



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102165761 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 14

(21) 申请号 200980137543. 5

(22) 申请日 2009. 09. 28

(30) 优先权数据

2008-252325 2008. 09. 30 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 03. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/004952 2009. 09. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02010/038411 EN 2010. 04. 08

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 畠山弘至

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 申发振

(51) Int. Cl.

H04N 5/232 (2006. 01)

G06T 3/00 (2006. 01)

G06T 5/20 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1910614 A, 2007. 02. 07,

WO 9967743 A1, 1999. 12. 29,

JP 2002024816 A, 2002. 01. 25,

JP 昭 64-74679 A, 1989. 03. 20,

审查员 于利娜

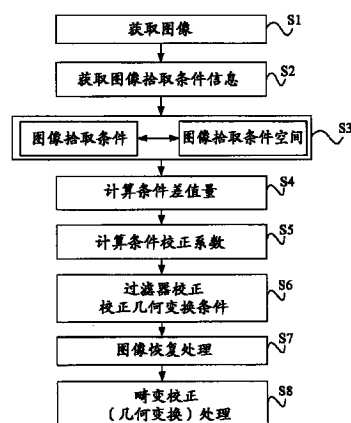
权利要求书2页 说明书13页 附图9页

(54) 发明名称

图像处理方法、图像处理装置和图像拾取装置

(57) 摘要

图像处理方法处理由使用光学系统 (100) 的图像拾取产生的图像。方法包括: 获取图像的步骤; 通过使用图像恢复过滤器执行图像恢复处理以减少图像的模糊成分的图像恢复步骤 (S2 ~ S7); 和执行几何变换处理以减少已执行图像恢复处理的图像的畸变成分的畸变校正步骤 (S8)。



1. 一种用于处理由使用光学系统的图像拾取产生的图像的图像处理方法,包括:
获取图像的步骤;

通过使用图像恢复过滤器执行图像恢复处理以减少所述图像的模糊成分的图像恢复步骤;和

执行几何变换处理以减少已执行所述图像恢复处理的所述图像的畸变成分的畸变校正步骤,

其中,通过使用所述图像中的通过所述几何变换处理去除的区域的图像信息执行所述图像恢复处理。

2. 根据权利要求1的图像处理方法,其中,通过对基于所述光学系统的光学传递函数的反函数产生的函数执行逆傅立叶变换,产生所述图像恢复过滤器。

3. 根据权利要求1的图像处理方法,其中,在所述图像恢复步骤中,获取关于图像拾取条件的信息,并且,通过使用基于关于所述图像拾取条件的信息选择或产生的所述图像恢复过滤器执行所述图像恢复处理。

4. 根据权利要求1的图像处理方法,其中,在所述畸变校正步骤中,获取关于图像拾取条件的信息,并且,通过使用基于关于所述图像拾取条件的信息选择或产生的几何变换条件执行所述几何变换处理。

5. 根据权利要求1~4中的任一项的图像处理方法,其中,在所述图像恢复步骤中,使用对于多种颜色的多个图像恢复过滤器作为所述图像恢复过滤器,所述多个图像恢复过滤器具有相互不同的过滤器值的二维分布,并且,

所述多个图像恢复过滤器具有相互不同的过滤器值的绝对值最大的单元的位置相对于中心单元的位置的偏移量,所述偏移量与所述光学系统的倍率色差的量对应,由此,所述多个图像恢复过滤器减少所述模糊成分和倍率色差的成分。

6. 根据权利要求1~4中的任一项的图像处理方法,其中,在所述图像恢复步骤中,对所述图像执行使用所述图像恢复过滤器的卷积处理。

7. 根据权利要求1~4中的任一项的图像处理方法,其中,满足以下的关系:

$$0 < F/D < 2$$

这里,D表示已执行所述图像恢复处理的所述图像中的有效图像区域的边缘像素通过所述几何变换处理沿特定方向偏移的像素的数量,并且,F表示向所述边缘像素施加的所述图像恢复过滤器中沿所述特定方向的单元的数量。

8. 一种处理由使用光学系统的图像拾取产生的图像的图像处理装置,包括:

被配置为通过使用图像恢复过滤器执行图像恢复处理以减少图像的模糊成分的图像恢复部分;和

被配置为执行几何变换处理以减少已执行所述图像恢复处理的所述图像的畸变成分的畸变校正部分,

其中,所述畸变校正部分通过使用所述图像中的通过所述几何变换处理去除的区域的图像信息执行所述图像恢复处理。

9. 一种图像拾取装置,包括:

被配置为光电转换由光学系统形成的被照体图像以产生图像的图像拾取系统;和

处理由使用光学系统的图像拾取产生的图像的图像处理装置,

其中,所述图像处理装置包含:

被配置为通过使用图像恢复过滤器执行图像恢复处理以减少图像的模糊成分的图像恢复部分;和

被配置为执行几何变换处理以减少已执行所述图像恢复处理的所述图像的畸变成分的畸变校正部分,

其中,所述畸变校正部分通过使用所述图像中的通过所述几何变换处理去除的区域的图像信息执行所述图像恢复处理。

图像处理方法和图像处理装置和图像拾取装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于减少包含于图像中的图像模糊成分和畸变成分的图像处理技术。

背景技术

[0002] 通过由诸如数字照相机的图像拾取装置捕获被照体的图像而获取的图像包含图像模糊成分,该图像模糊成分为由图像拍摄光学系统(以下,简称为“光学系统”)的球面像差、慧形像差、像场弯曲或像散等导致的图像劣化成分。这种图像模糊成分的产生是由于从被照体的一个点发射的光束在图像拾取表面上形成具有一定发散性的图像,该光束在没有像差或衍射时一般会聚于一个点上。

[0003] 这种图像模糊成分在光学上由点扩散函数(PSF)表达,并且与由散焦导致的模糊不同。可以说,由光学系统的纵向色差、球面色差或慧形色差导致的彩色图像中的颜色模糊在光的各波长的模糊程度之间不同。

[0004] 作为用于校正图像模糊成分的方法,已知存在使用光学系统的光学传递函数(OTF)的信息的校正方法。该方法被称为“图像恢复”。以下,用于通过使用光学系统的光学传递函数(OTF)的信息来校正(减少)图像模糊成分的处理被称为“图像恢复处理”。

[0005] 图像恢复处理的概要如下。

[0006] 当 $g(x, y)$ 代表包含图像模糊成分的劣化图像(输入图像)、 $f(x, y)$ 代表未劣化的原图像、 $h(x, y)$ 代表作为光学传递函数的傅立叶对的点扩散函数(PSF)、 $*$ 代表卷积并且 (x, y) 代表图像上的坐标时,建立以下的表达式。

[0007] $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$ 。

[0008] 当通过傅立叶变换将上式转换为二维频率表面的形式时,该表达式被表达为采取各频率的积的形式下式:

[0009] $G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v)$

[0010] 这里, H 表示点扩散函数(PSF)的傅立叶变换的结果,换句话说,表示光学传递函数(OTF),并且, (u, v) 表示二维频率表面上的坐标,换句话说,表示频率。

[0011] 为了从劣化的图像获取原图像,仅需要如下式那样将该式的两侧除以 H :

[0012] $G(u, v)/H(u, v) = F(u, v)$ 。

[0013] 通过逆傅立叶变换使 $F(u, v)$ 返回实表面,使得能够获取等同于原图像 $f(x, y)$ 的恢复图像。

[0014] 当 R 代表 H^{-1} 的逆傅立叶变换的结果时,通过如下式所表示地对于实面中的图像执行卷积处理来类似地使得能够获取原图像:

[0015] $g(x, y) * R(x, y) = f(x, y)$ 。

[0016] 式中的 $R(x, y)$ 被称为“图像恢复过滤器”。实像包含噪声成分,由此,如上面描述的那样使用通过取光学传递函数(OTF)的完全倒数所产生的图像恢复过滤器与劣化的图像一起导致噪声成分的放大。因此,一般不能获取良好的图像。在这一点上,已知存在用于根据图像信号与噪声信号的强度比抑制图像的高频率侧恢复率的诸如使用 Wiener 过滤器

的方法。基本上通过例如由图像模糊成分校正使各颜色成分的模糊量均匀来校正由颜色模糊成分导致的图像的劣化。

[0017] 光学传递函数 (OTF) 根据诸如焦距 (变焦状态) 和孔径直径的光学系统的条件波动, 由此, 需要改变用于图像恢复处理的图像恢复过滤器。

[0018] 并且, 图像可能包含畸变成分。畸变一般是由光学系统的畸变像差导致的图像的周边部分的膨胀或收缩较大的几何畸变。

[0019] 日本专利公开 No. 2006-270918 公开了用于校正由畸变像差导致的图像的几何畸变的方法。该方法通过获得关于图像拾取中的诸如变焦状态和被照体距离的图像拾取条件的信息, 并使用与从事先准备的畸变像差数据读取的所获得的图像拾取条件信息对应的数据来校正几何畸变。畸变像差数据是基于图像高度的函数。在畸变成分校正中, 光学系统的大的畸变量需要大的几何变换量, 并且, 特别是在图像的周边部分中, 作为几何变换执行缩放和变换。

