



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109803585 A

(43)申请公布日 2019.05.24

(21)申请号 201880003887.6

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2018.07.09

代理人 王英 刘炳胜

(30)优先权数据

17181182.1 2017.07.13 EP

(51)Int.Cl.

A61B 6/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.04.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/068490 2018.07.09

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2019/011832 EN 2019.01.17

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 H-I·马克

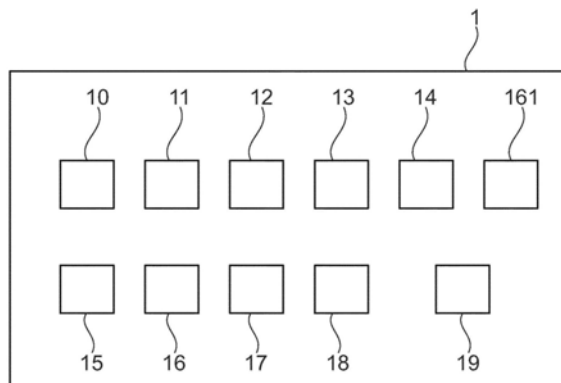
权利要求书2页 说明书11页 附图9页

(54)发明名称

用于X射线图像中的散射校正的设备和用于X射线图像中的散射校正的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于X射线图像中的散射校正的设备,所述X射线图像(30、40)具有叠加的结构化图案,所述设备(1)包括:X射线图像接收元件(10);图案去除器(11);以及第一减法模块(12);其中,所述X射线图像接收元件(10)被配置为接收包括叠加的结构化图案(31)的X射线图像(30、40);其中,所述图案去除器(11)被配置为从所述X射线图像(30、40)去除所述结构化图案(31),得到经图案校正的X射线图像(43);其中,所述第一减法模块(12)被配置为从所述X射线图像(40)中减去所述经图案校正的X射线图像(33、43),得到结构化图案图像(32、42);并且其中,对比度测量单元(13)被配置为将局部结构对比度测量函数应用于所述结构化图案图像(32、42),得到结构对比度图像(34、44)。本发明改善了X射线图像的散射校正。



1. 一种用于X射线图像中的散射校正的设备,所述X射线图像(30、40)具有叠加的结构化图案,所述设备(1)包括:

- X射线图像接收元件(10);
- 图案去除器(11);以及
- 第一减法模块(12);

其中,所述X射线图像接收元件(10)被配置为接收包括叠加的结构化图案(31)的X射线图像(30、40);

其中,所述图案去除器(11)被配置为从所述X射线图像(30、40)去除所述结构化图案(31),得到经图案校正的X射线图像(43);并且

其中,所述第一减法模块(12)被配置为从所述X射线图像(40)中减去所述经图案校正的X射线图像(33、43),得到结构化图案图像(32、42),

其中,所述设备还包括:

- 对比度测量单元(13);

其中,所述对比度测量单元(13)被配置为将局部结构对比度测量函数应用于所述结构化图案图像(32、42),得到结构对比度图像(34、44)。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述设备还包括:

- 滤波器元件(14);

其中,所述滤波器元件(14)是针对所述结构对比度图像(34、44)的低通滤波器,提供经滤波的结构对比度图像(36、46)。

3. 根据权利要求2所述的设备,其中,所述设备还包括:

- 估计单元(15);

其中,所述估计单元(15)被配置为估计所述X射线图像(40)的主要部分(48),其中,所述估计基于所述经滤波的结构对比图像(36、46)。

4. 根据权利要求3所述的设备,其中,所述设备还包括:

- 确定模块(16);以及
- 第二减法模块(17);

其中,所述确定模块(16)被配置为基于根据所述主要部分(48)确定的散射部分(50)或从所述散射部分(50)导出的值(52)来提供经滤波的散射信号(54);

其中,所述第二减法模块(17)被配置为从所述经图案校正的X射线图像(43)中减去所述经滤波的散射信号(54)的至少部分,得到经散射校正的X射线图像(56)。

5. 根据权利要求4所述的设备,其中,为了提供经滤波的信号(54),所述确定模块(16)被配置为将低通滤波器应用在所述散射部分(50)或从所述散射部分(50)导出的值(52)上。

6. 一种用于在具有叠加的结构化图案的X射线图像中进行散射校正的系统,所述系统(2)包括:

- X射线图像采集设备(20);以及
 - 根据前述权利要求中的一项所述的设备(1),
- 其中,所述X射线图像采集设备(20)包括:
- 结构化图案元件(21);

其中,所述X射线图像采集设备(20)提供包括结构化图案图像组成部分的X射线图像。

7. 一种用于在具有叠加的结构化图案的X射线图像中进行散射校正的方法,所述方法包括以下步骤:

a) 接收 (101) 具有叠加的结构化图案的X射线图像;以及

b) 利用图案去除器从所述X射线图像中去除 (102) 所述结构化图案,得到经图案校正的X射线图像;

c) 利用第一减法模块从所述X射线图像中减去 (103) 所述经图案校正的X射线图像,得到结构化图案图像,

其中,所述方法还包括以下另外的步骤:

d) 利用对比度测量单元将局部对比度测量函数应用 (104) 于所述结构化图案图像,得到结构对比度图像。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述方法还包括以下另外的步骤:

e) 利用估计单元基于所述结构对比图案图像来估计 (106) 所述X射线图像的主要部分。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:

f) 利用确定模块根据所述主要部分或者从所述主要部分导出的值来确定 (109) 经滤波的散射信号;

g) 利用第二减法模块从所述经图案校正的X射线图像中减去 (111) 所述经滤波的散射信号的至少部分,得到经散射校正的X射线图像。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,步骤f) 包括以下子步骤:

f1) 将低通滤波器应用 (108) 在所述散射部分或从所述散射部分导出的值以提供所述经滤波的散射信号。

11. 一种用于控制根据权利要求1至6中的一项所述的装置的计算机程序单元,所述计算机程序单元当由处理单元 (19) 运行时适于执行根据权利要求7至10中的一项所述的方法的步骤。

12. 一种存储有根据权利要求11所述的程序单元 (191) 的计算机可读介质 (190)。

用于X射线图像中的散射校正的设备和用于X射线图像中的散射校正的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于具有叠加的结构化图案的X射线图像中的散射校正的设备和用于具有叠加的结构化图案的X射线图像中的散射校正的方法。

背景技术

[0002] X射线图像可以提供对身体的内部结构的洞悉。例如,可以在身体的X射线图像中检查骨骼结构。在X射线图像采集过程期间,采集设备中的X射线辐射被散射,使得产生的X射线图像可能变得模糊。

[0003] 可以通过在采集设备中使用栅格来减少散射的辐射。已知通过图案去除处理来去除由X射线图像中的栅格生成的结构。

[0004] 例如,EP 2196148 A1使用栅格来减少散射辐射。放射线图像处理装置包括使用频率分析和带通滤波处理的分离设备,用于将放射线图像分离成包括网格图的组成部分的网格图像和包括其他组成部分的非网格图像。此外,移除设备从非网格图像中减去强度调整的非网格图像,以生成没有网格影响的校正图像。然而,经处理的X射线图像仍包括散射结构。

[0005] 此外,US 2003/0091243 A1提供了一种用于图像信号中的周期性图案抑制的方法和装置。通过使图像信号在与周期图案的方向相同的方向上和在垂直于网格图像方向的方向上进行一维滤波处理,从图像信号中提取对应于包括在图像信号中的周期图案的空间频率组成部分。通过从图像信号中减去提取的空间频率组成部分,抑制了在图像信号中出现的空间频率组成部分。

发明内容

[0006] 因此,需要提供一种进一步改进X射线图像的散射校正的设备和方法。

[0007] 本发明的目的通过独立权利要求的主题来解决;在从属权利要求中并入了另外的实施例。应该注意,本发明的以下描述的方面也适用于本发明的系统。

[0008] 根据本发明,一种用于X射线图像中的散射校正的设备,所述X射线图像具有叠加的结构化图案,所述设备包括:X射线图像接收元件;图案去除器;以及第一减法模块;其中,所述X射线图像接收元件被配置为接收包括叠加的结构化图案的X射线图像;其中,所述图案去除器被配置为从所述X射线图像中去除结构化图案,得到经图案校正的X射线图像;并且其中,所述第一减法模块被配置为从所述X射线图像中减去所述经图案校正的X射线图像,得到结构化图案图像。

[0009] 经图案校正的X射线图像示出没有结构化图案的X射线图像。如果X射线图像包括对象,则经图案校正的X射线图像示出对象。如果X射线图像不包括对象,则经图案校正的X射线图像示出经图案校正的参考图像,即平坦经图案校正的图像。

