



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106027853 B

(45)授权公告日 2019.11.15

(21)申请号 201610181370.9

(22)申请日 2016.03.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106027853 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(30)优先权数据

JP2015-064900 2015.03.26 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子3丁目30-2

(72)发明人 加纳明

(74)专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司

公司 11293

代理人 迟军

(51)Int.Cl.

H04N 5/217(2011.01)

G06T 5/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102833461 A,2012.12.19,

CN 102833461 A,2012.12.19,

CN 104427321 A,2015.03.18,

CN 102970547 A,2013.03.13,

CN 1774030 A,2006.05.17,

US 7190395 B2,2007.03.13,

审查员 李晶

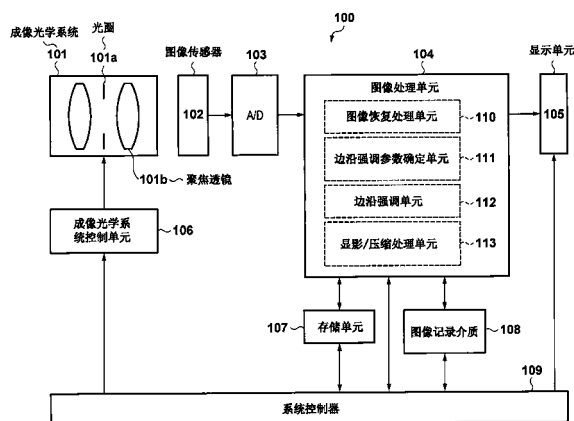
权利要求书2页 说明书10页 附图10页

(54)发明名称

图像处理装置、摄像装置及图像处理方法

(57)摘要

本发明提供一种图像处理装置、摄像装置及图像处理方法。该图像处理装置进行校正当生成所述图像时使用的成像光学系统的像差的恢复处理,并使图像质量劣化恢复,确定用于调整待处理图像中包括的边沿的强调程度的调整值,通过从待处理图像中检测边沿信号,基于所确定的调整值调整所检测的边沿信号的强度,并且将调整后的边沿信号与图像相加,来进行边沿强调处理,基于针对边沿强调单元检测边沿信号的图像是否进行了所述恢复处理来确定调整值,并且与未进行恢复处理的情况下的调整值相比,在进行恢复处理的情况下的调整值的强调程度被抑制。



1. 一种图像处理装置,所述图像处理装置包括:

恢复处理单元,其被构造为针对图像,使用对应于光学传递函数的第一滤波器进行对当生成所述图像时使用的成像光学系统的恢复处理,以使图像质量劣化恢复;

边沿强调单元,其被构造为通过使用不同于第一滤波器的第二滤波器从所述图像中检测具有预定频率分量的边沿信号,调整所检测的边沿信号的强度,并且将调整后的所述边沿信号与所述图像相加,来进行边沿强调处理,

其中,所述边沿强调单元

通过使得要被施加到对应于亮度值等于或小于预定值的像素的边沿信号的增益调整值在执行恢复处理的情况下小于不执行恢复处理的情况,而使得边沿信号的强调程度在执行恢复处理的情况下小于不执行恢复处理的情况,以及

通过使得要被施加到对应于亮度值大于预定值的像素的边沿信号的增益调整值在执行恢复处理的情况下与不执行恢复处理的情况相同,而使得边沿信号的强调程度在执行恢复处理的情况下与不执行恢复处理的情况相同。

2. 根据权利要求1所述的图像处理装置,其中,边沿强调单元还被配置为基于关于调整后的所述边沿信号要被相加到的图像的各个像素的亮度调整边沿信号的强度。

3. 根据权利要求1至2中任一项所述的图像处理装置,其中,边沿强调单元还被配置为调整边沿信号的强度,从而在对检测到边沿信号的图像进行恢复处理的情况下,对在所述边沿信号的负分量比所述边沿信号的正分量的强调程度被抑制得更多。

4. 根据权利要求3所述的图像处理装置,其中,所述边沿信号强调单元还被配置为调整边沿信号的强度,从而当未执行恢复处理时,不论边沿信号具有正分量还是负分量,针对分别具有大于预定亮度值的像素,边沿信号都变得相同。

5. 根据权利要求1至2中任一项所述的图像处理装置,其中,边沿强调单元还被配置为,当对检测到边沿信号的图像执行恢复时,基于恢复处理的区域对象的亮度差调整边沿信号的强度。

6. 根据权利要求5所述的图像处理装置,其中,边沿强调单元还被配置为调整边沿信号的强度,从而随着恢复处理的区域对象中的关注像素的亮度值和恢复处理的区域对象中的像素的最大亮度值或最小亮度值之间的差的增加,而抑制所述强调程度。

7. 一种图像处理装置,包括:

恢复处理单元,其被构造为针对图像,使用对应于光学传递函数的第一滤波器进行对当生成所述图像时使用的成像光学系统的恢复处理,以使图像质量劣化恢复;

边沿强调单元,其被构造为通过使用不同于第一滤波器的第二滤波器从所述图像中检测具有预定频率分量的边沿信号,调整所检测的边沿信号的强度,并且将调整后的所述边沿信号与所述图像相加,来进行边沿强调处理,

其中,所述边沿强调单元基于恢复处理的区域对象中的饱和像素所占的比率调整边沿信号的强度,

其中,所述边沿强调单元还被配置为调整边沿信号强度,从而随着在恢复处理的区域对象中饱和像素所占的比率增加,抑制边沿信号的强调程度,

其中,所述边沿强调单元还被配置为:

基于在调整后边沿信号增加的图像的各像素的亮度值调整边沿信号的强度;

当恢复处理的区域对象中的饱和像素所占的比率小于阈值时,调整边沿信号的强度,从而低亮度侧的像素的边沿信号的强度程度变得大于高亮度侧的像素的边沿信号的强度程度;

当恢复处理的区域对象中的饱和像素所占的比率不小于阈值时,调整边沿信号的强度,从而低亮度侧的像素的边沿信号的强度程度变得不大于高亮度侧的像素的边沿信号的强度程度。

8. 一种摄像装置,所述摄像装置包括:

图像传感器,其被构造为拍摄被摄体,并生成图像;以及

根据权利要求1至2中任一项所述的图像处理装置。

9. 一种图像处理方法,所述图像处理方法包括:

针对图像,使用对应于光学传递函数的第一滤波器进行对当生成所述图像时使用的成像光学系统的恢复处理,以使图像质量劣化恢复;

通过使用不同于第一滤波器的第二滤波器从所述图像中检测具有预定频率分量的边沿信号,调整所检测的边沿信号的强度,并且将调整后的所述边沿信号与所述图像相加,来进行边沿强调处理,

其中,在边沿强调处理中,通过使得要被施加到对应于亮度值等于或小于预定值的像素的边沿信号的增益调整值在执行恢复处理的情况下小于不执行恢复处理的情况,而使得边沿信号的强调程度在执行恢复处理的情况下小于不执行恢复处理的情况,以及

通过使得要被施加到对应于亮度值大于预定值的像素的边沿信号的增益调整值在执行恢复处理的情况下与不执行恢复处理的情况相同,而使得边沿信号的强调程度在执行恢复处理的情况下与不执行恢复处理的情况相同。

10. 一种图像处理方法,所述图像处理方法包括:

针对图像,使用对应于光学传递函数的第一滤波器进行对当生成所述图像时使用的成像光学系统的恢复处理,以使图像质量劣化恢复;

通过使用不同于第一滤波器的第二滤波器从所述图像中检测具有预定频率分量的边沿信号,调整所检测的边沿信号的强度,并且将调整后的所述边沿信号与所述图像相加,来进行边沿强调处理,

其中,在边沿强调处理中,基于恢复处理的区域对象中的饱和像素所占的比率调整边沿信号的强度,

其中,在边沿强调处理中,调整边沿信号强度,从而随着在恢复处理的区域对象中饱和像素所占的比率增加,抑制边沿信号的强调程度,

其中,在边沿强调处理中,

基于在调整后边沿信号增加的图像的各像素的亮度值调整边沿信号的强度;

当恢复处理的区域对象中的饱和像素所占的比率小于阈值时,调整边沿信号的强度,从而低亮度侧的像素的边沿信号的强度程度变得大于高亮度侧的像素的边沿信号的强度程度;

当恢复处理的区域对象中的饱和像素所占的比率不小于阈值时,调整边沿信号的强度,从而低亮度侧的像素的边沿信号的强度程度变得不大于高亮度侧的像素的边沿信号的强度程度。

图像处理装置、摄像装置及图像处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理装置、摄像装置以及图像处理方法。

背景技术

[0002] 随着信息的数字化,已提出了通过将图像处理为信号值来对拍摄图像进行校正处理的各种方法。当利用数字照相机对被摄体摄像并将被摄体转换为图像时,尤其是因成像光学系统的像差,获得的图像显著劣化。