[0020] 为了通过适当地校正由光学系统的各种像差劣化的图像而获得高质量图像, 需要执行用于减少图像模糊成分和畸变成分的处理。

[0021] 并且, 需要根据图像拾取条件改变用于校正图像模糊成分的图像恢复过滤器的数据和用于校正畸变成分的几何变换条件的数据。图像拾取条件包含诸如变焦位置、孔径直径和被照体距离的许多参数, 并且, 根据所述许多参数的组合准备图像恢复过滤器数据和几何变换条件数据显著增加数据量。特别地, 由于图像恢复过滤器是二维过滤器, 因此, 过滤器的单元 (分接头 (taps)) 的数量随着图像模糊成分的增加而增加。

[0022] 发明人发现涉及与图像模糊成分的校正一起校正畸变成分时的图像恢复过滤器的单元的数量有以下问题。劣化图像上的畸变成分校正根据图像高度在几何上执行图像的缩放和变换。另一方面, 可从光学系统的设计值或测量值得到用于设计图像恢复过滤器光学传递函数 (OTF)。但是, 在任一种情况下, 从包含畸变像差的光学系统得到光学传递函数。

[0023] 因此, 为了对已执行畸变校正处理的图像执行图像恢复处理, 必须根据已经用于畸变校正处理中的几何变换条件对图像恢复过滤器执行缩放和变换。当光学系统具有负的畸变时, 在畸变校正处理中对图像执行缩放、变换和像素内插, 使得还与其一起对图像恢复过滤器执行缩放、变换和单元内插。作为结果, 图像恢复过滤器的单元的数量增加, 这增加图像恢复过滤器的数据量。另外, 过滤的计算量也增加, 这显著降低处理速度。

[0024] 在日本专利公开 No. 2006-270918 中公开的用于校正畸变成分的方法中, 通过使用与图像拾取条件对应的像差信息执行几何变换校正。但是, 该方法不能校正畸变成分以外的图像模糊成分, 使得不能获得高质量图像。

发明内容

[0025] 本发明提供均能够在防止由于图像恢复过滤器的数据量的增加而导致降低处理速度的同时很好地校正图像中的图像模糊成分和畸变成分的图像处理方法、图像处理装置和图像拾取装置。

[0026] 本发明作为其一个方面提供一种用于处理由使用光学系统的图像拾取产生的图像的图像处理方法。该方法包括: 获取图像的步骤; 通过使用图像恢复过滤器执行图像恢

复处理以减少图像的模糊成分的图像恢复步骤;和执行几何变换处理以减少已执行图像恢复处理的图像的畸变成分的畸变校正步骤。通过使用图像中的通过几何变换处理去除的区域的图像信息执行图像恢复处理。

[0027] 本发明作为其另一方面提供一种处理由使用光学系统的图像拾取产生的图像的图像处理装置。该装置包括:被配置为通过使用图像恢复过滤器执行图像恢复处理以减少图像的模糊成分的图像恢复部分;和被配置为执行几何变换处理以减少已执行图像恢复处理的图像的畸变成分的畸变校正部分。畸变校正部分通过使用图像中的通过几何变换处理去除的区域的图像信息执行图像恢复处理。

[0028] 本发明作为其另一方面提供一种图像拾取装置,该图像拾取装置包括:被配置为对由光学系统形成的被照体图像进行光电转换以产生图像的图像拾取系统;和上述的图像处理装置。

[0029] 从以下的描述和附图,本发明的其它方面将变得明了。

附图说明

[0030] 图 1 是示出作为本发明的实施例 1 的图像拾取装置的配置的框图。

[0031] 图 2 是示出在实施例 1 的图像拾取装置中执行的处理的流程图。

[0032] 图 3 是用于在实施例 1 中设置存储于存储器部分中的图像恢复过滤器的图像拾取条件空间的示意图。

[0033] 图 4 示出在实施例 1 的图像拾取装置中使用的图像恢复过滤器。

[0034] 图 5 示出图像恢复过滤器的单元值的分布。

[0035] 图 6 是实施例 1 中的畸变校正处理的说明图。

[0036] 图 7 是用于解释实施例 1 的效果的图像恢复过滤器的说明图。

[0037] 图 8 是用于解释实施例 1 的效果的不可恢复区域的说明图。

[0038] 图 9 示出用于本发明的实施例 2 中的各颜色的图像恢复过滤器。

[0039] 图 10 示出实施例 2 中的各图像恢复过滤器的单元值的分布。

[0040] 图 11 是由实施例 2 中的图像恢复处理获得的效果的说明图。

具体实施方式

[0041] 以下参照附图描述本发明的示例性实施例。

[0042] 实施例 1

[0043] 图 1 示出作为本发明的第一实施例(实施例 1)的包含图像处理装置(换言之,使用图像处理方法的)诸如数字静物照相机或摄像机的图像拾取装置的配置。本实施例将描述一种图像拾取装置,其通过图像恢复处理减少(校正)捕获的图像中的图像模糊成分和颜色模糊成分并且通过作为畸变校正处理的几何变换处理减少(校正)畸变成分和颜色剪切(shear)成分。颜色剪切成分是由于光学系统的倍率色差而产生的,该倍率色差是 R、G 和 B 的颜色成分的图像拾取倍率的差值。

[0044] 在本实施例中提到的图像模糊成分是由于球面像差、慧形像差、像场弯曲和像散等导致的作为图像劣化成分的模糊成分。图像恢复处理(图像恢复部分)只需要在一定程度上减少由这些像差导致的这种图像劣化成分。例如,图像恢复部分可基于诸如球面像差、

慧形像差、像场弯曲和像散的像差中的至少一种减少图像劣化成分。

[0045] 在图 1 中,来自被照体(未示出)的光束穿过图像拍摄光学系统 101 以在由 CCD 传感器或 CMOS 传感器等构成的图像拾取元件 102 上形成被照体图像。

[0046] 图像拍摄光学系统 101 包含变倍透镜(未示出)、孔径光阑 101a 和聚焦透镜 101b。沿光轴方向移动变倍透镜使得能够实现用于改变图像拍摄光学系统 101 的焦距的变焦。孔径光阑 101a 通过增加/减小其孔径直径来调整到达图像拾取元件 102 的光量。通过由自动聚焦(AF)机构或手动聚焦机构(未示出)沿光轴方向控制聚焦透镜 101b 的位置来执行根据被照体距离的聚焦。

[0047] 在图像拾取元件 102 上形成的被照体图像被图像拾取元件 102 转换成电信号。来自图像拾取元件 102 的模拟输出信号被 A/D 转换器 103 转换成数字图像拾取信号以被输入到图像处理部分 104。

[0048] 图像处理部分 104 包含对输入的数字图像拾取信号执行各种处理以产生彩色输入图像的图像产生部分 104a。图像处理部分 104 包含与图像恢复部分和畸变校正部分对应并且对输入图像执行图像恢复处理和几何变换处理(畸变校正处理)的图像恢复/畸变校正处理部分 104b。从图像拾取元件 102 到图像产生部分 104a 的系统构成图像拾取系统。

[0049] 图像恢复/畸变校正处理部分 104b 从条件检测部分 107 获取关于图像拍摄光学系统 101 的条件(这里,该条件被称“图像拾取条件”)的信息。图像拾取条件包含例如图像拍摄光学系统 101 的焦距(变焦位置)、孔径光阑 101a 的孔径直径(孔径值或 F 值)和聚焦透镜位置(被照体距离)。条件检测部分 107 可从用于控制图像拍摄光学系统 101 的系统控制器 110 或图像拍摄光学系统控制部分 106 获取关于图像拾取条件的信息。

[0050] 图像恢复/畸变校正处理部分 104b 从存储器部分 108 选择与图像拾取条件对应的图像恢复过滤器,以对输入的图像执行图像恢复处理。图像恢复/畸变校正处理部分 104b 从存储器部分 108 选择与图像拾取条件对应的几何变换条件,并然后对已执行图像恢复处理的图像执行几何变换处理。条件检测部分 107、图像恢复/畸变校正处理部分 104b 和存储器部分 108 构成图像拾取装置中的图像处理装置。

[0051] 图 2 示出涉及由图像恢复/畸变校正处理部分 104b 执行的图像恢复和几何变换的处理(图像处理方法)的流程图。在以下的描述中,图像恢复/畸变校正处理部分 104b 被称为“图像处理部分 104”。图像处理部分 104 由图像处理计算机构成,并且根据计算机程序执行处理。

[0052] 在步骤 S1 中,图像处理部分 104 获取基于来自图像拾取元件 102 的输出信号产生的输入图像作为图像恢复处理的目标。

[0053] 在步骤 S2 中,图像处理部分 104 从条件检测部分 107 获取图像拾取条件的信息(以下,称为“图像拾取条件信息”)。在本实施例中,图像拾取条件包含变焦位置、孔径直径和被照体距离。

[0054] 在步骤 S3 中,图像处理部分 104 从存储于存储器部分 108 中的多个图像恢复过滤器选择与在步骤 S2 中获取的图像拾取条件对应的图像恢复过滤器。

[0055] 存储器部分 108 仅存储与离散选择的图像拾取条件对应的图像恢复过滤器以减少图像恢复过滤器的数量(数据的数量)。因此,如果在存储器部分 108 中没有存储与在步骤 S2 中获取的图像拾取条件或与获取的图像拾取条件相当类似的图像拾取条件对应的图

像恢复过滤器,那么图像处理部分 104 选择与获取的图像拾取条件尽可能类似的图像恢复过滤器。在随后的步骤 S4 ~ S6 中,图像处理部分 104 校正图像恢复过滤器以使其对于在步骤 S2 中获取的图像拾取条件优化,由此产生要实际使用的图像恢复过滤器。

