



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103079469 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201180041580. 3

代理人 王英 刘炳胜

(22) 申请日 2011. 08. 26

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

A61B 6/03(2006. 01)

10175176. 6 2010. 09. 03 EP

G01N 23/04(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01N 23/20(2006. 01)

2013. 02. 27

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 101011250 A, 2007. 08. 08,

PCT/IB2011/053750 2011. 08. 26

JP 特开 2008-224661 A, 2008. 09. 25,

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2004013224 A1, 2004. 01. 22,

W02012/029005 EN 2012. 03. 08

WO 2009/113726 A2, 2009. 09. 17,

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

CN 101036582 A, 2007. 09. 19,

地址 荷兰艾恩德霍芬

审查员 陈婧

(72) 发明人 T·克勒

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

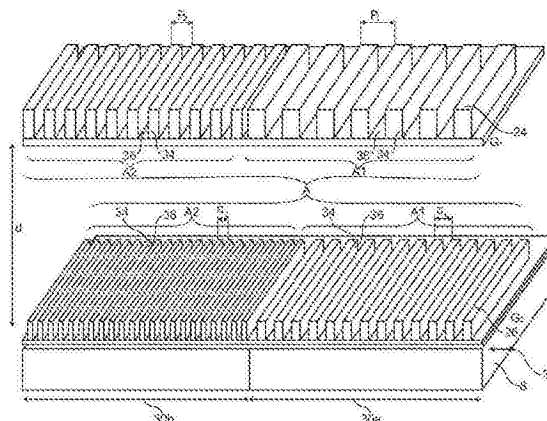
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

利用改善的采样的微分相位对比成像

(57) 摘要

本发明涉及对象的微分相位对比成像。为了增加X射线成像系统(2)的空间分辨率,探测器像素元件(8)的大小可以被认为是限制因素。相应地,增加用于相位对比成像的设备(38)的分辨率,而无需进一步降低个体像素元件(8)的面积。相应地,提供了利用改善的采样的相位对比成像的设备(38),其包括X射线源(4)、第一格栅元件 G_1 (24)、第二格栅 G_2 (26)以及包括多个探测器像素元件(8)的X射线探测器元件(6),每个探测器像素元件(8)具有像素面积 A 。待成像的对象(14)能够被布置在X射线源(4)与X射线探测器元件(6)之间。X射线源(4)、第一格栅元件 G_1 (24)、第二格栅元件 G_2 (26)和X射线探测器(6)能操作地耦合以用于对象(14)的相位对比图像的采集。第一格栅元件 G_1 (24)和第二格栅元件 G_2 (26)中的至少一个包括具有第一格栅跨度 p_1 的第一面积 A_1 和具有与第一格栅跨度不同的第二格栅跨度 p_2 的第二面积 A_2 。



1. 一种用于相位对比成像的格栅装置 (40), 包括:

第一格栅元件 G_1 (24);

第二格栅元件 G_2 (26); 并且

其中, 所述第一格栅元件 (24) 和所述第二格栅元件 (26) 中的至少一个包括: 具有第一格栅跨度 p_1 、 q_1 的第一面积 A_1 , 以及具有与所述第一格栅跨度 p_1 、 q_1 不同的第二格栅跨度 p_2 、 q_2 的第二面积 A_2 ;

其中, 所述第一面积 A_1 和所述第二面积 A_2 的和对应于单个探测器像素元件的像素面积 A 。

2. 根据前述权利要求所述的格栅装置, 还包括:

X 射线探测器元件 (6), 其包括多个探测器像素元件 (8), 每个探测器像素元件 (8) 具有所述像素面积 A ; 并且

其中, 所述第一面积 A_1 和所述第二面积 A_2 相邻布置。

3. 根据前述权利要求中的至少一项所述的格栅装置, 其中, 所述第一面积和所述第二面积具有相似的大小。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的格栅装置, 其中, 所述第一格栅元件 (24) 和所述第二格栅元件 (26) 中的至少一个包括针对每个像素元件的: 具有所述第一格栅跨度 p_1 、 q_1 的所述第一面积, 以及具有与所述第一格栅跨度 p_1 、 q_1 不同的所述第二格栅跨度 p_2 、 q_2 的所述第二面积。

5. 一种用于相位对比成像的设备 (38), 包括:

X 射线源 (4); 以及

根据权利要求 1 或 2 所述的格栅装置 (40);

其中, 待成像的对象 (14) 能够被布置在所述 X 射线源 (4) 与 X 射线探测器元件 (6) 之间;

其中, 所述第一格栅元件 (24) 和所述第二格栅元件 (26) 能够被布置在所述 X 射线源 (4) 与所述 X 射线探测器元件 (6) 之间;

其中, 所述 X 射线源 (4)、所述第一格栅元件 (24)、所述第二格栅元件 (26) 和所述 X 射线探测器元件 (6) 操作地耦合以用于所述对象 (14) 的相位对比图像的采集。

