



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108140439 A

(43)申请公布日 2018.06.08

(21)申请号 201680057949.2

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22)申请日 2016.09.23

代理人 王英 刘炳胜

(30)优先权数据

15187536.6 2015.09.30 EP

(51)Int.Cl.

G21K 1/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.03.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2016/072651 2016.09.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/055181 EN 2017.04.06

(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 G·马滕斯 U·范斯特文达勒

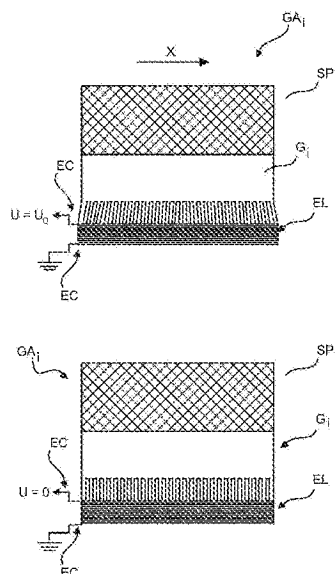
权利要求书2页 说明书17页 附图12页

(54)发明名称

借助于电-机械换能器箔对用于差分相衬成像的光栅的聚焦

(57)摘要

一种用于在X射线成像器(IM)中的相衬成像应用中使用的栅组件(GAi)。所述组件(GAi)包括被耦合至所述组件(GAi)的栅结构(Gi)的电致伸缩层。经由所述耦合,所述栅结构的脊(RG)能够被变形为与所述成像器(IM)的X射线源(XR)的焦斑(FS)对准。这允许减小X射线阴影效应。



1. 一种光栅组件 (GA<sub>i</sub>), 包括:
  - 光栅结构 (G<sub>i</sub>), 其配置为修改X射线辐射; 以及
  - 电致伸缩材料层 (EL), 其被耦合至所述光栅结构的第一面,其中, 所述光栅结构 (G<sub>i</sub>) 的至少部分能在跨所述电致伸缩材料层 (EL) 施加电压时变形,  
其中, 所述光栅结构的所述第一面和电致伸缩层的相对面被结构化, 以便彼此互锁。
2. 根据权利要求1所述的光栅组件, 所述光栅结构 (G<sub>i</sub>) 具有脊 (RG), 并且所述变形使得所述脊 (RG) 至少部分地朝向位于所述光栅组件 (GA<sub>i</sub>) 外部的聚焦区域或聚焦点对准。
3. 根据权利要求2所述的光栅组件, 所述脊 (RG) 具有相应的顶端部分 (208), 所述顶端部分一起形成所述光栅结构 (G<sub>i</sub>) 的所述第一面。
4. 根据权利要求3所述的光栅组件, 其中, 所述电致伸缩材料层 (EL) 被耦合至所述脊的所述顶端部分 (208)。
5. 根据前述权利要求中的任一项所述的光栅组件, 其中, 所述光栅结构 (G<sub>i</sub>) 相对于所述脊中的至少一个脊以铰接方式布置。
6. 根据前述权利要求中的任一项所述的光栅组件, 包括被耦合至所述光栅结构 (G<sub>i</sub>) 的远离所述电致伸缩材料层 (EL) 的第二面的加强元件 (SP1)。
7. 根据前述权利要求中的任一项所述的光栅组件, 包括被耦合至所述电致伸缩材料层 (EL) 的一或另一加强元件 (SP2), 以便将所述电致伸缩材料层 (EL) 夹置于所述另一加强元件 (SP2) 与所述光栅结构 (G<sub>i</sub>) 之间。
8. 根据前述权利要求5-7中的任一项所述的光栅组件, 其中, 所述光栅结构的所述第二面和所述加强元件 (SP1) 的相对面被结构化, 以便彼此互锁。
9. 一种X射线成像装置 (IX), 包括:
  - X射线源 (XR), 其从焦斑 (FS) 发射X射线辐射; 以及
  - 根据前述权利要求中的任一项所述的光栅组件 (GA<sub>i</sub>)。
10. 根据权利要求9所述的X射线成像装置 (IX), 包括电压源 (VS) 或至少电力连接器, 所述电压源或至少电力连接器用于向所述光栅组件施加电压, 以便朝向聚焦区域对准所述光栅组件的脊, 其中, 所述聚焦区域的位置随着所述电压沿着与所述X射线成像装置的光轴平行的轴变化。
11. 根据权利要求9或10所述的X射线成像装置 (IX), 包括平移级 (TS), 所述平移级被配置为跨所述X射线成像装置的光轴 (OA) 向所述光栅组件施加横向力, 由此引起所述聚焦区域或所述聚焦点沿着与所述X射线成像装置的光轴垂直的轴的横向偏移。
12. 根据权利要求9-11中的任一项所述的X射线成像装置 (IX), 被配置用于改变所述电压和/或所述横向力, 使得所述聚焦区域能定位为包括所述焦斑。
13. 一种制造光栅组件的方法, 包括以下步骤:
  - 提供 (S10) 光栅结构, 所述光栅结构包括具有脊的基底衬底, 所述脊从所述基底衬底突出, 所述光栅结构具有相应的顶端部分以及远离所述顶端部分的相应的基底部分, 所述脊经由所述相应的基底部分过渡到所述基底衬底中; 并且
  - 向所述顶端部分上安装 (S20) 电致伸缩材料层。
14. 根据权利要求13所述的制造方法, 包括在所述安装之前利用稳定剂填充所述脊之

间形成的沟槽的步骤。

## 借助于电-机械换能器箔对用于差分相衬成像的光栅的聚焦

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光栅组件、X射线成像装置以及制造光栅结构的方法。

### 背景技术

[0002] 在最近5-10年间,由于新型差分相衬成像(DPCI)技术开发的突破,对相衬成像的需求正在增大。这种技术使用两个或三个X射线光栅和Lau-Talbot干涉测量法。这种开发也引起了诊断成像器械制造商的日益增加的兴趣,因为所述技术适用于常规X射线成像系统。该技术的一个可能应用领域是乳房X射线摄影。

[0003] DPCI系统的缺点是以下事实:朝向视场边缘的DPCI信号性能在聚焦点居中的成像系统中会劣化。这是因为,对于朝向视场边缘而定位的光栅沟槽而言,由于光栅上的非正交入射,扰乱了X射线理想地通过光栅。由此的后果是:出现辐射阴影效应,这可能导致光子通量和干涉测量条纹可见度的显著减小。

### 发明内容

[0004] 因此,可能需要减少干涉测量成像系统中的阴影效应。

[0005] 本发明的目的是由独立权利要求的主题解决的,其中,在从属权利要求中并入了另外的实施例。应当指出,本发明的以下描述的方面同样适用于X射线成像装置。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供了一种光栅组件,包括:

[0007] -光栅结构,其被配置用于X射线辐射;以及

[0008] -电致伸缩材料层,其被耦合至所述光栅的第一面,其中,所述光栅结构能在跨所述电致伸缩材料层施加电压时变形。所述光栅结构具有脊(形成于所述光栅的第一面中),并且所述变形使得所述脊至少部分地与或朝向位于所述光栅组件外部的聚焦区域或聚焦点对准。能够通过弯折所述脊的至少部分或者通过使所述脊倾斜来实现(至少部分)对准。通过由于脊与变形层耦合而作用于所述脊上的机械力来实现对准。所述光栅结构尤其适合于(差分)相衬成像和/或暗场成像,并且允许在所述辐射与光栅结构的脊交互作用时修改X射线辐射,以基于干涉图案来创建衍射效应。

[0009] 更具体地,根据一个实施例,所述脊具有相应的顶端部分,其一起形成所述光栅结构的第一面,并且所述电致伸缩材料层被耦合至所述脊的所述顶端部分。这种布置允许将所述层的变形动作更靶向性地施加到所述光栅。换言之,这样允许仅使脊(或者其部分)弯折或倾斜,而光栅结构的剩余部分保持基本不受扰动。这样允许减小实现对光栅组件的聚焦所需的力的量。

[0010] 所提出的光栅组件是对于对抗辐射阴影效应的(纯机械)方式的根本背离,在纯机械方式中,例如通过迫使光栅绕弯曲支撑体弯折而适配圆柱形形状来使所述光栅整体弯折。在此,我们提出了相当不同的方式,即,通过对耦合至光栅脊的终端部分的电致伸缩层的电致伸缩而使光栅脊轻微倾倒/倾斜或弯折。此前,在弯折期间的光栅折断屡见不鲜。相反,在本文中所提出的方法允许以更精细的刻度进行更精确的聚焦,并且光栅较不可能在

使用电致伸缩行为的聚焦期间折断。如所提到的,聚焦允许减小辐射阴影,这继而导致在成像装置的探测器处的干涉图案的更清晰的清晰度(即,可见度)。这继而导致更准确的相衬影像或暗场影像,因为是来自该干涉图案的信息被信号处理成这种影像。

[0011] 根据一个实施例,所述光栅包括被耦合至所述光栅结构的远离所述电致伸缩材料层的第二面的加强元件(诸如板或盘或其他)。

[0012] 根据一个实施例,一或另一加强元件被耦合至所述电致伸缩材料层,以便将所述电致伸缩材料层夹置在所述板或盘与所述光栅结构之间。所述加强元件中的任一个允许向脊更有效率或靶向性地转移(由所述层的变形所导致的)机械力。

[0013] 根据一个实施例,所述光栅组件包括被配置为跨所述电致伸缩材料层施加电压的一对电极。这些电极可以被布置为单独的专用部件,或者光栅结构和加强元件之一自身被用作电极。

[0014] 根据一个实施例,所述光栅组件包括被配置为在跨所述层的相互不同的位置处施加相互不同的电压的多个电极。备选地或者除此之外,并且根据一个实施例,所述层在其横向尺度上具有不均匀的厚度轮廓(profile)。能够使用能够由多个电极对所施加的多个不同的电压或者不均匀的厚度轮廓(相对于所述层的横向维度而测量的)来实现脊的线性位移轮廓。

[0015] 根据一个实施例,所述光栅结构的第一面和所述层的相对面被结构化,以便彼此互锁。备选地或者除此之外,所述光栅结构的第二面以及所述板或盘的相对面被结构化,以便彼此互锁。互锁的任一者或者这两者允许彼此耦合的相应面之间更好的抓握,并且因此允许更有效率地施加该层的变形实现了脊朝向聚焦区域或聚焦点的对准。

[0016] 根据一个实施例,所述光栅结构相对于所述脊中的至少一个脊以铰接方式来布置。换言之,所述光栅结构包括像关节那样动作的至少一个功能元件。当脊遭受到由电致伸缩层的变形所引起的机械力时,这促成了脊的更有利的材料行为以实现聚焦的目的。更具体地,能够以这种方式而非弯折行为来实现脊的倾斜行为。倾斜允许更好的对准并且允许聚焦点的更清晰的空间定义。

[0017] 更具体地,并且根据一个实施例,光栅脊具有远离所述顶端部分并且远离所述电致伸缩层而布置的相应基底部分,并且在另一个实施例中,所述基底部分形成锥形以实施所述铰接式结构。在另一实施例中,由形成所述光栅结构的离散部分的脊来提供所述铰接式结构,并且所述脊经由填充材料的相应封装件(packaging)在其相应的基底部分处与所述光栅结构的基底衬底相耦合。

[0018] 在一个实施例中,填充材料的所述封装件的柔性比基底衬底的脊的柔性更高。根据一个实施例,在基底衬底中形成多个垄沟,以至少部分地接收填充材料的相应封装件。这样插入柔性填充材料促成了脊的更好的倾斜行为。

[0019] 根据一个实施例,所述脊在所述光栅结构中被形成为直线,或者其中,所述脊被布置成同心圆或同心多边形。

[0020] 根据本发明的另外的方面,提供了一种X射线成像装置,包括:

[0021] -X射线源,其从焦斑发射X射线辐射;以及

[0022] -根据上文所提到的实施例中的任何实施例的光栅组件。

[0023] 根据一个实施例,所述X射线成像装置包括电压源,所述电压源用于向所述光栅组

件施加电压,以便将所述光栅组件的脊对准到聚焦区域,其中,所述聚焦区域的位置随着所述电压沿着于所述X射线成像装置的光轴平行的轴变化。

[0024] 根据一个实施例,所述X射线成像装置包括平移级(stage),所述平移级被配置为跨所述X射线成像装置的光轴向所述光栅组件施加横向力,由此引起所述聚焦区域沿着与所述X射线成像装置的光轴垂直的轴的横向偏移。

[0025] 根据一个实施例,所述X射线成像装置被配置用于改变所述电压和/或所述横向力,使得聚焦区域或聚焦点能定位为包括焦斑或者与焦斑重合。换言之,能够沿着至少一个或两个空间方向在空间上调节所述光栅组件的所述聚焦区域或所述聚焦点:沿着所述成像系统的光轴并且(如果使用平移级)在跨所述轴的方向上。这在调节手头的成像系统的焦斑时提供了更大的自由度。

[0026] 根据本发明的又一方面,提供了一种制造光栅组件的方法,包括以下步骤:

[0027] -提供光栅结构,所述光栅结构包括具有脊的基底衬底,所述脊从所述基底衬底突出,所述光栅结构具有相应的顶端部分以及远离所述顶端部分的相应的基底部分,所述脊经由所述相应的基底部分过渡到所述基底衬底中;并且

[0028] -向所述顶端部分上安装电致伸缩材料层。

[0029] 根据一个实施例,所述方法包括在安装之前利用稳定剂填充所述脊之间形成的沟槽的步骤。

[0030] 根据一个实施例,所述方法包括去除所述基底衬底。

[0031] 根据一个实施例,所述方法包括向基底部分上安装板。

[0032] 根据一个实施例,所述方法包括去除所述稳定剂。

[0033] 包括所提出的光栅组件中的一个或多个光栅组件的所述X射线成像装置允许在诸如医院的临床环境中使用。更具体地,本发明非常适合应用在任何DCPI成像设施中,诸如乳房X射线摄影成像系统、平面或多平面放射摄影系统或者甚至CT(计算机断层摄影)或者其他系统中。本发明能够用在诊断性放射检查和介入式放射检查中,以用于对患者进行医学检查。另外,本发明允许在工业环境中的有用应用。更具体地,本发明非常适合应用于非破坏性测试(例如,对生物以及非生物样本的成分、结构和/或质量进行分析)以及安全扫描(例如,机场扫描行李)中。