[0056] 图 3 示意性地示出存储于存储器部分 108 中的与离散选择的图像拾取条件对应的图像恢复过滤器。如上所述,存储于存储器部分 108 中的图像恢复过滤器被离散布置于图像拾取条件空间中,该图像拾取条件空间具有三个图像拾取条件轴,它们是变焦位置(条件 A)的轴、孔径直径(条件 B)的轴和被照体距离(条件 C)的轴。图像拾取条件空间中的各点(由黑圈表示)的坐标表示存储于存储器部分 108 中的图像恢复过滤器。

[0057] 在图 3 中,图像恢复过滤器被布置于与各图像拾取条件轴正交的线上的格子点处。但是,图像恢复过滤器可被布置为离开格子点。并且,图像拾取条件可包含除变焦位置、孔径直径和被照体距离以外的参数,或者,图像拾取条件的参数的数量不限于三个。即,可以提供基于图像拾取条件的四个或更多个参数的四维或更多维图像拾取条件空间,以在其中离散布置图像恢复过滤器。

[0058] 以下描述用于从这种离散布置的图像恢复过滤器产生要实际使用的图像恢复过滤器的方法。

[0059] 图 4 示出图像恢复过滤器的例子。在图像恢复过滤器中,根据图像拍摄光学系统 101 的像差量确定单元(分接头)的数量。图 4 所示的图像恢复过滤器是具有 11×11 个单元的二维过滤器。每个单元与一个图像的一个像素对应。

[0060] 通过使用作为包含多于 100 个的分割的单元的二维过滤器的图像恢复过滤器,即使当图像拍摄光学系统 101 具有诸如球面像差、慧形像差、纵向色差或轴外色斑的从图像形成位置广泛发散的像差时,也能够获取良好的图像恢复结果。并且,通过使用这种实际空间图像恢复过滤器对输入图像执行卷积处理,使得能够在不进行傅立叶变换的情况下实现图像恢复。

[0061] 每个单元被设为基于关于诸如球面像差、慧形像差、纵向色差或轴外色斑的图像拍摄光学系统 101 的像差的信息具有图 5 所示的值。图 5 示出图像恢复过滤器的一段上的单元值(过滤器值)。产生图像恢复过滤器,使得其过滤器值具有二维分布。在图 5 所示的例子中,产生图像恢复过滤器,以恢复在从输入图像的中心偏移的位置处具有非对称性质的诸如慧形像差的像差。

[0062] 通过计算或测量图像拍摄光学系统 101 的光学传递函数(OTF)并且对光学传递函数的反函数执行逆傅立叶变换来产生图像恢复过滤器。一般需要考虑噪声的影响,由此,可以选择性地使用用于产生 Wiener 过滤器或其它的恢复过滤器方法。

[0063] 光学传递函数优选不仅包含图像拍摄光学系统 101 中的因素,而且包含在图像处理部分 104 处由图像拾取元件 102 的输出信号产生输入图像时的因素,各因素使光学传递函数劣化。换句话说,可通过对基于图像拍摄光学系统的光学传递函数(或从光入射到图像拍摄光学系统 101 中到通过图像拾取元件 102 的图像拾取获取输入图像的光学传递函数)的反函数产生的函数执行逆傅立叶变换,产生图像恢复过滤器。

[0064] 图像拍摄光学系统 101 中的因素以外的使光学传递函数劣化的因素如下。例如,设置在图像拾取元件 102 的前面处的低通滤波器(未示出)关于光学传递函数的频率特性抑制高频成分。并且,类似地设置在图像拾取元件 102 的前面处的红外截止滤波器影响 R、

G 和 B 通道中的每一个（特别是 R 通道）的点扩散函数 (PSF)。并且，图像拾取元件 102 的像素孔径的形状或孔径比也影响频率特性。使光学传递函数劣化的其它因素是用于照射被照体的光源的光谱特性和各种波长滤波器的光谱特性。因此，优选基于考虑上述的因素的广义的光学传递函数产生图像恢复过滤器。

[0065] 图像拍摄光学系统 101 可被设置为图像拾取装置的一部分，或者，对于图像拾取装置可互换。

[0066] 当输入图像是 RGB 颜色图像时，优选产生用于 R、G 和 B 的颜色成分的多个（在本实施例中为三个）图像恢复过滤器。这是由于图像拍摄光学系统 101 具有色差，由此，模糊程度在颜色成分之间相互不同。因此，为了获取对于各颜色成分最佳的图像恢复过滤器，应基于色差改变其特性。换句话说，优选对于三种颜色成分产生具有相互不同的图 5 所示的单元值的二维分布的三个图像恢复过滤器。

[0067] 虽然图 4 示出具有 11×11 个单元的图像恢复过滤器，但是，可根据像差量任选地设定图像恢复过滤器的单元的数量。图像恢复过滤器的纵向和横向的单元的数量（单元布置）不需要采用图 4 所示的正方形布置。只要单元布置在卷积处理中作了考虑，就可以任意地改变单元的数量。

[0068] 以下将描述图像恢复过滤器的特定选择和产生（校正）方法。在图 3 中，假定由大的空心圆表示的图像拾取条件是在步骤 S2 中获取的实际图像拾取条件。当在实际图像拾取条件或与其相当类似的条件下存在存储于存储器部分 108 中的图像恢复过滤器（以下，称为“存储的过滤器”）时，该存储的过滤器被选择以被用于图像恢复处理。当在实际图像拾取条件或与其相当类似的条件下不存在存储的过滤器时，通过以下的方法选择或产生（校正）图像恢复过滤器。

[0069] 在步骤 S3 中，图像处理部分 104 计算图像拾取条件空间中的实际图像拾取条件和与多个存储的过滤器对应的图像拾取条件之间的距离。图像处理部分 104 选择与具有计算的距离中的最短的距离的图像拾取条件对应的存储的过滤器。

[0070] 对这种存储的过滤器的选择使实际图像拾取条件和与选择的存储的过滤器对应的图像拾取条件之间的差值量（条件差值量）最小化。作为结果，可以减少存储的过滤器的校正量，并且，可以产生更类似于与实际图像拾取条件对应的图像恢复过滤器的图像恢复过滤器。

[0071] 在图 3 中，假定选择与由小的空心圆表示的图像拾取条件对应的存储的过滤器。图 3 在概念上示出图像拾取条件空间。但是，各实际存储的过滤器的数据需要关于坐标值的信息。因此，存储的过滤器可包含坐标值信息，或者，可在地址（坐标）被预先设定的多维布置空间中设定各存储的过滤器的数据。

[0072] 然后，在步骤 S4 中，图像处理部分 104 计算与在步骤 S3 中选择的存储的过滤器对应的图像拾取条件 (A、B 和 C) 和实际的图像拾取条件之间的条件差值量 ΔA 、 ΔB 和 ΔC 。在步骤 S5 中，图像处理部分 104 基于条件差值量 ΔA 、 ΔB 和 ΔC 计算条件校正系数。在步骤 S6 中，图像处理部分 104 通过使用条件校正系数校正在步骤 S3 中选择的存储的过滤器。作为结果，可产生与实际图像拾取条件对应的图像恢复过滤器。

[0073] 另一方面，可通过图像恢复过滤器的选择、条件差值量的计算、条件校正系数的计算和选择的过滤器的校正，选择或产生与实际的图像拾取条件对应的几何变换处理（畸变

校正处理)的几何变换条件。但是,对于几何变换条件,形成图像拾取条件空间的轴的图像拾取条件的参数可与图像恢复过滤器的那些不同。例如,畸变像差不依赖于孔径直径,因此,图像拾取条件不需要包含孔径直径。

[0074] 然后,在步骤 S7 中,图像处理部分 104 通过使用选择或产生的图像恢复过滤器对在步骤 S1 中获取的输入图像执行图像恢复处理。通过使用图像恢复过滤器对输入图像执行卷积处理使得能够减少或去除由图像拍摄光学系统 101 的像差导致的包含于输入图像中的图像模糊成分和颜色模糊成分。

[0075] 然后,在步骤 S8 中,图像处理部分 104 通过使用选择或产生(校正)的几何变换条件对由步骤 S7 中的图像恢复处理获得的结果图像执行作为畸变校正处理的几何变换处理。几何变换处理可减少(或去除)由于图像拍摄光学系统 101 的像差产生的图像的畸变成分。

[0076] 并且,在该步骤中,图像处理部分 104 将由图像恢复处理获得的结果图像分成 R、G 和 B 的三种颜色成分。然后,图像处理部分 104 基于 G 图像对 R 和 B 图像执行几何变换(缩放)以使 R 和 B 图像与 G 图像匹配,这减少(或去除)作为倍率色差的成分的颜色剪切成分。调整用于畸变校正处理中的各颜色成分的几何变换条件使得能够通过畸变校正处理与畸变成分一起减少(或去除)颜色剪切成分。

[0077] 可通过与图像拾取装置不同的装置(个人计算机等)执行在步骤 S3 ~ S8 中执行的处理。在这种情况下,可执行用于将由不同的装置获取的图像恢复过滤器存储(安装)到图像拾取装置的存储器部分 108 中的处理。

[0078] 在图 1 中,通过图像处理部分 104 由图像恢复处理和畸变校正处理获得的输出图像以预定的格式被存储于诸如半导体存储器或光盘的图像记录介质 109 中。输出图像是通过图像恢复处理减少了畸变成分的鲜锐化的高质量图像。

