



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101080023 B

(45) 授权公告日 2010. 12. 08

(21) 申请号 200710129202. 6

(22) 申请日 2007. 04. 16

(30) 优先权数据

111633/06 2006. 04. 14 JP

(73) 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 佐藤正章 齐藤新一郎 张洪伟

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 黄小临

(51) Int. Cl.

H04N 9/04 (2006. 01)

H04N 9/64 (2006. 01)

H04N 5/225 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2002-165226 A, 2002. 06. 07, 全文.

JP 2001-245311 A, 2001. 09. 07, 全文.

US 2004/0109068 A1, 2004. 06. 10, 全文.

US 2001/0024237 A1, 2001. 09. 27, 全文.

US 2005/0280727 A1, 2005. 12. 22, 全文.

CN 1488225 A, 2004. 04. 07, 全文.

审查员 胡雅琴

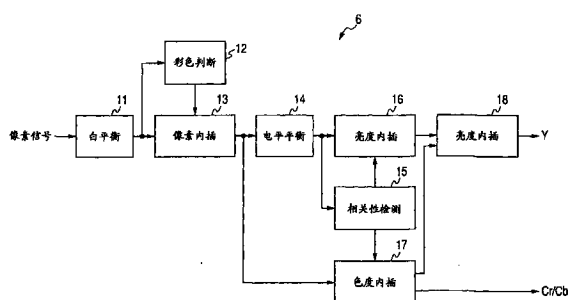
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 19 页

(54) 发明名称

成像装置

(57) 摘要

一种成像装置包括具有多个彩色像素以及高灵敏度像素的图像传感器,所述高灵敏度像素对入射光具有比以棋盘形图案的方式排列的彩色像素更高的灵敏度,相关性检测器,根据高灵敏度像素信号分量以及彩色像素信号分量检测成像对象的相关性,彩色判断部件,根据彩色像素信号分量判断成像对象是否属于彩色,和像素内插器,根据在判断彩色图像是否属于彩色的彩色判断部件里判断的信号在像素内插法之间切换,当彩色判断部件断定对象属于彩色时,基于来自相关性检测器的信息,所述像素内插器将高优先权给予使用示出强相关性的像素的内插。



1. 一种成像装置,包括:

具有多个彩色像素以及高灵敏度像素的图像传感器,所述高灵敏度像素对入射光具有比以棋盘形图案的方式排列的彩色像素更高的灵敏度;

相关性检测器,根据高灵敏度像素信号分量以及彩色像素信号分量检测成像对象的相关性;

彩色判断部件,根据彩色像素信号分量判断该成像对象是否属于彩色;和

像素内插器,将根据在判断该对象是否属于彩色的彩色判断部件里判断的信号在像素内插法之间切换,当彩色判断部件断定对象属于彩色时,基于来自相关性检测器的信息,所述像素内插器将高优先权给予使用示出强相关性的像素的内插。

2. 根据权利要求1的成像装置,其中高灵敏度像素是白色像素或灰色像素。

3. 根据权利要求1的成像装置,还包括色度内插部件,其应用相关性结果来判断该像素内插以便产生色度信号,所述相关性结果从该高灵敏度像素中检测并且从使用亮度信号作为检测信号的相关性检测部件输出。

成像装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本发明包括涉及 2006 年 4 月 14 日在日本专利局申请的日本专利申请 JP2006-111633 的主题,其整个内容一并引用至此。

技术领域

[0003] 本发明涉及在其中处理包括亮度信息的像素的成像装置。

背景技术

[0004] 基于在上部和下部以及左边和右边排列的 G(绿色)像素的相关信息(例如参见 JP-A-2001-218073),在配置为具有 RGB 矩形 Bayer(拜尔)布局的现有技术的图像传感器中可以执行像素内插(interpolation)。在其中处理包括亮度信息的像素并且布局是相对于矩形倾斜 45° 的图像传感器中,由于在其上下以及左右没有排列绿色像素,因此不能执行相关技术的像素内插法。因此,用于具有这种像素布局的图像传感器中的像素内插的相关检测通常由相同颜色的平均像素确定。然而,这种内插法具有在高频率下使空间频率平整并产生错误颜色的缺点。这种相关检测方法的另一个缺点是在亮度信号 Y 和色度信号 Cr/Cb 的信号处理中可能不能正确执行颜色分离。

发明内容

[0005] 将要解决的问题就是在相关检测中在高频率下使空间频率平整并产生错误颜色。另一个将要解决的问题就是在亮度信号 Y 以及色度信号 Cr/Cb 的信号处理中不能正确地执行颜色分离。

[0006] 合乎需要的是防止在彩色对象中产生的错误颜色并与简单平均像素内插相比扩展该频带。

[0007] 根据本发明的一个实施例,提供了一种成像装置,包括具有多个彩色像素以及高灵敏度像素的图像传感器,所述高灵敏度像素对入射光具有比以棋盘形图案的方式排列的彩色像素更高的灵敏度;相关性检测器,根据高灵敏度像素的信号分量以及该彩色像素的信号分量来检测成像对象的相关性;彩色判断部件,根据该彩色像素的信号分量判断成像对象是否属于彩色;以及像素内插器,根据在判断对象是否属于彩色的彩色判断部件里判断的信号在像素内插法之间切换。当彩色判断部件断定该对象属于彩色时,基于来自相关性检测器的信息,所述像素内插器将高优先权给予使用示出强相关性的像素的内插。

[0008] 在上述本发明的实施例中,提供判断图像对象是否属于彩色的彩色判断部件,以及像素内插器,根据在判断对象是否属于彩色的彩色判断部件里判断的信号在像素内插法之间切换,当彩色判断部件断定对象属于彩色时,基于来自相关性检测器的信息,所述像素内插器将高优先权给予使用示出强相关性的像素的内插。彩色判断部件以及像素内插器的提供可以允许彩色像素的内插。

[0009] 根据本发明的上述实施例,基于来自相关性检测器的信息,将高优先权给予使用

示出强相关性的像素的内插的像素内插器的提供可以允许彩色像素的内插,从而提供了与简单平均像素内插相比扩展的频带的优点。此外,这里还提供了与简单平均像素内插相比在彩色对象中抑制错误颜色的另一个优点。

附图说明

- [0010] 附图 1 是示出根据本发明实施例(第一实例)成像装置的方框图;
- [0011] 附图 2 是示出像素内插块详情的实例的方框图;
- [0012] 附图 3 是示出内插器 A 的实例的方框图;
- [0013] 附图 4 是示出内插器 A 如何执行像素内插的实例的布局图;
- [0014] 附图 5 是示出内插器 B 的实例的方框图;
- [0015] 附图 6 是示出当相关性分别在水平方向和垂直方向上较强时,内插器 B 如何执行像素内插的实例的布局图;
- [0016] 附图 7 示出内插 B 的实例的算法;
- [0017] 附图 8 是示出实施本发明的成像装置的实例的方框图;
- [0018] 附图 9 是示出成像装置中传感器的彩色布局的实例的像素布局图;
- [0019] 附图 10 是示出在内插位置的 B 像素和 R 像素阵列之间示例性相关系数的布局图;
- [0020] 附图 11 示出相关性检测的实例的算法;
- [0021] 附图 12 示出相关性系数计算方程式;
- [0022] 附图 13 示出像素内插的实例的算法;
- [0023] 附图 14 是示出内插位置 B 像素和 G 像素阵列之间相关性系数的布局图;
- [0024] 附图 15 示出相关性检测的实例的算法;
- [0025] 附图 16 示出相关性系数计算方程式;
- [0026] 附图 17 示出像素内插的实例的算法;
- [0027] 附图 18 示出电平平衡之后信号布局的实例的布局图;
- [0028] 附图 19 示出低通滤波器的实例的算法;
- [0029] 附图 20 示出以亮度和色度的形式表示的方程式;
- [0030] 附图 21 是示出在 W 像素出现的位置上 R/G/B 像素内插的实例的布局图,并且还示出内插方程式;
- [0031] 附图 22 示出使用 W 像素作为相关性检测信号互补的实例的布局图;
- [0032] 附图 23 是示出在不存在像素的相位上像素互补的实例的布局图;
- [0033] 附图 24 示出其中在水平 / 垂直方向上低通滤波器施加到 W 像素的实例的算法;
- [0034] 附图 25 示出相关性系数计算方程式;以及
- [0035] 附图 26 示出像素内插的实例的算法。

具体实施方式

- [0036] 以下将参考图 1 到 9 描述根据本发明的实施例(第一实例)。
- [0037] 首先,参考图 8 的方框图描述实施本发明的成像装置的实例。举例来说,附图 8 示出了使用图像传感器的整个照相机系统。
- [0038] 如附图 8 所示,成像装置 1 包括聚焦图像的透镜系统 2,具有用于光电转换的像

素的传感器 3,接收该电信号、消除 $1/f$ 噪音并且仅仅提取信号分量的相关双采样 (CDS) 部件 4,将来自传感器的像素信号 (其是模拟信号) 转换为数字信号的模拟 - 数字转换器 (ADC) 5,以及将数字化的传感器信号输出为最后的图像信号的信号处理部件 6。

[0039] 在成像装置 1 中,通过透镜系统 2 聚焦的图像成像到传感器 3 的像素上并且作为电信号输出到 CDS 部件 4。CDS 部件 4 消除 $1/f$ 噪音并且仅仅提取信号分量。然后,ADC 5 将来自传感器的作为模拟信号的像素信号转换为数字信号。数字化的传感器信号然后被输入到信号处理部件 6 并且处理为最终的图像信号。

