



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102089698 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 13

(21) 申请号 200980126938. 5

H04N 9/07(2006. 01)

(22) 申请日 2009. 07. 08

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

2008-179461 2008. 07. 09 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 01. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/062766 2009. 07. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02010/005104 EN 2010. 01. 14

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 追川真 长野明彦 须田康夫

(74) 专利代理机构 北京魏启学律师事务所

11398

代理人 魏启学

JP 2009015164 A, 2009. 01. 22,
JP 2008017116 A, 2008. 01. 24,
JP 2007158597 A, 2007. 06. 21,
US 2007237512 A1, 2007. 10. 11,
EP 1906657 A2, 2008. 04. 02,
JP 2008017116 A, 2008. 01. 24,
JP 2008017116 A, 2008. 01. 24,
US 2007237512 A1, 2007. 10. 11,
EP 1906657 A2, 2008. 04. 02,
JP 2007282107 A, 2007. 10. 25,
JP 0004797606 B9, 2011. 08. 12,
JP 2008147821 A, 2008. 06. 26,
JP 4826507 B2, 2011. 11. 30,

审查员 李洁

(51) Int. Cl.

G02B 7/34(2006. 01)

G03B 13/36(2006. 01)

H04N 5/232(2006. 01)

H04N 5/341(2011. 01)

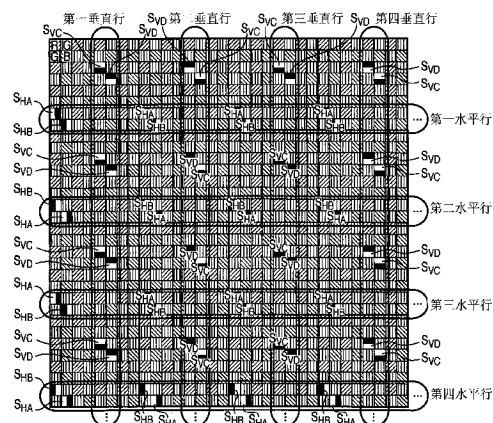
权利要求书 1 页 说明书 23 页 附图 22 页

(54) 发明名称

摄像设备

(57) 摘要

在具有光电转换被摄体图像的多个像素的图像传感器中,在分布的同时配置包括第一焦点检测像素(S_{HA})和第二焦点检测像素(S_{HB})的多个焦点检测像素对。在焦点检测方向上邻近的焦点检测像素对中,切换第一焦点检测像素(S_{HA})和第二焦点检测像素(S_{HB})的布局。使用从切换了布局的第一焦点检测像素(S_{HA})和第二焦点检测像素(S_{HB})所获得的图像波形,进行焦点检测。这降低了在焦点检测像素对中包括的像素接收来自被摄体的不同部位的光束时所产生的焦点检测误差。



1. 一种摄像设备,包括:

图像传感器,其包括光电转换被摄体图像的多个像素,在所述图像传感器中,以预定间距在所述多个像素中配置用于通过相位差检测来检测形成所述被摄体图像的镜头的焦点的多个焦点检测像素对,其中,各焦点检测像素对包括第一焦点检测像素和第二焦点检测像素;以及

检测部件,用于基于分别从所述多个焦点检测像素对的所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素所获得的第一图像波形和第二图像波形之间的相位差,检测所述镜头的调焦状态,

其中,在与所述相位差检测垂直的方向上邻近的两个焦点检测像素对中,切换所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素的布局,

所述检测部件通过平均或相加从切换了布局的所述第一焦点检测像素所获得的一组图像波形,生成所述第一图像波形,并且通过平均或相加从切换了布局的所述第二焦点检测像素所获得的一组图像波形,生成所述第二图像波形,以及

所述检测部件使用从切换了所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素的布局的所述多个焦点检测像素对所获得的所述第一图像波形和所述第二图像波形,检测所述镜头的调焦状态。

2. 根据权利要求1所述的摄像设备,其特征在于,以短于所述预定间距的距离来配置构成各焦点检测像素对的所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素。

3. 根据权利要求1所述的摄像设备,其特征在于,还包括颜色滤波器,在所述颜色滤波器中,周期性地配置至少包括绿色的多种颜色以限制对所述图像传感器的各像素的入射光的波长,

其中,在配置了所述颜色滤波器的除绿色以外的颜色的像素中,将各焦点检测像素对的所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素配置为邻近。

4. 根据权利要求1所述的摄像设备,其特征在于,所述多个焦点检测像素对至少包括以下其中一个:

第一焦点检测像素对,其包括开口位置在所述图像传感器的水平方向上不同的所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素;以及

第二焦点检测像素对,其包括开口位置在所述图像传感器的垂直方向上不同的所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素。

摄像设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种能够使用二维排列的许多光电转换元件拍摄静止图像和 / 或运动图像的图像传感器中的和使用该图像传感器的摄像设备中的焦点检测方法。

背景技术

[0002] 传统上,日本特开 2000-292686 号公报和日本特开 2001-305415 号公报公开了用于对图像传感器赋予相位差检测功能以在不使用专用 AF 传感器的情况下实现高速相位差检测型 AF 的技术。

[0003] 在日本特开 2000-292686 号公报中,将图像传感器中的一些像素的各个光接收单元分割成两部分以赋予光瞳分割功能,从而形成焦点检测像素。使用以预定间隔排列的焦点检测像素来实现相位差检测型 AF。注意,作为缺陷像素来处理不能拍摄图像的焦点检测像素,并且通过利用邻近摄像像素信息插值来生成与这些焦点检测像素相对应的图像信息。

[0004] 日本特开 2001-305415 号公报公开了代替利用邻近摄像像素信息插值,通过相加来自各焦点检测像素的两个光接收单元的输出,来生成焦点检测像素的图像信息。

[0005] 然而,由于日本特开 2000-292686 号公报和日本特开 2001-305415 号公报中的焦点检测像素具有被分割成两部分的光接收单元,因而光接收效率较低,结果导致较窄的动态范围和较低的 S/N 比。

[0006] 日本特开 2000-156823 号公报公开了一种技术,该技术通过使光接收单元的感光区相对于片上微透镜的光轴在相反的方向上偏心,使用图像传感器中的一些像素对作为焦点检测像素。基于从这样的焦点检测像素对所获得的一对 AF 波形,进行相位差检测型 AF。在日本特开 2000-156823 号公报中,如日本特开 2000-292686 号公报中一样,通过利用邻近摄像像素信息插值来生成焦点检测像素的图像信息。

[0007] 日本特开 2000-156823 号公报可以抑制焦点检测像素的光接收效率的降低,但是具有下面的问题。

[0008] 由于光接收单元的感光区在相反的方向上偏心的每一焦点检测像素对包括不同的像素,因而各个像素接收来自被摄体图像的不同部位的光束。因而,获得具有与该焦点检测像素对所包括的像素之间的间隔相对应的相位偏移的图像波形。偏移量不是恒定的,并且由于偏移量根据被摄体的图案而变化,因而难以对其进行校正。这导致产生焦点检测误差。另外,在日本特开 2000-156823 号公报中,由于形成焦点检测像素对的两个像素相互间隔而配置,因而发生焦点检测误差的可能性较高。

发明内容

[0009] 考虑到现有技术的问题做出了本发明,并且本发明提供一种能够降低在焦点检测像素对中包括的像素接收来自被摄体的不同部位的光束时所产生的焦点检测误差的摄像设备。

[0010] 根据本发明的一个方面,提供一种摄像设备,该摄像设备包括:图像传感器,其包括光电转换被摄体图像的多个像素,在所述图像传感器中,以预定间距在所述多个像素中配置用于通过相位差检测来检测形成所述被摄体图像的镜头的焦点的多个焦点检测像素对,其中,各焦点检测像素对包括第一焦点检测像素和第二焦点检测像素;以及检测部件,用于基于分别从所述多个焦点检测像素对的所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素所获得的第一图像波形和第二图像波形之间的相位差,检测所述镜头的调焦状态,其中,在与所述相位差检测垂直的方向上邻近的两个焦点检测像素对中,切换所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素的布局,以及所述检测部件使用从切换了所述第一焦点检测像素和所述第二焦点检测像素的布局的所述多个焦点检测像素对所获得的所述第一图像波形和所述第二图像波形,检测所述镜头的调焦状态。

[0011] 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显而易见。

附图说明

[0012] 图 1 是示出作为根据本发明第一实施例的摄像设备的例子的数字照相机的结构的例子的图;

[0013] 图 2 是示意性示出根据本发明第一实施例的图像传感器的电路结构的例子的图;

[0014] 图 3 是示出根据本发明第一实施例的图像传感器的两个垂直像素的断面图和它们的外围电路的图;

[0015] 图 4 是根据本发明第一实施例的图像传感器的驱动时序图;

[0016] 图 5A 和 5B 是示出根据本发明第一实施例的图像传感器中的摄像像素的布局 and 结构的例子的图;

[0017] 图 6A 和 6B 是示出根据本发明第一实施例用于在摄像镜头的水平方向(横向方向)上分割光瞳的焦点检测像素(AF 像素)的布局 and 结构的例子的图;

[0018] 图 7A 和 7B 是示出根据本发明第一实施例用于在摄像镜头的垂直方向(纵向方向)上分割光瞳的焦点检测像素的布局 and 结构的例子的图;

[0019] 图 8 是用于解释根据本发明第一实施例的光瞳分割的示意图;

[0020] 图 9 是用于解释根据本发明第一实施例的数字照相机中在焦点检测时所获得的图像和焦点检测区域的例子的示意图;

[0021] 图 10 是用于解释根据本发明第一实施例的焦点检测像素对的布局规则的图;

[0022] 图 11 是用于解释在第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 包括不同的像素时所产生的 A 图像波形和 B 图像波形之间的偏移的图;

[0023] 图 12 是用于解释在第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 包括不同的像素时所产生的 A 图像波形和 B 图像波形之间的偏移的图;

[0024] 图 13 是示出根据本发明第一实施例的 $4 \times 4 = 16$ 块中的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的布局例子的图;

[0025] 图 14 是示出在如图 11 那样偏移图案的情况下应用于如图 13 所示所配置的焦点检测像素对时所获得的 A 图像波形和 B 图像波形的图;

[0026] 图 15 是用于解释根据本发明第一实施例的图像传感器中的焦点检测像素的布局规则的图;

- [0027] 图 16 是用于解释根据本发明第一实施例的数字照相机的整体操作的流程图；
- [0028] 图 17 是用于详细解释根据本发明第一实施例的数字照相机的焦点检测处理的流程图；
- [0029] 图 18 是用于详细解释根据本发明第一实施例的数字照相机的拍摄处理的流程图；
- [0030] 图 19 是用于解释根据本发明第二实施例的图像传感器中的焦点检测像素的布局规则的图；
- [0031] 图 20 是用于解释根据本发明第三实施例的图像传感器中的焦点检测像素的布局规则的图；
- [0032] 图 21 是用于解释根据本发明第四实施例的图像传感器中的焦点检测像素的布局规则的图；以及
- [0033] 图 22 是用于解释根据本发明第五实施例的图像传感器中的焦点检测像素的布局规则的图。

具体实施方式

[0034] 现在将根据附图详细说明本发明的典型实施例。

[0035] 第一实施例

[0036] 图 1 是示出作为根据本发明第一实施例的摄像设备的例子的数字照相机的结构的例子的图。

[0037] 第一透镜组 101 被置于摄像光学系统（成像光学系统）的前端，并且保持其可沿光轴方向移动。快门 102 不仅用作为用于控制拍摄静止图像时的曝光时间的快门，而且还用作为通过调整开口直径来控制拍摄时的光量的光圈。被置于快门 102 后侧（图像传感器侧）的第二透镜组 103 可以与快门 102 一体地沿光轴方向移动，以与第一透镜组 101 一起实现变焦功能。

[0038] 第三透镜组 105 用作为调焦透镜，并且可沿光轴方向移动。光学低通滤波器 106 被置于图像传感器 107 的前面以减少所拍摄图像中的伪色和摩尔纹。图像传感器 107 包括例如 CMOS 传感器和其外围电路。在本实施例中，图像传感器 107 是二维单个多色滤波图像传感器，在该图像传感器中，在水平和垂直方向上二维排列 $m \times n$ 个光接收元件，并且在这些光接收元件上形成 Bayer 矩阵的片上原色马赛克滤波器。颜色滤波器限制入射在各像素的光接收元件上的透过光的波长。

[0039] 变焦致动器 111 在变焦驱动电路 129 的控制下，使得凸轮筒（未示出）枢转，以在光轴方向上驱动第一透镜组 101 和 / 或第二透镜组 103。快门致动器 112 在快门驱动电路 128 的控制下，在预定打开 / 关闭定时将快门 102 驱动成预定开口直径。

[0040] 调焦致动器 114 在调焦驱动电路 126 的控制下，在光轴方向上驱动第三透镜组 105。

[0041] 电子闪光灯 115 是使用氙管的闪光照明装置。电子闪光灯 115 可以是包括连续发光的 LED 的照明装置。AF 辅助光输出单元 116 将具有预定开口图案的掩模图像投影在视野上，从而辅助在暗地方拍摄时或针对低对比度被摄体的焦点检测。

[0042] CPU 121 包括运算单元、ROM、RAM、A/D 转换器、D/A 转换器和通信接口电路（均未

示出),并且控制整个数字照相机的操作。CPU 121 执行存储在 ROM 中的程序以控制各种电路,从而实现诸如 AF、AE、图像处理和记录等的数字照相机的功能。

[0043] 电子闪光灯控制电路 122 控制拍摄操作中电子闪光灯 115 的发光。辅助光控制电路 123 控制焦点检测操作中 AF 辅助光输出单元 116 的发光。图像传感器驱动电路 124 控制图像传感器 107 的操作,并且还将从图像传感器 107 读取的图像信号进行 A/D 转换并将该信号输出给 CPU 121。图像处理电路 125 对图像信号应用诸如 γ 转换、颜色插值和 JPEG 编码等的图像处理。

[0044] 调焦驱动电路 126 基于焦点检测结果驱动调焦致动器 114 以在光轴方向上移动第三透镜组 105,从而进行焦点调节。快门驱动电路 128 驱动快门致动器 112 以控制快门 102 的开口直径和打开/关闭定时。变焦驱动电路 129 根据在例如用户按下操作开关组 132 所包括的变焦操作开关时输入的变焦操作,驱动变焦致动器 111。

[0045] 显示装置 131 是例如 LCD,并且显示与数字照相机的拍摄模式有关的信息、拍摄前的预览图像和拍摄后的确认图像、以及与焦点检测时的聚焦状态有关的信息等。操作开关组 132 包括电源开关、释放(拍摄触发)开关、变焦操作开关和拍摄模式选择开关。记录介质 133 是例如可拆卸半导体存储卡,并且记录所拍摄图像。

[0046] 图 2 是示意性示出根据本实施例的图像传感器 107 的电路结构的例子的图。

[0047] 图 2 示出图像传感器 107 所包括的许多像素中 2 列 $\times$ 4 行的像素 30-11 ~ 30-42。在本实施例中,图像传感器 107 具有 3000 个水平像素 $\times$ 2000 个垂直像素(总共 6000000 个像素),作为有效像素。像素间距为 $2\mu\text{m}$ 。摄像画面大小为 $6\text{mm} \times 4\text{mm}$ 。

[0048] 参考图 2,每一像素包括由 MOS 晶体管栅极和其下方的耗尽层构成的光电转换单元 1、光电门 (photogate) 2 和传送开关 MOS 晶体管 3。与垂直方向上的各像素对应地设置复位 MOS 晶体管 4、源极跟随器 MOS 晶体管 5 和水平选择器开关 MOS 晶体管 6。源极跟随器负载 CMOS 晶体管 7 根据控制脉冲 ϕ_L 复位垂直输出线。暗输出传送 MOS 晶体管 8、亮输出传送 MOS 晶体管 9、暗输出集成电容器 C_{TN} 10 和亮输出集成电容器 C_{TS} 11 根据控制脉冲 ϕ_{TN} 和 ϕ_{TS} 蓄积暗电压和亮电压。

[0049] 图像传感器 107 还包括水平传送 MOS 晶体管 12、水平输出线复位 MOS 晶体管 13、差分放大器 14、水平扫描电路 15 和垂直扫描电路 16。

[0050] 图 3 是示出两个垂直像素(例如像素 30-11 和 30-21)的断面图和它们的外围电路的图。

[0051] 参考图 3,附图标记 17 表示 p 阱,附图标记 18 表示栅极氧化膜,附图标记 19 表示光电门 2 的第一多晶硅层,附图标记 20 表示光电门 2 的第二多晶硅层,并且附图标记 21 表示 n^+ 浮动扩散部 (FD)。FD 21 经由另一传送 MOS 晶体管与另一光电转换单元连接。图 3 的结构通过使用 FD 21 作为图 2 中的两个传送开关 MOS 晶体管 3 的漏极实现了小型化,并且通过降低 FD 21 的容量提高了灵敏度。可以通过 A1 互连来连接 FD 21。

[0052] 接着参考图 4 的时序图说明图像传感器 107 的操作。图 4 是全像素独立输出模式的时序图。

[0053] 首先,控制脉冲 ϕ_L 根据来自垂直扫描电路 16 的定时输出变高,以接通负载 CMOS 晶体管 7 并复位垂直输出线。另外,控制脉冲 ϕ_{R_0} 、 $\phi_{PG_{00}}$ 和 $\phi_{PG_{e0}}$ 变高,以接通复位 MOS 晶体管 4 并设置光电门 2 的第一多晶硅层 19 处于高电平。

[0054] 在时刻 t_0 , 控制脉冲 ϕS_0 变高, 以接通水平选择器开关 MOS 晶体管 6 并选择第一行和第二行的像素单元。在时刻 (t_0+T_0) , 控制脉冲 ϕR_0 变低, 以使得各 FD 21 停止复位, 并且被设置处于浮动状态, 同时使得各源极跟随器 MOS 晶体管 5 的栅极-源极通路接通。在从时刻 t_1 开始的时期 T_1 , 控制脉冲 ϕT_N 变高以进行源极跟随器操作, 从而使得 FD 21 向暗输出集成电容器 C_{TN} 10 输出暗电压。

[0055] 为使第一行的像素进行光电转换输出, 第一行的控制脉冲 ϕTX_{00} 变高以接通传送开关 MOS 晶体管 3。此后, 在从时刻 t_2 开始的时期 T_2 , 控制脉冲 ϕPG_{00} 变低。此时的电压关系增高在各光电门 2 下传播的势阱 (potential well), 并且向 FD 21 完全传送光发生载波。如果可以进行完全传送, 则控制脉冲 ϕTX 无需总是脉冲, 并且可以是固定电位。

[0056] 从时刻 $t_2 \sim (t_2+T_2)$, 将来自光电转换单元 1 的电荷传送至 FD 21。各 FD 21 的电位根据光量而改变。此时, 源极跟随器 MOS 晶体管 5 处于浮动状态。因此, 在从时刻 t_3 开始的时期 T_3 , 控制脉冲 ϕT_S 变高, 以向亮输出集成电容器 C_{TS} 11 输出 FD 21 的电位。在该时点, 暗输出集成电容器 C_{TN} 10 和亮输出集成电容器 C_{TS} 11 储存第一行的像素的暗输出和亮输出。

[0057] 在时刻 t_4 , 控制脉冲 ϕHC 临时变高以接通水平输出线复位 MOS 晶体管 13 并复位水平输出线。在水平传送期间, 暗输出集成电容器 C_{TN} 10 和亮输出集成电容器 C_{TS} 11 根据来自水平扫描电路 15 的扫描定时信号, 向水平输出线输出像素的暗输出和亮输出。此时, 差分放大器 14 计算暗输出和亮输出之间的差分输出 V_{OUT} 。这使得能够通过去除像素的随机噪声和固定图案噪声来获得具有高 S/N 比的信号。