[0003] 由光学系统的球面像差、彗差、像面弯曲、像散差等引起了图像的模糊分量。由于这些形式的像差导致的模糊分量指在下述情况中形成图像:尽管在图像是齐明的并且不存在衍射的影响的情况下,从被摄体的一个点发出的光通量应当再次聚集在成像面上的一个点,然而该光通量扩散。光学上,这称为点扩散函数(point spread function,PSF),并且在图像中被称为模糊分量。图像模糊,例如,也指离焦的图像,但在这里,图像模糊可指即使图像对焦,也由于上述光学系统中的像差的影响而导致的模糊。同样,由光学系统的轴上的色差、色球差以及色彗差引起的彩色图像中的渗色,也可指在光的各个波长之间的模糊的差异。此外,由光学系统的放大倍率色差引起的在横向方向的色偏,可指在光的各个波长之间的摄像倍率的差异导致的位置偏移或相位偏移。

[0004] 通过对PSF进行傅里叶变换而获得的光学传递函数(optical transfer function,OTF)是像差的频率分量信息,并且被表示为复数(complex number)。OTF的绝对值(即,振幅分量)被称为调制传递函数(modulation transfer function,MTF),而相位分量被称为相位传递函数(phase transfer function,PTF)。因此,MTF和PTF分别是由于像差导致的图像劣化的振幅分量和相位分量的频率特性。在此,在下式中,相位分量被表示为相位角。 $\text{Re}(\text{OTF})$ 和 $\text{Im}(\text{OTF})$ 分别指OTF的实部和虚部。

[0005] $\text{PTF} = \tan^{-1}(\text{Im}(\text{OTF}) / \text{Re}(\text{OTF}))$ (式1)

[0006] 这样,成像光学系统的OTF致使图像的振幅分量和相位分量劣化,因此在劣化的图像中,被摄体的点处于彗差的不对称模糊状态。作为用于校正振幅(MTF)的劣化和相位(PTF)的劣化的方法,已知使用成像光学系统的OTF的信息进行校正。以图像恢复或图像复原这样的术语来称呼该方法,并且在下文中,使用成像光学系统的OTF的信息校正图像劣化的处理被称为图像恢复处理或恢复处理。

[0007] 下面是图像恢复处理的概要。在下式中, $g(x,y)$ 表示劣化图像, $f(x,y)$ 表示原始图像,并且 $h(x,y)$ 表示通过对上述光学传递函数进行傅里叶逆变换而获得的PSF。还应当注意,*指卷积,并且 (x,y) 指图像上的坐标。

[0008] $g(x,y) = h(x,y) * f(x,y)$ (式2)

[0009] 同样,当对该式进行傅里叶变换以转换成用于在频率面中的显示格式时,如下式那样,获得各个频率的乘积的格式。 H 是通过对PSF进行傅里叶变换而获得的,因此 H 为OTF。由 (u,v) 指示在二维频率面中的坐标,即, (u,v) 指示频率。

[0010] $G(u,v) = H(u,v) \cdot F(u,v)$ (式3)

[0011] 为了从已拍摄的劣化图像获得原始图像,可以如下所示在两侧都除以H。

$$G(u,v)/H(u,v)=F(u,v) \quad (\text{式4})$$

[0013] 通过对该 $F(u,v)$ 进行傅里叶逆变换以返回到实际面,作为恢复图像获得原始图像 $f(x,y)$ 。

[0014] 在此,如果R表示通过对上式中的 $1/H$ 进行傅里叶逆变换而获得的结果,则如下式所示,通过对实际面中的图像进行卷积处理能够类似地获得原始图像。

$$g(x,y)*R(x,y)=f(x,y) \quad (\text{式5})$$

[0016] 该 $R(x,y)$ 被称为图像恢复滤波器。由于在实际图像中有噪声分量,因此当使用通过如上所述的OTF的完全的倒数而创建的图像恢复滤波器时,噪声分量会与劣化图像一起被放大,从而通常无法获得好的图像。就这方面而言,已知一种方法,其中,例如通过维纳滤波器(Wiener filter),根据图像信号与噪声信号的强度比,来抑制图像的高频侧的恢复率。作为用于对图像的渗色分量的劣化进行校正的方法,例如,当通过上述模糊分量校正,针对图像的各个颜色分量的模糊的量均一时,则认为进行了校正。在此,由于OTF根据诸如放大位置状态或孔径的状态等的拍摄状态而改变,因此也需要根据拍摄状态来改变在图像恢复处理中使用的图像恢复滤波器。

[0017] 以前就进行了对这种图像恢复技术的研究,并且在日本特开2006-238032号公报中公开了一种图像恢复技术,其中,通过对图像恢复后的PSF设置的微小扩散来进行图像恢复处理。

[0018] 如上所述,通过对被摄像的输入图像进行图像恢复处理来校正像差,能够提高图像质量。由于图像恢复校正透镜像差,提高了图像的感知分辨率,但是作为提高感知分辨率的其他处理已公知边沿强调。边沿强调是对图像的轮廓进行强调从而提高图像的感知分辨率的处理。

[0019] 通过边沿强调能够提高感知分辨率,但是存在图像恢复中的过度校正被强调的情况。此外,存在用户能够设置利用边沿强调处理的数字照相机的锐化功能的强度的情况,但是当根据是否应用图像恢复来调整设定值时,照相机的操作性显著下降。关于这一点,上述日本特开2006-238032号公报未考虑当进行图像恢复时的边沿强调处理。

发明内容

[0020] 本发明提供一种使得由于图像恢复导致的过度校正的影响能够被抑制的边沿强调处理的技术。

[0021] 本发明的一个实施例涉及一种图像处理装置,所述图像处理装置包括:恢复处理单元,其被构造为针对待处理图像,进行对当生成所述图像时使用的成像光学系统的像差进行校正的恢复处理,并使图像质量劣化恢复;确定单元,其被构造为确定用于调整所述待处理图像中包括的边沿的强调程度的调整值;以及边沿强调单元,其被构造为通过从所述待处理图像中检测边沿信号,基于所确定的调整值调整所检测的边沿信号的强度,并且将调整后的所述边沿信号与所述待处理图像相加,来进行边沿强调处理,其中,所述确定单元基于针对所述边沿强调单元检测所述边沿信号的图像是否进行了所述恢复处理来确定所述调整值,并且与未进行所述恢复处理的情况下的所述调整值相比,在进行了所述恢复处理的情况下的所述调整值的强调程度被抑制。

[0022] 本发明的另一实施例涉及一种摄像装置,所述摄像装置包括:图像传感器,其被构造为拍摄被摄体,并生成待处理图像;以及上述图像处理装置。

[0023] 本发明的又一实施例涉及一种图像处理方法,所述图像处理方法包括:针对待处理图像,进行校正当生成所述图像时使用的成像光学系统的像差的恢复处理,并使图像质量劣化恢复;确定用于调整所述待处理图像中包括的边沿的强调程度的调整值;以及通过从所述待处理图像中检测边沿信号,基于所确定的调整值调整所检测的边沿信号的强度,并且将调整后的所述边沿信号与所述待处理图像相加,来进行边沿强调处理,其中,在所述确定步骤中,基于针对检测所述边沿信号的图像是否进行了所述恢复处理来确定所述调整值,并且与未进行所述恢复处理的情况下的所述调整值相比,在进行了所述恢复处理的情况下的所述调整值的强调程度被抑制。

[0024] 通过以下参照附图对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得清楚。

附图说明

[0025] 图1示出了根据本发明的实施例的图像处理装置的示例性构造。

[0026] 图2是示出根据本发明的实施例的图像处理的示例的流程图。

[0027] 图3A例示了根据本发明的实施例的RAW图像。

[0028] 图3B例示了根据本发明的实施例的边沿强调处理。

[0029] 图4A至图4D例示了根据本发明的第一实施例的边沿强调处理的示例。

[0030] 图5A和图5B例示了根据本发明的第二实施例的边沿强调处理的示例。

[0031] 图6A至图6C例示了根据本发明的第三实施例的边沿强调处理的示例。

[0032] 图7A和图7B例示了根据本发明的第三实施例的边沿强调处理的另一示例。

[0033] 图8A至图8D例示了因边沿强调处理引起的边沿截面,以及当进行图像恢复时的边沿截面。

具体实施方式

[0034] 下面参照附图说明本发明的实施例。首先,将参照图8A至图8D,更详细地描述在本实施例中探讨的在图像恢复处理中的过度校正对边沿强调的影响。

[0035] 如在本发明的背景技术中所述的,通过对被摄像的输入图像进行图像恢复处理,并通过校正像差来使图像质量劣化恢复,能够提高图像质量。然而,在实际摄像中,存在输入图像的摄像状态与用于恢复输入图像的图像恢复滤波器的状态不是最佳匹配的情况。作为示例,存在如下情况:在拍摄图像中有饱和像素,以及存在因透镜的制造误差所导致的影响。在饱和像素中,丧失了原本的被摄体信息,因此发生了输入图像的状态与要应用图像恢复滤波器的劣化图像的状态不相同的状况。此外,在透镜中存在制造误差的情况下,在个体透镜之间光学性能不同,因此会发生在要应用图像恢复滤波器的劣化图像与拍摄图像(shot image)之间特性不同的状况。