[0010] 本发明用于改善X射线图像的对比度,所述X射线图像包括由栅格产生的叠加的结

结构化图案,所述栅格用于减少X射线图像采集系统的散射。其中,栅格减少了在X射线图像采集期间来自X射线采集设备的散射。然而,栅格在X射线图像上叠加图案结构,并且不会移除图像中的所有散射。

[0011] 图案结构由图案去除器去除。为了进一步减少经校正的X射线图像中的散射,图案结构本身在结构化图案图像中被分离。然后可以使用结构化图案图像中的分离的图案结构来进一步减少经图案校正的X射线图像中的散射。通过分析结构化图案图像,可以确定图像中的剩余散射。因此,借助于结构化图案图像,可以量化由网格线对比度产生的散射。在确定由结构化图案产生的散射之后,可以使用来自结构化图案图像的确定的散射来处理经校正的X射线图像。在该处理之后,在经校正的X射线图像中将减少由网格产生的散射。因此,将改善进一步处理的经校正X射线图像的对比度。

[0012] 在示例中,所述设备可以包括处理单元,其中,所述处理单元控制所述设备的部件。

[0013] 在示例中,所述图案去除器可以使用网格线移除软件。

[0014] 如果不仅仅是为了测量和校正散射辐射而引入结构化图案,则本发明可以改进对具有结构化图案的X射线图像的纯软件校正。

[0015] 此外,所述设备还包括:对比度测量单元;其中,所述对比度测量单元被配置为将局部结构对比度测量函数应用于结构化图案图像,得到结构对比度图像。

[0016] 在一个示例中,局部结构对比度测量函数可以包括针对幅值的绝对值函数、最小值函数、最大值函数、标准偏差函数、平均函数、中值函数或局部FFT函数等。在上述示例的实施例中,局部结构测量函数可以针对例如 1mm^2 的局部内核环境而执行为:使用 1mm 的内核和结构化图案图像的绝对值的平均函数,使用 1毫米 的核和结构化图案图像的绝对值的中值函数, 1毫米 的核内的标准偏差函数,提供使用 1毫米 核的最大值与使用 1毫米 核的最小值之间的差值的差函数,或者由局部快速傅立叶变换(FFT)得到的幅值函数。

[0017] 在另一示例中,所述设备还包括:滤波器元件;其中,所述滤波器元件是针对结构对比度图像的低通滤波器,提供经滤波的结构对比度图像。

[0018] 在另一个示例中,所述设备还包括:估计单元;其中,所述估计单元被配置为估计所述X射线图像的主要部分,其中,所述估计基于经滤波的结构对比度图像。

[0019] 在示例中,所述估计单元基于经滤波的结构对比度图像与经滤波的参考结构化图案图像之间的比率来估计主要部分,其中,所述参考结构化图案图像基于具有结构化图案但缺少对象的参考X射线图像。参考X射线图像与X射线图像具有相同的焦斑位置。

[0020] 在另一示例中,所述设备包括线性化模块,所述线性化模块根据 $X = 10^{\text{PRE_Gc}}$ 来确定线性化经图案校正的X射线图像 X ,其中,PRE_Gc是经图案校正的图像。

[0021] 在第一实施例中,可以通过将主要部分与线性化经图案校正的X射线图像相乘来确定经散射校正的X射线图像 P 。

[0022] 在提供具有降低的噪声的经散射校正的X射线图像的第二实施例中,所述设备例如被执行为所述设备还包括:确定模块;以及第二减法模块;其中,所述确定模块被配置为基于根据所述主要部分确定的散射部分或从分散部分导出的值来提供经滤波的散射信号;其中,所述第二减法模块被配置为从经图案校正的X射线图像中减去经滤波的散射信号的至少一部分,得到经散射校正的X射线图像。

[0023] 在示例中,所述确定模块可以首先使用 $SF=1-PF$ 来根据主要部分PF来确定散射部分SF。然后可以通过 $S=X*SF$ 确定散射信号S,其中,X是线性化经图案校正的X射线图像。

[0024] 在示例中,所述第二滤波器设备可以包括相当大的滤波器内核,即大于 $1cm$, $S'=LP[S]$ 。

[0025] 在另一示例中,所述第二减法模块从线性化经图案校正的X射线图像中减去散射信号 $P=X-S'$ 。

[0026] 在另一示例中,所述设备包括对数单元,所述对数单元确定经散射校正的X射线图像的对数,得到输出X射线图像 $PRE_Gc_Sc=10^{\wedge}P$ 。

[0027] 在另一示例中,为了提供经滤波的信号,所述确定模块被配置为对所述散射部分或从所述散射部分导出的值应用低通滤波器。

[0028] 根据本发明,还有一种用于具有叠加的结构化图案的X射线图像中的散射校正的系统,包括:X射线图像采集设备;以及根据前述权利要求中的任一项所述的设备,其中,所述X射线图像采集设备包括:结构化图案元件;其中,所述X射线图像采集设备提供包括结构化图案图像组成部分的X射线图像。

[0029] 在示例中,所述X射线图像采集设备是暗场X射线图像采集设备。

[0030] 在示例中,所述结构化图案元件可以是布置在G2光栅与X射线图像采集设备的探测器之间的结构化图案光栅。

[0031] 在另一示例中,X射线图像采集设备的G2光栅可以包括防散射元件。然后,防散射元件可以包括具有接近X射线图像采集设备的探测器的奈奎斯特频率的空间频率的超定位的条纹。例如,可以通过增加G2栅格的一些薄片的高度来执行超定位条纹。然后选择薄片使得具有增加的高度的薄片在所得的X射线图像上提供结构化图案。例如,距离为 $144\mu m$ 的薄片的高度可以增加 $50\mu m$ 。

[0032] 在另一个示例中,可以调制G2光栅的占空比。周期为 $10\mu m$ 并且 $5\mu m$ 金属和 $5\mu m$ 间隙的光栅的占空比为50%。可以调节占空比,使得G2光栅具有第一占空比50%的 $150\mu m$ 和第二占空比60%的 $150\mu m$ 交替,其中,第二占空比具有 $6\mu m$ 金属和 $4\mu m$ 间隙。这也可以在X射线图像上提供结构化图案。

[0033] 在另一示例中,结构化图案元件可以是具有条纹的板。该板可以布置在G2光栅与探测器的探测器之间,用于散射量化。该板可以由POM或PMMA制成,并且可以具有像素尺寸分离的凹槽。

[0034] 在另一示例中,结构化图案元件可以是振荡网格。振荡网格可以包括相对于公共的散射减少网格旋转90度的方向,并将它们用作振荡网格。尽管存在振荡,但是结构化图案将是可见的,因此本发明可以减少来自所得X射线图像的散射。固定图案将针对振荡模糊,因此图像得到进一步改善。系统不需要以执行采集过程的方式进行修改。

[0035] 在另一示例中,根据本发明的散射校正是系统中的软件选项。该系统还可以包括网格识别元件,其被配置为利用识别单元(例如条形码读取器)来识别网格。然后,根据本发明的散射校正可以自动应用至包括叠加的结构化图案的那些图像。

[0036] 根据本发明,还有一种用于具有叠加的结构化图案的X射线图像中的散射校正的方法,包括以下步骤:a)接收具有叠加的结构化图案的X射线图像;并且b)利用图案去除器从X射线图像中去除结构化图案,得到经图案校正的X射线图像;c)利用第一减法模块从所

述X射线图像减去所述经图案校正的X射线图像,得到结构化图案图像。

[0037] 此外,所述方法还包括以下步骤:d)利用对比度测量单元将局部对比度测量函数应用于结构化图案图像,得到结构对比度图像。

[0038] 在另一示例中,所述方法包括另外的步骤:e)利用估计单元基于结构对比图案图像来估计X射线图像的主要部分。

[0039] 此外,在示例中,所述方法包括以下另外的步骤:f)利用确定模块根据所述主要部分或者从所述主要部分导出的值来确定经滤波的散射信号;g)用第二减法模块从经图案校正的X射线图像中减去滤波的散射信号的至少一部分,得到经散射校正的X射线图像。

[0040] 在另一示例中,步骤f)包括子步骤:f1)对所述主要部分或从所述主要部分导出的值应用低通滤波器以提供经滤波的信号。

[0041] 根据本发明,还提供了一种用于控制上述装置的计算机程序单元,所述计算机程序单元当由处理单元执行时,适于执行根据以上描述的方法。

[0042] 根据本发明,还有一种存储有上述程序单元的计算机可读介质。

[0043] 关于下文所描述的实施例,本发明的这些和其他方面将变得显而易见并将得以阐述。

附图说明

[0044] 下面将关于附图来描述本发明的示范性实施例:

[0045] 图1示出了该方法的实施例的示意性流程图。

[0046] 图2示出了用于X射线图像中的散射校正的设备的示意图,所述X射线图像具有叠加的结构化图案。

[0047] 图3a、b示出了用于X射线图像中的散射校正的系统的不同实施例的示意图,所述X射线图像具有叠加的结构化图案。

[0048] 图4a-c示出了结构化图案元件的不同实施例的示意图。

[0049] 图5a-d示出了平坦X射线图像(a)、包括对象的X射线图像(b)、经图案校正的平坦X射线图像(c)和经图案校正的X射线图像(d)的示意图。

[0050] 图6a、b示出了从图5a(a)的平坦X射线图像中减去经图案校正的平面图像和从包括图5b(b)的对象的X射线图像减去图5d的经图像校正的X射线图像的示意图。

[0051] 图7a、b示出了图6a(a)和图6b(b)的结构对比图像的示意图。

[0052] 图8a、b示出了图7a(a)和图7b(b)的经滤波的结构对比图像的示意图。

[0053] 图9示出了包括由图8b和图8a的商确定的对象的X射线图像的主要部分的示意图。

[0054] 图10示出了X射线图像的散射部分的示意图,所述散射部分包括通过图9与100%的差异确定的对象。

[0055] 图11示出了图10的经滤波的散射部分的示意图。

[0056] 图12示出了从图11的经滤波的散射部分导出的散射信号的示意图。

[0057] 图13示出了通过图12的散射信号确定的经散射校正的X射线图像的示意图。

[0058] 图14示出了计算机可读介质上的计算机程序单元的示意图。

具体实施方式

[0059] 在进一步描述成像系统和设备之前,参考图1更详细地描述了方法的示例。

[0060] 图1示出了本发明方法100的实施例的示意性流程图。该流程图示出了从步骤101和步骤115开始的两个分支。分支在步骤106中连接。从步骤101开始的分支具有作为输入的包括对象的具有叠加的结构化图案的X射线图像,而从步骤115开始的分支具有作为输入的具有叠加的结构化图案的平坦校准图像。输入图像的示例在图5a和5b中示出。

[0061] 在步骤101中,接收具有叠加的结构化图案的X射线图像。在第一实施例中,具有叠加的结构化图案的X射线图像可以是与探测器信号的对数成比例的图像数据。由于指数吸收,对数数据与被检查对象的形状和厚度成比例。对数图像数据是探测器系统的默认输出。在具有叠加的结构化图案的X射线图像的第二实施例中,可以是与X射线辐射成比例的图像数据。在第二实施例中,图像数据因此是第一实施例的线性化对数数据。

[0062] 在步骤102中,从具有叠加的结构化图案的X射线图像中去除叠加的结构化图案。可以使用算法(例如,软件)来执行去除。无论输入数据得自第一实施例还是第二实施例,网格线的移除都是独立的。结果是经图案校正的X射线图像。经图案校正的X射线图像包括之前未被去除的一些散射。图5d示出了经图案校正的X射线图像的示例。

[0063] 步骤103提供从具有叠加的结构化图案的X射线图像中减去经图案校正X射线图像。减法可以由第一减法模块执行。结果是结构化图案图像。结构化图案图像包括叠加的结构化图案以及一些散射的对象数据。一个示例如图6b所示。

[0064] 在步骤104中,将局部结构对比度测量函数应用于结构化图案图像。局部结构对比度测量可以由对比度测量单元执行。局部结构对比度测量函数可以是针对幅度的绝对值函数、最小函数、最大函数、标准偏差函数、平均函数、中值函数或局部FFT函数等。在所描述的实施例中,结构对比度测量函数绝对值函数。因此,结构化图案图像的绝对值由局部结构对比度测量函数确定。结果是结构对比图像。结构对比图像的示例在图7b中示出。

[0065] 在步骤105中,通过滤波器元件将滤波器应用于结构对比度图像。滤波器元件可以是低通滤波器。低通滤波器可以是具有小的核的低通滤波器。因此,从结构对比图像中过滤出结构对比图像中的高频波动。结果是经滤波的结构对比图像。经滤波的结构对比度图像是在没有康普顿散射的情况下显示最大结构化图案对比度的图像。经滤波的结构对比度图像的示例在图8b中示出。

[0066] 在步骤115中,接收具有叠加的结构化图案的平坦校准图像。在第一实施例中,具有叠加的结构化图案的平坦校准图像可以是与探测器信号的对数成比例的图像数据。对数图像数据是探测器系统的默认输出。在具有叠加的结构化图案的平坦校准图像的第二实施例中,可以是与X射线辐射成比例的图像数据。在第二实施例中,图像数据因此是第一实施例的线性化对数数据。

[0067] 在步骤116中,从具有叠加的结构化图案的平坦校准图像中去除叠加的结构化图案。可以使用算法(例如,软件)来执行去除。无论输入数据得自第一实施例还是第二实施例,结构化图案的移除都是独立的。结果是经图案校正的平坦图像。经图案校正的平坦图像包括之前未被去除的一些散射。图5c示出了经图案校正的平坦图像的示例。

[0068] 步骤117提供从具有叠加的结构化图案的平坦校准图像中减去经图案校正的平坦图像。减法可以由第一减法模块执行。结果是平坦结构化图案图像。平坦结构化图案图像包

括叠加的结构化图案。一个示例在图6a示出。

[0069] 在步骤118中,将局部结构对比度测量函数应用于平坦结构化图案图像。局部结构对比度测量可以由对比度测量单元执行。局部结构对比度测量函数可以是针对幅度的绝对值函数、最小函数、最大函数、标准偏差函数、平均函数、中值函数或局部FFT函数等。在所描述的实施例中,结构对比度测量函数绝对值函数。因此,平坦结构化图案图像的绝对值由局部结构对比度测量函数确定。结果是平坦结构对比图像。平坦结构对比度图像的示例在图7a中示出。

[0070] 在步骤119中,通过滤波器元件将滤波器应用于平坦结构对比度图像。滤波器元件可以是低通滤波器。低通滤波器可以是具有小内核的低通滤波器,即等于或小于1mm。因此,从平坦结构对比图像中滤除平坦结构对比图像中的高频率波动。结果是经滤波的平坦结构对比图像。经滤波的平坦结构对比度图像是在没有康普顿散射的情况下显示最大结构化图案对比度的图像。经滤波的平坦结构对比度图像的示例在图8a中示出。

[0071] 步骤105的经滤波结构对比度图像和步骤119的经滤波的平坦结构对比度图像是步骤106的输入,步骤106利用估计单元估计包括叠加的结构化图案的X射线图像的主要部分。通过确定经滤波的结构对比度图像和经滤波的平坦结构对比度图像的商来执行主要部分的估计。将经滤波的结构对比图像除以经滤波的平坦结构对比图像。主要部分的一个示例如图9中所示。主要部分是主要辐射是没有任何散射的X射线辐射与具有叠加的结构化图案的X射线图像的总信号的商。此外,主要辐射是贡献于可见图像的X射线辐射。因此,主要部分是总图像中的主要辐射的部分,即包括叠加的结构化图案的X射线图像的线性化版本。总图像的另一部分是散射辐射。散射辐射和主要辐射的加和得到总图像。

[0072] 在步骤107中,确定总图像中散射辐射的部分的散射部分通过所述主要部分来确定。可以通过从100% (即,1),减去所述主要部分来执行该确定。散射部分的一个示例如图10所示。

[0073] 在步骤108中,通过具有大内核(即至少1cm)的低通滤波器对散射部分进行滤波。经滤波的散射部分的一个示例如图11所示。

[0074] 步骤114提供经图案校正的X射线图像的线性化版本。

[0075] 步骤109,通过将经滤波的散射部分乘以经图案校正的X射线图像的线性化版本来从经滤波的散射部分导出散射信号。散射信号的一个示例如图12所示。

[0076] 在步骤110中,可以将小于1的因子乘以散射信号。这在得到的经校正的图像中留下了一些散射。这可以被执行以提供得到的经校正的图像,其在外观上类似于通常显示一些散射的普通X射线图像。因此,仅使用一小部分散射信号来从经图案校正的X射线图像中去除散射。步骤110是任选的。可以使用其他函数来确定散射信号的一部分,例如 $SF' = SF - \beta * SF^2$,其中, β 在0.1至0.5的范围内,优选地为0.3,并且SF是散射部分。

[0077] 在步骤111中,根据步骤110的散射信号和来自步骤114的经图案校正的X射线图像的线性化版本来经确定经校正的主要信号。

[0078] 在步骤112中,确定经校正的主要信号的对数,得到经散射校正的X射线图像。经散射校正的X射线图像的示例在图13中示出。

[0079] 在步骤113中,可以通过显示器将经散射校正的X射线图像提供给操作者。

[0080] 图2示出了用于X射线图像中的散射校正的设备1,其中,X射线图像具有叠加的结

构化图案。该设备包括X射线接收元件10、图案去除器11、第一减法模块12、对比度测量单元13、滤波器元件14、估计单元15、确定模块16、线性化模块161、第二减法模块17、输出单元18和处理单元19。

