

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102346907 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 08

(21) 申请号 201110213030. 7

(22) 申请日 2011. 07. 26

(30) 优先权数据

10170770. 1 2010. 07. 26 EP

(71) 申请人 索尼公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 理查德·斯蒂林 - 加拉彻

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258

代理人 宋鹤

(51) Int. Cl.

G06T 5/00 (2006. 01)

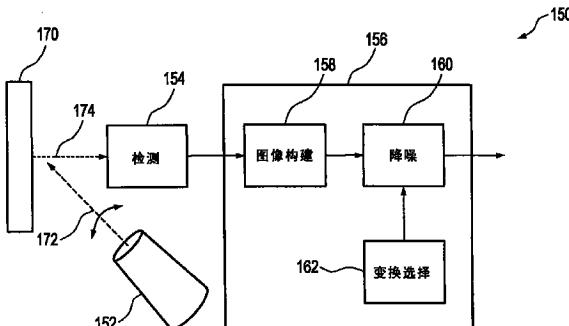
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 11 页

(54) 发明名称

用于减少斑点噪声的主动成像设备和方法

(57) 摘要

本发明公开了用于减少斑点噪声的主动成像设备和方法。本发明涉及用于对场景成像，特别是用于有效地减少斑点噪声的主动成像设备及对应方法。所提出的设备包括 - 照射装置 (152)，用于利用辐射照射所述场景 (170)，- 辐射检测装置 (154)，用于响应于所述照射来检测从所述场景 (170) 接收的辐射，并且用于根据所检测到的辐射生成检测数据，- 图像构建装置 (158)，用于根据所述检测数据来构建所述场景 (170) 或所述场景 (170) 的一个或多个部分的图像，- 降噪装置 (160)，用于通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像，以及 - 变换选择装置 (162)，用于为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪装置 (160) 应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。



1. 一种用于对场景成像的主动成像设备，包括：

- 照射装置 (152)，用于利用辐射照射所述场景 (170)，

- 辐射检测装置 (154)，用于响应于所述照射来检测从所述场景 (170) 接收的辐射，并且用于根据所检测到的辐射生成检测数据，

- 图像构建装置 (158)，用于根据所述检测数据来构建所述场景 (170) 或所述场景 (170) 的一个或多个部分的图像，

- 降噪装置 (160)，用于通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像，以及

- 变换选择装置 (162)，用于为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪装置 (160) 应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

2. 如权利要求 1 所述的主动成像设备，

其中，所述降噪装置 (160) 适用于向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维小波变换，并且

其中，所述变换选择装置 (162) 适用于为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪装置应用的所选小波变换。

3. 如前面的任一权利要求所述的主动成像设备，

其中，所述变换选择装置 (162) 适用于基于预定变换选择规则来分别选择一个或多个所选变换。

4. 如权利要求 3 所述的主动成像设备，

其中，所述变换选择装置 (162) 适用于确定整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征的方差和 / 或标准偏差，并且用于选择针对整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征产生最小方差和 / 或最小标准偏差的一个或多个变换来作为所选变换。

5. 如权利要求 3 所述的主动成像设备，

其中，所述变换选择装置 (162) 适用于确定整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征的平均值和 / 或信噪比，并且用于选择针对整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征产生最高平均值和 / 或最高信噪比的一个或多个变换来作为所选变换。

6. 如前面的任一权利要求所述的主动成像设备，

还包括特征识别装置 (164)，用于分析所述检测数据并且识别所述场景中的各个特征。

7. 如权利要求 6 所述的主动成像设备，

其中，所述变换选择装置 (162) 适用于为每个单独的所识别特征分别选择一个或多个所选变换。

8. 如前面的任一权利要求所述的主动成像设备，

还包括存储装置 (166)，用于存储供所述变换选择装置 (162) 选择的不同类型、不同阶数、不同系数和 / 或不同阈值的多个变换，特别地，存储不同小波类型和 / 或不同小波阶数的多个小波变换。

9. 如前面的任一权利要求所述的主动成像设备，

其中,所述设备是超声设备、安全扫描仪或主动放射成像设备。

10. 一种用于对场景成像的主动成像方法,包括以下步骤:

- 利用辐射照射所述场景(170),
- 响应于所述照射来检测从所述场景(170)接收的辐射,
- 根据所检测到的辐射生成检测数据,
- 根据所述检测数据来构建所述场景(170)或所述场景(170)的一个或多个部分的图像,

- 通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像,以及

- 为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述处理步骤应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

11. 一种用在如权利要求1要求保护的主动成像设备中的图像处理设备(156),所述主动成像设备用于对场景成像并且包括用于利用辐射照射所述场景(170)的照射装置(152),以及用于响应于所述照射来检测从所述场景(170)接收的辐射并且根据所检测到的辐射生成检测数据的辐射检测装置(154),所述图像处理设备包括:

- 图像构建单元(158),其根据所述检测数据来构建所述场景(170)或所述场景(170)的一个或多个部分的图像,

- 降噪单元(160),其通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像,以及

- 变换选择单元(162),其为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪单元(160)应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

12. 一种用在如权利要求11要求保护的主动成像方法中的图像处理设备(156),所述主动成像方法用于对场景成像并且包括步骤:利用辐射照射所述场景(170)以及响应于所述照射来检测从所述场景(170)接收的辐射,所述图像处理方法包括:

- 根据所检测到的辐射生成检测数据,

- 根据所述检测数据来构建所述场景(170)或所述场景(170)的一个或多个部分的图像,

- 通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像,以及

- 为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述处理步骤应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

13. 一种包括程序代码装置的计算机程序,当所述计算机程序在计算机上被运行时用于使得计算机执行如权利要求12要求保护的方法的步骤。

14. 一种在其上存储有指令的计算机可读非暂态介质,当所述指令在计算机上被运行时,使得该计算机执行如权利要求12要求保护的所述方法的步骤。

15. 一种用于对场景成像的主动成像设备,包括:

- 照射器 (152), 其利用辐射照射所述场景 (170),
- 辐射检测器 (154), 其响应于所述照射来检测从所述场景 (170) 接收的辐射, 并且用于根据所检测到的辐射生成检测数据,
- 图像构建器 (158), 其根据所述检测数据来构建所述场景 (170) 或所述场景 (170) 的一个或多个部分的图像,
- 降噪单元 (160), 其通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像, 以及
- 变换选择器 (162), 其为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪单元 (160) 应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

16. 一种用在如权利要求 15 要求保护的主动成像设备中的图像处理器, 所述主动成像设备用于对场景成像并且包括用于利用辐射照射所述场景 (170) 的照射器 (152), 以及用于响应于所述照射来检测从所述场景 (170) 接收的辐射并且根据所检测到的辐射生成检测数据的辐射检测器 (154), 所述图像处理器包括 :

- 图像构建器 (158), 其根据所述检测数据来构建所述场景 (170) 或所述场景 (170) 的一个或多个部分的图像,
- 降噪单元 (160), 其通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像, 以及
- 变换选择器 (162), 其为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪单元 (160) 应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

用于减少斑点噪声的主动成像设备和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于对场景成像的主动成像设备 (active imaging device) 及对应方法。本发明还涉及用在主动成像设备和方法中的图像处理设备和方法。此外，本发明涉及计算机程序以及存储这样的计算机程序的计算机可读非暂态介质。本发明具体地涉及减少斑点噪声 (speckle noise)。

背景技术

[0002] 斑点噪声 (在下面也称为“斑点”) 是固有地存在于由诸如主动雷达和合成孔径雷达 (SAR) 之类的主动成像设备获得的图像中并且降低这种图像的质量的粒状噪声。传统雷达中的斑点噪声是由来自不大于单个图像处理元件的物体的返回信号中的随机波动引起的。其增大局部区域的平均灰度水平。

[0003] 已提出了各种技术来减少诸如激光投影仪之类的照射系统的影响，然而这些技术专注于去除所发射信号的相位相干性，其有助于减少最终图像上的斑点。然而，由于在主动成像设备中所发射信号维持其相位相干性是重要的，因此这样的技术无法用于主动成像设备。