[0040] 接下来,将参考附图 9 描述成像装置 1 中传感器 3 彩色布局的实例。

[0041] 如附图 9 所示,在传感器 3 中的彩色布局中,相对于现有技术的 RGB 矩形 Bayer 像素布局,用于获得亮度信息的像素 (在本实例中,具有比彩色像素更高的入射光灵敏度的高灵敏度像素) 排列在具有偏移半个周期的空间相位的相位位置上。高灵敏度像素例如由白色像素或灰色像素形成。以下将参考排列了白色 (W) 像素的示例来作出描述。

[0042] 现在将描述本发明主要特点。附图 1 是示出信号处理部件 6 的细节的方框图。附图 2 是示出附图 1 所示的照相机系统信号处理器中的像素内插部件 13 内部组件的方框图。

[0043] 如附图 1 所示,来自传感器已经通过模拟 - 数字转换器 (ADC) 转化为数字信号的像素信号输入到白平衡 (WB) 部件 11,其中从传感器输出的该像素相对于作为彩色像素的 G (绿色) 像素或作为高灵敏度像素的 W 像素被校正 (normalized, 标准化)。在这个实例中,尽管举例来说输出的像素根据 W 像素校正,但是输出的像素还可以根据灰色像素校正。以下将参考 W 像素作出描述。

[0044] 校正信号输入到互相独立的彩色判断部件 12 和像素内插部件 13。彩色判断部件 12 判断所关心的像素以及周围像素是否是彩色像素并且将结果发送给像素内插部件 13。

[0045] 通过内插两个缺乏的颜色,像素内插部件 13 在出现 R/G/B 像素中的一个的相位上的执行内插。例如,B/R 像素用于其中出现 G 像素位置上的内插。像素内插部件 13 使用彩色判断部件 12 的判断结果动态地变化内插处理。当所关心的像素不是彩色像素时,当产生用于内插的像素时来自所关心的像素的像素信号必定用于改善分辨率,而当所关心的像素是彩色像素时,来自具有如将用于内插的像素的相同颜色的周围像素的信号被内插。像素内插之后处理被分成两条线,即产生亮度和产生色度。首先描述产生亮度的处理线。

[0046] 在像素内插部件 13 中产生的 R/G/B 像素信号经历转换过程,诸如作为典型实例 NTSC 亮度转换方程式,以便产生 Y 信号。由于产生的 Y 信号和 W 像素就信号电平而言互相不匹配,因此在电平平衡部件 14 中执行电平匹配。电平平衡部件 14 产生 (高频) 亮度信号,在其中的 W 信号的电平和 Y 信号的电平相同。

[0047] 然而,由于具有亮度信号的像素和不具有亮度信号的像素是在空间排列而且交替地出现 (就空间相位而言是 $1/2$), 因此其中不存在像素的相位通过像素补充。这种互补是在亮度内插部件 16 中执行。这种互补处理的判断在相关检测部件 15 中执行。相关检测部件 15 通过使用亮度信号作为检测信号执行这种处理。检测结果既可以在亮度产生也可以在色度产生中使用。

[0048] 在色度内插部件 17 中,R/G/B 像素首先用于在出现 W 像素的相位上的内插。这种内插例如通过计算周围 W 像素和 R/G/B 像素的比率来计算。此外,为执行在空间上不存在 R/G/B 像素的相位上的像素互补,相关检测部件 15 的检测结果 (其已经在亮度产生中描述)

反映像素互补。

[0049] 亮度内插部件 18 是将高频亮度信号和在色度产生处理中计算的 R/G/B 信号结合起来产生低频 Y 亮度信号。这种处理抑制了在低频区亮度再生中的退化。

[0050] 因此产生 Y/Cr/Cb 信号并且结束像素内插。

[0051] 举例来说,如附图 2 所示的像素内插部件 13 的元件包括识别内插相位处像素的彩色滤波器的彩色识别部件 21 和将信号引导给适当的内插处理中的一个(例如内插器 A 23 或内插器 B 24)的多路复用器(MPX)22。

[0052] 接下来,参考附图 3、4A 和 4B 描述在内插相位处像素彩色滤波器是 R(红)或 B(蓝色)的情况下执行的内插处理(例如内插器 A 23)。附图 3 是内插器 A 23 的方框图,而附图 4 是示出内插器 A 23 如何执行像素内插的概念图。

[0053] 如附图 4 所示,在将被内插的相位的像素是 B 像素,而用于内插的像素是 R 和 G 像素。由于用于内插的 R 像素位于相对于 B 像素的四个对角线方向(参见附图 4 中的(1)),附图 3 所示的相关性检测器 25 用于执行这种对角线方向中的相关检测,而像素内插器 26 用于根据从相关性检测器 25 输出的相关强度改变四个方向中的 R 像素的混合比率,以便执行 R 像素的内插。G 像素可以同样处理。从四个上/下和左/右方向(参见附图 4 中的(2)),附图 3 所示的相关性检测器 27 用于执行水平方向和垂直方向的相关检测,像素内插器 28 通过使用四个方向中 G 像素混合比率根据来自相关性检测器 27 输出的相关检测结果执行 G 像素的内插。

[0054] 当在内插相位的像素是 R 时,除了 B 替换为 R 而 R 替换为 B 之外可以适用于同样的处理。也就是说,在内插相位的像素是 R 像素,而用于内插的像素是 B 和 G 像素。由于可以用于内插的 B 像素位于相对于 R 像素的四个对角线方向,在对角线方向执行相关检测并且根据相关强度改变四个方向中的 B 像素混合比率以便执行 B 像素的内插。G 像素可以同样处理。通过使用四个方向中的 G 像素的混合比率,G 像素的内插根据由四个上/下和左/右方向的相关检测结果执行。

[0055] 接下来,参考附图 5、6A 和 6B 描述在内插相位的像素的彩色滤波器是 G 的情况下执行的处理(内插器 B 24)。附图 5 是内插器 B 24 的方框图。(1)在附图 6 是示出当相关性在水平方向较强的时候内插器 B 24 如何执行像素内插的概念图,而附图 6 中的(2)是示出当相关性在垂直方向上较强的时候内插器 B 24 如何执行像素内插的概念图。在其中排列用于内插的 R 和 B 像素的方向根据该 G 像素的相位改变。

[0056] 如附图 6 所示,尽管分别地六个 R 像素存在于水平方向而六个 B 像素存在于垂直方向,然而这种关系将会取决于该 G 像素的相位而倒置。如附图 5 所示,G 和 W 像素被输入到相关性检测器 29 作为相关检测信号以便确定上/下和左/右方向中的相关性强度。

[0057] 当相关性检测器 29 的结果示出左/右方向强相关的时候,如附图 6(1)所示,R 像素的内插由在内插位置 G 像素上下的水平方向中的六个 R 像素计算,以及通过使用内插位置 G 像素的左右侧的两个 B 像素执行 B 像素内插。上述内插在附图 5 所示的像素内插器 30 中执行。

[0058] 当相关性检测器 29 的结果示出在垂直方向上的强相关时,可以执行同样的处理。也就是说,如附图 6(2)所示,B 像素的内插由内插位置 G 像素左右侧六个垂直地排列的 B 像素计算,通过使用内插位置 G 像素的上下两个 R 像素执行 R 像素的内插。上述内插在附图

5 所示的像素内插器 30 中执行。

[0059] 附图 5 所示的实际的处理通过使用附图 7 所示的滤波器的计算来执行。相关性结果用于将系数 v_k 和 h_k 设置为 1 或 0, 然后执行上述处理。

[0060] 如上所述的处理允许具有相同颜色的像素的精确内插。

[0061] 现在将会参考附图 10-17 描述相关性检测的实例。

[0062] 附图 10 示出在内插位置的 B 像素和 R 像素阵列之间的相关系数。附图 11 示出相关检测算法。

[0063] 如附图 10 所示, 四个 R 像素排列在相对于 B 像素 45° 的对角线方向。为了方便起见假设 R0 是右上方 R 像素而让 R1 到 R3 是顺时针方向的其它像素。假设 RTGain、RBGain、LBGain 和 LTGain 是相关性增益, 其分别对应于 R0 到 R3。

[0064] 如附图 11 所示, 在这个实例中, 低通滤波器应用在相对于内插位置的 B 像素中心的对角线方向。在这种情况下, 低通滤波器 (LPF) 施加于像素 (W_{wb})。然后对该 W 像素结果施加高通滤波器 (HPF) 以便计算差值 RT、LB、LT 和 RB。该相关性越强, 该差值越小。

[0065] 附图 12 示出相关性系数计算方程式。上述差值 RT、LB、LT 和 RB 代入相关性系数计算方程式以确定相关系数。这些计算方程式用于将四个方向中的混合比率设置为 1 并且调整在显示强相关的方向的系数为较大的值。

[0066] 最后执行像素内插。像素内插根据附图 13 所示的算法执行。在附图 10 所示的实例中, 算法定义如下:

[0067] 用于 B 像素位置上内插的 R 像素 = $R0 \cdot RTGain + R1 \cdot RBGain + R2 \cdot LBGain + R3 \cdot LTGain$

[0068] 接下来, 附图 14 示出在所述内插位置的 B 像素和 G 像素之间的相关系数。

[0069] 如附图 14 所示, G 像素位于相对于 B 像素的上 / 下和左 / 右方向。G 像素的相关性检测在实施附图 15 所示的相关检测算法的电路中执行。

[0070] 为确定该 G 像素的相关性, 邻近于 B 像素的 W 像素也用于增加检测精确度, 这是因为该 G 像素每四个周期出现。应用如上所述相同方法, 即施加低通滤波器 (LPF), 继之以高通滤波器 (HPF), 以确定差值。除了以上所述, 用于 W 像素计算结果和用于 G 像素计算结果用于权重处理以便抑制对象的彩色效果。生成的差值 SR、SL、ST 和 SB 代入附图 16 所示的相关系数计算方程式以确定相关系数。