[0058] 像素 30-12 和 30-22 的光电荷与像素 30-11 和 30-21 的光电荷同时被储存在相应的暗输出集成电容器 C_{TN} 10 和亮输出集成电容器 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, 将像素 30-12 和 30-22 的暗输出和亮输出读出至水平输出线, 然后从差分放大器 14 输出。

[0059] 在本实施例中, 说明了用于在图像传感器 107 中计算差分输出 V_{OUT} 的结构。即使在该图像传感器外部使用传统 CDS (相关双采样) 电路也可以获得相同效果。

[0060] 在将亮输出输出至亮输出集成电容器 C_{TS} 11 后, 控制脉冲 ϕR_0 变高以接通复位 MOS 晶体管 4 并将 FD 21 复位成电源 V_{DD} 。在第一行的水平传送结束之后, 读取访问第二行。

[0061] 为读取访问第二行, 以相同方式驱动控制脉冲 ϕTX_{e0} 和控制脉冲 ϕPG_{e0} 。提供高脉冲作为控制脉冲 ϕT_N 和 ϕT_S 以将光电荷储存在暗输出集成电容器 C_{TN} 10 和亮输出集成电容器 C_{TS} 11 中, 从而提取暗输出和亮输出。上述驱动允许独立读取访问第一行和第二行。

[0062] 此后, 垂直扫描电路进行扫描, 从而以相同方式读取访问第 $(2n+1)$ 行和第 $(2n+2)$ 行, 由此执行全像素独立输出。更具体地, 当 $n = 1$ 时, 控制脉冲 ϕS_1 首先变高。接着, 控制脉冲 ϕR_1 变低, 然后控制脉冲 ϕT_N 和 ϕTX_{01} 变高。随后, 控制脉冲 ϕPG_{01} 变低, 控制脉冲 ϕT_S 变高, 并且控制脉冲 ϕHC 临时变高以读出像素 30-31 和 30-32 的像素信号。此后, 应用控制脉冲 ϕTX_{e1} 和 ϕPG_{e1} 以及如以上所述相同的控制脉冲, 以读出像素 30-41 和 30-42 的像素信号。

[0063] 图 5A ~ 7B 是用于解释摄像像素和焦点检测像素 (AF 像素) 的结构图。

[0064] 本实施例的图像传感器 107 采用 Bayer 矩阵, 在 Bayer 矩阵中, 将具有 G (绿色) 光谱灵敏度的像素配置为 $2 \times 2 = 4$ 像素中的两个对角像素, 并且将具有 R (红色) 和 B (蓝

色)光谱灵敏度的像素分别配置为其余两个像素。Bayer 矩阵的像素包括具有后面所述结构且根据预定规则分布的焦点检测像素。

[0065] 图 5A 和 5B 示出根据本实施例的摄像像素的布局 and 结构的例子。

[0066] 图 5A 是 2×2 摄像像素的平面图。如上所述,在 Bayer 矩阵中,将两个 G 像素配置在对角方向上,并且将 R 和 B 像素配置为其余两个像素。在整个图像传感器 107 上重复这一 2×2 阵列。

[0067] 图 5B 是示出沿图 5A 中的线 A-A 所截取的断面图和摄像光学系统的光路的图。

[0068] ML 表示被置于各像素最前面的片上微透镜, CF_R 表示 R(红色)颜色滤波器,并且 CF_G 表示 G(绿色)颜色滤波器。PD 示意性表示各像素的光电转换单元。CL 表示形成用于在 CMOS 图像传感器中传输各种信号的信号线的互连层。TL 示意性表示摄像光学系统。

[0069] 摄像像素的片上微透镜 ML 和光电转换单元 PD 用于尽可能有效地接收通过摄像光学系统 TL 的光束。换句话说,片上微透镜 ML 使得摄像光学系统 TL 的出瞳 EP 与光电转换单元 PD 共轭。光电转换单元 PD 的有效面积被设计得较大。图 5B 示出相对 R 像素的入射光束。然而, G 和 B(蓝色)像素具有相同的结构。因此,与 R、G 和 B 摄像像素各自相对应的出瞳 EP 具有大的直径。这使得可以有效地接收来自被摄体的光束,并且可以提高图像信号的 S/N 比。

[0070] 图 6A 和 6B 示出根据本实施例用于在摄像镜头的水平方向(横向方向)上分割光瞳的焦点检测像素(AF 像素)的布局 and 结构的例子。

[0071] 图 6A 是包括焦点检测像素对的 2×2 像素的平面图。为获得摄像信号, G 像素构成亮度信息的主成分。人类的图像识别特性对亮度信息敏感。因此,如果 G 像素缺失,则图像质量下降容易被觉察。另一方面,除绿色以外的颜色的像素,更具体地为 R 像素或 B 像素获取颜色信息。人类的图像识别特性对颜色信息不敏感。因此,即使若干个用于获取颜色信息的像素缺失,图像质量下降也难以觉察。在本实施例中,在 2×2 像素中,保留 G 像素作为摄像像素,并且将焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 配置在 R 和 B 像素的位置处。

[0072] 图 6B 是示出沿图 6A 中的线 A-A 所截取的断面图(即,该焦点检测像素对的断面图)和摄像光学系统的光路的图。

[0073] 片上微透镜 ML 和光电转换单元 PD 具有如图 5B 所示的摄像像素中的相同结构。在本实施例中,不使用焦点检测像素的信号作为图像信号。因此,代替颜色分离滤波器,配置无色透明滤波器 CF_w 。另外,由于一对像素分割光瞳,因而互连层 CL 中的每一开口部的位置相对于相应的片上微透镜 ML 的中心线在一个方向上偏移。也就是说,形成焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的开口的位置在相互相反的方向上偏移。

[0074] 更具体地,焦点检测像素 S_{HA} 的开口部 OP_{HA} 在水平方向上向右偏移,因此接收通过摄像镜头 TL 左侧的出瞳 EP_{HA} 的光束。类似地,焦点检测像素 S_{HB} 的开口部 OP_{HB} 在水平方向上向左偏移,因此接收通过摄像镜头 TL 右侧的出瞳 EP_{HB} 的光束。将通过水平方向上周期性排列的多个焦点检测像素 S_{HA} 所获取的亮度波形定义为 A 图像波形(第一图像波形)。将通过水平方向上周期性排列的多个焦点检测像素 S_{HB} 所获取的亮度波形定义为 B 图像波形(第二图像波形)。检测 A 图像波形和 B 图像波形的相对位置使得能够检测在水平方向上具有亮度分布的被摄体的离焦量(散焦量)。

[0075] 注意,焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 允许检测在它们的排列方向上具有亮度分布的被

摄体的焦点,即沿垂直线的焦点。然而,不可能检测水平线的焦点,即仅在与排列方向垂直的方向上具有亮度分布的被摄体的焦点。在本实施例中,为使得能够对后一被摄体进行焦点检测,还设置用于在摄像镜头的垂直方向(纵向方向)上分割光瞳的焦点检测像素。

[0076] 图 7A 和 7B 示出根据本实施例用于在摄像镜头的垂直方向(纵向方向)上分割光瞳的焦点检测像素的布局 and 结构的例子。

[0077] 图 7A 是包括焦点检测像素的 2×2 像素的平面图。如图 6A 一样,保留 G 像素作为摄像像素,并且将焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 配置在 R 和 B 像素的位置处。

[0078] 图 7B 是示出沿图 7A 中的线 A-A 所截取的断面图(即该焦点检测像素对的断面图)和摄像光学系统的光路的图。

[0079] 通过与图 6B 的比较显而易见,除图 7B 中的焦点检测像素在垂直方向上分离光瞳以外,焦点检测像素的结构是相同的。更具体地,焦点检测像素 S_{VC} 的开口部 OP_{VC} 在垂直方向上向下偏移,因此接收通过摄像镜头 TL 上侧的出瞳 EP_{VC} 的光束。类似地,焦点检测像素 S_{VD} 的开口部 OP_{VD} 在垂直方向上向上偏移,因此接收通过摄像镜头 TL 下侧的出瞳 EP_{VD} 的光束。

[0080] 将通过垂直方向上周期性排列的多个焦点检测像素 S_{VC} 所获取的被摄体图像定义为 C 图像波形。将通过垂直方向上周期性排列的多个焦点检测像素 S_{VD} 所获取的被摄体图像定义为 D 图像波形。检测 C 图像波形和 D 图像波形的相对位置使得能够检测在垂直方向上具有亮度分布的被摄体的离焦量(散焦量)。

[0081] 下面,有时将焦点检测像素 S_{HA} 或 S_{VC} 称为第一 AF 像素,并且有时将焦点检测像素 S_{HB} 或 S_{VD} 称为第二 AF 像素。

[0082] 图 8 是用于解释根据第一实施例的光瞳分割的示意图。

[0083] 参考图 8, OBJ 表示被摄体,并且 IMG 表示被摄体 OBJ 的光学图像。

[0084] 如参考图 5A 和 5B 所述,摄像像素接收通过摄像镜头的整个出瞳区域 EP 的光束。另一方面,焦点检测像素具有光瞳分割功能,如参考图 6A ~ 7B 所述。更具体地,图 6A 和 6B 中的焦点检测像素 S_{HA} 接收通过在从摄像面观看镜头的后端时的左光瞳即图 8 中的光瞳 EP_{HA} 的光束。类似地,焦点检测像素 S_{HB} 、 S_{VC} 和 S_{VD} 分别接收通过光瞳 EP_{HB} 、 EP_{VC} 和 EP_{VD} 的光束。将焦点检测像素 S_{HA} 、 S_{HB} 、 S_{VC} 和 S_{VD} 配置成周期性分布在整个图像传感器 107 上。这使得能够在整个摄像区域中检测焦点。

[0085] 图 9 是用于解释根据本实施例的数字照相机中在焦点检测时所获取的图像和焦点检测区域的例子的示意图。

[0086] 参考图 9,图像传感器 107 的摄像面上所形成的被摄体图像包括位于中央的人、位于左侧的近处的树和位于右侧的远处的山。

[0087] 本实施例的图像传感器包括用于检测在水平方向上具有亮度分布的被摄体的焦点的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及用于检测在垂直方向上具有亮度分布的被摄体的焦点的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。将第一焦点检测像素对和第二焦点检测像素对配置成以均一密度分布在整个图像传感器 107 上。

[0088] 后面将详细说明用于配置第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 的方法。为检测水平方向上的相位差,使用从第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 所获得的一对图像信号。为检测垂直方向上的相位差,使用从第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 所

获得的一对图像信号。因此,在本说明书中,还将第一焦点检测像素对称为水平方向相位差检测像素对,并且还将第二焦点检测像素对称为垂直方向相位差检测像素对。通过设置包括第一焦点检测像素对和第二焦点检测像素对的区域,可以将水平方向的相位差检测用的焦点检测区域和垂直方向的相位差检测用的焦点检测区域设置在摄像区域的任意位置处。

[0089] 在图 9 所示的例子中,人的面部存在于画面的中央。例如,当图像处理电路 125 对所拍摄图像应用已知的面部识别技术并检测到存在面部时,可以围绕面部区域设置焦点检测区域。

[0090] 更具体地,如图 9 所示,可以围绕面部区域设置水平方向的相位差检测用的焦点检测区域 $AFAR_h(x1, y1)$ 和垂直方向的相位差检测用的焦点检测区域 $AFAR_v(x3, y3)$ 。注意,下标 h 表示水平方向,并且 $(x1, y1)$ 和 $(x3, y3)$ 表示焦点检测区域的左上角的像素坐标值。焦点检测区域 $AFAR_h(x1, y1)$ 包括 30 个第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 。焦点检测区域 $AFAR_v(x3, y3)$ 包括 30 个第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。

[0091] 假设 $AFSIG_h(A1)$ 是通过水平连结由包括在焦点检测区域 $AFAR_h(x1, y1)$ 中的 30 个第一 AF 像素 S_{HA} 获得的图像信号所生成的相位差检测用的 A 图像波形。类似地,假设 $AFSIG_h(B1)$ 是通过水平连结由 30 个第二 AF 像素 S_{HB} 获得的图像信号所生成的相位差检测用的 B 图像波形。

[0092] 通过已知的相关计算来计算 A 图像波形 $AFSIG_h(A1)$ 和 B 图像波形 $AFSIG_h(B1)$ 之间的水平相位差,从而获得水平方向上的离焦量(散焦量)。

[0093] 同样在焦点检测区域 $AFAR_v(x3, y3)$ 中,分别从 30 个焦点检测像素 S_{VC} 和 30 个焦点检测像素 S_{VD} 获得 C 图像波形 $AFSIG_v(C3)$ 和 D 图像波形 $AFSIG_v(D3)$,并且计算垂直方向上的离焦量。

[0094] 比较在这两个焦点检测区域 $AFAR_h(x1, y1)$ 和 $AFAR_v(x3, y3)$ 中所检测到的这两个离焦量,并且采用更可靠的值。

[0095] 另一方面,画面左侧的树的树干部分主要包含垂直线成分,即水平方向上的亮度分布。因此,将树干部分判断为是适合于水平方向上的相位差检测的被摄体。设置水平方向上的相位差检测用的焦点检测区域 $AFAR_h(x2, y2)$ 。画面右侧的山的山脊线部分主要包含水平线成分,即垂直方向上的亮度分布。因此,设置垂直方向上的相位差检测用的焦点检测区域 $AFAR_v(x4, y4)$ 。

[0096] 如上所述,在本实施例中,可以在画面(图像传感器)的任意区域中设置水平方向的相位差检测用的焦点检测区域和垂直方向的相位差检测用的焦点检测区域。因此,可以独立于画面中的被摄体的位置和亮度分布的方向,适当地进行焦点检测。

[0097] 图 10 是用于解释根据本实施例的焦点检测像素对的布局规则的图。图 10 仅示出第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的布局来帮助解释和理解。

[0098] 摄像像素被分割成各自具有预定大小的正方形区域构成的块。在各正方形区域中配置第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 。假设 BLK (单位:像素)是正方形区域的一边的长度。一个块是包括 $BLK[像素] \times BLK[像素]$ 的正方形区域。在第一实施例中, $BLK = 8[像素]$ 。将每一边具有与 $8[像素]$ 相对应的的长度的正方形区域定义为块。

[0099] 参考图 10,将各块的左下角处的像素的地址定义为 $(0, 0)$ 。定义该地址,使得随着像素位置在水平方向上向右移动一个像素,该地址的第二项增大 1,并且随着像素位置在垂

直方向上向上移动一个像素,该地址的第一项增大 1。在本实施例中,根据该定义,将第一 AF 像素 S_{HA} 配置在各块的像素 (1,0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在像素 (0,1) 处。

[0100] 如作为现有技术的问题所述,由于第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 被配置在不同位置,因而所接收到的图像波形具有偏移。偏移量与一个焦点检测像素对中包括的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 之间的距离成比例。可以以短于焦点检测像素对的间距的距离来配置第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 以使其相互靠近。在第一实施例中,以最小距离将第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置为相互邻近。注意,因为相同原因,如后面所述,第二焦点检测像素对中所包括的第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 也被配置为相互邻近。

[0101] 如参考图 6A 和 6B 所述,水平方向上的相位差检测用的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 仅接收通过区域光瞳 EP_{HA} 和 EP_{HB} 的光束,其中,区域光瞳 EP_{HA} 和 EP_{HB} 是通过在水平方向上分割摄像镜头 TL 的出瞳 EP 而获得的。

[0102] 因此,直接使用第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 作为摄像像素,这可能会对图像质量产生不利影响。为生成焦点检测像素的图像信息,需要采取诸如基于从邻近摄像像素所获得的图像信号进行插值等的措施。

[0103] 如上所述,G 像素的输出对亮度信息的贡献相对较大,因此与 B 像素和 R 像素的输出相比,对图像质量的影响大。

[0104] 因为这一原因,在本实施例中,为抑制在将第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置为相互邻近时对图像质量的影响,将第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置在在对角方向上邻近的 R 像素和 B 像素的位置处。注意,如后面所述,因为相同的原因,将第二焦点检测像素对中所包括的第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 也配置在在对角方向上邻近的 R 像素和 B 像素的位置处。

[0105] 在水平方向上邻近的块中,将第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置在相同地址处。结果,在水平方向上以间距 $BLK[像素]$ 分布第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 。水平连结从多个焦点检测像素 S_{HA} 所获得的图像信号以生成一个图像信号 (A 图像波形),来计算水平方向上的相位差。水平连结从多个第二 AF 像素 S_{HB} 所获得的图像信号以生成另一图像信号 (B 图像波形),来计算水平方向上的相位差,其中这多个第二 AF 像素 S_{HB} 与生成 A 图像波形所使用的多个第一 AF 像素 S_{HA} 一起被包括在焦点检测像素对中。

[0106] 如参考图 8 所述,由通过摄像镜头 TL 的出瞳 EP 的不同区域光瞳 EP_{HA} 和 EP_{HB} 的光束形成 A 图像波形和 B 图像波形。因为这一原因, A 图像波形和 B 图像波形之间的相位差根据摄像镜头的调焦状态而变化。本实施例的焦点检测的原理是计算相位差并检测摄像镜头的调焦状态。

[0107] 参考图 11 和 12 来说明通过由不同像素构成的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 所生成的 A 图像波形和 B 图像波形之间的偏移。

[0108] 图 11 示出在水平方向上排列 5 个块 1 ~ 5 的状态,其中,每一块包括被配置在地址 (1,0) 处的焦点检测用的第一 AF 像素 S_{HA} 和被配置在地址 (0,1) 处的焦点检测用的第二 AF 像素 S_{HB} 。

[0109] 假定在聚焦状态下在图像传感器 107 的摄像面上形成包括白色垂直线部分 203 的被摄体 201 的图像,其中,白色垂直线部分 203 具有 $2*BLK[像素]$ 的宽度,并且被夹在黑色

部分 202 之间。在聚焦状态下,从第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 所获得的 A 图像波形和 B 图像波形没有任何相位差,应该是相同的。

[0110] 图 11 的 (1) 表示白色垂直线部分 203 的位置从块 2 的左端起直到块 3 的右端为止的状态。在关注各个块的第一 AF 像素 $S_{HA}(a1) \sim S_{HA}(a5)$ 的情况下,第一 AF 像素在块 1 中为黑色,在块 2 中为白色,在块 3 中为白色,在块 4 中为黑色,并且在块 5 中为黑色。类似地,在关注第二 AF 像素 $S_{HB}(b1) \sim S_{HB}(b5)$ 的情况下,第二 AF 像素在块 1 中为黑色,在块 2 中为白色,在块 3 中为白色,在块 4 中为黑色,并且在块 5 中为黑色。

[0111] 图 12 的 (1) 示出在图 11 的状态 (1) 下所获得的 A 图像波形和 B 图像波形。

[0112] 参考图 12,从块 1 ~ 5 中的第一 AF 像素 $S_{HA}(a1) \sim S_{HA}(a5)$ 获得信号 $a1 \sim a5$ 。类似地,从块 1 ~ 5 中的第二 AF 像素 $S_{HB}(b1) \sim S_{HB}(b5)$ 获得信号 $b1 \sim b5$ 。如图 12 的 (1) 所示,在图 11 的状态 (1) 下所获得的 A 图像波形和 B 图像波形相互一致,并且调焦状态被正确地判断为“聚焦”。

[0113] 图 11 的 (2) 表示与 (1) 相同的图案向右移动一个像素的状态。更具体地,白色垂直线部分 203 的位置从块 2 的焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的边界起直到块 3 的焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的边界为止。

[0114] 在关注第一 AF 像素 S_{HA} 的情况下,第一 AF 像素在块 1 中为黑色,在块 2 中为黑色,在块 3 中为白色,在块 4 中为白色,并且在块 5 中为黑色。另一方面,在关注第二 AF 像素的情况下,第二 AF 像素在块 1 中为黑色,在块 2 中为白色,在块 3 中为白色,在块 4 中为黑色,并且在块 5 中为黑色。也就是说,第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 在块 2 和 4 中为不同图案。