[0036] 在图像恢复处理中,应用用于补偿频率特性的滤波器,因此当图像的频率特性不同于意图要用滤波器校正的频率特性时,存在图像因诸如瞬时振荡(ringing)或下冲(undershooting)等的过度校正而受损的情况。由于因饱和导致的被摄体信息的丧失,拍摄图像中的饱和区域的频率特性大幅偏离由被摄体原本表示的频率特性。尤其在接近饱和像

素与不饱和像素之间的边界的区域中的频率特性大幅偏离关于要应用图像恢复滤波器的频率特性,因此在该区域中容易发生过度校正。

[0037] 通过校正透镜的像差,图像恢复提高了图像的感知分辨率,但是作为提高感知分辨率的其他处理,已公知边沿强调。边沿强调是通过强调图像的轮廓来提高图像的感知分辨率的处理。图8A示出了利用边沿强调处理强调的边沿的示例。图8A示出了边沿的截面的亮度的曲线图。该图指示当进行边沿强调处理时,边沿的倾斜变得陡峭,从而提高了图像的感知分辨率。在边沿强调中,存在如下情况,诸如下冲或超调(overshooting)等的、未在原始被摄体的拍摄图像中出现的分量,而在观察图像时为了提高感知分辨率而被引发。最近的数字照相机也具有这种边沿强调作为锐化功能,并且普遍地基于用户能设置的强度在照相机中进行边沿强调。

[0038] 即使在通过应用图像恢复而校正了像差的图像中,边沿强调也是用于根据相片的查看大小或用途来调整感知分辨率的有效处理。

[0039] 然而,如上所述,在图像恢复中,存在因过度校正而发生瞬时振荡、下冲等的情况。存在如下情况,当对这样的图像应用边沿强调时,在图像恢复中的过度校正所导致的影响也被强调。图8B至图8D示出了图像恢复的适应、以及进行了诸如伽马校正和边沿强调等的图像处理之后的图像的边沿。图8B示出进行了适当的图像恢复处理而没有过度校正的示例。该示例示出了通过图像恢复校正了因像差的影响而模糊的边沿、还进行了诸如伽马校正和边沿强调等的图像处理的显影图像。图8C示出了边沿的高亮度部分饱和的示例。在该情况下,在图像恢复中,未进行适当的校正,并且发生瞬时振荡。在该示例中,在显影之后,该瞬时振荡被强调。图8D示出了因制造误差,作为劣化图像的、在恢复处理之前的图像,与原始图像(图8B中的恢复处理之前的图像)不同。同样在该示例中,在图像恢复中,未进行适当的校正,因此在显影处理之后过度校正被强调。

[0040] 同样在相同的PSF模糊分量中,边沿的对比度越大,则对像差分量的像素值的贡献越大,从而像差显著。相应的,边沿的对比度越大,则图像恢复引起的像素值的改变越大。即,边沿的对比度越大,则当在图像恢复中发生过度校正时的影响越大,从而在图像中该影响显著。在对比度大的边沿中,必然地,边沿的低亮度侧具有在亮度范围中小的像素值,并且相反地,边沿的高亮度侧饱和或具有亮度范围中大的像素值。由于摄像装置的伽马校正,在最终图像中该高亮度部分通常收敛到最大值。因此,可以说,图像恢复中的过度校正对图像的影响在边沿的低亮度侧更易显著。

[0041] 由此,针对提高感知分辨率,边沿强调是有效的,但是存在图像恢复中的过度校正的结果也被强调的情况。在下面描述的实施例中,描述使边沿强调处理能够被实施而不强调因图像恢复引起的过度校正的技术。

[0042] 第一实施例

[0043] 首先,将描述本发明的第一实施例。图1示出了根据本发明的实施例的图像处理装置100的基本构造的示例。图像处理装置100能够被实现为诸如数字照相机等的摄像装置。此外,可以采用例如诸如个人计算机、移动电话、智能电话、PDA、平板终端或者数字视频照相机等的任意信息处理终端或摄像装置,作为图像处理装置100。

[0044] 下面,将一边描述图像处理装置100的操作,一边描述图像处理装置100的组成元素及它们的功能。为了生成被摄体图像,利用成像光学系统(imaging optical system)

101,使来自被摄体的反射光在图像传感器102上形成图像。由成像光学系统控制单元106根据来自系统控制器109的指令,进行对成像光学系统101的机械驱动。光圈101a的开口直径作为F数的拍摄状态设定而被控制。为了根据被摄体距离调焦,聚焦透镜101b使用未示出的自动对焦(AF)机构或手动对焦机构来控制透镜的位置。该成像光学系统也可以包括诸如低通滤波器或UV截止滤波器等的光学元件,但是如果使用诸如低通滤波器等的影影响OTF特性的元件,则当创建图像恢复滤波器时需要考虑元件的影响。同样,UV截止滤波器影响作为光谱波长PSF的累积值的、各个RGB通道的PSF,尤其影响R通道的PSF,因此当创建图像恢复滤波器时必须考虑UV截止滤波器的影响。

[0045] 图像传感器102将由成像光学系统101获得的形成图像光转换为电信号,并且将模拟图像信号输出到A/D转换器103。A/D转换器103将输入的模拟图像信号转换为数字图像信号,并且将数字图像信号输出到图像处理单元104。图像处理单元104对输入的数字图像信号进行预定的图像处理。与本实施例相对应的图像处理单元104包括图像恢复处理单元110、边沿强调参数确定单元111、边沿强调单元112以及显影/压缩处理单元113。由系统控制器109控制图像处理单元104中的一系列处理。

[0046] 稍后将描述图像处理单元104的详细处理,但是在图像恢复处理单元110中进行用于图像恢复的恢复滤波器应用处理。在边沿强调参数确定单元111中,根据摄像设定来确定边沿强调参数,并且在边沿强调单元112中,根据确定的边沿强调参数来应用边沿强调处理。在显影/压缩处理单元113中,进行诸如像素插值、伽马校正、颜色平衡调整以及压缩处理等的预定的图像处理。利用框110至113中各个的处理,图像处理单元104能够生成诸如JPEG图像等的图像文件。

[0047] 系统控制器109将从图像处理单元104获得的JPEG图像等的输出图像,以预定格式保存到图像记录介质108。同样,在对图像进行了图像恢复处理之后,对图像进行用于显示的预定处理,然后在显示单元105上显示该图像。也可以显示未经图像恢复处理,或经历了简单的恢复处理的图像。

[0048] 以上是根据本发明的实施例的图像处理装置100的基本构造和操作的说明。在图1中,成像光学系统101被示出作为图像处理装置100的一个组成元素,但是也可以适用如下构造,其中,如单镜头反光照相机的情况,成像光学系统101能够从图像处理装置100的主体去除。

[0049] 在图1的图像处理装置100中,除了诸如成像光学系统、图像传感器以及显示元件等的物理器件之外,可以采用使用专用逻辑电路或存储器的硬件来构成各个块。可选地,可以通过诸如CPU等的计算机执行存储器中存储的处理程序,以采用软件构成这样的块。

[0050] 下面是参照图2的流程图,对由图像处理单元104执行的对应于本实施例的图像处理的详细说明。对应于该流程图的处理例如可以通过执行由用作图像处理单元104的至少一个处理器支持的程序(存储在ROM等中)来实现。

[0051] 对图像处理单元104的输入是如图3A所示的在每个像素中具有一个颜色的颜色分量的、拜耳格式的RAW图像。首先,在步骤S201中,显影/压缩处理单元113通过对RAW图像的各个颜色分量进行像素插值处理,来创建RGB的三个色平面。接下来,在步骤S202中,图像恢复处理单元110确定能由用户设置的图像恢复应用设定是否被设置为开(ON)。如果确定图像恢复应用设定被设置为ON(步骤S202中为“是”),则处理移动到步骤S203。另一方面,如果

确定图像恢复应用设定被设置为关(OFF)(步骤S202中为“NO”),则处理移动到步骤S205。

[0052] 在步骤S203中,图像恢复处理单元110选择适合于诸如放大位置或孔径等的拍摄条件的图像恢复滤波器。此时,可以根据需要校正选择的图像恢复滤波器。这是为了减少在存储单元107中预先准备的图像恢复滤波器的数据的量。存储单元107存储与离散摄像条件相对应的图像恢复滤波器的数据,并且当该数据要用于图像恢复处理时,选择的滤波器的数据被校正为与实际摄像条件相对应的数据。此外,可以应用如下构造,其中,不是选择图像恢复滤波器,而是由与用于生成图像恢复滤波器所需的OTF相关的信息,来根据摄像状态生成图像恢复滤波器。接下来,在步骤S204中,使用在步骤S203中选择的图像恢复滤波器,图像恢复处理单元110对被摄像的图像的各个颜色分量的各个像素进行卷积处理。通过该处理,能够消除或减少在成像光学系统中生成的像差的非对称性校正或图像的模糊分量。注意,在此,描述了在进行了像素插值处理之后进行使用图像恢复滤波器的卷积处理的示例,但是也可以适用在进行使用图像恢复滤波器的卷积处理之后,进行像素插值处理的构造。