[0071] 最后执行像素内插。所述像素内插例如根据附图 17 所示的算法执行以便确定用于 B 像素位置上的内插的 G 像素。

[0072] 参考附图 18 到 26 描述本发明另一实施例 (第二实例) 的成像装置。首先, 参考附图 1 描述的信号处理器的详图中的电平平衡部件 14 用于产生 (高频) 亮度信号, 其中 W 信号的电平和 Y 信号相同。附图 18 示出电平平衡处理之后的信号布局。

[0073] 在附图 18 中, W 表示 W 像素 (由普通的矩形表示的像素), 而 Y 表示由通过内插确定的 R/G/B 像素的信号的数量计算的亮度 (通过阴影线矩形表示的像素)。虚线表示不存在像素的相位。这些相位的信息通过稍后描述的处理互补。

[0074] 由于原始的 W 和 Y 信号的电平彼此不同, 施加例如附图 19 所示的低通滤波器 (LPF)。然后, 如附图 20 所示的以亮度和色度形式表示的方程式所示, Y 乘以 Wave/Yave 比率, 其中 Wave 是 W_s 的平均值而 Yave 是 Y_s 的平均值, 以便相对于 W 的电平校正 Y。由于这种处理改变了亮度, 因此同样校正 R/G/B 以便使得色度电平互相匹配。也就是说 R 乘以 Wave/

Rave 比率,其中 Wave 是 Ws 的平均值而 Rave 是 Rs 的平均值,以便相对于 W 电平校正 R。G 和 B 可以按类似方式校正,除了 R 分别替换为 G 和 B。

[0075] 然后,在存在 W 像素的位置上执行 R/G/B 像素的内插。如附图 21 所示,由于 W 像素存在于存在像素的所有相位,因此 W 像素用于内插 R/G/B 像素。附图 21 示出用于 R 像素的内插方程式。用于 B 和 G 像素的计算可以通过类似用于 R 像素的计算来执行。

[0076] 最后在不存在像素的相位上执行像素互补。如附图 22 所示,根据上下以及左右四个像素的相关性强度使用 W 像素作为相关检测信号来动态地执行该互补处理。

[0077] 在如上所述的处理中,生成亮度信号和色度信号。

[0078] 接下来,参考附图 23 到 26 描述相关性检测的实例。附图 23 示出在不存在像素的相位上的像素互补。

[0079] 如附图 23 所示,该阴影线像素是通过从通过内插确定的 R/G/B 像素生成 Y 并且进一步将 Y 校正为 W 像素而获得的那些像素,而通过普通的矩形表示的像素表示 W 像素本身。在这种示出的状态中,为了执行位于不存在像素的附图中心的相位上的像素互补,执行以下处理。

[0080] 如附图 24 所示,在这个实例中,低通滤波器 (LPF) 施加到水平 / 垂直方向中的 W 像素。然后,施加高通滤波器 (HPF) 以便计算差值 SR、SL、ST 和 SB。

[0081] 附图 25 示出相关性系数计算方程式。以上所述差值 SR、SL、ST 和 SB 代入相关性系数计算方程式以分别确定相关系数 RGain、LGain、TGain 和 BGain。

[0082] 最后执行像素内插。在像素内插中,根据附图 26 所示的算法在不存在像素的相位上执行像素互补。这种互补不仅应用到 W 像素而且应用到 R、G 和 B 像素。

[0083] 如上所述,根据本发明的实施例,提供彩色判断部件 12 判断成像对象是否属于彩色,以及像素内插器 26、28、30 等等,其根据判断本题是否属于彩色的彩色判断部件 12 中判断的信号在像素内插法之间切换,当彩色判断部件 12 判断对象属于彩色时,对于使用示出基于来自相关性检测器 25、27、29 等等的信息的强相关的像素的内插,像素内插器 26、28、30 等等给予高优先级。提供彩色判断部件以及像素内插器允许彩色像素的内插和由此与简单平均像素内插相比扩展的频带。此外,与简单平均像素内插相比彩色对象中的错误颜色被抑制。

[0084] 尽管以上所述是在“白色像素”用作高灵敏度像素的实例的情况下作出,但是严格地说高灵敏度像素不局限于(理想的)白色或透明像素,还可以是其它像素,只要它们的灵敏度高于用于获得彩色再生的彩色分量的传统的原色像素或补色像素。例如,高灵敏度像素可以是拥有灰色滤波器的像素,其通过将少量遮光的分量与理想的白色或透明状态混合而获得,或可以是拥有滤波器的像素,其通过将少量的染色分量与理想的白色或透明状态混合而获得。然而,从执行信号处理的观点来看,其中发射光的彩色分量是很好平衡的滤波器(诸如灰色滤波器)与其中特定染色分量以不均衡的方式混合的滤波器相比是优选的。