[0079] 输出图像由显示部分 105 显示或者被输出到图像拾取装置的外面(打印机或数据库)。

[0080] 由系统控制器 110 控制包含图像拾取元件 102 处的光电转换、图像处理部分 104 处的图像处理、图像记录介质 109 中的记录和显示部分 105 处的图像显示的上述的操作。基于来自系统控制器 110 的指令由图像拍摄光学系统控制部分 106 控制图像拍摄光学系统 101 的变焦驱动和聚焦驱动。

[0081] 优选图像拍摄光学系统 101 被设计成使得中心图像高度的图像拍摄光学系统 101 的横向倍率是最大图像高度的横向倍率的 1.25 倍或更多倍。由此,可减少位置最接近被照体的图像拍摄光学系统 101 的前透镜的直径,或者,可以校正像场弯曲。如图 6 所示,本实施例在最大图像高度处产生 -20% 的畸变。

[0082] 如上所述,在本实施例中,图像处理部分 104 检测图像拾取装置的图像拾取条件,并然后执行与图像拾取条件对应的图像恢复处理和畸变校正处理以产生高质量输出图像。可从事先存储于存储器部分 108 中的图像恢复过滤器和几何变换条件中选择在图像恢复处理和畸变校正处理中使用的图像恢复过滤器和几何变换条件,或者,可通过校正存储的图像恢复过滤器和几何变换条件使得它们与实际图像拾取条件对应来获得它们。因此,可关于图像拾取条件连续地决定图像恢复过滤器和几何变换条件。

[0083] 并且,图像处理部分 104 对已执行图像恢复处理的图像执行畸变校正处理,这可

获得已很好地校正图像模糊成分和畸变成分的图像。并且,在图像恢复处理之后执行畸变校正处理可防止增加图像恢复过滤器的数据量和由几何变换导致的图像的劣化,并且使得能够将图像恢复过滤器应用于图像的周边部分以获得良好的输出图像。以下详细描述这些效果。

[0084] 基于从光入射到图像拍摄光学系统 101 中到通过图像拾取元件 102 的图像拾取而获取输入图像的光学传递函数 (OTF) 产生上述的图像恢复过滤器。通过基于对于设计的透镜数据的光线跟踪的计算或通过导致光入射到实际的图像拍摄光学系统获得的图像形成光的测量,获得该光学传递函数 (OTF)。当通过测量获得光学传递函数时,可通过直接测量的点扩散函数 (PSF) 或线扩散函数 (LSF) 的傅立叶变换来获得光学传递函数。通过各方法获得的光学传递函数 (OTF) 包含由于图像拍摄光学系统的畸变导致的图像面的周边部分的压缩和膨胀的影响。

[0085] 当畸变为负时,畸变具有筒形状,因此,形成的图像的周边部分随着位置接近其边缘被空间地压缩。并且,当畸变为正时,畸变具有卷轴形状,因此,形成的图像随着位置接近边缘被空间地膨胀。因此,基于光学传递函数 (OTF) 产生的图像恢复过滤器也包含畸变的影响。

[0086] 如上所述,图像恢复过滤器的各单元与作为校正目标的输入图像的一个像素对应。对输入图像执行利用图像恢复过滤器的卷积处理提供恢复的图像 (即,减少图像模糊成分)。对还没有执行畸变校正处理的图像执行利用图像恢复过滤器的卷积处理导致图像恢复过滤器的各单元适当地与图像的各像素对应,这使得能够获取良好的恢复图像。

[0087] 与此相对照,当对已执行畸变校正处理的图像执行利用图像恢复过滤器的卷积处理时,已对图像执行了几何变换,使得图像恢复过滤器的各单元根本不与图像的各像素对应,并因此不能获得良好的恢复图像。当畸变量大 (即,当畸变校正处理中的几何变换的量) 时,这种问题是明显的。

[0088] 表 1 示出横纵比为 4 : 3 并且像素数量为 1000 万的图 6 所示的图像的周边部分中的负畸变量的偏移像素的数量。在图 6 中,由实线表示的畸变格子表示畸变校正处理之前的图像 (畸变图像) 的形状,由相互正交的虚线表示的格子表示畸变校正处理之后的图像 (畸变校正图像) 的形状。表 1 中的偏移像素的数量表示图 6 中的对角方向 (特定方向) 的偏移像素的数量。

[0089] 从表 1 可以理解,即使当畸变量为 -5 % 时,几何变换中的偏移像素的数量也超过 100。因此,基本上不可能导致图像恢复过滤器的各单元与由通过具有畸变的图像拍摄光学系统的图像拾取而获取的图像的各像素对应。

[0090] [表 1]

[0091]

畸变 [%]	偏移像素的数量
-5	114
-10	228

-15	342
-20	456
-25	571

[0092] 当对已执行畸变校正处理的图像执行图像恢复处理时,作为用于致使图像恢复过滤器的各单元与图像的各像素对应的方法,存在根据畸变校正处理的几何变换条件使用已执行几何变换的图像恢复过滤器的方法。

[0093] 在图 7 的左侧,示意性地示出几何变换之前的原图像恢复过滤器,并且,在其右侧示意性地示出几何变换之后的图像恢复过滤器。原图像恢复过滤器具有 11×11 个单元。各单元具有值(未示出)。

[0094] 图 7 所示的几何变换之后的图像恢复过滤器已基于具有 -20% 的畸变量的图像的周边部分中的几何变换条件被校正。在畸变量为 -20% 的条件下,必须沿垂直方向和水平方向将图像恢复过滤器放大约两倍并执行像素(单元)内插。并且,应同时执行图像恢复过滤器的变换转换。

[0095] 图 7 右侧所示的粗线表示原图像恢复过滤器的几何变换之后的图像恢复过滤器的轮廓。几何变换之后的图像恢复过滤器被单元格子再分割,并且,再分割的图像恢复过滤器在实际图像恢复处理中被用作图像恢复过滤器。

[0096] 从图 7 可以清楚地看出,该方法根据畸变量增加图像恢复过滤器的单元的数量。因此,为了在图像拾取装置的存储器部分 108 中存储图像恢复过滤器,必须显著增加存储器部分 108 的容量。另外,图像恢复过滤器的单元的数量的增加使卷积处理中的计算量增加。因此,处理速度显著降低。并且,需要通过图像恢复过滤器的变换转换的再采样,这会降低精度。

[0097] 将参照图 8 描述另一问题。当对畸变校正处理之前的图像执行利用图像恢复过滤器的卷积处理时,只应在图中的包含由粗线所示的畸变图像的区域中执行利用图像恢复过滤器的卷积处理。当在图像的周边附近执行利用图像恢复过滤器的卷积处理时,根据过滤器的单元的数量需要比周边更靠外的区域的数据。比周边(粗线)更靠外的区域是最终通过后面执行的畸变校正处理不作为图像的一部分残留的不必要区域。但是,不必要区域是在畸变校正处理之前作为图像的一部分存在的区域,使得可通过使用不必要区域执行对图像的周边部分的图像恢复处理。

[0098] 另一方面,在对已执行畸变校正处理的图像的卷积处理中,图像恢复过滤器如上面描述的那样被放大,并且,在图像的周边部分附近产生不存在由图像恢复过滤器参照的数据的不可恢复区域。例如,在图 8 所示的情况下,几何变换之后的图像恢复过滤器只能参照第二象限。即使在假定不存在由图像恢复过滤器参照的数据的区域具有例如 0 的值的情况下执行处理,也不能获得良好的恢复图像。因此,事实上,最终图像为周边部分被切割的图像。

[0099] 在本实施例中,通过使用由图像恢复处理之后的畸变校正处理去除的图像区域(周边部分)的图像信息执行图像恢复处理。因此,可以在利用图像恢复过滤器的卷积处理中使用足够的图像信息。

[0100] 优选图像恢复过滤器和几何变换条件满足以下的关系（条件）：

[0101] $0 < F/D < 2$

[0102] 这里，D 表示已执行图像恢复处理的图像中的有效图像区域的边缘像素通过几何变换处理（畸变校正处理）沿特定方向偏移的像素的数量，并且，F 表示向边缘像素施加的图像恢复过滤器中的特定方向上的单元的数量。

[0103] 此关系的满足使得能够在不损害应在畸变校正之后留下的有效图像区域的情况下实现利用图像恢复过滤器的卷积处理。

[0104] 如果 F/D 的值超过以上的关系式的上限，那么会在图像恢复处理中在有效图像区域中产生不能执行卷积处理的区域。另一方面，如果 F/D 的值低于以上的关系式的下限，那么变得必须减少图像恢复过滤器的单元的数量，这会使得不能执行足够的图像恢复处理。

[0105] 在本实施例中，在图像沿其对角方向（特定方向）的边缘处，图像恢复过滤器沿其垂直方向的单元的数量为 11（= F）并且畸变量为 -20%。在这种情况下，偏移像素沿对角方向的数量为 274（= D）。因此，F/D 为 0.04。并且，在图像的水平方向的中心处的垂直方向（特定方向）上的边缘处，图像恢复过滤器沿其垂直方向的单元的数量为 11（= F）并且畸变量为 -20%。在这种情况下，偏移像素沿垂直方向的数量为 112（= D）。因此，F/D 为 0.1。

[0106] 更优选以上的关系式的下限为 0.02。

[0107] 可根据图像拍摄光学系统 101 的变焦位置选择性执行图像恢复处理和畸变校正处理。例如，当在望远端处存在很少的畸变时，只应执行图像恢复处理，这可使得处理速度快。