[0004] 此外，已提出使用小波变换来通过对高频分量进行阈值截取 (thresholding) 来减少噪声的影响。M. Matrinsi 等的“Fuzzy Thresholding in Wavelet Domain for speckle Reduction in Synthetic Aperture Radar Images”，International Journal of Intelligent Systems and Technologies, Summer 2006, p. 252–265 提出结合受模糊控制器控制的动态阈值来在算法域中使用二维 (2D) 离散小波变换。小波变换是固定的，并且示例示出了使用第 15 阶 daubechies 小波时的性能。M. Matrinsi, A. E. Giraldez 的“Smoothing of coefficients in wavelet domain for speckle reduction in synthetic Aperture Radar Images”，Journal of ICGST-GVIP, Volume 5, Issue 6, June 2005 提出使用利用了平滑收缩阈值和定向滤波方法的二维离散小波变换。所使用的小波是固定的。Y. H. Lu. 等人的“Speckle Reduction by Wavelet transform”，Microwave Conference 1999 Asia Pacific, Vol. 2, pp. 542–545 提出首先使用传统滤波 (在此情况中，为 Lee 滤波)，然后使用利用了软阈值的 2D 离散小波变换。所使用的小波是固定的，并且使用了基于第 4 阶的 Daubechies 小波的变换。Z. Zeng 等人的“Bayesian Speckle Noise Reduction Using the Discrete Wavelet Transform”，International Geo-science and Remote Sensing Symposium IGARSS’ 98, Seattle, 6–10th July, 1998 提出在具有多级分解的算法域中使用二维离散小波变换。Bayesian 估计然后被用来设置不同级的阈值。所使用的小波是固定的并且第 4 阶的 Daubechies 被使用。

发明内容

[0005] 本发明的一个目的是提供可用来通过较小努力有效减少在主动成像期间出现的斑点噪声的主动成像设备和方法。本发明的另一目的是提供对应的图像处理设备和方法，

以及用于实现所述图像处理方法的对应计算机程序和计算机可读介质。

[0006] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于对场景成像的主动成像设备,包括:

[0007] - 照射装置,用于利用辐射照射所述场景,

[0008] - 辐射检测装置,用于响应于所述照射来检测从所述场景接收的辐射,并且用于根据所检测到的辐射生成检测数据,

[0009] - 图像构建装置,用于根据所述检测数据来构建所述场景或所述场景的一个或多个部分的图像,

[0010] - 降噪装置,用于通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像,以及

[0011] - 变换选择装置,用于为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪装置应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

[0012] 根据本发明的另一方面,提供了一种用在如上面定义的并且如根据本发明的一个方面提出的主动成像设备中的图像处理设备,所述图像处理设备包括对应的图像构建单元、降噪单元和变换选择单元。

[0013] 根据其它方面,提供了:一种包括程序装置的计算机程序,当所述计算机程序在计算机上被运行时用于使得计算机执行根据本发明的所述方法的步骤,以及一种在其上存储有指令的计算机可读非暂态介质,当所述指令在计算机上被运行时,使得该计算机执行根据本发明的所述方法的步骤。

[0014] 本发明的优选实施例在从属权利要求中被定义。应当明白,所有要求保护的设备和方法、要求保护的计算机程序和要求保护的计算机可读介质具有与要求保护的主动成像设备类似的和 / 或相同的并且如从属权利要求中定义的优选实施例。

[0015] 本发明的发明人发现,使用具有固定的具体小波类型和固定阶数的小波变换的已知斑点降噪技术显示出了缺点。具体地,在场景(或物体)与接收器(即,辐射检测装置)之间的距离可能改变并且粗糙度分布可能跨越给定场景(或跨越给定物体)或者根据不同场景(或根据不同物体)而改变的情况下,用于获得最好性能的最优变换类型和 / 或阶数可以改变。使用恒定的小波变换,斑点减少性能会降低,因为最好的小波阶数和类型可能不会被使用。

[0016] 因此,根据本发明的一个方面,提出了照射场景(包括将被成像的物体,例如,人)即,将辐射发射到场景上(或者仅物体上)。在接收器(或辐射检测装置及其相连元件)处,响应于所述照射从所述场景接收辐射,从辐射生成检测数据,检测数据随后被用来构建该场景(或一个或多个部分,例如,图像部分、图像特征)的图像。一维或多维(优选地,二维)变换然后被应用于整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征。最后,使得在图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的变换被选择供所述降噪装置应用,即,所述变换随后最终被降噪装置应用来处理所生成的图像。

[0017] 因此,本发明通过使用多个不同变换(例如,这些变换的储库(bank))缓解了上面提到的已知方法和设备的缺点,并且根据实施例,在通过变换处理图像之后,基于对图像的简单测量来选择最合适的变换。因此本发明不同于上述已知方法和设备。

[0018] 本发明蕴含的主要不只是随机地尝试许多不同变换。例如,在手持设备中,所提供

的变换的数目（例如，在储库中）是有限的（由于有限的复杂度 / 能耗），并且可以取决于该扫描仪将被使用的环境 / 场合来提前预选变换的数目。除了描述了不同变换可被用于减少斑点以外，优选地，标准还被提供用于执行该选择。

[0019] 如所提出的，在动态基础上，动态地选择变换将产生更好的性能。针对许多传统的斑点减少问题，系统的参数被固定。对于这样的系统，使用一个变换可能就是足够的。例如，已知的斑点减少方法涉及其中发射器与将要研究的物体之间的距离仅变化了整体距离的较小百分比的图像（即，地球表面的 SAR（合成孔径雷达）成像），并且系统的许多其它参数被固定。然而，并未描述或建议性能增益和动态选择变换类型的运用。也没有现有技术描述斑点噪声减少性能、变换类型、图像类型和系统参数之间的关系。除了描述了动态选择不同变换可被用于减少斑点之外，在实施例中还提出了用于执行选择的标准。

[0020] 为了提高处理速度，不同变换可以并行地来实现，因此此主意的处理延迟不会比仅使用一个变换长很多。现代的数字信号处理（例如，使用 FPGA 和 ASIC）能够实现许多不同并行变换的实现。

[0021] 优选地，如实施例中所提出的，多个不同小波变换被提供用于选择。然而，也可以使用其它变换，例如，也可以应用于图像降噪的其它变换，如离散余弦变换（DCT）、轮廓波变换和多项式变换。在一实施例中，不仅提供某类变换（例如不同小波变换），而且还可以提供不同阶数的变换。

[0022] 根据本发明的另一方面，提供了一种用于对场景成像的主动成像设备，包括：

[0023] - 照射器，其利用辐射照射所述场景，

[0024] - 辐射检测器，其响应于所述辐射来检测从所述场景接收的辐射，并且用于根据所检测到的辐射生成检测数据，

[0025] - 图像构建器，其根据所述检测数据来构建所述场景或所述场景的一个或多个部分的图像，

[0026] - 降噪单元，其通过向整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征应用一维或多维变换来处理所述图像，以及

[0027] - 变换选择器，其为整个图像、该图像的一个或多个部分或者该图像中的所选特征选择供所述降噪单元应用以使得在所述图像、该图像的相应部分或相应特征中具有最小斑点噪声的所选变换。

[0028] 根据本发明的另一方面，提供了一种用在如上面定义的并且如根据本发明的一个方面提出的主动成像设备中的图像处理设备，所述图像处理设备包括对应的图像构建单元、降噪单元和变换选择单元。

附图说明

[0029] 本发明的这些和其它方面将从以下描述的实施例变得清楚并且下面将参考以下描述的实施例更详细地对本发明的这些和其它方面进行说明。在以下附图中，

[0030] 图 1A 和 1B 示出了主动成像设备的第一和第二实施例，

[0031] 图 2A 和 2B 示出了用于对具有中间层的物体成像的主动成像设备的第一和第二实施例，

[0032] 图 3 示出了图示出物体的粗糙表面的示图，

- [0033] 图 4A 和 4B 示出了图示出在粗糙表面上生成斑点噪声的示图，
- [0034] 图 5 示出了一层时的 1D 小波变换单元的第一实施例，
- [0035] 图 6 示出了 1D 降噪单元的第一实施例，
- [0036] 图 7 示出了多层时的 1D 小波变换单元的第二实施例，
- [0037] 图 8 示出了一层时的 2D 小波变换单元的第一实施例，
- [0038] 图 9 示出了 2D 降噪单元的第一实施例，
- [0039] 图 10 示出了 2D 降噪单元的第二实施例，
- [0040] 图 11 示出了根据本发明的主动成像设备的第一实施例，
- [0041] 图 12A 和 12B 示出了图示出根据本发明实施例的特征选择的示图，并且
- [0042] 图 13 示出了根据本发明的主动成像设备的第二实施例。

具体实施方式

[0043] 对于包括医疗和安全应用在内的多种应用，主动成像系统在超声波、微波、毫米和太赫兹频率上正变得越来越流行。

[0044] 主动成像系统中的发射器和接收器的布置可以采取许多不同形式，但是在最一般的意义上来说，主动系统使用发射器（一般地，“照射装置”）通过以感兴趣的（一个或多个）频率来照射（即，发出辐射到）将被研究的物体（或物品，一般为“场景”）并且分析由于物体的反射和 / 或透射特性而接收到的信号。本发明主要涉及利用反射信号的主动成像，尽管该想法也可以用在利用发射信号的主动成像中。

