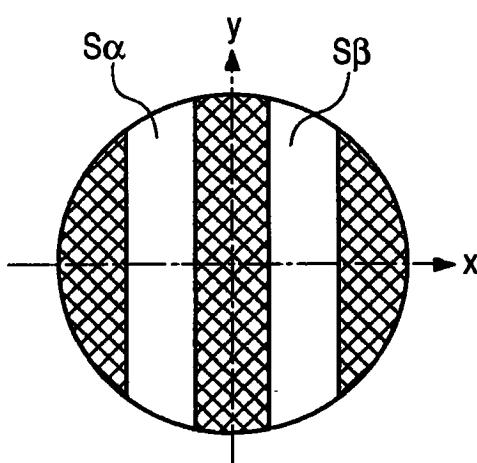


图 20

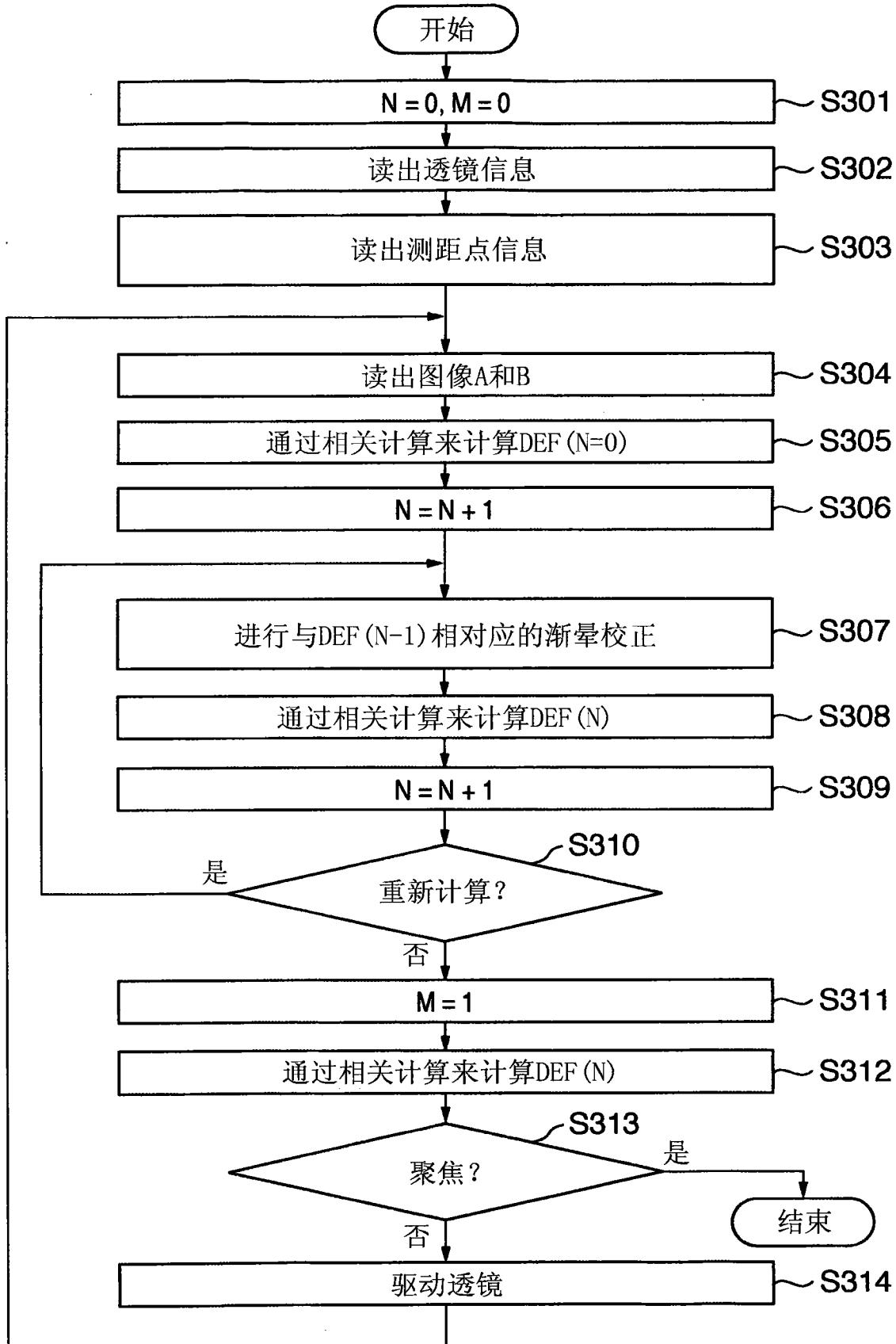