[0085] 本领域的技术人员应该理解的是,在附加权利要求或其中等效的范围内取决于设计要求及其它因素不同的修改、组合、子组合和变更可以发生。

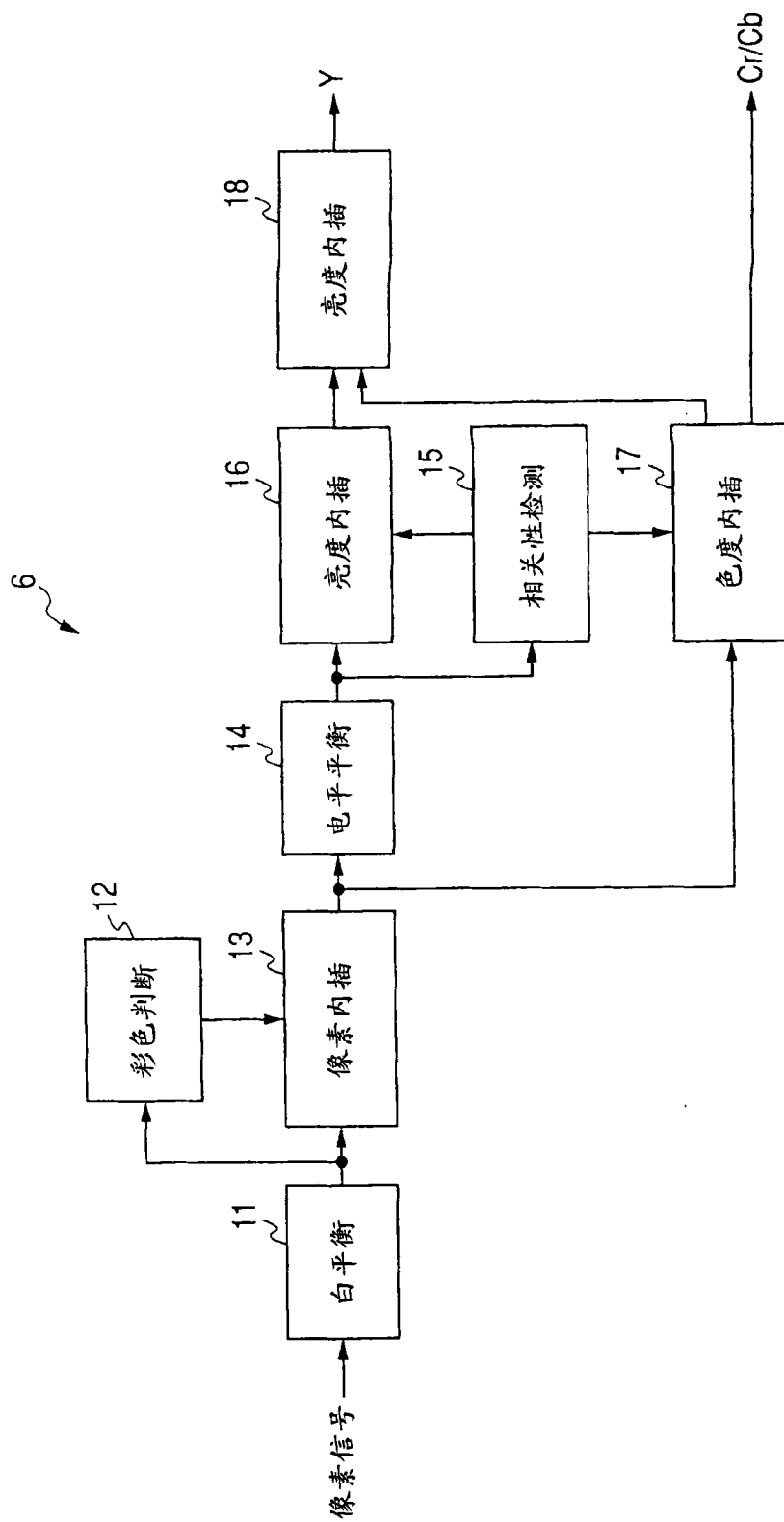


图 1

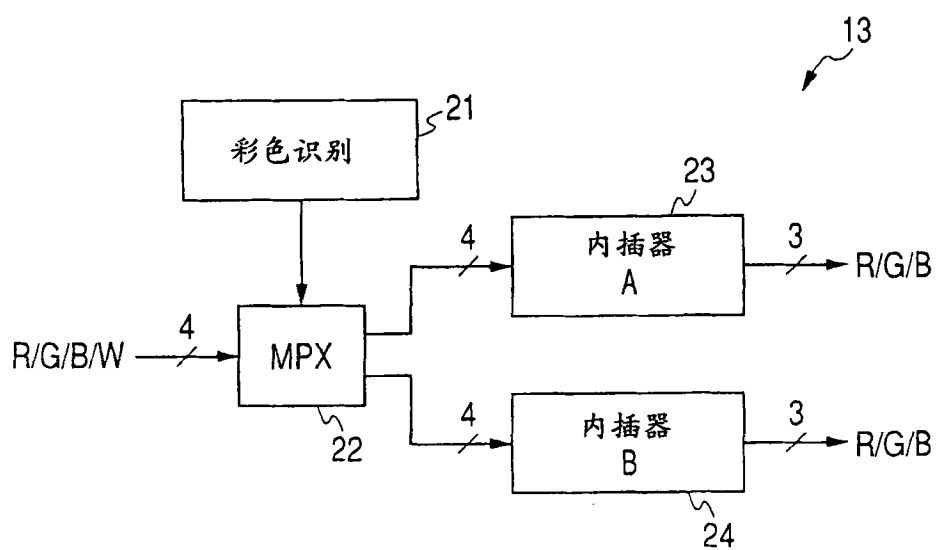


图 2

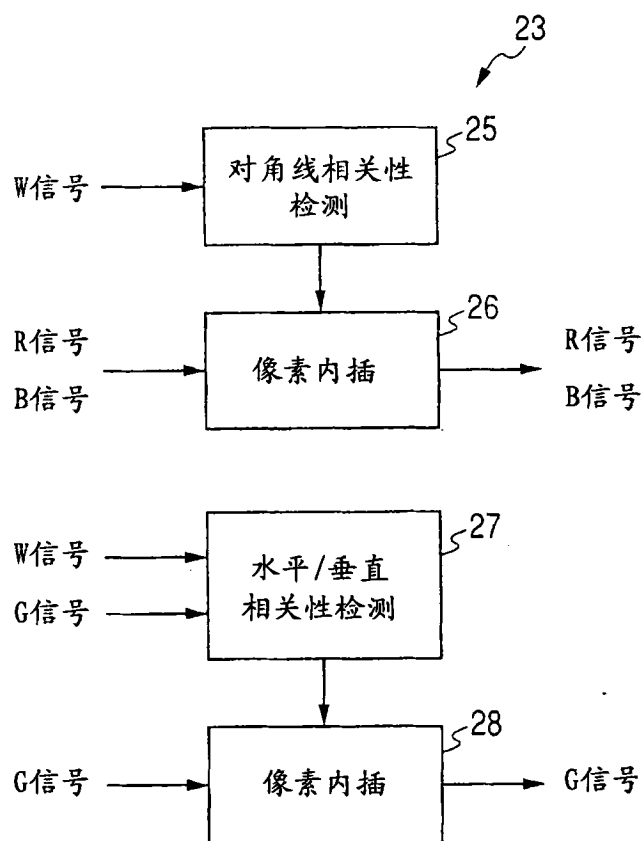


图 3

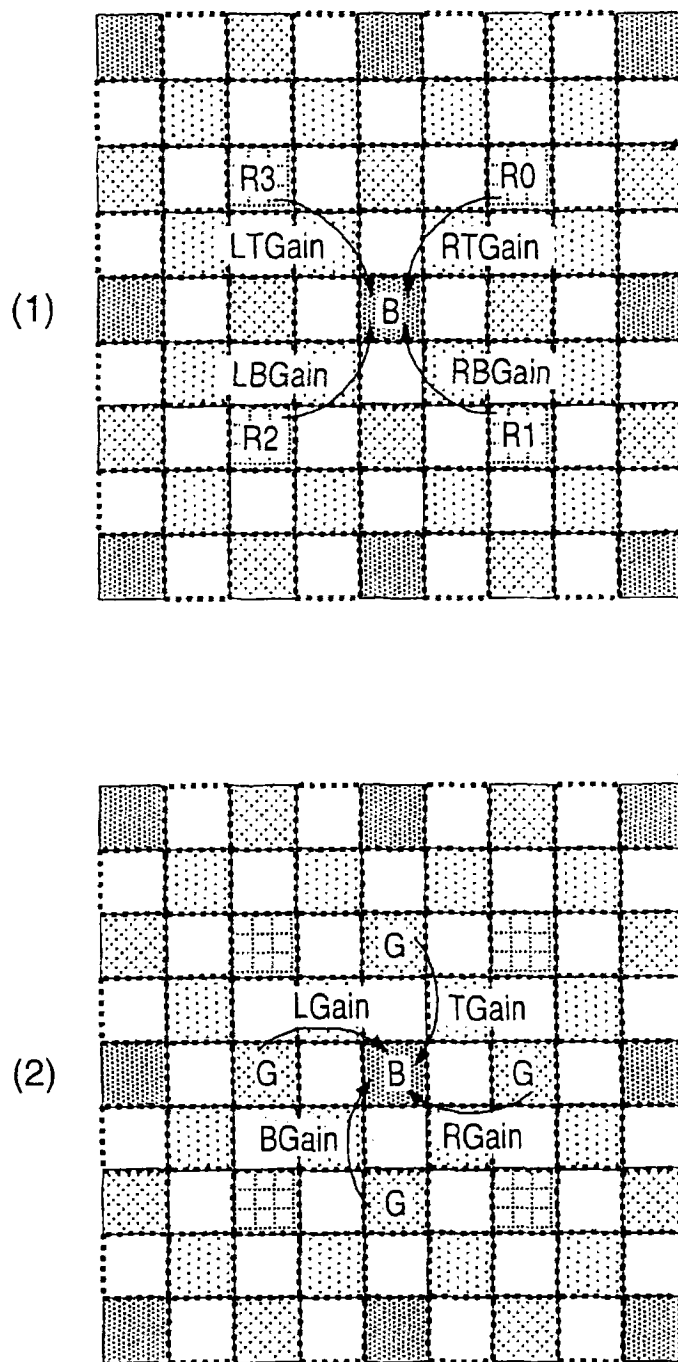


图 4

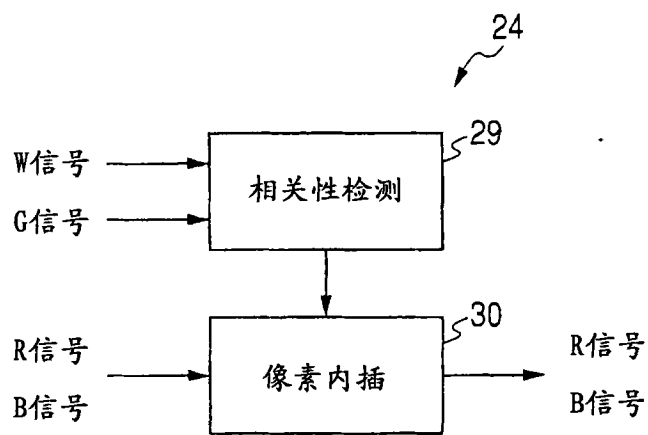


图 5

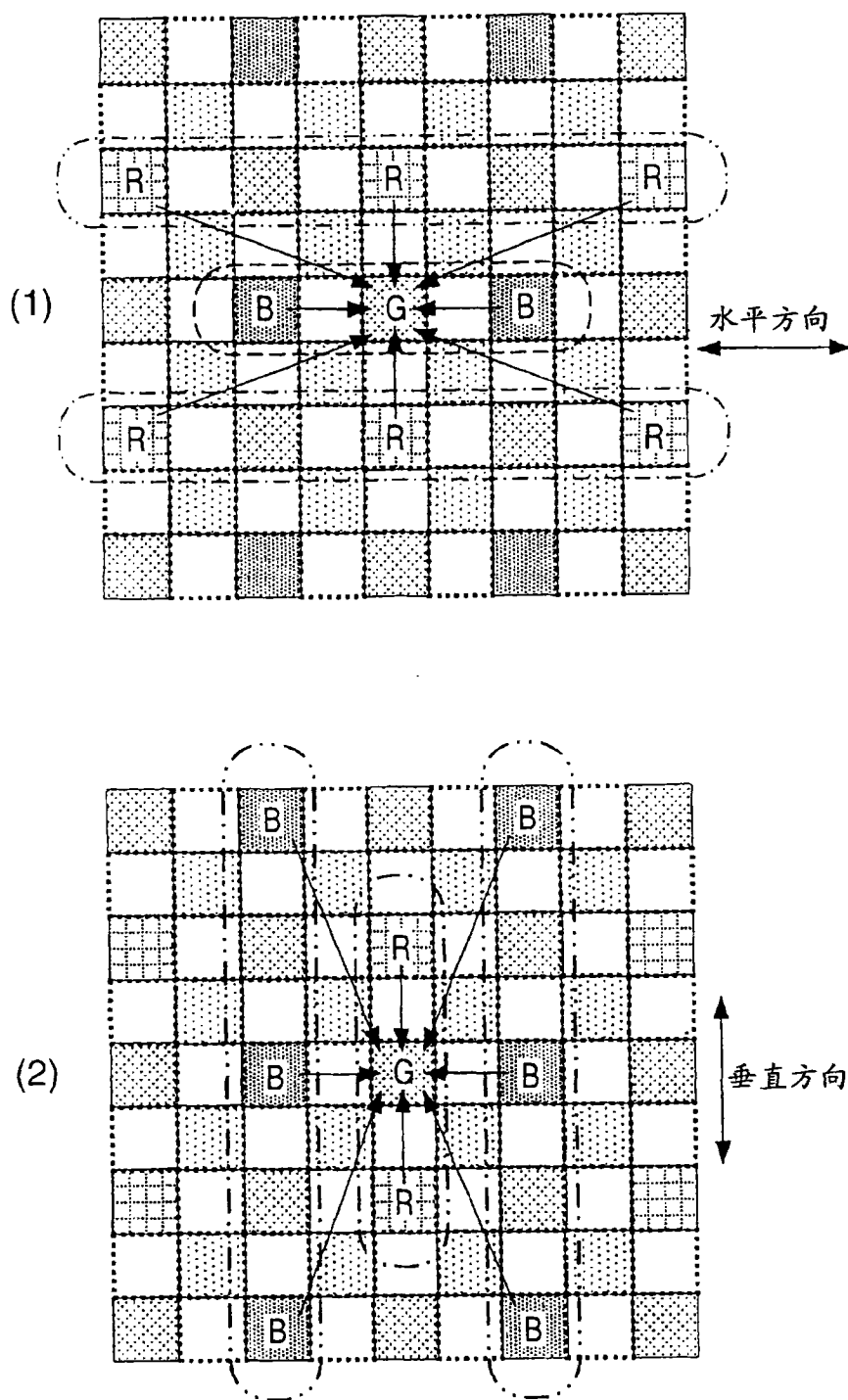


图 6

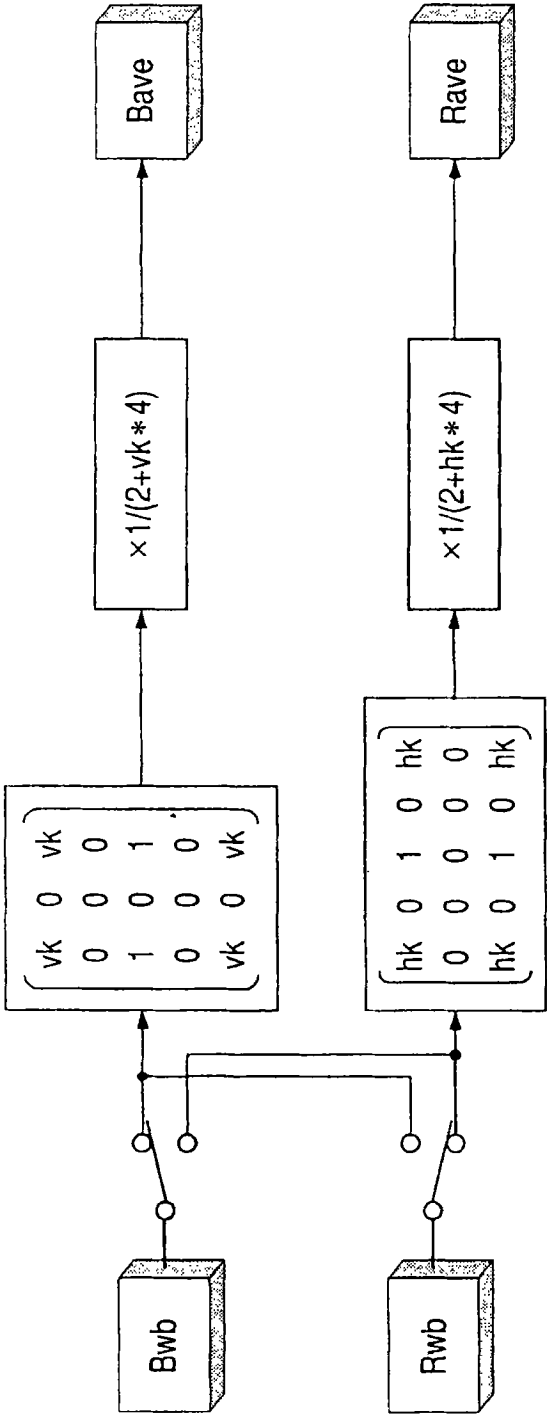


图 7

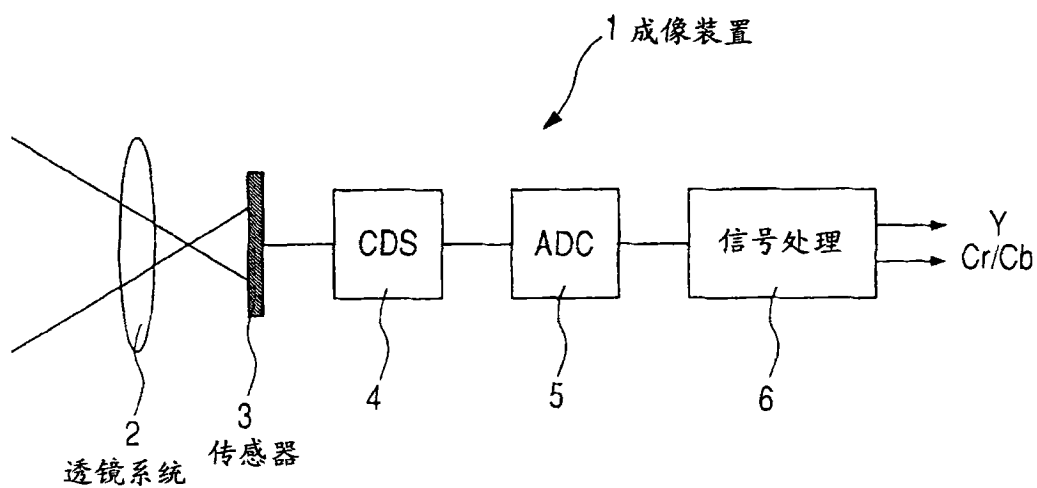


图 8

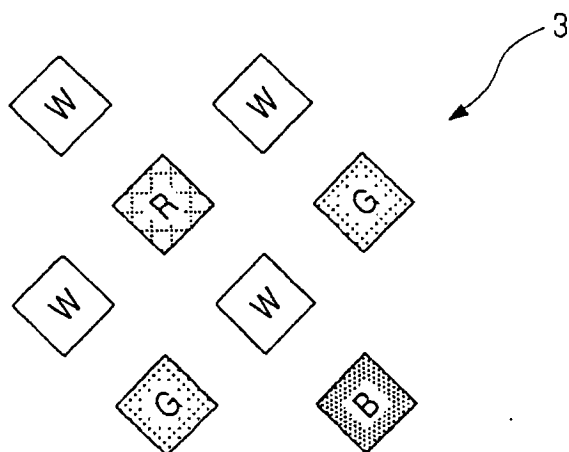


图 9

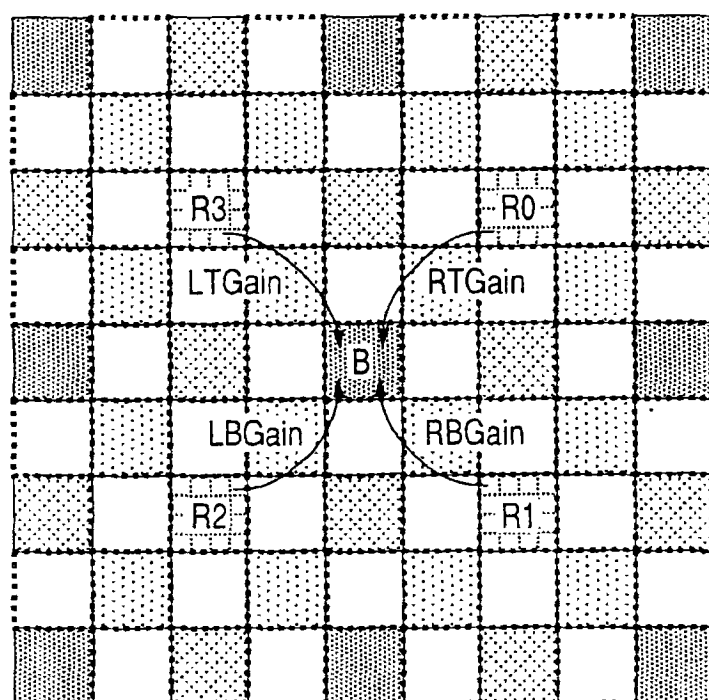