## 附图说明

[0034] 现在将参考以下附图来描述本发明的示范性实施例,在附图中:

[0035] 图1示出了根据第一实施例的干涉测量成像器的示意性前正视图;

[0036] 图2示出了用于在根据图1的干涉测量成像器中的使用的根据一个实施例的光栅组件的第一状态;

[0037] 图3示出了图2的光栅组件的第二状态;

[0038] 图4示出了在图2和图3的光栅组件中使用的电致伸缩层的视图;

[0039] 图5示出了根据第二实施例的光栅组件的不同状态的两个视图;

[0040] 图6示出了根据第一实施例的光栅组件中的表面结构;

[0041] 图7示出了根据两个不同实施例的圆形光栅结构的平面视图;

[0042] 图8示出了根据第二实施例的干涉测量成像装置;

- [0043] 图9示出了干涉测量光栅结构的脊的弯曲；  
[0044] 图10更详细示出了光栅结构的脊的弯曲轮廓；  
[0045] 图11示出了铰接式光栅结构的不同实施例；  
[0046] 图12示出了铰接式光栅结构的另外的实施例；并且  
[0047] 图13示出了制造铰接式光栅结构的方法的流程图。

### 具体实施方式

[0048] 图1的插图a)给出了X射线成像装置IM的示意性侧正视图。所述X射线成像装置包括X射线源XR以及跨检查区域ER与所述源XR相对布置的辐射敏感探测器D。优选地,但并非必要地,所述X射线探测器D是2D(二维)的。换言之,所述X射线探测器是“真”2D结构,其中,将多个探测器像素按行和列布置成阵列以形成2D X射线辐射敏感表面。所述探测器像素能够记录(registering)由所述X射线源所发射的X射线辐射并将所记录的辐射转换成电信号,能够根据所述电信号导出图像。非限制性示范性实施例包括平板探测器或(模拟或数字)图像增强器系统。备选地,也可以将所述X射线探测器布置为“线探测器”。线探测器包括探测器像素的单个或多个离散分隔的个体线。具有多条探测器像素线的线探测器有时被用在乳房X射线摄影系统中,而单线探测器偶尔被用在具有DPCI能力的CT(计算机断层摄影)系统中。

[0049] 所述检查区域ER被适当地间隔开以至少部分地在其中接收对象OB,希望对所述对象的内部构成或构造进行成像。要成像的所述对象可以是无生命的或有生命的。例如,所述对象可以是一件行李或者要成像的其他样本,诸如非破坏性材料测试等。然而,优选地,设想到了以下医学语境,其中(有生命的)“对象”是人或动物患者,或者至少是其有生命的部分,因为并非始终都要对整个对象进行成像,而是仅仅对特定的解剖学感兴趣区域进行成像。

[0050] 所述X射线成像装置IM还包括被布置在X射线源与探测器D之间的干涉仪IF。在下文中,方便的做法是引入轴X、Y和Z的参照系,以更好地解释如在本文中所提出的X射线成像装置。轴X、Y定义探测器D的视场的图像平面或平面。例如,可以使轴X、Y分别沿着探测器D的两个邻接的边延伸。与图像平面X、Y垂直的是轴Z。该轴通常对应于从X射线源XR的焦斑FS发出的X射线射束的传播方向。同样地,轴Z平行于所述X射线成像装置的光轴OA。所述光轴从源XR的焦斑FS延伸到探测器D的图像平面的中心。所述光轴可以是相对于成像区域能移动的,特别是能旋转或能平移的。范例是在乳房X射线摄影扫描器或C形臂X射线成像器中所使用的CT扫描器或断层合成成像器。

[0051] 现在返回详细参考图1的部分a),所述X射线成像器IM具有多通道成像能力,这至少部分是由构建到所述X射线成像装置中的干涉仪IF所赋予的。如在本文中所使用的,“多通道成像”尤其意指针对以下情况的成像能力:i)由对象所引起的折射活动的空间分布(这是相衬成像)和/或ii)由被成像对象OB所引起的小角度散射活动的空间分布(暗场成像)。除此之外,针对对象OB中的吸收的空间分布进行成像的更常规的方式也是可以可能的。这种类型的多成像能力有时称为DPCI(差分相衬成像),但是这种命名惯例并非要被理解成排除分别针对其他图像信号、暗场和/或吸收的成像。

[0052] 在一个实施例中,所述干涉仪IF包括两个光栅组件GA1和GA2,但是在本文中并不

排除单光栅干涉仪(仅具有单个光栅组件),并且稍后将在下文中描述。在一个实施例中,所述干涉测量光栅组件GA1和GA2被布置在所述X射线源XR与所述X射线探测器D之间,从而在所述X射线源与所述干涉仪IF之间界定检查区域ER。更具体地,两个光栅组件GA1和GA2被布置在焦斑FS与所述X射线探测器的辐射敏感表面之间的空间中,然后由焦斑与光栅组件GA1之间或者(如果有的话)源光栅组件GA0(下文对其更详细地描述)与干涉仪的光栅组件GA1之间的空间形成检查区域。作为变体,可以替代地使用与在图1所示的干涉仪几何结构相反的干涉仪几何结构。在这种相反的几何结构中,检查区域ER被夹置在干涉仪IF之间,亦即,所述检查区域ER被夹置在光栅组件GA1与GA2之间,或者,在单光栅干涉仪的实施例中,所述检查区域处在光栅组件GA1与探测器之间。在一个实施例中,所述成像器是扫描型的。在一个实施例中,诸如在断层合成中,所述干涉仪IF被布置在能移动的扫描臂中,并且在水平或弯曲扫描运动中在对象下方扫描所述干涉仪。在一个实施例中,相对于(在本实施例中)静止探测器D来扫描干涉仪IF,而在另一个实施例中,探测器D和干涉仪IF两者一起在扫描运动中被移动。干涉仪IF中的光栅组件GA1、GA2的尺寸使得其基本上覆盖探测器D的整个辐射敏感表面,或者干涉仪中的光栅组件的尺寸小于探测器D的辐射敏感表面。任选地,在源XR与对象OB之间存在预准直器PC。另外或替代地,在对象与探测器之间也存在后准直器。

[0053] 在下文中将方便的是,光栅组件GA1指代的是相位光栅组件,并且光栅组件GA2指代的是分析器光栅组件。

[0054] 如上文简要提到的,在一些实施例中,除了干涉仪IF的至少一个干涉测量光栅GA1、GA2之外,存在另外的光栅组件GA0,被称为源光栅组件。所述源光栅组件GA0被布置在距所述X射线源的焦斑FS距离 $f_0$ 处附近。例如,所述源光栅GA0可以被布置在X射线管单元XR的外壳的X射线窗处。如果存在源光栅,则检查区域处在源光栅组件GA0与干涉仪IF之间,尤其是处在源光栅组件GA0与光栅组件GA1之间。源光栅GA0的功能是使所发射的辐射至少部分地相干,因为干涉仪IF针对其工作需要这种相干。如果使用能够产生天然相干辐射的X射线源,则能够省去源光栅组件GA0。

[0055] 一个或两个干涉仪光栅组件GA1、GA2和源光栅组件GA0中的每个包括相应的光栅结构或者简称“光栅”,在本文中分别被称为源光栅G0、相位光栅G1和(如果有的话)分析器光栅G2。一般而言,在本文中将相应的光栅称为“ $G_i$ ”,并且 $G_{Ai}$ 为相应光栅组件的一般指称,其中, $i=0,1,2$ 。

[0056] 在一个实施例中,光栅 $G_i$ 是通过光刻处理适当的衬底来制造的,所述衬底诸如是硅晶片(矩形甚至方形形状,但是在其他语境中也可以援引诸如圆形的其他形状)。图1中的插图b)示出了沿着X轴的光栅轮廓的特写,其中附图标记210指示光栅结构的一个边。光栅 $G_i$ 的平面基本上平行于X-Y平面。在硅衬底的表面中形成周期性划线(rulings)的图案作为平行沟槽的序列,其中任意两个相邻沟槽都由相应的条或脊RD来分隔。在图1的插图b)中,划线(亦即,沟槽和脊RD的图案)沿着Y方向延伸,亦即,延伸到图1中的绘图平面中。X轴跨脊RG/沟槽TR垂直地延伸,并且Z轴垂直于光栅 $G_i$ 的平面。对于分析器光栅G2而言,利用适当的填充材料来填充沟槽TR,所述填充材料诸如是金或其他高Z数的材料,以导致期望的衰减行为。沟槽TR被形成到衬底中一定深度d处,其平行于Z轴延伸。所述深度不在衬底的整个高度H上延伸,以保持光栅 $G_i$ 的整体性,从而由衬底的其余部分形成基底主体202。一旦向衬底的一个表面(在图1b中为下表面)上施加了划线,这样获得的光栅 $G_i$ 就能够在结构上被理解为



包括基底主体202,脊RG从该基底主体突出,其中任何脊RD在其侧面的任一侧具有相应的沟槽TR。每个脊RG都具有基底部分202,相应的脊在所述基底部分处过渡到基底主体202。远离所述基底部分202存在每个脊的相应顶端部分206,其终结于针对每个脊RG的相应终端部分208中。相应的终端部分208然后一起形成光栅Gi的划线面(在本文中也被称为“第一”面),与未划线的另一远端面相反。划线的功能是:对于吸收光栅G0和G2而言,部分地吸收X射线,而对于相移光栅G1而言,生成基于衍射的Talbot干涉图案。这将在下文更详细的解释。从功能上讲,并且与各种光栅组件GAi的命名相一致的,光栅G1为吸收体光栅或者优选为相移光栅,而G2为吸收体光栅。赋予辐射相干性的源光栅G0通常是吸收体光栅。然而,在本文中不排除其他功能性组合。尽管在本文中主要设想了硅的光栅结构,但是并不排除其他材料,诸如一些类型的塑料。

[0057] 划线图案优选是一维的,但是也可以是二维的,诸如以赋予棋盘图案,其中存在两组沟槽或脊:一组在Y方向上延伸,而另一组在X方向上跨第一组延伸。在1D范例中,所述划线仅在一个方向上跨衬底的整个表面延伸。

[0058] 在DPCI期间,或者更一般而言,在干涉测量成像操作期间,所述至少部分相干的辐射从源光栅G0(如果有的话)下游发出,然后穿过检查区域ER,并且与其中的对象OB交互作用。所述对象然后向辐射上调制衰减、折射和小角度散射的信息,然后能够通过干涉仪IF光栅G1和G2的操作来提取所述信息。更具体地,光栅G1将相干辐射衍射成相移干涉图案,并且然后在分析器光栅G2所在的位置处再现所述相移干涉图案。所述分析器光栅基本上将衍射的干涉图案中所编码的相移信息翻译成强度图案,然后能在X射线探测器D处探测到该图案,作为莫尔图案的条纹。再更具体地,如果在检查区域中不存在对象,在X射线探测器D处仍然能探测到干涉图案,被称为在校准成像流程期间正常捕获的参考图案。所述莫尔图案尤其是通过引入例如轻微屈曲使得两个光栅不完美地平行来对两个光栅G1与G2之间的相互空间关系进行调节或“去谐”而获得的。现在,如果对象驻留在检查区域中并且如所提到的与辐射交互作用,能够将莫尔图案(现在更适合称为对象图案)理解为参考图案的干扰版本。然后,能够使用与参考图案的这种偏差来计算三幅图像(衰减、相衬、暗场)中的期望的一幅或两幅或全部。为了获得好的成像结果,对光栅G1、G2的去谐使得莫尔图案的周期应当跨探测器的整个视场扩展数个其循环(两个或三个)。能够对莫尔图案进行傅里叶处理,例如以提取三幅图像的至少一幅(尤其是全部)。在本文中设想到了其他类型的信号处理,诸如相位跃变技术,并且在别处已经有报道,诸如由F Pfeiffer等人在Nature Physics 2, 258-261(2006)上的“Phase retrieval and differential phase-contrast imaging with low-brilliance X-ray sources”一文中报道的相位跃变技术,或者由A Momose等人在OPTICS EXPRESS,2009年7月20日/第17卷,第15期上的“High-speed X-ray phase imaging and X-ray phase tomography with Talbot interferometer and white synchrotron radiation”一文中报道的傅里叶方法。作为侧面观测并且出于完整性的原因,能够通过将分析器光栅G2的功能集成到X射线探测器D自身中来实现干涉仪IF的单光栅实施例。在一个实施例中(但未必在所有实施例中),这能够通过仔细布置像素几何结构、特别是像素之间的间距来实现,以再现G2的功能。在该实施例中,所述X射线探测器D优选具有充分小的像素间距,因此具有充分大的空间分辨率,用于探测、即充分解析由光栅G1所生成的干涉图案,以用于差分相衬成像和/或暗场成像的目的。为此目的,所述X射线探测器可以

是高分辨率X射线探测器,其中空间分辨率在微米范围或亚微米范围中,诸如大约1微米或甚至更高。

[0059] 如上文所描述的干涉仪IF是通常被称为Talbot-Lau干涉仪的干涉仪。所述干涉测量X射线装置的成像能力的大部分准确度取决于在探测器D处所探测到的莫尔图案或干涉图案的区分度。所述区分度能够由干涉测量概念“可见度”来量化。可见度是例如被定义为比值  $(I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$  的可试验验证的量。换言之,所述可见度能够被理解为干涉图案的“调制深度”,亦即,条纹幅度和条纹振荡平均值的比值。所述干涉图案的可见度继而至少部分是X辐射(由X射线源所产生的)照射干涉仪和源光栅G0(如果有的话)的“设计能量”的函数。

[0060] 影响所述可见度的另一因素是光栅的几何结构,特别是其高宽比以及源光栅G0、相位光栅G1和G2的间距 $p_0$ 、 $p_1$ 、 $p_2$ 。当前的干涉测量语境中所使用的“间距”描述了光栅划线的空间周期。所述高宽比描述了光栅衬底中所形成的相应沟槽TR的深度 $d$ 与两个相邻沟槽之间的距离的比值。