[0053] 接下来,在步骤S205中,显影/压缩处理单元113进行伽马校正。进行伽马校正的图像是在图像恢复应用设定被设置为ON的情况下应用了图像恢复的图像。另一方面,进行伽马校正的图像是在图像恢复应用设定被设置为OFF的情况下未应用图像恢复的图像。显影/压缩处理单元113根据图像传感器102的特性进行伽马校正。

[0054] 在接下来的步骤S206至S209中,边沿强调参数确定单元111确定边沿强调参数,并且边沿强调单元112进行边沿强调处理,但是首先将描述本实施例中的边沿强调处理的原理。

[0055] 图3B示出了由边沿强调单元112进行的一般的边沿强调处理的流程。也可以将图3B作为示出边沿强调单元112的示例性构造的功能框图,来进行参照。在这种情况下,在图3B中示出的各个处理被解释为代表执行边沿强调单元112的处理的处理框。

[0056] 亮度信号被输入到边沿强调单元112,并且供给到带通滤波器处理1000至1002中的各个。注意,在RGB平面信号之中,G平面信号能够被用作亮度信号。检测水平方向(HBPF)上的高频分量的带通滤波器处理1000从输入的亮度信号检测水平方向上的边沿,并输出检测到的边沿作为边沿信号。在图4A中,左侧示出了在待处理图像中包括的边沿区域的亮度值的截面,而右侧示出了从该边沿区域中检测出的边沿信号的示例。振幅调整处理1003对以这种方式获得的边沿信号进行振幅调整,并且通过基础剪辑(base clip,BC)处理1006去除噪声分量。BC处理1006通过从待处理信号中去除具有基础剪辑水平或更少的振幅的信号,来去除噪声分量。

[0057] 还类似地检测垂直方向(VBPF)和斜向(DBPF)上的边沿信号。各个边沿信号被加法器1009和1010相加,并通过增益调整处理1011调整了增益,来获得 Y_{apc} 。最后,使用加法器1012来将主亮度信号(Y_{sig})与从增益调整处理1011输出的、增益调整之后的边沿信号(Y_{apc})相加,并且结果被输出作为完成了边沿强调处理的亮度信号。

[0058] 在增益调整处理1011中应用的边沿强调参数是用于调整在待处理图像中包括的边沿的强调的程度的调整值,并且能够包括根据亮度值而不同的增益调整值。在图4B中示出了根据亮度值的这些不同的增益调整值的示例。在该示例中,边沿强调参数包括增益调整值P0至P3,并且在各个增益调整值之间,使用线性插值,针对各个亮度设置增益调整值。

在本实施例中,增益调整值被设置为增益随亮度值的下降而上升。为了方便,在本实施例的说明中,设置P0和P1的亮度值之间的区域被用作在高亮度侧的亮度值范围,而设置P1、P2和P3的亮度值之间的区域被用作在低亮度侧的亮度值的范围。然而,在图4B中,边沿强调参数包括四个增益调整值,但可以包括更多或更少量的增益调整值。由此,能够根据要设置的增益调整值的量或者根据值,来改变高亮度的范围和低亮度的范围。

[0059] 在此,返回图2,在步骤S205中的伽马校正之后,边沿强调参数确定单元111确定边沿强调参数。在步骤S206中,边沿强调参数确定单元111确定图像恢复设定,并且根据设定值获得边沿强调参数。具体而言,当图像恢复设定是OFF时(步骤S206中为“否”),在步骤S207中,边沿强调参数确定单元111获得第一参数,而当图像恢复设定是ON时(步骤S206中为“是”),在步骤S208中,边沿强调参数确定单元111获得第二参数。使用以这种方式获得的参数,在步骤S209中,边沿强调单元112进行边沿强调处理。随后,在步骤S210中,显影/压缩处理单元113执行诸如色平衡调整等的未处理的显影处理。

[0060] 在此,在图4C中示出在本实施例中的边沿强调参数的示例。由图4C中的A指示的值是第一参数,而由B指示的值是第二参数。各个参数被定义为如图4B示出的多个增益调整值的集合。边沿强调参数确定单元111根据图像恢复设定的ON/OFF设定,从存储单元107获得参数。在第一参数中,设置增益调整值,以使得与高亮度侧相比,低亮度侧的增益上升更多,而另一方面,在第二参数中,与第一参数相比,低亮度侧的增益增加的程度更小。即,与第一参数相比,第二参数抑制低亮度侧的增益调整值。

[0061] 能够如下式所指示的来计算抑制低亮度侧的增益调整值的参数。注意,在存储单元107中,基于下式计算的第二参数能够与第一参数一起被预先存储。此外,也可以适用如下构造,其中,存储单元107仅存储第一参数,并且边沿强调参数确定单元111基于下面的式6至式9由第一参数计算第二参数。在此,P0'至P3'是与当抑制低亮度侧的增益调整值时的P0至P3相对应的参数,并且K指抑制系数。抑制系数K是针对进行了图像恢复的图像通过实验而预先获得的、抑制对过度校正的强调且还不损害感知分辨率的值。在式6至式9中,对P0与P1至P3的差乘以抑制系数K,然后将该结果与P0相加。由此,能够通过设置与P0匹配的值,来确定强调程度不被改变的范围。换言之,通过设置与P0不同的值的增益调整值,能够确定要改变强调程度的低亮度侧的范围。

$$[0062] \quad P0' = P0 \quad \text{式6}$$

$$[0063] \quad P1' = K(P1 - P0) + P0 \quad \text{式7}$$

$$[0064] \quad P2' = K(P2 - P0) + P0 \quad \text{式8}$$

$$[0065] \quad P3' = K(P3 - P0) + P0 \quad \text{式9}$$

[0066] 图4D示出了在进行本实施例的图像处理的情况下的边沿截面的示例。在该示例中,已发生了饱和,但是即使在图像恢复处理中已发生了过度校正的情况下,也抑制通过边沿强调处理对过度校正部分的强调,并且很显然与图8C示出的示例相比,减少了过度校正的影响。

[0067] 由此,根据本实施例,能够进行边沿强调处理,其中,根据是否应用图像恢复来切换边沿强调的强度,并且在图像恢复中不强调容易显著的、低亮度侧的过度校正。

[0068] 第二实施例

[0069] 接下来,将描述发明的第二实施例。根据第二实施例的图像处理装置100的基本构

造以及图像处理单元104中的处理流,与在第一实施例中描述的图1和图2中的相同,因此在此省略对其说明。

[0070] 在本实施例中,说明如下情况,其中,基于图像恢复中的过度校正的原因,来改变当进行图像恢复时的边沿强调参数(第二参数)。如上所述,过度校正的一个原因是因像素饱和引起的被摄体信息的丧失。随着在当进行图像恢复滤波器的卷积时使用的图像区域中饱和像素的数量增多,恢复处理越可能无法正确地进行,从而导致过度校正。因此,当对特定关注像素进行图像恢复处理时,计算在图像恢复滤波器待处理的图像区域内的饱和像素的比率。当图像恢复处理单元110执行图像恢复处理时,能够计算该饱和像素的比率。通过根据该比率确定当将边沿信号与关注像素相加时的边沿强调参数,能够抑制在图像恢复中易于发生过度校正的位置处的边沿强调的强度。

[0071] 在该情况下,边沿强调参数确定单元111能够基于从存储单元107获得的参数来进行计算,并且根据饱和像素的比率确定边沿强调参数。图5A示出了根据像素的比率的抑制系数K的示例。具体而言,在饱和像素的比率小(0至10%)的情况下,不抑制低亮度侧的强调程度($K=1$)。在饱和像素的比率为10%至50%的情况下,与比率的增加反比例地减小抑制系数K,因此根据饱和像素的比率的增加抑制低亮度侧的强调程度。随后,在饱和像素的比率是50%或更多的情况下,K恒定在-1。通过将K设置为负值,能够防止因图像恢复引起的在高亮度部分附近发生的瞬时振荡变得显著。注意,本实施例仅是示例,并且 $K=1$ 的范围可以被扩展或收窄。此外,使得抑制系数K改变的范围可以被扩展或收窄。此外, $K=-1$ 的范围可以被扩展或收窄。在图5B中示出了使用该抑制系数在式6至式9中计算的、根据亮度而改变的增益调整值的示例。在此,由饱和像素占有的比率越大,则对低亮度侧的增益调整的抑制越强。此外,根据由饱和像素占有的比率的增加,增益调整值从低亮度侧的强调程度强于高亮度侧的强调程度的设定,改变为低亮度侧的强调程度的设定弱于高亮度侧的强调程度。

