



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114929093 A

(43) 申请公布日 2022.08.19

(21) 申请号 202080091754.6

(22) 申请日 2020.02.27

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.07.04

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2020/076912 2020.02.27

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/168722 EN 2021.09.02

(71) 申请人 深圳帧观德芯科技有限公司
地址 518000 广东省深圳市南山区招商街
道沿山社区南海大道1019号南山医疗
器械产业园A、B座B507

(72) 发明人 曹培炎 刘雨润

(51) Int. Cl.
A61B 3/02 (2006.01)

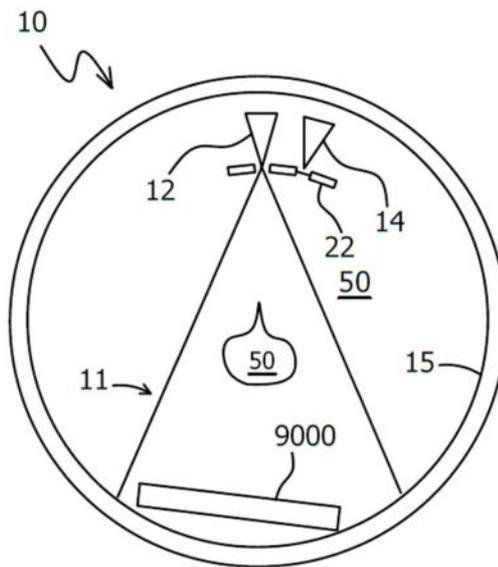
权利要求书4页 说明书16页 附图14页

(54) 发明名称

多源锥形束计算机断层扫描

(57) 摘要

本文公开一种装置，其包括：第一辐射源(12)，其被配置为产生朝向物体(50)的第一发散辐射束(11)；第二辐射源(14)，其被配置为产生朝向所述物体(50)的第二发散辐射束(13)；和图像传感器(9000)；其中所述物体(50)被配置为相对于所述图像传感器(9000)、所述第一辐射源(12)和所述第二辐射源(14)旋转，并且其中所述图像传感器(9000)、所述第一辐射源(12)和所述第二辐射源(14)之间的相对位置是固定的。



1. 一种装置,其包括:
第一辐射源,其被配置为产生朝向物体的第一发散辐射束;
第二辐射源,其被配置为产生朝向所述物体的第二发散辐射束;和
图像传感器;
其中所述物体被配置为相对于所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源旋转,并且
其中所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源之间的相对位置是固定的。
2. 如权利要求1所述的装置,其中所述图像传感器、所述第一辐射源和第二辐射源是静止的。
3. 如权利要求1所述的装置,其中所述第一发散辐射束和所述第二发散辐射束是光子能量小于5KeV的X射线。
4. 如权利要求1所述的装置,其中所述的所述物体的旋转是围绕垂直于与所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源相交的装置平面的旋转轴进行的。
5. 如权利要求1所述的装置,其进一步包括平台,
其中所述物体被物理地固定在所述平台上,并且
其中所述平台被配置为相对于所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源旋转。
6. 如权利要求1所述的装置,其进一步包括控制器,该控制器被配置为独立于所述第二辐射源启动和停用所述第一辐射源,并且被配置为独立于所述第一辐射源启动和停用所述第二辐射源。
7. 如权利要求1所述的装置,其进一步包括快门,其被配置为可控地阻挡所述第一发散辐射束到达所述物体,并且可控地阻挡所述第二发散辐射束到达所述物体。
8. 如权利要求1所述的装置,其中所述图像传感器被配置为用所述第一发散辐射束或所述第二发散辐射束捕获所述物体的部分图像。
9. 如权利要求1所述的装置,
其中所述图像传感器包括具有多个辐射透射区和一个辐射阻挡区的准直仪;
其中所述辐射阻挡区被配置为阻挡将入射在所述图像传感器的盲区上的辐射,并且所述辐射透射区被配置为透射将入射在图像传感器的有源区域上的辐射的至少一部分。
10. 如权利要求1所述的装置,其进一步包括具有多个辐射透射区和一个辐射阻挡区的掩模;
其中所述辐射阻挡区被配置为阻挡一部分第一发散辐射束,否则该部分第一发散辐射束将通过所述物体入射到所述图像传感器的盲区上,并且所述辐射透射区被配置为透射至少一部分将会入射到所述图像传感器的有源区域上的第一发散辐射束。
11. 如权利要求1所述的装置,其中所述图像传感器包括:
多个彼此间隔开的辐射检测器;
其中所述图像传感器被配置为通过使用所述辐射检测器并利用所述第一发散辐射束捕获所述物体的第一部分图像,并被配置为通过使用所述辐射检测器并利用所述第二发散辐射束来捕获所述物体的第二部分图像;
其中所述图像传感器被配置为通过拼接所述第一部分图像和所述第二部分图像来形