[0081] X射线接收元件10可以是可以从X射线采集设备接收图像数据的接口。这意味着，X射线接收元件10可以从数据存储器或直接从X射线采集设备接收图像数据。X射线接收元件10可以接收由X射线采集设备生成的原始数据或经预处理的数据，其中，所述经预处理的数据是经处理的原始数据。此外，X射线接收元件10可以接收包括叠加的结构化图案的图像数据。叠加的结构化图案31可以是X射线图像采集设备中的结构化图案元件或X射线图像采集设备中的散射减少元件的效果。所提供的X射线图像30、40不需要包括任何对象数据。它可以是平坦X射线图像30或包括对象数据的X射线图像40。

[0082] 图案去除器11处理从X射线接收元件10接收的X射线图像30、40。图案去除器11从具有叠加的结构化图案31的X射线图像30、40中去除叠加的结构化图案31。图案去除器11提供经图案校正的X射线图像33、43。

[0083] 第一减法模块12从X射线图像40减去经图案校正的X射线图像33、43，并提供结构化图案图像32、42。结构化图案图像32、42包括从X射线图像30、40去除的结构化图案31。此外，结构化图案图像32、42包括尚未被图案去除器11去除的散射数据。散射数据可以来自要被成像的对象或来自X射线图像采集设备的散射减少元件。

[0084] 对比度测量单元13将局部结构对比度测量函数应用于结构化图案图像32、42。局部结构对比度测量函数可以是针对幅度的绝对值函数、最小函数、最大函数、标准偏差函数、平均函数、中值函数或局部FFT函数等。在该示例性实施例中，结构对比度测量函数可以是绝对值函数。局部结构对比度测量函数提供来自结构化图案图像32、42的绝对值，得到结构对比度图像34、44。

[0085] 滤波器元件14是具有小的内核的低通滤波器。滤波器元件14对结构对比图像34、44进行滤波。这意味着，对比度的高频变化被过滤，并且图像中仅保留低频率对比度变化。这意味着图像数据被平滑。结果是经滤波的结构对比图像36、46。

[0086] 估计单元15基于经滤波的结构对比图像36、46来估计X射线图像40的主要部分48。可以利用包括对象的第一经滤波的结构对比度图像46和作为不包括对象的参考图像的第二经滤波的结构对比度图像36来执行对主要部分的估计。

[0087] 确定模块16基于主要部分48来提供经滤波的散射信号54。从主要部分48开始，可以根据经图案校正的图像的总信号与主要部分48之间的差异来导出散射部分50。在示例性第一实施例中，利用具有大的内核的低通滤波器对散射部分50进行滤波，然后从散射部分50和线性化经图案校正的X射线图像导出散射信号52，其中，线性化经图案校正的X射线图像可以由线性化模块161提供。在示例性第二实施例中，散射部分50与线性化经图案校正的X射线图像相乘，得到散射信号52。然后用具有大的内核的低通滤波器对散射信号52进行滤波。

[0088] 第二减法模块17从经图案校正的X射线图像43中减去经滤波的散射信号54的至少一部分。结果是经散射校正的X射线图像56。经散射校正的X射线图像56具有比经图案校正的X射线图像43更大的对比度，因为对散射部分或散射信号中的散射数据的处理增强了散射部分和散射信号中的散射的对比度而没有添加经滤波的散射信号的任何噪声。因此，从

经图案校正的X射线图像43中减去经滤波的散射信号可以非常有效地去除散射。

[0089] 输出单元18可以输出经散射校正的X射线图像56。输出单元18可以是显示器或提供经散射校正的X射线图像56的数据的接口。

[0090] 处理单元19可以控制X射线接收元件10,图案去除器11,第一减法模块12,对比度测量单元13,滤波器元件14,估计单元15,确定模块16,第二减法模块17以及输出单元18。

[0091] 图3a示出了用于具有叠加的结构化图案的X射线图像中的散射校正的系统2。该系统包括X射线图像采集设备20和根据以上描述的设备1。X射线图像采集设备20包括X射线源26和X射线探测器23。由X射线辐射源26发射的X射线辐射传播通过G0光栅25。然后,X射线辐射进一步传播通过G1光栅24,并且然后通过G2光栅22。在G2的该实施例中,光栅22可包括结构化图案元件21。结构化图案元件21在由X射线探测器23检测的图像中叠加结构化图案。由X射线探测器23探测的图像数据被提供给设备1。

[0092] 在另一个实施例中,根据图3b,结构化图案元件21与G2光栅22分离。结构化图案元件21位于G2光栅22与X射线探测器23之间。

[0093] 在另一实施例(未示出)中,系统可包括振荡的网格。使用根据本发明的测量来调整软件网格模型的参数。可以存储大量原始数据。在离线评估中,将调整散射模型的所谓内核参数以更好地匹配测量的散射的结果。这些改进的参数可以应用于使用常规振荡网格采集的图像。

[0094] 图4a示出了结构化图案元件21的第一示例性实施例。结构化图案元件21可以是具有薄片210的板。薄片210具有彼此相同的距离。此外,薄片210的宽度足以在所采集的X射线图像上提供叠加的结构化图案。

[0095] 在另一个示例性实施例中,根据图4b,可以调制薄片210的高度。这意味着例如每第四个薄片211可以高于其他薄片210。第四薄片110之间的距离可以为约150 μm 。薄片211相对于薄片210的高度增加可为约50 μm 。

[0096] 在另一示例性实施例中,根据图4c,可以调制薄片210的占空比。这意味着结构化图案元件21包括具有印刷薄片10并且具有比薄片210宽的薄片212的区域。此外,薄片212之间的自由空间小于薄片210之间的空间。薄片210的区域和薄片212的区域可以交替,使得薄片212的区域跟随210的每个区域,反之亦然。

[0097] 图5a示出了平坦X射线图像30,其包括叠加的结构化图案31和平坦散射图案35。平坦X射线图像30不包括任何对象数据,并且可以用作参考图像。平坦X射线图像30可以使用旋转对称函数C0来参数化。该函数C0的参数可以是源图像接收器距离(SID),最大值,半径和中心位置。使用测量,功能如下:可以获得具有SID的半径,最大电压值作为参考,或者具有具有描述X射线束的倾斜值的角度(例如40°)的角度量作为参数的中心位置。所有这些功能都独立于系统,因此C0的校准图像的数量可以限制为大约一个。校正将使用函数C0而不是实际的C0图像。使用函数C0,单幅平坦X射线图像30可以用作处理若干X射线图像40的参考。

[0098] 例如,可以测量平面图像中的最大网格对比度。由此,可以使用与X射线图像中相同的电压和滤波。结果是参考结构对比度值。参考结构对比度值取决于电压。电压越高,对比度越低。这允许校准电压依赖性并使用查找表进行转换。

[0099] 网格对比度取决于系统调制传递函数MTF,它随时间不变。使用二维图像,二维最

大网格对比度测量可以考虑网格对比度的偏差,如果到焦点的距离不同于针对网格所指定,则在网格的边缘处发生偏差。

[0100] 在示例中,二维最大网格对比度测量可以由常数值代替。该实施例是适用的,因为剩余的散射将不完全正确,即具有100%的因子,但是它将被实现为具有小于100%的因子的更适度的校正。

[0101] 图5b示出了包括对象41和叠加的结构化图案31的X射线图像40。此外,X射线图像40包括散射图案401。对象41包括具有不同对比度的若干区域410、411和412。区域410、411和412还包括散射图案401的部分。

[0102] 图5c示出了通过图5a的平坦X射线图像30导出的经图案校正的平坦X射线图像33。可以通过图案去除器来处理经图案校正的平坦X射线图像33,图案去除器可以是去除平坦X射线图像30中的叠加的结构化图案的软件算法。经图案校正的平坦X射线图像33仍包括平坦散射图案35。

[0103] 图5d示出了从包括图5b的对象的X射线图像40导出的经图案校正的X射线图像43。可以通过图案去除器来处理经图案校正的X射线图像43,图案去除器可以是去除X射线图像40中的叠加的结构化图案的软件算法。经图案校正的X射线图像33仍然包括散射图案401。此外,经图案校正的X射线图像33包括具有其区域410、411和412的对象41。区域410、411和412包括散射图案401的部分。

[0104] 图6a示出了包括叠加的结构化图案31的平坦结构化图案图像32,叠加的结构化图案31已经由图案去除器11从平坦X射线图像30移除。平坦结构化图案图像32由第一减法模块12通过从平坦X射线图像30中减去平坦经图案校正X射线图像33来采集。平坦结构化图案图像32是参考图像。