[0045] 图 1A 和图 1B 示意性地图示出主动成像设备的简单布置的一般布局。图 1A 示出了双站 (bi-static) 布置 10，其中，包括发射天线 14 的发射器 12（标为 TX）和包括接收天线 18 的接收器 16（标为 RX）未被搭配起来。图 1B 示出了单站 (mono-static) 布置 20，其中，包括一个或多个（分离的或共享的）天线 24 的发射器和接收器两者 22 被搭配起来。在这些简单的一般布置 10、20 中，用于发射器和接收器两者的波束天线 14、18、24 被示出，它们可以用许多不同方式来实现。

[0046] 物体 30（一般地，为场景，其通常包括该物体，例如人或物品）被辐射 32 照射，并且所反射辐射 34 被检测，根据该检测到的辐射生成辐射信号以用于进一步处理。在这些简单布置 10、20 中，通常假设辐射 32 的发射波触碰该物体的平坦表面 36 并且没有非常大量的发射能量渗透到物体 30（或物品）中。该主动成像设备可以使用任何类型的发射方案（即，基于脉冲的、多载波、频率调制连续波 (FMCW) 等）并且可以使用任何频率。

[0047] 这种不渗透物体或物品的表面的情况通常类似于空中交通管制雷达检测飞行器机身或者所发射波不渗透人类皮肤的主动成像安保身体扫描仪。

[0048] 用于对具有多个反射层 36、38 的物体 30（或物品）成像的成像设备的布置 10、20 在图 2A 和图 2B 中示出。这里，这两种布置 10、20 通常是双站的。这种多层情况的典型示例是在使用超声（< 10MHz）或超宽带（通常为 3-10GHz）频率时的医疗诊断中。

[0049] 对于所有这些系统，当在接收器处分析反射信号时，所接收信号（以及得到的最终图像）可能因称为斑点噪声的乘性噪声而恶化。斑点噪声是由多次反射（其具有不同相移）相加生成的并且在物体具有粗糙反射表面或层时发生。粗糙度的简单模型在图 3 中示出。这样的粗糙度可以出现在物体 30 的表面 36 处或者可以出现在如图 2 所示的物体 30

的中间层 38 之一处。

[0050] 参考图 4A 和 4B 图示出了斑点噪声出现的原因。在图 4A 中, 假设发射信号 32 正以 90° 触碰物体表面 36(或中间层)。图 4B 示出了反射信号 34。由于表面 36(或中间层)是粗糙的, 因此总反射信号 34 是可由接收器天线接收到的所有不同反射之和。由于各个反射信号 34 中的许多必须行进不同距离(归因于粗糙度), 因此它们都具有不同相移并且反射信号的总功率可被降低。

[0051] 如果一些反射信号必须比其它反射信号多行进半个波长($\lambda/2$), 则相位差可为 180° 并且反射可以完全彼此抵消。在图 4 中, 示例最大粗糙度为($\lambda/4$), 并且从该粗糙度中最低的部分反射回的信号的确必须比从表面 36 的顶部反射回的波多行进($\lambda/2$)。

[0052] 因此当物体被扫描时(例如, 通过移动 Tx 和 Rx 波束天线方向, 或者通过移动发射器和接收器单元, 或者通过电子地扫过天线波束或辐射模式), 取决于正被照射的表面的粗糙度、正被接收的表面的粗糙度以及照射频率, 所接收信号可以存在巨大变化。因此, 为了优化图像中所有物体的可见性, 需要减少斑点噪声。已提出了许多不同技术来应对斑点, 包括使用多种频率和各种滤波技术, 如上所述, 所有这些技术具有不同优点和缺点。根据本发明, 提出了用于克服已知技术的缺点的新方法。

[0053] 本发明提出的新方法是基于使用对从所获取的检测数据构成的图像的变换的。优选地, 小波变换被应用为这样的变换。因此, 在说明本发明的细节之前, 将讨论使用小波变换的细节。

[0054] 小波变换是用于减少图像中的噪声的公知的常用技术。小波变换通常以离散形式来实现(利用采样的数字信号), 但是也可以利用模拟分量以连续形式来实现。下面的说明集中于离散形式的小波变换来说明概念, 但是应注意, 本发明的实施例还可以利用离散或连续(非离散)方式的小波变换(或其它变换)来实现。

[0055] 通常, 一维离散小波变换(1D DWT)用来去除来自线(line)的噪声, 二维小波变换(2D DWT)用来去除来自 2D 图像的噪声。

[0056] 一维 DWT 单元 40 的示例在图 5 中示出, 其中, 离散输出 42 被传递给低通滤波器(LPF)44 和高通滤波器(HPF)46。然后, 以因子 2 对两个滤波器 44、46 的结果进行的下采样在下采样单元 48、50 中执行。取决于所选择的具体小波, 该对低通和高通滤波器 44、46 将具有一定的脉冲响应和对应的频率响应。因此, 通过为 DWT 单元 40 选择不同小波, 不同对的低通和高通滤波器 44、46 被形成。在低通滤波器路径的输出处, 近似(低频)系数 CA 被提供, 在高通滤波器路径的输出处, 详细(高频)系数 CD 被提供。

[0057] 通常, 为了去除较高频噪声分量, 高通滤波器的输出被传递给阈值单元(其可以通过多种不同方式来实现, 其去除(或截断)预定阈值(对于幅度来说)以上的高频分量的幅度), 并且然后被传递给对应的 IDWT, 如图 6 所示, 图 6 示出了降噪单元 60 的一个实施例, 该降噪单元 60 包括如图 5 所示的一维 DWT 单元 40、高通滤波器路径中的阈值单元 62 以及逆 DWT(IDWT) 单元 70。IDWT 单元 70 包括用于以因子 2 进行上采样的上采样单元 72、74, 并且同样包括低通滤波器 76 和高通滤波器 78。滤波器输出然后被组合, 从而得到滤除噪声的输出 80。

[0058] 图 5 和图 6 示出了一级 DWT 单元。然而, DWT 单元也可以具有多级分解。具有三级的 DWT 单元 90 的这样的实施例在图 7 中示出。这样的 DWT 单元 90 包括如图 5 所示的三

个 DWT 单元 40 的级联,其中,前一 DWT 单元的低通滤波器路径的输出被提供作为后一 DWT 单元的输入。第一级 DWT 单元 40a 提供详细系数 CD_1 作为输出,第二级 DWT 单元 40b 提供详细系数 CD_2 作为输出,并且第三级 DWT 单元 40c 提供详细系数 CD_3 和近似系数 CA_3 作为输出。

[0059] 通常,一维 DWT 用来对图像的线进行滤波。为了对二维图像(而非线)进行滤波,通常使用 2D DWT 单元。2D DWT 单元 100 的示例(对于一级)在图 8 中示出。该变换的输入 102 是包含一组行和列的图像的区域。可见,图像的行首先被低通滤波器 104 和高通滤波器 106 滤波,之后是用于对列进行下采样的下采样单元 108、110。然后,在每一遍(pass)中,图像的列被低通滤波器 112、114 和高通滤波器 116、118 滤波,之后是用于对行进行下采样的下采样单元 120、122、124、126。

[0060] 按照与 1D DWT 相同的方式,高通滤波器和低通滤波器具有与所选择的小波相对应的冲击响应和频率响应。从图 8 可见,2D DWT 单元 100 具有四个输出,这四个输出对应于近似(低频)系数 CA 、用于水平分量的详细水平(高频)系数 CHD 、用于垂直分量的详细垂直(高频)系数 CVD ,以及用于对角线分量的详细对角线(高频)系数 CDD 。

[0061] 用于降噪的 2D DWT 的典型应用在图 9 中示出,图 9 示出了 2D 降噪单元 130 的示意框图。这里,可见,信号的高频分量(用于水平、垂直和对角线的详细分量),即,2D DWT 单元 100 的输出在经由 2D IDWT 单元 134 被转换回正常域之前被传递到阈值单元 132。

[0062] 用于降噪的 2D 降噪单元 140 的另一实施例在图 10 中示出。这里,可见,输入 102 首先经由偏置单元 144 被传递到对数单元 142(在此情况中为自然对数),并且 2D IDWT 单元 134 的输出经由偏置单元 148 被传递到逆对数单元 146(在此情况中为指数函数)。这样做是为了在对数域中执行小波变换,其将乘性斑点噪声转换为加性噪声,加性噪声通过小波变换可被更有效地减少。偏置单元 144、148 被提供为使得对数单元 142 和逆对数单元 146 的输入不必计算非正(零或负)值输入。

[0063] 由于斑点噪声是乘性噪声,已知的滤波方法通常在如图 10 所示的对数域中使用 DWT 对或 2D DWT 对(即,一对是指如在降噪单元中通常所提供的小波变换/逆小波变换),这是因为通过采取对数,该乘性噪声从乘性噪声被转换为加性噪声。使用 DWT 来减少斑点噪声的基本挑战在于 DWT(和对应的 IDWT)中包含的低通滤波器和高通滤波器是由所选择的小波函数确定的。通过选择不同的小波类型和/或阶数,DWT 中的低通滤波器和高通滤波器的冲击响应和频率响应会改变。因此,本发明的一个要素是使用多个(至少两个)不同变换对,优选地,小波变换对(比如,具有对应的阈值单元)来减少斑点噪声。不同的小波对可以具有不同小波阶数和/或不同小波类型,并且可以或可以不具有不同的阈值算法。