6. 根据权利要求 5 所述的设备,

其中, 所述 X 射线源 (4) 适于发射具有限定波长的设计能量水平的 X 射线辐射 (20);

其中, 所述第一格栅元件 (24) 和所述第二格栅元件 (26) 被间隔开距离 d ;

其中, 距离 d 对应于所述限定波长的所述第一格栅跨度 p_1 和所述第二格栅跨度 p_2 中的一个的分数 Talbot 距离。

7. 根据权利要求 6 所述的设备,

其中, 所述距离 d 对应于针对所述第一格栅跨度 p_1 和所述第二格栅跨度 p_2 两者的分数 Talbot 距离。

8. 根据权利要求 7 所述的设备,

其中, 通过如下方程将所述第一格栅跨度 p_1 与所述第二格栅跨度 p_2 相关联:

$$p_2 = \left(\frac{2m-1}{2n-1} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot p_1,$$

其中,距离 d 是针对跨度 p_1 的 $(2m-1)$ 级分数 Talbot 距离,并且

其中,距离 d 是针对跨度 p_2 的 $(2n-1)$ 级分数 Talbot 距离。

9. 根据权利要求 8 所述的设备,

其中,所述距离 d 是所述第一格栅跨度 p_1 的第一和第三分数 Talbot 距离以及所述第二格栅跨度 p_2 的第三和第四分数 Talbot 距离之一。

10. 根据权利要求 5 至 9 中的至少一项所述的设备,

其中,所述第一格栅元件 (24) 和所述第二格栅元件 (26) 被基本平行地布置;并且

其中,所述第一格栅元件 (24) 和所述第二格栅元件 (26) 适于能够相对于彼此移动以提供相位步进。

11. 一种 X 射线系统,包括根据权利要求 5 至 10 中的一项所述的设备 (38)。

12. 根据权利要求 5 至 10 中的一项所述的设备在 X 射线系统和 CT 系统中的至少一种中的使用。

利用改善的采样的微分相位对比成像

技术领域

[0001] 本发明总体涉及 X 射线成像技术。

[0002] 更具体而言,本发明涉及微分相位对比成像。

[0003] 具体而言,本发明涉及一种用于利用改善的采样的相位对比成像的设备、一种包括根据本发明的设备的 X 射线系统以及根据本发明的设备在 X 射线系统和 CT 系统之一中的使用。

背景技术

[0004] 当采集 X 射线图像时,待检查的对象,例如患者,被布置在 X 射线生成装置与 X 射线探测器之间。源自 X 射线生成装置的 X 射线辐射贯穿待检查的对象,随后到达 X 射线探测器。位于 X 射线辐射的路径中的待检查的对象对 X 射线束空间衰减,其取决于对象内的特定组织结构。X 射线探测器随后通过确定 X 射线辐射的强度分布来探测经空间衰减的 X 射线辐射,采用所述图像信息以生成、进一步处理并且随后显示待检查的对象的 X 射线图像。

[0005] 然而,待检查的对象可能在 X 射线辐射进行衰减时仅提供微小的差异,得到具有低对比度的相对均匀衰减的 X 射线图像,由此缺少对象的被成像的内部结构的细节。

[0006] 在对象内的特定对象或区域可以包括相似的衰减属性时,贯穿对象的 X 射线辐射的相位可能受到对象的结构的大程度的影响。

[0007] 在相位对比成像中,采用例如由被布置成邻近、接近例如 X 射线管的 X 射线源的源格栅生成的至少部分空间相干的 X 射线辐射。贯穿对象的相干 X 射线可以允许相位信息的随后的恢复(retrieval)。

[0008] 然而,波的相位可能不是直接测量的,而是需要将相位偏移(shift)例如通过干涉两个或更多个波来转换成强度调制。

[0009] 为了生成相应的干涉模式(pattern),采用所谓的相位格栅,其被布置在待检查的对象与 X 射线探测器之间。然而,通过仅采用相位格栅生成的干涉模式可能过小而不能利用现有的 X 射线探测器探测到,因为缺少 X 射线探测器的空间分辨率。

[0010] 由此,可以采用其他分析器格栅,其被布置在相位格栅与 X 射线探测器之间,随后提供干涉模式,其足够大从而能够被现有的 X 射线探测器探测到。

[0011] 为了获得适当的图像信息,执行所谓的相位步进。在相位步进中,源格栅、相位格栅和分析器格栅之一被相对于其他格栅和 X 射线探测器元件横向位移其格栅跨度(pitch)的分数,例如,诸如相位格栅的格栅跨度的四分之一、六分之一、八分之一。如果使用特定的格栅执行相位步进,那么相位步进应当覆盖这一特定格栅的完整时段。