[0108] 即使在相同的图像拾取条件下，也根据视角（图像高度）改变上述的光学传递函数 (OTF)。因此，希望通过根据输入图像中的图像高度改变分割的多个区域中的每一个的图像恢复过滤器来执行图像恢复处理。在这种情况下，可通过在输入图像上扫描图像恢复过滤器执行卷积处理，并且，可对于各分割的区域依次改变图像恢复过滤器。

[0109] 并且，通过根据作为图像恢复处理的目标的输入图像中的像素的信号值校正图像恢复过滤器，能够抑制在输入图像的黑暗区域中变得明显的噪声的增加。与明亮区域中的图像信号的噪声成分相比，输入图像的黑暗区域中的图像信号的噪声成分相对较大，由此，图像恢复处理会强调噪声。因此，在黑暗区域中，校正图像恢复过滤器的各单元值以减少其图像恢复效果可抑制噪声的增加。可不对于信号值小于等于阈值的像素或像素区域执行图像恢复处理。

[0110] 并且，当在图像恢复处理之后的恢复图像中存在校正误差时，可执行另一图像处理以校正该校正误差。该另一图像处理可进一步减少由实际图像拾取条件和与用于图像恢复处理的图像恢复过滤器对应的图像拾取条件之间的不同导致的恢复图像中的残留像差成分。

[0111] 并且，当在输入图像中存在亮度饱和区域时，在输入图像的周边部分中像差成分变得明显。但是，在图像恢复处理中，原亮度值可能对于亮度值饱和的像素是未知的，从而无法实现良好的校正。在这种情况下，从图像恢复处理之后的恢复图像检测残留像差成分以执行适应的校正处理，使得能够实现更高的图像质量。适应的校正处理校正最终留在具有通过本实施例的图像恢复处理减少的图像模糊成分和畸变成分的图像中的像差，使得优

选在畸变校正处理之后执行适应校正处理。

[0112] 如上所述,在本实施例中,通过畸变校正处理校正已通过图像恢复处理校正的图像。因此,本实施例可在不增加图像恢复过滤器的单元的数量、不使图像恢复的精度劣化并且不在图像的周边部分中产生不可恢复的区域的情况下提供良好的输出图像。

[0113] 以上的实施例已描述了使用图像处理方法(即,配备图像处理装置)的图像拾取装置。但是,可通过安装在个人计算机中的图像处理程序实现图像处理方法。在这种情况下,个人计算机与本发明的图像处理装置对应。个人计算机取入(获取)由图像拾取装置产生并且还要经受图像恢复处理的图像(输入图像),并且根据图像处理程序执行图像恢复处理以输出结果图像。

[0114] 实施例 2

[0115] 以下将描述本发明的第二实施例(实施例 2)。还在基本上与实施例 1 中的图 1 所示的图像拾取装置相同的图像拾取装置中执行本实施例的图像处理方法。因此,与实施例 1 的部件相同或具有与其类似的功能的部件由与实施例 1 的附图标记相同的附图标记表示。可通过个人计算机(图像处理装置)执行在本实施例中描述的图像处理。

[0116] 通过图像恢复处理,本实施例不仅减少(校正)输入图像的图像模糊成分和颜色模糊成分,而且减少(校正)作为倍率色差的成分的颜色剪切成分。因此,本实施例使用能够在图像恢复处理中校正图像模糊成分、颜色模糊成分和颜色剪切成分的图像恢复过滤器。本实施例通过畸变校正处理减少(校正)畸变成分。

[0117] 本实施例根据图像拾取条件对于 R、G 和 B 的各颜色成分选择图像恢复过滤器,或者通过校正所选择的图像恢复过滤器产生它们。

[0118] 图 9 示出各颜色成分的图像恢复过滤器的例子。由 R、G 和 B 所示的图像恢复过滤器分别是对于 R、G 和 B 颜色的过滤器。这些图像恢复过滤器是实施例 1 描述的用于校正图像模糊成分和颜色模糊成分的过滤器,但是不具有对于与倍率色差对应的颜色剪切成分的校正功能。

[0119] 图 9 中的 R'、G' 和 B' 所示的图像恢复过滤器也是分别用于 R、G 和 B 颜色的过滤器。除了对于图像模糊成分和颜色模糊成分的校正功能以外,这些图像恢复过滤器中的每一个具有对于颜色剪切成分的校正功能。特别地,在三个图像恢复过滤器中的至少一个(R' 和 B')中,具有单元值(过滤器值)中的最大绝对值的单元(即最大值单元)的位置从图像恢复过滤器的中心单元的位置偏移。

[0120] 在各图像恢复过滤器中,变黑的单元是最大值单元,并且,由 x 表示的单元是中心单元。

[0121] 由于各颜色成分的光学传递函数(OTF)的差异,因此,由图 9 中的 R、G 和 B 所示的图像恢复过滤器在过滤器特性上相互不同。但是,图像恢复过滤器的最大值单元的位置相同(与中心单元的位置相同)。

[0122] 除了过滤器特性不同以外,由 R'、G' 和 B' 所示的图像恢复过滤器在最大值单元的位置关于中心单元的位置的偏移量上相互不同。图像恢复过滤器(R'、G' 和 B')中的最大值单元的位置的相对偏移量与图像拍摄光学系统 101 的倍率色差的量对应。图 10 示出图 9 中的 R' 所示的图像恢复过滤器的一段中的单元值(过滤器值)。

[0123] 通过使得由各颜色成分的 R'、G' 和 B' 所示的图像恢复过滤器的单元值分布相

互不同,使得能够校正图像模糊成分和各颜色的颜色模糊成分。并且,通过使得由 R' 、 G' 和 B' 所示的图像恢复过滤器的单元值分布的位置相互不同(即,使得图像恢复过滤器中的最大值单元的位置和中心单元的位置之间的偏移量相互不同[但是, G' 的偏移量在本实施例中为 0]),使得能够校正颜色剪切成分。

[0124] 如果当单元值分布移动时图像恢复过滤器的单元值分布从原单元区域突出,那么优选增加图像恢复过滤器的单元的数量。

[0125] 接着,参照图 11,将描述由使用图 9 中的 R' 、 G' 和 B' 所示的图像恢复过滤器的图像恢复处理获得的效果。在图 11 中,(a) 示出输入图像,如果不存在图像拍摄光学系统 101 的像差的影响则一般具有矩形轮廓的 R 、 G 和 B 的被照体图像由于图像拍摄光学系统 101 的像差而劣化成模糊图像。

[0126] 实线、虚线和点划线分别表示 G 成分、 R 成分和 B 成分。在 (a) 中, G 成分、 R 成分和 B 成分在模糊扩展上和在峰值位置上相互不同。各颜色成分的轮廓的劣化与图像模糊成分对应,由颜色成分中的模糊量的不同导致的着色与颜色模糊成分对应,并且,峰值位置的偏移与颜色剪切成分对应。

[0127] 在图 11 中,(b) 表示通过使用图 9 中的 R 、 G 和 B 所示的图像恢复过滤器在 (a) 所示的输入图像上执行图像恢复处理的情况下的恢复图像。在恢复图像中,在模糊成分(包含颜色模糊成分)已被校正时,颜色剪切成分还要被校正,使得 R 、 G 和 B 的被照体图像具有它们的原矩形轮廓。如实施例 1 描述的那样执行各颜色图像的缩放或畸变校正处理可校正颜色剪切以获得 (c) 所示的图像。

[0128] 另一方面,通过使用 R' 、 G' 和 B' 所示的图像恢复过滤器对 (a) 所示的输入图像执行图像恢复处理,同时如 (c') 所示的那样校正各颜色成分中的模糊成分(包含颜色模糊成分)和颜色剪切成分。

[0129] 如上所述,本实施例可在一个(单一)图像恢复处理中执行在常规的图像处理中已被分开执行的对于模糊成分的校正处理(即,图像恢复处理)和对于颜色剪切成分的校正处理。因此,可通过高速图像恢复处理减少模糊成分和颜色剪切成分(放大色差成分),并然后可通过畸变校正处理校正畸变成分,这可提供良好的输出图像。

[0130] 特别是当对由图像拾取产生的图像执行图像处理时,希望首先减少(校正)畸变成分以外的模糊成分和颜色剪切成分,并最后校正畸变成分。

[0131] 以上的实施例中的每一个已描述了输入图像是 RGB 颜色图像的情况。但是,本发明可被应用于诸如 YCC 颜色图像的其它颜色图像。

[0132] 虽然已参照示例性实施例说明了本发明,但应理解,本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有的变更方式和等同的结构及功能。

[0133] 如上所述,实施例中的每一个在通过几何变换处理减少畸变成分之前对图像执行用于减少模糊成分的图像恢复处理,由此抑制图像恢复过滤器的单元的数量增加。换句话说,实施例中的每一个可将图像恢复过滤器的单元的数量减少到与模糊成分对应的小数量。并且,当在图像恢复处理之后对图像执行几何变换处理时,由于畸变的特性,因此,可以在没有图像恢复处理对于几何变换条件的影响的情况下校正畸变成分。因此,实施例中的每一个可在防止由于图像恢复过滤器的数据量的增加导致降低处理速度的同时很好地校

