



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101242541 B

(45) 授权公告日 2010.09.29

(21) 申请号 200810008687.8

CN 1988591 A, 2007.06.27, 全文.

(22) 申请日 2008.02.05

审查员 王倩

(30) 优先权数据

2007-030485 2007.02.09 JP

(73) 专利权人 奥林巴斯映像株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 小野村研一

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 黄纶伟

(51) Int. Cl.

H04N 9/04 (2006.01)

H04N 9/07 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1913576 A, 2007.02.14, 全文.

WO 2007110829 A2, 2007.10.04, 全文.

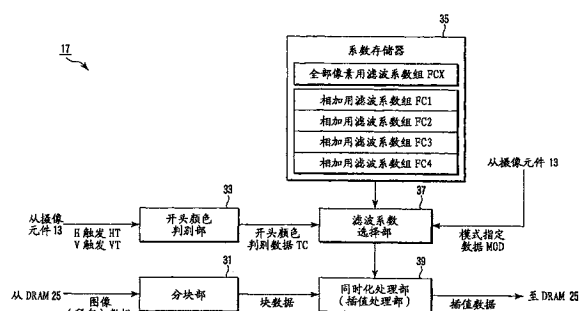
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 12 页

(54) 发明名称

图像处理装置及其方法和电子照相机

(57) 摘要

本发明提供图像处理装置及其方法和电子照相机。该图像处理装置利用滤波器对从具有配置成马赛克状的滤色器的彩色摄像元件输出的图像信号进行插值处理,而得到彩色图像数据,该图像处理装置具有插值处理部(39),该插值处理部(39)在成为所述插值处理的对象的图像区域中的各颜色成分信号的空间的重心位置的配置模式存在多种模式的情况下,根据所述配置模式的种类选择性地变更所述插值处理,以便在所述多种配置模式的任一种配置模式中,各颜色成分信号的插值处理后的空间的重心位置一致。



1. 一种图像处理装置,该图像处理装置从具有配置成马赛克状的滤色器的彩色摄像元件输出图像信号,该图像信号是将通过像素相加模式得到的信号进行了数字化的信号,所述像素相加模式是将多个同色像素相加后输出的模式,该图像处理装置利用滤波器对该图像信号进行插值处理,而得到彩色图像数据,该图像处理装置具有插值处理部,该插值处理部在成为所述插值处理的对象的图像区域中的各颜色成分信号的空间重心位置的配置模式存在四种模式的情况下,根据所述配置模式的种类选择适用于所述滤波器的插值滤波系数来变更所述插值处理,以便在所述四种配置模式的任一种配置模式中,各颜色成分信号的插值处理后的空间重心位置一致,所述四种模式是指成为所述插值处理的对象的图像区域的图像数据的开头颜色分别是 R、Gr、Gb、B。

2. 根据权利要求 1 所述的图像处理装置,该图像处理装置还具有:

滤波系数选择部,其根据成为所述插值处理的对象的图像区域中的所述配置模式的种类,从多组插值滤波系数中选择一组插值滤波系数,

其中,所述插值处理部使用所述滤波系数选择部所选择的所述一组插值滤波系数,对成为所述插值处理的对象的图像区域的图像数据实施插值运算。

3. 根据权利要求 2 所述的图像处理装置,该图像处理装置还具有:

颜色配置判断部,其根据成为所述插值处理的对象的图像区域内的图像数据的开头的像素所对应的颜色,判断所述颜色成分的配置,

其中,所述滤波系数选择部根据所述颜色配置判断部判断出的所述配置模式的种类,从所述多组插值滤波系数中选择所述一组插值滤波系数。

4. 根据权利要求 1 所述的图像处理装置,

成为所述插值处理的对象的图像区域由根据 $N \times N$ 像素的受光结果而生成的像素值构成。

5. 根据权利要求 1 所述的图像处理装置,

根据针对各颜色成分在插值处理中所使用的各像素的位置和插值位置之间的距离,来决定所述插值滤波系数。

6. 根据权利要求 2 所述的图像处理装置,

成为所述插值处理的对象的图像区域为 4×4 像素,所述多组插值滤波系数包含基于 $9 : 15 : 15 : 25, 3 : 21 : 5 : 35$ 的比率、以及 $1 : 7 : 7 : 49$ 的比率的插值滤波系数。

7. 一种电子照相机,该电子照相机具有:

彩色摄像元件,其具有配置成马赛克状的滤色器;以及

插值处理部,其利用滤波器对从所述彩色摄像元件输出的图像信号进行插值处理,而得到彩色图像数据,该图像信号是将通过像素相加模式得到的信号进行了数字化的信号,所述像素相加模式是将多个同色像素相加后输出的模式,

其中,在成为所述插值处理的对象的图像区域中的各颜色成分信号的空间重心位置的配置模式存在四种模式的情况下,所述插值处理部根据所述配置模式选择适用于所述滤波器的插值滤波系数来变更所述插值处理,以便在所述四种配置模式的任一种配置模式中,各颜色成分信号的插值处理后的重心位置一致,所述四种模式是指成为所述插值处理的对象的图像区域的图像数据的开头颜色分别是 R、Gr、Gb、B。

8. 一种图像处理方法,该图像处理方法利用滤波器对从具有配置成马赛克状的滤色器的彩色摄像元件输出的图像信号进行插值处理,而得到彩色图像数据,该图像信号是将通过像素相加模式得到的信号进行了数字化的信号,所述像素相加模式是将多个同色像素相加后输出的模式,该图像处理方法包含以下步骤:

判定成为所述插值处理的对象的图像区域中的各颜色成分信号的空间重心位置的配置模式是否存在四种模式的步骤,所述四种模式是指成为所述插值处理的对象的图像区域的图像数据的开头颜色分别是 R、Gr、Gb、B ;以及

在所述判定结果为配置模式存在四种模式的情况下,根据所述配置模式选择适用于所述滤波器的插值滤波系数来变更所述插值处理,以便在所述四种配置模式的任一种配置模式中,各颜色成分信号的插值处理后的重心位置一致的步骤。

图像处理装置及其方法和电子照相机

[0001] 本申请基于在 2007 年 2 月 9 日提交的日本专利申请第 2007-030485 号并要求优先权,并通过引用而包含了其全部内容。

技术领域

[0002] 本发明涉及在像素插值处理(同时化处理)方面具有特征的图像处理装置及其方法和电子照相机。

背景技术

[0003] 在数字照相机等中使用的摄像元件(CCD、CMOS 等)一般具有被称为拜尔(bayer)排列的马赛克状的像素配置。

[0004] 在拜尔排列中,一个像素仅分配一个颜色成分。因此,在图像处理装置中,为了使全部像素具有 R、G、B 这三个成分,进行“同时化处理(插值处理、去马赛克(Demosaicing)处理)”。

[0005] 在近年来的摄像元件中,为了应对高灵敏度摄影和高速读出,具有对在各像素中蓄积的多个电荷进行相加后输出的像素相加(像素混合、binning)模式。

[0006] 这里,根据相加的像素数,针对每个颜色成分假设的重心位置产生偏差,结果,产生颜色偏差和伪色(false color)。

[0007] 为了校正这种颜色偏差,有日本特开 2004-147093 号公报等公开的方法。在日本特开 2004-147093 号公报中,在同时化处理电路的前级设置有校正重心位置偏差的校正电路。

[0008] 在上述现有的方法中,准备了独立于同时化处理电路的校正电路。因此,相对于现有的电路,电路的变更规模较大。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于,提供一种不用大幅变更现有的插值处理电路的结构,就能够校正因像素相加所产生的重心偏差的图像处理装置及其方法和电子照相机。

[0010] 在本发明的第一方式中,图像处理装置利用滤波器对从具有配置成马赛克状的滤色器的彩色摄像元件输出的图像信号进行插值处理,而得到彩色图像数据,该图像处理装置具有插值处理部,该插值处理部在成为所述插值处理的对象的图像区域中的各颜色成分信号的空间的重心位置的配置模式存在多种模式的情况下,根据所述配置模式的种类选择性地变更所述插值处理,以便在所述多种配置模式的任一种配置模式中,各颜色成分信号的插值处理后的空间的重心位置一致。

[0011] 在本发明的第二方式中,电子照相机具有:彩色摄像元件,其具有配置成马赛克状的滤色器;以及插值处理部,其利用滤波器对从所述彩色摄像元件输出的图像信号进行插值处理,而得到彩色图像数据,在成为所述插值处理的对象的图像区域中的各颜色成分信号的空间的重心位置的配置模式存在多种模式的情况下,所述插值处理部根据所述配置模