[0012] 基于格栅的微分相位对比成像系统的空间分辨率受到 X 射线源的焦斑的大小和单个探测器像素元件的大小的限制。

[0013] 尽管微分相位对比成像可以在仅考虑衰减的透射 X 射线成像中提供增强的图像信息,这样获得的图像信息的空间分辨率可以被认为仍然受到个体探测器像素元件及其相应尺寸的限制。

[0014] 由此,为了获得具有增加的细节的图像信息,所采集的微分相位对比投影的图像信息的改善或增强的空间分辨率可能是有益的。

[0015] 在 Optics Express 6296, 2005年8月8日 /vol. 13, no. 16 上的 Weitkamp T.、Diaz A.、David C. 等人的“X-ray phase imaging with a grating interferometer”以及在 Proc of SPIE vol. 7622 76220Q-1 上的 Bartl P.、Durst J.、Haas W. 等人的“Simulation of X-ray phase-contrast computed tomography of a medical phantom comprising particle and wave contributions”这两篇文献中都描述了相位对比成像。

发明内容

[0016] 本发明的一方面可以被视为提供用于克服直接取决于探测器像素元件的物理尺寸的空间分辨率的限制,由此提高超出探测器像素元件的实际尺寸的空间分辨率。这可以允许例如通过提高个体探测器像素元件的个体像素面积,在采用现有的 X 射线探测器或者在缓解对探测器的空间分辨率的需求时维持微分相位对比投影的空间分辨率的同时,来改善微分相位对比投影的空间分辨率。

[0017] 相应地,提供了根据独立权利要求的用于利用改善的采样的相位对比成像、包括根据本发明的设备的 X 射线系统以及根据本发明的设备在 X 射线系统和 CT 系统的至少一种中的使用。

[0018] 可以从从属权利要求获得优选实施例。

[0019] 具体而言,增加用于相位对比成像的设备的分辨率而无需进一步降低个体像素元件的面积将是有益的。

[0020] 本发明的这些和其他方面从参考上下文描述的实施例将变得显而易见并得以阐述。

[0021] 下文将参考附图描述本发明的示范性实施例。

[0022] 附图中的图示说明是示范性的。在不同的附图中,为相似或相同的元件提供相似或相同的参考标记。

[0023] 附图未按照比例绘制,然而,其可以描绘定性属性。

附图说明

[0024] 图 1 示出了根据本发明的 X 射线系统的示范性实施例;

[0025] 图 2 示出了根据本发明的相位对比成像的装置的示范性细节;以及

[0026] 图 3 示出了根据本发明的格栅装置的示范性细节。

[0027] 附图标记列表

[0028]

2	X 射线系统
4	X 射线源
6	X 射线探测器
8	探测器像素元件
10	机架
12	支撑物
14	对象
16	控制系统
18	显示器

[0029]

20	X 射线辐射
22	源格栅
24	相位格栅 G_1
26	分析器格栅 G_2
28a、b	波前
30a、b	虚拟像素
32	位移/相位步进
34	屏蔽元件/屏蔽区域
36	沟槽区域
38	用于相位对比成像的设备
40	格栅装置

具体实施方式

[0030] 本发明的一个方面可以被视为采用相对于每个探测器像素具有不均匀或变化的跨度结构的相位格栅和分析器格栅。具体而言,相位格栅和分析器格栅中的每个可以被视为分在两个个体面积中,其中每个个体面积对应于 X 射线探测器的单个探测器像素元件的面积和 / 或尺寸。

[0031] 在对应于单个探测器像素元件的每个面积内,相位格栅和分析器格栅的格栅结构可以是非均匀格栅结构。所述非均匀格栅结构可以被视为采用针对每个探测器像素元件的至少两种个体格栅跨度。

[0032] 每个格栅元件的格栅结构可以被视为包括个体屏蔽元件,每个个体屏蔽元件形成彼此间隔开的屏蔽区域,由此形成屏蔽元件之间的凹槽区域。优选地,凹槽区域和屏蔽区域两者都包括相同的宽度,由此凹槽区域和屏蔽区域或屏蔽元件是基本相同的尺寸。

[0033] 邻近彼此布置的两个屏蔽元件之间的距离可以是指格栅的跨度。由此,格栅结构

的跨度要么是凹槽区域的宽度加上屏蔽区域的宽度,或者,由于屏蔽区域和凹槽区域优选包括相同的宽度,格栅结构的跨度还等于凹槽区域或者屏蔽区域的宽度的两倍。

[0034] 格栅的跨度还可以被是指格栅的周期性。

[0035] 优选地,与单个探测器像素元件的面积或大小对应的格栅的面积或大小可以被平分,其中所述区域的每一半对应于单个探测器像素元件,所述单个探测器像素元件包括具有个体格栅跨度的个体格栅结构。换言之,一个探测器像素元件的面积的第一半被具有第一格栅跨度的格栅结构覆盖,并且一个探测器像素元件的所述面积的第二半被具有不同于第一格栅跨度的第二格栅跨度的格栅结构覆盖。