正模糊成分和畸变成分。

[0134] 本申请要求在 2008 年 9 月 30 日提交的日本专利申请 No. 2008-252325 的益处,在此通过引用并入其全部内容。

[0135] 工业适用性

[0136] 本发明可提供能够校正包含于由图像拾取产生的图像中的模糊成分和畸变成分以输出高质量图像的图像处理方法、图像处理装置和图像拾取装置。

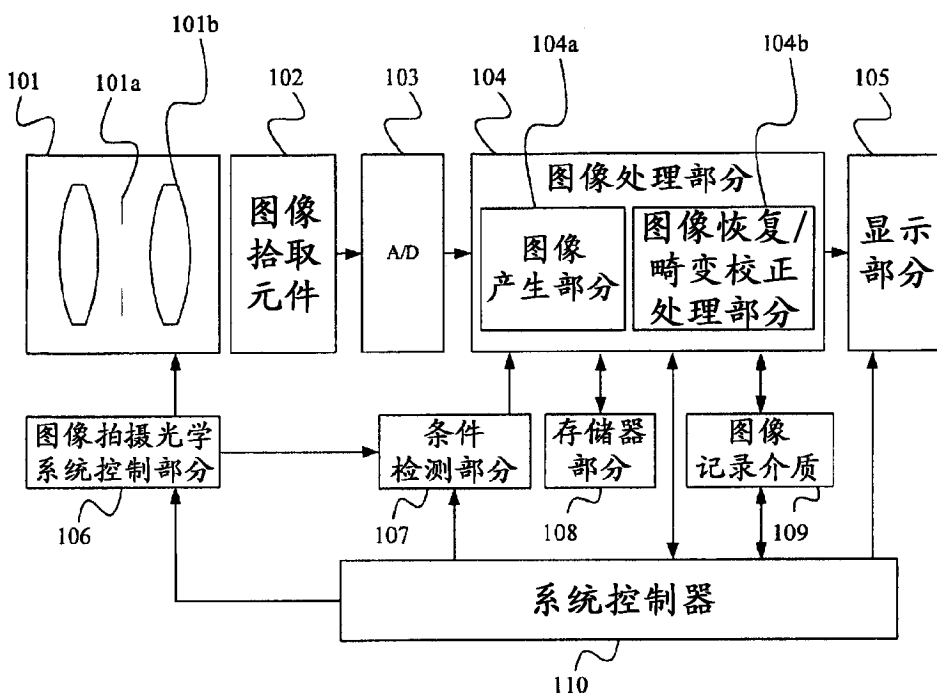


图 1