[0115] 图 12 的 (2) 示出在图 11 的状态 (2) 下所获得的 A 图像波形和 B 图像波形。在该状态下, A 图像波形和 B 图像波形具有与一个间距相对应的相位差。尽管实际上获得了聚焦状态,但是由于 A 图像波形和 B 图像波形具有相位差,因而调焦状态被判断为“离焦”。也就是说,没有正确地判断调焦状态。

[0116] 在表示与 (1) 相同的图案进一步向右移动一个像素的状态的图 11 的 (3) 中,块 2 中的焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 均是黑色,并且块 4 中的焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 均是白色。因此,如图 12 的 (3) 所示,所获得的 A 图像波形和 B 图像波形相互一致。

[0117] 从此时起,在直到表示该图案向右移动 8 个像素的状态的图 11 的 (9) 和图 12 的 (9) 为止的所有块中,第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 对应于该图案的相同颜色。因此, A 图像波形和 B 图像波形一致。

[0118] 在第一实施例中,成对使用的焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 被配置为相互邻近以使得它们之间的距离尽可能地短。在该布局中,仅当如图 11 的 (2) 所示、被摄体图像的边缘位于第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 之间的边界处时,不管聚焦状态如何, A 图像波形和 B 图像波形都不一致。

[0119] 在图 11 的例子中,将第一焦点检测像素对中所包括的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置为相互邻近。第一焦点检测像素对的水平间距为 8[像素]。因此,假定被摄体图像的边缘位于第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 之间的边界处的可能性差不多为 1/8。

[0120] 另一方面,假定如上述专利文献 3 所公开的那样,以相同类型的焦点检测像素(例如, S_{HA}) 的间距的 1/2 间距配置不同类型的焦点检测像素(与 S_{HA} 和 S_{HB} 相对应)。在这种情

况下,相同块中的焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 为不同图案的可能性非常高,并且差不多为 $1/2$ 。

[0121] 图 11 和 12 示出用于帮助解释和理解的单个被摄体图像的例子。一般被摄体图像通常具有多个边缘。因为这一原因,混合第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 为相同图案的块与第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 为不同图案的块。块的比率决定检测误差的大小。在本实施例中,将第一焦点检测像素对中所包括的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置为相互邻近。这抑制了第一 AF 像素和第二 AF 像素为不同图案的可能性,并且降低了焦点检测误差。

[0122] 接着说明根据本实施例用于在垂直方向上配置水平方向上的相位差检测用的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的方法。

[0123] 图 13 是示出根据本实施例的 $4 \times 4 = 16$ 块中的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的布局例子的图。

[0124] 图 14 示出在如图 11 那样偏移图案的情况下应用于如图 13 所示所配置的焦点检测像素对时所获得的 A 图像波形和 B 图像波形。

[0125] 在这种情况下,将配置在最上面的块行上的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的集合称为第一水平行。将第二块行的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的集合称为第二水平行。类似地,将第一焦点检测像素对的其余集合依次称为第三水平行和第四水平行。

[0126] 在第一水平行的各块中,将第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (1, 0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (0, 1) 处。因此,如参考图 11 的 (2) 所述,如果被摄体图像的边缘位于焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的边界处,则 B 图像波形相对于 A 图像波形向左偏移,如图 14 中的第一水平行 (2) 所示。

[0127] 另一方面,在本实施例中,第二水平行的各块中的第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局与第一水平行和第三水平行中的布局相反。也就是说,将第一 AF 像素 S_{HA} 的位置切换成地址 (0, 1),并且将第二 AF 像素 S_{HB} 的位置切换成地址 (1, 0)。

[0128] 更一般而言,在两个焦点检测像素对中切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局,其中,这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近,并且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。

[0129] 结果,如果被摄体图像的边缘位于焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的边界处,则 B 图像波形相对于 A 图像波形向右偏移,如图 14 的第二水平行 (2) 所示。

[0130] 第一水平行中的焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的边界位置与第二水平行中的相同。因此,如果被摄体的边缘位置在第一水平行和第二水平行之间相同,则第一水平行和第二水平行中同时发生 A 图像波形和 B 图像波形之间的相位偏移。偏移量相等,并且偏移发生在相反方向上。

[0131] 在本实施例中,平均或相加从这两个焦点检测像素对所获得的两组图像波形,其中,这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近,并且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。这使得可以抵消在被摄体图像的边缘位于 AF 像素之间的边界处时的图像波形之间的偏移,并且还可抑制焦点检测误差发生的可能性。

[0132] 第一水平行和第二水平行对应于垂直方向上不同的被摄体部分。因为这一原因,这两个水平行的其中一个可能对应于不适于焦点检测的对比度图案。不适于焦点检测的对比度图案是例如低对比度被摄体或锐度非常差的被摄体。如果从第一水平行所获得的图像

波形的可靠性明显不同于从第二水平行所获得的图像波形的可靠性,则可以在向更可靠的图像波形分配权重之后进行平均。例如,如果从第一水平行所获得的图像波形的可靠性低,则可以在相对于在第一水平行上所检测到的图像波形、对在第二水平行上所检测到的图像波形进行两倍加权之后,对图像波形进行平均。

[0133] 可选地,代替平均从第一水平行和第二水平行所获得的图像波形,可以相加图像信号。

[0134] 如图 14 所示,对于从第一水平行所获得的 A 图像波形 $a1 \sim a5$ 和 B 图像波形 $b1 \sim b5$ 以及从第二水平行所获得的 A 图像波形 $a1 \sim a5$ 和 B 图像波形 $b1 \sim b5$,相加各个像素的输出。即使在被摄体图像的边缘位于焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的边界处时,所获得的 A 图像波形 $a1 \sim a5$ 和 B 图像波形 $b1 \sim b5$ 也没有相位偏移,如图 14 中的“像素相加之后”(2)所示。

[0135] 这样,相加在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近的两个焦点检测像素对的行中、位于光瞳分割方向上的相同位置处的焦点检测像素的输出。这同样降低了在焦点检测像素对包括不同像素时发生的焦点检测误差。

[0136] 在第三水平行、第五水平行、……中,以与第一水平行中相同的方式配置第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 。在第四水平行、第六水平行、……中,以与第二水平行中相同的方式配置第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 。

[0137] 为了方便说明,图 13 仅提取 4×4 块区域。将图 13 所示的布局规则应用于图像传感器 107 的整个区域,这使得可以在摄像区域的任意位置处降低在各焦点检测像素对均包括不同像素时所产生的焦点检测误差。

[0138] 以上说明了根据本实施例的水平相位差检测像素对(第一焦点检测像素对) S_{HA} 和 S_{HB} 的布局。

[0139] 接着参考图 15 说明除水平相位差检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以外配置垂直相位差检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 所使用的规则。

[0140] 如上所述,焦点检测像素 S_{HA} 、 S_{HB} 、 S_{VC} 和 S_{VD} 仅接收通过摄像镜头 TL 的出瞳 EP 的左侧、右侧、上侧和下侧的区域光瞳 EP_{HA} 、 EP_{HB} 、 EP_{VC} 和 EP_{VD} 的光束。因此,直接使用焦点检测像素作为摄像像素将对图像质量产生不利影响。为防止这一情况,需要通过例如基于来自邻近摄像像素的输出进行插值来生成焦点检测像素的图像信息。

[0141] 如果焦点检测像素 S_{HA} 、 S_{HB} 、 S_{VC} 和 S_{VD} 分布不均匀,则一些区域可能包括许多要通过插值来生成的像素,或者进行插值要使用的信息量可能不充分,结果对图像质量产生不利影响。为避免这一情况,在水平和垂直两个方向上邻近的两个水平相位差检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的中间位置处配置垂直方向上的相位差检测用的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。

[0142] 在本实施例中,在水平和垂直两个方向上按相等间距(8[像素])以正方形图案配置水平相位差检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 。在这种情况下,在水平和垂直两个方向上偏移 $1/2$ 间距的同时,以正方形图案配置垂直相位差检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。作为整体获得交错配置。

[0143] 如图 15 所示,假定第一焦点检测像素对中所包括的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 被配置在各块中的地址(1,0)和(0,1)处。在这种情况下,第二焦点检测像素对中所包括的第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 被配置在各块中的地址(5,4)和(4,5)处。这使得能够降低由不均匀分布的焦点检测像素所引起的图像质量下降。

[0144] 注意,为抵消在被摄体图像的边缘位于像素对之间的边界处时所产生的图像信号偏移,每隔一个水平行切换各水平相位差检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 中的第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局。因为这一原因,每隔一个垂直行切换各垂直相位差检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 中的第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局。

[0145] 更具体地,在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近的且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界的两个焦点检测像素对中切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局。

[0146] 参考图 15,在第一垂直行的各块中,将第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{VC} 配置在 (5,4) 处,并且将第二 AF 像素 S_{VD} 配置在 (4,5) 处。因此,如参考图 11 和 12 对水平相位差检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 所述,如果被摄体图像的边缘位于像素 S_{VC} 和 S_{VD} 之间的边界处,则 D 图像波形相对于 C 图像波形向上偏移。

[0147] 另一方面,在第二垂直行的各块中,将第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{VC} 配置在 (4,5) 处,并且将第二 AF 像素 S_{VD} 配置在 (5,4) 处。切换第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 的布局。因此,如果被摄体图像的边缘位于像素 S_{VC} 和 S_{VD} 之间的边界处,则 D 图像波形相对于 C 图像波形向下偏移。

[0148] 第一垂直行中的焦点检测像素 S_{VC} 和 S_{VD} 之间的边界位置与第二垂直行中的相同。因此,如果第一垂直行中的被摄体的边缘位置与第二垂直行中的相同,则在第一垂直行和第二垂直行中同时发生 C 图像波形和 D 图像波形之间的相位偏移。偏移量相等,并且在相反方向上发生偏移。这是基于与参考图 14 针对水平相位差检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 所述的原理相同的原理。

[0149] 如上所述,在本实施例中,平均或相加从两个焦点检测像素对所获得的两组图像波形,其中这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近并且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。这使得可以抵消在被摄体图像的边缘位于 AF 像素之间的边界处时图像波形之间的偏移,并且还可以抑制焦点检测误差发生的可能性。

[0150] 在第三垂直行、第五垂直行、……中,以与第一垂直行中相同的方式配置第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 。在第四垂直行、第六垂直行、……中,以与第二垂直行中相同的方式配置第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 。

[0151] 即使对于 C 图像波形和 D 图像波形,也可以在分配与可靠性相对应的权重之后进行平均,或者代替平均,可以相加图像波形。

[0152] 以这种方式配置水平相位差检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及垂直相位差检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。这可以同时降低由不均匀分布的焦点检测像素对所引起的图像质量下降和降低在由不同像素形成焦点检测像素对时所产生的焦点检测误差。

[0153] 图 16 ~ 18 是用于解释根据本实施例的数字照相机的调焦和拍摄操作的流程图。

[0154] 图 16 是用于解释根据本实施例的数字照相机的整体操作的流程图。

[0155] 当用户接通操作开关组 132 中的电源开关时,在步骤 S103,CPU 121 确认照相机中的致动器和图像传感器的动作,初始化存储器内容和执行程序,并且执行拍摄准备操作。

[0156] 在步骤 S105,CPU 121 经由图像传感器驱动电路 124 开始图像传感器 107 的摄像操作。图像处理电路 125 处理所拍摄图像以生成显示图像(具有低于要记录的图像的分辨率)。图像处理电路 125 还从显示图像检测人的面部。

[0157] 在步骤 S107, CPU 121 将由图像处理电路 125 所生成的显示图像顺序输出给显示装置 131, 从而使显示装置 131 用作为 EVF。用户在观看显示装置 131 上所显示的图像的同时, 确定用于进行拍摄的构图。

[0158] 在步骤 S109, CPU 121 从图像处理电路 125 获取面部检测结果, 并且如果检测到了面部, 还获取与面部区域有关的信息。当检测到了面部时, 处理从步骤 S111 进入步骤 S113, 并且 CPU 121 将调焦模式设置为面部 AF 模式。面部 AF 模式表示用于在面部区域中设置焦点检测区域的 AF 模式。

[0159] 如果从显示图像没有检测到面部, 则处理从步骤 S111 进入步骤 S115, 并且 CPU 121 将调焦模式设置为多点 AF 模式。多点 AF 模式表示用于将拍摄区域分割成多个区域 (例如, $3 \times 5 = 15$ 个区域)、在各分割区域中检测焦点并且将包括根据焦点检测结果和被摄体亮度信息所估计出的主被摄体的分割区域设置为最终焦点检测区域的模式。

[0160] 在步骤 S113 或 S115 确定了 AF 模式之后, CPU 121 在步骤 S117 确定焦点检测区域。在步骤 S121, CPU 121 判断是否打开了拍摄准备开关。如果没有打开该开关, 则处理返回到步骤 S105 以重复执行从图像传感器驱动到步骤 S117 中的焦点检测区域确定的处理。

[0161] 在步骤 S121, CPU 121 检测操作开关组 132 中的拍摄准备开关的状态。如果该开关处于 ON (打开), 则处理进入步骤 S131。如果该开关未处于 ON, 则处理返回到步骤 S105。在用户半按下例如释放按钮时, 可以打开拍摄准备开关。

[0162] 图 17 是用于详细解释步骤 S131 中的焦点检测处理的流程图。

[0163] 在步骤 S133, CPU 121 基于预先存储的布局信息, 读取经由图像传感器驱动电路 124 在步骤 S117 确定的焦点检测区域中所包括的焦点检测像素。

[0164] 在步骤 S137, CPU 121 连结从第一焦点检测像素对和第二焦点检测像素对中的第一 AF 像素组和第二 AF 像素组所读取的信号, 从而生成如图 9、12 和 14 所示的相位差检测用的图像波形对。更具体地, 生成图 9 所示的成对的信号 $AFSIG_h(A1)$ 和 $AFSIG_h(B1)$ 或者成对的信号 $AFSIG_v(C3)$ 和 $AFSIG_v(D3)$ 。

[0165] 在步骤 S138, CPU 121 进行该图像波形对的相关计算, 从而计算出图像波形之间的相位差。

[0166] 在步骤 S141, CPU 121 判断相关计算结果的可靠性。可靠性表示图像波形对的一致程度 (波形相似度)。如果一致程度高, 则焦点检测结果的可靠性通常高。当选择多个焦点检测区域时, 可以使用基于可靠的图像波形对的相位差。

[0167] 在步骤 S143, CPU 121 基于从可靠的图像波形对所获得的相位差, 计算最终离焦量, 并且结束焦点检测处理。

[0168] 返回参考图 16, CPU 121 在步骤 S151 判断在焦点检测处理中计算出的离焦量是否等于或小于容许量 (调焦状态是否可被判断为“聚焦”)。如果离焦量大于容许量, 则 CPU 121 将调焦状态判断为“离焦”, 并且在步骤 S153 经由调焦驱动电路 126 将调焦透镜 (第三透镜组) 105 在预定方向上驱动预定量。重复执行步骤 S131 和 S153 的处理, 直到在步骤 S151 将调焦状态判断为“聚焦”为止。

[0169] 当在步骤 S151 判断为获得了聚焦状态时, CPU 121 在步骤 S155 将聚焦状态显示在显示装置 131 上, 并且处理进入步骤 S157。

[0170] 在步骤 S157, CPU 121 判断是否打开了拍摄开始开关。如果未打开该开关, 则 CPU

121 在步骤 S157 维持拍摄待机状态。如果在步骤 S157 打开了拍摄开始开关,则处理进入步骤 S161 以执行拍摄处理。在用户完全按下例如释放按钮时,可以打开拍摄开始开关。

[0171] 图 18 是用于详细解释步骤 S161 中的拍摄处理的流程图。

[0172] 在步骤 S163, CPU 121 经由快门驱动电路 128 控制快门 102 的开口量和打开 / 关闭定时,从而进行曝光处理。尽管以上没有特别说明,但是如一般程序一样,与焦点检测处理并行执行自动曝光控制处理以确定 F 值和快门速度。

[0173] 在步骤 S165, CPU 121 经由图像传感器驱动电路 124 进行图像读取,即用于记录图像生成的全像素读取。

[0174] 在步骤 S167, CPU 121 使用图像处理电路 125 对读取的图像信号的缺失像素进行插值。缺失像素包括在制造图像传感器 107 时产生的缺陷像素和焦点检测像素。如上所述,焦点检测像素不具有 R、G 和 B 颜色滤波器。它们接收仅来自部分出瞳的光。因此,如正常缺陷像素一样,通过基于邻近摄像像素的信息进行插值,生成焦点检测像素的图像信号。

[0175] 在步骤 S169, CPU 121 使图像处理电路 125 执行诸如图像的颜色插值、 γ 校正和边缘增强等的所谓的显影处理的图像信号处理和诸如根据设置进行编码等的图像处理。

[0176] 在步骤 S171, CPU 121 将所拍摄图像记录在记录介质 133 上。

[0177] 在步骤 S173, CPU 121 将所拍摄图像显示在显示装置 131 上,并且结束拍摄处理。

[0178] 如上所述,根据本实施例,当在图像传感器所包括的一些像素处配置具有光瞳分割功能的焦点检测像素对时,将各对中的像素配置为相互邻近,从而降低焦点检测误差发生的可能性。另外,将像素对配置在相互邻近的 R 像素和 B 像素的位置处。与将像素对配置在 G 像素的位置处的情况相比,这抑制了对图像质量的影响。

[0179] 在两个焦点检测像素对中切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局,其中这两个焦点检测像素对在光瞳分割方向垂直的方向上邻近且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。平均或相加从邻近的这两个焦点检测像素对所获得的两组图像波形。这进一步抑制了焦点检测误差发生的可能性。

[0180] 第二实施例

[0181] 接着说明本发明的第二实施例。除图像传感器 107 中的焦点检测像素的布局以外,根据第二实施例的摄像设备与第一实施例中的相同。作为本实施例的特性特征,下面仅说明焦点检测像素的布局。

[0182] 图 19 是示出根据本发明第二实施例的 $4 \times 4 = 16$ 块中的焦点检测像素对的布局的例子图。

[0183] 在第一实施例中,以正方形图案配置用于检测水平方向上的相位差的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及用于检测垂直方向上的相位差的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。在水平和垂直方向上偏移 $1/2$ 间距的同时,配置第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} ,从而使得作为整体获得交错配置。

[0184] 在第二实施例中,在与光瞳分割方向垂直的方向上配置多个行,在这多个行中,在光瞳分割方向上以相等间距配置具有相同光瞳分割方向的多个焦点检测像素对。在光瞳分割方向上偏移 $1/2$ 间距的同时,配置在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近的行中的焦点检测像素对。例如,作为特性特征,在水平方向上交替偏移 $1/2$ 间距的同时,在垂直方向上配置水平行,在这些水平行中,在水平方向上以相等间距配置多个第一焦点检测像素对 S_{HA} 和

S_{HB} 。在垂直方向上邻近的两个水平行中,第一焦点检测像素对的水平间距为 $1/2$ 。这提高了垂直方向上的图像波形的分辨率。

[0185] 将最上面的块行上所配置的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的集合称为第一水平行。将第二块行的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的集合称为第二水平行。类似地,将第一焦点检测像素对的其余集合顺序称为第三水平行、第四水平行、……。这与第一实施例所述的图 15 中的相同。

[0186] 如第一实施例中一样,在第一水平行的各块中,将第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (1,0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (0,1) 处。

[0187] 在第二水平行的各块中,将第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (1,4) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (0,5) 处。也就是说,将第二水平行中的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 配置在相对于第一水平行在水平方向上偏移了 $1/2$ 间距的位置处。

[0188] 当使用由第一水平行中的 AF 像素所获得的信号和由第二水平行中的 AF 像素所获得的信号时,可以获得相当于在水平方向上具有双倍分辨率的图像波形的图像波形。

[0189] 第一焦点检测像素对、即第三水平行中配置的焦点检测像素对所包括的第一 AF 像素和第二 AF 像素在与第一水平行中的第一焦点检测像素对中相同的位置处具有边界,并且在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近。