[0036] 在具体实施例中,可以采用针对相位格栅 G_1 的两个不同的格栅跨度 p_1 和 p_2 , 其中每个格栅跨度覆盖相应的面积 A_1 、 A_2 , 即, 单个探测器像素元件的像素面积 A 的一半。第一格栅元件、相位格栅 G_1 与第二格栅元件、分析器格栅 G_2 之间的距离可以经验性地选择作为与例如跨度 p_1 相关的跨度的第一分数 Talbot 距离。

[0037] n 阶分数 Talbot 距离可以通过采用如下方程来确定:

$$[0038] \quad d_n = (2n-1) \cdot \frac{p_1^2}{8 \cdot \lambda} \text{ 方程 1}$$

[0039] 其中, λ 是 X 射线源的限定设计能量处的波长, 并且 n 是正整数。如果采用球面波, 可能需要进一步的校正, 其在本领域中是已知的。因此, 第一分数 Talbot 距离等于:

$$[0040] \quad d_1 = \frac{p_1^2}{8 \cdot \lambda} \text{ 方程 2}$$

[0041] 在采用精确的波长 λ 的情况下, 无模糊的锐利限定的干涉模式以在分数 Talbot 距离处获得。

[0042] 第二格栅跨度 p_2 可以被选择为:

$$[0043] \quad p_2 = (2n-1)^{\frac{1}{2}} \cdot p_1 \text{ 方程 3}$$

[0044] 采用这样的第二格栅跨度也使得与跨度 p_2 相关的另一分数 Talbot 距离等于距离 d 。换言之, 距离 d 是针对跨度 p_1 的 Talbot 距离以及针对跨度 p_2 的不同分数 Talbot 距离。

[0045] 对于 $n=2$ 的方程 2 和方程 3, 距离 d 构成针对跨度 p_1 的第一分数 Talbot 距离以及针对在相同设计能量处的跨度 p_2 的第三分数 Talbot 距离。

[0046] 分析器格栅 G_2 还包括具有个体跨度 q_1 和 q_2 的面积 A_1 和 A_2 。 p_1 和 q_1 以及 p_2 和 q_2 的相应跨度可以优选由方程 4 来进行关联。

$$[0047] \quad q_i = p_i \cdot \frac{l+d}{2l}; \quad i=1,2 \quad ; \text{方程 4}$$

[0048] 每个个体面积 A_1 和 A_2 可以被认为在物理探测器像素元件上创建个体虚拟像素。

[0049] 如果现在执行相位步进, 第一虚拟像素上的强度变化可以被认为包括跨度 p_1 的时段, 而第二虚拟像素上的强度变化包括跨度 p_2 的时段。由此, 相应的两个虚拟像素的相位梯度可以被视为在不同的频率处被编码并且由此他们两者都可以从相位步进恢复。然而, 可能必须增加在对相位进行相位步进期间采集的投影的最小数量, 以允许获得两个虚拟像素所需的独立参数。

[0050] 例如, 利用两种不同的格栅跨度 p_1 和 p_2 , 投影的最小数量可能需要从三种不同的

相位步进状态增加到五种相位步进状态。换言之,当仅采用单个跨度时,相位格栅 G_1 和分析器格栅 G_2 相对于彼此的三种个体对准位置可以被认为足以获得图像信息,同时,当采用两种不同的格栅跨度时,可能必须采集五个独立的投影。

[0051] 示范性地,面积 A_1 中强度调制可以通过如下方程进行建模。

$$[0052] \quad I_1 = C_1 + V_1 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{p_1} + \varphi_1\right) \text{ 方程 5}$$

[0053] 其中, x 是相位格栅 G_1 的位移,并且根据如下方程,相位 φ_1 与面积 A_1 中的 X 射线波前的平均梯度 $\partial\Phi/\partial x(A_1)$ 相关。此外, C_1 与相位步进期间的平均强度相关,所述量与常规 X 射线透射图像相关。 V_1 与所谓的可见度函数相关,所述可见度函数受到 X 射线源的带宽、X 射线束的空间相干、对象中的散射和其他效应的影响。

$$[0054] \quad \varphi_1 = \left(\frac{l \cdot d}{q_1}\right) \cdot \partial\Phi/\partial x(A_1) \text{ 方程 6}$$

[0055] 相应地,面积 A_2 中的强度调制能够通过如下方程建模:

[0056]

$$I_2 = C_2 + V_2 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{p_2} + \varphi_2\right)$$

[0057] 其中,

$$[0058] \quad \varphi_2 = \left(\frac{l \cdot d}{q_2}\right) \cdot \partial\Phi/\partial x(A_2) \text{ 方程 7}$$

[0059] 随后,由个体探测器像素元件测量的总强度可以从如下方程获得。

$$[0060] \quad I = I_1 + I_2 = (C_1 + C_2) + V_1 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{p_1} + \varphi_1\right) + V_2 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{p_2} + \varphi_2\right) \text{ 方程 8}$$