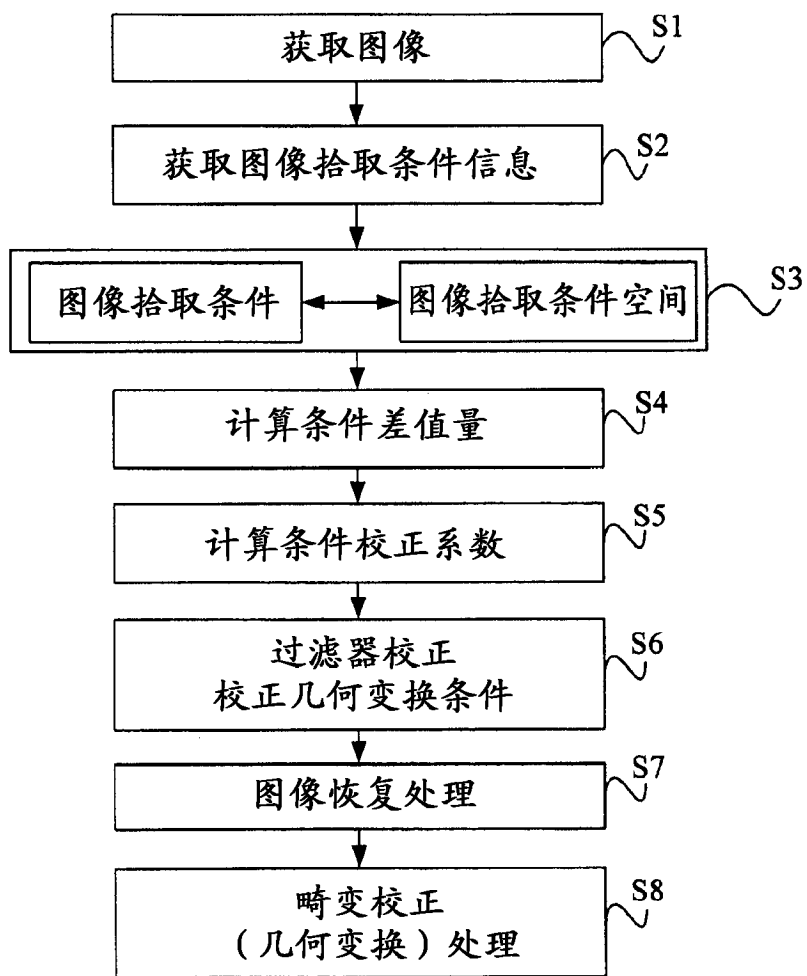


图 2

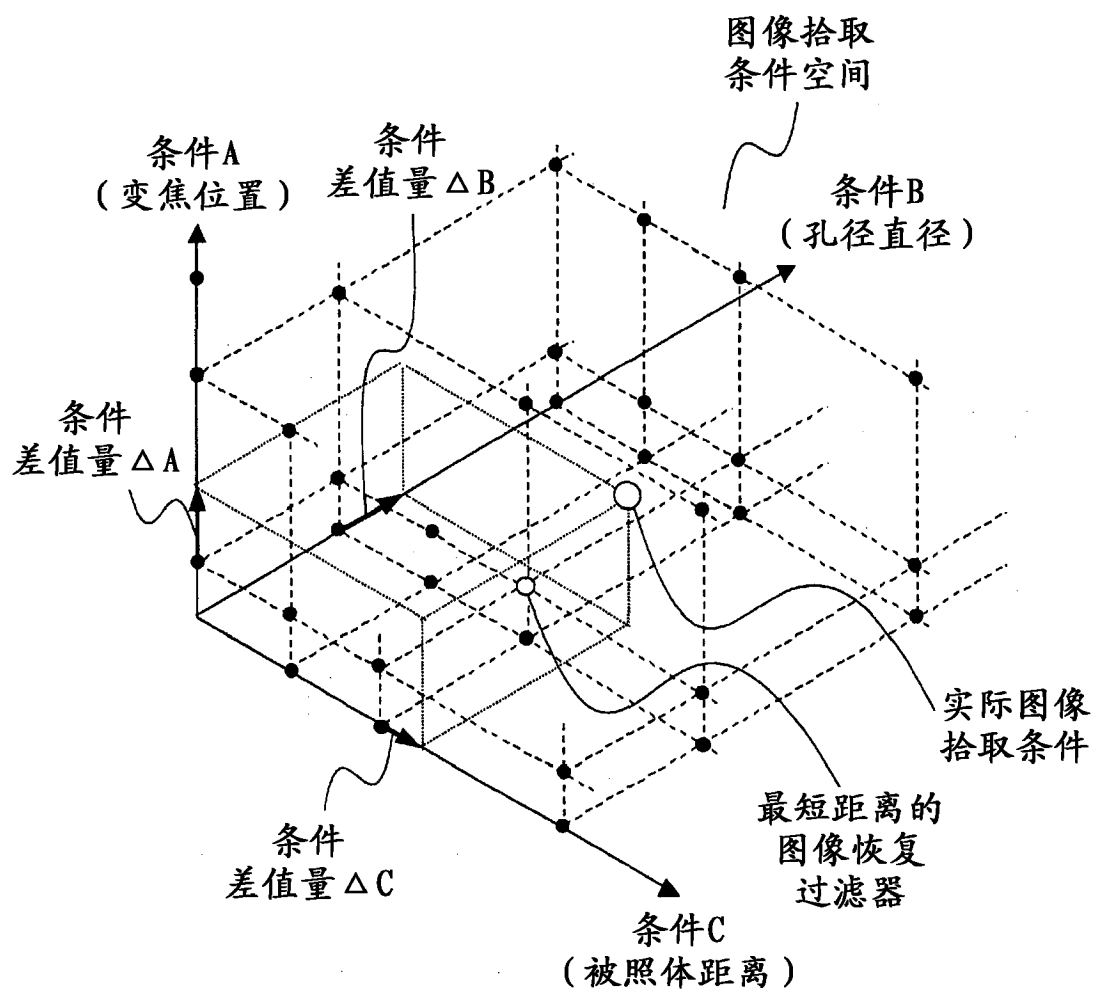


图 3

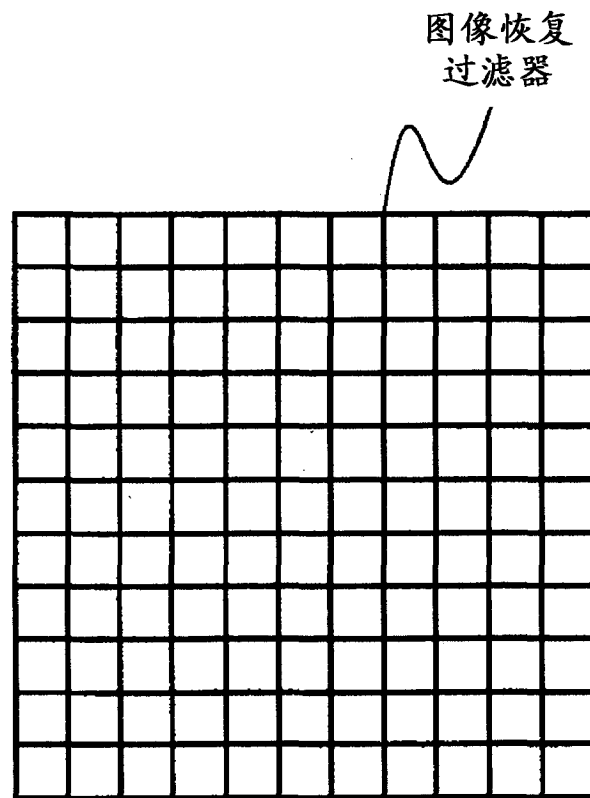


图 4

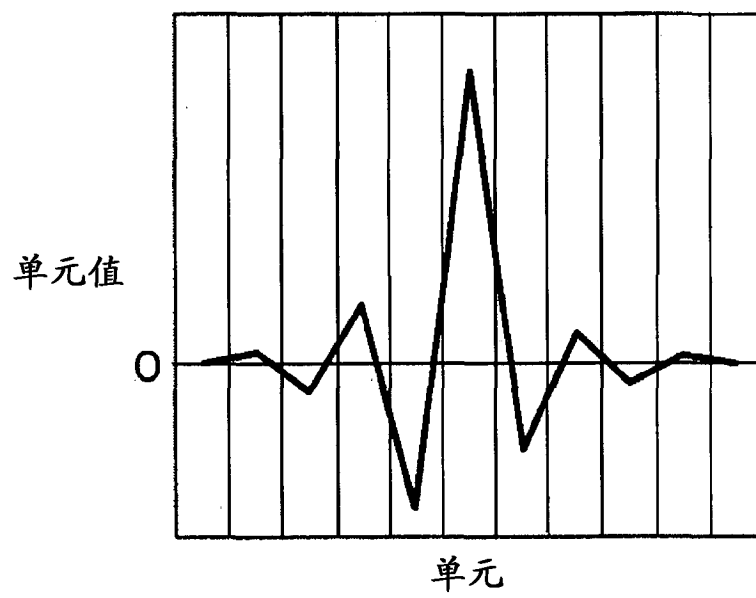


图 5

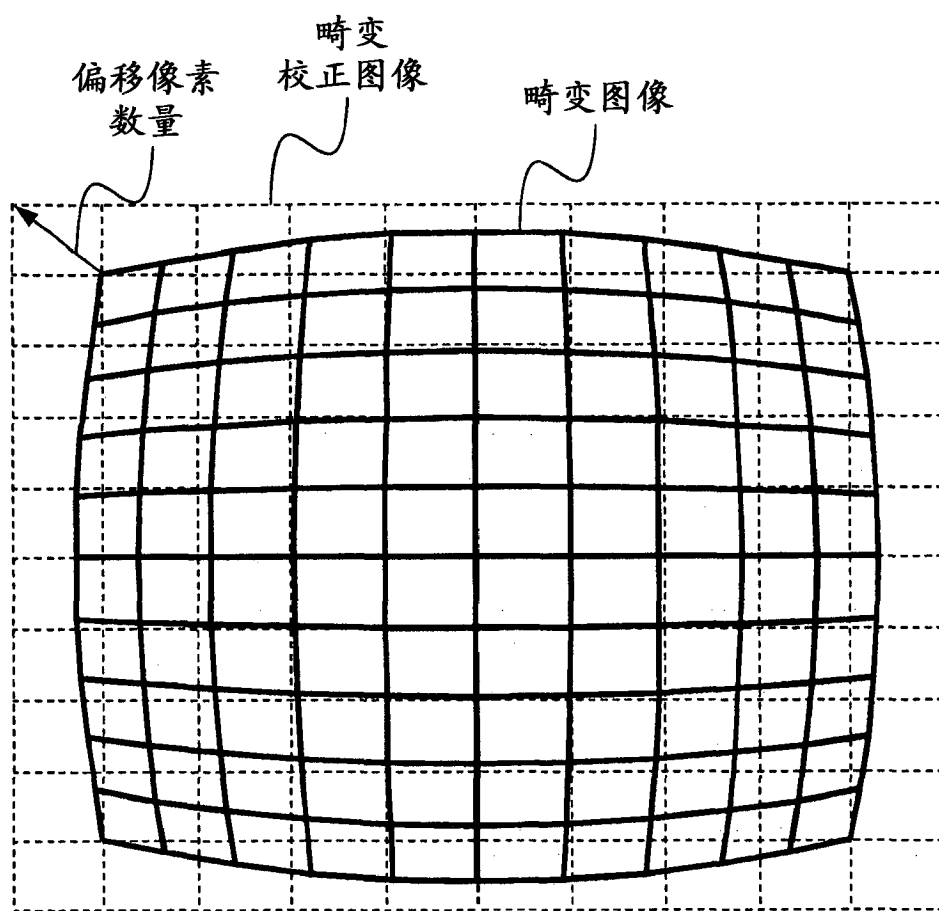


图 6