式选择性地变更所述插值处理,以便在所述多种配置模式的任一种配置模式中,各颜色成分信号的插值处理后的重心位置一致。

[0012] 在本发明的第三方式中,图像处理方法利用滤波器对从具有配置成马赛克状的滤色器的彩色摄像元件输出的图像信号进行插值处理,而得到彩色图像数据,该图像处理方法包含以下步骤:判定成为所述插值处理的对象的图像区域中的各颜色成分信号的空間的重心位置的配置模式是否存在多种模式的步骤;以及在所述判定结果为配置模式存在多种模式的情况下,根据所述配置模式选择性地变更所述插值处理,以便在所述多种配置模式的任一种配置模式中,各颜色成分信号的插值处理后的重心位置一致的步骤。

[0013] 在本发明的第四方式中,图像处理装置对图像信号实施图像处理,该图像信号是对利用像素相加模式得到的信号进行了数字化而得到的,所述像素相加模式将多个同色像素的像素值的检测结果相加而从具有拜尔排列的摄像元件输出,该图像处理装置具有:系数存储部,其预先存储多组插值滤波系数;颜色配置判断部,其判断所述图像信号内的成为插值处理的对象的图像区域的颜色配置;系数选择部,其根据所述颜色配置判断部所判断出的颜色配置,从所述系数存储部中选择一组插值滤波系数;以及插值处理部,其使用所述系数选择部所选择的所述一组所述插值滤波系数,对成为所述插值处理的对象的图像区域的图像数据实施插值运算,生成由具有各颜色成分的全部颜色成分的像素构成的图像。

[0014] 本发明的其他优点将在随后的说明中进行阐述,其中一部分根据该说明将变得显而易见,或者可以通过本发明的实践而获知。本发明的优点可以借助于下文中具体指出的手段和组合来实现并获得。

附图说明

[0015] 包含于说明书中并构成说明书的一部分的附图例示了本发明的实施方式,并与以上给出的一般说明和以下给出的实施方式的详细说明一起用于对本发明的原理进行阐述。

[0016] 图 1 是本发明的实施方式的电子照相机的结构图。

[0017] 图 2A 是示出图 1 所示的摄像元件 13 的原色拜尔排列的图。

[0018] 图 2B 是用于说明 9 像素相加模式中的 9 像素相加的图。

[0019] 图 3 是用于说明 9 像素相加后的假设重心位置的图。

[0020] 图 4A 是示出图 1 所示的摄像元件 13 的原色拜尔排列的图。

[0021] 图 4B 是用于说明 4 像素相加模式中的 4 像素相加的图。

[0022] 图 5 是用于说明 4 像素相加后的假设重心位置的图。

[0023] 图 6A 和图 6B 是用于说明图 1 所示的图像处理电路进行的同时化处理的图。

[0024] 图 7A、图 7B、图 7C1、图 7C2、图 7C3、图 7C4 是用于说明图 1 所示的图像处理电路进行的全部像素模式中的同时化处理的图。

[0025] 图 8A、图 8B、图 8C、图 8D 是用于说明 4 像素相加模式中的图像数据的图。

[0026] 图 9A1、图 9A2、图 9A3、图 9A4、图 9B1、图 9B2、图 9B3、图 9B4 是用于说明利用现有方法对 4 像素相加模式中的图像数据进行插值处理的情况的图。

[0027] 图 10 是图 1 所示的图像处理电路的功能框图。

[0028] 图 11A、图 11B、图 11C、图 11D、图 11E、图 11F、图 11G、图 11H 是用于说明图 10 所示的图像处理电路的同时化处理的图。

[0029] 图 12A、图 12B、图 12C、图 12D、图 12E、图 12F、图 12G、图 12H 是用于说明图 10 所示的图像处理电路的同时化处理中所使用的相加用滤波系数组的图。

[0030] 图 13 是用于说明图 10 所示的图像处理电路的同时化处理的流程图。

具体实施方式

[0031] 下面,说明本发明的实施方式的电子照相机。图 1 是本发明的实施方式的电子照相机 1 的结构图。

[0032] 如图 1 所示,电子照相机 1 例如具有:光学系统 11、摄像元件 13、模拟数字变换器 (Analog Digital Converter:ADC) 15、图像处理电路 17、联合图像专家组 (Joint Photographic Experts Group:JPEG) 编码/解码器 19、视频编码器 21、存储卡 23、动态随机存取存储器 (Dynamic Random Access Memory:DRAM) 25、中央处理单元 (Central Processing Unit:CPU) 27、监视器 29 以及总线 6。

[0033] ADC 15、图像处理电路 17、JPEG 编码/解码器 19、视频编码器 21、存储卡 23、DRAM 25 以及 CPU 27 通过总线 6 电连接。

[0034] 光学系统 11 包含摄影镜头。光学系统 11 形成被摄体的光学像。

[0035] 摄像元件 13 具有多个像素。摄像元件 11 利用多个像素接收与光学系统 11 形成的光学像对应的光,通过光电变换将所接收的光变换为图像信号。

[0036] ADC 15 将摄像元件 13 生成的模拟图像信号变换为数字信号(图像数据)。该图像数据临时存储在 DRAM 25 中。

[0037] 图像处理电路 17 例如对从 DRAM 25 读出的图像数据实施白平衡调节和同时化处理等处理,将其结果再次写入 DRAM 25 中。图像处理电路 17 在同时化处理中,针对从 DRAM 25 读出的图像数据的各颜色成分,通过插值生成全部像素位置的像素值。图像处理电路 17 在后面详细叙述。

[0038] JPEG 编码/解码器 19 在图像记录时,对从 DRAM 25 读出的同时化处理后的图像数据进行编码,将编码后的图像数据写入例如存储卡 23 中。并且, JPEG 编码/解码器 19 在图像再现时,对从存储卡 23 读出的编码图像数据进行解码,写入 DRAM 25 中。

[0039] 视频编码器 21 对从 DRAM 25 读出的图像数据实施显示处理,生成模拟图像信号。然后,视频编码器 21 使与所生成的模拟图像信号对应的图像显示在监视器 29 上。

[0040] CPU 27 对电子照相机 1 的动作进行总体控制。

[0041] 下面,说明电子照相机 1 的整体动作的概要。

[0042] CPU 27 对图 1 所示的电子照相机 1 的各部进行控制。例如,CPU 27 进行摄像元件 13 的动作控制、由摄像元件 13 得到的图像信号的读出控制、ADC 15、图像处理电路 17、JPEG 编码/解码器 19、视频编码器 21 的动作控制等。

[0043] 在图 1 中,通过光学系统 11 形成的光学像被由 CCD 等构成的摄像元件 13 的各像素受光。摄像元件 13 将由各像素受光的光学像变换为模拟图像信号。在 CPU 27 的控制下,在规定的时机读出在摄像元件 13 中得到的图像信号,并输入到 ADC 15 中。ADC 15 将所输入的模拟图像信号变换为作为数字图像信号的图像数据。由 ADC 15 得到的图像数据经由总线 6 存储在 DRAM 25 中。

[0044] 在记录图像时,通过图像处理电路 17 读出存储在 DRAM 25 中的图像数据。图像处

理电路 17 首先对所读出的图像数据进行同时化。即,图像处理电路 17 进行插值,以使图像数据的各像素分别具有 RGB 三个颜色的像素值。然后,图像处理电路 17 对同时化后的图像数据进行白平衡调节。接着,图像处理电路 17 将 RGB 图像数据变换为亮度 / 色差数据(以下称为 YC 数据)。将 RGB 图像数据变换为 YC 数据后,图像处理电路 17 对 Y 数据进行灰度校正处理,对 C 数据(Cb、Cr)进行颜色校正处理。另外,灰度校正处理和颜色校正处理也可以在 RGB 数据的状态下进行。然后,为了削减图像数据的数据尺寸,图像处理电路 17 变换(下采样)YC 数据的各图像成分的采样频率之比(以下称为采样比)。关于此时的采样比,在记录静态图像的情况下,例如使用 $Y : Cb : Cr = 4 : 2 : 2$ 。在记录动态图像时,采样比使用 $Y : Cb : Cr = 4 : 2 : 0$ 。一般,人类的眼睛对亮度的变化很敏感,但是,对色差的变化比较迟钝。因此,即使减少色差信息进行采样,在再现图像等时,也不会使人类的眼睛感觉那么不自然。

[0045] 在图像处理电路 17 中进行了处理的图像数据被输入到 JPEG 编码 / 解码器 19。JPEG 编码 / 解码器 19 利用离散余弦变换(Discrete CosineTransformation;DCT)等方法对所输入的图像数据进行编码。在 JPEG 编码 / 解码器 19 中被编码的图像数据临时存储在 DRAM 25 中。然后,作为附加了规定的头信息的 JPEG 文件记录在存储卡 23 中。