[0190] 因此,在各块中,如第一实施例的第二水平行一样,将第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (0,1) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (1,0) 处。也就是说,相对于第一水平行切换第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 的布局。

[0191] 类似地,第一焦点检测像素对、即第四水平行中配置的焦点检测像素对所包括的第一 AF 像素和第二 AF 像素在与第二水平行中的第一焦点检测像素对中相同的位置处具有边界,并且在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近。

[0192] 因此,在第四水平行的各块中,将第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (0,5) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (1,4) 处。也就是说,相对于第二水平行切换第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 的布局。

[0193] 在本实施例中,第一水平行中的焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 之间的边界位置与第三水平行中的边界位置相同。因此,如果被摄体的边缘位置在第一水平行和第三水平行之间相同,则在第一水平行和第三水平行中同时发生 A 图像波形和 B 图像波形之间的相位偏移。偏移量相等,并且在相反方向上发生偏移。即使在第二水平行和第四水平行之间也保持相同关系。

[0194] 在本实施例中,平均或相加从两个焦点检测像素对所获得的两组图像波形,其中这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。这使得可以抵消在被摄体图像的边缘位于 AF 像素之间的边界处时的图像波形之间的偏移,并且还可以抑制焦点检测误差发生的可能性。

[0195] 在本实施例中,第二水平行和第四水平行中的第一焦点检测像素对的位置相对于第一水平行和第三水平行中的第一焦点检测像素对的位置偏移 $1/2$ 间距,从而获得交错配置。这提高了水平方向上的分辨率。

[0196] 另一方面,如第一实施例一样,以正方形图案配置垂直方向上的相位差检测用的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。这是因为,如果还通过在光瞳分割方向(垂直方向)上将

在与光瞳分割方向垂直的方向（水平方向）上邻近的焦点检测像素对偏移 $1/2$ 间距来配置第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} ，则焦点检测像素在一些部分不均匀分布。

[0197] 如第一实施例所述，如果焦点检测像素 S_{HA} 、 S_{HB} 、 S_{VC} 和 S_{VD} 不均匀分布，则插值处理所需的邻近像素的数量可能不足，结果导致对图像质量的不利影响。在本实施例中，为防止这一情况，在每隔一个水平行偏移 $1/2$ 间距的同时，配置第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} ，而以正方形图案配置第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。这提高了水平方向上的分辨率，并且抑制了由不均匀分布的焦点检测像素所引起的图像质量下降。

[0198] 注意，同样在本实施例中，每隔一个垂直行切换各第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 中的第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局。更具体地，在两个焦点检测像素对中切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局，其中这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。

[0199] 如图 19 所示，在第一垂直行的各块中，如第一实施例中一样，将第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{VC} 配置在 (5,4) 处，并且将第二 AF 像素 S_{VD} 配置在 (4,5) 处。

[0200] 另一方面，在第二垂直行的各块中，将第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{VC} 配置在 (4,5) 处，并且将第二 AF 像素 S_{VD} 配置在 (5,4) 处。也就是说，相对于第一垂直行切换第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 的布局。

[0201] 同样在本实施例中，平均或相加从两个焦点检测像素对所获得的两组图像波形，其中这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。这使得可以抵消在被摄体图像的边缘位于 AF 像素之间的边界处时的图像波形之间的偏移，并且还可以抑制焦点检测误差发生的可能性。

[0202] 使用包括以上述方式配置的焦点检测像素对的图像传感器 107 的摄像设备的调焦和拍摄操作与第一实施例中的相同，并且不再重复对其的说明。

[0203] 如上所述，在第二实施例中，如第一实施例中一样，在与光瞳分割方向垂直的方向上配置多个行，在这多个行中，在光瞳分割方向上以相等间距配置具有相同光瞳分割方向的多个焦点检测像素对。在光瞳分割方向上偏移 $1/2$ 间距的同时，配置在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近的行中的一种类型的焦点检测像素对。也就是说，其他类型的焦点检测像素对保持正方形图案，而一种类型的焦点检测像素对具有交错配置。

[0204] 除第一实施例的效果以外，这使得还可以提高由一种类型的焦点检测像素对所获得的图像波形的分辨率，并且可以精确检测焦点。

[0205] 以交错配置仅配置一种类型的焦点检测像素对，这使得可以抑制由不均匀分布的焦点检测像素所引起的所拍摄图像的质量下降。

[0206] 在本实施例中，说明了改变水平方向上的相位差检测用的焦点检测像素对的间距的例子。然而，可以改变垂直方向上的相位差检测用的焦点检测像素对的间距。

[0207] 第三实施例

[0208] 接着说明本发明的第三实施例。除图像传感器 107 中的焦点检测像素的布局以外，根据第三实施例的摄像设备与第一实施例中的相同。作为本实施例的特性特征，下面仅说明焦点检测像素的布局。

[0209] 图 20 是示出根据本发明第三实施例的 $4 \times 4 = 16$ 块中的焦点检测像素对的布局的例子图。

[0210] 在第一实施例和第二实施例中,说明了使用 Bayer 矩阵的颜色滤波器的图像传感器。更具体地,说明了下面的图像传感器,在该图像传感器中,将具有 G(绿色)光谱灵敏度的像素配置为包括 $2 \times 2 = 4$ 像素的一个单位的两个对角像素,并且分别配置具有 R(红色)和 B(蓝色)光谱灵敏度的像素作为其余两个像素。第三实施例涉及采用像素阵列的图像传感器中的焦点检测像素对的布局,其中,为了获取更高分辨率的亮度信息,该像素阵列包括更高比例的具有 G(绿色)光谱灵敏度的像素。

[0211] 首先说明本实施例的图像传感器 107 的颜色滤波器。在由 $4 \times 4 = 16$ 像素构成的一个单位中,存在 12 个 G 像素、2 个 R 像素和 2 个 B 像素。更具体地,将包括 $4 \times 4 = 16$ 像素的块的左下角处的像素的地址定义为 (0,0)。定义该地址,使得随着像素位置在水平方向上向右移动,该地址的第二项增大 1,并且随着像素位置在垂直方向上向上移动,该地址的第一项增大 1。基于该地址规则,将 R 像素配置在 (3,0) 和 (1,2) 处,将 B 像素配置在 (1,0) 和 (3,2) 处,并且在所有其余 12 个像素处配置 G 像素。

[0212] 在上述 Bayer 矩阵中,所有像素的 50% 是 G 像素。然而,在本实施例的阵列中, G 像素的比例是 75%。如上所述, G 像素的输出对亮度信息的贡献相对较大,因此与 B 像素和 R 像素的输出相比,对图像质量的影响大。因为这一原因,在本实施例中,升高 G 像素的比例以获取更高分辨率的亮度信息。

[0213] 参考图 20,将垂直方向上最上面的块行上所设置的多个第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 称为第一水平行,将从上端开始的第二块行称为第二水平行,将第三块行称为第三水平行,并且将第四块行称为第四水平行。将水平方向上最左边的块行上所设置的多个第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 称为第一垂直行,将从左端开始的第二块行称为第二垂直行,将第三块行称为第三垂直行,并且将第四块行称为第四垂直行。

[0214] 如第一实施例和第二实施例中一样,将摄像像素分割成均由具有预定大小的正方形区域构成的块,并且在各块中配置第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。在第三实施例中,如第一实施例和第二实施例中一样,将包括 8×8 像素的正方形区域定义为一个块。

[0215] 对于表示块中的像素位置的地址,将左下角处的像素的地址定义为 (0,0)。定义该地址,使得随着像素位置在水平方向上向右移动,该地址的第二项增大 1,并且随着像素位置在垂直方向上向上移动,该地址的第一项增大 1。

[0216] 首先使用这些地址说明水平方向上的相位差检测用的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的布局规则。在第一水平行中,将各第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (3,0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (1,0) 处。

[0217] 如上所述,为抑制图像质量下降,将焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 配置在 R 像素和 B 像素的位置处。由于水平方向上的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 基于水平方向上的对比度图案来检测焦点,因而他们的位置可以尽可能地一致。另外,如上所述,焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 之间的间隔可以短。

[0218] 为尽可能满足这些条件,在第三实施例中,垂直配置第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 以使其水平位置相一致,并且还使其在避开 G 像素的同时相邻近。该布局减小了第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 是不同像素时所产生的焦点检测误差。

[0219] 第一水平行的各块中所设置的第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF

像素 S_{HB} 的水平位置相一致。如果被摄体图像（例如，垂直线）仅在水平方向上具有对比度图案，则第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 始终为相同图案部分。因此，即使通过使用从不同像素所获得的图像波形来检测焦点，也不会产生焦点检测误差。

[0220] 然而，当被摄体图像不仅在水平方向上、而且在垂直方向上也具有对比度图案时，第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 为在垂直方向上间隔两个像素的部分。这可能产生小量焦点检测误差。尤其在拍摄倾斜 45° 的线时，焦点检测误差可能较大。

[0221] 为防止这一情况，在第三实施例中，如第一实施例和第二实施例中一样，相对于第一水平切换第二水平中的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的布局。更具体地，在第二水平中，将水平方向上的相位差检测用的各第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (1,0) 处，并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (3,0) 处。平均或相加从第一水平所获得的图像波形和从第二水平所获得的图像波形，以生成最终一组图像波形，从而抵消焦点检测误差。

[0222] 如上所述，在两个焦点检测像素对中切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局，其中这两个焦点检测像素对在光瞳分割方向垂直的方向上邻近且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。平均或相加从相互邻近的两个焦点检测像素对所获得的图像波形，从而抑制焦点检测误差发生的可能性。

[0223] 对于仅在水平方向上具有对比度图案的被摄体（例如，垂直线），即使当由不同像素构成焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 时，在第一水平和第二水平中也均不会产生焦点检测误差。

[0224] 然而，例如，当拍摄倾斜 45° 的线时，由于第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 是在垂直方向上间隔开的不同像素，因而产生焦点检测误差。然而，即使在这种情况下，倾斜 45° 的线的边缘同时也与第一水平和第二水平中的焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 中的边界重叠。因此，同时发生 A 图像波形和 B 图像波形之间的相位偏移。偏移量相等，并且在相反方向上发生偏移。

[0225] 同样在第三实施例中，平均或相加在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近的行的图像波形，从而抵消焦点检测误差。这减小了在用于生成 A 图像波形的第一 AF 像素和用于生成 B 图像波形的第二 AF 像素是不同像素时所产生的焦点检测误差。

[0226] 在第三水平中，如第一水平中一样，将第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置在相同地址处。在第四水平中，如第二水平中一样，将第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置在相同地址处。如第一水平和第二水平之间的关系一样，即使在第三水平和第四水平中，也切换焦点检测像素 S_{HA} 和 S_{HB} 的布局。因为这一原因，当平均或相加从两行所获得的图像波形以生成最终图像波形时，可以减少焦点检测误差。

[0227] 接着说明根据本实施例的垂直方向上的相位差检测用的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 的布局规则。

[0228] 在第一垂直行中，将各第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{VC} 配置在地址 (5,4) 处，并且将第二 AF 像素 S_{VD} 配置在地址 (5,6) 处。为抑制图像质量下降，将焦点检测像素 S_{VC} 和 S_{VD} 配置在 R 像素和 B 像素的地址处。由于垂直方向上的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 基于垂直方向上的对比度图案来检测焦点，因而它们的位置可以尽可能地一致。另外，如上所述，焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 之间的间隔可以短。

[0229] 为尽可能满足这些条件,在第三实施例中,水平配置第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{vc} 和第二 AF 像素 S_{vd} ,以使其垂直位置相一致,并且还使其在避开 G 像素的同时相邻近。该布局减小了在第一 AF 像素 S_{vc} 和第二 AF 像素 S_{vd} 是不同像素时所产生的焦点检测误差。

[0230] 如第一水平行和第二水平行之间的关系一样,如果被摄体(例如,水平线)仅在垂直方向上具有对比度图案,则即使通过使用从不同像素所获得的图像波形来检测焦点,也不会产生焦点检测误差。然而,当拍摄例如倾斜 45° 的线时,可能产生焦点检测误差。

[0231] 为防止这一情况,在第三实施例中,如第一实施例和第二实施例中一样,相对于第一垂直行切换第二垂直行中的第一 AF 像素 S_{vc} 和第二 AF 像素 S_{vd} 的布局。更具体地,在第二垂直行中,将垂直方向上的相位差检测用的各第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{vc} 配置在地址 (5,6) 处,并且将第二 AF 像素 S_{vd} 配置在地址 (5,4) 处。平均或相加从第一垂直行所获得的图像波形和从第二垂直行所获得的图像波形以生成最终一组图像波形,从而抵消焦点检测误差。

[0232] 在水平和垂直方向上按相同间距以正方形图案配置第一焦点检测像素对和第二焦点检测像素对两者。将第一焦点检测像素对组和第二焦点检测像素对组在垂直和水平方向上偏移 $1/2$ 间距。

[0233] 更具体地,当将第一焦点检测像素对 S_{ha} 和 S_{hb} 配置在地址 (1,0) 和 (3,0) 处时,将第二焦点检测像素对 S_{vc} 和 S_{vd} 配置在地址 (5,6) 和 (5,4) 处。这降低了由不均匀分布的焦点检测像素所引起的图像质量下降。

[0234] 使用包括以上述方式配置的焦点检测像素对的图像传感器 107 的摄像设备的调焦操作和拍摄操作与第一实施例中的相同,并且不再重复对其的说明。

[0235] 如上所述,同样在第三实施例中,当将具有光瞳分割功能的焦点检测像素对配置在图像传感器所包括的一些像素处时,将各对中的像素配置为在避开 G 像素的同时尽可能地相互靠近。这使得即使为了获取更高分辨率的亮度信息而使用具有更高比例地包括 G 像素的像素阵列的图像传感器,也可以在抑制图像质量下降的同时,降低焦点检测误差发生的可能性。

[0236] 另外,在两个焦点检测像素对中切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局,其中这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。平均或相加从邻近的这两个焦点检测像素对所获得的图像波形。这进一步抑制了焦点检测误差发生的可能性。

[0237] 第四实施例

[0238] 接着说明本发明的第四实施例。除图像传感器 107 中的焦点检测像素的布局以外,根据第四实施例的摄像设备与第一实施例中的相同。作为本实施例的特性特征,下面仅说明焦点检测像素的布局。

[0239] 图 21 是示出根据本发明第四实施例的 $4 \times 4 = 16$ 块中的焦点检测像素对的布局的例子的图。

[0240] 在第一实施例和第二实施例中,将焦点检测像素对中包括的第一 AF 像素和第二 AF 像素始终配置成以 -45° 角度邻近。在第四实施例中,将焦点检测像素对配置成第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局角度每隔三行就改变。

[0241] 参考图 21 说明第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的布局规则。在第一水平行中,将第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (1,0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (0,1) 处。在第二水平行中,如第一实施例和第二实施例中一样,切换第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的布局。也就是说,将第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (0,1) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (1,0) 处。

[0242] 在第三水平行中,将第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (2,1) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (1,0) 处。也就是说,在水平方向上反转第一水平行的布局。因此,第一水平行中的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的布局方向与第三水平行中的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的布局方向成直角相交。

[0243] 注意,同样在本实施例中,在 G 像素的位置处没有配置焦点检测像素。因为这一原因,与第一水平行相比,第三水平行对于各块向上偏移一个像素。因此,在本实施例中,第一焦点检测像素对的垂直间距不是恒定的。

[0244] 在第一水平行中,在 -45° 方向上配置第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 。对于在 45° 方向上具有对比度图案的被摄体(例如,倾斜 -45° 的线),即使在第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 是不同像素时,也不会产生焦点检测误差。然而,对于在 -45° 方向上具有对比度图案的被摄体(例如,倾斜 45° 的线),由作为不同像素的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 容易产生焦点检测误差。

[0245] 在第二水平行中,在 45° 方向上配置第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 。对于在 -45° 方向上具有对比度图案的被摄体,即使在第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 是不同像素时,也不会产生焦点检测误差。然而,对于在 45° 方向上具有对比度图案的被摄体,焦点检测误差发生的可能性最大。

[0246] 也就是说,在第一水平行中焦点检测误差容易变大的状况下,在第三水平行中几乎不会发生焦点检测误差。相反,在第三水平行中焦点检测误差容易变大的状况下,在第一水平行中几乎不会发生焦点检测误差。

[0247] 在这种情况下,基于从摄像像素所获得的被摄体图像的信息,使用从第一水平行和第三水平行中被判断为产生较小焦点检测误差的水平行所获得的图像波形,进行焦点检测,从而降低焦点检测误差。

[0248] 同样在第四水平行中,将第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (1,0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (2,1) 处,从而使得第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的布局方向与第二水平行中的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的布局方向成直角相交。基于从摄像像素所获得的被摄体图像的信息,使用从第二水平行和第四水平行中被判断为产生较小焦点检测误差的水平行所获得的图像波形,进行焦点检测,从而降低焦点检测误差。

[0249] 如第一实施例和第二实施例中一样,以正方形图案配置垂直相位差检测像素。

[0250] 更具体地,在第一垂直行和第三垂直行的各块中,将第二焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{VC} 配置在地址 (5,4) 处,并且将第二 AF 像素 S_{VD} 配置在地址 (4,5) 处。

[0251] 在第二垂直行和第四垂直行的各块中,将第一 AF 像素 S_{VC} 配置在地址 (4,5) 处,并且将第二 AF 像素 S_{VD} 配置在地址 (5,4) 处。也就是说,相对于第一垂直行和第三垂直行,切换第一 AF 像素 S_{VC} 和第二 AF 像素 S_{VD} 的布局。这减小了在由不同像素构成焦点检测像素对时所产生的焦点检测误差。

[0252] 除步骤 S137(图 17) 中用于生成相位差检测用的图像波形的操作以外,使用包括以上述方式所配置的焦点检测像素对的图像传感器 107 的摄像设备的调焦和拍摄操作与第一实施例中的相同。

[0253] 当生成相位差检测用的图像波形时,CPU 121 基于从摄像像素所获得的被摄体图像的信息,使用图像处理电路 125 检测边缘的方向。从与该边缘相交的行中,CPU 121 检测第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局方向成直角相交的一组行。在这组行中,使用从边缘方向与像素阵列方向以接近 90° 的角度相交的行所获得的图像波形来生成相位差检测用的图像波形。可选地,在不检测这组行的情况下,可以简单地使用从假定对边缘方向具有足够可靠性的行所获得的图像波形。

[0254] 如上所述,在第四实施例中,在第一实施例的焦点检测像素布局中,设置第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局方向成直角相交的行。基于被摄体图像的信息,使用从被判断为更可靠的行所获得的图像波形来进行焦点检测。这进一步抑制了焦点检测误差的发生。

[0255] 第五实施例

[0256] 接着说明本发明的第五实施例。在第一实施例~第四实施例中,图像传感器包括在水平和垂直方向上排列的矩形像素。作为第五实施例的特性特征,使用具有在倾斜 45° 的同时排列八边形摄像像素的所谓蜂巢结构的图像传感器。

[0257] 图 22 是示出根据本实施例的图像传感器 107 中的焦点检测像素的布局的例子的图。

[0258] 在本实施例的图像传感器 107 中,将具有 G(绿色)光谱灵敏度的像素配置为倾斜 45° 的包括 $2 \times 2 = 4$ 像素的一个单位中的上下两个像素,并且将具有 R(红色)和 B(蓝色)光谱灵敏度的像素分别配置为左右两个像素。

[0259] 参考图 22,将具有 $5[\text{像素}] \times 10[\text{像素}]$ 大小的区域定义为块。在各块中配置总共四个像素,即水平方向上的相位差检测用的第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 以及垂直方向上的相位差检测用的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。

[0260] 将垂直方向上最上面的块行上的多个第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 称为第一水平行,将从上端开始的第二块行称为第二水平行,将第三块行称为第三水平行,并且将第四块行称为第四水平行。将水平方向上最左边的块行上的多个第二焦点检测像素对称为第一垂直行,将从左端开始的第二块行称为第二垂直行,将第三块行称为第三垂直行,并且将第四块行称为第四垂直行。