[0061] 所述光栅的几何结构与设计能量处的辐射波长一起确定了源光栅G0与相位光栅G1之间的距离 $l$ (未示出)以及所谓的Talbot距离,亦即,通过干涉仪的光栅G1与光栅G2之间的光栅内距离 $d$ (未示出)。所述干涉测量成像的准确度依赖于光栅几何结构的精确度以及观测Talbot距离的准确度,因为仅仅在那里,干涉图案的前述再现以所需可见度出现。例如,由于源光栅G0充当吸收体光栅,所以这对恰当地执行这种功能所需的沟槽高度提出了特定要求。对于分析器光栅G2(通常也被配置为吸收体光栅)需要类似要求,如上文所解释的,所述分析器光栅基本工作于放大由G1源所产生的干涉图案,以便使得干涉图案能在探测器处以给定的分辨率被探测到。同样地,光栅G1适于在下游期望的Talbot距离(在此定位吸收体光栅G2)处产生具有精确定义的相移(通常为 $\pi$ 或 $\pi/2$ )的干涉图案。再次地,为了确保在期望Talbot距离处在所需相移处精确地再现所述干涉图案,对于针对给定成像任务所期望的具体设计能量而言,需要适当的高宽比。

[0062] 然而,即使利用正确的光栅几何结构在设想的设计能量处操作所述成像系统IM并且所述干涉仪IF设置直到正确的Talbot距离,仍然存在由辐射阴影所导致的观测到的可见度的损失。换言之,入射辐射的部分未被用于产生所述干涉图案。如果辐射的方向不平行于沟槽的厚度或深度D的方向而是相对于其倾斜,这种效应尤其突出。换言之,如果辐射射束的几何结构是扇形射束而非平行射束,这种效应就是不可避免的。沟槽距光轴越远,辐射阴影效应就越突出。

[0063] 作为对抗辐射阴影效应的补救措施,除了相应的光栅结构 $G_i$ 之外,光栅组件 $GA_i$ 包括被施加于相应光栅 $G_i$ 的划线表面的电磁换能器片或箔。机电换能器箔尤其是由电致伸缩材料层EL所形成的。该层以充分大的握度和刚度被耦合至光栅结构的划线表面,亦即,被耦合至脊的顶端或终端部分208。所述电致伸缩层具有这样的性质:在通过一对(优选顺应性的)电极EC施加电压时,发生静电压力。这导致电致伸缩层的机械压缩:所述层在Z方向上、亦即在层厚度的方向上、或者换言之在脊的高度 $d$ 的方向上收缩。因为假设了不可压缩的层材料,所述层将自然尝试在所述层的平面的两个空间方向X、Y上扩张。在跨脊延伸的方向的X方向上的应变分量将沿着X轴并跨所述脊施加横向力。如果被恰当地调节,那么就能够由所述横向力弯折光栅结构 $G_i$ 的一部分、特别是脊,以至少部分地与或向光栅组件外部的聚

焦点对准,如果适当地选取电压,该聚焦点就与成像器IM的焦斑FS重合。这样对准的脊之间的沟槽然后类似地与焦斑对准,并且然后可以使用更高比例的辐射能量以用于衍射到干涉图案中,因此提高效率。

[0064] 更详细而言,图2a)示出了在跨光栅组件GAI的Z-X平面中的截面。具体地,图2a)示出了处于松弛状态或非带电状态中、亦即当未通过电极EC施加电压时的光栅组件。所有的脊RD现在与光轴平行对准。在这种状况中,对于扇形射束可能会发生辐射阴影。相反,根据图3的跨相同平面的截面视图示出了处于带电或变形状态中的光栅组件GAI,其中,通过向横向扩张中施加致动电压U0使所述电致伸缩层变形。层EL到脊的顶端208的机械耦合因此导致脊RD、沟槽TR向着公共位置、诸如成像器的焦斑FS对准。换言之,能够使光栅组件GAI、以及更具体地其光栅结构Gi聚焦在成像器的焦斑上。由所述电致伸缩层的横向扩张所施加的横向力沿着X轴在两个方向(正和负)上作用在所述光栅结构上。结果,一些脊、即朝向光栅的一个边缘的那些被弯折向右,并且朝向光栅的另一边缘的那些被弯折向左,而位于光栅Gi的中央区域的脊大部分保持不受扰动。换言之,脊距光栅结构的中心越远,弯折或倾斜的就越显著。那么优选地,在成像器IM中这样安装组件GAI,使得光轴OA通过光栅Gi的所述中央部分延伸。理想地,所述脊宁可倾斜或斜置而不弯折,并且能够为光栅结构使用充分柔性的材料来促进前早的行为。如在图3中所示的,因为电致伸缩层EL用于以相反的方向(亦即,沿X和-X)拉伸所述脊,所以聚焦点被定义在光栅Gi的“后方”(当沿着Z方向查看时),亦即,聚焦点位于X射线源与光栅Gi之间的空间中。再换言之,当在使用中时,光栅组件GAI在成像器中被这样安装,使得脊从所述光栅结构的基底主体突出并且离开X射线源XR并朝向成像器的探测器。

[0065] 现在参考图4,其中更详细地审视了电致伸缩过程的性质,以及出于当前的目的能够如何有用地操控扩张行为。根据图4,为由介电常数为 $\epsilon$ 的弹性体制成的基本高度或厚度为 $h_0$ 的层EL或箔在其上表面和下表面处提供顺应性(即,柔性)电极。为了与先前引入的参照系X-Y-Z相一致,假设边缘a、b分别平行于X和Y轴延伸,其中高度h或层厚沿着Z轴延伸。当向这些电极施加大小为U的电压时,在电极处出现电荷,由于静电力,将在这些电极之间产生垂直于层的表面的力。所述电极表面单位面积的力为压强,层EL必须要耐受该压强。

[0066] 压强p由下式给出:

[0067]  $p = \epsilon_0 * \epsilon * E^2$ , 其中, E (电场) 由  $E = U/h$  给出, 并且

[0068]  $\epsilon_0$  = 真空中的介电常数;

[0069]  $\epsilon$  = 取决于材料的相对介电常数; 并且

[0070]  $h$  = 箔的剩余厚度, 亦即, 在施加电压期间的厚度(相反, 如上文所介绍的,  $h$  指定当不施加电压时处于松弛状态中的厚度)。

[0071] 压强在箔中诱发机械应力 $\sigma_h$ , 并将发生应变响应 $s_h$ 。应力-应变关系是通过下式经由杨氏模量Y来描述的:

[0072]  $\sigma_h = Y * s_h$  (应力-应变关系)。

[0073] 对符号的简要备注: 为了避免与电场E混淆, 在此, 在应力-应变关系中使用术语“杨氏模量”而不是弹性系数E。

[0074] 总结基本事实如下:

[0075] a) 板中的应力由电场所引起的压强生成的,

[0076] b) 应力 $\sigma_h$ 在垂直方向上的大小等于所施加的静电压强的大小： $(\sigma_h=p)$ ；并且

[0077] c) 在垂直方向的应 $s_h$ 变由应力-应变关系给出。

[0078] 因此，我们得出 $s_h=-p/Y=-\epsilon_0*\epsilon/Y*E^2=-Q*E^2$ ，其中，负号“-”指示板的厚度 $h$ 在施加电场/电压时收缩。量 $Q=\epsilon_0*\epsilon/Y$ 被称为材料的电致伸缩系数。从这里能够看出，具有高介电常数 $\epsilon$ 和高弹性 $1/Y$ （低杨氏模量）的材料相对于电致伸缩而言将是最优的。

[0079] 现在转向垂直应变 $s_h$ 如何转换成与层表面共面的横向应变 $s_1$ 的问题。为了解答该问题，利用大部分弹性体不可压缩的事实。这意指板的体积 $V$ 保持恒定。因此，我们得出基本体积 $V=h_0*a_0*b_0=常数$ 。对于电致伸缩的情况，我们得到： $V=h_0*(1+s_h)*a_0*(1+s_a)*b_0*(1+s_b)=h_0*a_0*b_0$ ，其中， $s_h$ 、 $s_a$ 、 $s_b$ 分别是沿轴 $Z$ 、 $X$ 和 $Y$ 的适当方向的应变。

[0080] 对于具有各向同性行为的均匀材料，根据 $s_1=s_a=s_b$ 针对 $s_a$ 和 $s_b$ 引入公共横向应变 $s_1$ 。因为体积保持恒定，我们得到： $(1+s_h)*(1+s_1)^2=1$ 。针对 $s_1$ 求解该方程，我们得到：对于小应变 $s_h$ ， $s_1=1/(\sqrt{1+s_h})-1\sim-0,5s_h$ 。对于顺应性电极而言，由于其限定不约束所述板的任何横向扩张，当施加电压时，所述板将在 $a$ 和 $b$ 方向自动地被拉伸，并且垂直应变 $s_h$ 为一半（相当于高度减小）。在图4b中草绘了这种情况。在接下来的步骤中，（参见图4c），我们介绍第一约束条件。现在假设下部电极在两个方向： $a$ 和 $b$ 上都不是顺应性的（即，刚性的）。这能够通过将电极胶粘到刚度足够大的刚性板上来实现。现在，不允许弹性体板的下表面的任何扩张；对于下表面， $a=a_0$ 并且 $b=b_0$ 。上表面的电极仍然保持顺应性。在这种限制下，板的先前的矩形形状转变成平坦的截棱锥，在图4c中其被布置成上下倒置。在上一步骤中，引入第二约束条件：仅允许上表面在 $a$ 方向上扩张。在 $b$ 方向上的扩张通过无论什么手段被阻挡。图4d中显示了结果。层EL的基本与绘图平面共面的垂直壁 $a-h$ （沿 $Z$ ）的方向保持为平行于 $X-Y$ 平面的平面。然而，层EL的垂直于绘图平面的壁 $b-h$ ，亦即平行于 $Z-Y$ 平面的壁，将在相反方向上对称地倾斜。结果，层EL在层EL的 $Z-X$ 平面（“前侧和后侧”）中的截面将采取梯形形状。

[0081] 通过应用恒定体积条件，所述应变关系获得：

$$[0082] \quad s_{ua}=-2*s_h$$

[0083] 所述板的上表面在 $a$ 方向上的应变 $s_{ua}$ 的大小是由电场/电压在高度方向上所引起的应变 $s_h$ 的大小的两倍。因此，对于约束（非顺应性）电极的这种特定情况而言，得到以下关系，其中，上表面在 $X/a$ 方向上的预期应变 $s_{ua}$ 为：

$$[0084] \quad s_{ua}=-\gamma^2*s_h=-\gamma^2*\epsilon_0*\epsilon/Y*E^2=-\gamma^2*Q*E^2=-\gamma^2*Q*(U_0/h_0)^2 \quad (1)$$

[0085] 其中， $\gamma$ 是大约为单位（unit）的校正因子，考虑到如在图4d中所假设的理想几何结构的偏差。

[0086] 上文结合图4c)和图d)所解释的层EL的部分变形行为是优选的行为。能够通过布置适当的限制机制以限制层EL中的变形动作或应变从而更有效率地使用所述变形来实现这些行为。换言之，变形限制机制限制不希望有的层的变形，并且帮助将变形动作集中到希望的地方。理想地，预计通过横向扩张而变形的是被耦合至所述光栅的划线表面的层EL的所述部分。更具体地，所述变形限制机制允许将变形动作限制到所述部分处的横向上。在一个实施例中，能够通过加强元件，诸如在图2和图3的实施例中所示的板SP2，来实现所述变形限制机制。通过以充分的握度和刚性熔合或胶粘到远离光栅结构的电致伸缩层的表面来耦合所述加强板。换言之，所述加强板SP2被固定到电致伸缩层的远离被胶粘到所述光栅结构Gi的划线面的表面的另一个表面。所述电致伸缩层的被耦合至光栅Gi的部分因此将比更

远的部分经受更多的变形,并且变形动作集中于光栅界面处,形成横向变形,由此实施根据图4d的配置。换言之,当向层EL的表面上施加顺应性电极EC的系统时,将获得与图4相当的情况。如果层EL到光栅顶端部分206之间例如经由粘合的耦合、以及层的远端表面与(下方)平坦化板SP2的相对表面(其在图2、图3中为上表面)之间的耦合充分大,则针对根据图4d的层EL的横向扩张,将获得受到部分约束的自由条件。现在,当通过顺应性电极CE的系统施加电压时,层的矩形截面(在X-Z或Y-Z平面中)将从初始形状(例如,矩形截面)变换成梯形截面,因为针对层的横向扩张的仅有的自由是在光栅脊206的顶端206处在垂直于光栅Gi的脊RD延伸的方向(X)的方向上给出的。因此,光栅脊RG的顶端206将在(水平)方向X上通过电致伸缩层的上表面的扩张而逐渐偏移,如在图3中所示的。由于该层的被耦合至光栅Gi的表面的对称扩张,脊RG现在似乎“虚拟地”被聚焦到光栅组件外部的聚焦点,所述聚焦点理想地与焦斑FS重合。变形限制机制SP2的效果是所施加的电压每单位的横向应变的增大。我们称其为“虚拟”聚焦是由于脊的弯折,并且为了将其与能通过使脊实际倾斜而实现的朝向聚焦点的真实聚焦或对准进行对比,如下文在图11-13处将更详细解释地。

[0087] 根据另外的实施例,存在第二加强板SP1被刚性地固定到光栅结构GI的远离划线表面、即远离脊的未划线面。换言之,在本实施例中,在两个较薄的刚性加强板SP1、SP2之间以类似夹置的方式来夹持光栅结构GI。第二板SP1,与板SP2隔离并组合,充当增强器,以通过基本仅允许顶端部分206横向变形而进一步增大每电压效率的横向应变,而光栅的其余部分、特别是主体202保持平坦。