[0105] 图6b示出了结构化图案图像42,其包括叠加的结构化图案31和来自X射线图像40的对象41的一些散射数据413、414和415。散射数据413、414和415分别是来自X射线图像40的区域410、411和412的散射数据。结构化图案图像42由第一减法模块12通过从X射线图像40中减去经图案校正X射线图像43来采集。

[0106] 图7a示出了由具有局部对比度测量函数的局部对比度测量单元13从平坦结构化图案图像32导出的平坦结构对比度图像34。结构化图案图像32的图案取决于图案去除器11的图案去除算法。一些去除算法提供结构化图案图像32,其平均值为零。另外的去除算法提供结构化图案图像32,其包括为最大值的一半的平均值。根据去除算法选择局部对比度测量函数。在所讨论的示例中,去除算法提供结构化图案图像32,其平均为零。因此,局部对比度测量函数可以是确定结构化图案图像32的绝对值的绝对函数。

[0107] 这同样适用于图7b的结构对比图像44。因此,以与平坦结构对比图像34相同的方式采集结构对比图像44。结构对比图像44的源是结构化图案图像42,其由局部对比度测量单元13以上述方式处理。结构对比图像44包括叠加的结构化图案31以及来自X射线图像40的区域410、411和412的对比度数据416、417和418。

[0108] 在图8a中,由滤波器元件14将具有小内核的低通滤波器施加到图7a的平坦结构对比度图像34。低通滤波过滤平坦结构对比图像34中的高频情况。结果是经滤波的平坦结构对比图像36。在本示例中,平坦结构对比度图像34包括图像的角落中的高频波动。这些波动在平坦结构对比图像36中被滤除,这在平坦结构对比图像36的空白角落区域中变得明

显。

[0109] 图8b示出了经滤波的结构对比度图像46,其是由滤波器元件14利用具有小的内核的低通滤波器对结构对比度图像44进行滤波而得到的。在本示例中,去除图像数据中的高频波动可以增强结构对比度图像44的对比度数据416、417和418中的结构,其可以在经滤波的对比结构图像46的经滤波的对比度数据419、420和421中看到。此外,在本示例中,经滤波的结构对比度图像46的角落区域是空白的,这表示结构对比度图像44在角落区域中具有高频波动。

[0110] 图9示出了X射线图像40的主要部分48。通过经滤波的平坦结构对比度图像36对经滤波的结构对比度图像46进行分割来获取主要部分48。在主要部分48中的X射线图像40的对象的位置处,主要部分区域422、423和424显示在主要部分48中。

[0111] 图像的主要部分PF可以进一步定义为:在铅后面,没有主要辐射并且因此没有可见的结构化图案并且 $PF=0$ 。在没有任何对象的直接辐射中,结构化图案的可见性最大。峰-峰对比度仅受系统的调制传递函数MTF的限制,例如为25%。在对数图像中,这导致恒定的峰-峰差异,与曝光无关。

[0112] 主要部分48可以用于确定散射部分50,如图10中所示。散射部分50也可以说是主要部分48的负,因为主要部分48与散射部分50的相加得到1。主要部分区域422、423和424的对比度在散射部分50中取逆,散射部分50示出散射部分区域425、426和427。

[0113] 图11示出了经滤波的散射部分52,其是利用具有大的内核的低通滤波器对散射部分50进行滤波得到的。如图11中所示,散射部分区域425、426,以及想要27被涂抹到经滤波的散射部分区域428、429和430。由于滤波,经滤波的散射部分区域428、429和430之间的对比度高于散射部分区域425、426和427之间的对比度,而经滤波的散射部分52中的噪声与散射部分50中的对比度相同。

[0114] 图12示出了从经滤波的散射部分52导出的散射信号54。为了确定散射信号54,将经滤波的散射部分52乘以线性化的经图案校正的X射线图像43。散射信号54示出具有经滤波的散射区域431、432和433的对象41。此外,散射信号54包括经滤波的散射图案402。

[0115] 通过从线性化经图案校正的X射线图像43中减去散射信号54并通过将对数应用于结果来导出图13中所示的散射校正的X射线图像56。由于通过对散射数据进行滤波来确定散射信号54,在该示例中,对散射部分50进行滤波,散射信号54包括高对比度。因此,通过从线性化经图案校正的X射线图像43中减去高对比度散射信号54,所得图像的对比度也很高。在第一实施例中,可以从线性化经图案校正的X射线图像43中减去总确定的散射信号54。这意味着,所有散射都从经图案校正的X射线图像43中去除由散射信号54确定。这可能导致去除在金属对象后面的所有图像数据,即图像数据等于零。由于对数应用于减影图像,因此零值可能导致错误。因此,根据第二实施例,仅从线性化经图案校正X射线图像43中减去一部分散射信号54。因此,尽管去除了大部分散射,但是在所得的散射校正的X射线图像56中仍然存在一些散射。这避免了金属对象后面的零值,使得图像的对数将显示正确校正的图像。用于提供极限散射校正 SF' 的优选公式是 $SF' = SF - \beta * SF^2$,其中, β 在0.1至0.5的范围内,优选地为0.3,并且 SF 是散射部分50。在另一示例中,如果散射部分50超过阈值,则散射部分50可以被限制为恒定值。所述常数值可以与所述阈值相同。

[0116] 在根据图14本发明的另一示范性实施例中,提供了一种计算机程序或计算机程序

单元,其特征不在于,其适于在合适的系统上执行根据前述实施例中的一个的方法100的方法步骤。

[0117] 计算机程序单元191因此可以存储在计算单元上,其也可以是本发明的实施例的部分。该计算单元可以适于执行上述方法的步骤或引起上述方法的步骤的执行。此外,其可以适于操作上述装置的部件。所述计算单元可以适于自动地操作和/或执行用户的命令。计算机程序可被加载到数据处理器19的工作存储器中。因此可以配备数据处理器19以实施本发明的方法。

[0118] 本发明的该示例性实施例覆盖了从最开始使用本发明的计算机程序和借助于更新将现有程序转变为使用本发明的程序的计算机程序。

[0119] 更进一步,计算机程序单元191可以能够提供用以实现如上所述方法的范例性实施例的过程的所有必要步骤。

[0120] 根据本发明的另一范例性实施例,提出了一种计算机可读介质190,诸如CD-ROM,其中,所述计算机可读介质具有存储在其上的计算机程序单元,所述计算机程序单元由前一部分所描述。计算机程序可以存储和/或分布在适合的介质上,诸如与其他硬件一起提供的或者作为其一部分的光学存储介质或者固态介质,但也可以以其他形式分发,诸如经由互联网或其他有线或无线电信系统。

[0121] 然而,计算机程序也可以通过如万维网的网络来提供并且可以被从这样的网张下载到数据处理器的工作存储器中。根据本发明的另外的示范性实施例,提供了一种用于使得计算机程序单元可供下载的介质,所述计算机程序单元被布置为执行本发明的先前描述的实施例中的一个。

[0122] 应该注意,本发明的实施例是关于不同的主题描述的。特别地,一些实施例是关于方法型权利要求描述的,而其他实施例是关于设备型权利要求描述的。然而,本领域技术人员以上和以下描述可以得出,除非另行指出,除了属于同一类型的主题的特任的任何组合之外,涉及不同主题的特征之间的任何组合也被认为由本申请公开。然而,所有特征能够被组合,提供超过所述特征的简单加和的协同效应。

[0123] 尽管已经在附图和前面的描述中详细图示和描述了本发明,但是这样的图示和描述应当被认为是图示性或示范性的,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研究附图、公开内容以及从属权利要求,在实践请求保护的本发明时能够理解并且实现对所公开的实施例的其他变型。

[0124] 在权利要求中,“包括”一词不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其他单元可以完成权利要求书中所记载的若干个项目的功能。尽管特定措施是在互不相同的从属权利要求中记载的,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的集合。权利要求书中的任何附图标记均不应被解释为对范围的限制。