[0261] 将说明第一焦点检测像素对 S_{HA} 和 S_{HB} 的布局规则。在第一水平行和第三水平行中,将第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (1,0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (0,0) 处。

[0262] 在第二水平行和第四水平行中,如第一实施例和第二实施例中一样,切换第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 的布局。也就是说,将第一 AF 像素 S_{HA} 配置在地址 (0,0) 处,并且将第二 AF 像素 S_{HB} 配置在地址 (1,0) 处。

[0263] 同样在本实施例中,以这种方式将第一 AF 像素和第二 AF 像素配置为邻近。将水平方向上的相位差检测用的各第一焦点检测像素对的第一 AF 像素 S_{HA} 和第二 AF 像素 S_{HB} 配置在水平方向上的相同位置处。在避开 G 像素的同时,将它们配置在 R 像素和 B 像素的位置处。

[0264] 还将说明垂直方向上的相位差检测用的第二焦点检测像素对 S_{VC} 和 S_{VD} 。在第一垂

直行和第三垂直行中,将第一 AF 像素 S_{vc} 配置在地址 (3,4) 处,并且将第二 AF 像素 S_{vd} 配置在地址 (3,6) 处。在第二垂直行和第四垂直行中,切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局。也就是说,将第一 AF 像素 S_{vc} 配置在地址 (3,6) 处,并且将第二 AF 像素 S_{vd} 配置在地址 (3,4) 处。

[0265] 平均或相加从第一水平行和第三水平行所获得的图像波形与从第二水平行和第四水平行所获得的图像波形,以生成相位差检测最终要使用的图像波形。

[0266] 另外,平均或相加从第一垂直行和第三垂直行所获得的图像波形与从第二垂直行和第四垂直行所获得的图像波形,以生成相位差检测最终要使用的图像波形。

[0267] 使用包括以上述方式配置的焦点检测像素对的图像传感器 107 的摄像设备的调焦和拍摄操作与第一实施例中的相同,并且不再重复对其的说明。

[0268] 如上所述,本发明还可应用于具有蜂巢结构的图像传感器,并且可以获得与第一实施例中相同的效果。

[0269] 更具体地,当将具有光瞳分割功能的焦点检测像素对配置在图像传感器中包括的一些像素处时,将各对中的像素配置为相互邻近,从而降低焦点检测误差发生的可能性。另外,将像素对配置在相互邻近的 R 像素和 B 像素的位置处。与将像素对配置在 G 像素的位置处的情况相比,这抑制了对图像质量的影响。

[0270] 在两个焦点检测像素对中切换第一 AF 像素和第二 AF 像素的布局,其中这两个焦点检测像素对在与光瞳分割方向垂直的方向上邻近且其第一 AF 像素和第二 AF 像素在相同位置处具有边界。平均或相加从这两个相互邻近的焦点检测像素对所获得的图像波形,从而进一步抑制焦点检测误差发生的可能性。

[0271] 尽管参考典型实施例说明了本发明,但是应该理解,本发明不局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。