成所述物体的图像。

12. 如权利要求11所述的装置,其中所述辐射检测器分别包括并非全部彼此平行的辐射接收表面。

13. 如权利要求11所述的装置,其中对于所述辐射检测器中的每个辐射检测器,穿过所述辐射检测器以及所述第一辐射源或所述第二辐射源的任何直线大致垂直于所述辐射检测器的辐射接收表面。

14. 如权利要求11所述的装置,其中当所述图像传感器捕获所述物体的第一部分图像时,所述第一辐射源位于于相对于所述物体的第一辐射位置,而当所述图像传感器捕获所述物体的第二部分图像时,所述第二辐射源处于相对于所述物体的第二辐射位置。其中所述第一辐射位置与所述第二辐射位置相同。

15. 如权利要求11所述的装置,其中多个所述辐射检测器中的至少一些以交错的行排列。

16. 如权利要求11所述的装置,其中在同一行中的所述辐射检测器的尺寸是统一的;其中同一行中的两个相邻辐射检测器之间的距离在该行的延伸方向上大于同一行中的一个辐射检测器的宽度,并且小于该宽度的两倍。

17. 如权利要求11所述的装置,其中所述多个辐射检测器中的至少一些辐射检测器是长方形。

18. 如权利要求11所述的装置,其中所述多个辐射检测器中的至少一些辐射检测器是六边形。

19. 如权利要求11所述的装置,其中,所述多个辐射检测器中的至少一个辐射检测器包括辐射吸收层和电子器件层;

其中所述辐射吸收层包括电极;

其中所述电子器件层包括电子系统;

其中,所述电子系统包括:

第一电压比较器,被配置为将所述电极的电压与第一阈值进行比较,

第二电压比较器,被配置为将所述电压与第二阈值进行比较,

计数器,其被配置为记录到达所述辐射吸收层的若干辐射粒子,以及

控制器;

其中所述控制器被配置为从所述第一电压比较器确定所述电压的绝对值等于或超过所述第一阈值的绝对值时开始时间延迟;

其中所述控制器被配置为在所述时间延迟期间启动所述第二电压比较器;

其中所述控制器被配置为,如果所述第二电压比较器确定所述电压的绝对值等于或超过所述第二阈值的绝对值,则使所述计数器记录的所述数目增加一。

20. 如权利要求19所述的装置,其中所述电子系统进一步包括电连接到所述电极的积分器,其中所述积分器被配置为从所述电极收集载流子。

21. 如权利要求19所述的装置,其中所述控制器被配置为在所述时间延迟的开始或期满时启动所述第二电压比较器。

22. 如权利要求19所述的装置,其中所述电子系统还包括电压表,其中所述控制器被配置为在所述时间延迟期满时使所述电压表测量所述电压。

23. 如权利要求19所述的装置,其中所述控制器被配置为基于在所述时间延迟期满之后测得的所述电压值来确定辐射粒子的能量。

24. 如权利要求19所述的装置,其中所述控制器被配置为将所述电极连接到电接地。

25. 如权利要求19所述的装置,其中所述电压的变化率在所述时间延迟期满时大致为零。

26. 如权利要求19所述的装置,其中所述电压的变化率在所述时间延迟期满时大致为非零。

27. 一种方法,其包括:

对于 $i=1, \dots, M$, 和 $j=1, \dots, N$, 将辐射源(j)和相同物体定位使得所述辐射源(j)相对于所述物体处于相同的相对辐射位置(i);

当所述辐射源(j)相对于所述物体处于所述相对辐射位置(i)时,将来自所述辐射源(j)的发散辐射束(i, j)引向所述物体;