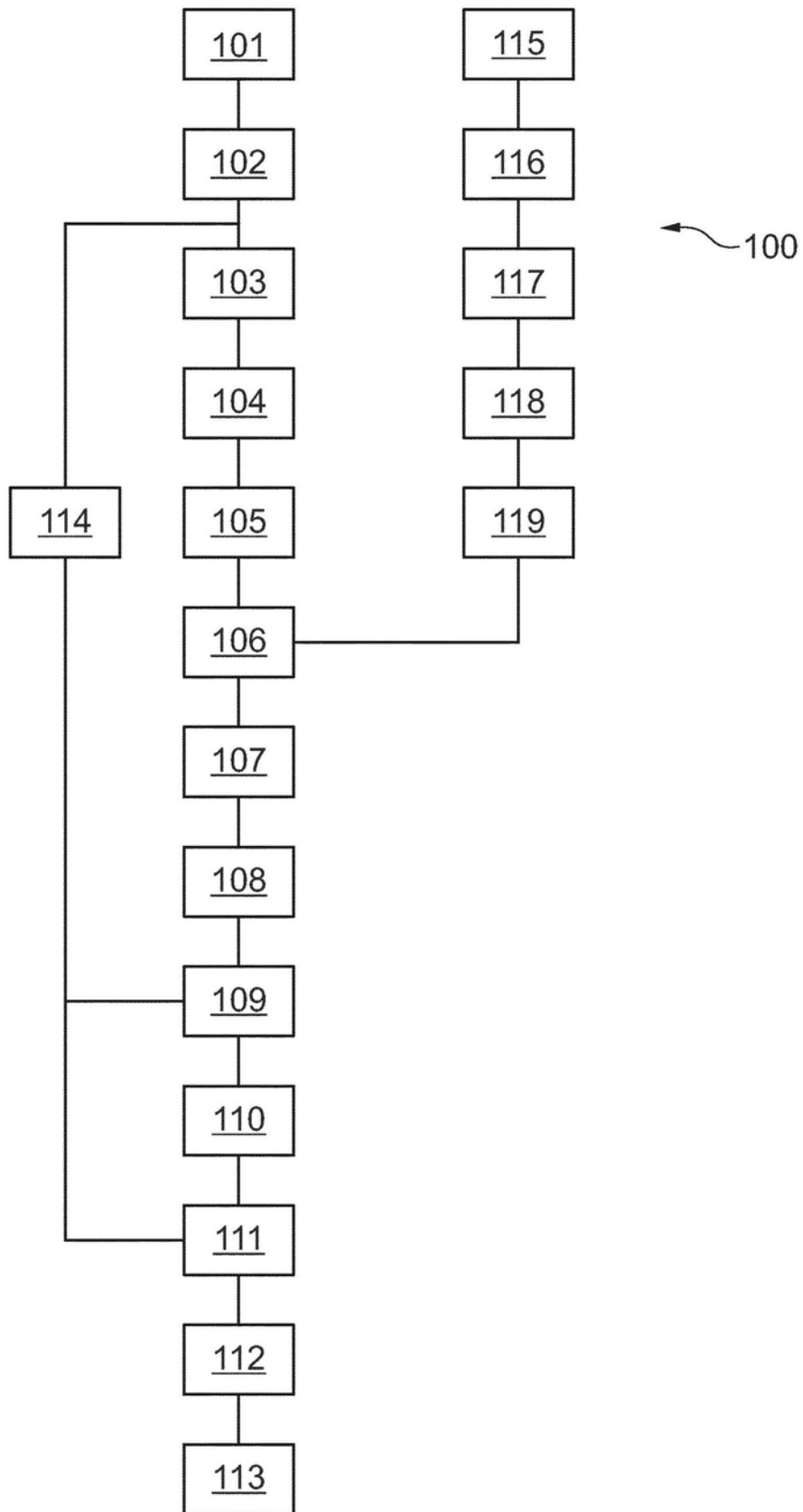


图1

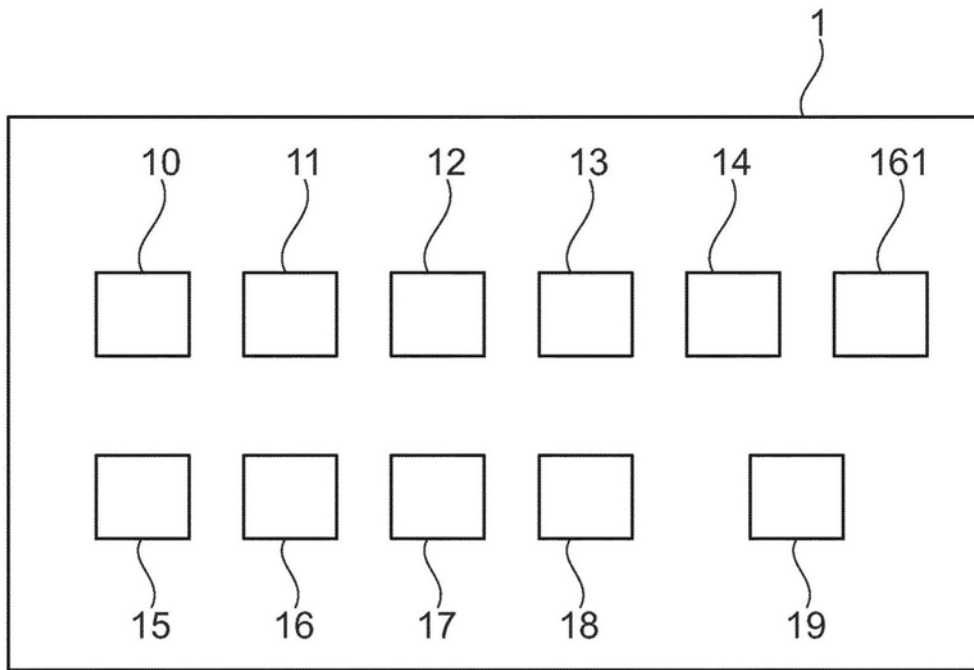


图2

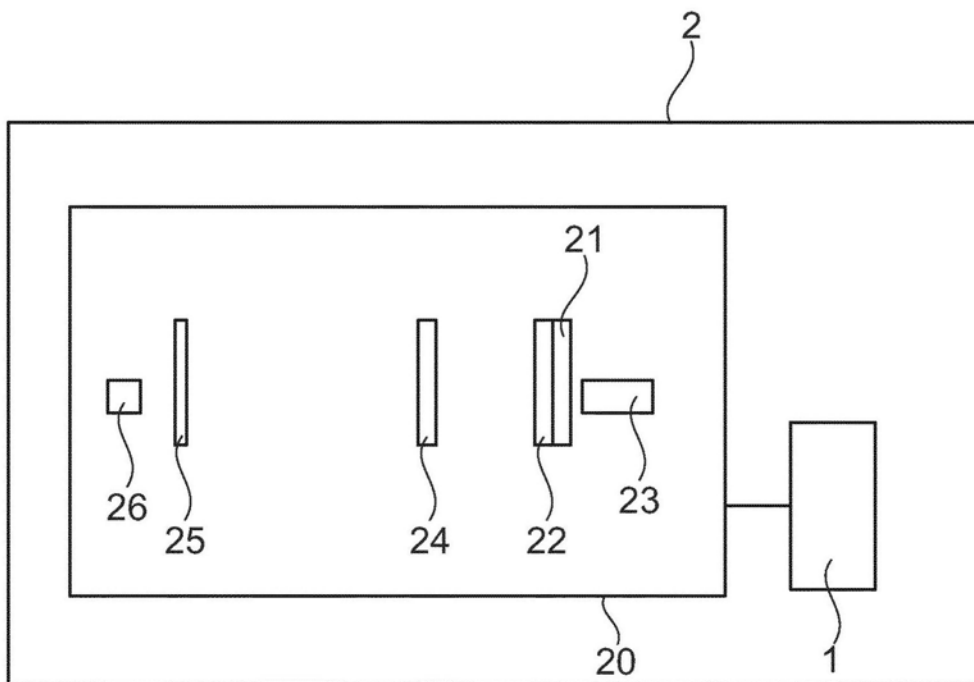


图3a

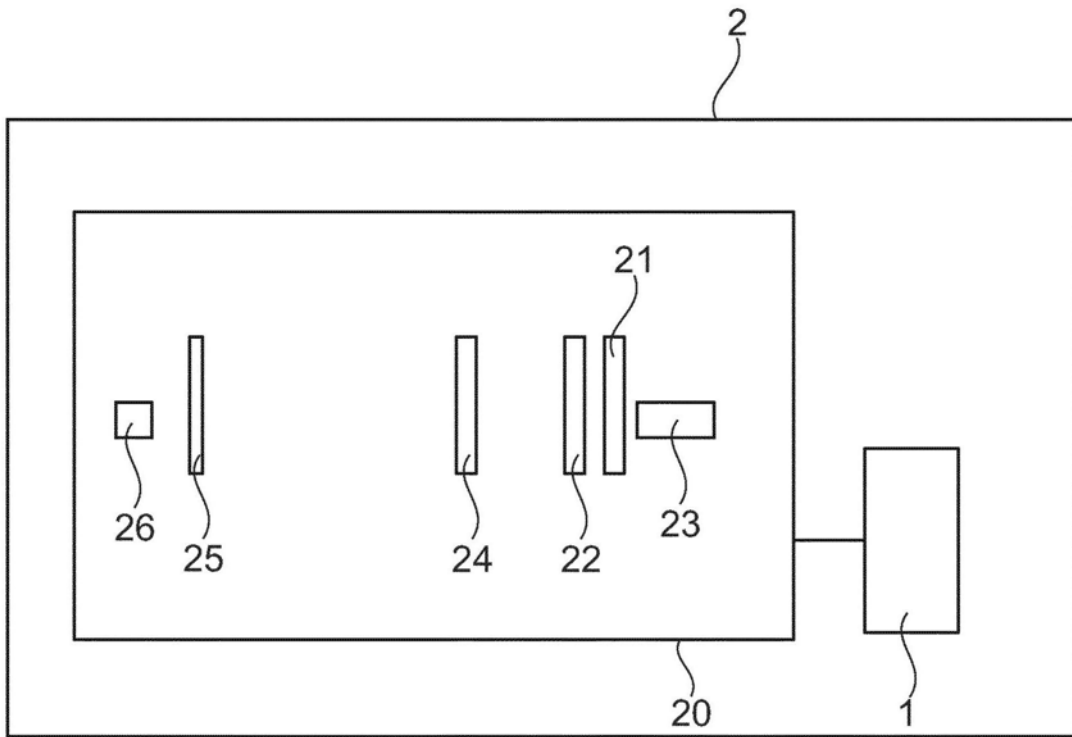


图3b

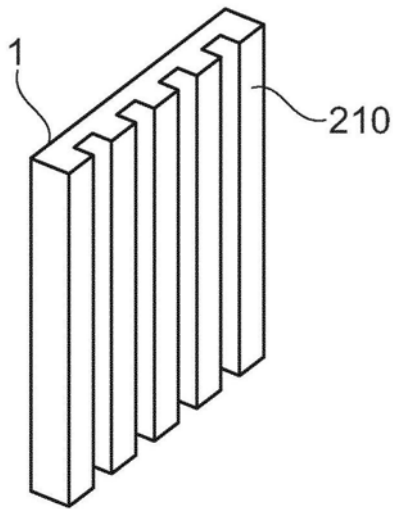


图4a

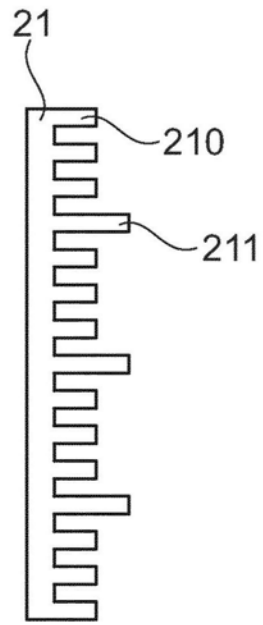