[0046] 并且,在对摄像元件 13 中得到的图像进行浏览画面显示时,图像处理电路 17 将 YC 数据的尺寸调节(通常为缩小)为与监视器 29 的规格等对应的规定尺寸。然后,图像处理电路 17 变换(下采样)YC 数据的各图像成分的采样比。该 YC 数据被存储在 DRAM 25 中。视频编码器 21 以帧单位读出在 DRAM 25 中存储的 YC 数据,根据所读出的 YC 数据,在监视器 29 上显示图像。

[0047] 进而,在再现记录在存储卡 23 中的 JPEG 图像数据时, JPEG 编码 / 解码器 19 读出记录在存储卡 23 中的 JPEG 图像数据,通过逆 DCT 变换等方法对所读出的 JPEG 图像数据进行解码。然后,图像处理电路 17 将解码得到的 YC 数据缩小为显示用的规定尺寸。该 YC 数据临时存储在 DRAM 25 中。视频编码器 21 以帧单位读出存储在 DRAM 25 中的 YC 数据,根据所读出的 YC 数据,在监视器 29 上显示图像。

[0048] 下面,详细说明摄像元件 13。

[0049] [摄像元件 13]

[0050] 摄像元件 13 是具有原色拜尔排列的像素的摄像元件。摄像元件 13 例如在配置成马赛克状的多个像素中接收与光学像对应的光。摄像元件 13 具有读出全部像素的信号的全部像素模式和像素相加模式。在本实施方式中,作为摄像元件 13 执行的像素相加模式,例示了 9 像素相加模式和 4 像素相加模式。

[0051] 在全部像素模式中,摄像元件 13 将蓄积在水平像素的各像素中的电荷传送到垂直传送寄存器中后,将蓄积在各垂直传送寄存器中的电荷依次传送到水平传送寄存器中。进而,摄像元件 13 依次对水平传送寄存器提供传送脉冲,将与水平像素的电荷对应的模拟图像信号输出到 ADC15。这样,逐行地进行模拟图像信号的输出。

[0052] 在像素相加模式中,摄像元件 13 以在水平方向和垂直方向进行同色像素的电荷的相加(混合)的方式来传送电荷。在原色拜尔排列中,每隔一个像素配置同色的滤色器。因此,摄像元件 13 在每隔一个像素的时机以将各像素的电荷相加的方式进行电荷传送。然后,摄像元件 13 将与相加后的电荷对应的模拟图像信号输出到 ADC 15。

[0053] <9 像素相加>

[0054] 图 2A 是示出图 1 所示的摄像元件 13 的原色拜尔排列的图。图 2B 是用于说明 9 像素相加模式的图。图 3 是用于说明 9 像素相加后的假设重心位置的图。

[0055] 在原色拜尔排列中,每隔一个像素配置与同色的滤色器对应的像素。在 9 像素相加模式中,摄像元件 13 对位于在水平和垂直方向上每相隔一个像素的位置上的同色的 9 像素的电荷进行相加,生成模拟图像信号。如图 3 所示,该 9 像素相加后的各颜色成分的假设重心位置为图 2B 所示的各 9 像素 × 9 像素的中心像素位置。如图 3 所示,在 9 像素相加模式中,各颜色成分的假设重心位置与图 2A 所示的拜尔排列的各颜色成分的配置相同。这样,在 9 像素相加模式中,不产生重心偏差。即,不需要校正各颜色成分的重心偏差。

[0056] <4 像素相加>

[0057] 图 4A 是示出图 1 所示的摄像元件 13 的原色拜尔排列的图。图 4B 是用于说明 4 像素相加模式的图。图 5 是用于说明 4 像素相加后的假设重心位置的图。

[0058] 在 4 像素相加模式中,摄像元件 13 对位于在水平和垂直方向上每相隔一个像素的位置上的同色的 4 像素的电荷进行相加,生成模拟图像信号。如图 5 所示,该 4 像素相加后的各颜色成分的假设重心位置为图 4B 所示的各 4 像素 × 4 像素的中心像素位置。如图 5 所示,在 4 像素相加模式中,各颜色成分的假设重心位置与图 2A 所示的拜尔排列的各颜色成分的配置不同。这样,在 4 像素相加模式中,产生重心偏差。即,需要校正各颜色成分的重心偏差。

[0059] [图像处理电路 17]

[0060] 图像处理电路 17 对从 DRAM 25 读出的图像数据进行同时化(插值)处理。同时化处理是如下的处理:如图 6B 所示,根据图 6A 所示的拜尔排列的图像数据,通过插值,生成对于一个像素位置具有 R、G、B 三个成分的数据的图像数据。

[0061] 在摄像元件 13 以全部像素模式工作的情况下,从 DRAM 25 读出的图像数据的各颜色成分与图 7A 所示的位置相对应。图像处理电路 17 使用图 7B 所示的对各像素位置分配的滤波系数进行插值处理。由此,如图 7C1、图 7C2、图 7C3、图 7C4 所示,在各块的中心位置进行各颜色成分的数据的插值。对于 G 像素,进行 Gr 和 Gb 两种数据的插值。如图 6B 所示,图像处理电路 17 将针对各颜色成分生成的插值数据写入 DRAM 25 中,以便分配给全部像素位置。

[0062] 在图 7B 中,各颜色成分的滤波系数为“1、3、3、9”。这是因为,针对各颜色成分在插值处理中所使用的像素的位置和插值位置之间的距离在纵横上都为 1 : 3。但是,在实际计算插值处理中所使用的像素的位置和插值位置之间的距离时,必须进行平方根的计算。该计算很复杂,所以在本实施方式中,取代实际计算距离,而利用插值处理中所使用的像素的纵向距离和横向距离之积作为滤波系数。

[0063] 在全部像素模式中,图像处理电路 17 对各颜色成分进行下述式 (1-1) ~ (1-4) 的插值运算。由此,生成块的中心位置的插值数据 Rout、Grout、Gbout、Bout。即,进行距离越近权重越大的二维加权平均运算。在本实施方式中,Rx、Grx、Gbx、Bx(x 为整数)分别表示被分配了 R、Gr、Gb、B 的像素的像素值。

[0064]
$$Rout = (1 \cdot R1 + 3 \cdot R2 + 3 \cdot R3 + 9 \cdot R4) / 16 \cdots (1-1)$$

[0065]
$$Grout = (3 \cdot Gr1 + 1 \cdot Gr2 + 9 \cdot Gr3 + 3 \cdot Gr4) / 16 \cdots (1-2)$$

[0066] $G_{bout} = (3 \cdot G_{b1} + 9 \cdot G_{b2} + 1 \cdot G_{b3} + 3 \cdot G_{b4}) / 16 \cdots (1-3)$

[0067] $B_{out} = (9 \cdot B_1 + 3 \cdot B_2 + 3 \cdot B_3 + 1 \cdot B_4) / 16 \cdots (1-4)$

[0068] 对 G 像素的输出 G_{out} 使用 G_{rout} 和 G_{bout} 的平均。

[0069] 并且,在摄像元件 13 于 4 像素相加模式下工作的情况下,从 DRAM25 读出的图像数据的各颜色成分与图 8C 所示的像素位置相对应。当图像处理电路 17 使用图 8B 所示的各像素位置的滤波系数对图像数据进行插值时,各颜色成分的数据的插值位置如图 8D 所示。即,插值位置针对每个颜色成分而不同。由此,产生每个颜色成分的重心偏差。

[0070] 作为参考,在对图 8C 所示的 4 像素相加模式下的颜色配置模式应用图 9B1 所示的滤波系数的情况下,能够在块的中心位置对全部颜色成分的数据进行插值。但是,从摄像元件 13 输入的图像数据的块数据具有图 9A1 ~ 9A4 的 4 种模式。因此,在进行与图 9A2 ~ 9A4 的模式对应的块的插值处理的情况下,如果使用与图 9A1 的情况相同的滤波系数,则各颜色成分的数据的插值位置如图 9B2 ~ 9B4 所示。在图 9B2 ~ 9B4 中,各颜色成分的数据的插值位置从块的中心位置偏离。

[0071] 为了解决该问题,图像处理电路 17 进行如下所示的处理。由此,即使同时化处理的对象的块为图 9A1 ~ 9A4 中的任一种颜色配置模式,都能够在块的中心位置对各颜色成分的数据进行插值。

[0072] 下面,对在 4 像素相加模式中图像处理电路 17 进行的同时化处理进行说明。

[0073] 图 10 是图 1 所示的图像处理电路 17 的功能框图。如图 10 所示,图像处理电路 17 例如具有:分块部 31、开头颜色判别部 33、系数存储器 35、滤波系数选择部 37 以及同时化处理部 39。另外,分块部 31、开头颜色判别部 33、滤波系数选择部 37 以及同时化处理部 39 的功能的一部分或全部可以利用专用的电子电路来实现,也可以通过在处理电路中执行程序来实现。