图 10

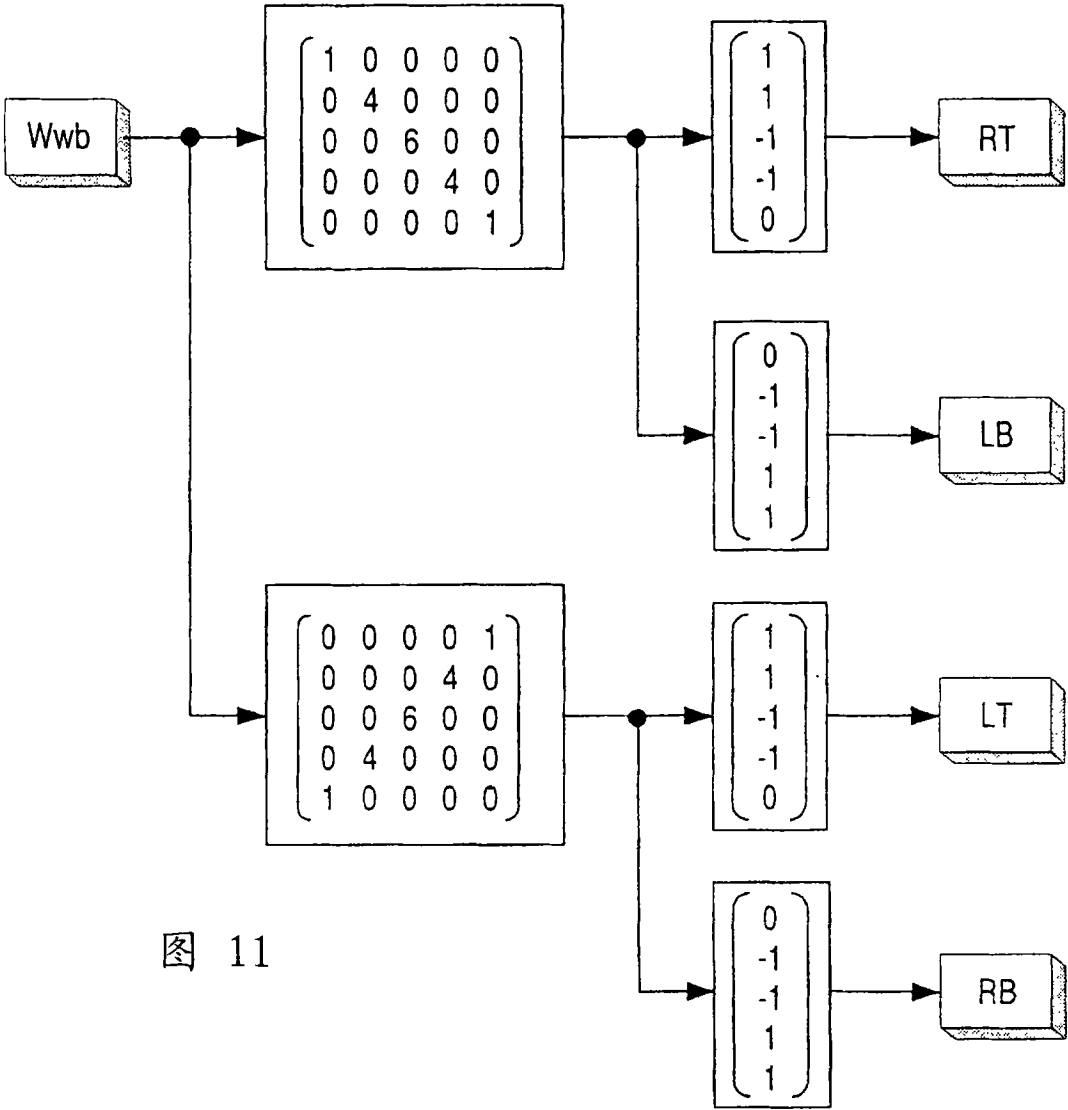


图 11

$$\begin{aligned}
 \text{revRT} &= 1/\text{RT} \\
 \text{revLB} &= 1/\text{LB} \\
 \text{revLT} &= 1/\text{LT} \\
 \text{revRB} &= 1/\text{RB} \\
 \text{revSUM} &= \text{revRT} + \text{revRB} + \text{revLT} + \text{revLB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{RTGain} &= \text{revRT}/\text{revSUM} \\
 \text{LBGain} &= \text{revLB}/\text{revSUM} \\
 \text{LTGain} &= \text{revLT}/\text{revSUM} \\
 \text{RBGain} &= \text{revRB}/\text{revSUM}
 \end{aligned}$$

图 12