[0072] 由此,根据本实施例,能够进行边沿强调处理,其中,根据图像恢复处理待处理的像素区域的特性,尤其是根据饱和像素的比率来切换边沿强调的强度,并且在图像恢复中不强调容易显著的、低亮度侧的过度校正。

[0073] 第三实施例

[0074] 接下来,将描述本发明的第三实施例。根据第三实施例的图像处理装置100的基本构造以及图像处理单元104中的处理流,与第一实施例中描述的图1和图2的相同,因此在此将省略对其说明。

[0075] 在第三实施例中,给出作为用于当应用图像恢复处理时的边沿强调的第二参数而获得的对应于亮度的增益调整值的另一模式的说明。如前所述,在图3B示出的边沿强调单元112的增益调整处理1011中输入边沿信号。如图4A右侧所示,该边沿信号包括正信号和负信号。在本实施例中,如图6A所示,针对正边沿信号和负边沿信号分别设置对应于亮度的增益调整值。在图6A的示例中,示出了对应于当应用图像恢复时的亮度的增益调整值,并且针对负边沿信号的增益调整值具有比针对正边沿信号的增益调整值更小的值。即,针对负边沿信号抑制了增益调整值。此时,针对正边沿信号的增益调整值可以与在未应用图像恢复的情况下的增益调整值相同。

[0076] 可以预先由下面的式10至式13计算针对负边沿信号的增益调整值的参数。在此, $P0'$ 至 $P3'$ 是与当抑制低亮度侧的增益调整值时的图4B中的 $P0$ 至 $P3$ 相对应的参数,并且K指

抑制系数。在式10至式13中,通过对P0至P3的各个值乘以抑制系数K,来计算增益调整值。因此,与式6至式9的情况不同,不进行仅对低亮度侧的选择抑制,而是在整个亮度范围上进行抑制,并且作为结果也抑制了低亮度侧。

$$[0077] \quad P0' = K \times P0 \quad \text{式10}$$

$$[0078] \quad P1' = K \times P1 \quad \text{式11}$$

$$[0079] \quad P2' = K \times P2 \quad \text{式12}$$

$$[0080] \quad P3' = K \times P3 \quad \text{式13}$$

[0081] 图6B示出了在由于透镜制造误差而在图像恢复中发生了过度校正的情况下,使用这些对应于亮度的增益调整值的示例。在该示例中,在图像恢复处理中发生了过度校正,但是抑制了由边沿强调处理对过度校正部分的强调,并且明显的是,与图8D示出的示例相比,过度校正的影响被降低。因此,当应用图像恢复时,通过减少对应于针对负边沿信号的亮度的增益调整值,能够进行边沿强调处理,其中,抑制了在图像恢复中容易显著的、低亮度侧的过度校正的强调。此外,通过不抑制针对低亮度侧的正边沿信号的增益调整值,能够在未发生过度校正的区域中,调整低亮度部分的感知分辨率。

[0082] 以上,使用式10至式13设置了对应于针对负边沿信号的亮度的增益调整值,但是利用式6至式9的参数也可以被用于对应于针对负边沿信号的亮度的增益调整值。在该情况下,如图6C所示,针对负边沿信号的增益调整值,能够将高亮度侧的增益调整值P0'和P1'设置为与针对负边沿信号的增益调整值相同,并且将低亮度侧的增益调整值P2'和P3'设置为更小的值。即,能够仅抑制低亮度侧的强调的程度。

[0083] 可以根据图像恢复中过度校正显著的难易程度,来改变当进行图像恢复时的边沿强调参数。边沿对比度越高,则过度校正更容易显著。这意味着当进行图像恢复滤波器的卷积时,在待处理的图像区域内的浓淡之间的差异越大,则过度校正越可能显著。因此,在对关注像素进行图像恢复处理的情况下,在图像恢复滤波器处理待处理的图像区域中,计算在最大像素值(最大亮度值)或最小像素值(最小亮度值)与关注像素的像素值(亮度值)之间的差,并且应用其中较大的作为绝对值。通过根据这些值来确定关注像素的边沿强调参数,能够降低在图像恢复中易于发生过度校正的位置处的边沿强调的强度。在这种情况下,边沿强调参数确定单元111基于从存储单元107获得的参数进行计算。

[0084] 图7A示出了根据最大亮度差的抑制系数K的示例。在图7A中,随最大亮度差的增大,抑制系数K的值越小。图7B示出了使用该抑制系数K在式10至式13中计算出的、根据亮度的增益调整值的示例。由于随着最大亮度差的增加,抑制系数K的值越小,因此对低亮度侧的增益调整的抑制增大。

[0085] 此外,图7A示出的抑制系数K也能够应用于式6至式9。根据在图像恢复滤波器卷积中使用的图像区域内的最大亮度差,来抑制低亮度侧的增益调整值。由此,在该情况下的高亮度侧的P0'和P1'具有相同的值,而与最大亮度差无关,并且低亮度侧的P2'和P3'的增益调整值随最大亮度值的增加而减小。此外,当确定第一和第二实施例的边沿强调参数时,可以应用式10至式13替代式6至式9。在这种情况下,与针对第一参数的P0至P3相比,针对第二参数的P0'至P3'总的来说增益调整值更小。

[0086] 由此,根据本实施例,能够进行边沿强调处理,其中,根据边沿信号的符号,或者根据在待图像恢复处理的像素区域中的最大亮度差,来切换边沿强调的强度,并且在图像恢

复中不强调容易显著的、低亮度侧的过度校正。

[0087] 如以上实施例所述,存在对应于亮度的增益调整值的多个贡献方法,并且在进行图像恢复处理的情况下,通过使用对应于该处理的结果的增益调整值,能够进行抑制了因图像恢复引起的过度校正的强调的边沿强调处理。

[0088] 其他实施例

[0089] 本发明的实施例还可以通过读出并执行记录在存储介质(也可更完整地称为“非暂时性计算机可读存储介质”)上的计算机可执行指令(例如,一个或多个程序)以执行上述实施例中的一个或多个功能、和/或包括用于执行上述实施例中的一个或多个功能的一个或多个电路(例如,专用集成电路(ASIC))的系统或装置的计算机,来实现本发明的实施例,并且,可以利用通过由系统或装置的计算机例如读出并执行来自存储介质的计算机可执行指令以执行上述实施例中的一个或多个的功能、和/或控制一个或多个电路执行上述实施例中的一个或多个功能的方法,来实现本发明的实施例。计算机可以包括一个或多个处理器(例如,中央处理单元(CPU),微处理单元(MPU)),并且可以包括分开的计算机或分开的处理器的网络,以读出并执行计算机可执行指令。计算机可执行指令可以例如从网络或存储介质被提供给计算机。存储介质可以包括例如硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、分布式计算系统的存储器、光盘(诸如压缩光盘(CD)、数字通用光盘(DVD)或蓝光光盘(BD)TM)、闪存装置以及存储卡等中的一个或多个。

[0090] 本发明的实施例还可以通过如下的方法来实现,即,通过网络或者各种存储介质将执行上述实施例的功能的软件(程序)提供给系统或装置,该系统或装置的计算机或是中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)读出并执行程序的方法。

[0091] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。应当对所附权利要求的范围给予最宽的解释,以使其涵盖所有这些变型例以及等同的结构和功能。