[0064] 用于对例如包括物体的场景 170 成像的主动成像设备 150 的第一实施例在图 11 中示意性地示出。设备 150 包括照射装置 152,例如,如图 1 和图 2 所示的包括发射天线 14 的发射器 12,用于利用辐射 172 来照射该场景 170,例如利用具有多个照射频率、覆盖多个照射频率或单个照射频率的照射频率范围的辐射来照射该场景 170。辐射检测装置 154,例如如图 1 和图 2 所示的包括接收天线 18 的接收器 16,被提供用于响应于该照射 172 来检测从该场景 170 接收的辐射 174 并且用于根据所检测到的辐射 174 生成检测数据。该检测数据随后在图像处理器 156 中被处理。

[0065] 这里,注意,对场景 170 的扫描可以以不同方式来实现,例如,通过(电子地)移动

Tx 和 / 或 Rx 波束天线方向和 / 或通过 (机械地) 移动发射器和 / 或接收器单元或者通过任何其它装置, 例如, 波束成形天线或镜子。此外, 取代分离的发射器和接收器, 这里可以使用共同的收发器 (例如, 如在单站雷达中使用的)。此外, 多个发射器和 / 或多个接收器也可被应用来增加扫描时间。

[0066] 处理器 156 包括用于根据检测数据来构建该场景 170 或该场景 170 的一个或多个部分 (例如, 感兴趣的图像部分或图像特征) 的图像的图像构建装置 158。此外, 降噪装置 160 被提供用于通过向整个图像、图像的一个或多个部分或该图像中的所选特征应用一维或多维 (例如, 二维) 变换来处理该图像。此外, 变换选择装置 162 被提供用于为整个图像、图像的一个或多个部分或该图像中的所选特征选择供所述降噪装置 160 应用的、在该图像、该图像的相应部分或相应特征中产生最少斑点噪声的所选变换。

[0067] 该处理器 156 的元件 158、160、162 可以用硬件和 / 或软件来实现。下面将更详细地说明它们的功能和效果。降噪装置具体地可以如图 5 至图 10 中所示那样来实现。

[0068] 因此, 在本发明的实施例中, 不同变换 (例如, 不同小波变换) 对被用来对整个图像或该图像的一部分或该图像的特征进行滤波, 并且具有最好的减少斑点性能的小波对被选择用于形成最终图像。

[0069] 为了选择具有最好的斑点减少性能的小波对, 优选地, 变换选择装置 162 使用小波选择规则。这种小波选择规则具有许多可能性, 但一些可能的选择规则如下:

[0070] a) 选择使得产生具有最低方差 (或标准偏差) 的输出 (其可以是整个图像、图像的一部分, 或图像的特征) 的小波变换对。这样, 在不同小波变换对的输出处来测量方差 (或标准偏差); 或者

[0071] b) 选择使得产生具有最高信噪比 (SNR) 的输出的小波变换对。其可以作为输出的平均值除以方差而被测量, 或者可以通过任何其它合适的信噪比测量方法来测量。

[0072] 由于斑点的水平取决于表面或层的粗糙度等, 因此物体的不同部分或特征在给定照射频率下将具有不同的斑点水平。物体的平滑部分或特征在一组宽的照射频率上都将具有非常低的斑点水平, 而物体的粗糙部分在粗糙度分布具有接近 $\lambda/4$ 的平均值时将具有非常高的斑点水平, 其中, λ 是照射频率的波长。

[0073] 取决于每个特征的粗糙度的确切分布, 将不同变换用于降噪可以是有利的。因此, 本发明的一个主意是获得跨越整个图像的最小斑点水平, 找到用于 (一个或多个) 所选 (或每个) 特征的一组最好的变换, 并且然后将这些变换应用于最终图像中的该特征。这在图 12A 和 12B 中示意性地被示出, 其中, 图 12A 示出了包括五个特征的示例场景, 并且图 12B 示出了同一场景, 其中, 对于每个特征, 已从可用变换 w_1 至 w_5 中选出了最好的变换。可见, 不同特征可以具有不同的最好变换。

[0074] 在不同小波对将对不同图像特征滤波的情况下, 首先, 将在如图 13 所示的另一实施例中所提供的特征识别单元 164 中利用特征识别算法来识别该特征。存在可在这里应用的用于执行特征识别的许多算法。特征识别算法的一个示例一般地在 Zengguo 等人的 “Research and Improving on Speckle MMSE Filter Based on Adaptive Windowing and Structure Detectjion”, IEEE International Conference on V ehicular Electronics and Safety 2005, pp. 251–256 中有一般描述, 但是还存在许多其它可能性。优选地, 在此情况下, 使变换选择单元 162 适用于分别为每个单独的所识别特征选择一个或多个所选变

换。

[0075] 此外,在此实施例中,存储装置 166 被提供(其独立于特征识别单元 164),并且也可以在其它实施例中被提供。在该存储装置 166 中,不同类型、不同阶数、不同系数和 / 或不同阈值的多个变换,特别是不同小波类型和 / 或不同小波阶数的多个小波变换,被存储以供变换选择装置 162 选择。

[0076] 尽管根据本发明,一般地,不同变换可被应用,在优选实施例中,使降噪装置 160 适用于向整个图像、图像的一个或多个部分或该图像中的所选特征应用一维或多维小波变换。此外,使变换选择装置 162 适用于(一般地,取决于小波变换是被应用于整个图像、图像的一个或多个部分还是该图像中的所选特征)为整个图像、图像的一个或多个部分或该图像中的所选特征选择供所述降噪装置 160 应用的所选小波变换。

[0077] 根据本发明的优选实施例,对于小波变换,存在可被提供来供选择并被使用的许多不同类型、不同阶数和不同阈值(或自适应阈值)。它们也可以通过不同的滤波器系数来区分,然而这些与小波类型和阶数直接相关。例如,在由不同特征(具有对应的不同粗糙度分布)构成的 2D 图像上,不同小波类型可能表现得不同,并且对于不同距离(或缩放比)处的同一特征,同一小波变换的不同阶数表现不同。

[0078] 下面,提供了具有常规地被考虑的阶数的可能类型的小波变换的列表。在许多情况下,可能的阶数实际上高于这里列出的数目,但是这里的阶数是通常被考虑的阶数。

[0079] Haar(1 阶)

[0080] Daubechies(20 阶)

[0081] Symlets(20 阶)

[0082] Coiflets(5 阶)

[0083] 双正交(6 阶,具有各种数目的子阶)

[0084] 逆双正交(6 阶,具有各种数目的子阶)

[0085] Meyer(1 阶)

[0086] 离散 Meyer(1 阶)

[0087] Mexican Hat(1 阶)

[0088] Morlet(1 阶)

[0089] 复数 Morlet(1 阶)

[0090] Guassian(8 阶)

[0091] 复数 Guassian(8 阶)

[0092] 复数 Shannon(5 阶)

[0093] 复频率 B 样条(6 阶)

[0094] 在本发明的实施例中,不必使用所有的变换,而是可以使用这些变换中的仅一些。

[0095] 例如储库中被提供用于选择的不同变换的数目一般取决于设备的能力。例如,如果本发明被用在小型手持扫描仪中,则储库中可被存储并被处理的不同变换的数目是有限的,并且最好是提前预先选择储库中的变换组。该预先选择阶段可以考虑到该扫描仪的某些性质(例如,半能束宽度、操作频率等)、将在其中使用固有扫描仪的场合(即,将被扫描的物体的距离的范围、将被扫描的可能材料的组,等等)。

[0096] 相比于手持超声医学扫描仪,储库中的变换组对于用于机场中的安全扫描仪的手

持扫描仪来说可能完全不同。对于手持扫描仪，设想处理可以实时地进行，因此用户不希望有很大延迟。为了提高处理速度，不同变换可以并行地实现，因此使用本发明的处理延迟不会比仅使用一个变换长很多。现代的数字信号处理（使用 FPGA（现场可编程门阵列）和 ASIC（专用集成电路））更有能力来实现许多并行变换的实现。

[0097] 总之，与已知方法和设备相比，所提出的本发明的主要优点在于：由于最好的变换，例如，最好的小波变换对（小波变换 / 逆小波变换）从可用变换，例如，从小波变换对的储库中被选择，因此对于广泛范围的场合，都提高了斑点减少性能。