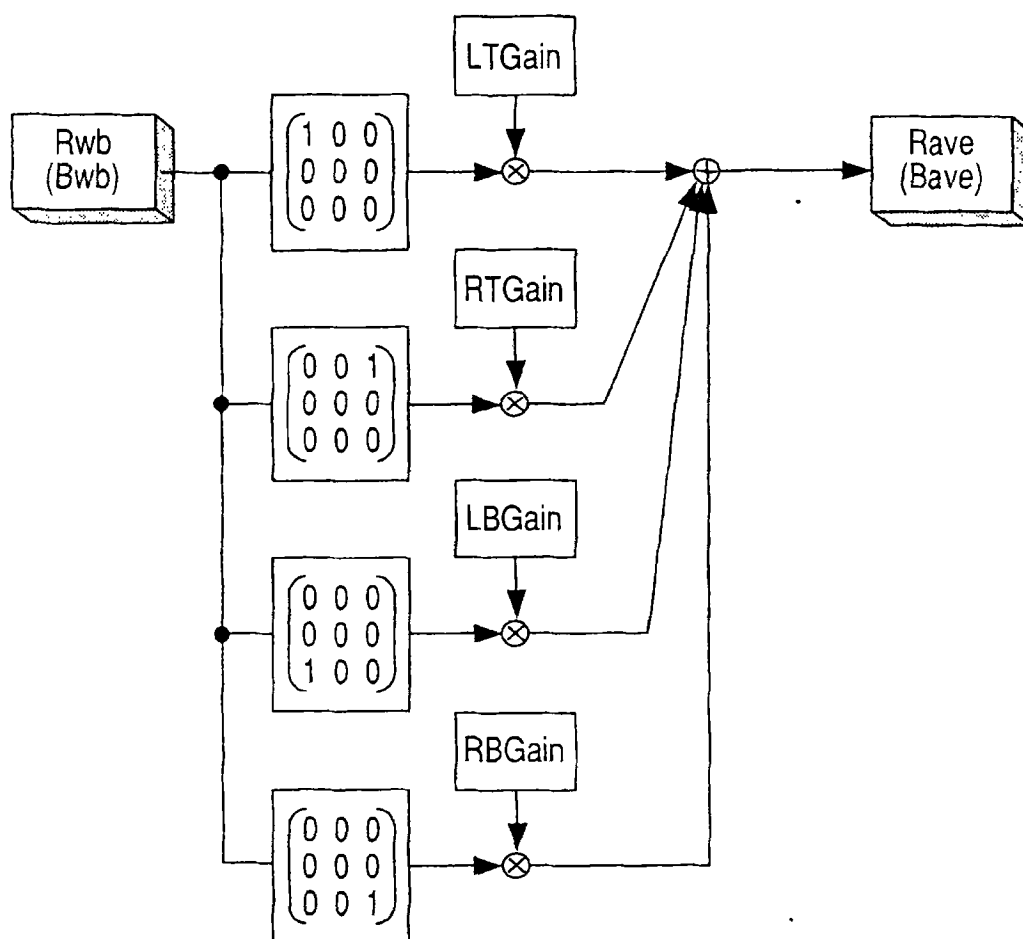


图 13

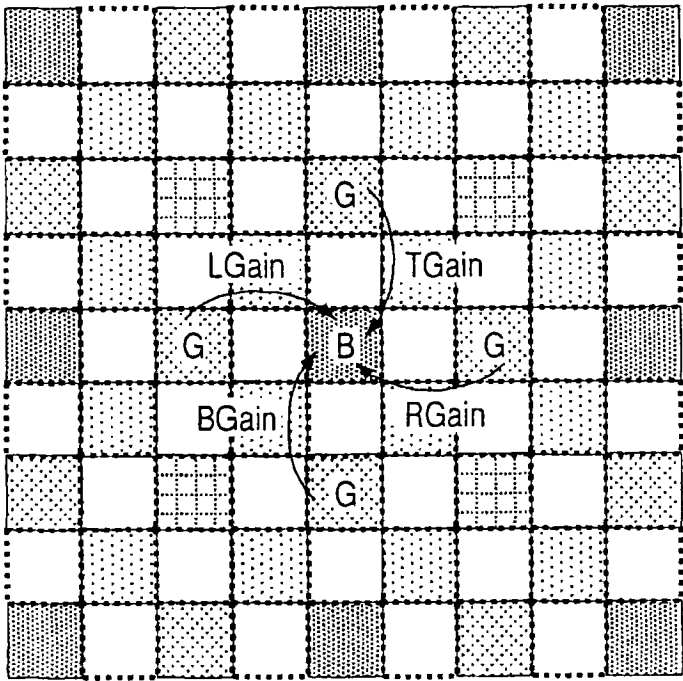


图 14

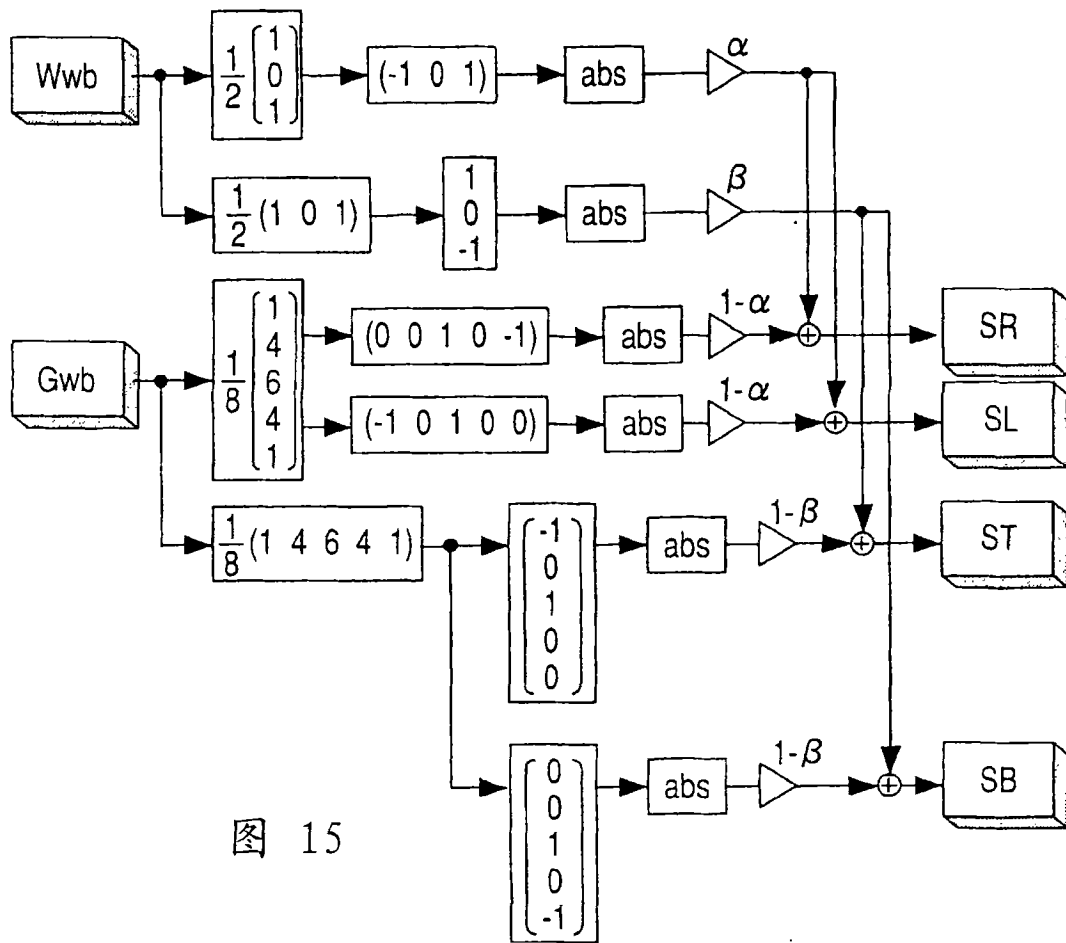


图 15

$$\begin{cases}
 \text{revSR} = 1/\text{SR} \\
 \text{revSL} = 1/\text{SL} \\
 \text{revST} = 1/\text{ST} \\
 \text{revSB} = 1/\text{SB} \\
 \text{revSUM} = \text{revSR} + \text{revSL} + \text{revST} + \text{revSB} \\
 \\
 \text{RGain} = \text{revSR}/\text{revSUM} \\
 \text{LGain} = \text{revSL}/\text{revSUM} \\
 \text{TGain} = \text{revST}/\text{revSUM} \\
 \text{BGain} = \text{revSB}/\text{revSUM}
 \end{cases}$$