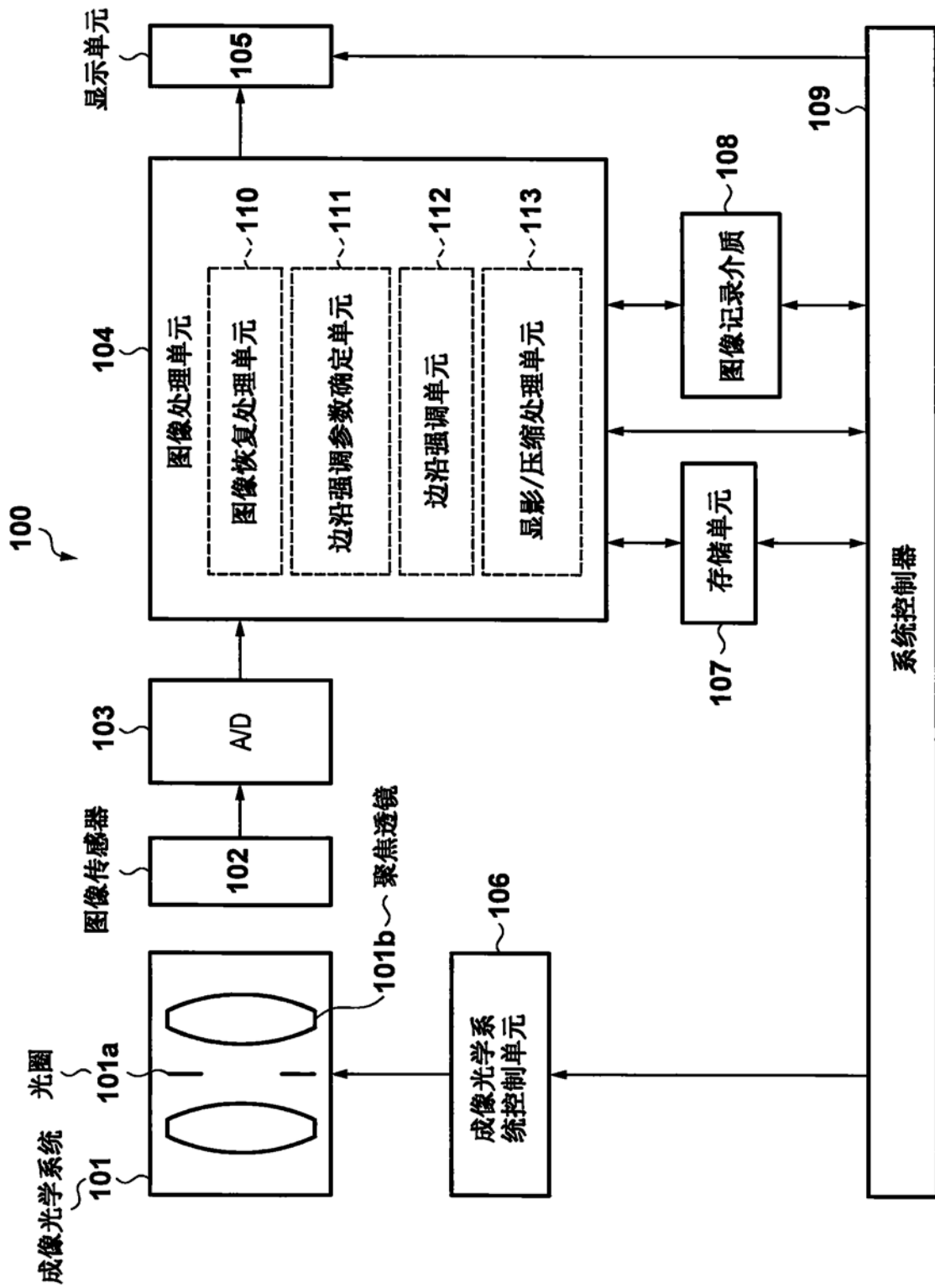


图1

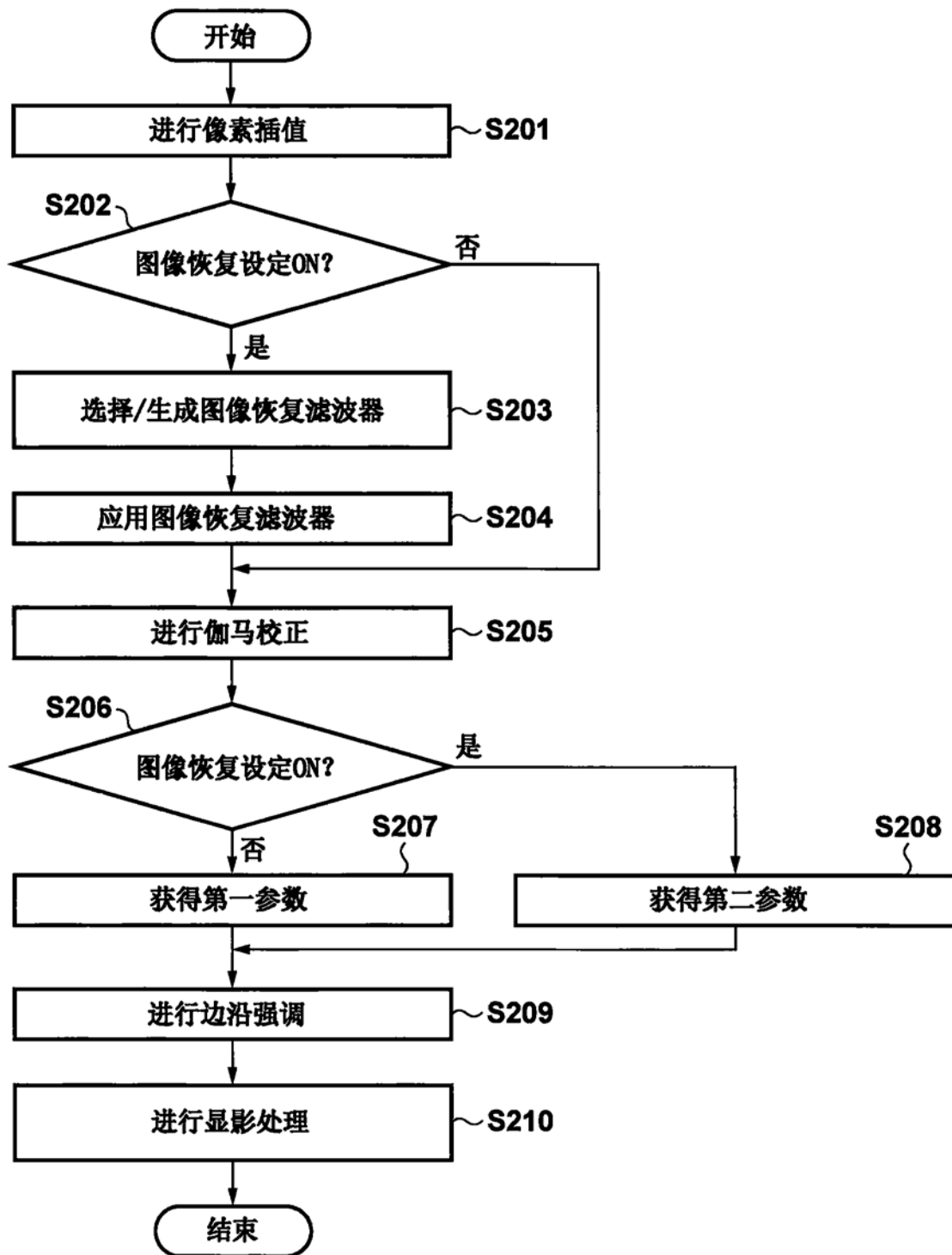


图2

G	B	G	B	G	B
R	G	R	G	R	G
G	B	G	B	G	B
R	G	R	G	R	G
G	B	G	B	G	B
R	G	R	G	R	G

图3A

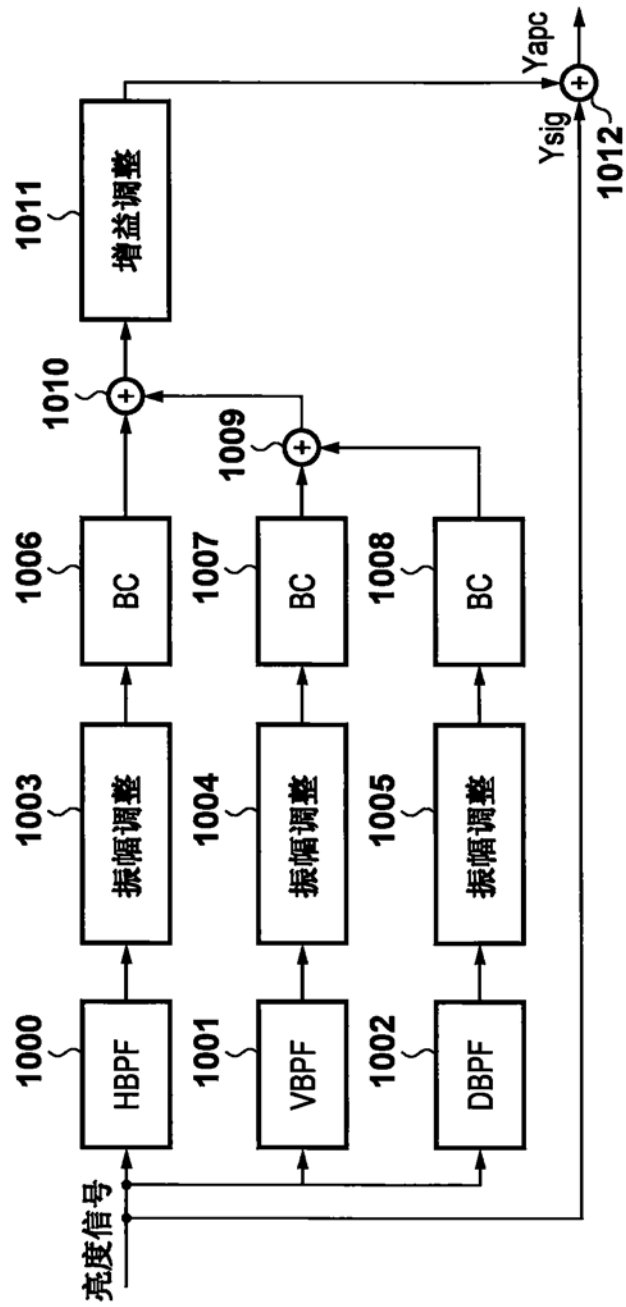


图3B

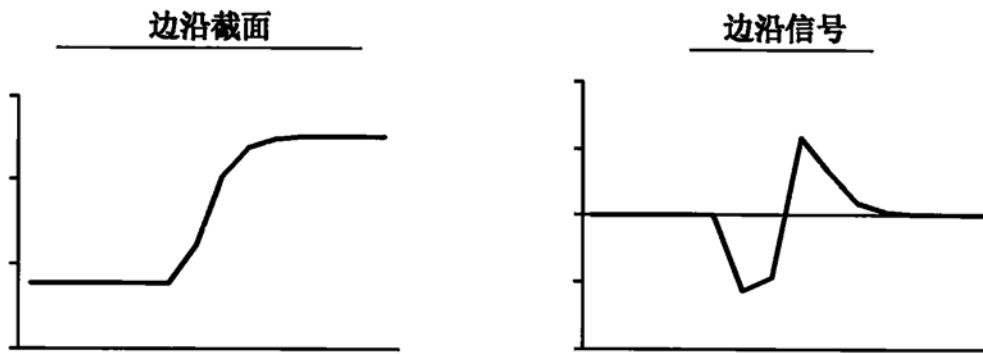


图4A

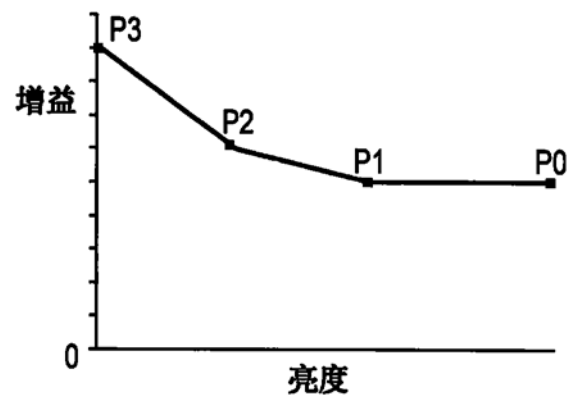