图 21

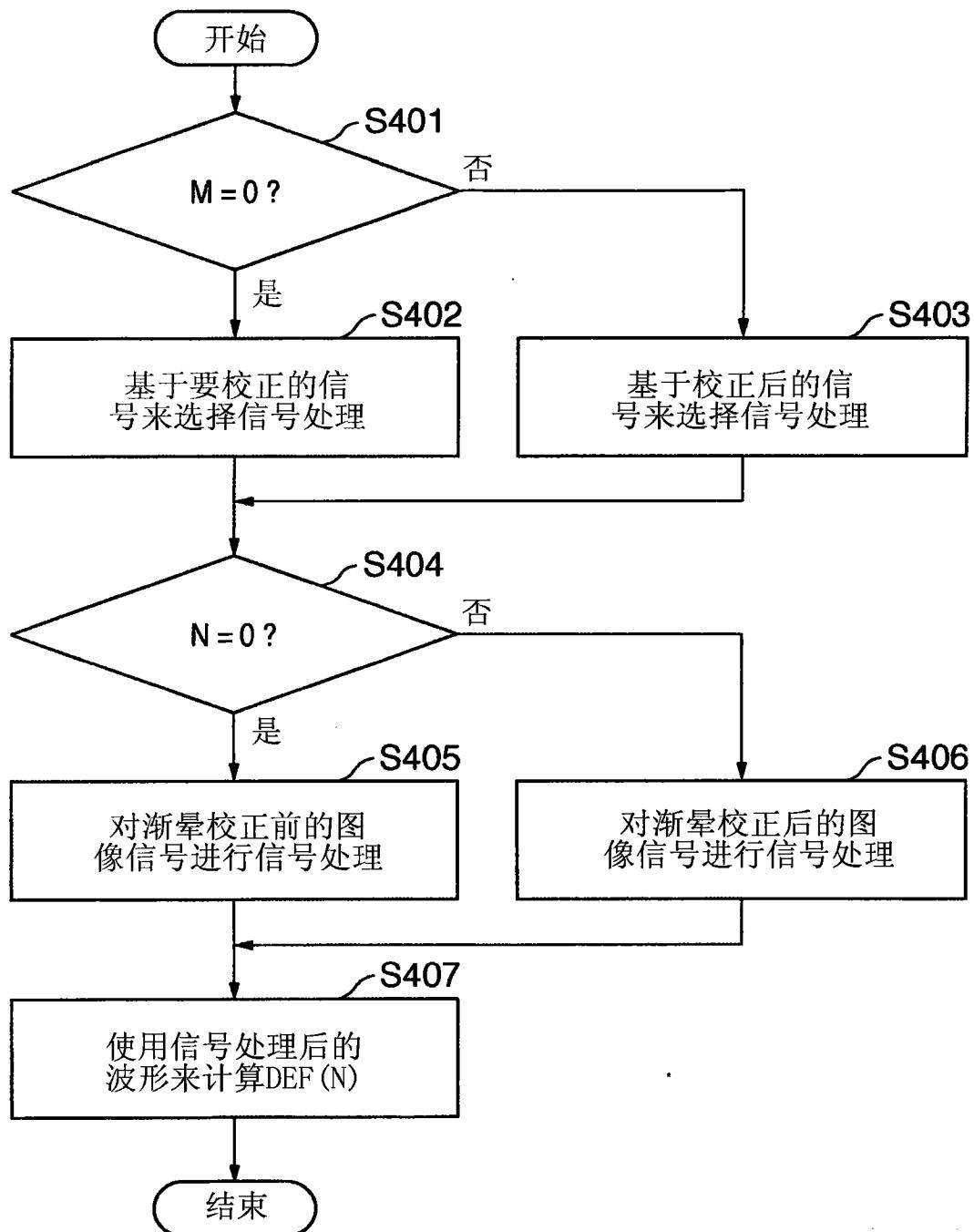


图 22