[0272] 本申请要求 2008 年 7 月 9 日提交的日本专利申请 2008-179461 号的优先权,其全部内容通过引用包含于此。

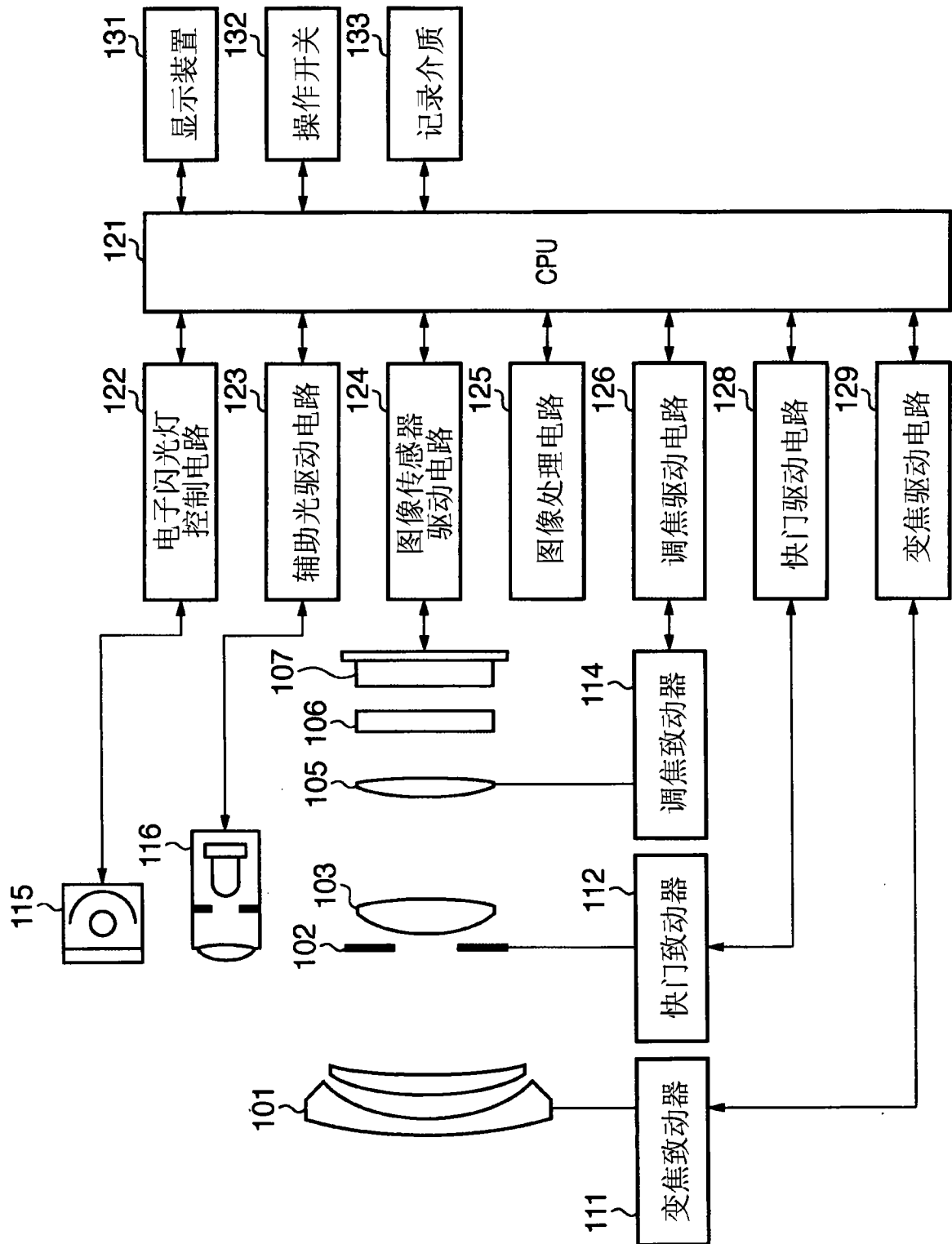


图 1

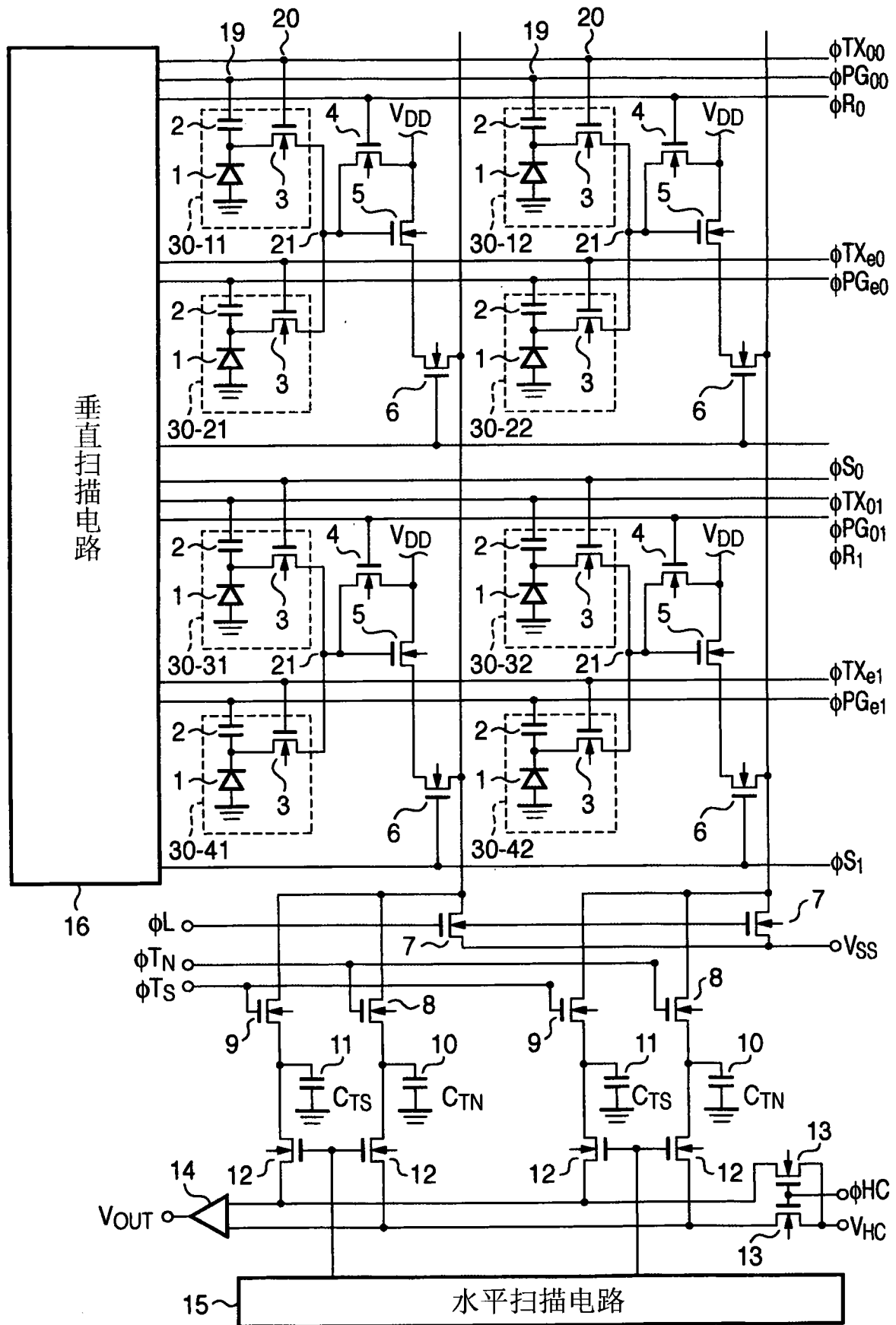


图 2

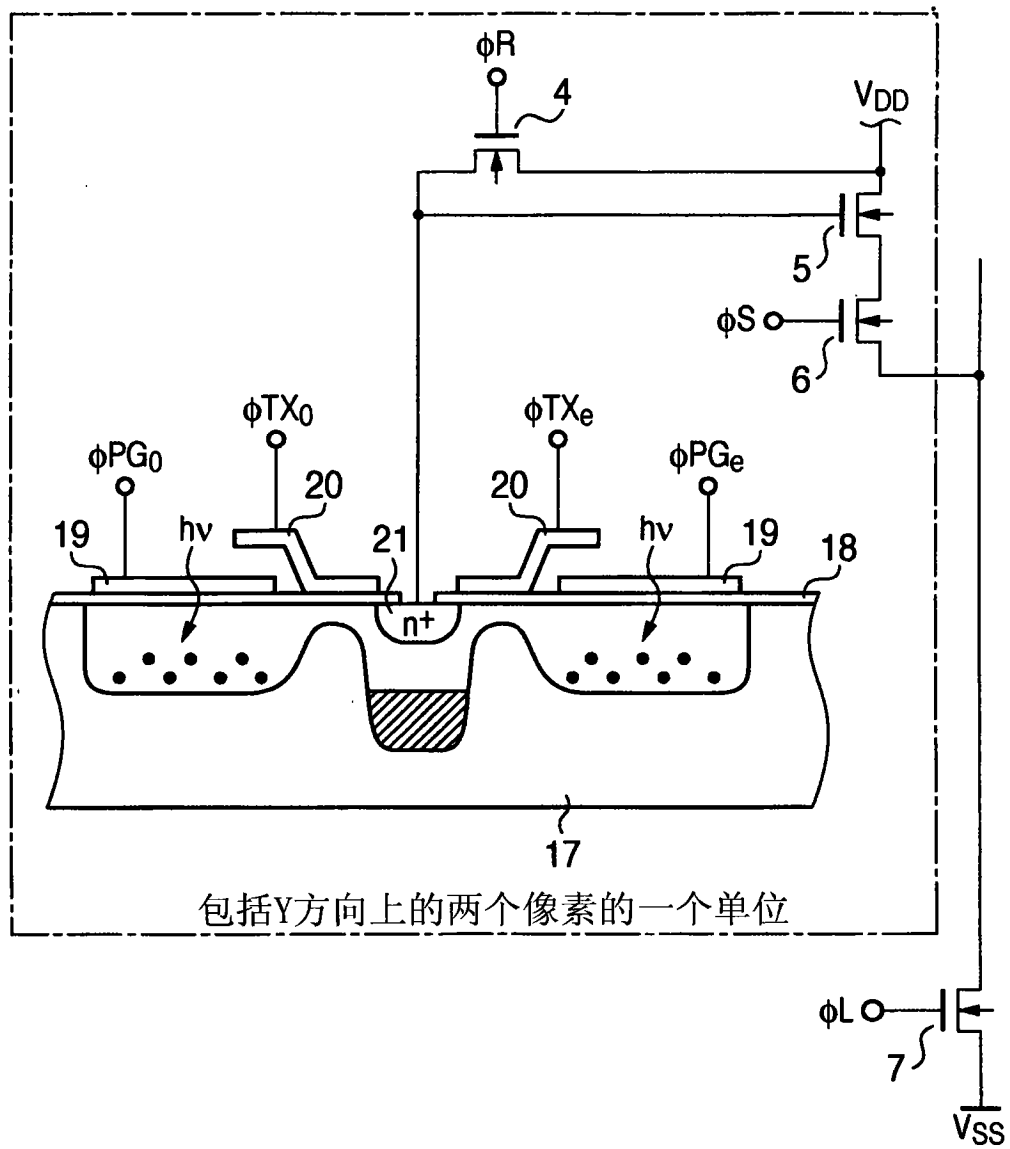


图 3

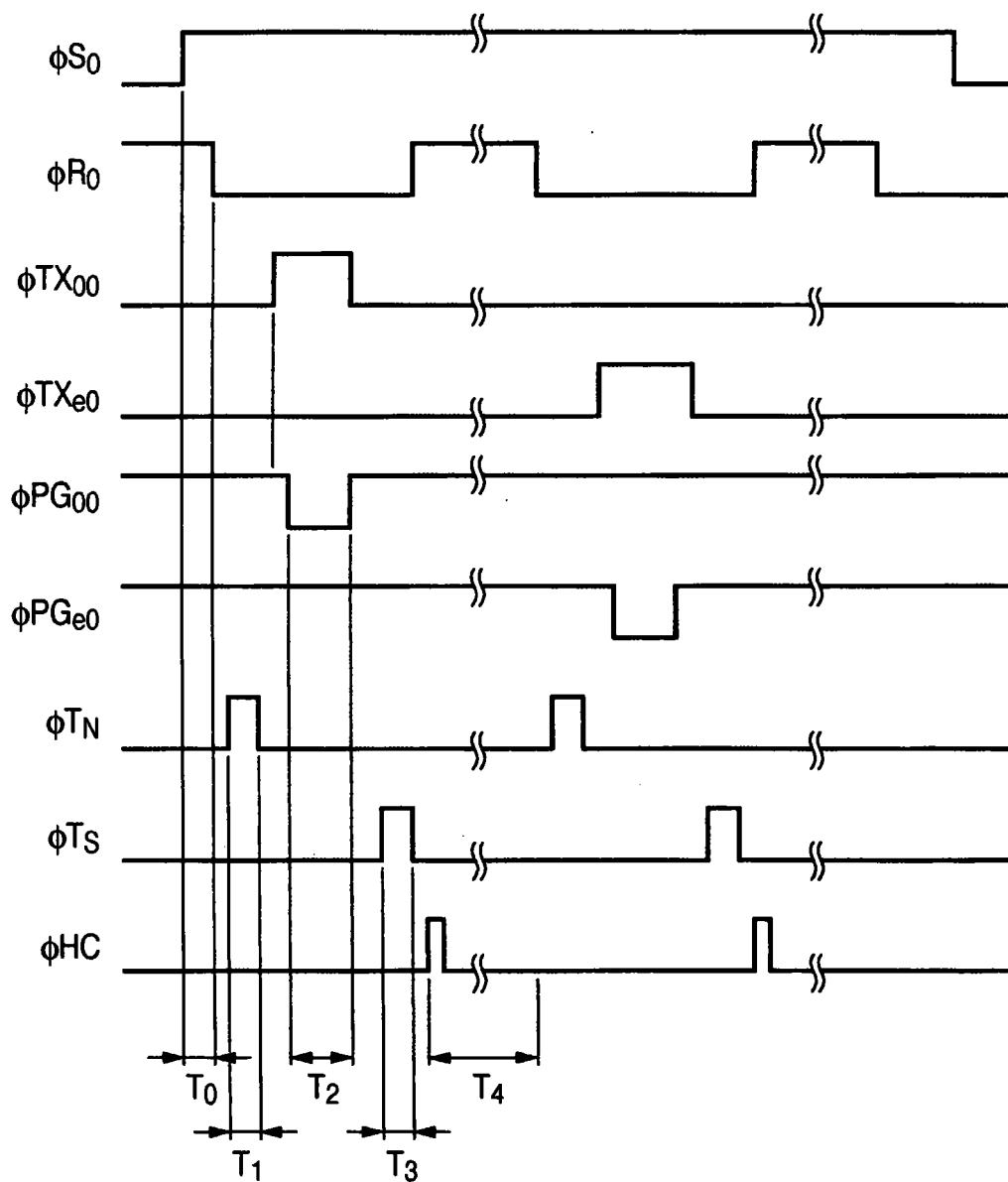


图 4

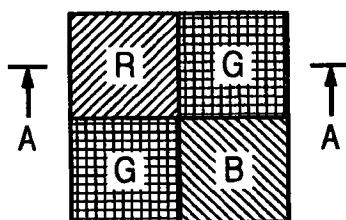


图 5A

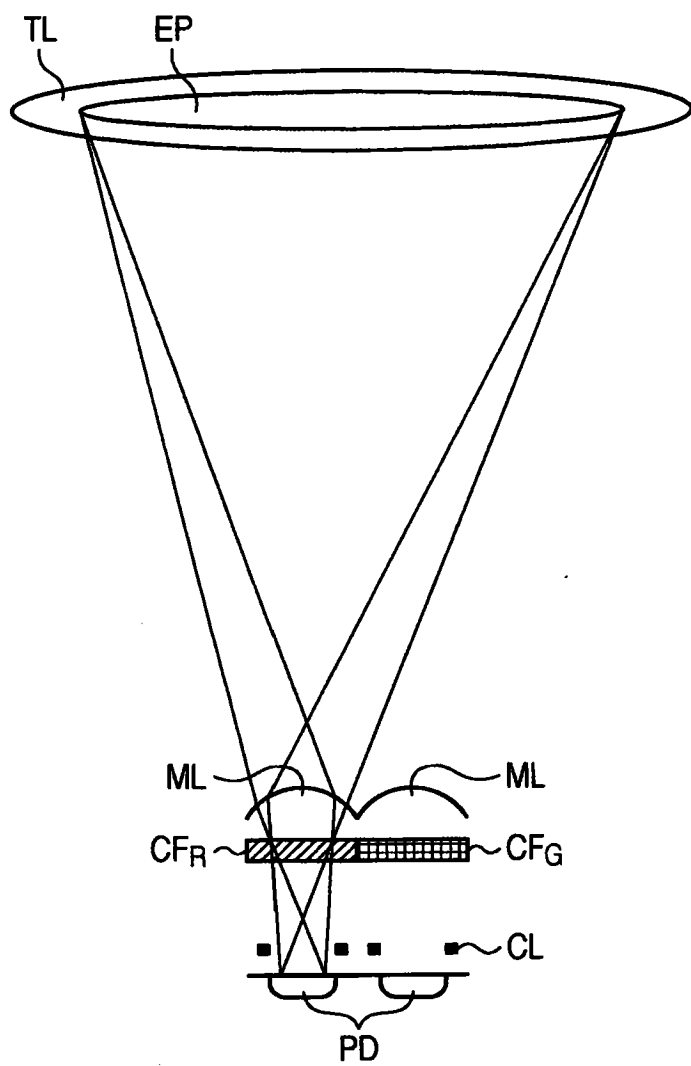


图 5B

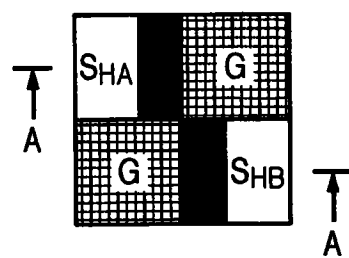


图 6A