图4B

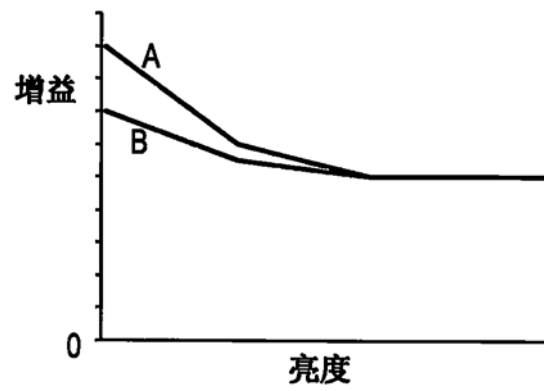


图4C

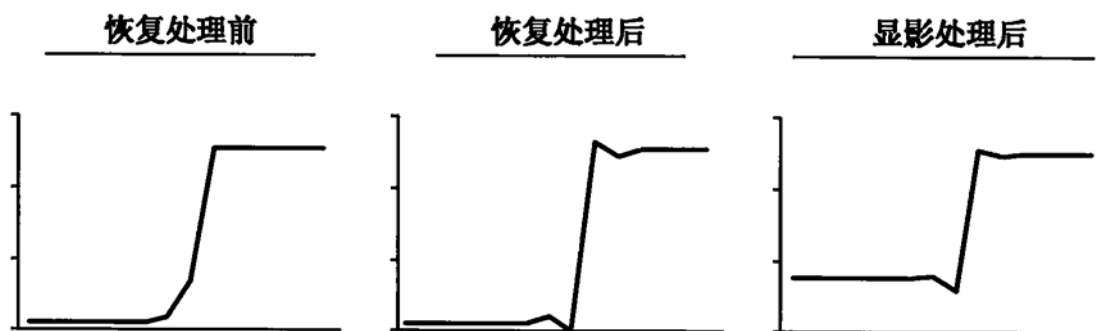


图4D

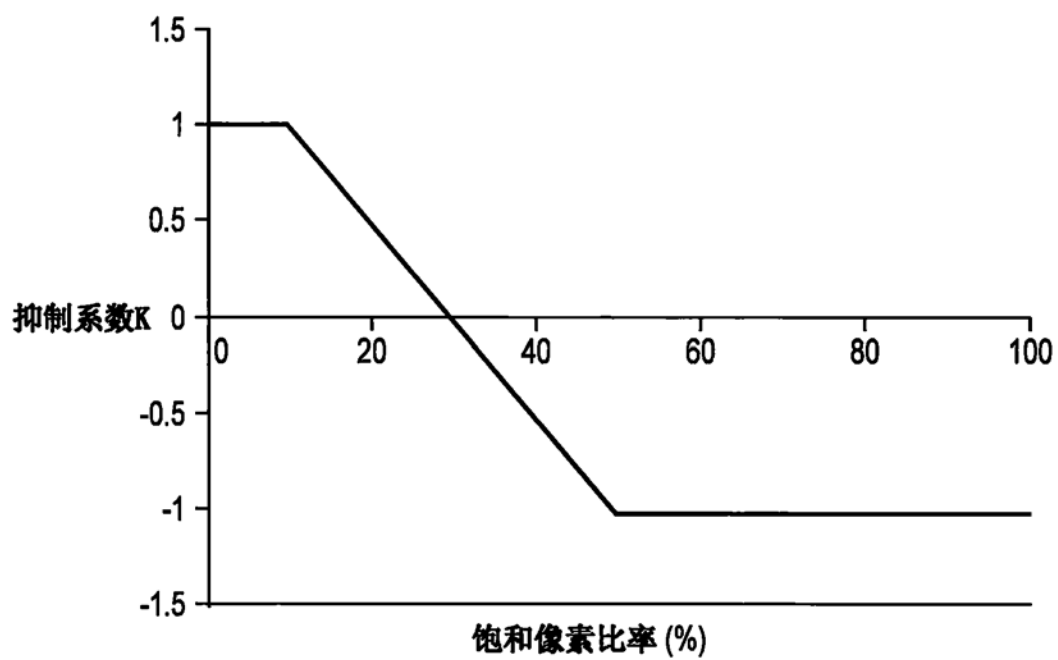


图5A

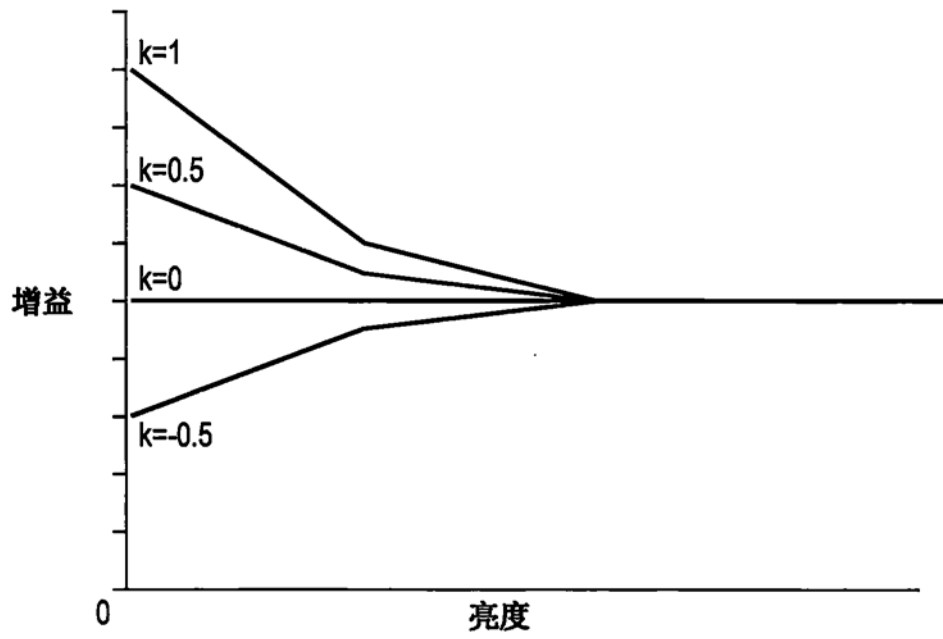


图5B

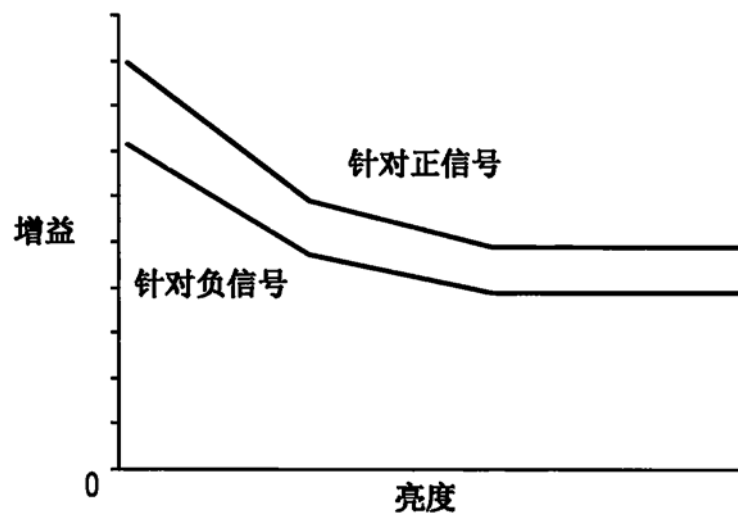


图6A

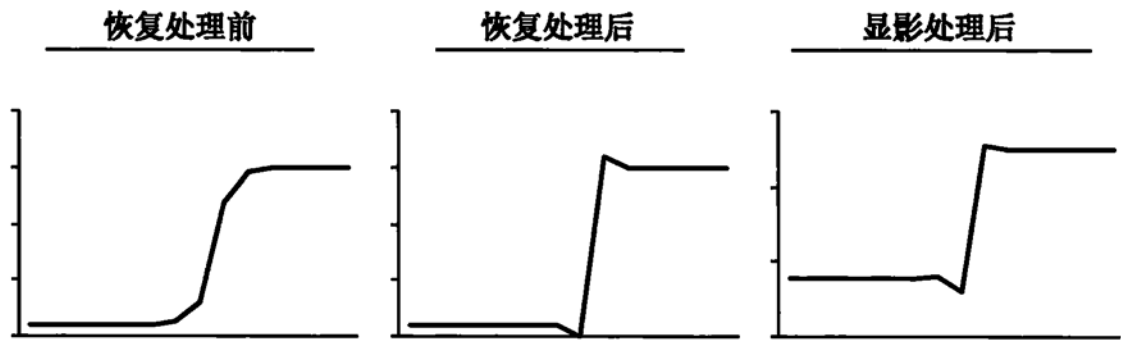