[0074] 这里,同时化处理部 39 是插值处理部的一例。滤波系数选择部 37 是滤波系数选择部的一例。开头颜色判别部 33 是颜色配置判断部的一例。

[0075] 分块部 31 从 DRAM 25 读出由摄像元件 13 生成的图像数据(原色拜尔数据)。然后,分块部 31 将所读出的图像数据分块为 $N \times N$ 的块数据,输出到同时化处理部 39。另外,在本实施方式中,例示出 $N = 4$ 的情况。

[0076] 开头颜色判别部 33 被从摄像元件 13 输入 H 触发(水平同步)信号 HT 和 V 触发(垂直同步)信号 VT。然后,开头颜色判别部 33 根据这些输入信号,来判别输入到分块部 31 的块数据的开头的颜色成分。然后,开头颜色判别部 33 将表示判别结果的开头颜色判定数据 TC 输出到滤波系数选择部 37。

[0077] 在本实施方式中,块数据的颜色配置模式例如具有图 11A、图 11B、图 11C、图 11D 分别所示的 4 种颜色配置模式 P1 ~ P4。在 4 种颜色配置模式 P1 ~ P4 中,块内的各颜色成分的重心位置模式相互不同。这里,颜色配置模式 P1、P2、P3、P4 的块数据的开头颜色分别为 R、Gr、Gb、B。开头颜色判别部 33 将表示是颜色成分 R、Gr、Gb、B 中的哪一个的开头颜色判定数据 TC 输出到滤波系数选择部 37。

[0078] 系数存储器 35 存储在全像素模式中使用的全像素用滤波系数组 FCX。并且,系数存储器 35 存储分别与在 4 像素相加模式中使用的 4 种颜色配置模式 P1、P2、P3、P4 对应的相加用滤波系数组 FC1、FC2、FC3、FC4。相加用滤波系数组 FC1、FC2、FC3、FC4 是与 4 像

素相加模式对应的滤波系数组。如图 11E、图 11F、图 11G、图 11H 和图 12E、图 12F、图 12G、图 12H 所示,在各滤波系数组之间滤波系数互不相同。这是因为,根据针对各颜色成分在插值处理中所使用的各像素的位置和插值位置之间的距离,来决定滤波系数。因此,如果颜色配置模式不同,则构成与其对应的滤波系数组的滤波系数也不同。

[0079] 在同时化处理对象的块数据具有图 7A 所示的颜色配置模式的情况下,全部像素用滤波系数组 FCX 由预先规定成在块的中心位置对全部的颜色成分进行插值的滤波系数构成。该滤波系数如图 7B 所示。

[0080] 在同时化处理对象的块数据具有颜色配置模式 P1 的情况下,相加用滤波系数组 FC1 由预先规定成在块的中心位置对全部的颜色成分进行插值的滤波系数构成。该滤波系数如图 11E 或图 12E 所示。

[0081] 在同时化处理对象的块数据具有颜色配置模式 P2 的情况下,相加用滤波系数组 FC2 由预先规定成在块的中心位置对全部的颜色成分进行插值的滤波系数构成。该滤波系数如图 11F 或图 12F 所示。

[0082] 在同时化处理对象的块数据具有颜色配置模式 P3 的情况下,相加用滤波系数组 FC3 由预先规定成在块的中心位置对全部的颜色成分进行插值的滤波系数构成。该滤波系数如图 11G 或图 12G 所示。

[0083] 在同时化处理对象的块数据具有颜色配置模式 P4 的情况下,相加用滤波系数组 FC4 由预先规定成在块的中心位置对全部的颜色成分进行插值的滤波系数构成。该滤波系数如图 11H 或图 12H 所示。

[0084] 滤波系数选择部 37 根据来自摄像元件 13 的模式指定数据 MOD 和来自开头颜色判别部 33 的开头颜色判定数据 TC,选择存储在系数存储器 35 中的全部像素用滤波系数组 FCX 和相加用滤波系数组 FC1 ~ FC4 中的一个,输出到同时化处理部 39。具体而言,在模式指定数据 MOD 表示全部像素模式的情况下,滤波系数选择部 37 选择全部像素用滤波系数组 FCX,输出到同时化处理部 39。并且,在模式指定数据 MOD 表示 4 像素相加模式、且开头颜色判定数据 TC 表示 R 的情况下,滤波系数选择部 37 选择相加用滤波系数组 FC1,输出到同时化处理部 39。在模式指定数据 MOD 表示 4 像素相加模式、且开头颜色判定数据 TC 表示 Gr 的情况下,滤波系数选择部 37 选择相加用滤波系数组 FC2,输出到同时化处理部 39。在模式指定数据 MOD 表示 4 像素相加模式、且开头颜色判定数据 TC 表示 Gb 的情况下,滤波系数选择部 37 选择相加用滤波系数组 FC3,输出到同时化处理部 39。在模式指定数据 MOD 表示 4 像素相加模式、且开头颜色判定数据 TC 表示 B 的情况下,滤波系数选择部 37 选择相加用滤波系数组 FC4,输出到同时化处理部 39。

[0085] 同时化处理部 39 在全部像素模式中,针对从分块部 31 输入的块数据,使用从滤波系数选择部 37 输入的全部像素用滤波系数组 FCX,进行上述式 (1-1) ~ (1-4) 所示的插值运算。由此,同时化处理部 39 针对各颜色成分生成块的中心位置的插值数据 Rout、Grout、Gbout、Bout。

[0086] 并且,同时化处理部 39 在 4 像素相加模式中,针对从分块部 31 输入的块数据,使用从滤波系数选择部 37 输入的相加用滤波系数组 FC1 ~ FC4 中的一个,进行插值运算。由此,同时化处理部 39 针对各颜色成分生成块的中心位置的插值数据 Rout、Grout、Gbout、Bout。具体而言,同时化处理部 39 针对图 11A 或图 12A 所示的颜色配置模式 P1 的块数据,使

用图 11E 或图 12E 所示的相加用滤波系数组 FC1, 对各颜色成分进行下述式 (2-1) ~ (2-4) 的插值运算。由此, 同时化处理部 39 生成块中心的插值数据 Rout、Grout、Gbout、Bout。

$$[0087] \quad Rout = (9 * R1 + 15 * R2 + 15 * R3 + 25 * R4) / 64 \cdots (2-1)$$

$$[0088] \quad Grout = (15 * Gr1 + 9 * Gr2 + 25 * Gr3 + 15 * Gr4) / 64 \cdots (2-2)$$

$$[0089] \quad Gbout = (15 * Gb1 + 25 * Gb2 + 9 * Gb3 + 15 * Gb4) / 64 \cdots (2-3)$$

$$[0090] \quad Bout = (25 * B1 + 15 * B2 + 15 * B3 + 9 * B4) / 64 \cdots (2-4)$$

[0091] 并且, 同时化处理部 39 针对图 11B 或图 12B 所示的颜色配置模式 P2 的块数据, 使用图 11F 或图 12F 所示的相加用滤波系数组 FC2, 对各颜色成分进行下述式 (3-1) ~ (3-4) 的插值运算。由此, 同时化处理部 39 生成块中心的插值数据 Rout、Grout、Gbout、Bout。

$$[0092] \quad Rout = (21 * R1 + 3 * R2 + 35 * R3 + 5 * R4) / 64 \cdots (3-1)$$

$$[0093] \quad Grout = (3 * Gr1 + 21 * Gr2 + 5 * Gr3 + 35 * Gr4) / 64 \cdots (3-2)$$

$$[0094] \quad Gbout = (35 * Gb1 + 5 * Gb2 + 21 * Gb3 + 3 * Gb4) / 64 \cdots (3-3)$$

$$[0095] \quad Bout = (5 * B1 + 35 * B2 + 3 * B3 + 21 * B4) / 64 \cdots (3-4)$$

[0096] 并且, 同时化处理部 39 针对图 11C 或图 12C 所示的颜色配置模式 P3 的块数据, 使用图 11G 或图 12G 所示的相加用滤波系数组 FC3, 对各颜色成分进行下述式 (4-1) ~ (4-4) 的插值运算。由此, 同时化处理部 39 生成块中心的插值数据 Rout、Grout、Gbout、Bout。

$$[0097] \quad Rout = (21 * R1 + 35 * R2 + 3 * R3 + 5 * R4) / 64 \cdots (4-1)$$

$$[0098] \quad Grout = (35 * Gr1 + 21 * Gr2 + 5 * Gr3 + 3 * Gr4) / 64 \cdots (4-2)$$