图 16

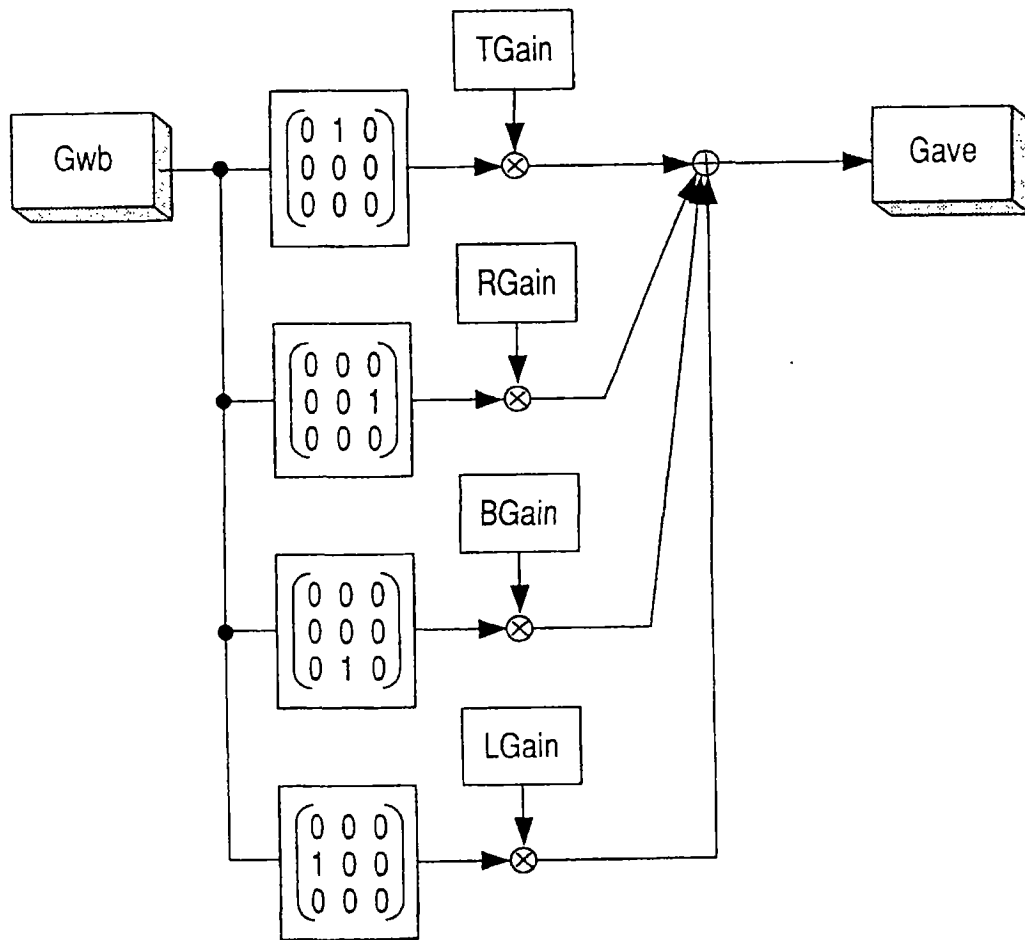
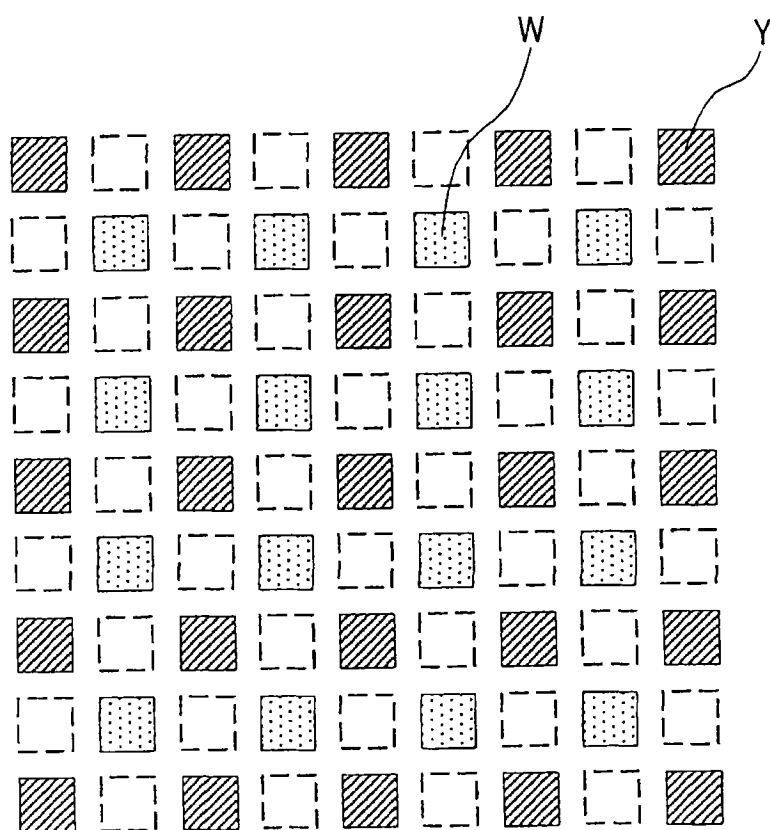


图 17



□ : 不存在像素的相位

Y: 由R/G/B组合的亮度

※ R/G/B也是存在的

图 18

$$R_{ave}, G_{ave}, B_{ave}, Y_{ave} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 4 & 0 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$W_{ave} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

图 19

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{亮度系统} \\ W_{Y_{new}} = Y \times \frac{W_{ave}}{Y_{ave}} \\ \\ \text{色度系统} \\ R_{new} = R \times \frac{W_{ave}}{R_{ave}} \quad G_{new} = G \times \frac{W_{ave}}{G_{ave}} \quad B_{new} = B \times \frac{W_{ave}}{B_{ave}} \end{array} \right.$$