图6B

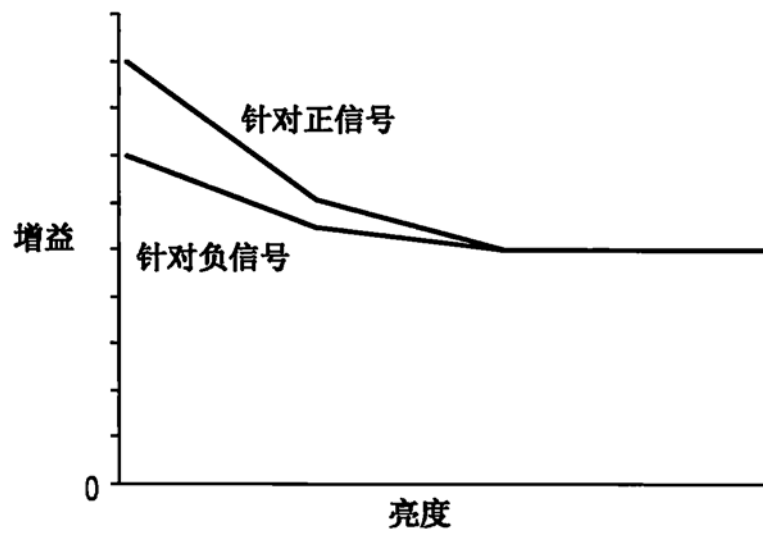


图6C

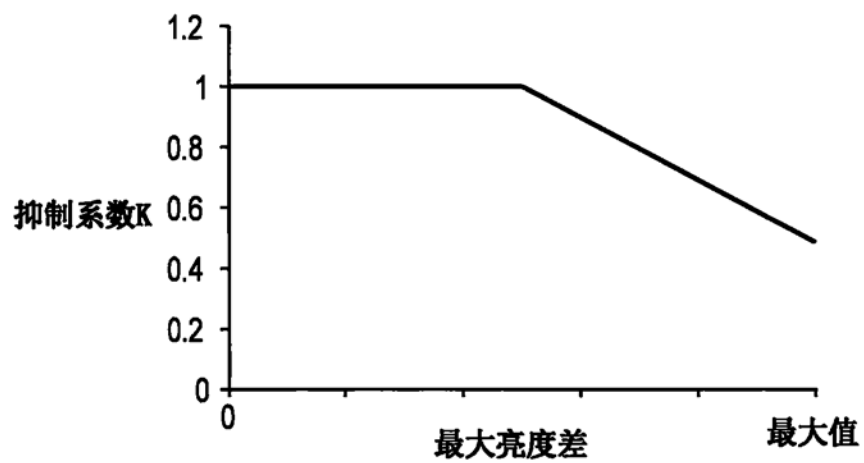


图7A

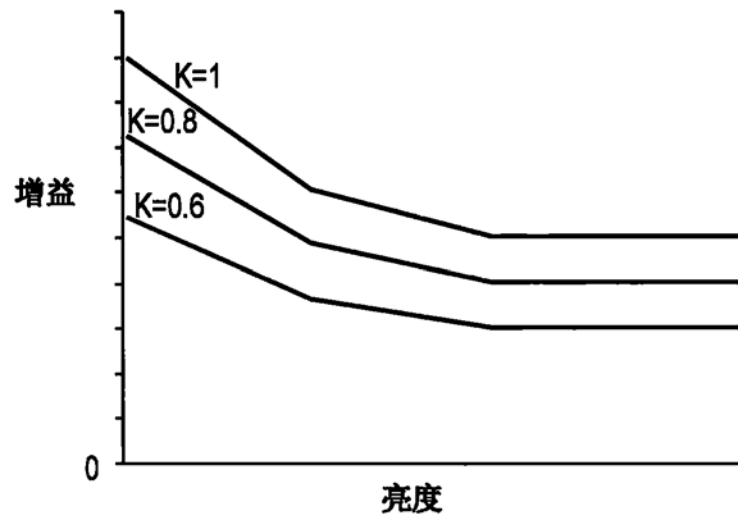


图7B



图8A

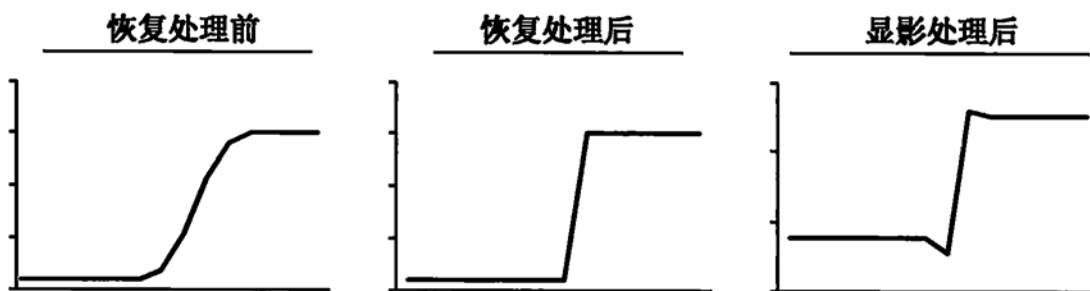


图8B

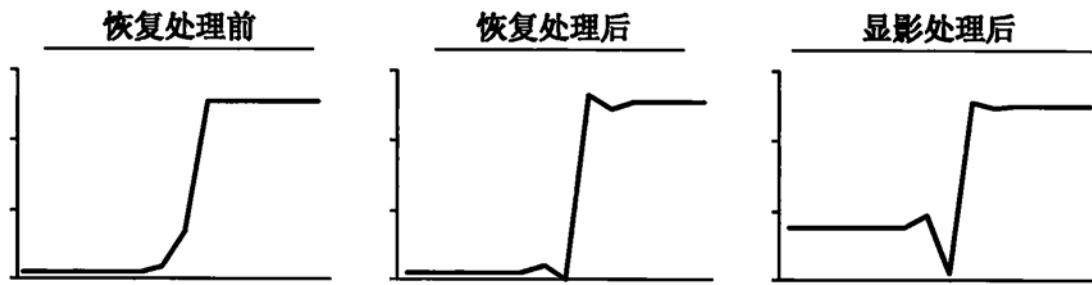


图8C

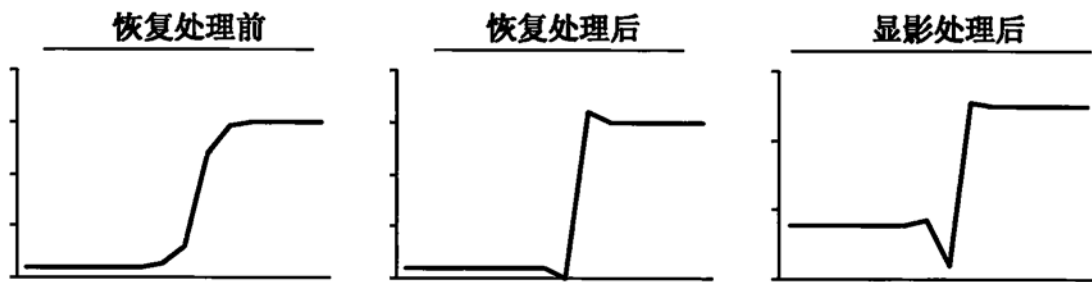


图8D