使用与所述发散辐射束(i, j)相同的图像传感器捕获所述物体的一部分的部分图像(i, j);并且

对于 $i=1, \dots, M$, 通过拼接所述部分图像(i, j), $j=1, \dots, N$, 形成所述物体的拼接图像(i),

其中所述的定位包括相对于所述图像传感器和所述辐射源(j), $j=1, \dots, N$, 旋转所述物体。

其中,所述图像传感器与所述辐射源(j) $j=1, \dots, N$, 之间的相对位置是固定的,并且

其中M和N是大于1的整数。

28. 如权利要求27所述的方法,其中所述图像传感器和所述辐射源(j), $j=1, \dots, N$, 是静止的。

29. 如权利要求27所述的方法,其中所述发散辐射束(i, j)是光子能量小于5KeV的X射线。

30. 如权利要求27所述的方法,其中所述的所述物体的旋转是围绕垂直于与所述图像传感器和所述辐射源(j) $j=1, \dots, N$, 相交的装置平面的旋转轴进行的。

31. 如权利要求27所述的方法,

其中所述物体被物理地固定在平台上,并且

其中所述的旋转所述物体包括旋转所述平台。

32. 如权利要求27所述的方法,其中:

当所述的辐射源不在相对于所述辐射位置(i) $i=1, \dots, M$, 的某个相对辐射位置时,所述辐射源(j) $j=1, \dots, N$, 的每个辐射源均被停用。

33. 如权利要求27所述的方法,其中:

当所述的辐射源不在所述相对辐射位置(i) $i=1, \dots, M$, 的某个相对辐射位置时,所述辐射源(j), $j=1, \dots, N$, 的每个辐射源产生的辐射均被阻挡。

34. 如权利要求27所述的方法,其中那些通过所述物体入射到所述图像传感器的盲区上的所述发散辐射束(i, j), $i=1, \dots, M$, 和 $j=1, \dots, N$, 中的每个发散辐射束的一部分被阻挡。

35. 如权利要求27所述的方法,

其中所述图像传感器包括彼此间隔开的多个辐射检测器,并且

其中所述的捕获所述物体的一部分的部分图像 (i, j) 包括利用所述辐射检测器接收已经透射过所述物体的所述发散辐射束 (i, j) 的一部分。

36. 如权利要求35所述的方法,其中所述辐射检测器分别包括并非全部彼此平行的辐射接收表面。

37. 如权利要求35所述的方法,其中对于所述辐射检测器中的每个辐射检测器,穿过所述辐射检测器和所述辐射源 $(j) j=1, \dots, N$, 的任何辐射源的任何直线大致垂直于所述辐射检测器的辐射接收表面。

38. 如权利要求27所述的方法,其中对于 $i=1, \dots, M$, 所述部分图像 $(i, j), j=1, \dots, N$, 具有空间重叠。

39. 如权利要求27所述的方法,其进一步包括基于所述拼接图像 $(i), i=1, \dots, M$, 形成所述物体的物体表面的3D(三维)图像。

40. 如权利要求39所述的方法,其进一步包括基于并符合所述物体表面的三维图像来形成模具。

多源锥形束计算机断层扫描

【技术领域】

[0001] 本文的公开涉及锥形束计算机断层扫描 (CBCT)。

【背景技术】

[0002] 锥形束计算机断层扫描 (CBCT) 是计算机断层扫描 (CT) 的一种。与传统的计算机断层扫描相比,锥形束计算机断层扫描使用发散辐射束照射将被成像的物体,并且可以提供更好的图像精度、更短的扫描时间和更低的剂量。锥形束计算机断层扫描可以在各种应用中有用,例如移植学、牙齿矫正学、矫形外科学和介入放射学。

【发明内容】

[0003] 本文公开一种装置,其包括:第一辐射源,其被配置为产生朝向物体的第一发散辐射束;第二辐射源,其被配置为产生朝向所述物体的第二发散辐射束;和图像传感器;其中所述物体被配置为相对于所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源旋转,并且其中所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源之间的相对位置是固定的。

[0004] 在某方面,所述图像传感器、所述第一辐射源和第二辐射源是静止的。

[0005] 在某方面,所述第一发散辐射束和所述第二发散辐射束是光子能量小于5KeV的X射线。

[0006] 在某方面,所述的所述物体的旋转是围绕垂直于与所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源相交的装置平面的旋转轴进行的。

[0007] 在某方面,所述装置进一步包括平台,其中所述物体被物理地固定在所述平台上,并且其中所述平台被配置为相对于所述图像传感器、所述第一辐射源和所述第二辐射源旋转。