[0098] 本发明可被应用于广泛范围的应用和技术领域中，特别是场景的主动成像被使用以及斑点噪声通常成为一个问题的所有领域中。这些领域具体地包括例如利用超声的医学成像、主动放射测量或安全扫描领域。可应用频率可以从宽的范围来选择，具体地，取决于应用种类来选择。该宽的频率范围一般在从 20kHz 到数百 THz 的范围。优选的频率范围是在毫米波长范围中。

[0099] 已在附图和前面的描述中图示出并详细地描述了本发明，然而这些图示和描述被认为是说明性和示例性的，而非限制性的。本发明不限于所公开的实施例。本领域技术人员通过学习附图、本公开和所附权利要求，在实践要求保护的发明时可以明白并实现针对所公开实施例的许多改变。

[0100] 在权利要求中，单词“包括”不排除其他元件或步骤，并且不定冠词“a”或“an”不排除多个。单个元件或其它单元可以实现权利要求中记载的数项的功能。某些措施被记载在相互不同的从属权利要求中的这个事实并不表明这些措施的组合不能加以利用。

[0101] 计算机程序可以在与其它硬件一起提供的或者作为其它硬件一部分被提供的诸如光存储介质或固态介质之类的合适非暂态介质上被存储 / 分发，然而也可以以其它形式被分发，例如经由因特网或其它有线或无线通信系统。