[0088] 在一个实施例中,加强板SP1、SP2由比光栅结构和/或电致伸缩层EL具有更高硬度的适当材料形成,诸如CFK(碳加强的环氧树脂)或者其他材料。两个加强板SP1、SP2可以由相同的材料形成或者可以由不同的材料形成。其可以具有相同的硬度,或者其可以具有不同的硬度(例如,因为厚度不同),每种硬度分别对应于电致伸缩层和光栅结构的不同硬度要求。优选地,当在Z方向查看时,板SP1、SP2在形状和/或尺寸上与光栅G1的形状和/或尺寸相对于。优选地,加强板SP1、SP2与光栅Gi和层EL共同延伸。加强元件SP1、SP2未必覆盖光栅或层EL的相应面的整体。例如,加强板SP1、SP2可能未必形成闭合表面,而是可以具有“穿孔”或穿孔。例如,板SP1、SP2之一或(如果有的话)这两者可以被布置为相应的网格或网孔结构。

[0089] 图5a)、5b)示出了根据第二实施例的光栅组件Gai的两幅截面视图。如在以上图2、图3中所示的,视图a)、b)表示两种状态,分别为变形的和未变形的。该实施例总体类似于图2、图3中的实施例,但是省去了第二加强板SP2。换言之,仅存在单个加强板SP1被耦合至光栅结构Gi,如先前在图2、图3的实施例中所解释的。这种单加强板的实施例有助于将变形动作(尤其是横向应变,如由电致伸缩层EL的扩张所引起的)限制到光栅结构的脊。所述光栅结构的其余部分,特别是基底202,保持不变形或者至少基本上不变形。如上文所提到的,所述光栅的衬底202被固定,例如,被胶粘到平坦化板SP1,以确保光栅基底的平坦。所述电致伸缩层EL被提供有顺应性电极EC,并且也被胶粘到光栅的顶端206。电致伸缩过程现在将引起层EL的上表面和下表面两者都在水平方向上扩张。截面保持矩形,没有剪切应力出现。因为在本实施例中仅使用了单个加强板SP1,电致伸缩过程的灵敏度Q(每平方单位电场的应变)大致减半(亦即,方程(1)中的因子“2”丢失)。

[0090] 当以数值范例 $Q \sim 5 \times 10^{-16} \text{m}^2/\text{V}^2$ 作为针对电致伸缩系数Q的大小并且向光栅Gi施加

100 $\mu\text{m}$ 厚的基于聚氨酯的聚酯层时,申请人观测到,在一些成像器IM(诸如乳房X射线摄影成像器)中,通过施加仅大约 $U_0 \sim 30\text{V}$ 的电压就实现了期望的焦斑聚焦。在这种情况下,光栅脊的顶端206朝向光栅 $G_i$ 的外边缘的弯折大约为 $1\mu\text{m}$ 。被施加到100 $\mu\text{m}$ 的箔的30V ( $E=0,3\text{MV/m}$ )远小于弹性体膜的电击穿强度( $\sim 50$ 到 $200\text{MV/m}$ )。

[0091] 对于电致伸缩层EL,能够使用任何适当的非晶或玻璃固体。具体地,电致伸缩层EL具有非晶结构。更具体地,在一个实施例中,电致伸缩层EL是硅树脂或聚氨酯基聚合物。再更具体地,所述电致伸缩层EL是电介质弹性体。电致伸缩层EL的非晶或玻璃材料特性赋予了弹性。换言之,如果不施加电压,所述电致伸缩层返回到其初始形状。换言之,为了维持脊不平行并且与成像器的焦斑对准的聚焦状态,必须在成像期间保持电压开启。关闭电压将导致层EL反转到其非激活状态,使得在脊再次平行时失去脊的聚焦。例如,由I.Diaconu等人在IEEE Sensors Journal,第6卷,第4期,2006,第876-880页上的“Electrostriction of a Polyurethane Elastomer-Based Polyester”,或者由R.E.Pelrine等人在Sensors and Actuators A 64(1998),第77-85页上的“Electrostriction of polymer dielectrics with compliant electrodes as a means of actuation”描述了适当的电致伸缩材料。

[0092] 对所述电致伸缩层EL的反复X射线曝光可以随时间流逝导致某种程度的劣化。然而,已经发现,在某种程度上能够通过适当温度下偶尔回火和/或固化来“修复”层EL。用于这种修复处理的温度以及应用的频率和/或持续时间一般将取决于手头的电致伸缩层EL的特性,诸如其厚度、所使用的材料等。可以通过来自外部微波或红外源的简单曝光来实施这种X辐射修复处理。备选地,可以将这种源集成到成像器中。也设想到了通过加热被集成到组件 $G_{Ai}$ 中的线进行加热。例如,可以将加热线的一个或多个环路集成到光栅组件 $G_{Ai}$ 的框架中,以通过固化或回火来实现修复处理。优选地,层EL与其要被施加到的光栅的划线表面共同延伸。换言之,层EL覆盖光栅的划线表面的全部。然而,在本文中不排除层EL比光栅划线表面面积更小或更大的实施例。

[0093] 用于向电致伸缩层EL施加激活电压的该对电极EC能够被布置成离散、顺应性的部件。例如,在一个实施例中,所述电极是来自诸如图形粉末的适当材料、或者来自被施加到电致伸缩层的两面的适当金属的相应涂层。具体地,所述电极能够被布置为环形结构(闭环结构),以便促成跨电致伸缩层创建均匀电场。

[0094] 备选地,通过使用加强板SP2和光栅结构两者自身作为相应的电极,如在图2、图3的实施例中所示地夹置所述电致伸缩层,能够避免将电极离散布置为单独的部件。在图5的实施例中,仅使用单个加强板SP1,将一个电极用作电致伸缩层EL的远侧的涂层,而由光栅结构承担第二电极的功能。如果将光栅GI和加强板用作电极,必须确保其具有所需的导电性。例如,这些部件然后能够由基于硅或金属的部件形成。对于等于或超过光栅 $G_i$ 间距大约10倍的电致伸缩层EL厚度,电场跨层EL的厚度充分均匀,因此,预期电致伸缩效应的效率没有显著损失。从以上图2-3和图5应当明了,替代使用板SP2或SP1,能够转而使用至少一个电极不是顺应性的电极系统EC来实施根据图4c、4d的变形约束。

[0095] 为了增强光栅结构分别与加强板和电致伸缩层之间的机械耦合,能够在相应的面之间插置适当的粘附层。具体地,在脊顶端208与电致伸缩层的相应表面之间的界面处,并非直接将顶端胶粘至电致伸缩层上,而是在其间插置粘附层。这样不仅促进了更好的刚性耦合,而且也防止了当光栅结构 $G_i$ 和电致伸缩层在将其胶粘在一起而彼此挤压在一起时胶

粘剂渗入沟槽中。

[0096] 图6示出了如何促进相应表面对、亦即电致伸缩层与光栅结构Gi的相对表面以及加强板SP1与光栅结构Gi的相对面之间的握力和机械耦合的另一种解决方案。例如，并且根据一个实施例，电致伸缩层的要被耦合至脊RD的终端部分208的面能够通过粗糙化或者以其他方式通过施加图案以形成接触表面来构造，所述接触表面在层EL横向扩张期间彼此互锁。更具体地，由锯齿轮廓或矩形压痕的图案来构造电致伸缩层的相应面，锯齿轮廓或矩形压痕中的每个形成一定形状和尺寸以在将该层挤压到与光栅Gi接触时至少部分地接收光栅的终端部分中的一个或多个。使终端顶端部分208与压痕的相应压痕相配准，由此在层的横向扩张期间有效地互锁光栅和该层，然后对脊RF弯折与焦斑对准。压痕或“压片”能够是对称的或非对称的。对于示范性实施例而言，将电致伸缩层的接收面对称地构造成矩形或条形片，诸如沿着脊RD在y方向上为10 $\mu$ m到100 $\mu$ m，以及沿着与脊RD方向垂直相交的x轴为大约0.1 $\mu$ m到0.3 $\mu$ m，假设脊的宽度大约为1 $\mu$ m。片的高度或“深度”在0.1 $\mu$ m到1 $\mu$ m左右。所述片也可以被布置为(完全)对称结构，诸如方形或其他形状。

[0097] 可以将用于握度改善的类似结构设计应用于光栅结构和加强板SP的远端面。在图6中在右侧和下部在X和Y方向上以两个侧面轮廓示出了具有矩形结构的示范性实施例。图6的中央部分给出了在Z方向上并且到电致伸缩层的表面或光栅结构的未划线远端面上的平面视图。重阴影的方形表示压印区域，而淡白的亮方形表示凹陷。在使用中，一个面的压印区域与另一面中形成的对应凹陷配准，以针对沿着X轴的横向应变互锁，该横向应变是在跨电致伸缩层EL施加电压时由电致伸缩层EL的横向扩张所引起的。尽管图6中的图案是二维的，但是1维图案可能足以跨脊RG的行程沿x方向相对于横向应变而互锁。在这些实施例中的任意实施例中，例如，能够通过压印或管芯压印或者其他技术向相应面施加图案。

[0098] 尽管光栅脊RD，并且因此还有沟槽，在一个实施例中，跨光栅结构Gi的表面连续和/或线性地延伸，但是也设想到了这种情况的替代实施例。例如，沟槽和光栅可能被横向间隙或“切口”中断，因此不会形成连续的线。这允许通过电致伸缩层EL的横向变形而更容易地弯折脊。在又一实施例中，如在图7a、7b所示的，也设想到了除线性之外的脊RG行程。由图7a和图7b给出的视图沿着z轴，由此赋予了平面视图。例如，在图7a的实施例中，光栅脊RG并不线性地延伸，而是被布置为一组同心圆，每个圆以加粗黑色绘制示出，表示相应的脊以及其之间的相应的圆形沟槽。再次地，为了减小脊的硬度从而由此促进更容易弯折或倾斜，在一个实施例中，通过一系列间隙，如上文针对线性布置所描述的那样跨所述脊横向切割，来中断相应的圆形脊。可以如在图7a中所示地均匀布置间隙，但是也可以跨每个脊RG以不规则图案随机布置。在根据图7a的规则图案中，脊间隙也径向对准地布置。在图7b的实施例中，以彼此嵌套的多边形方式来布置所述脊。个体“脊多边形”RG是由一系列衬脊节段形成的，所述一系列衬脊节段被布置为形成以光栅结构盘Gi的中心点为中心的同心的多边形。再次地，相邻节段之间所形成的间隙能够是规则布置的，更具体地，沿每个多边形规则布置和/或跨多个同心布置的多边形节段径向地规则布置。

[0099] 应当理解，所述电致伸缩层EL和/或所述加强元件SP1、SP2(如果有的话)的形状在形状和尺寸上基本上与光栅结构共同延伸。例如，在图1-6中的先前所论述的实施例中，所述光栅结构沿Z轴具有基本上矩形或方形的占用区域，并且层EL和加强元件SP1、SP2也被布置为板。在如在图7中那样光栅为圆形的实施例中，所述电致伸缩层和/或所述加强元件通

过被布置成加强盘而非板而遵循该条件。然而,在形状上的这种遵循并非一定存在于所有实施例中。例如,设想到了这样的实施例,其中,将圆形光栅与具有不同形状、例如矩形的电致伸缩层和/或加强板相组合。或者备选地,将矩形光栅与圆形电致伸缩层EL或加强盘SP1、SP2相组合。优选地,要求光栅结构的占用区域(沿Z轴)通常小于电致伸缩层或加强元件SP1、SP2的占用区域。能够通过任何适当的手段(熔合或胶粘或其他)将光栅结构固定到电致伸缩层和/或加强元件,所述手段允许形成能够经受由电致伸缩层的横向应变所赋予的横向扩张力的机械耦合。

[0100] 有时,由于光栅脊的硬度,所有脊的反应力会汇总在一起。尤其是在光栅 $G_i$ 的中心点( $x=0$ )附近。这可能导致脊的不希望的非线性位移轮廓。为了促成线性位移轮廓,可以对应于脊的非线性轮廓而使用一系列不同的电极对。每对电极然后将导致不同的电压。例如,在光栅结构的需要更高的总的力以使脊顶端位移(例如,接近X轴的 $x=0$ )的部分,施加更高的电压以引起更大量的横向力作用于脊的那些区域上。换言之,并不使用单个电极对,而是在光栅 $G_i$ 上分布地使用多个电极对,并且对其进行个体地调节以提供对应于局部硬度要求的特定的取决于位置的电压。实现均匀位移轮廓的一种方式是在校准流程中向光栅结构施加均匀的电压,并且然后研究局部轮廓。在光栅结构的不同区域中,然后能够记录不同的电压要求,并且然后能够设计具有相应电压的适当的电极系列。备选地,为了实现线性位移轮廓而不是使用刚刚所描述的多个定制的电极电压,能够使用具有变化的不均匀厚度轮廓 $d(x,y)$ 的电致伸缩层EL,以通过 $E(x,y) = U/d = U/d(x,y)$ 来补偿与线性顶端位移的不希望有的偏差,其中, $E$ 表示电场,并且 $U$ 表示电压,而 $x,y$ 表示光栅相对于X、Y轴的位置。

[0101] 现在参考图8,该图示出了成像装置的另外的实施例,所述成像装置包括具有电致伸缩层的光栅组件,并且还包含机械或优选电-机械平移级TS,所述电-机械平移级TS作用于下加强板SP2,以便实现焦斑沿X轴的横向位移。备选地,如果使用单加强板实施例,所述平移级TS然后通过向电致伸缩层施加平移级而在X方向上跨光栅深度起作用。具体地,可以将线性平移级TS实现为压电换能器。上板SP1被固定以防止横向位移,或者反之亦然,平移级TS作用于另一(上)板SP1,并且保持固定的是下板SP2。通过下板SP2的轻微横向偏移,光栅的顶端部分206一起沿相同的方向偏移,该方向为沿X轴的正或负方向。结果是聚焦点在相反方向上的横向偏移。因此,借助于这样的换能器TS,能调节光栅系统的聚焦点位置,以匹配X射线管XR的焦斑的横向位置。横向换能器台可能特别有益于与诸如双聚焦点或三聚焦点X射线管的多聚焦点管一起使用。