$$[0099] \quad Gbout = (3 * Gb1 + 5 * Gb2 + 21 * Gb3 + 35 * Gb4) / 64 \cdots (4-3)$$

$$[0100] \quad Bout = (5 * B1 + 3 * B2 + 35 * B3 + 21 * B4) / 64 \cdots (4-4)$$

[0101] 并且, 同时化处理部 39 针对图 11D 或图 12D 所示的颜色配置模式 P4 的块数据, 使用图 11H 或图 12H 所示的相加用滤波系数组 FC4, 对各颜色成分进行下述式 (5-1) ~ (5-4) 的插值运算。由此, 生成块中心的插值数据 Rout、Grout、Gbout、Bout。

$$[0102] \quad Rout = (49 * R1 + 7 * R2 + 7 * R3 + 1 * R4) / 64 \cdots (5-1)$$

$$[0103] \quad Grout = (7 * Gr1 + 49 * Gr2 + 1 * Gr3 + 7 * Gr4) / 64 \cdots (5-2)$$

$$[0104] \quad Gbout = (7 * Gb1 + 1 * Gb2 + 49 * Gb3 + 7 * Gb4) / 64 \cdots (5-3)$$

$$[0105] \quad Bout = (1 * B1 + 7 * B2 + 7 * B3 + 49 * B4) / 64 \cdots (5-4)$$

[0106] 同时化处理部 39 生成 Grout 和 Gbout 的平均值作为 G 的输出 Gout。然后, 同时化处理部 39 将针对每个块数据生成的插值数据 Rout、Gout、Bout 写入 DRAM 25 中。由此, 针对 R、G、B 的全部成分, 将全部像素位置的像素值写入 DRAM 25 中。

[0107] 下面, 对图 1 所示的图像处理电路 17 的同时化处理的动作例进行说明。图 13 是用于说明图 1 所示的图像处理电路 17 的同时化处理的动作例的流程图。

[0108] 步骤 S1 :

[0109] 分块部 31 将从 DRAM 25 读出的图像数据 (原色拜尔数据) 分块为 4×4 的块的块数据。然后, 将块数据输出到同时化处理部 39。

[0110] 步骤 S2 :

[0111] 图像处理电路 17 判定从摄像元件 13 输入的模式指定数据 MOD 是否表示全部像素模式。在模式指定数据 MOD 表示全部像素模式的情况下, 处理进入步骤 S3。在模式指定数据 MOD 表示 4 像素相加模式的情况下, 处理进入步骤 S5。

[0112] 步骤 S3 :

[0113] 同时化处理部 39 使用从滤波系数选择部 37 输入的全部像素用滤波系数组 FCX, 对从分块部 31 输入的块数据进行插值运算。由此, 同时化处理部 39 针对各颜色成分生成块的中心位置的插值数据 Rout、Gout、Gbout、Bout。另外, 同时化处理部 39 生成 Gout 和 Gbout 的平均值作为 G 的输出 Gout。

[0114] 步骤 S4 :

[0115] 接着, 同时化处理部 39 将在步骤 S3 中生成的插值数据 Rout、Gout、Bout 作为 4×4 的块的全部像素位置的像素数据写入 DRAM 25 中。由此, 针对 R、G、B 的全部成分, 将全部像素位置的像素值写入 DRAM 25 中。

[0116] 步骤 S5 :

[0117] 开头颜色判别部 33 对从摄像元件 13 输入的 H 触发 (水平同步) 信号 HT 和 V 触发 (垂直同步) 信号 VT 进行计数, 根据该计数结果, 来判别由分块部 31 进行了分块的各块数据的开头颜色成分。然后, 开头颜色判别部 33 将表示判别结果的开头颜色判定数据 TC 输出到滤波系数选择部 37。

[0118] 步骤 S6 :

[0119] 滤波系数选择部 37 根据来自摄像元件 13 的模式指定数据 MOD 和来自开头颜色判别部 33 的开头颜色判定数据 TC, 选择存储在系数存储器 35 中的相加用滤波系数组 FC1 ~ FC4 中的一个, 输出到同时化处理部 39。

[0120] 步骤 S7 :

[0121] 同时化处理部 39 使用由滤波系数选择部 37 选择的相加用滤波系数组, 对从分块部 31 输入的块数据进行插值运算。由此, 同时化处理部 39 针对各颜色成分生成块的中心位置的插值数据 Rout、Gout、Bout。

[0122] 步骤 S8 :

[0123] 接着, 同时化处理部 39 将在步骤 S7 中生成的插值数据 Rout、Gout、Bout 作为 4×4 的块的全部像素位置的像素数据写入 DRAM 25 中。

[0124] 同时化处理部 39 针对全部的块数据进行上述的步骤 S1 ~ 步骤 S8 的处理。

[0125] 下面, 说明图 1 所示的电子照相机 1 的整体动作。

[0126] [摄像时]

[0127] 与由光学系统 11 形成的被摄体的光学像对应的光被摄像元件 13 的各像素受光。

[0128] 摄像元件 13 以所述全部像素模式或 4 像素相加模式进行工作。然后, 摄像元件 13 对各像素中蓄积的电荷进行光电变换, 生成模拟图像信号。然后, 摄像元件 13 将图像信号输出到 ADC 15。接着, ADC 15 将摄像元件 13 生成的模拟图像信号变换为数字信号 (图像数据), 写入 DRAM 25 中。

[0129] 接着, 图像处理电路 17 对从 DRAM 25 读出的图像数据实施使用图 13 说明的同时化处理等处理。然后, 图像处理电路 17 将处理后的结果再次写入 DRAM 25 中。在同时化处理中, 针对从 DRAM 25 读出的图像数据的各颜色成分, 通过插值生成全部像素位置的像素值。

[0130] 接着, JPEG 编码 / 解码器 19 从 DRAM 25 中读出由图像处理电路 17 进行了处理的图像数据并进行编码, 将经编码的图像数据写入例如存储卡 23 中。

[0131] [再现时]

[0132] 从存储卡 23 将再现对象的经编码的图像数据读出到 DRAM 25。

[0133] JPEG 编码/解码器 19 对从 DRAM 25 读出的经编码的图像数据进行解码,输出到视频编码器 21。视频编码器 21 对从 JPEG 编码/解码器 19 输入的图像数据实施再现处理,生成再现图像信号。然后,视频编码器 21 根据再现图像信号,使图像显示在监视器 29 上。

[0134] 如以上说明的那样,在本实施方式中,在通过 4 像素相加模式生成了图像数据的情况下,选择基于同时化处理对象的数据块的颜色配置模式的固有相加用滤波系数组 FC1 ~ FC4,用于同时化处理。由此,即使在来自摄像元件 13 的图像数据中存在每个颜色成分的假设重心位置的偏差时,也能够进行考虑了重心位置偏差的同时化处理。因此,不设置特别的校正电路,就能够在块的中心位置对各颜色成分的插值数据进行插值。

[0135] 本发明不限于上述实施方式。即,在本发明的技术范围或其等同的范围内,本领域技术人员可以对上述实施方式的结构要素进行各种变更、组合、部分组合以及代替。例如,在上述实施方式中,例示了在同时化处理部 39 中对在摄像元件 13 中以 4 像素相加模式生成的图像数据进行处理的情况。除此之外,在摄像元件 13 中,还可以在多个颜色成分之间产生重心偏差的任意的相加模式来生成图像数据。在该情况下,同时化处理部 39 选择性地使用滤波系数组对该图像数据进行插值,由此,在块内的同一插值位置对全部颜色成分进行插值。

[0136] 并且,在上述实施方式中,例示了在块的中心位置进行插值的情况,但是,如果在多个颜色成分之间在同一插值位置进行插值,则可以在块的中心位置以外的位置进行插值。

[0137] 并且,在上述实施方式中,例示了摄像元件 13 在像素相加模式中在水平方向和垂直方向两个方向对同色像素的电荷进行相加的情况,但是,也可以仅在水平方向和垂直方向中的任一个方向上对同色像素的电荷进行相加。

[0138] 并且,在上述实施方式中,例示了摄像元件 13 的像素配置为 4×4 的情况,但是,该像素配置例如也可以为任意的 $N \times M$ (N 、 M 为 3 以上的整数)。

[0139] 进而,构成摄像元件 13 的多个像素不限于正方格子排列,也利用排列成蜂窝(honey-comb)构造。

[0140] 并且,在上述实施方式中,例示了对各像素固定地分配颜色成分的情况,但是,也可以采用在摄像时随机决定对各像素的颜色成分的分配模式的方法。该情况下,根据随机决定的颜色成分的分配模式,对同色像素的电荷进行相加,生成模拟信号,在图像处理电路 17 中,动态地生成与该分配模式对应的滤波系数来进行插值处理。