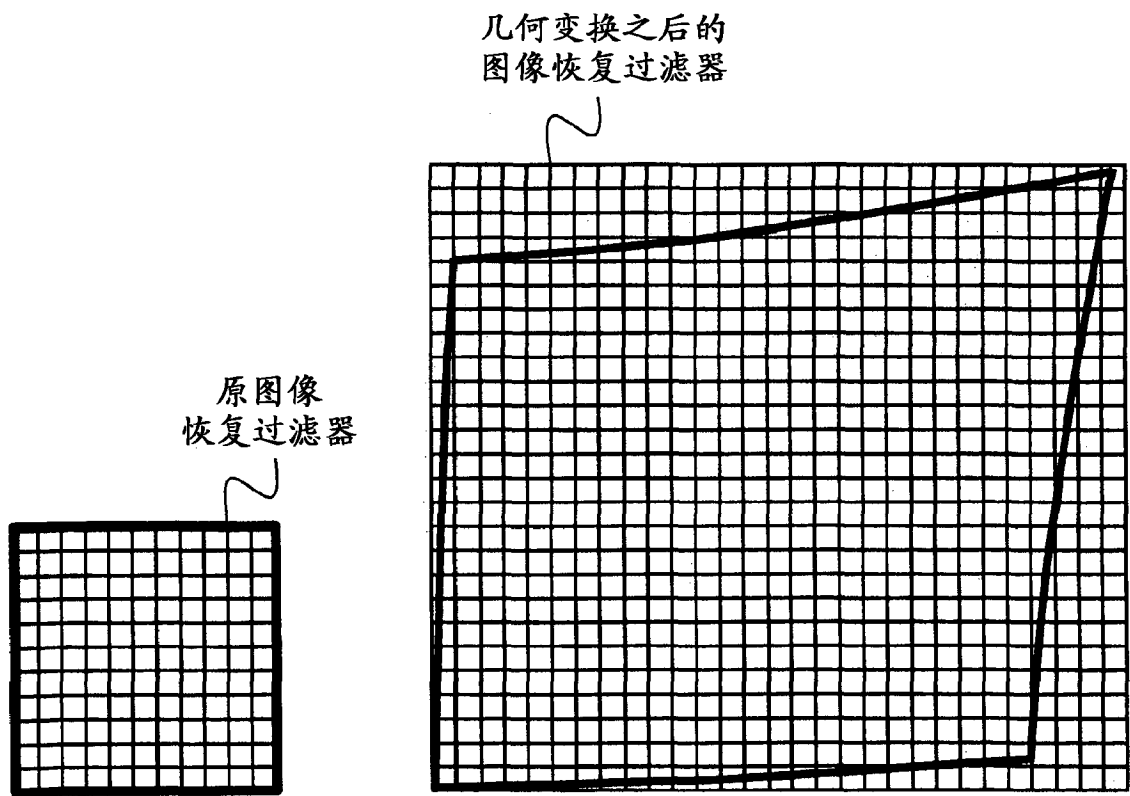


图 7

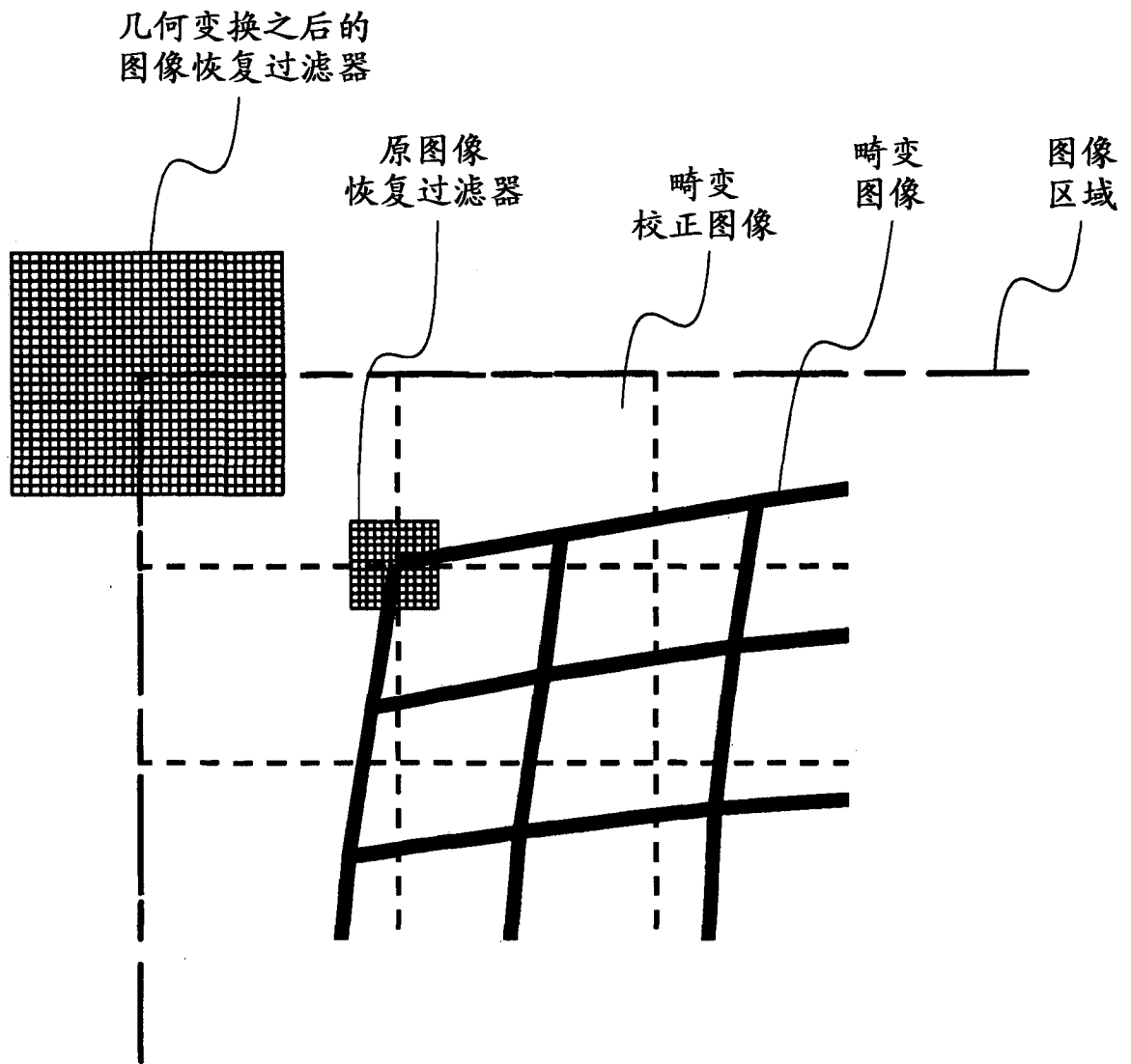


图 8

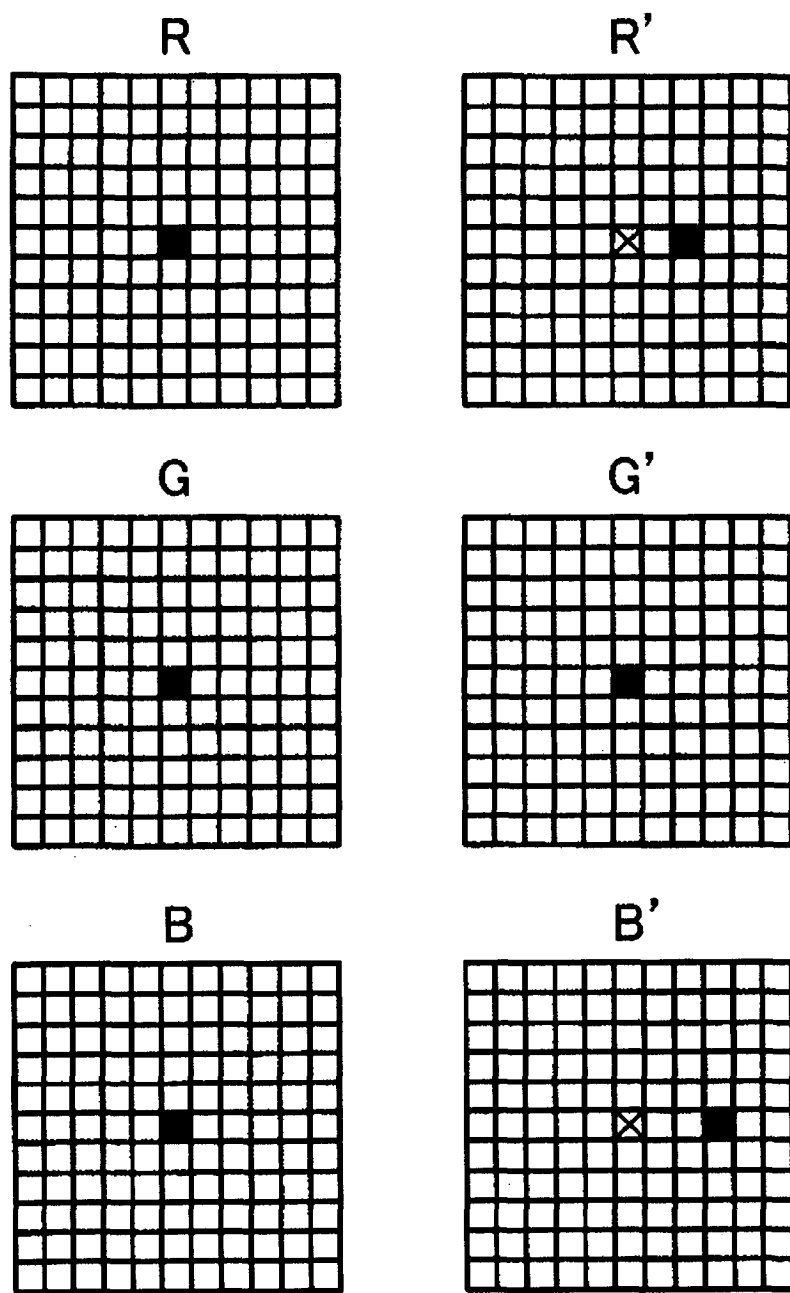


图 9

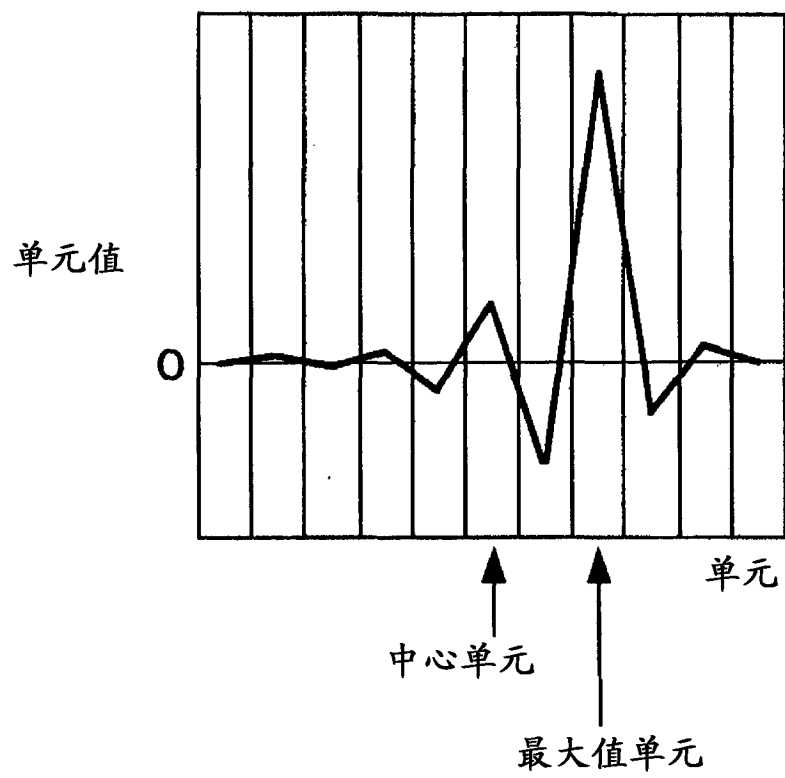


图 10

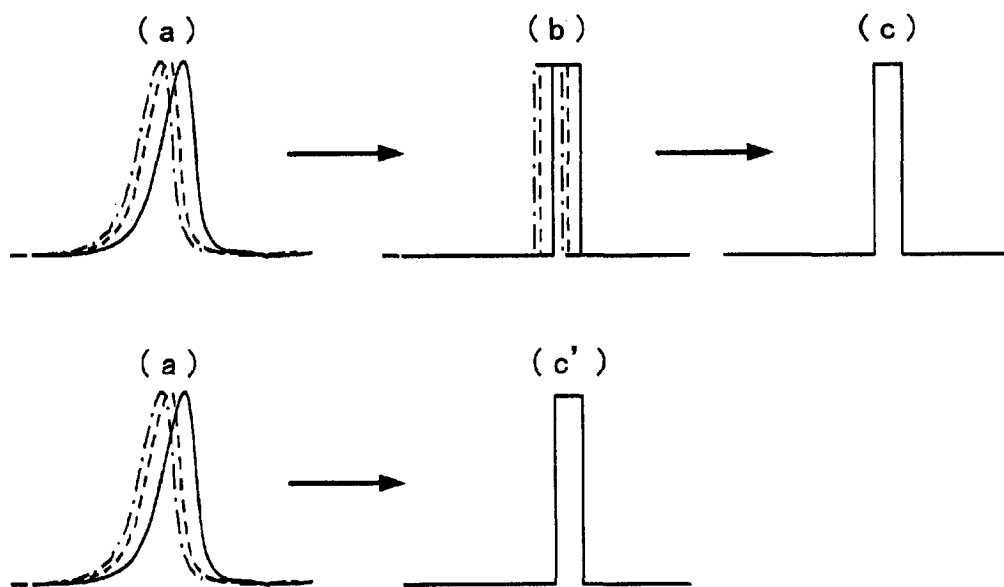


图 11