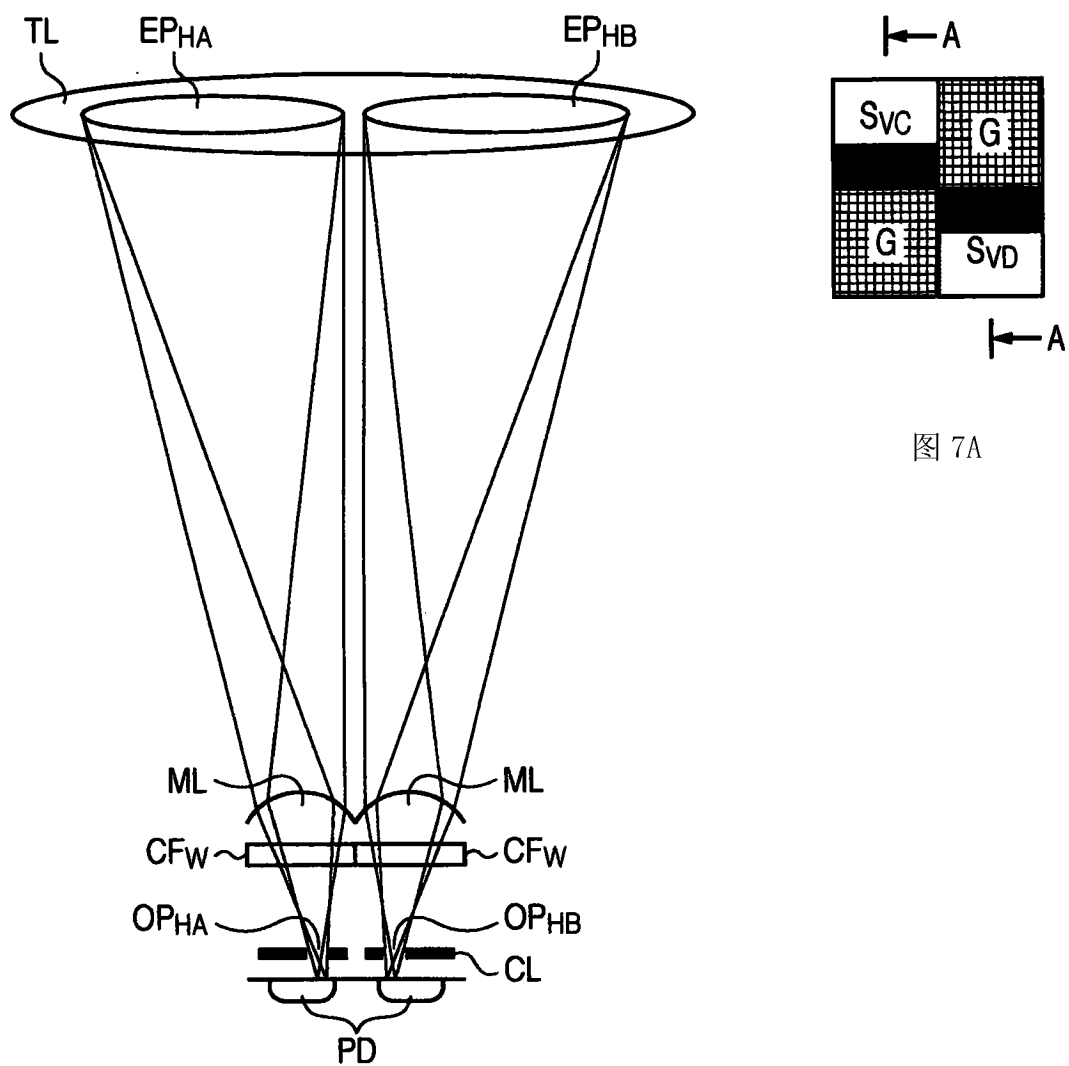


图 7A

图 6B

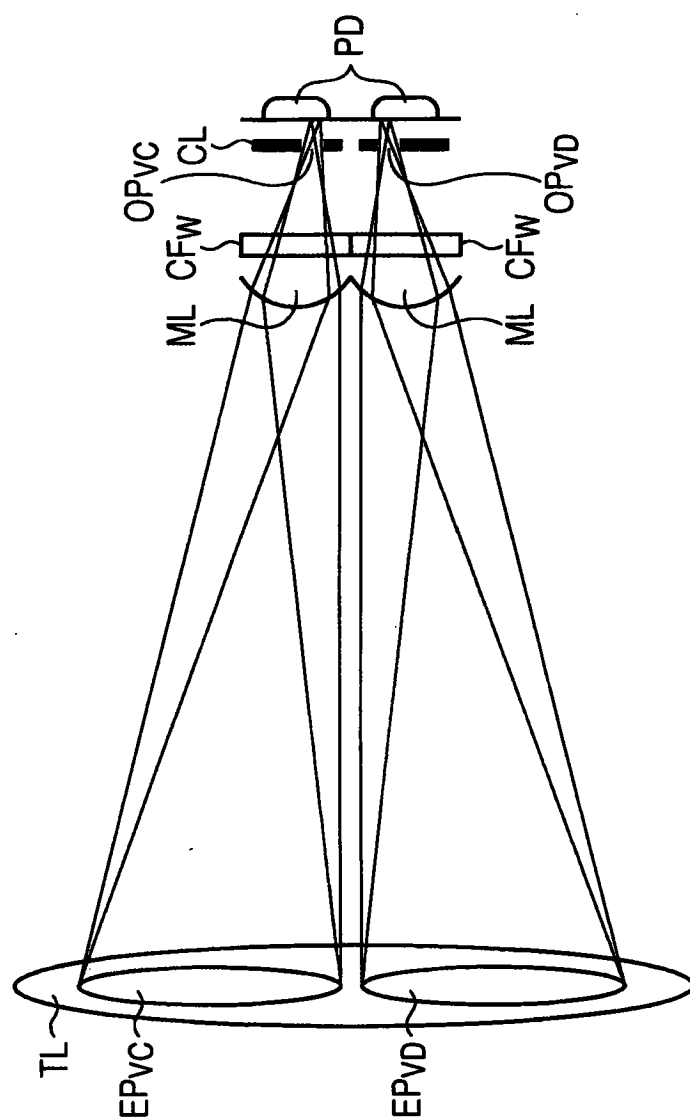


图 7B

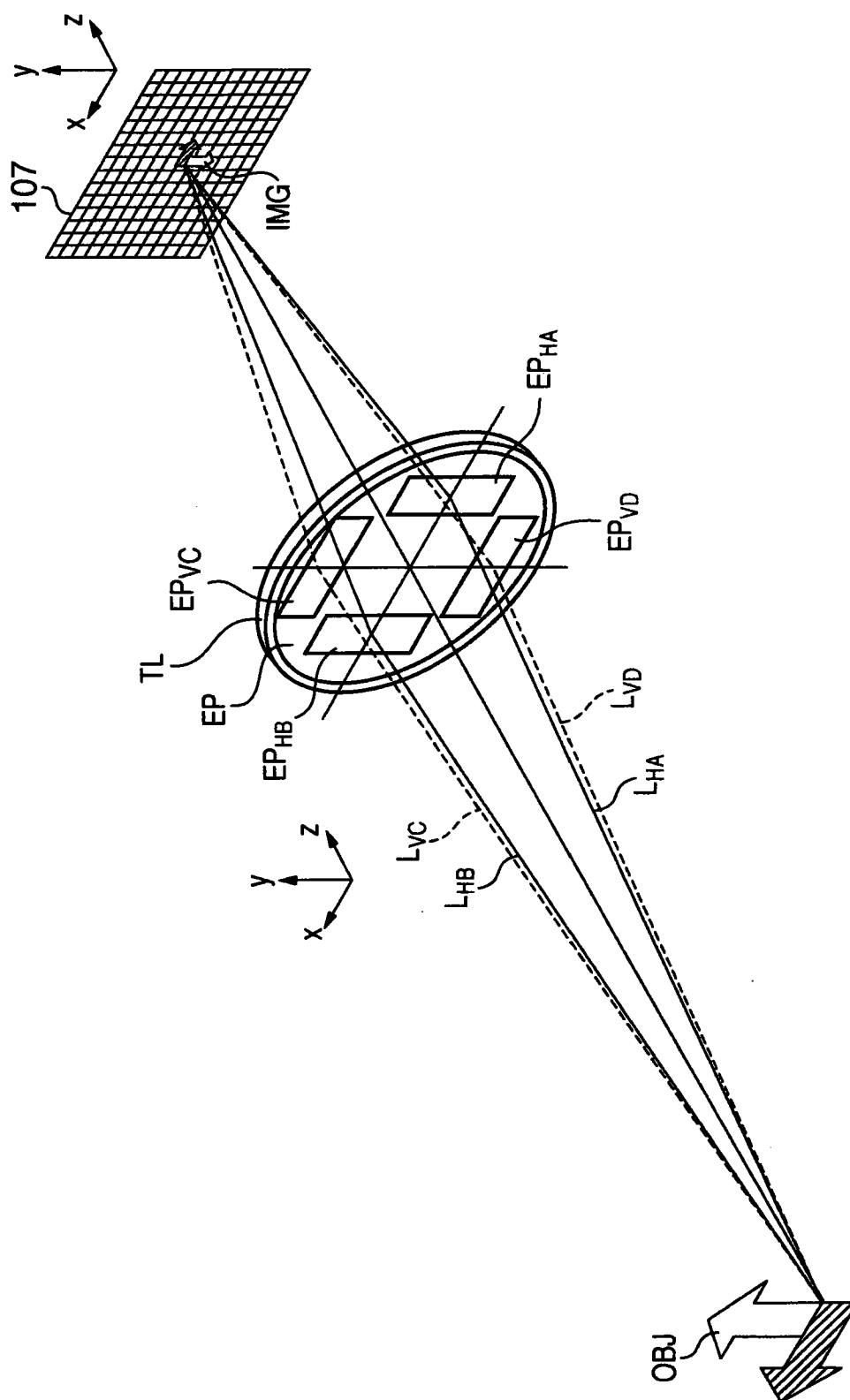


图 8

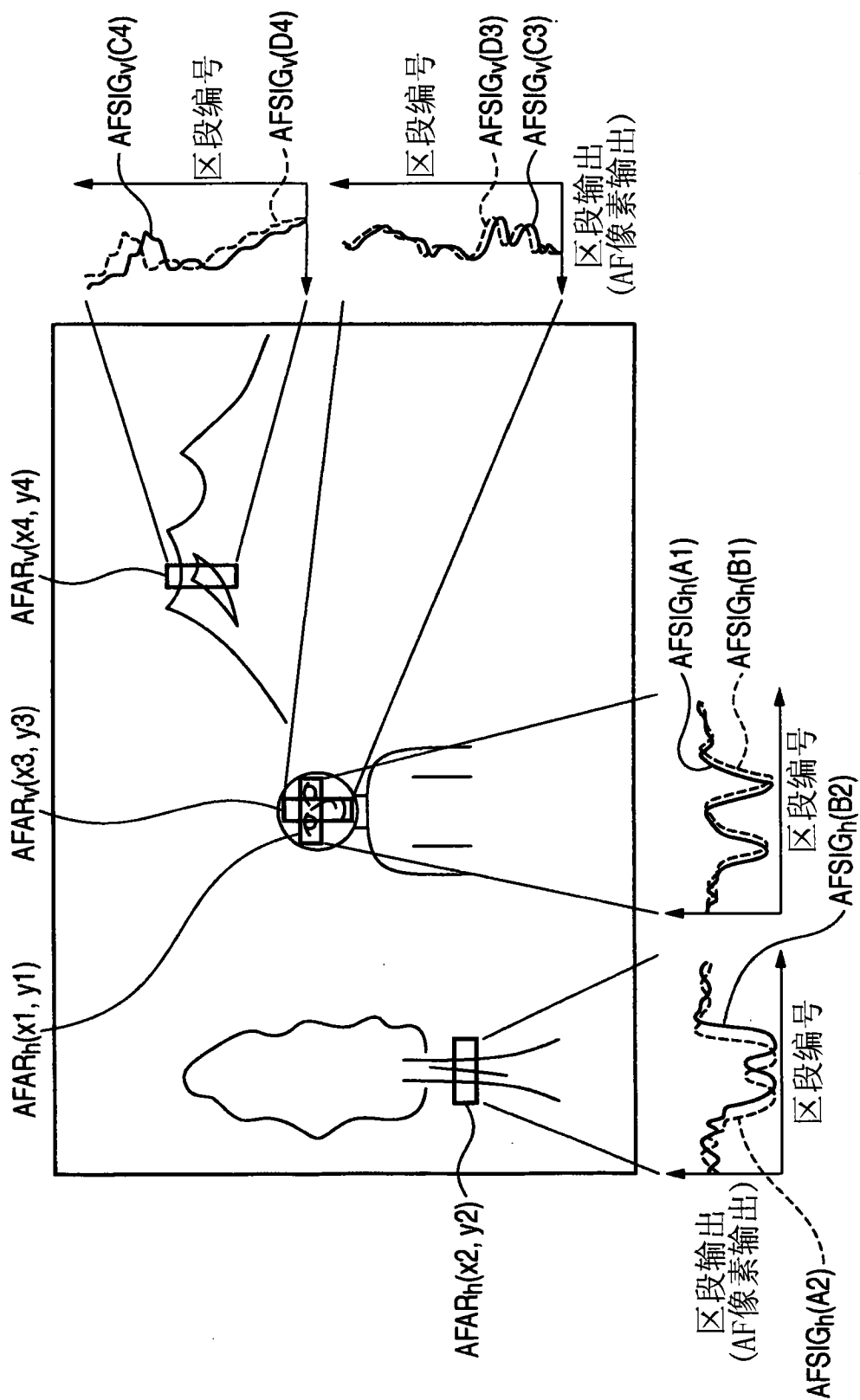


图 9

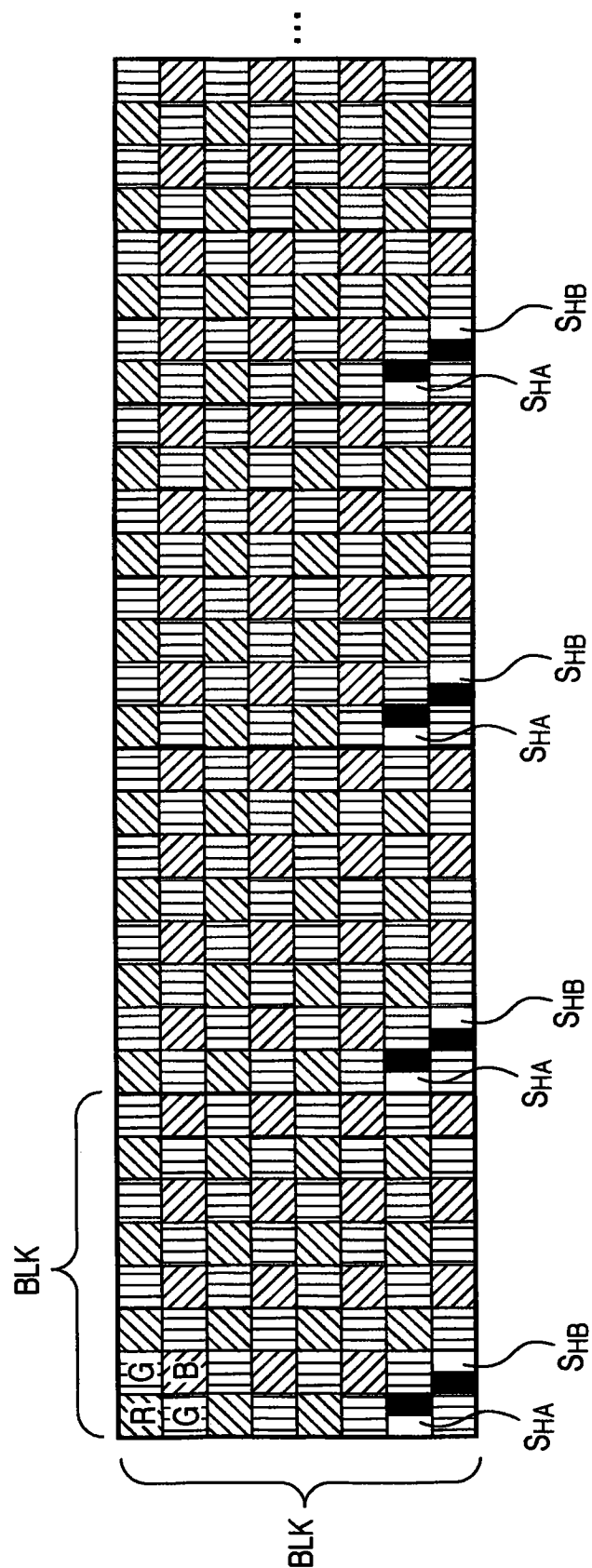


图 10

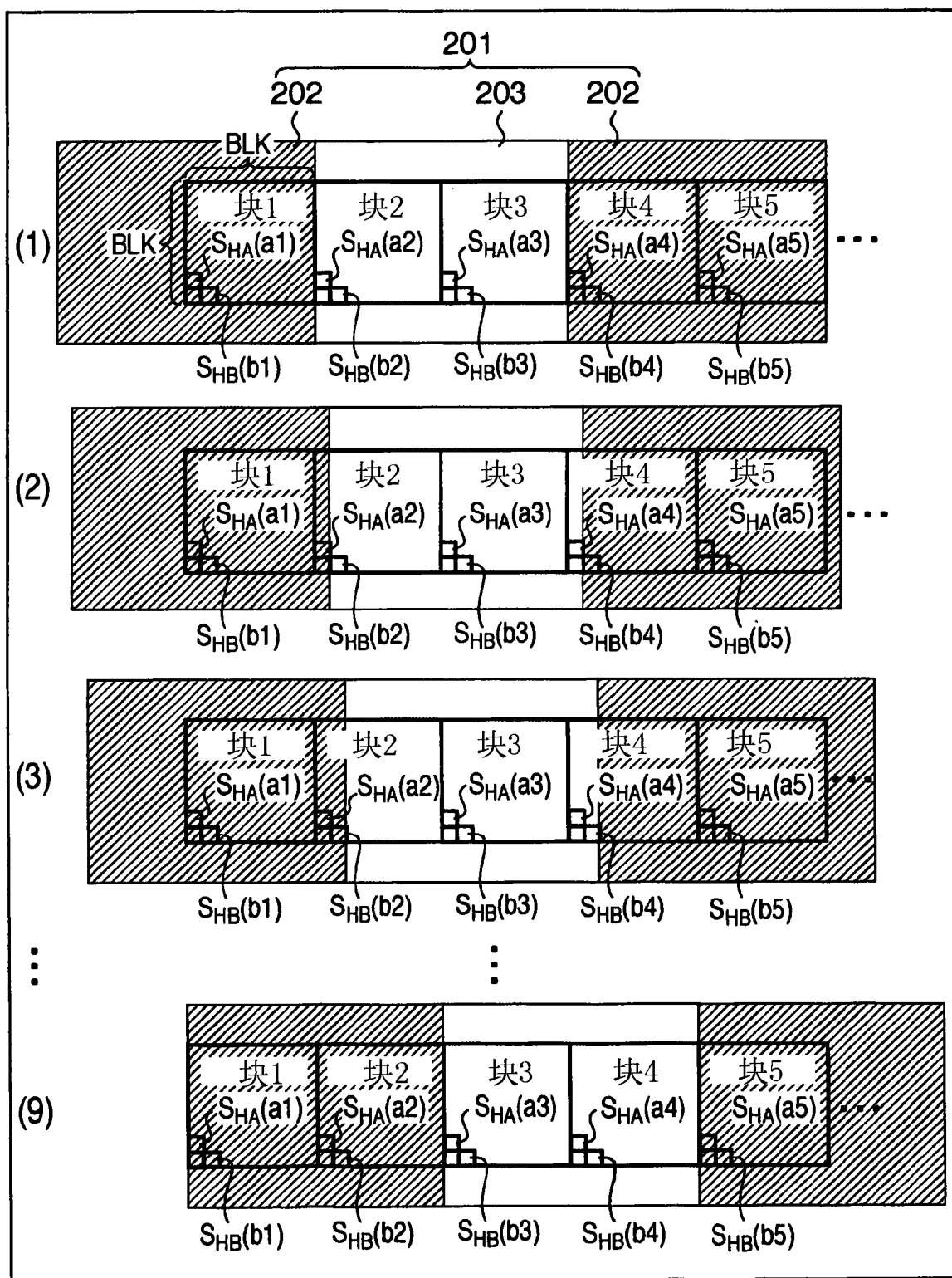


图 11

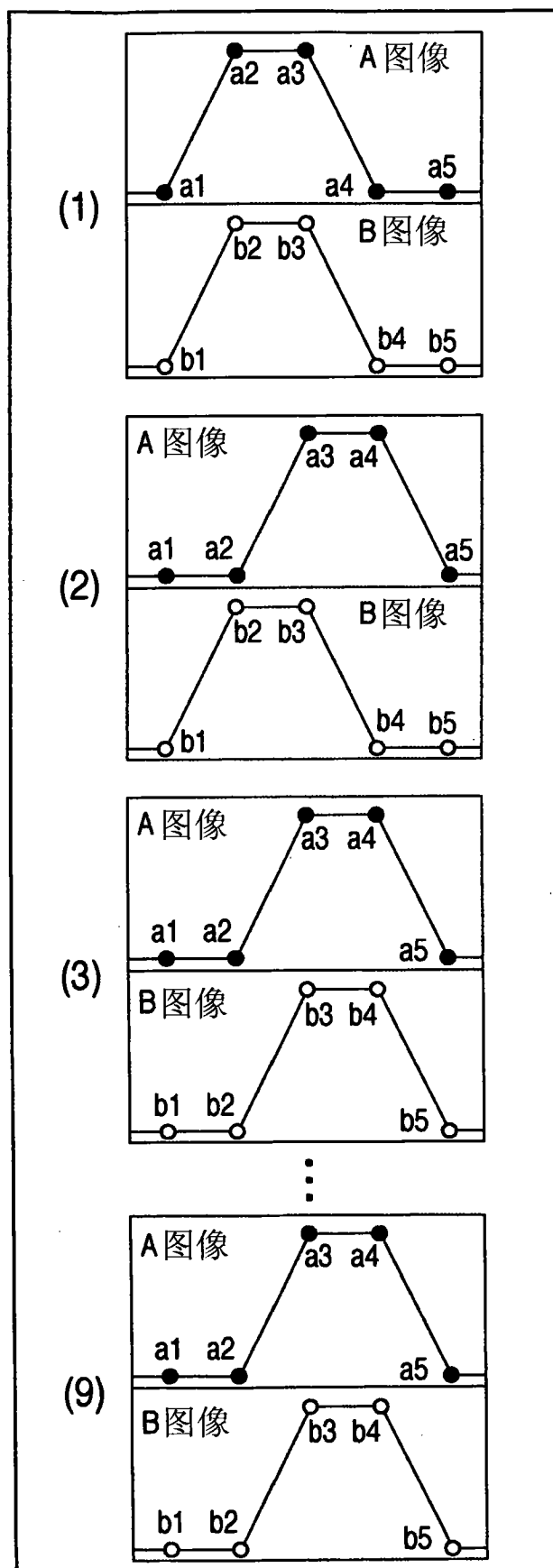


图 12

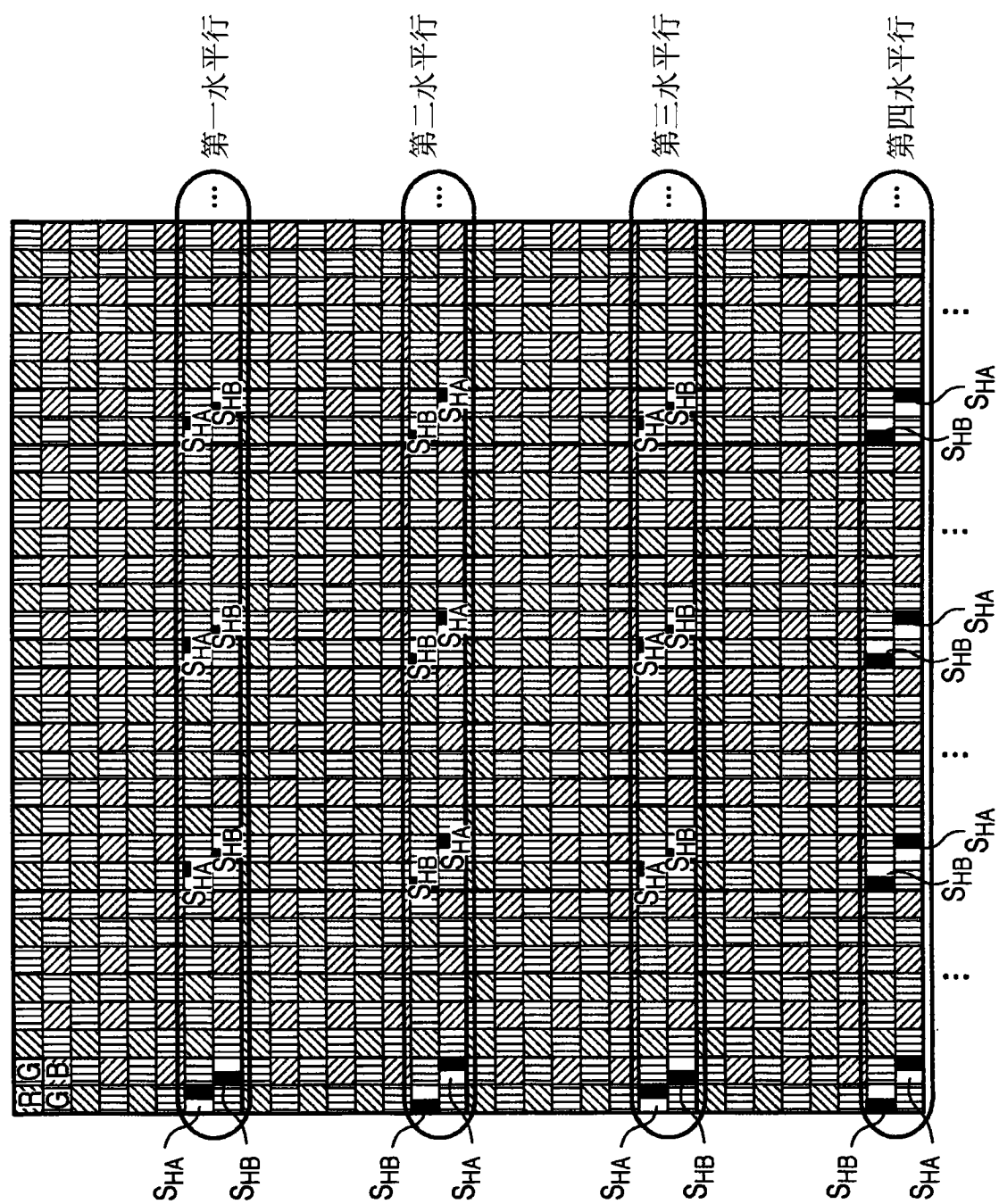


图 13

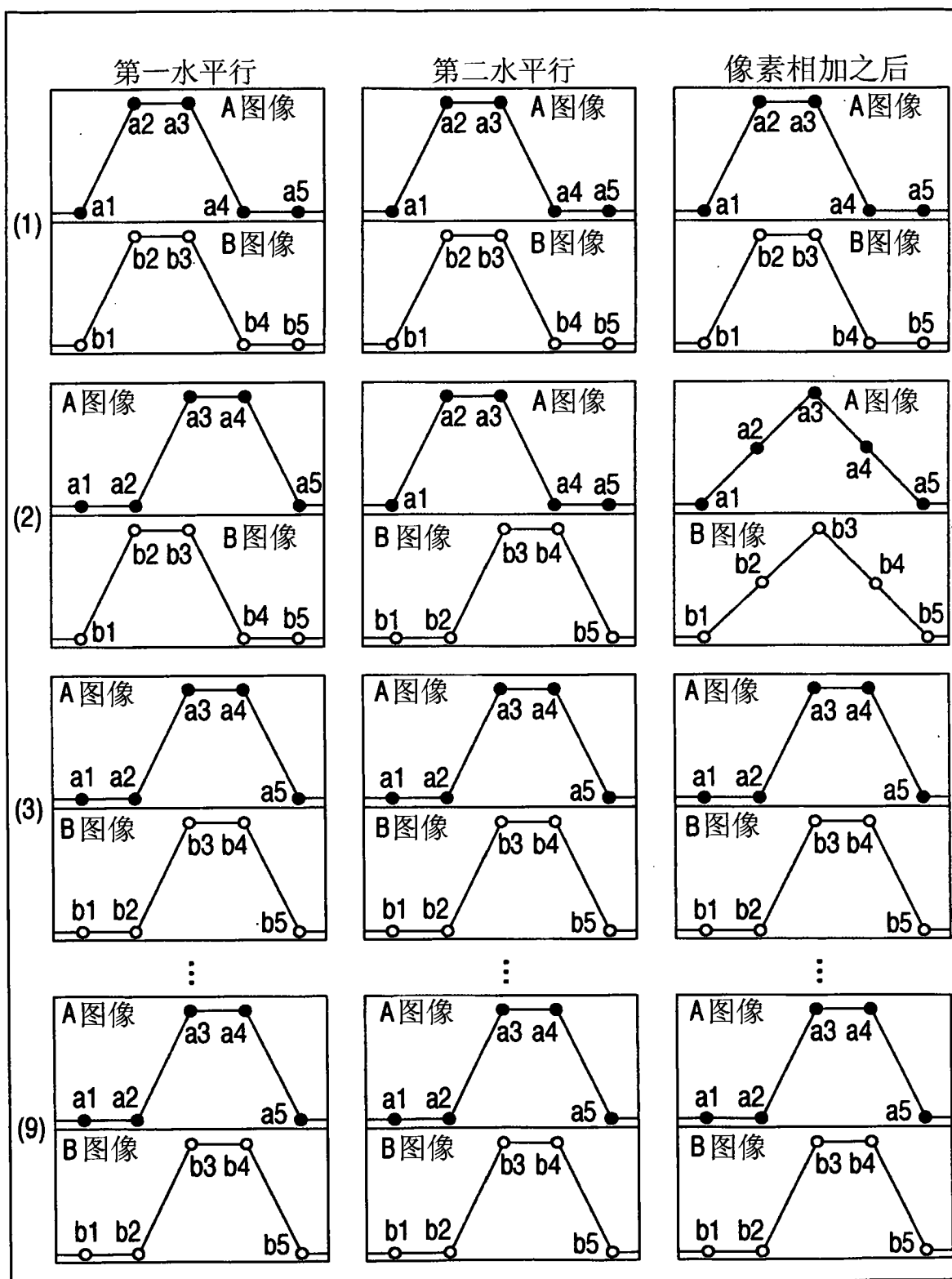