[0102] 具有如上文所描述的所提出的光栅组件 $G_{Ai}$ 中的一个或多个光栅组件 $G_{Ai}$ 的干涉测量成像装置IM通常包括专用电压源或者至少电力连接(在图2中两者都被示为“VS”),以驱动相应光栅组件内的光栅结构的聚焦。当与上文在图6处所论述和介绍的平移级TS相组合时,所提出的成像器为用户提供了在两个维度上、亦即在X-Z平面中调节光栅聚焦的可能。能够通过增大或减小被施加到电致伸缩层的电压在Z方向上找出或调节焦斑的位置。能够沿着X方向个体地偏移焦斑位置,亦即,通过向平移级施加适当的电压而向左或向右偏移,由此诱发所需的偏移。能够在校准流程需要时重复在两个方向、即Z或X方向中的任一方向上对光栅的聚焦,以针对由外部环境因素造成的成像器的几何结构改变而做出调节。因此,能够确保高度的管能量效率,因为能够很大程度上消除辐射阴影效应。为了在光栅的焦斑聚焦时辅助用户,可以提供适当的图形用户界面(GUI),指示根据当前的(一个或多个)光



栅对准,X射线源相对于聚焦点当前位置的位置。用户能够操作适当的控制模块,诸如按钮、游戏杆或其他以改变要被施加到电致伸缩层和/或平移级的相应电压,从而实现两个点的重合,亦即,X射线源的聚焦点与光栅的公共聚焦点的重合。用于GUI的控制软件可以运行在通用计算机上,诸如运行在与成像器IM相关联的工作站(未示出)上。所述控制软件能够经由适当的接口电路与用于(一个或多个)光栅的X或Z聚焦的一个或两个电压源进行通信。这种布置然后实施以下方法以调节成像器IM。在第一步骤S1中,接收一个或两个电压,用于沿X轴和/或Z轴偏移光栅 $GA_i$ 之一的聚焦点。在步骤S2中,然后激活电致伸缩层EL和/或平移级以实现公共聚焦点沿X轴或Y轴的相应偏移。能够重复所述步骤,直到实现与管XR的聚焦点重合。如果在成像器IM中使用了超过一个光栅组件,诸如 $GA_1$ 、 $GA_2$ 和/或 $GA_0$ ,能够单独地或同时地向两个或多个光栅组件施加用于X聚焦和/或Z聚焦的相应电压。每个光栅组件 $GA_i$ 具有其自己公共聚焦点,并且优选地,将每个聚焦点调节为与管XR的焦斑FS重合。

[0103] 参考图9,本图更详细论述了通过操作电致伸缩层EL而被施加到脊RG的横向力的效果。如所提到的,由于脊RD过渡到基底主体202的基底部分204处的硬度,电致伸缩层变形的效果是脊的弯折而非倾斜。然而,如果光栅结构材料的柔性充分大,仍然能够实现光子通量和可见效率的期望提高,因为减小了辐射阴影。然而,如果脊RG太硬,特别是像基底部分204那样硬,响应于由于电致伸缩层变形而施加的力,更大的反应力将导致光栅到换能器箔EL边界的应变轮廓的非线性,并且因此导致聚焦能力的劣化。再者,除了不希望的弯折轮廓之外,光栅脊RG将从直线显著偏离。亦即,光栅的有效间隙宽度将减小,并且因此,光栅的X射线光学性能进一步减小,如在图9中的特写图所示的。根据图10的特写示出了高度为 $L$ (=沟槽深度 $D$ )的单个脊RG的放大视图。能够根据位移力,作为沿Z轴的函数,来计算弯折轮廓 $w(z)$ ,其中, $z$ 坐标度量沿着脊的长度、从其附着到光栅基底衬底202的其基底部分204开始的距离。如在图10中那样被刚性地耦合至基底部分202的脊RG的弯折性质受到位移和力关系 $w(L) = F \cdot L^3 / (3Y \cdot I_M)$ 以及弯折轮廓 $w(z) = 1/2 \cdot w(L) / L^3 \cdot (z^2(z-3L))$ 的支配,其中, $Y$ 为杨氏模量, $I_M$ 为几何惯性矩,并且 $F$ 为所施加的力。能够根据这些关系 $w(z)$ 、 $w(L)$ 获知,对于高弹性 $1/Y$ ,将仅需要很小的力 $F$ 来实现对脊RG的预设的顶端位移 $w(L)$ 。对于弯折轮廓,状况非常不同。弯折轮廓与材料的机械性质无关,并且与其几何惯性矩 $I_M$ 无关,并且因此与杆的截面的大小和形状无关。因此, $Y$ 和 $I_M$ 的修改将仅影响力的问题。

[0104] 根据在图10中的考虑,为了促成相应脊更容易的弯折并且更好地执行倾斜,在本文中提出了由充分高弹性的材料、亦即由具有充分小的杨氏模量的材料形成光栅结构,其中弹性由量 $1/Y$ 来度量( $Y$ =光栅材料的弹性常数或杨氏模量)。在一个实施例中,脊结构RG尤其具有比基底衬底202更高的弹性。再更具体地,更高的弹性理想地集中在脊附着于基底主体202的基底部分204处。

[0105] 根据一个实施例,能够根据图11b中所示的实施例来实现基底部分204处的更高的弹性,其中,与先前的实施例(图11a)相比,基底部分204为锥形,因此“被弱化”以实现更高的弹性。以这种方式,形成接头区域JT。能够通过去除一些材料而形成台阶轮廓,或者使锥形区域中的过渡是连续的,来实现锥形化。在任一种情况下,由此形成的接头区域JT将促进更容易的弯折,其更类似于通过使在终端顶端部分208处被耦合至光栅的电致伸缩层的扩张而在脊RG上所施加的沿X轴的横向力而经受的倾斜反应。脊RG的锥形段的几何惯性矩被减小。因此,减小了用于使光栅脊RG的顶端位移所需的力,并且光栅条的弯折

贡献的大部分现在由变薄的接头JT区域所吸收。

[0106] 根据另一实施例,舍弃了光栅主体的基本单体结构。换言之,并非根据图11a或11b使基底部分202无缝地过渡到脊RG中,在一个实施例中,提出了形成“铰接式”光栅结构,其不再是单体的。在这些铰接式光栅结构中,脊RG形成离散的部分,与基底主体202分立。所述脊经由接头结构JT被连接或耦合至基底主体202,接头JT自身为离散的部分,由与脊和与基底主体202不同的材料形成。在一个实施例中,并且如在图11c中所示的,将柔性接头JT提供为具有充分高柔性的填充材料,诸如胶,其至少部分地被接收于基底主体202中所形成的垄沟FR中。个体脊RG然后通过相应的接头JT被耦合至基底主体202,从而一起形成铰接式光栅结构。

[0107] 图12a-12c示出了铰接式光栅结构的另外的实施例。例如,在图12a中,垄沟被形成成为具有锯齿轮廓。在图12b中,垄沟被形成成为具有梯形截面的槽。根据图12c,垄沟被形成成为施加到基底部分202的相应表面的正弦图案的槽区域。

[0108] 在任一种情况下,垄沟FR适合至少部分地或全部地接收填充材料和/或相应脊的基底部分206的至少部分。在一个实施例中,垄沟沿Y方向(亦即,进入图的平面中)和光栅基底202的整个长度延伸,但是也设想到了这样的实施例,其中:垄沟被间隙打断,以接收脊的相应段,由此实施中断轮廓布置的应用,如更早结合图7所论述的。能够通过轧制或蚀刻或其他方式将垄沟图案施加到基底衬底。

[0109] 所提出的铰接式光栅设计允许在顶端208位移期间实现光栅脊RG的减小(甚至最小)的反应力和减小(如果不是最小或可忽略)的弯折。同样地,将理解,由于铰接式脊的原因,能够实现光栅组件朝向几何聚焦点的接近完美或真正的对准或真正的聚焦。这是可能的,因为现在脊是倾斜的,并且因此允许聚焦点被几何定义为沿着相应脊RD的高度d平行延伸的假想线的交点。这种“真正”或完全对准是因为铰接,能够与先前在图9中所描述的形成对照,在图9中所描述的情况没有铰接并且其中电致伸缩层EL的操作导致脊弯折而非倾斜。在这种状况下,仅有部分对准,并且聚焦点“简并”成“虚拟”聚焦区域而非点。仍然要指出的是,即使在由于弯折而部分对准的情况下,仍然能够实现可见度提升,尽管不如脊倾斜那样突出。换言之,在本文中所使用的“对准”或“聚焦”应当被理解为分别覆盖部分和完全对准/聚焦两者。

[0110] 尽管在以上实施例中,电致伸缩层EL仅用于使光栅Gi的一部分、亦即其脊或顶端变形,但这并非限制性的。设想了这样的实施例,其中,光栅的整体折转,以使脊朝向作为公共聚焦点/区域而聚焦,尽管实现这种结果所需的力将比仅用于使脊变形而非使光栅整体变形时更大。

[0111] 现在参考图13,其中,解释了一种用于制造铰接式光栅结构的方法。

[0112] 在步骤S10处,提供了通过常规方式制造的衍射光栅G,其光栅脊被刚性地耦合至光栅的基底衬底202,沟槽TR被并入到衬底202中任意两个相邻脊RG之间。光栅G可以基于硅,但在本文中并不排除其他材料。

[0113] 在步骤S20处,利用几何稳定剂(例如,石蜡/蜡类型的材料或微泡型泡沫或其他材料)来至少部分地填充沟槽,用于在几何上使脊RG稳定化。泡沫优选由低原子序数分子( $Z \leq 9$ )形成。

[0114] 在步骤S30处,向脊RG的光栅顶端206施加电-机械换能器箔EL。这能够通过胶粘或

其他固定流程来完成。

[0115] 在步骤S40处,然后例如通过蚀刻或以其他方式去除光栅衬底。

[0116] 在步骤S50处,将光栅支撑体施加到现在暴露的脊204的前侧基底部分。光栅支撑体由此替代了在步骤S40中去除的前侧基底主体202。所述光栅支撑体能够由与基底主体202相同的材料(例如硅)制成,但是这并非是必需的。优选地,所述光栅主体具有带凹槽或垄沟的表面,能够通过压印、压花等来实现。然后,在向垄沟中引入诸如胶的填充材料之后,将光栅支撑体压在脊的暴露的基底部分上,并为之配准。

[0117] 在步骤S60处,然后通过例如蒸发去除先前在步骤S20处所施加的稳定剂,以实现铰接式光栅组件GA。需要事先在光栅系统别处提供适当的排气通道。去除泡沫的必要性取决于期望的硬度。可以完全跳过步骤S60或仅去除部分填充材料或冒险去除所有填充材料,以实现最终的柔性,从而在该层在施加激活电压期间在顶端上施加横向力时,最好地模拟良好的近似真实的倾斜行为。

[0118] 在本文中提出的具有电致伸缩层的光栅组件GA<sub>i</sub>被设想为替代常规DPCI装置中的源光栅G0和/或干涉仪光栅G1和G2之一或两者。例如,在一个实施例中,源光栅G0、相位光栅G1和分析仪光栅G2中的每个都被并入在其相应的光栅组件GA1、GA2中,每个光栅组件使其电致伸缩层对准成像器的焦斑FS。然而,在另一实施例中,提供为光栅组件的仅仅是两个或三个光栅之一,(一个或多个)其他光栅是没有电致伸缩层的常规光栅。优选地,被提供为如在本文中所提出那样具有电致伸缩层EL的相应光栅组件GA2的是分析仪光栅G2,以确保最大通量和可见度效率。另一优选是如在本文中所描述的将相位光栅G1布置在光栅组件GA1中。

[0119] 应当理解,上文所描述的具有铰接式脊(例如,根据图11-13)的光栅组件GA<sub>i</sub>对于吸收体光栅G0和G1尤其有用,其中,如上文所描述的,向沟槽中引入吸收体填充材料(例如,金)。这样做的原因如下。存在吸收体填充材料通常将使得难以实现脊的弯折或倾斜。为了解决该问题,在此利用了用于这样的光栅的处理技术,其中,在脊之间的填充材料中形成空气隙。换言之,所述填充材料在x方向上不占用任何两个相继脊之间沟槽的整个宽度。这能够通过例如对每隔一个脊的移除来实现。因此,在X方向上的材料的顺序(使用金作为吸收体填充材料的范例,并且使用硅作为用于脊的晶片材料的范例)为“Au-Si-Au-空气-Au-Si-Au-空气”等。换言之,每个剩余的脊现在都有位于其左侧和右侧的金层以形成加厚的“Au-Si-Au”脊,并且这些“Au-Si-Au”脊由相应的空气隙分隔。因为这些空气隙,尽管与不存在吸收体填充材料相比更难,但是经由电致伸缩层进行弯折现在是可能的。那么在这种状况中,具有铰接式脊的实施例尤其有益,因为其促进了更容易的倾斜,因为存在空气隙。

[0120] 在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,其特征在于适于在适当的系统上执行根据前述实施例之一的方法的方法步骤。

[0121] 所述计算机程序单元因此可以被存储于计算机单元上,所述计算机单元也可以是本发明实施例的部分。该计算单元可以适于执行或诱发执行上文所描述的方法的步骤。此外,其可以适于操作上文所描述的装置的部件。所述计算单元能够适于自动地操作和/或执行用户的命令。一种计算机程序可以被加载到数据处理器的的工作存储器中。该数据处理器从而可以被装备成执行本发明的方法。

[0122] 本发明的该示范性实施例覆盖从一开始就利用本发明的计算机程序以及通过更

新将现有程序转变成使用本发明的程序的计算机程序两者。

[0123] 此外,所述计算机程序单元可能能够提供所有必要的步骤以完成上文所描述的方法的示范性实施例的流程。

[0124] 根据本发明的另一示范性实施例,给出了诸如CD-ROM的计算机可读介质,其中,在所述计算机可读介质上存储有由前面的章节所描述的计算机程序单元。

[0125] 一种计算机程序可以被存储和/或分布在适当介质(尤其是,但未必一定是非暂态介质)上,诸如与其他硬件一起或作为其部分供应的光学存储介质或固态介质上,但是也可以通过其他形式分发,诸如经由因特网或者其他有线或无线电信系统。