图4b

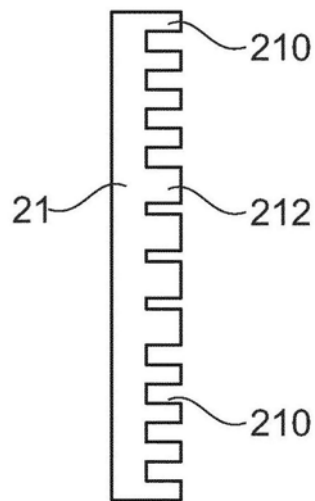


图4c

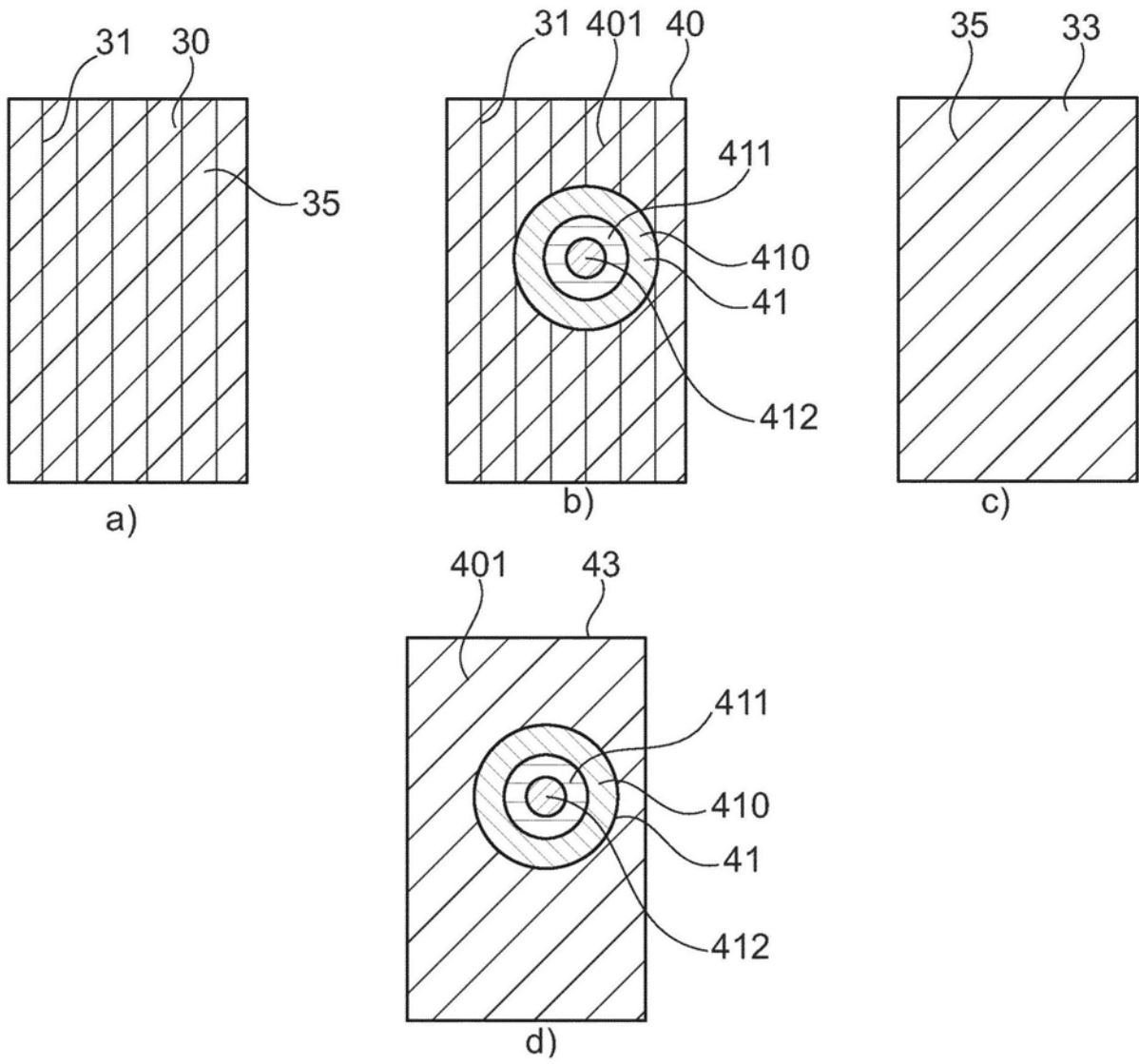


图5

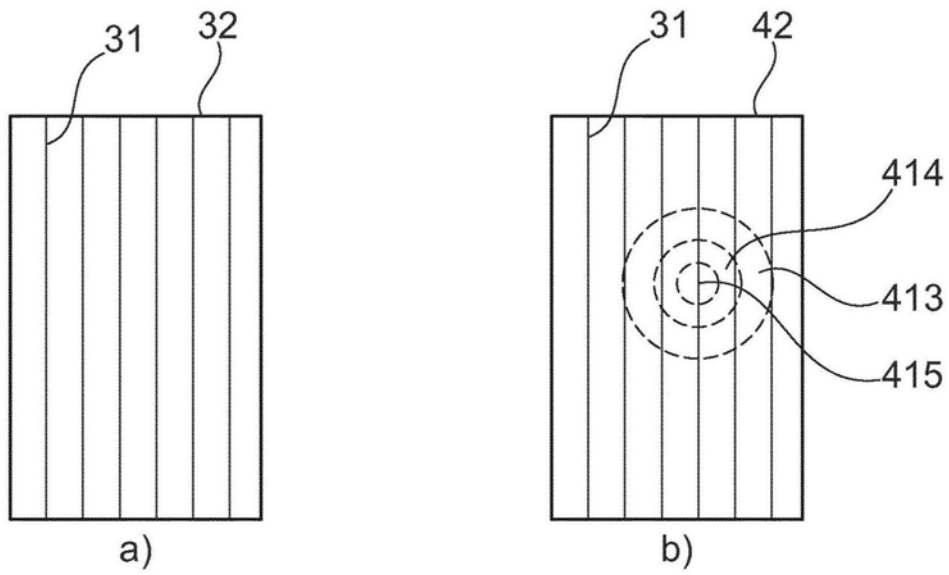


图6

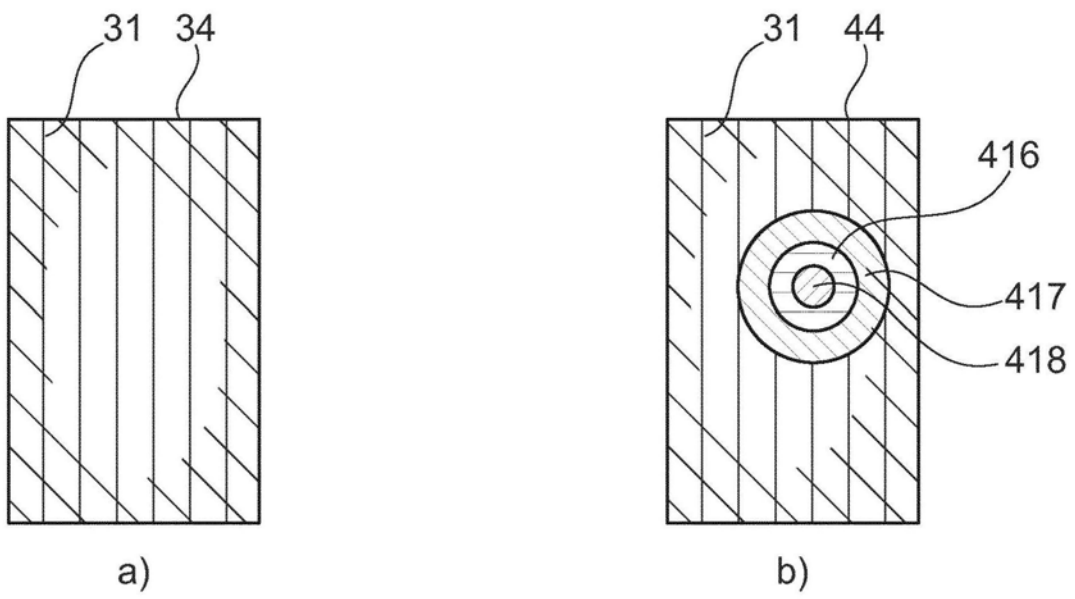


图7

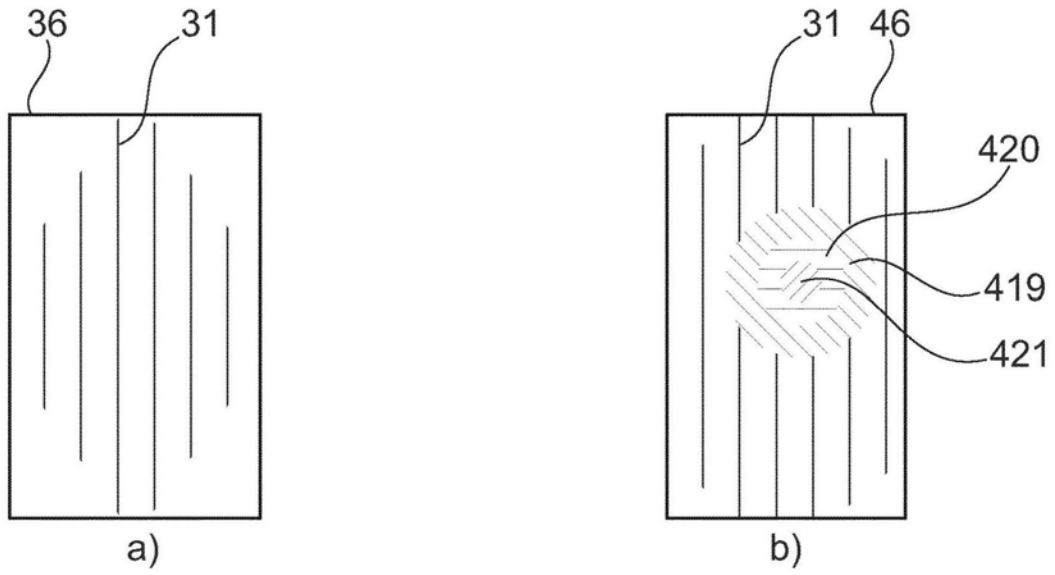


图8