[0008] 在某方面,所述装置进一步包括控制器,该控制器被配置为独立于所述第二辐射源启动和停用所述第一辐射源,并且被配置为独立于所述第一辐射源启动和停用所述第二辐射源。

[0009] 在某方面,所述装置进一步包括快门,其被配置为可控地阻挡所述第一发散辐射束到达所述物体,并且可控地阻挡所述第二发散辐射束到达所述物体。

[0010] 在某方面,所述图像传感器被配置为用所述第一发散辐射束或所述第二发散辐射束捕获所述物体的部分图像。

[0011] 在某方面,所述图像传感器包括具有多个辐射透射区和一个辐射阻挡区的准直仪;其中所述辐射阻挡区被配置为阻挡将入射在所述图像传感器的盲区上的辐射,并且所述辐射透射区被配置为透射将入射在图像传感器的有源区域上的辐射的至少一部分。

[0012] 在某方面,所述装置进一步包括具有多个辐射透射区和一个辐射阻挡区的掩模;其中所述辐射阻挡区被配置为阻挡一部分第一发散辐射束,否则该部分第一发散辐射束将通过所述物体入射到所述图像传感器的盲区上,并且所述辐射透射区被配置为透射至少一部分将会入射到所述图像传感器的有源区域上的第一发散辐射束。

[0013] 在某方面,所述图像传感器包括:多个彼此间隔开的辐射检测器;其中所述图像传感器被配置为通过使用所述辐射检测器并利用所述第一发散辐射束捕获所述物体的第一部分图像,并被配置为通过使用所述辐射检测器并利用所述第二发散辐射束来捕获所述物体的第二部分图像;其中所述图像传感器被配置为通过拼接所述第一部分图像和所述第二部分图像来形成所述物体的图像。

[0014] 在某方面,所述辐射检测器分别包括并非全部彼此平行的辐射接收表面。

[0015] 在某方面,对于所述辐射检测器中的每个辐射检测器,穿过所述辐射检测器以及所述第一辐射源或所述第二辐射源的任何直线大致垂直于所述辐射检测器的辐射接收表面。

[0016] 在某方面,当所述图像传感器捕获所述物体的第一部分图像时,所述第一辐射源位于于相对于所述物体的第一辐射位置,而当所述图像传感器捕获所述物体的第二部分图像时,所述第二辐射源处于相对于所述物体的第二辐射位置。其中所述第一辐射位置与所述第二辐射位置相同。

[0017] 在某方面,多个所述辐射检测器中的至少一些以交错的行排列。

[0018] 在某方面,在同一行中的所述辐射检测器的尺寸是统一的;其中同一行中的两个相邻辐射检测器之间的距离在该行的延伸方向上大于同一行中的一个辐射检测器的宽度,并且小于该宽度的两倍。

[0019] 在某方面,所述多个辐射检测器中的至少一些辐射检测器是长方形。

[0020] 在某方面,所述多个辐射检测器中的至少一些辐射检测器是六边形。

[0021] 在某方面,所述多个辐射检测器中的至少一个辐射检测器包括辐射吸收层和电子器件层;其中所述辐射吸收层包括电极;其中所述电子器件层包括电子系统;其中,所述电子系统包括:第一电压比较器,被配置为将所述电极的电压与第一阈值进行比较,第二电压比较器,被配置为将所述电压与第二阈值进行比较,计数器,其被配置为记录到达所述辐射吸收层的若干辐射粒子,以及控制器;其中所述控制器被配置为从所述第一电压比较器确定所述电压的绝对值等于或超过所述第一阈值的绝对值时开始时间延迟;其中所述控制器被配置为在所述时间延迟期间启动所述第二电压比较器;其中所述控制器被配置为,如果所述第二电压比较器确定所述电压的绝对值等于或超过所述第二阈值的绝对值,则使所述计数器记录的所述数目增加一。