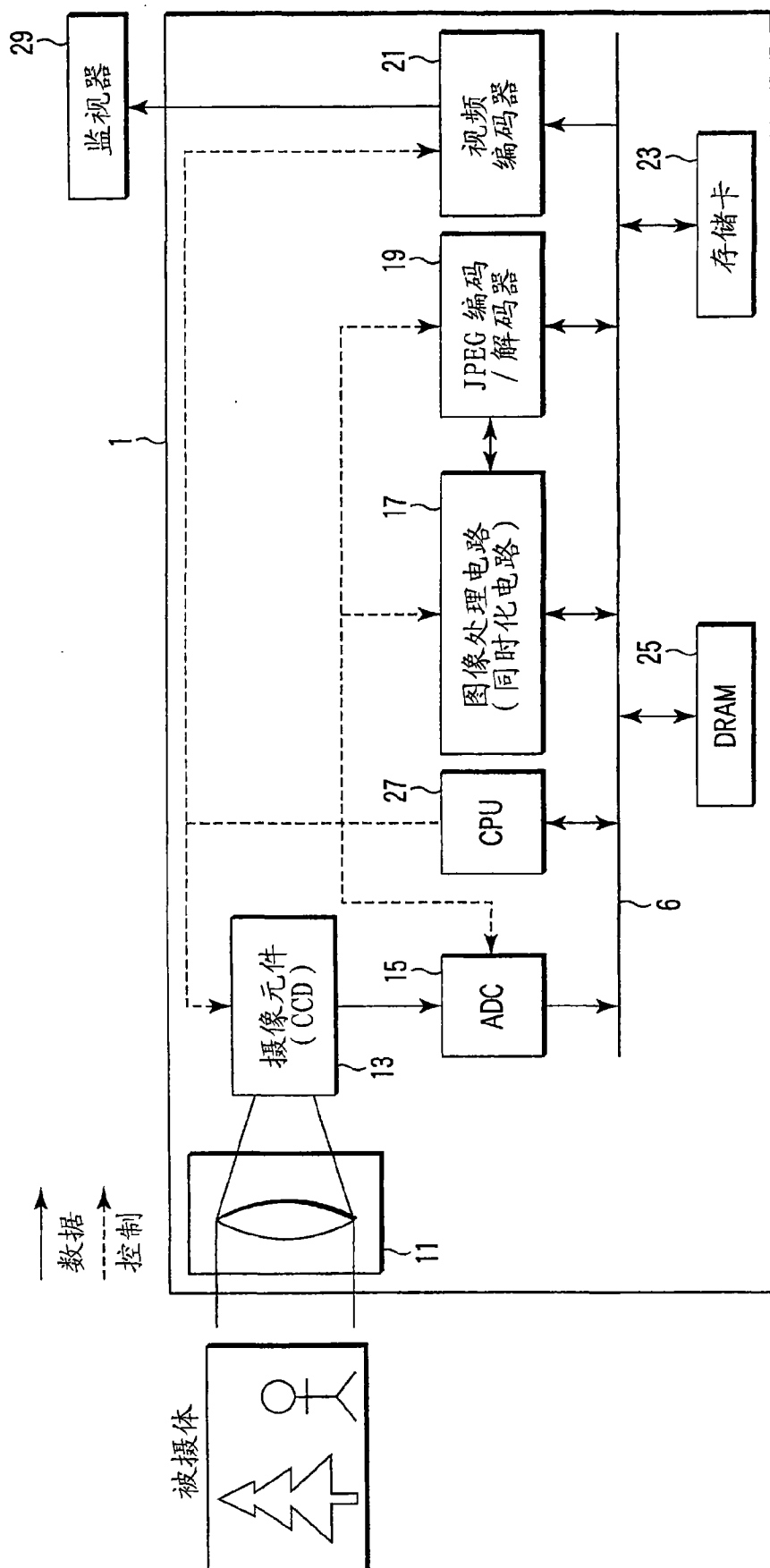


图 1

13

R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B

像素相加前

图 2A

R		R		R		R		R		R		R	
R		R		R		R		R		R		R	
R		R		R		R		R		R		R	
R		R		R		R		R		R		R	
R		R		R		R		R		R		R	
R		R		R		R		R		R		R	
R		R		R		R		R		R		R	

	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr		Gr

	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb
	Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb		Gb

	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B
	B		B		B		B		B		B		B

9 像素相加

图 2B

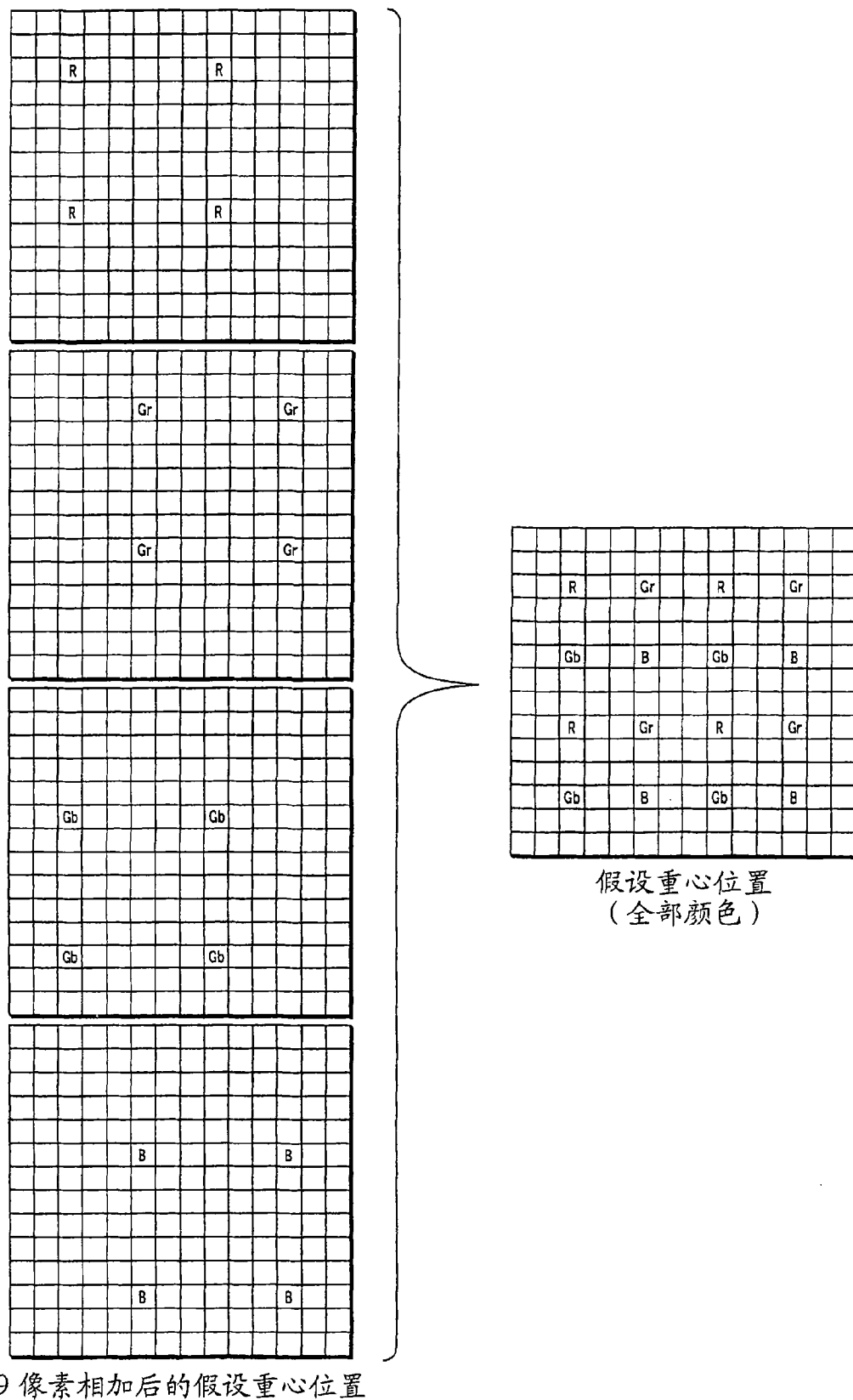


图 3

R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr	R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B	Gb	B	Gb	B