图 20

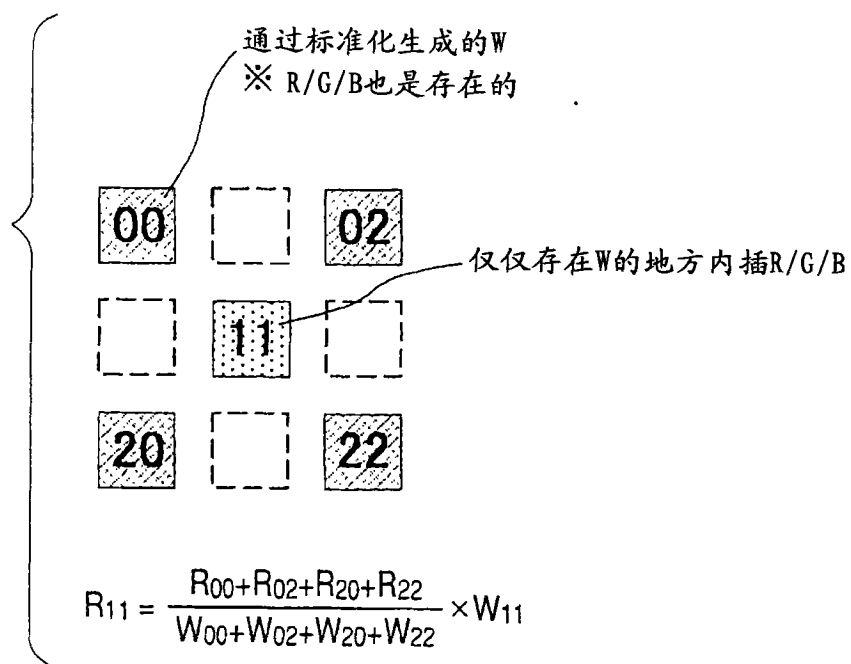


图 21

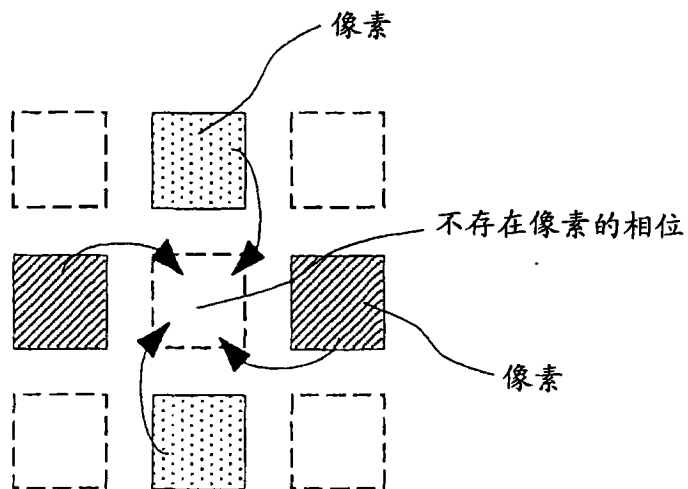


图 22

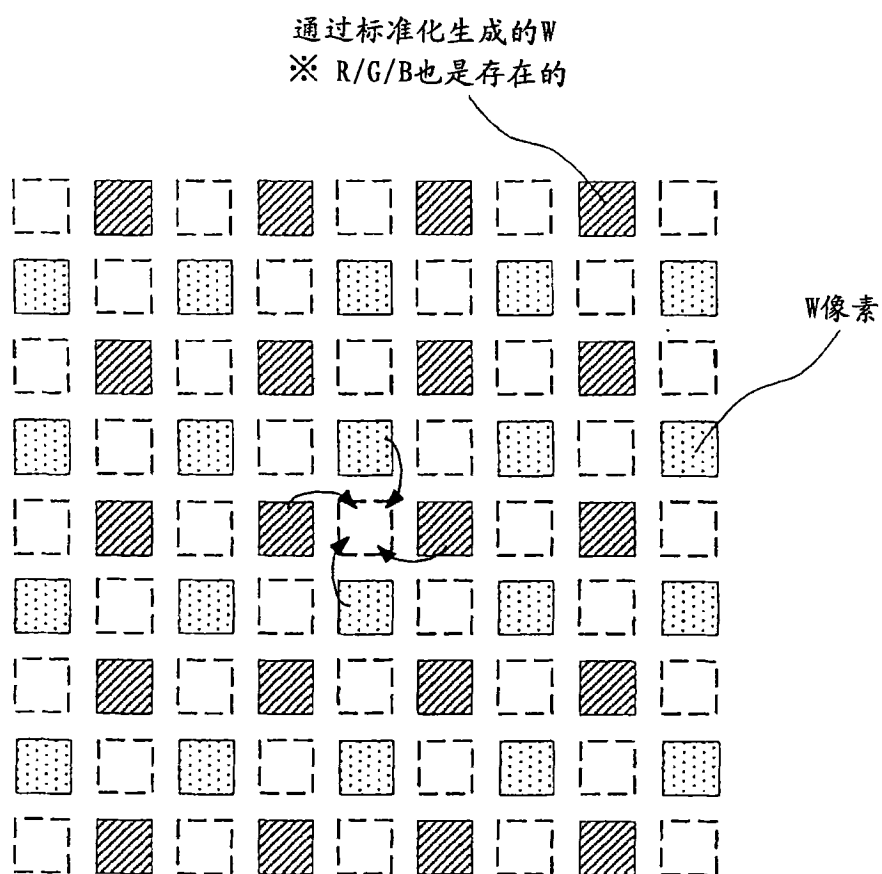


图 23

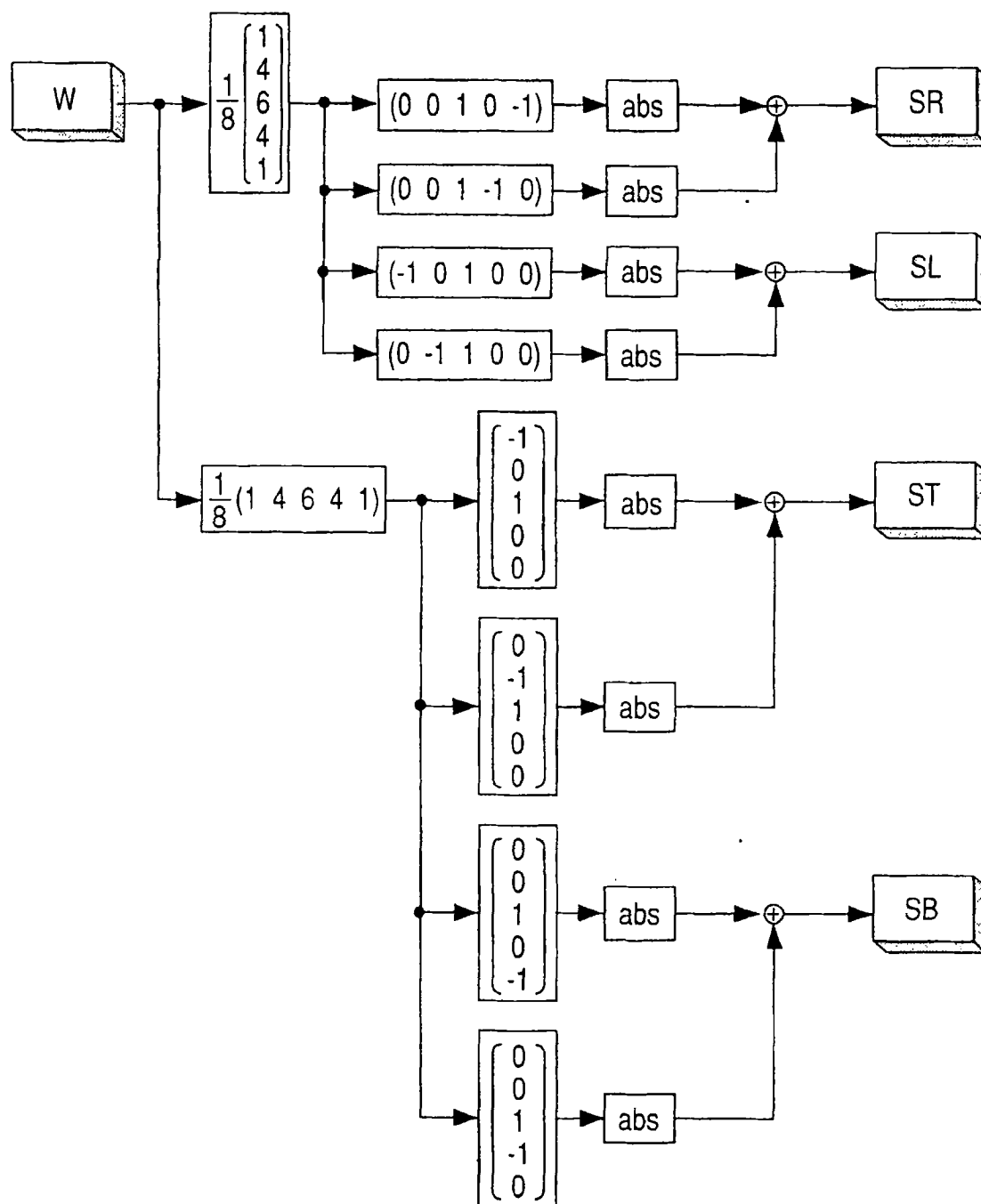


图 24

$$\begin{aligned}
 &\left\{ \begin{aligned}
 &\text{revSR} = 1/\text{SR} \\
 &\text{revSL} = 1/\text{SL} \\
 &\text{revST} = 1/\text{ST} \\
 &\text{revSB} = 1/\text{SB} \\
 &\text{revSUM} = \text{revSR} + \text{revSL} + \text{revST} + \text{revSB} \\
 &\text{RGain} = \text{revSR}/\text{revSUM} \\
 &\text{LGain} = \text{revSL}/\text{revSUM} \\
 &\text{TGain} = \text{revST}/\text{revSUM} \\
 &\text{BGain} = \text{revSB}/\text{revSUM}
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

图 25

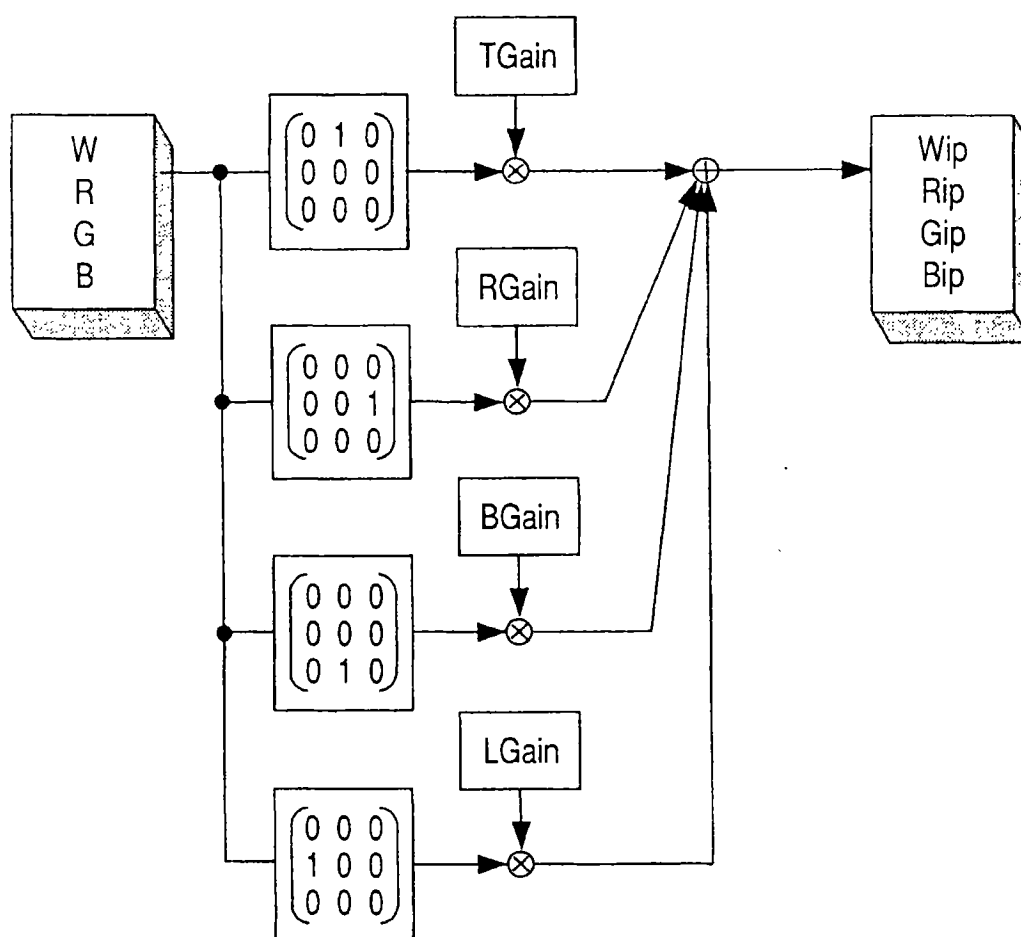


图 26