[0061] 两个感兴趣相位梯度 $\partial\Phi/\partial x(A_1)$ 、 $\partial\Phi/\partial x(A_2)$ 由此可以在相位步进期间获得,因为它们是在不同的频率 $1/p_1$ 和 $1/p_2$ 中编码的。为了从相位步进恢复两个相位梯度,格栅 G_1 现在应当被移动至少覆盖 p_1 和 p_2 的更大的长度。

[0062] 本发明的原理可以不仅仅限于将物理像素元件仅分成两个虚拟像素。相反地,通过采用其他的不同的格栅跨度,例如采用单个探测器像素元件的面积之内的三个不同的格栅跨度,生成三个虚拟像素。在这种情况下,可能需要采集七个个体投影。相应地,距离 d 等于所采用的特定分数 Talbot 距离或所有格栅跨度 p_1 、 p_2 、 p_3 、 $\dots$ p_n 的距离可能是有益的,而重建多个虚拟像素要采集的个体图像的数量可以是 $2n+1$ 。

[0063] 此外,还能够想到选择针对虚拟像素的不同分数 Talbot 距离。具体而言,距离 d 还可以例如是例如针对跨度 p_1 的第三分数 Talbot 距离,并且例如针对跨度 p_2 的第五分数 Talbot 距离。然而,所述系统对相位梯度的灵敏度可以被视为随着分数 Talbot 级(order)线性增加。为了实现针对不同虚拟像素的相似灵敏度,针对不同的虚拟像素采用相似的分数 Talbot 级可能是有益的。

[0064] 现在参考图 1,描绘了根据本发明的 X 射线系统的示范性实施例。

[0065] 在图 1 中, X 射线系统 2 被示范性地描绘为 CT 系统 2, 其包括安装在机架 10 上的 X 射线源 4 和 X 射线探测器 6, 以允许 X 射线探测器 6 和 X 射线源 4 两者关于一轴进行旋转。

[0066] X 射线源 4 生成源自 X 射线源 4 并且随后到达 X 射线探测器 6 的 X 射线辐射 20。

[0067] 支撑物 12 被布置在 CT 系统 2 的机架 10 之内, 用于支撑待检查的对象 14。对象 14 能够被布置在 X 射线辐射 20 的路径中, 以允许通过 X 射线探测器 6 由其个体探测器像素元件 8 来采集 X 射线图像信息。X 射线探测器 6 被示范性地显示为探测器像素元件 8 的二维阵列。

[0068] 包括显示器 18 的控制系统 16 能够通信地耦合到 X 射线系统 2, 用于控制图像采集过程, 并且还用于提供用于之后在显示器 18 上显示所采集和重建的图像信息的手段。

[0069] 在图 1 中描绘了用于微分相位对比成像采集的个体格栅元件。然而, 从 X 射线管 4 到探测器元件 6 的 X 射线辐射 20 的路径的详细图示可以从图 2 获得。

[0070] 现在参考图 2, 描绘了根据本发明的用于相位对比成像的装置的示范性实施例。

[0071] 在装置 38 中, X 射线源 4 被布置在源格栅 22 的附近, 用于生成至少部分空间相干的 X 射线辐射 20。源格栅 22 与相位格栅 G_1 24 间隔开距离 l 。对象 14 被布置在 X 射线源 4 与相位格栅 G_1 24 之间的 X 射线辐射 20 的路径中。具有均匀相位的波前 28a 被描绘为到达对象 14 处, 同时描绘了由于在贯穿对象 14 时施加在波前上的相位偏移在波前内具有改变的相位关系的另一相位前 28b。

[0072] 随后, 波前到达相位格栅 G_1 24, 其被布置成与分析器格栅 26 间隔开距离 d 。距离 d 可以是针对格栅跨度 p 的分数 Talbot 距离。

[0073] 分析器格栅 G_2 26 能够相对于相位格栅 G_1 24 进行位移 32, 以采集相位对比图像。然而, 还能够想到位移源格栅 G_0 22 或者相位格栅 G_1 24, 而非分析器格栅 G_2 26。

[0074] 穿过相位格栅 G_1 24 和分析器格栅 G_2 26 的 X 射线辐射 20 随后在 X 射线探测器元件 6 上生成干涉模式, 其能够被探测器像素元件 8 探测到。

[0075] 为了简明, 在图 2 中, 相位格栅 G_1 24 被描绘为具有均匀跨度 p , 并且分析器格栅 G_2 26 被描绘为具有均匀跨度 q 。然而, 可以从图 3 获得关于相位格栅 G_1 24 以及分析器格栅 G_2 26 的详细图示说明。

[0076] 现在参考图 3, 描绘了根据本发明的格栅装置的示范性细节。

[0077] 在图 3 中, 在格栅装置 40 中, 描绘了单个探测器像素元件 8 的面积 A 以及相应地设定尺寸的相位格栅 G_1 24 以及分析器格栅 G_2 26。应当理解, 描绘的图 3 的装置可以具体而言针对 X 射线探测器 6 的每个单个探测器像素元件 8 进行重复。