[0126] 然而,所述计算机程序也可以存在于如万维网的网络上,并且可以从这样的网络被下载到数据处理器的的工作存储器中。根据本发明的另一示范性实施例,提供了一种用于使计算机程序单元可下载的介质,所述计算机程序单元被布置成执行根据本发明前述实施例之一的方法。

[0127] 必须指出,本发明的实施例是参考不同的主题来描述的。具体地讲,一些实施例是参考方法型权利要求来描述的,而其他实施例是参考装置型权利要求来描述的。然而,本领域技术人员将从以上和以下的描述理解,除非做出其他表述,除了属于一种类型主题的特征的任意组合之外,涉及不同主题的特征之间的任意组合也被认为与本申请一起公开。然而,可以组合所有的特征,提供超过所述特征的简单加和的协同效果。

[0128] 尽管已经在附图和前面的描述中详细例示和描述了本发明,但是这样的例示和描述应当被视为是例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。通过研究附图、公开和所附权利要求,所公开实施例的其他变化可以被本领域技术人员在实践所主张发明期间理解和实现。

[0129] 在权利要求中,“包括”一词不排除其他元件或步骤,不定冠词“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中所阐述的若干项的功能。在相互不同的从属权利要求中所提到的特定措施的简单事实并不表示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记都不应当被解释为限制范围。