[0102] 权利要求中的任何标号不应被认为是对范围的限制。

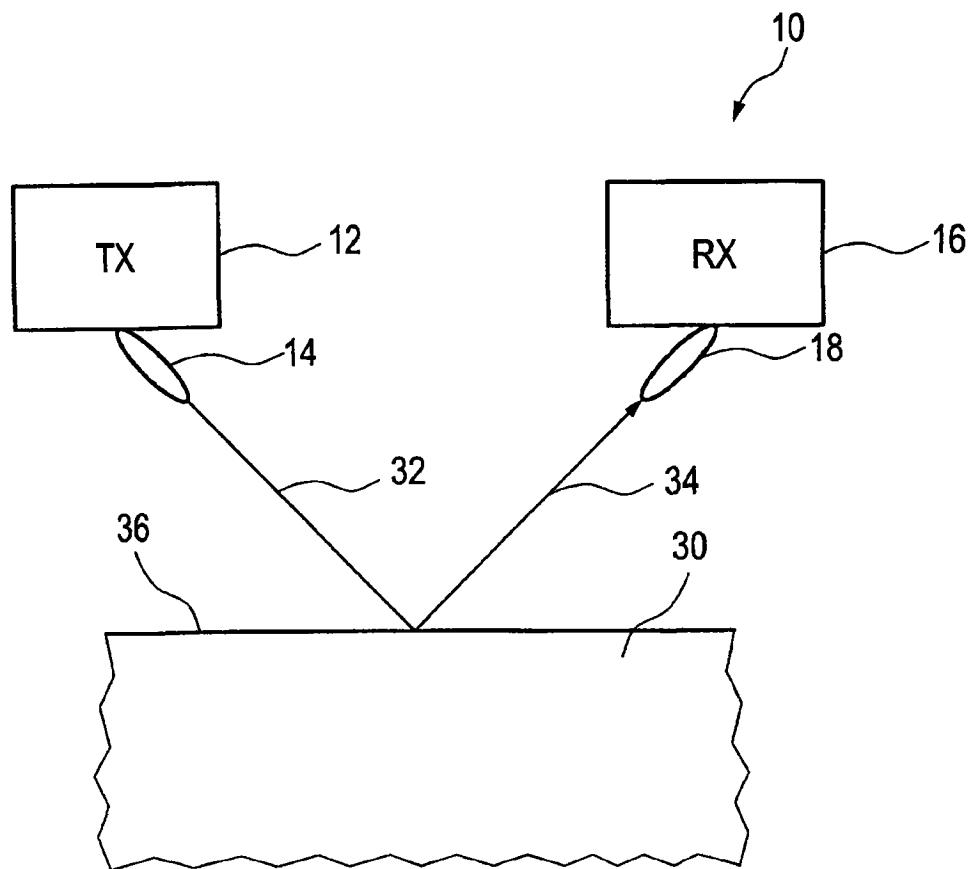


图 1A

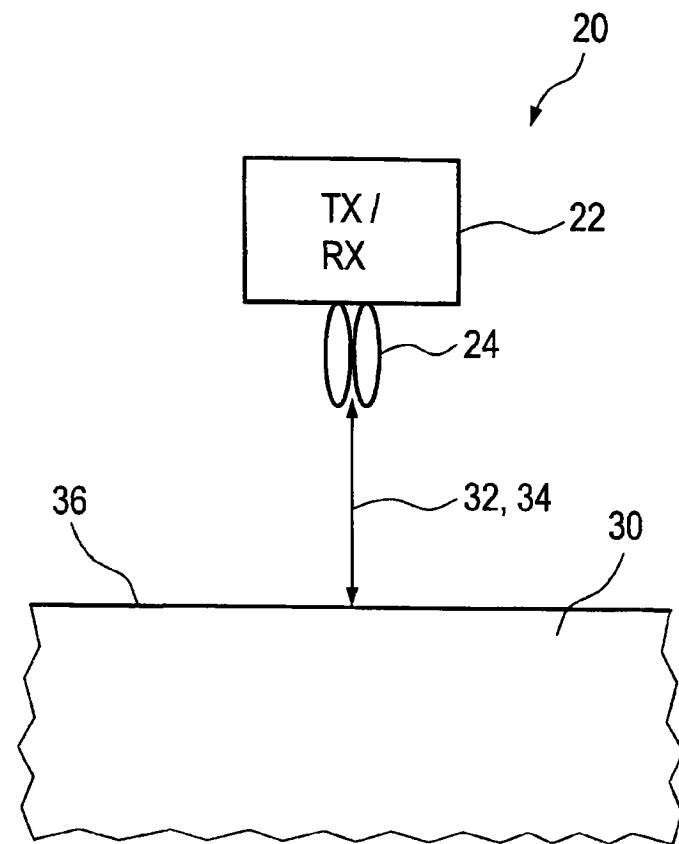


图 1B

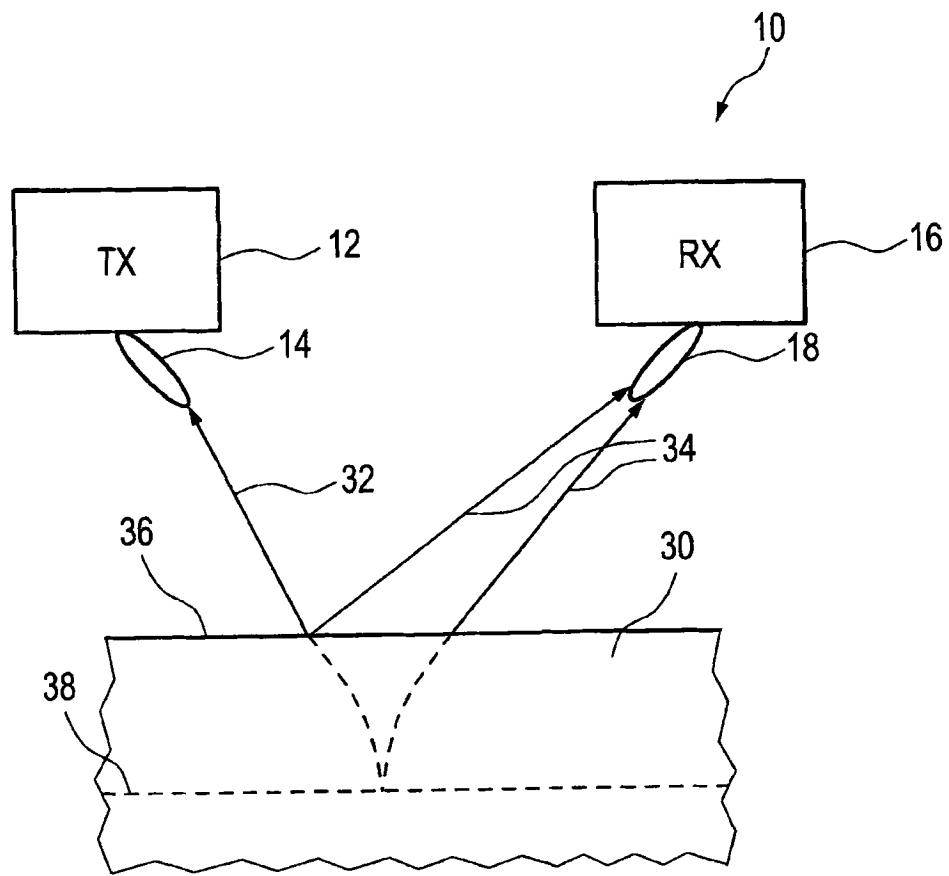


图 2A

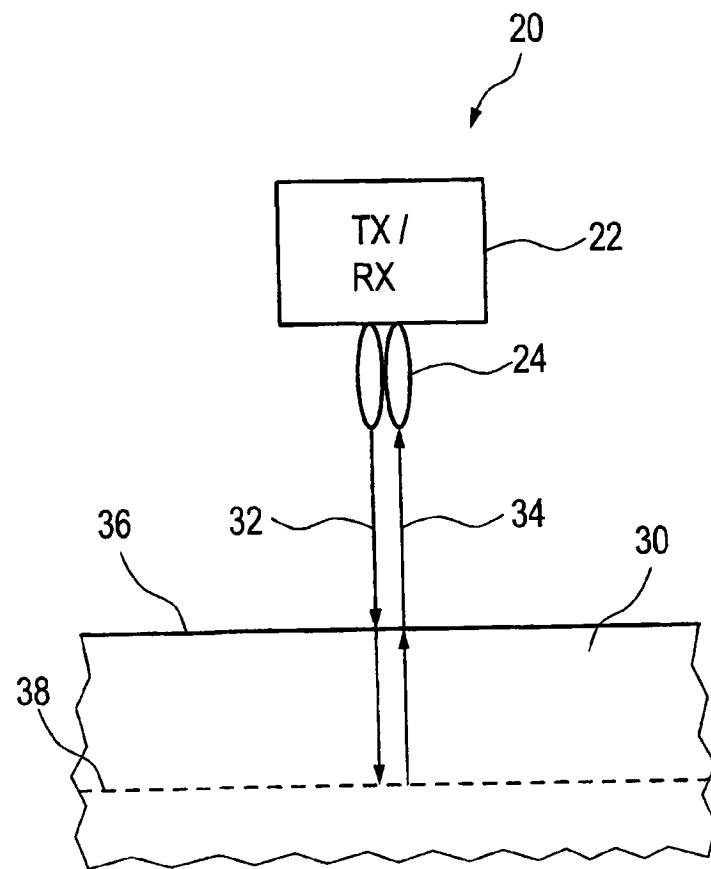


图 2B

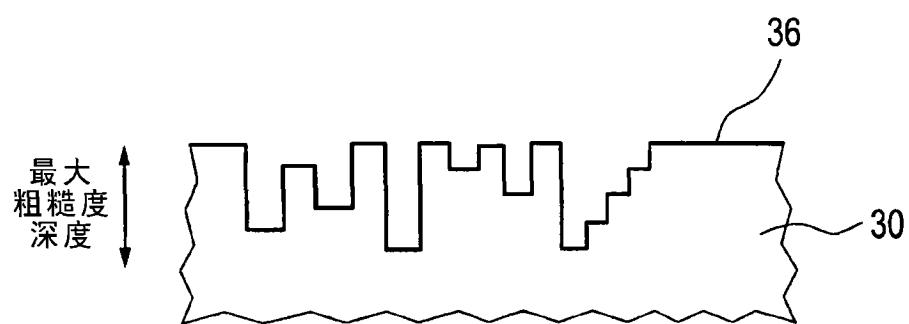