[0078] 探测器像素元件 8 的面积 A 被分成两个相似尺寸的面积 A_1 和 A_2 , 对应于与相位格栅 G_1 24 以及分析器格栅 G_2 26 相对的不同跨度的面积。具体而言, $A=A_1+A_2$ 。

[0079] 在面积 A_1 中, 相位格栅 G_1 24 包括跨度 p_1 并且分析器格栅 G_2 26 包括跨度 q_1 , 同时在面积 A_2 中, 相位格栅 G_1 24 包括跨度 p_2 并且分析器格栅 G_2 26 包括跨度 q_2 。

[0080] 相应跨度 p_1 、 p_2 、 q_1 、 q_2 的大小和尺寸可以根据下文的描述来确定。例如, p_1 和 q_2 可以由下式相关联:

[0081] $p_2 = 3^{\frac{1}{2}} \cdot p_1$, 同时 p_1 和 q_1 可以通过 $q_1 = p_1 \cdot \frac{1+d}{2l}$ 相关联。

[0082] 每个格栅包括屏蔽元件或屏蔽区域 34, 其具有中间凹槽区域 36, 其可以被认为构

成屏蔽元件或屏蔽区域 34 之间的间隙。每个屏蔽区域 24 或凹槽区域 36 包括相应跨度 p_1 、 p_2 、 q_1 、 q_2 的一半,取决于相应屏蔽区域 24 和凹槽区域 36 被布置在哪一面积中。

[0083] 而对于相位格栅 G_1 24,凹槽区域 36 可以基本上是相邻屏蔽区域 34 之间的空间或间隙,分析器格栅 G_2 26 的凹槽区域 36 可以被通过电镀填充例如金的材料。

[0084] 屏蔽区域 34 以及凹槽区域 36 可以具有相等的宽度,两者构成或相加成相位格栅 G_1 24 和分析器格栅 G_2 26 的相应面积 A_1 、 A_2 的相应跨度。

[0085] 示范性地,分析器格栅 26 可以是能够平行于相位格栅 G_1 24 位移 32,用于执行相位步进。根据当前相位步进状态,可以将干涉模式投影到探测像素元件 8 上,或者投影在虚拟像素 1 30a 或虚拟像素 2 30b 的面积中。由于虚拟像素 30a、30b 两者被布置在相同的探测器像素元件 8 上,虚拟像素还经由相同的物理探测器像素元件 8 读出。探测器元件 6 由此可能不需要进行调整。

[0086] 随后,所采集的图像信息可以相对于个体相位步进状态,即,相对于所采集的图像信息是否被认为属于虚拟像素 1 30a 或者虚拟像素 2 30b,来进行整理。由此,通过被考虑到虚拟像素 30a、30b 的个体探测器像素元件 8 的多个读出值重建的图像信息可以具有至少在垂直于格栅结构的方向,即在垂直于屏蔽区域 34 和凹槽区域 36 的空间分辨率,其是探测器元件 6 自身的空间分辨率的两倍。