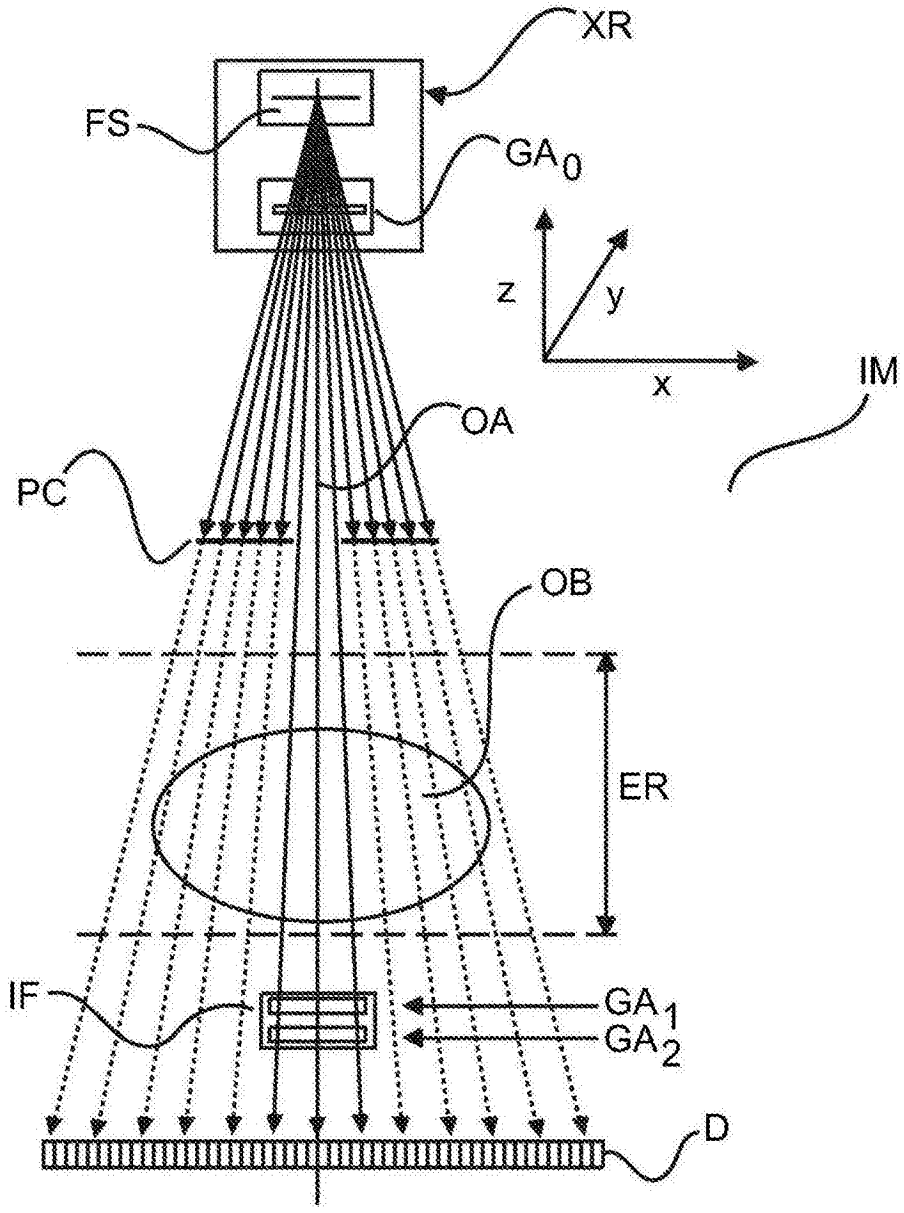


图1a

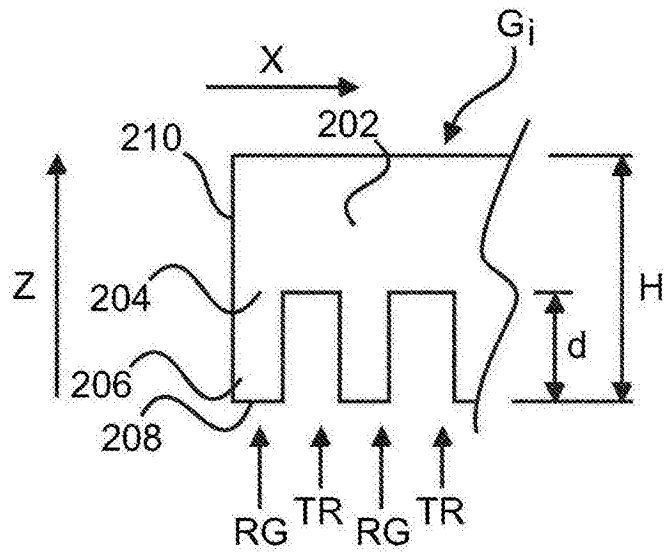


图1b

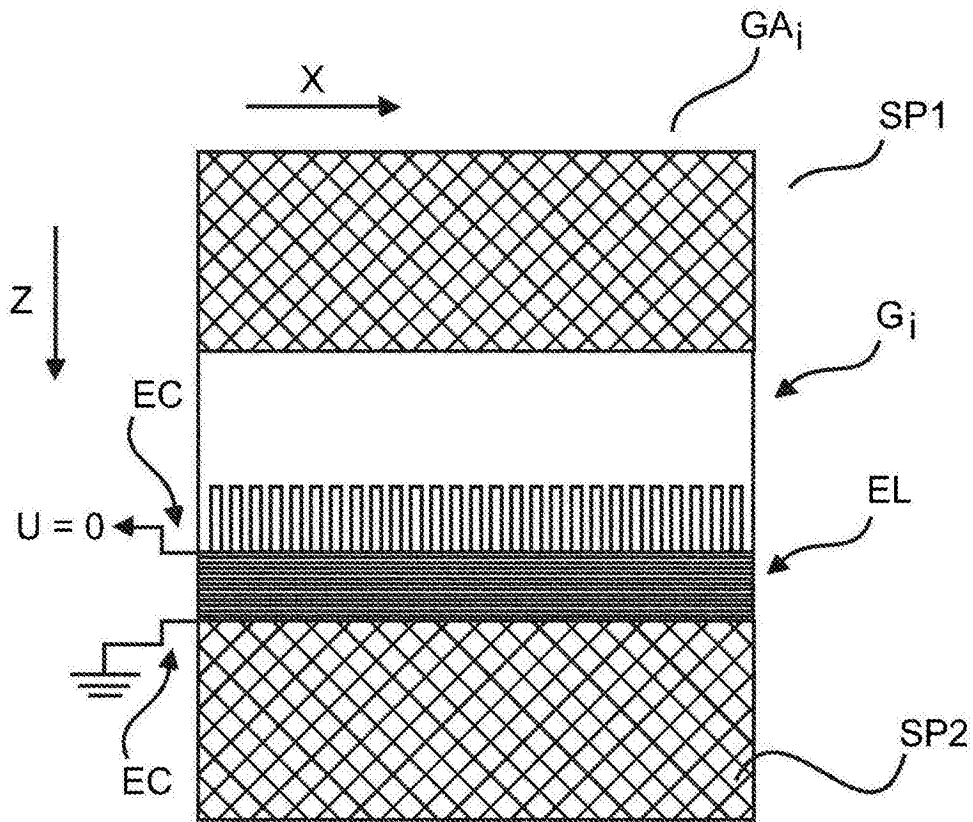


图2

对图2a的任何援引都应被视为不存在

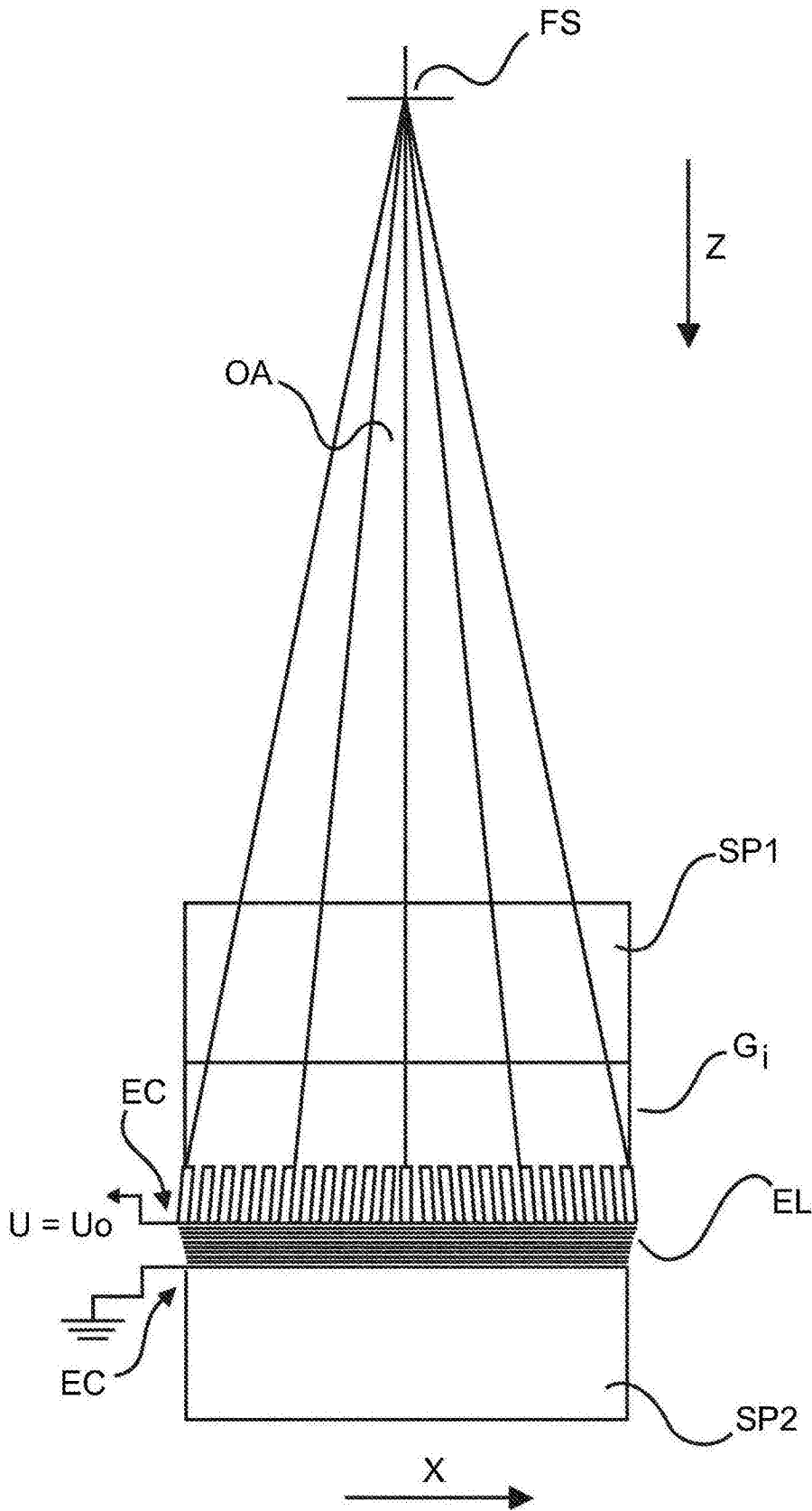


图3

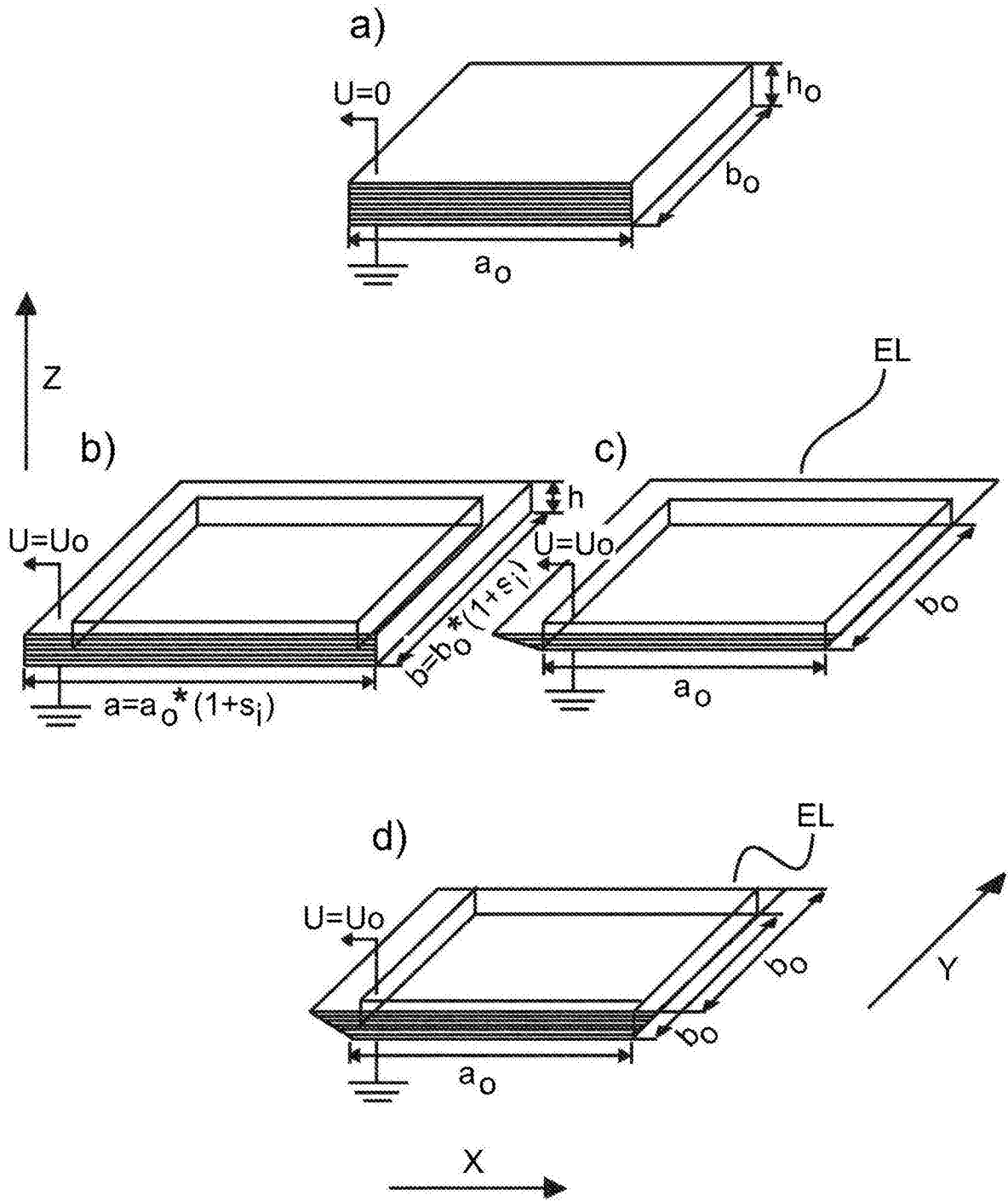


图4



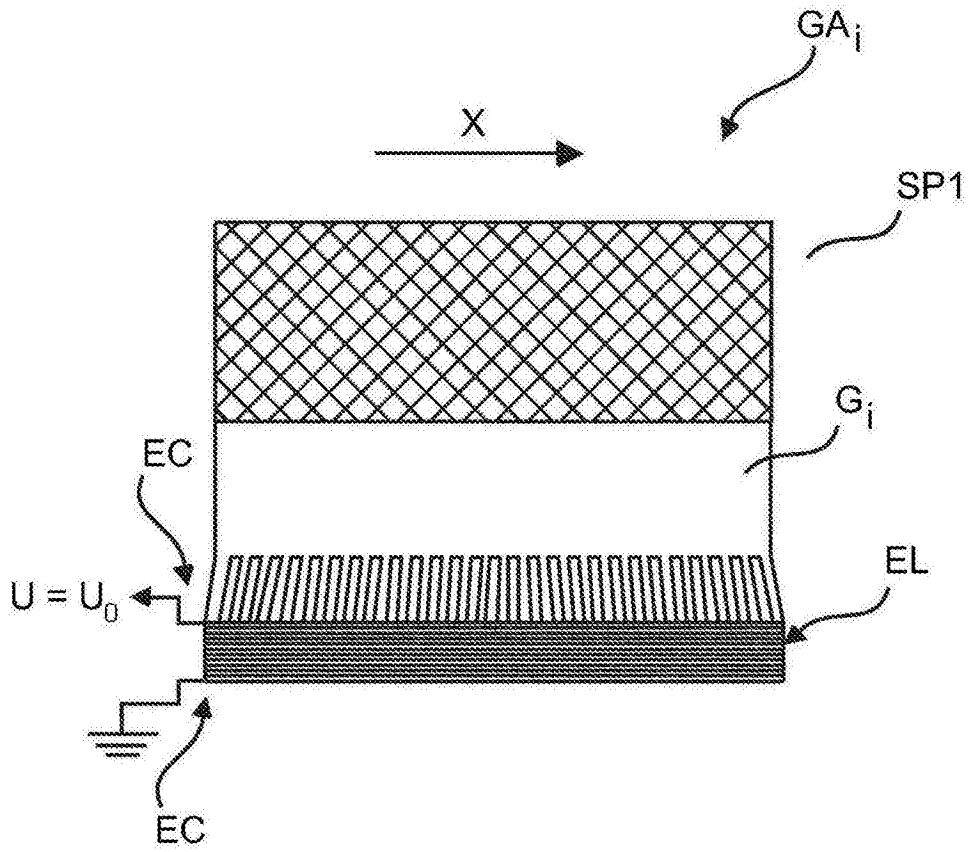


图5a

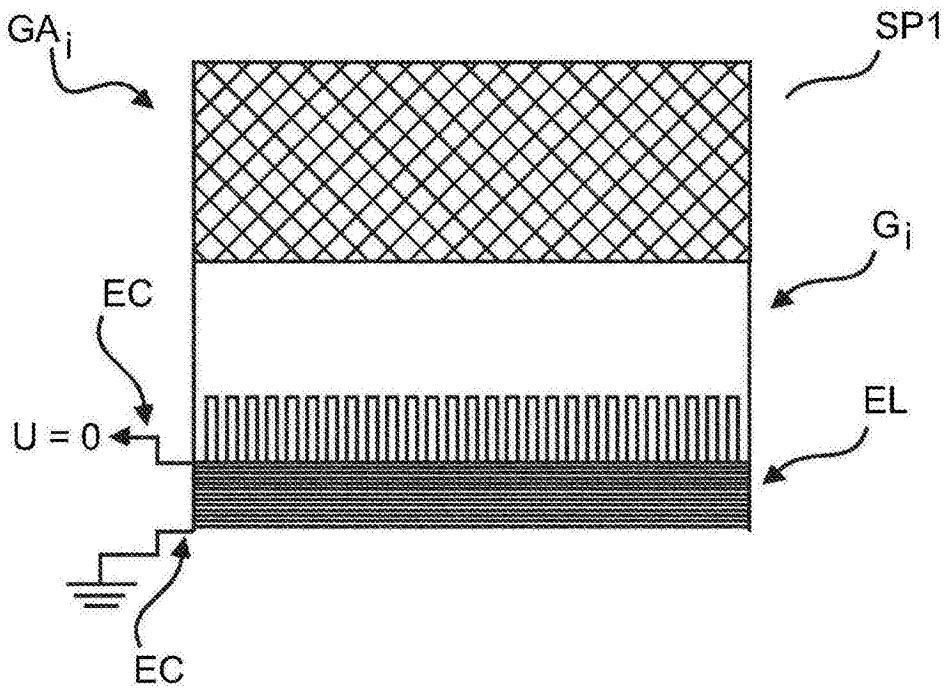


图5b

⊙  
Z