图 3

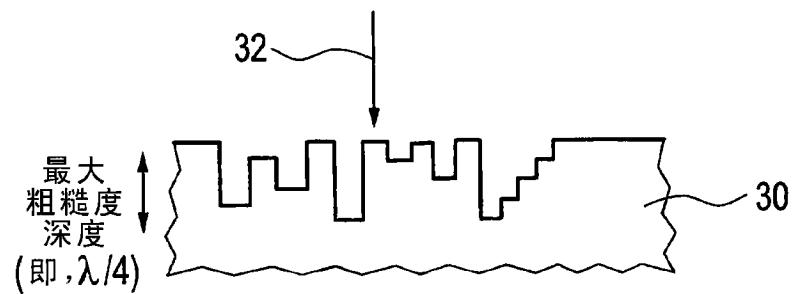


图 4A

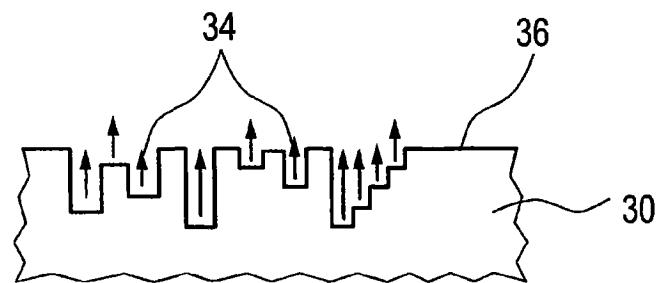


图 4B

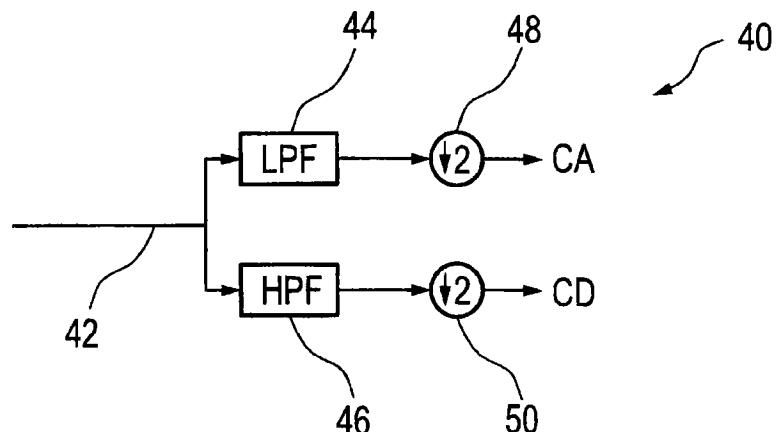


图 5

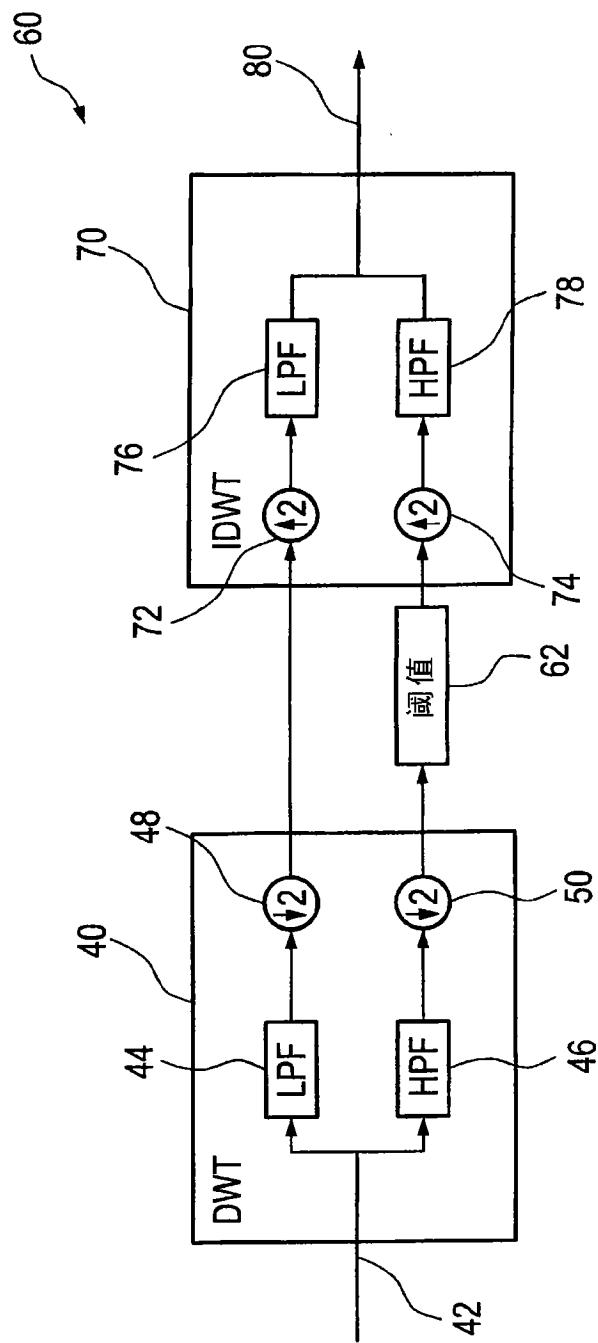
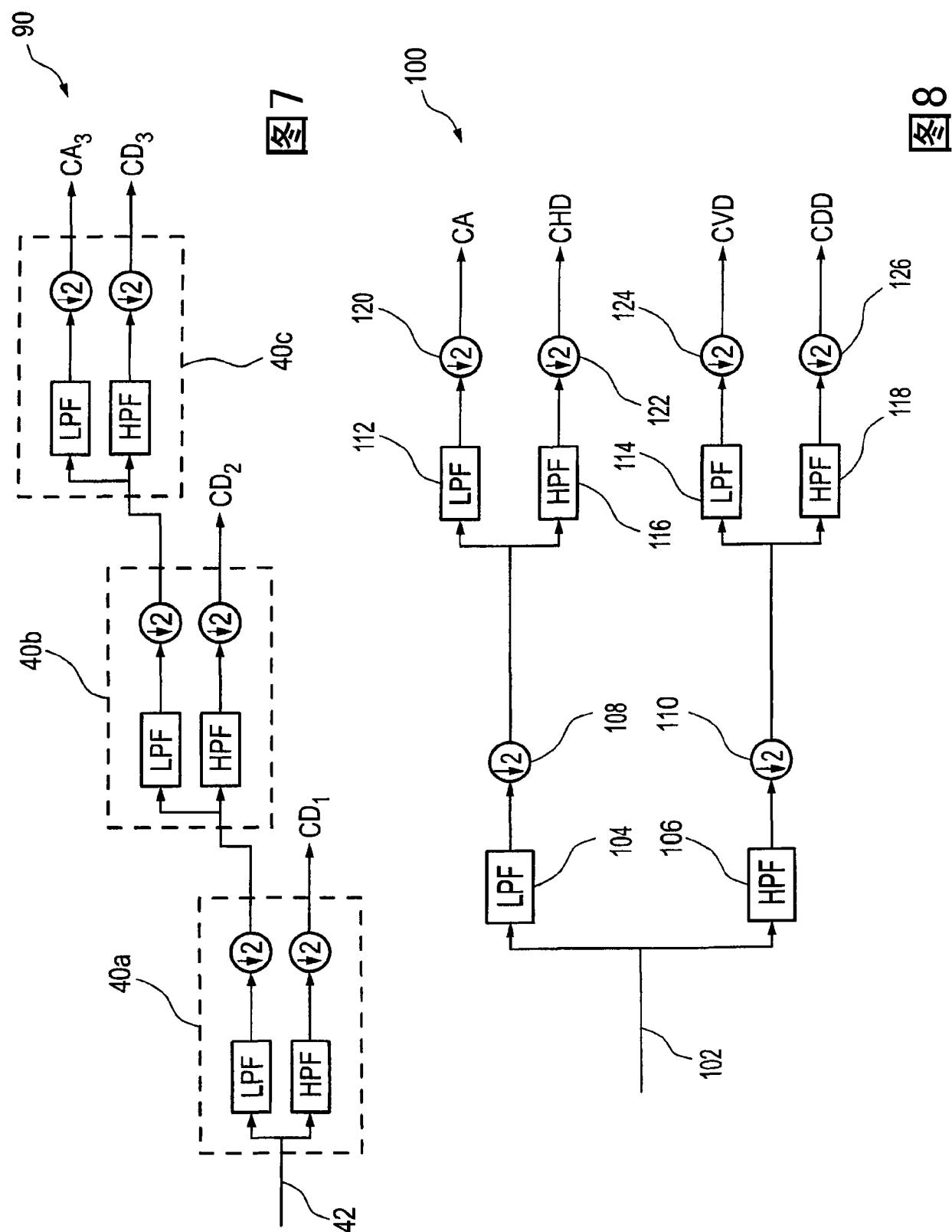