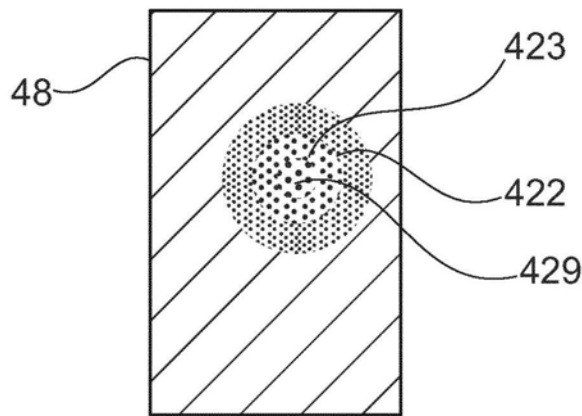


图9

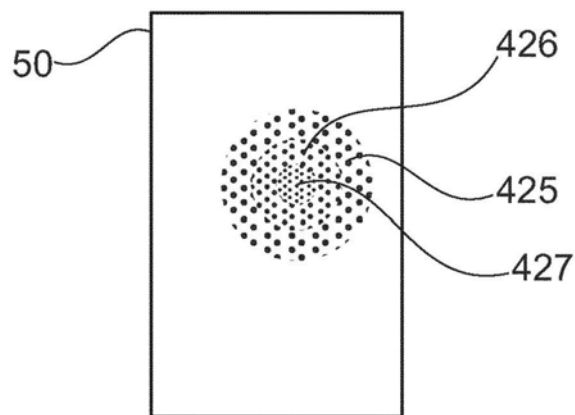


图10

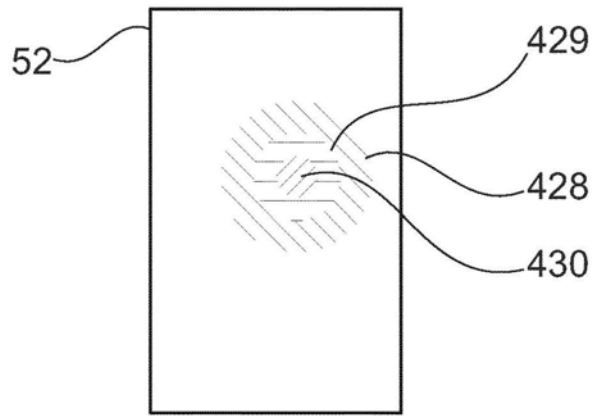


图11

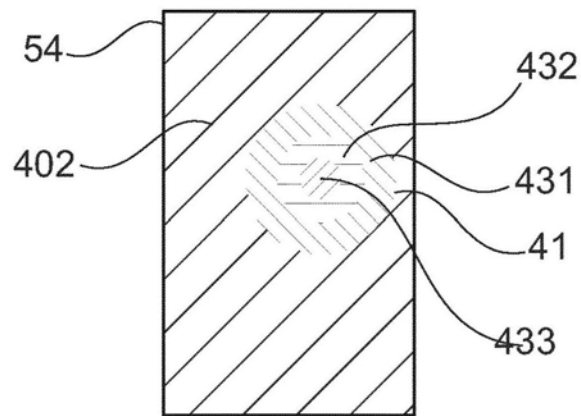


图12

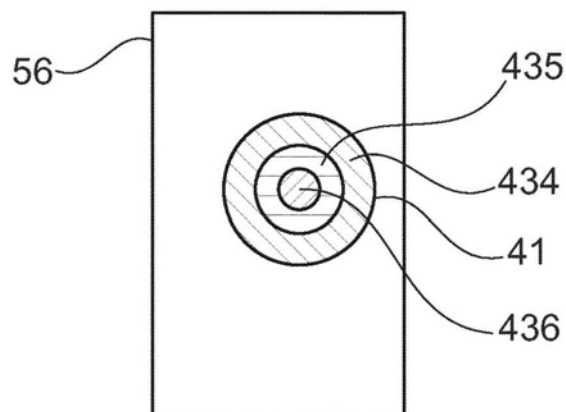


图13

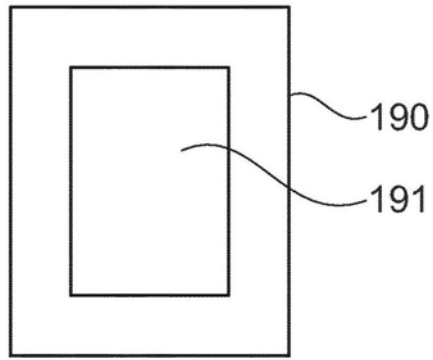


图14