像素相加前

图 4A

R		R		R		R	
R		R		R		R	
R		R		R		R	
R		R		R		R	

	Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr
	Gr		Gr		Gr		Gr

Gb		Gb		Gb		Gb	
Gb		Gb		Gb		Gb	
Gb		Gb		Gb		Gb	
Gb		Gb		Gb		Gb	

	B		B		B		B
	B		B		B		B
	B		B		B		B
	B		B		B		B

4 像素相加

图 4B

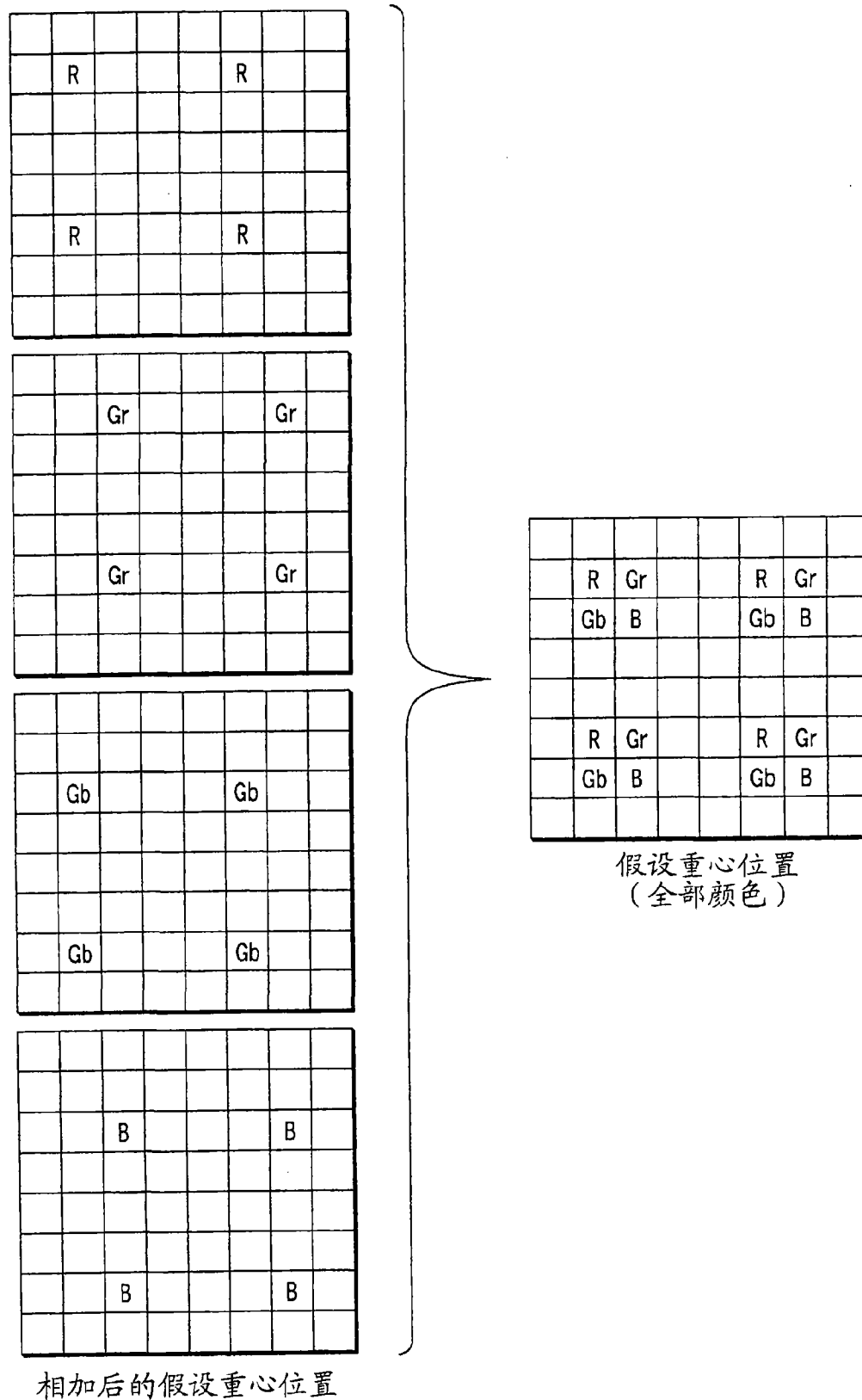


图 5

R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B

拜尔排列

R	R	R	R
R	R	R	R
R	R	R	R
R	R	R	R

G	G	G	G
G	G	G	G
G	G	G	G
G	G	G	G

B	B	B	B
B	B	B	B
B	B	B	B
B	B	B	B

R、G、B 三平面

图 6A

图 6B

R1	Gr1	R2	Gr2
Gb1	B1	Gb2	B2
R3	Gr3	R4	Gr4
Gb3	B3	Gb4	B4

插值后的位置

图 7A

1	3	3	1
3	9	9	3
3	9	9	3
1	3	3	1

滤波系数

图 7B

R

1		3	
3		9	

图 7C1

Gr

	3		1
	9		3

图 7C2

Gb

3		9	
1		3	

图 7C3

B

	9		3
	3		1

图 7C4

通常拜尔排列

R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B
R	Gr	R	Gr
Gb	B	Gb	B

图 8A

4 像素相加拜尔排列

	R	Gr			R	Gr	
	Gb	B			Gb	B	
	R	Gr			R	Gr	
	Gb	B			Gb	B	

图 8C

滤波系数

1	3	3	1
3	9	9	3
3	9	9	3
1	3	3	1

插值后的位置
(全部颜色一致)

图 8B

4 像素相加拜尔排列

	1	3			3	1	
	3	9			9	3	
	3	9			9	3	
	1	3			3	1	

进行 R 插值后的位置
进行 Gr 插值后的位置
进行 B 插值后的位置
进行 Gb 插值后的位置

产生每种颜色
的重心偏差

图 8D

开头颜色: R

	R	Gr			R	Gr			
	Gb	B			Gb	B			
	R	Gr			R	Gr			
	Gb	B			Gb	B			

图 9A1

开头颜色: Gr

			R	Gr				R	
	Gr		Gb	B				Gb	
	Gr		R	Gr				R	
	B		Gb	B				Gb	

图 9A2

开头颜色: Gb

图 9A3

开头颜色: B

图 9A4

进行 Gr 和 Gb
插值后的位置

进行 R 和 B
插值后的位置

图 9B2

进行 Gb 和 B
插值后的位置

进行 R 和 Gr
插值后的位置

图 9B3

进行 B 插值
后的位置

进行 Gr 插值
后的位置

图 9B4

插值后的位置
(全部颜色一致)