图 14

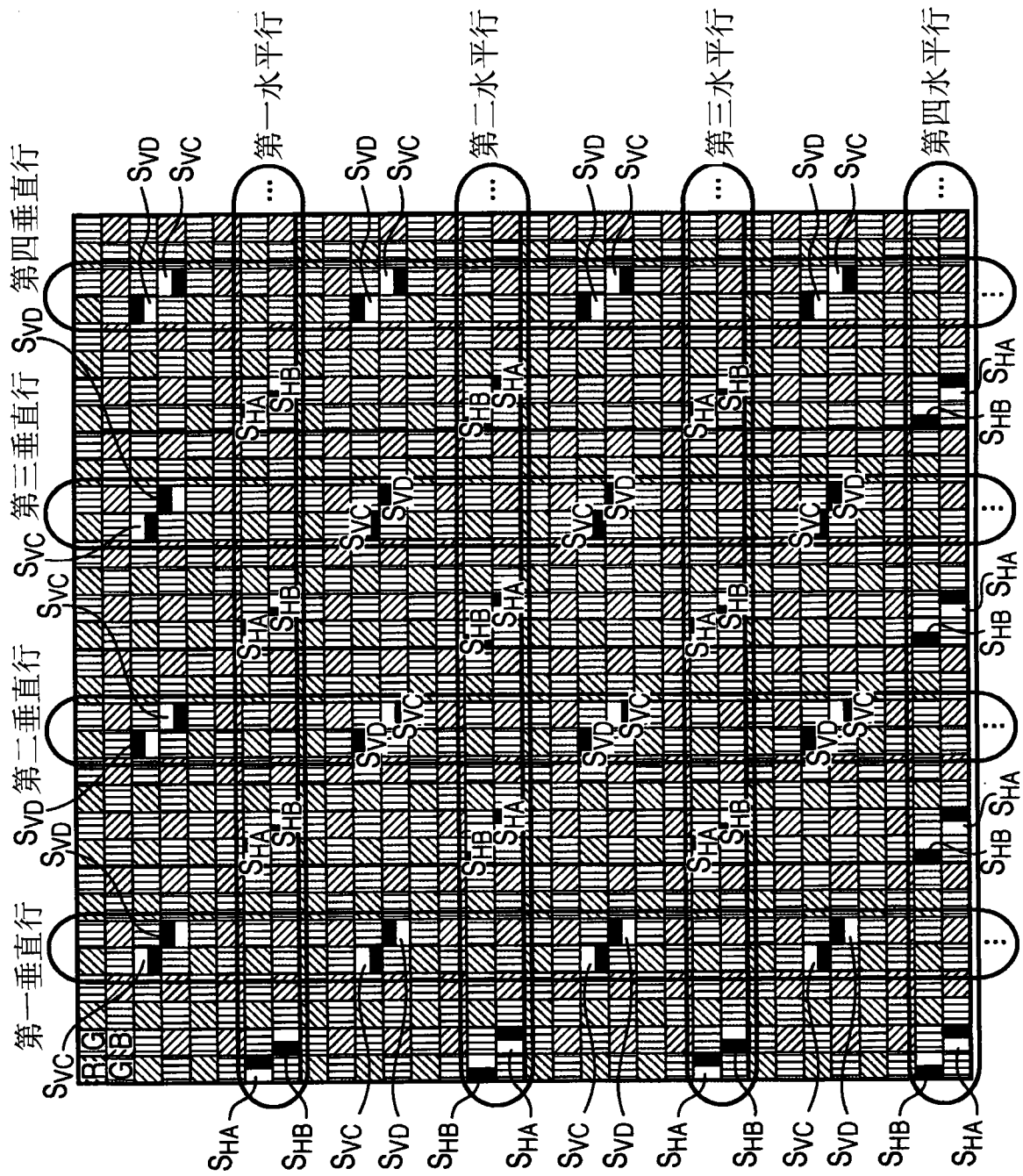


图 15

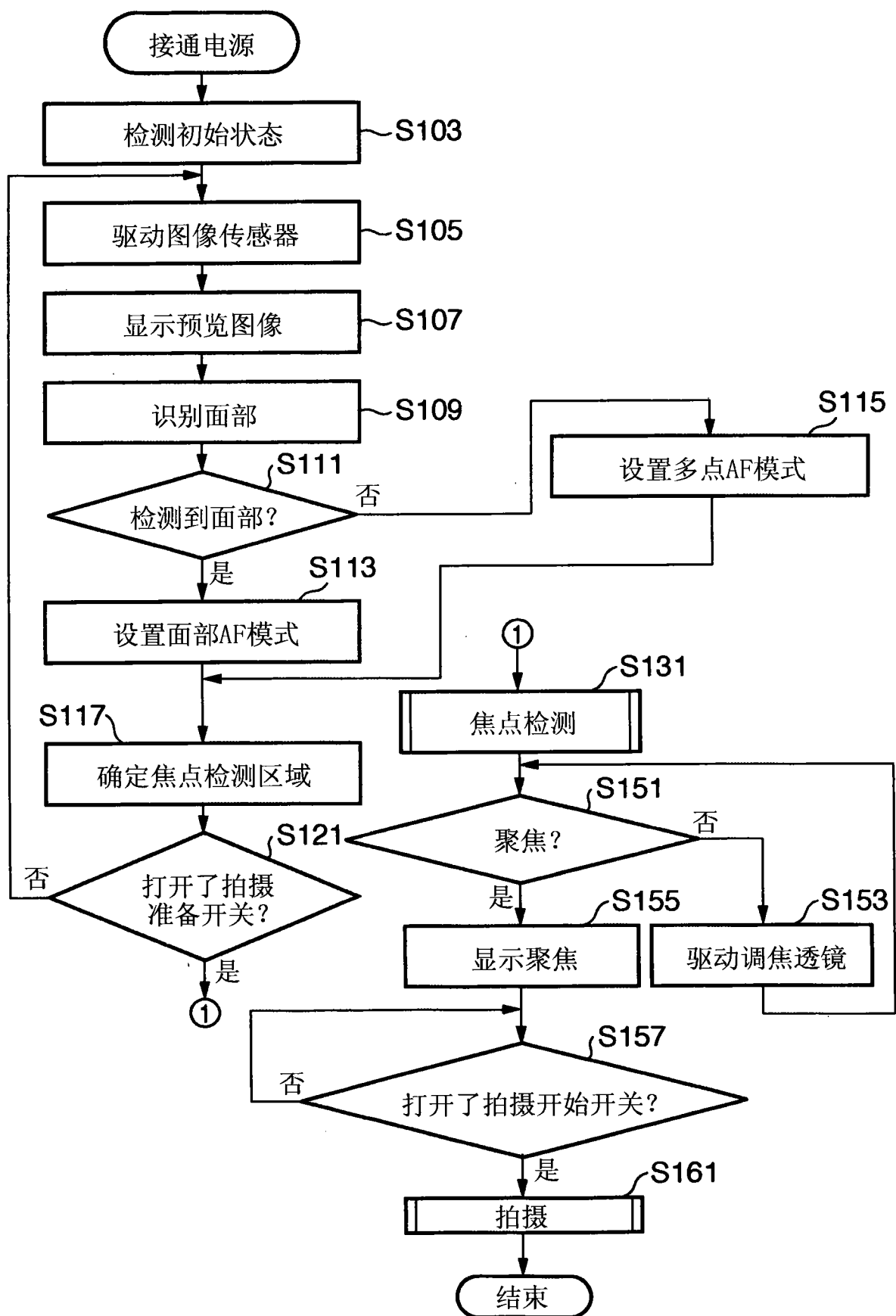


图 16

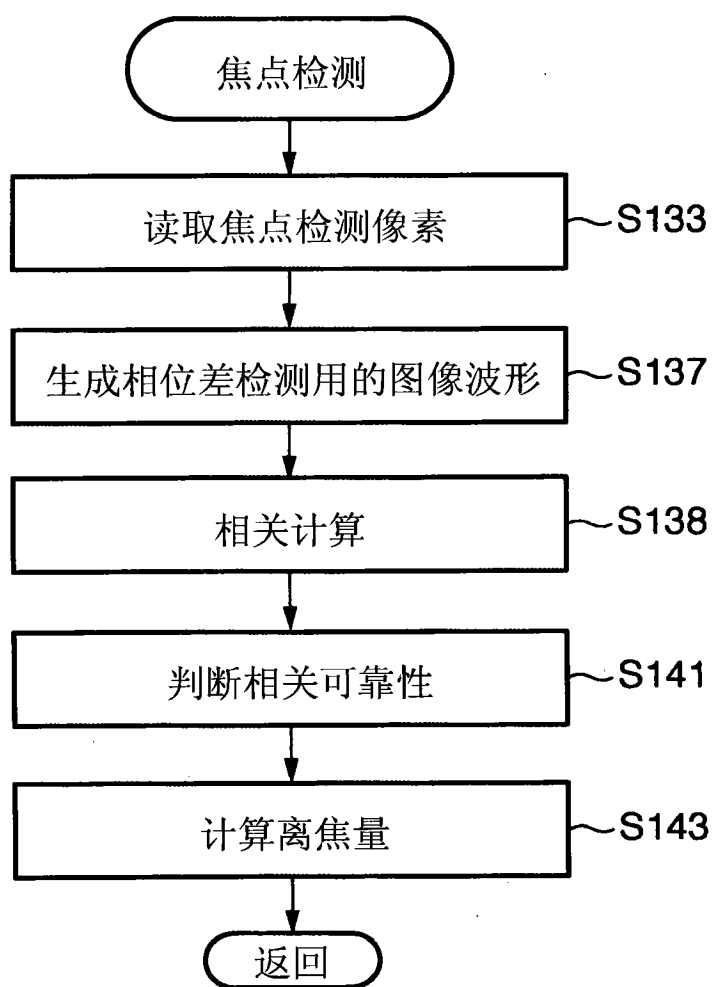


图 17

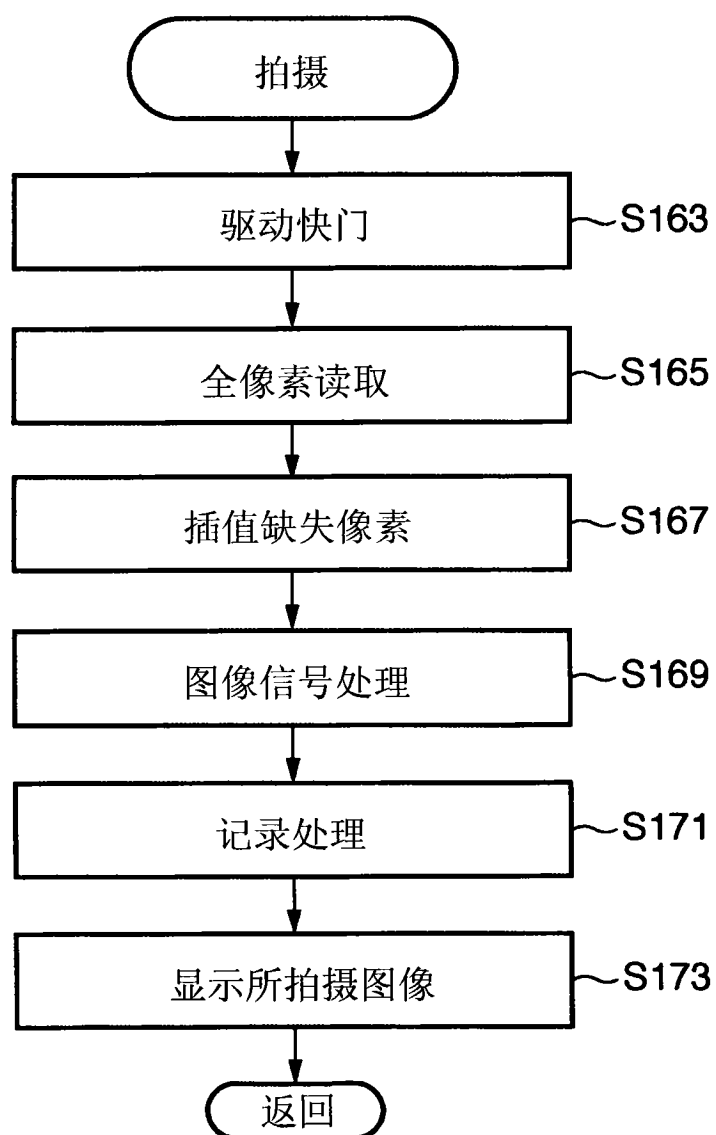


图 18

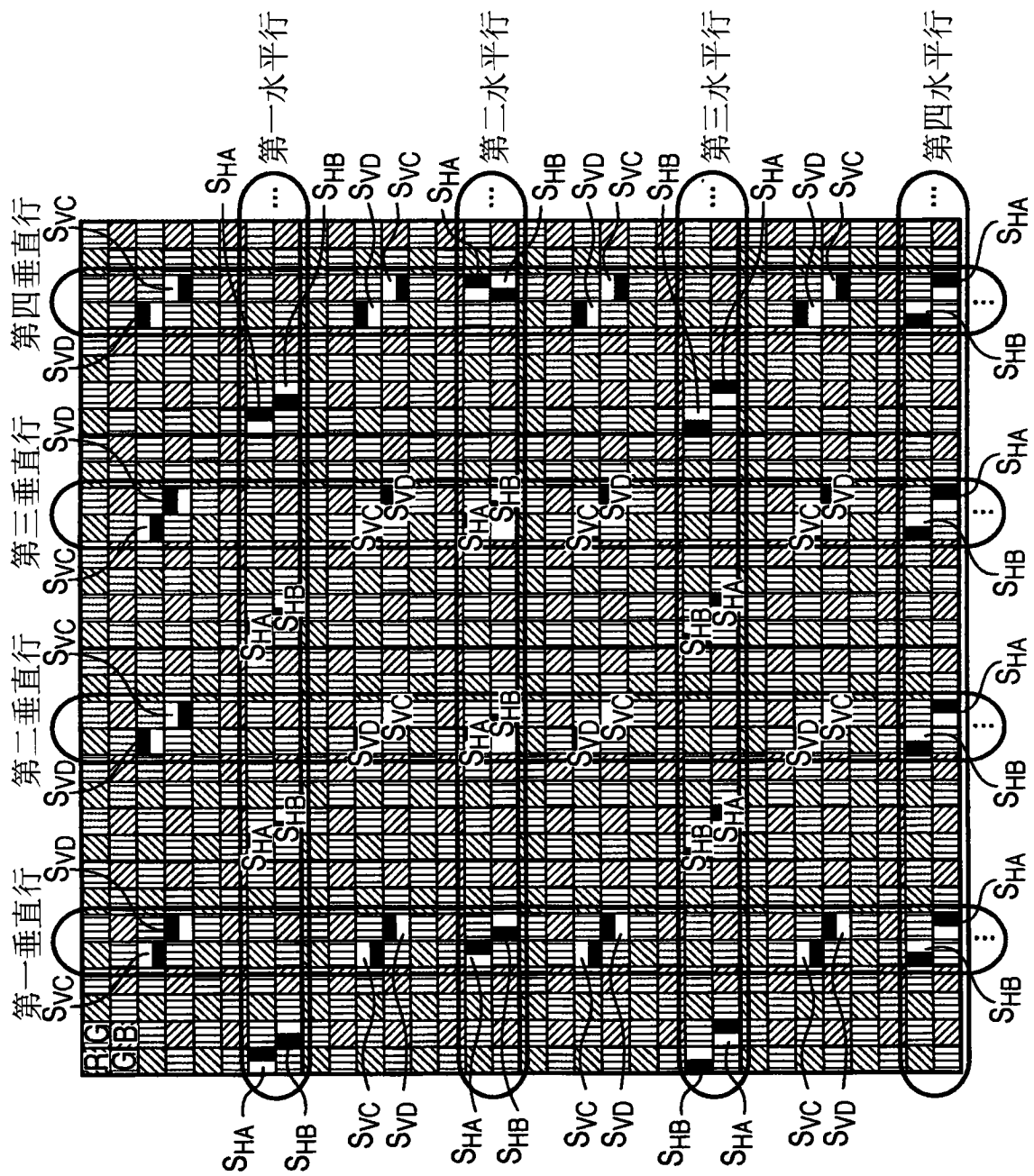


图 19

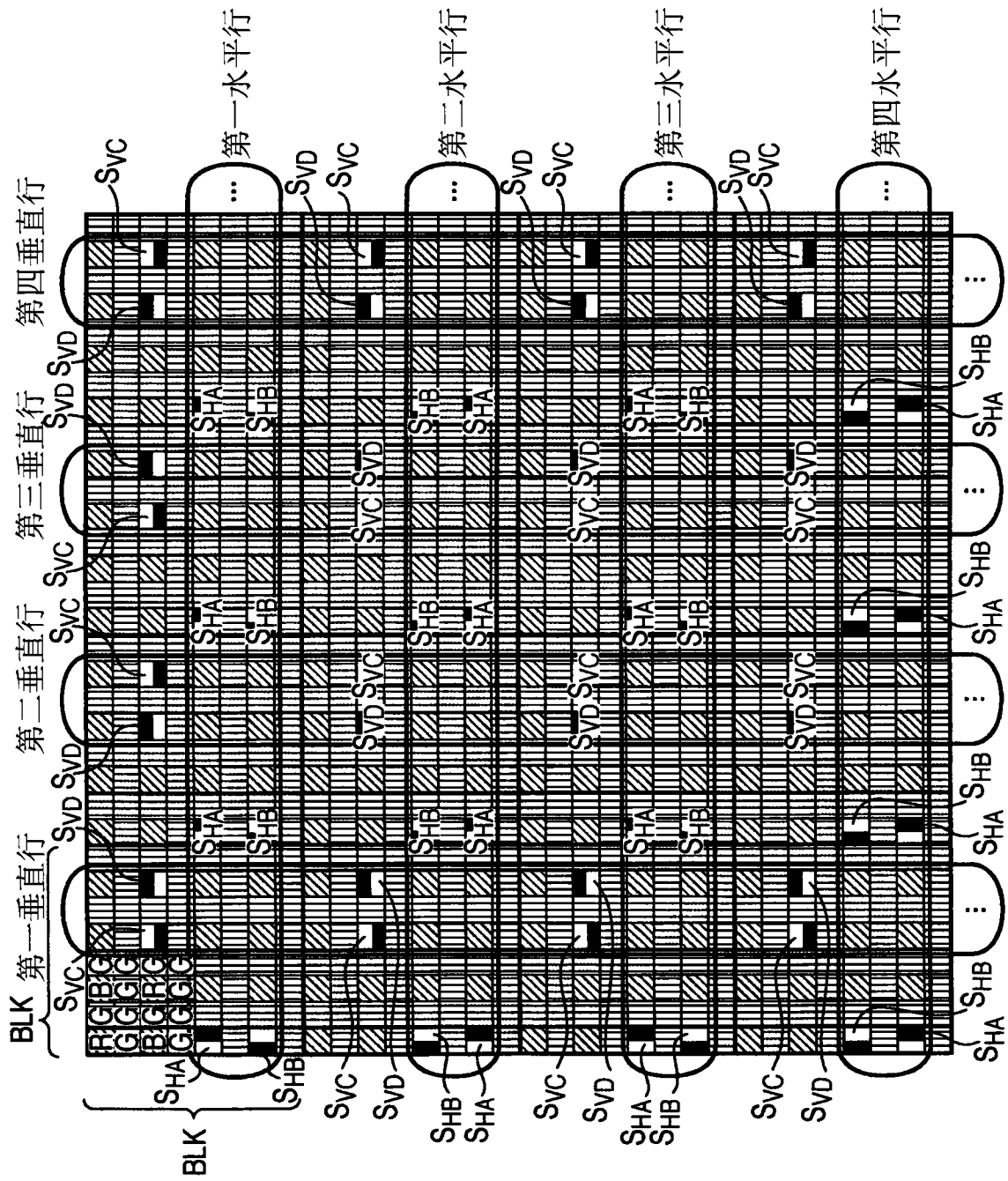


图 20

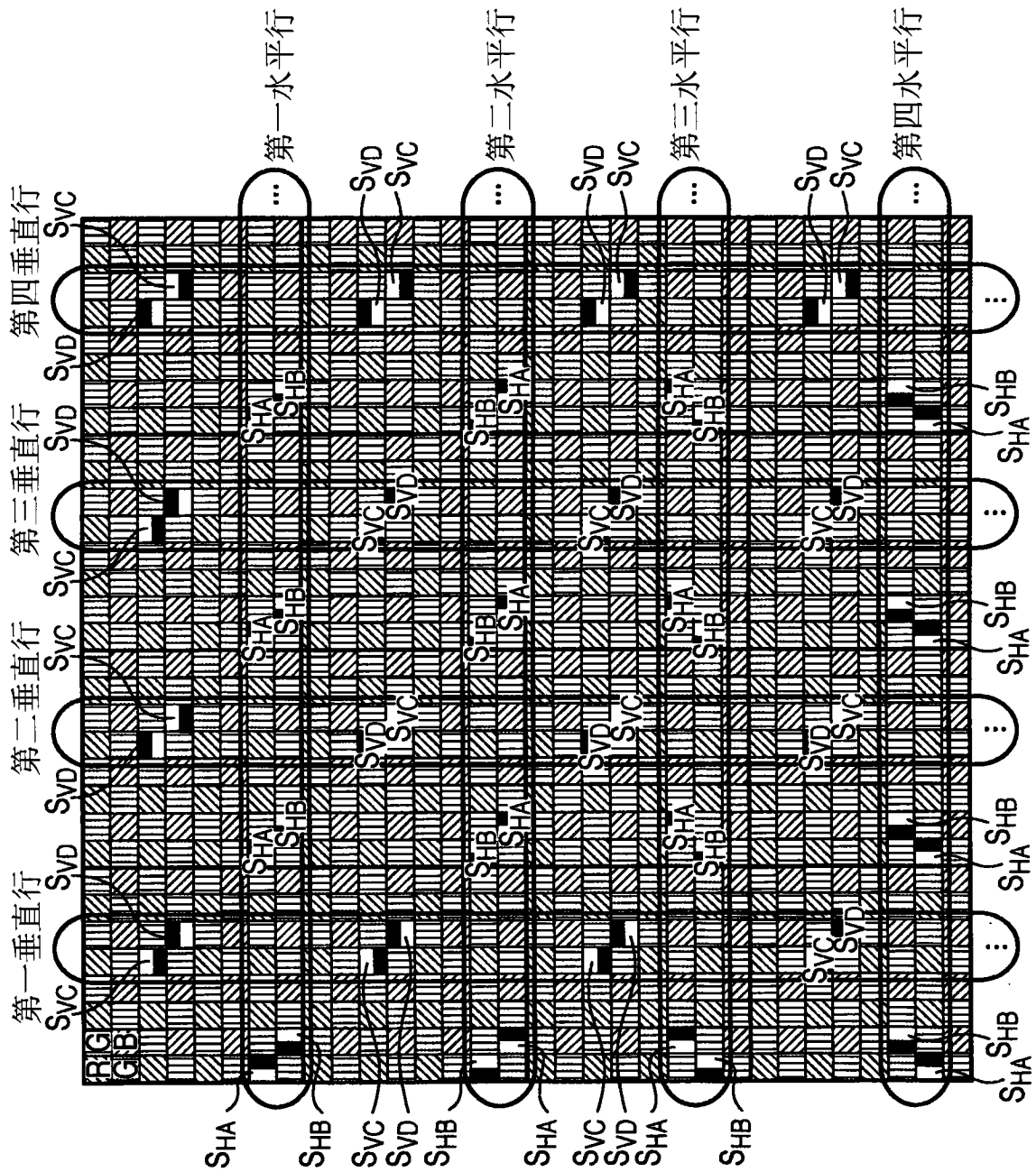


图 21

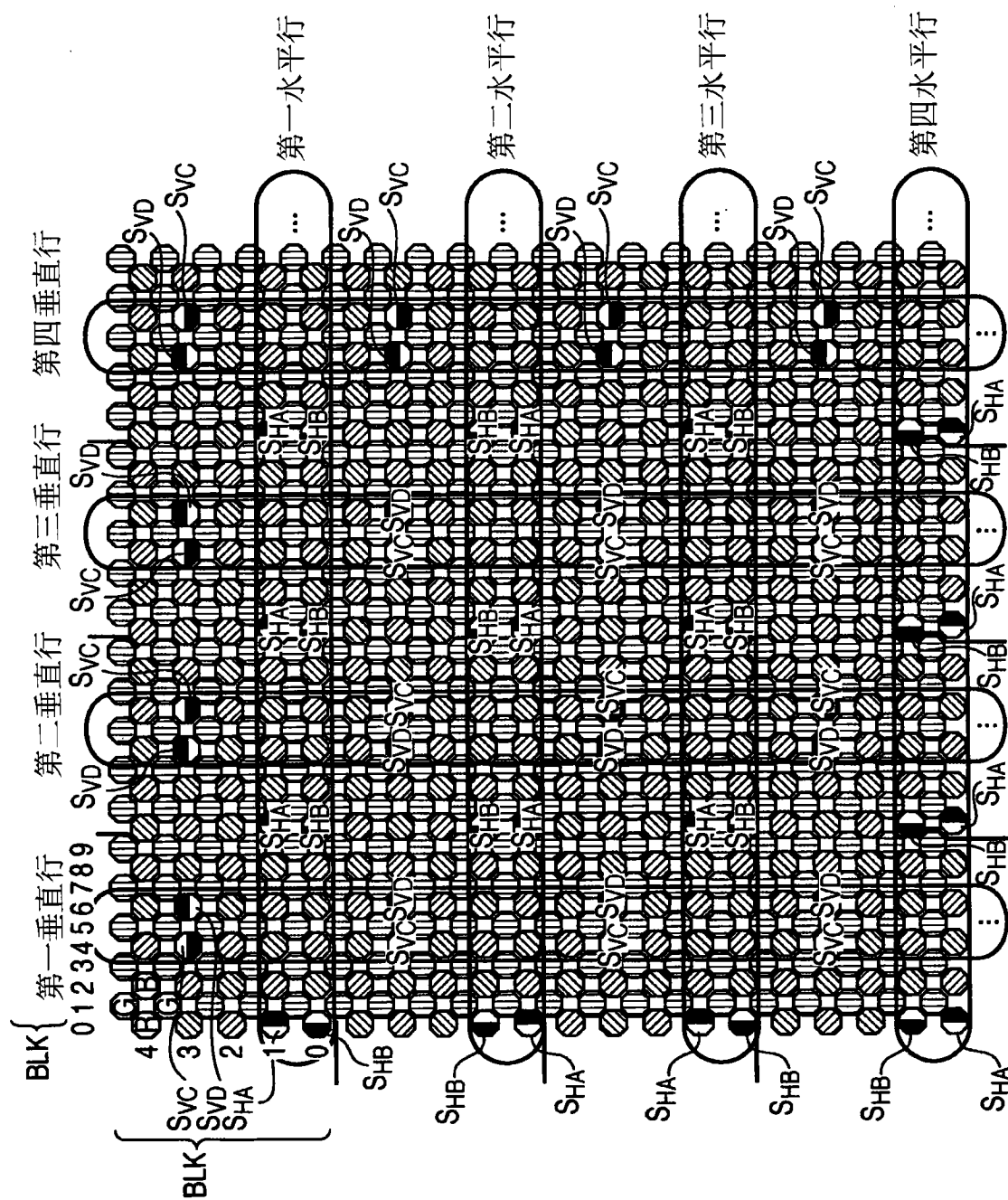


图 22