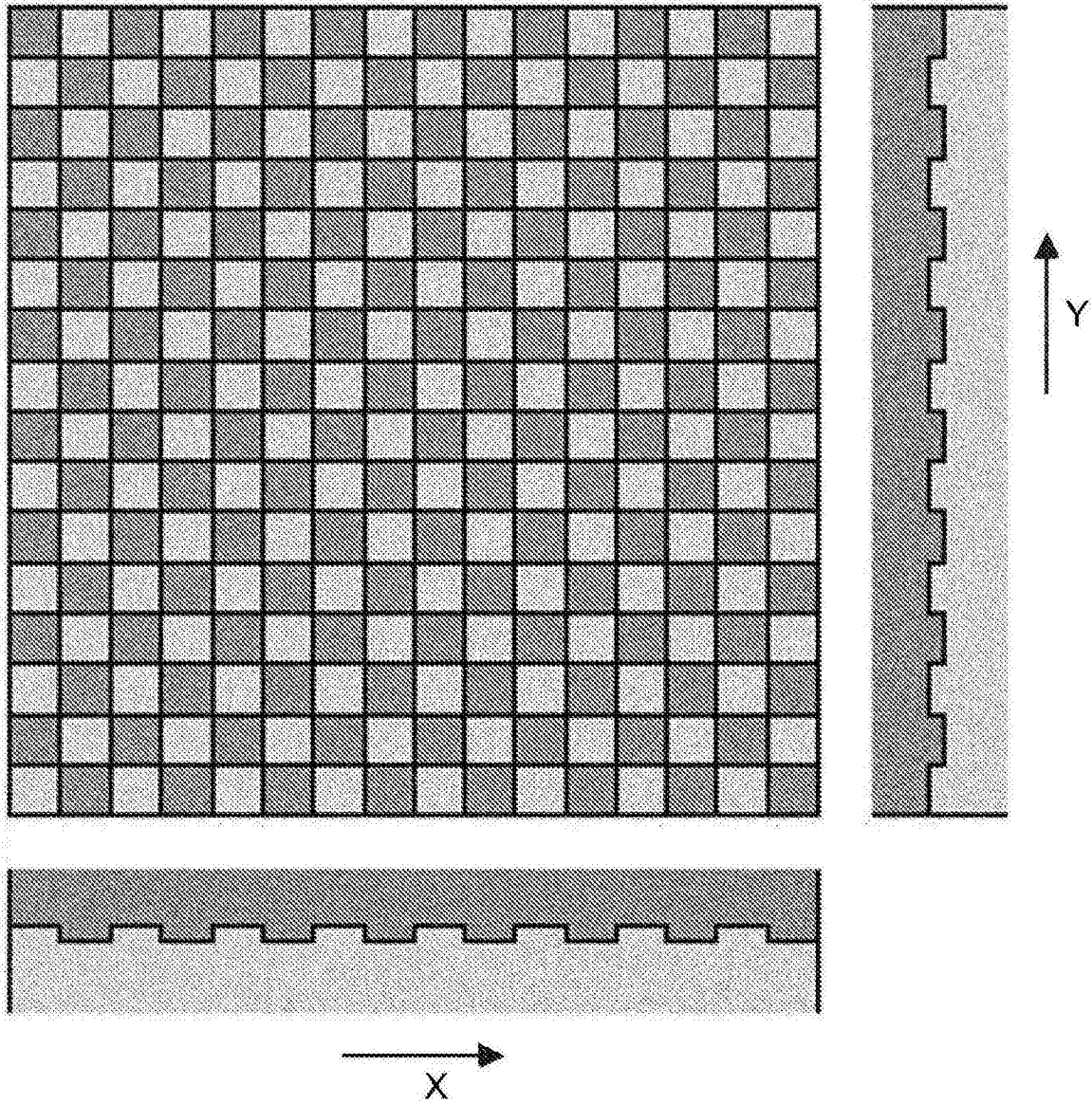


图6

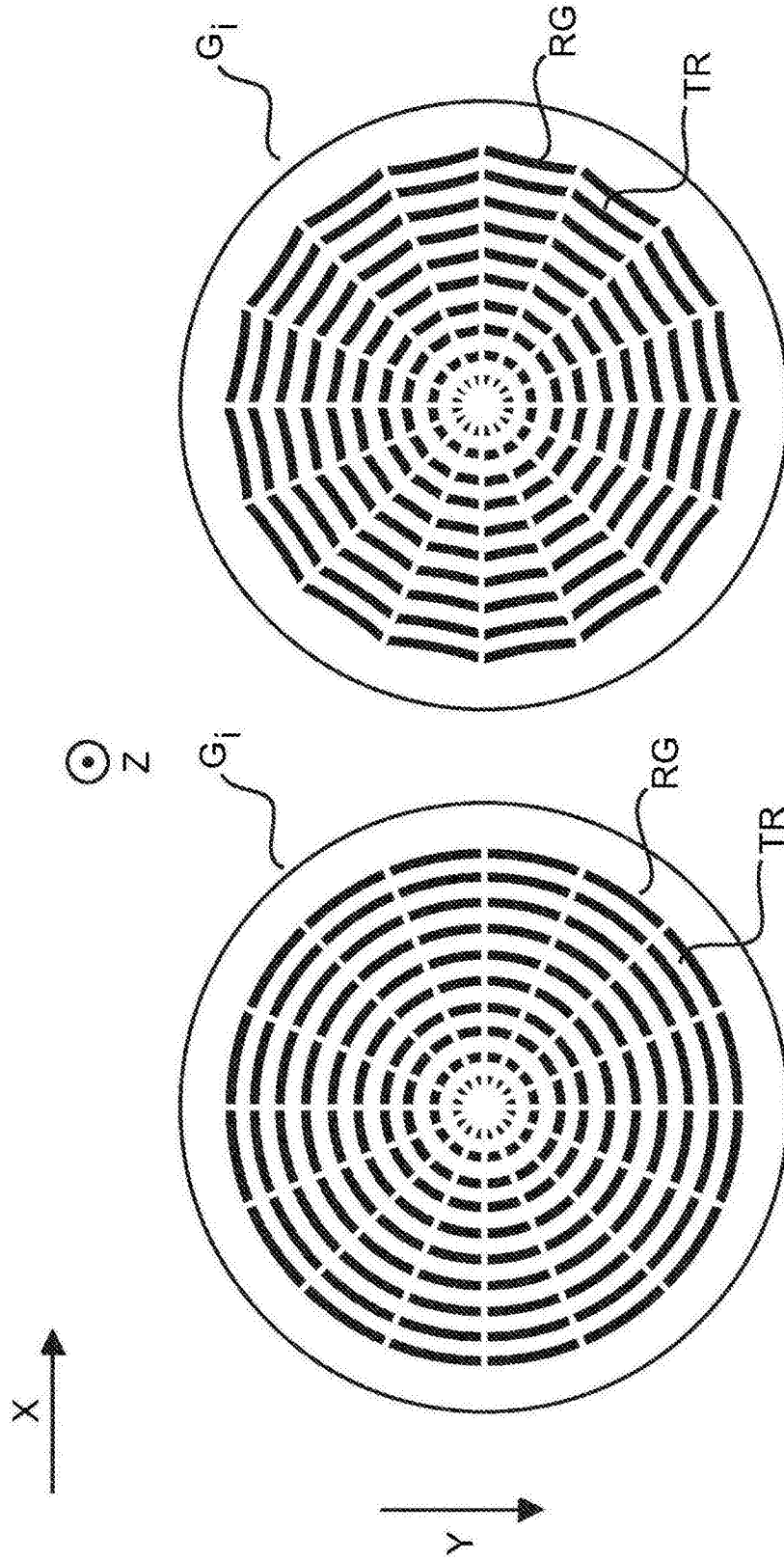


图7b

图7a



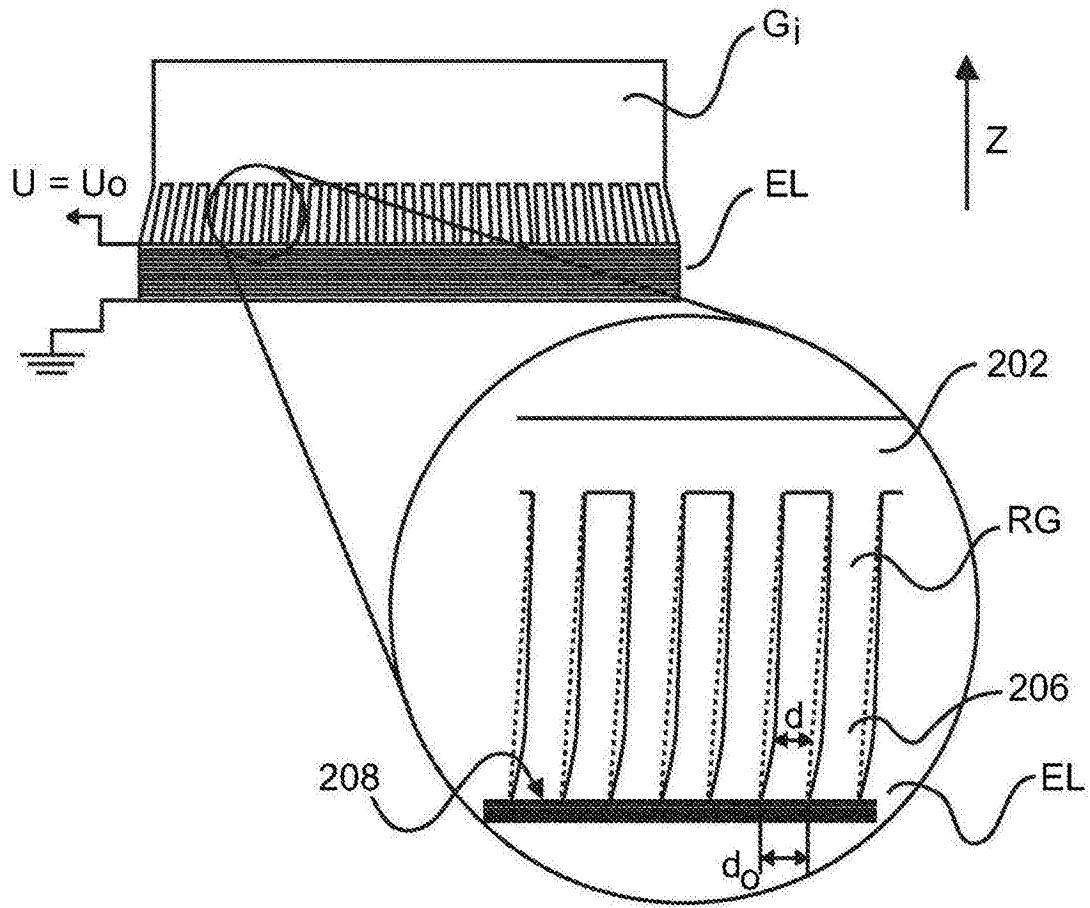


图9

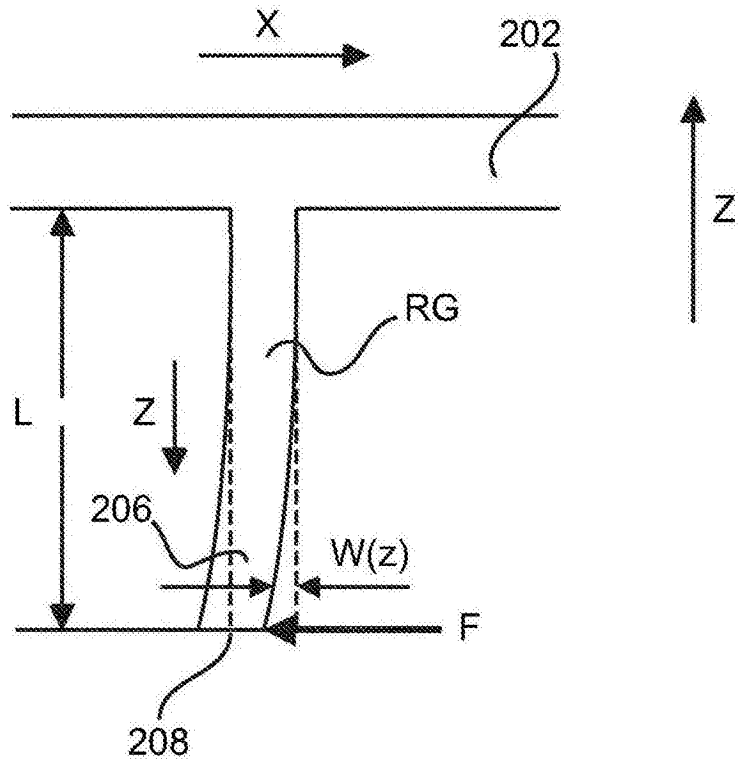


图10

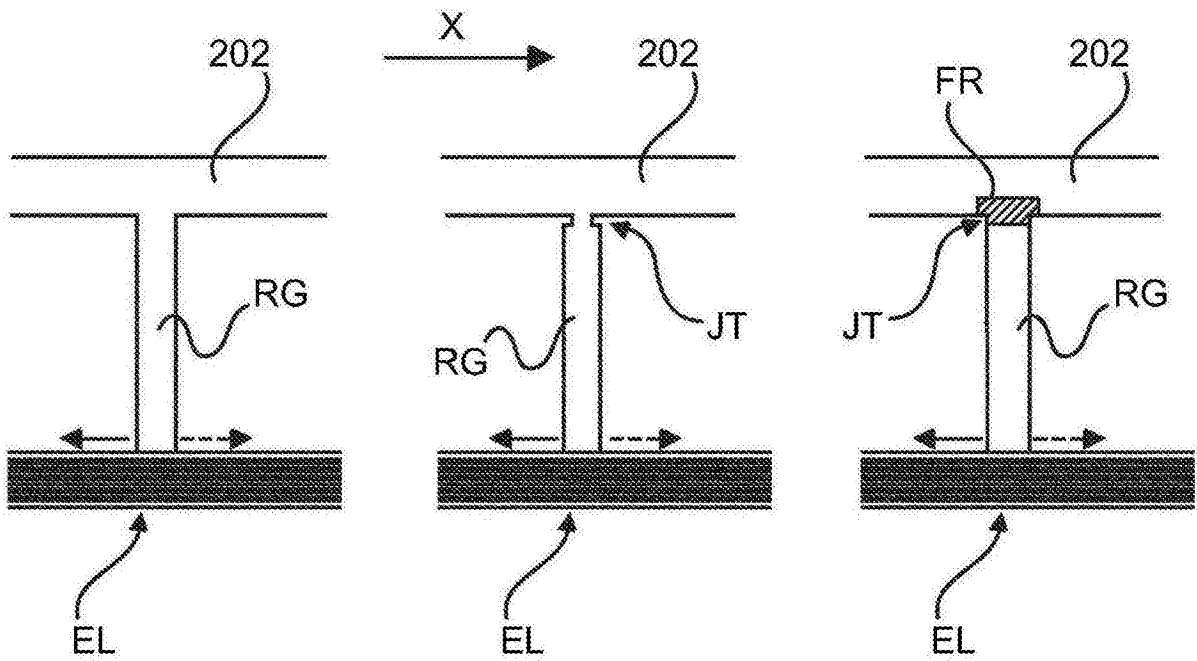


图11a

图11b

图11c

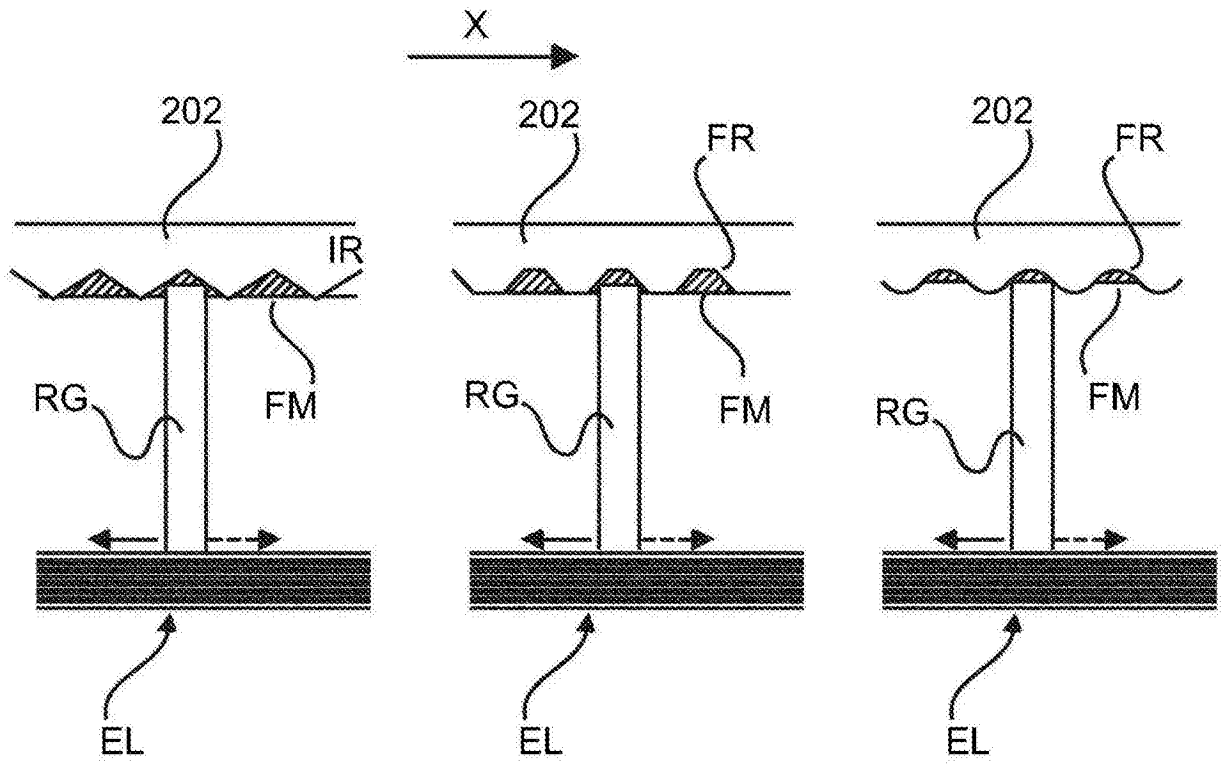


图12a

图12b

图12c

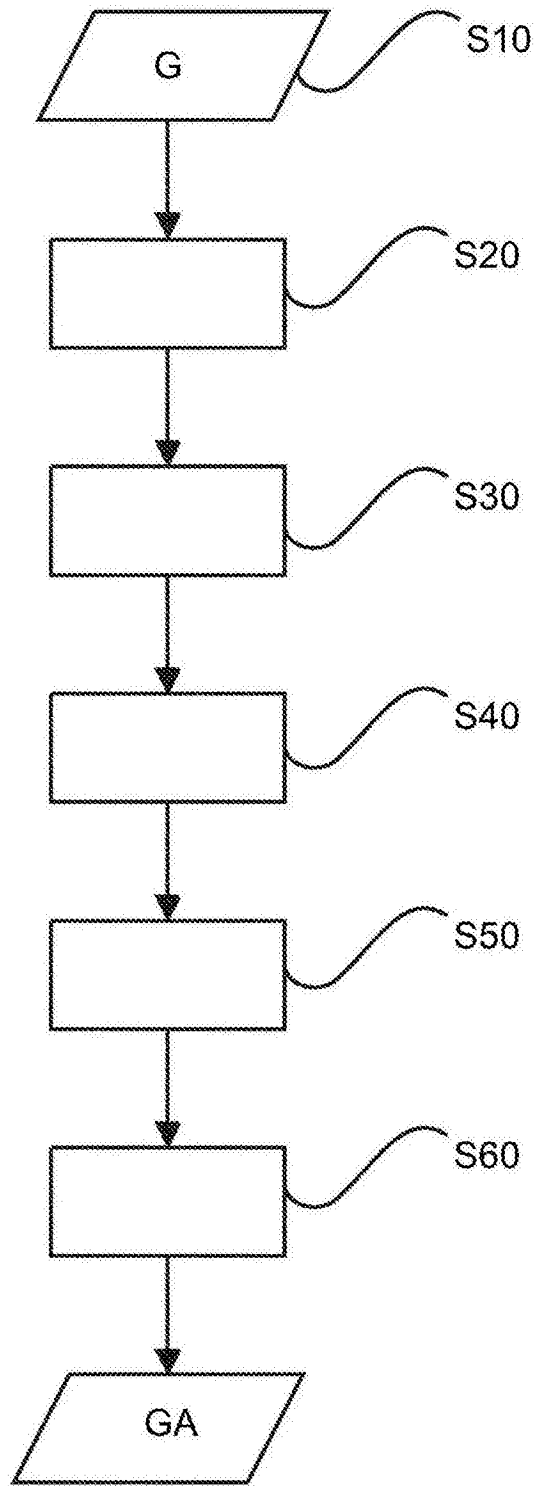


图13