[0087] 应当注意到,术语“包括”并不排除其他元件或步骤,并且“一”或“一个”并不排除多个。同样地,不同实施例中的相关联的元件可以进行组合。

[0088] 应当注意到,权利要求中的附图标记不应当被解释为限制权利要求的范围。

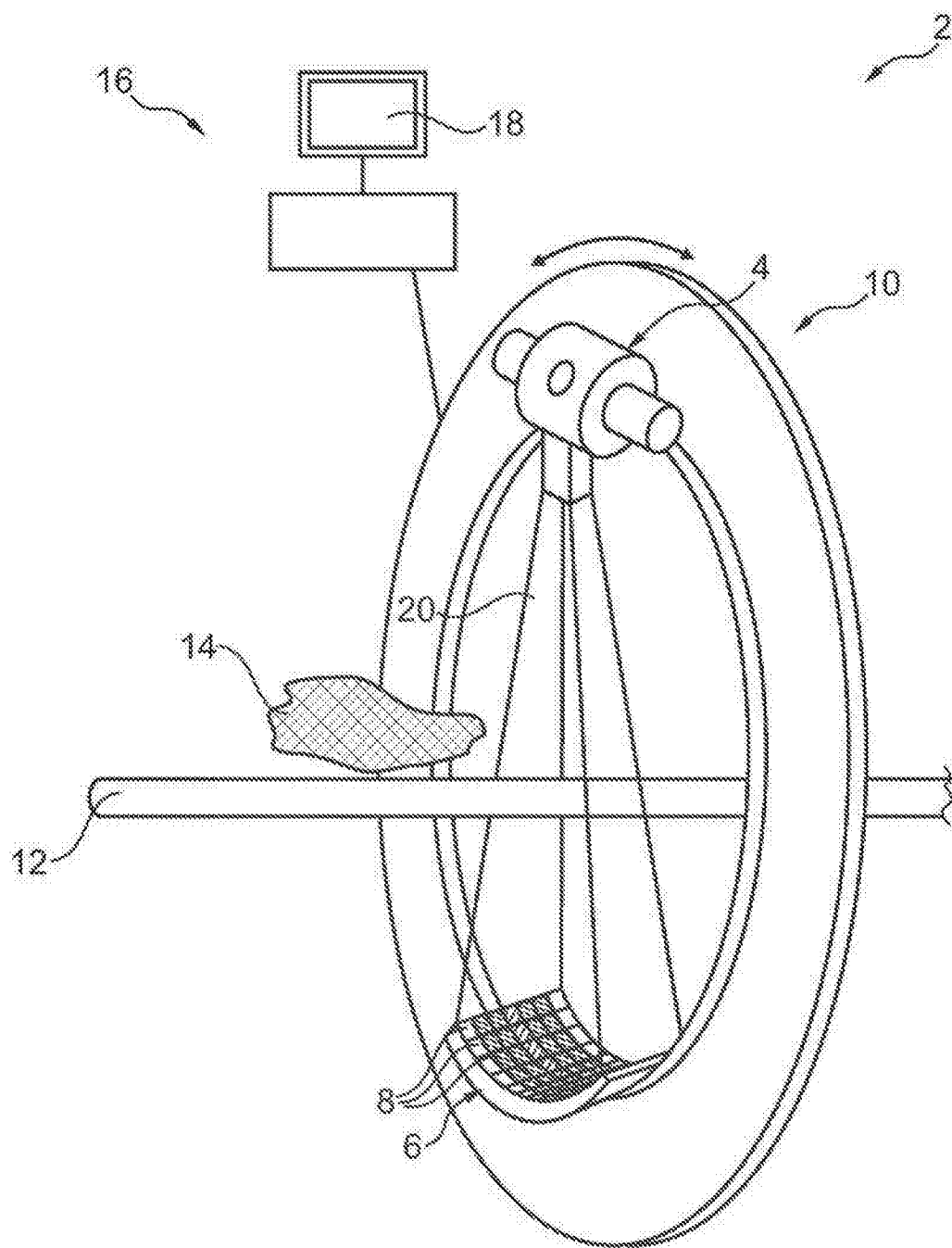


图 1

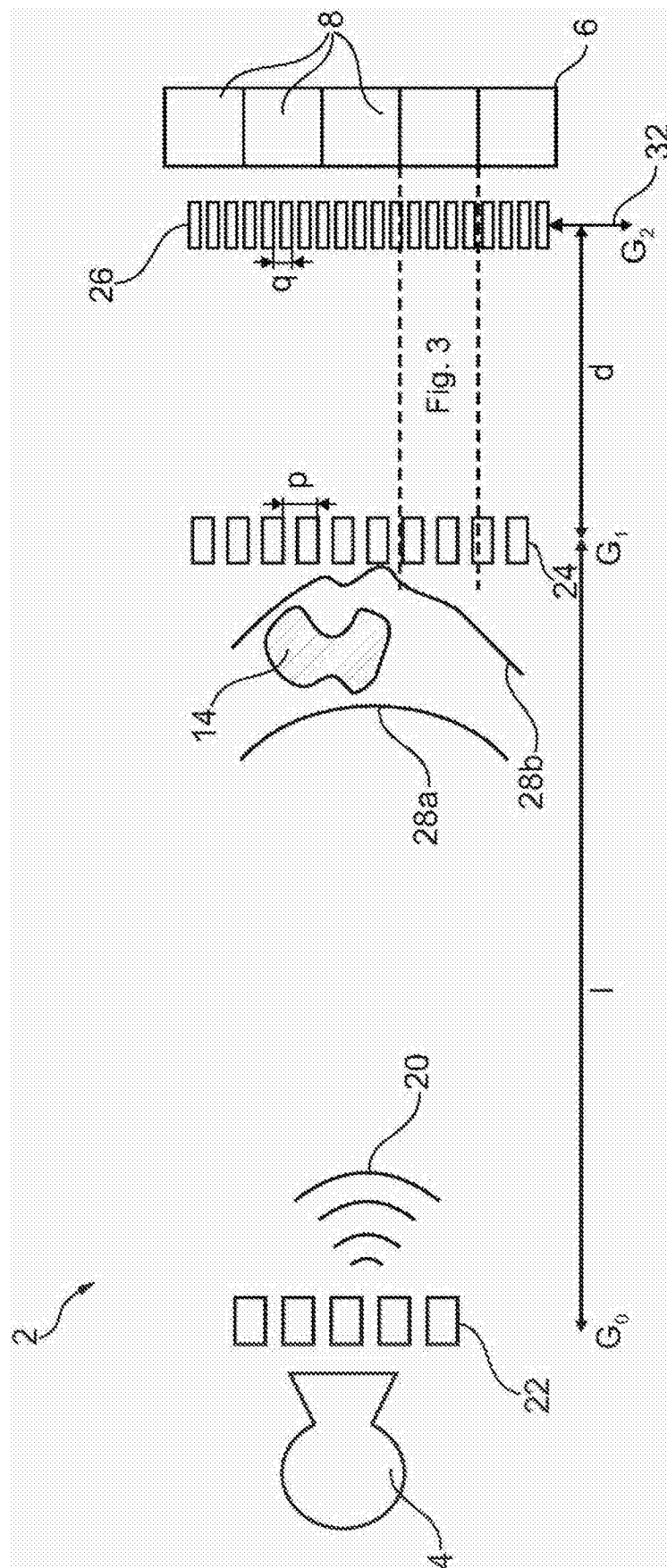


图 2

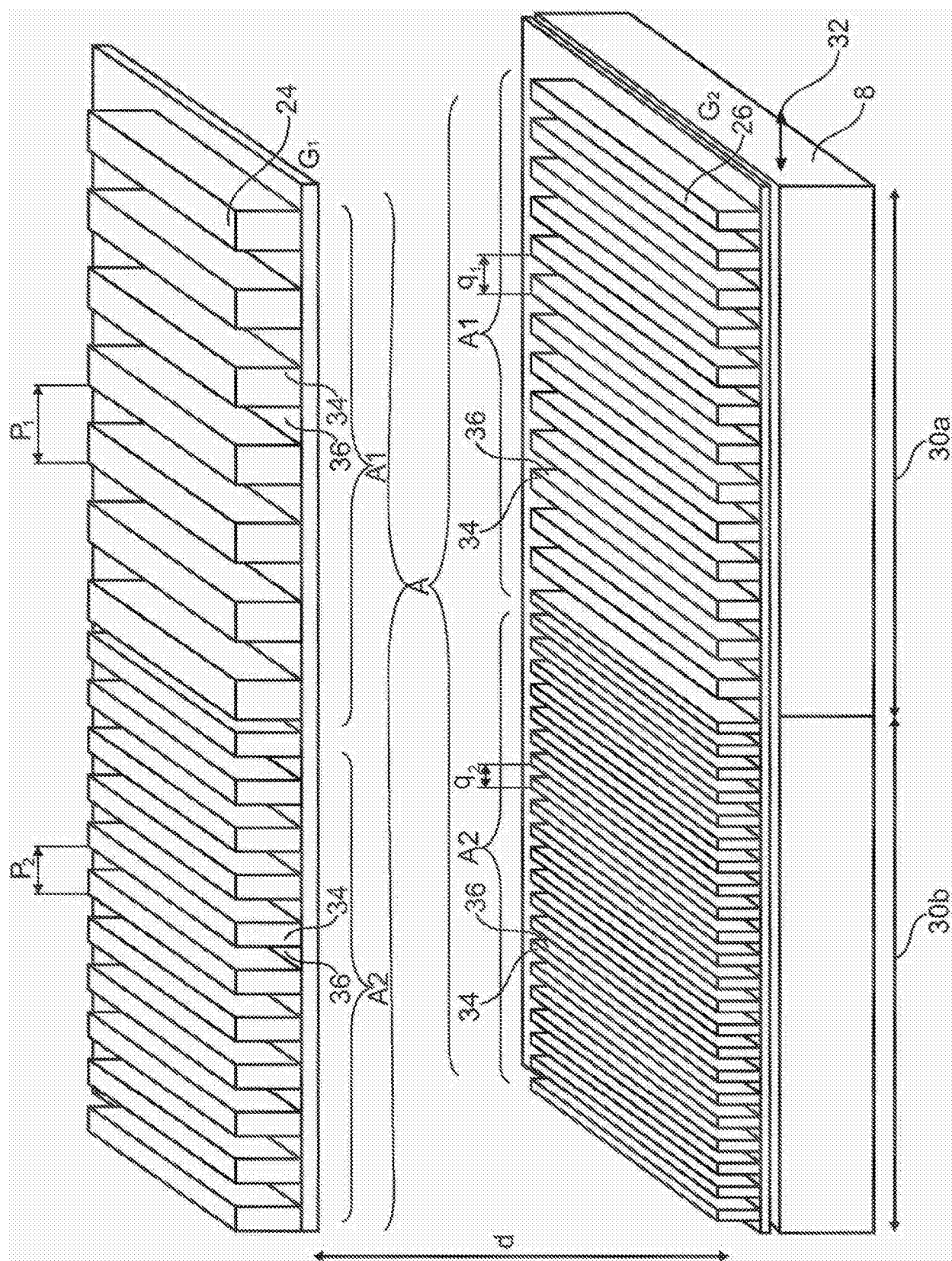


图 3