图 6



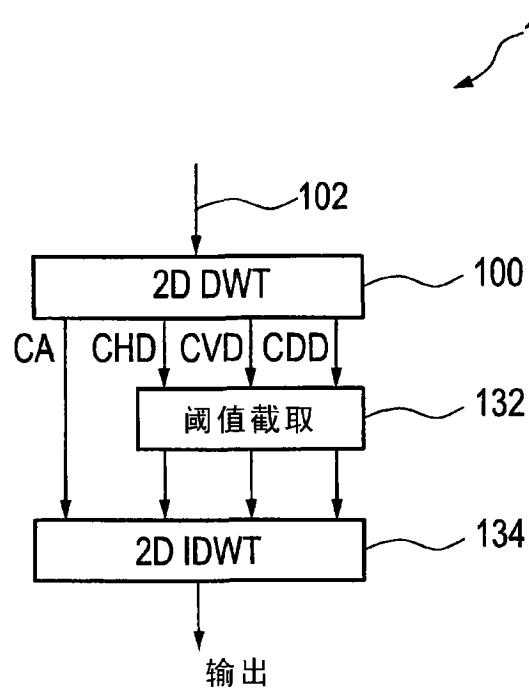


图 9

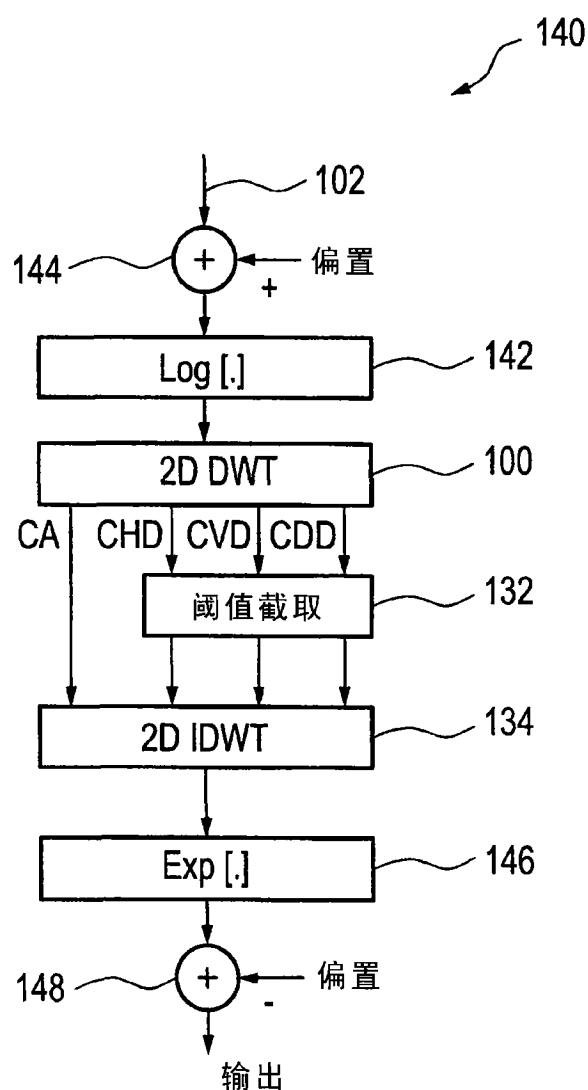


图 10

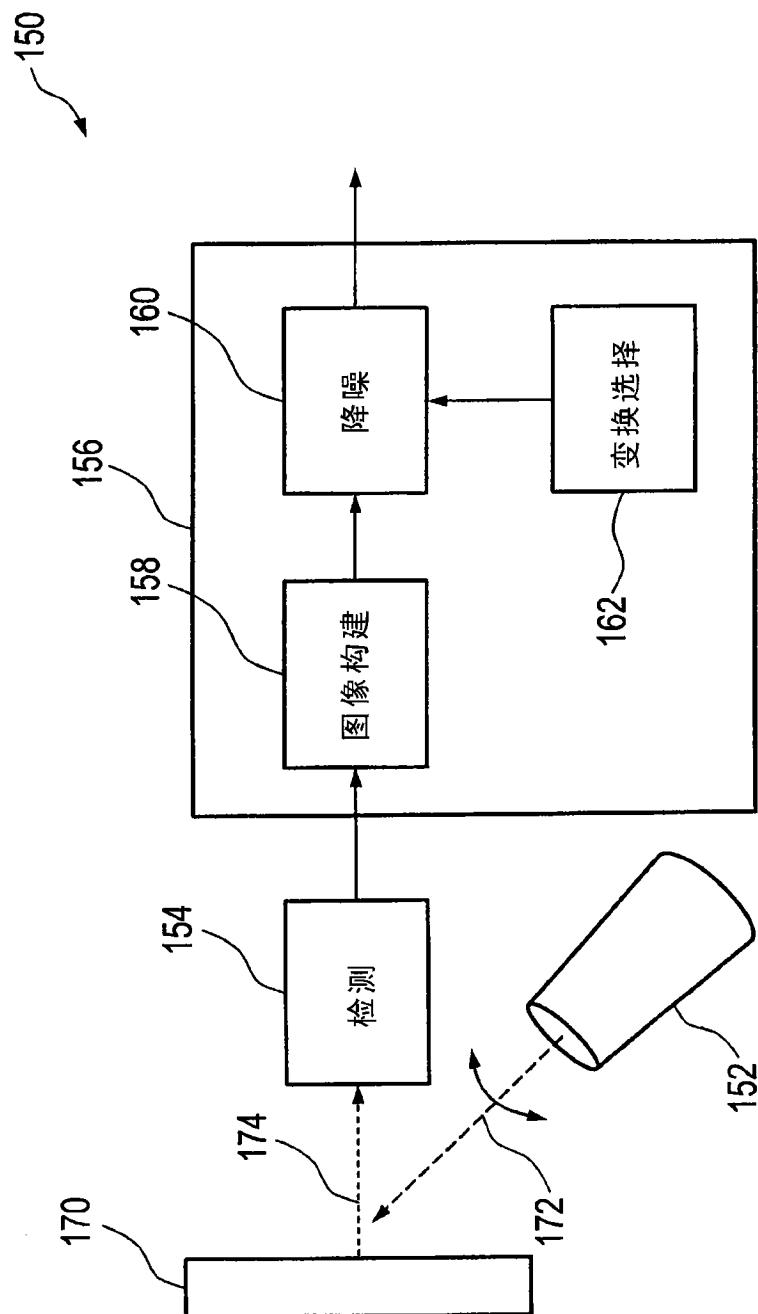


图 11

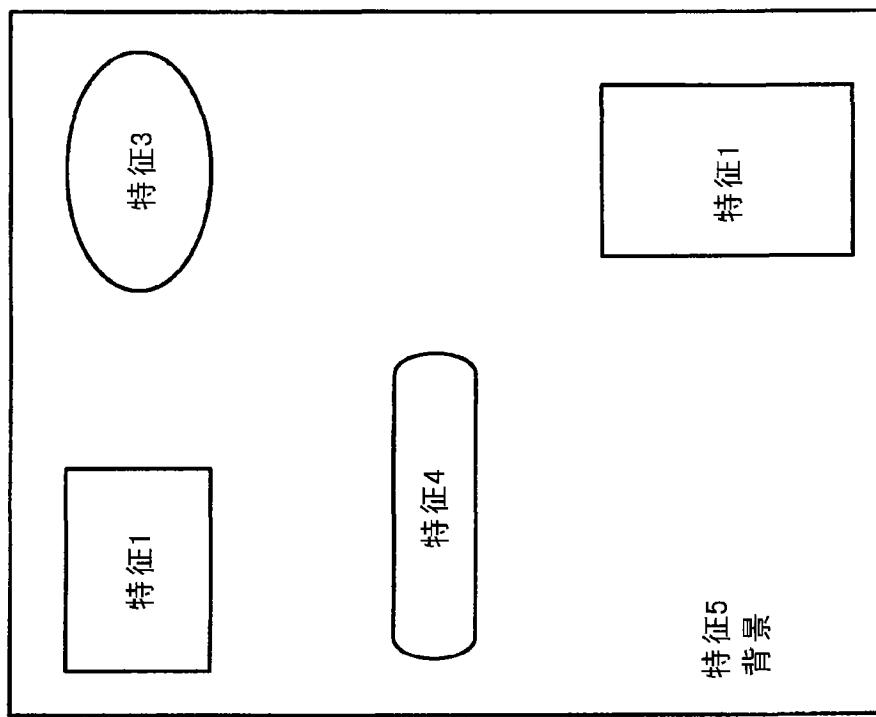


图 12A

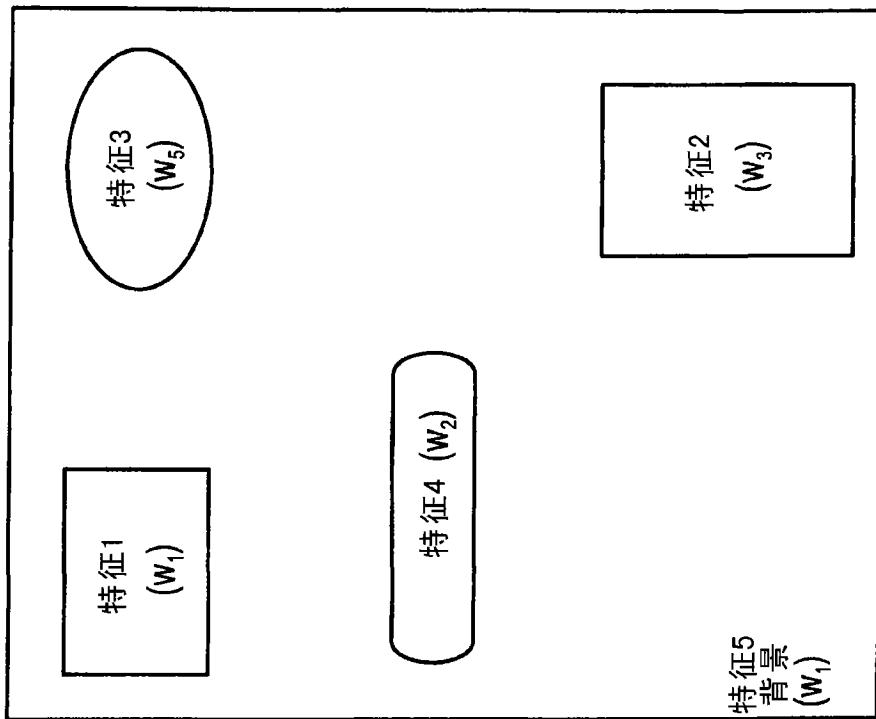


图 12B

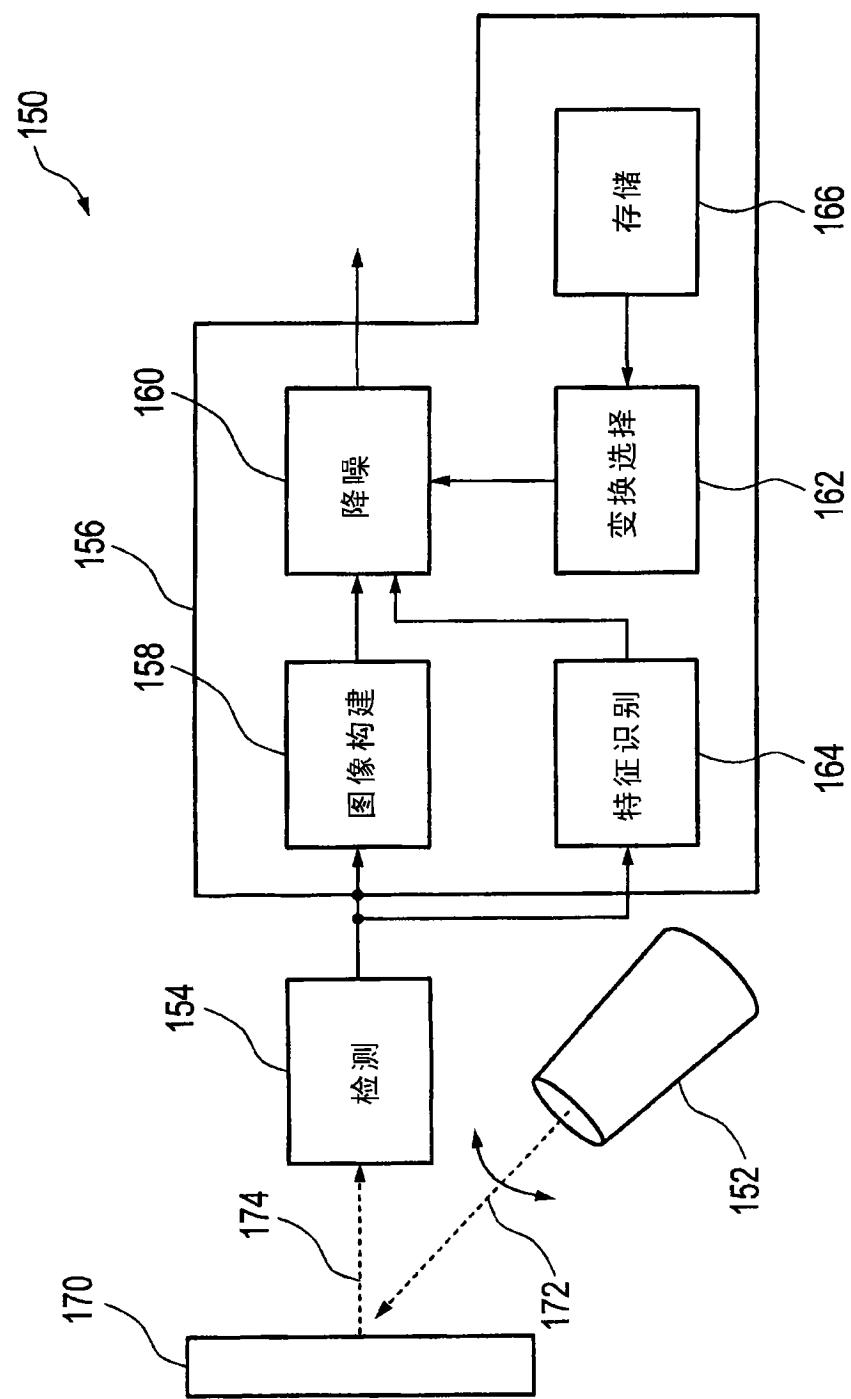


图 13