图 9B1

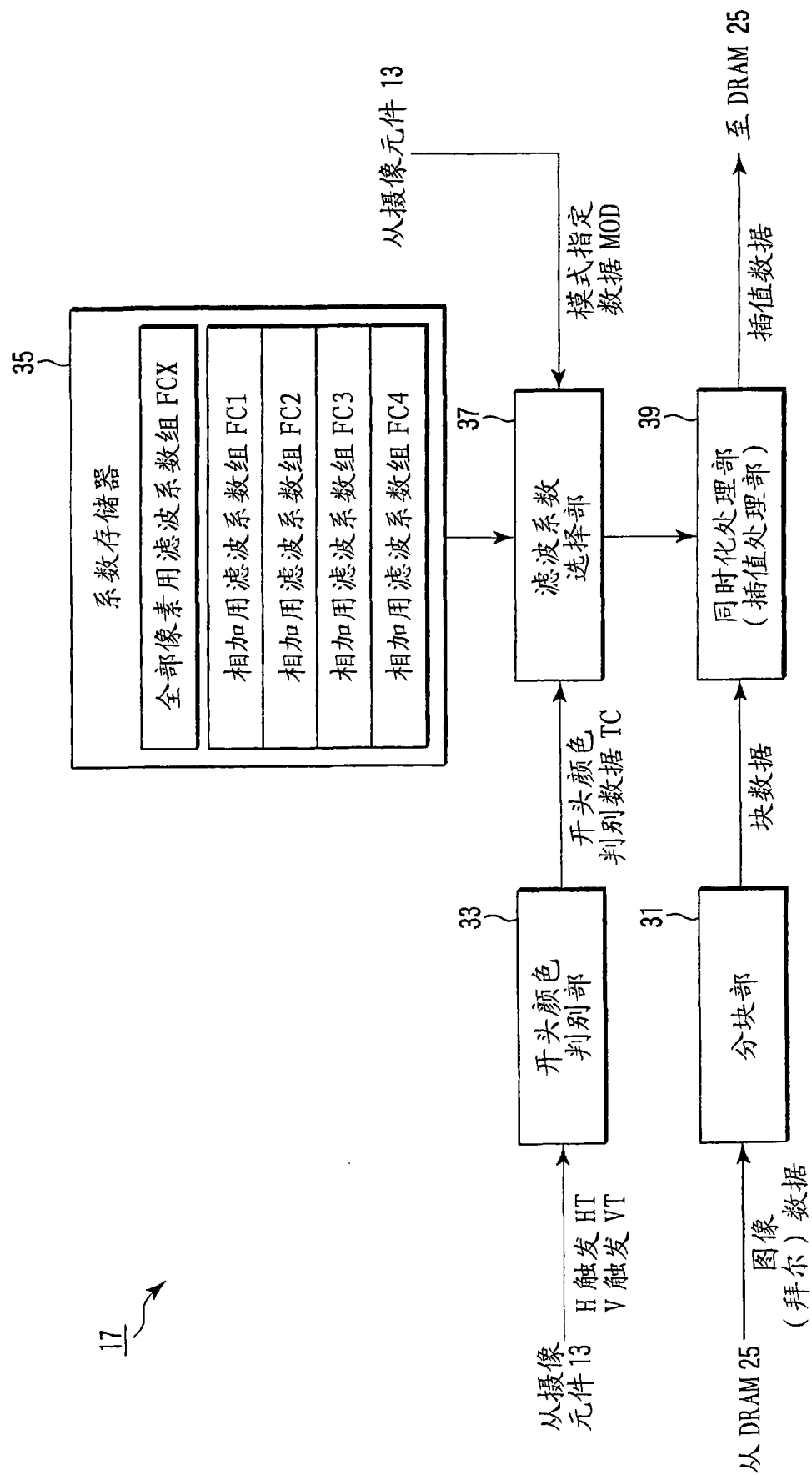


图 10

开头颜色 : R

R1	Gr1	R2	Gr2
Gb1	B1	Gb2	B2
R3	Gr3	R4	Gr4
Gb3	B3	Gb4	B4

图 12A

开头颜色 : Gr

Gr1	R1	Gr2	R2
B1	Gb1	B2	Gb2
Gr3	R3	Gr4	R4
B3	Gb3	B4	Gb4

图 12B

开头颜色 : Gb

Gb1	B1	Gb2	B2
R1	Gr1	R2	Gr2
Gb3	B3	Gb4	B4
R3	Gr3	R4	Gr4

图 12C

开头颜色 : B

B1	Gb1	B2	Gb2
Gr1	R1	Gr2	R2
B3	Gb3	B4	Gb4
Gr3	R3	Gr4	R4

图 12D

9	15	15	9
15	25	25	15
15	25	25	15
9	15	15	9

$$\begin{aligned} R_{out} &= (9 * R1 + 15 * R2 + 15 * R3 + 25 * R4) / 64 \\ G_{out} &= (15 * Gr1 + 9 * Gr2 + 25 * Gr3 + 15 * Gr4) / 64 \\ G_{bout} &= (15 * Gb1 + 25 * Gb2 + 9 * Gb3 + 15 * Gb4) / 64 \\ B_{out} &= (25 * B1 + 15 * B2 + 15 * B3 + 9 * B4) / 64 \end{aligned}$$

图 12E

3	21	21	3
5	35	35	5
5	35	35	5
3	21	21	3

$$\begin{aligned} R_{out} &= (21 * R1 + 3 * R2 + 35 * R3 + 5 * R4) / 64 \\ G_{out} &= (3 * Gr1 + 21 * Gr2 + 5 * Gr3 + 35 * Gr4) / 64 \\ G_{bout} &= (35 * Gb1 + 5 * Gb2 + 21 * Gb3 + 3 * Gb4) / 64 \\ B_{out} &= (5 * B1 + 35 * B2 + 3 * B3 + 21 * B4) / 64 \end{aligned}$$

图 12F

3	5	5	3
21	35	35	21
21	35	35	21
3	5	5	3

$$\begin{aligned} R_{out} &= (21 * R1 + 35 * R2 + 3 * R3 + 5 * R4) / 64 \\ G_{out} &= (35 * Gr1 + 21 * Gr2 + 5 * Gr3 + 3 * Gr4) / 64 \\ G_{bout} &= (3 * Gb1 + 5 * Gb2 + 21 * Gb3 + 35 * Gb4) / 64 \\ B_{out} &= (5 * B1 + 3 * B2 + 35 * B3 + 21 * B4) / 64 \end{aligned}$$

图 12G

1	7	7	1
7	49	49	7
7	49	49	7
1	7	7	1

$$\begin{aligned} R_{out} &= (49 * R1 + 7 * R2 + 7 * R3 + 1 * R4) / 64 \\ G_{out} &= (7 * Gr1 + 49 * Gr2 + 1 * Gr3 + 7 * Gr4) / 64 \\ G_{bout} &= (7 * Gb1 + 1 * Gb2 + 49 * Gb3 + 7 * Gb4) / 64 \\ B_{out} &= (1 * B1 + 7 * B2 + 7 * B3 + 49 * B4) / 64 \end{aligned}$$

图 12H

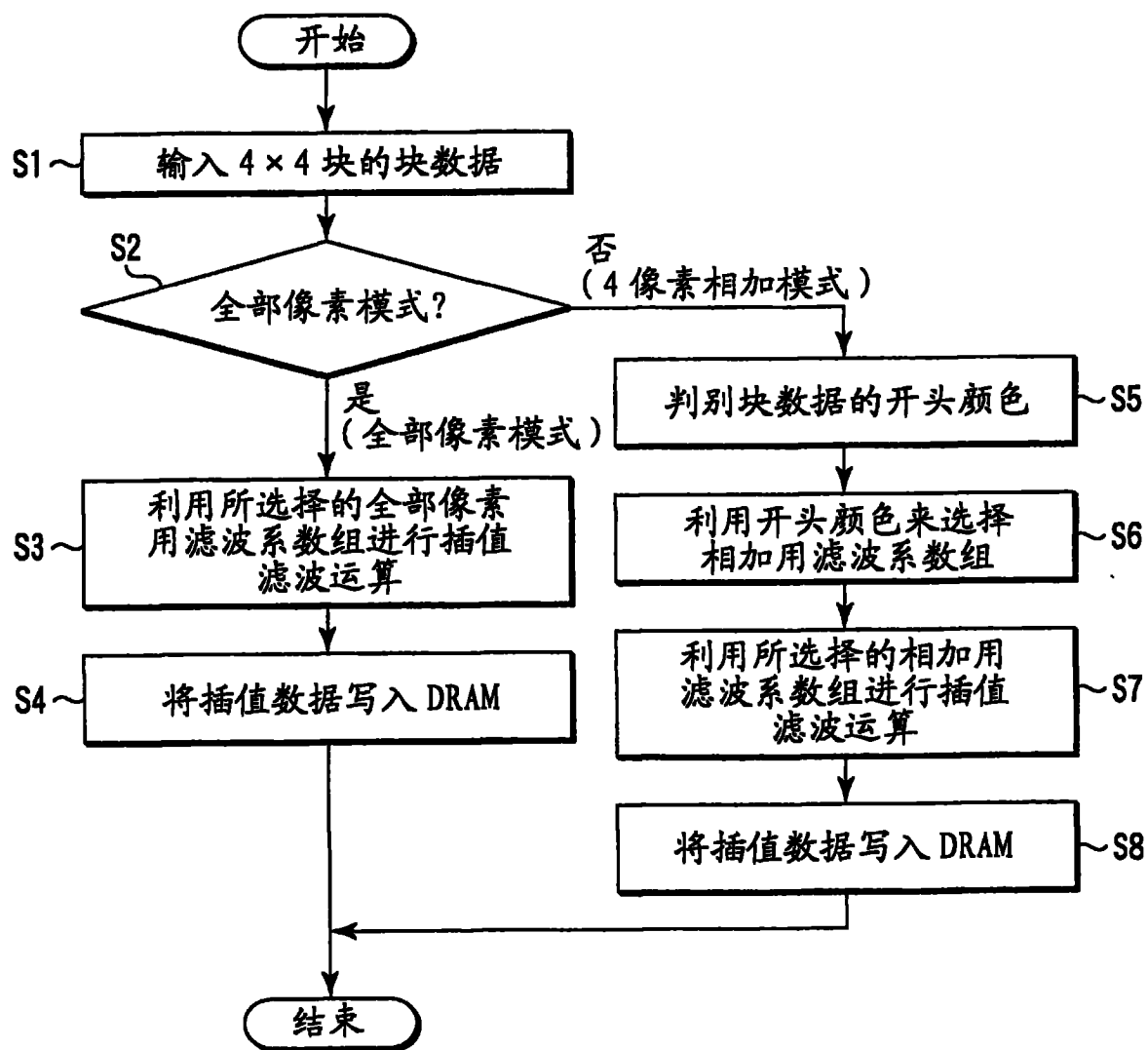


图 13