[0022] 在某方面,所述电子系统进一步包括电连接到所述电极的积分器,其中所述积分器被配置为从所述电极收集载流子。

[0023] 在某方面,所述控制器被配置为在所述时间延迟的开始或期满时启动所述第二电压比较器。

[0024] 在某方面,所述电子系统还包括电压表,其中所述控制器被配置为在所述时间延迟期满时使所述电压表测量所述电压。

[0025] 在某方面,所述控制器被配置为基于在所述时间延迟期满之后测得的所述电压值来确定辐射粒子的能量。

[0026] 在某方面,所述控制器被配置为将所述电极连接到电接地。

[0027] 在某方面,所述电压的变化率在所述时间延迟期满时大致为零。

[0028] 在某方面,所述电压的变化率在所述时间延迟期满时大致为非零。

[0029] 本文公开一种方法,其包括:对于 $i=1, \dots, M$,和 $j=1, \dots, N$,将辐射源(j)和相同物体定位使得所述辐射源(j)相对于所述物体处于相同的相对辐射位置(i);当所述辐射源(j)相对于所述物体处于所述相对辐射位置(i)时,将来自所述辐射源(j)的发散辐射束(i, j)引向所述物体;使用与所述发散辐射束(i, j)相同的图像传感器捕获所述物体的一部分的部分图像(i, j);并且对于 $i=1, \dots, M$,通过拼接所述部分图像(i, j), $j=1, \dots, N$,形成所述物体的拼接图像(i),其中所述的定位包括相对于所述图像传感器和所述辐射源(j), $j=1, \dots, N$,旋转所述物体。其中所述图像传感器与所述辐射源(j) $j=1, \dots, N$,之间的相对位置是固定的,并且其中M和N是大于1的整数。

[0030] 在某方面,所述图像传感器和所述辐射源(j), $j=1, \dots, N$,是静止的。

[0031] 在某方面,所述发散辐射束(i, j)是光子能量小于5KeV的X射线。

[0032] 在某方面,所述的所述物体的旋转是围绕垂直于与所述图像传感器和所述辐射源(j) $j=1, \dots, N$,相交的装置平面的旋转轴进行的。

[0033] 在某方面,所述物体被物理地固定在平台上,并且其中所述的旋转所述物体包括旋转所述平台。

[0034] 在某方面,当所述的辐射源不在相对于所述辐射位置(i) $i=1, \dots, M$,的某个相对辐射位置时,所述辐射源(j) $j=1, \dots, N$,的每个辐射源均被停用。

[0035] 在某方面,当所述的辐射源不在所述相对辐射位置(i) $i=1, \dots, M$,的某个相对辐射位置时,所述辐射源(j), $j=1, \dots, N$,的每个辐射源产生的辐射均被阻挡。

[0036] 在某方面,那些通过所述物体入射到所述图像传感器的盲区上的所述发散辐射束(i, j), $i=1, \dots, M$,和 $j=1, \dots, N$,中的每个发散辐射束的一部分被阻挡。

[0037] 在某方面,所述图像传感器包括彼此间隔开的多个辐射检测器,并且所述的捕获所述物体的一部分的部分图像(i, j)包括利用所述辐射检测器接收已经透射过所述物体的所述发散辐射束(i, j)的一部分。

[0038] 在某方面,所述辐射检测器分别包括并非全部彼此平行的辐射接收表面。

[0039] 在某方面,对于所述辐射检测器中的每个辐射检测器,穿过所述辐射检测器和所述辐射源(j) $j=1, \dots, N$,的任何辐射源的任何直线大致垂直于所述辐射检测器的辐射接收表面。

[0040] 在某方面,对于 $i=1, \dots, M$,所述部分图像(i, j), $j=1, \dots, N$,具有空间重叠。

[0041] 在某方面,所述方法进一步包括基于所述拼接图像(i), $i=1, \dots, M$,形成所述物体的物体表面的3D(三维)图像。

[0042] 在某方面,所述方法进一步包括基于并符合所述物体表面的三维图像来形成模具。

【附图说明】

[0043] 图1A和图1B各自示意示出根据实施例的一种装置。

[0044] 图2示意示出根据实施例的所述装置的控制装置。

[0045] 图3A示意示出根据实施例的所述装置的图像传感器的辐射检测器的截面图。

[0046] 图3B示意示出根据实施例的所述辐射检测器的详细截面图。

[0047] 图3C示意示出根据实施例的所述辐射检测器的替代详细截面图。

- [0048] 图4示意示出根据实施例的所述辐射检测器可以具有像素阵列。
- [0049] 图5A示意示出包括所述辐射检测器和印刷电路板(PCB)的封装的俯视图。
- [0050] 图5B示意示出所述图像传感器的截面图,其中图5A的多个所述封装被安装到另一个印刷电路板。
- [0051] 图6A和图6B示意示出根据实施例的所述装置的第一掩模。
- [0052] 图6C和图6D示意示出根据实施例的所述装置的第二掩模。
- [0053] 图7示意示出根据实施例的所述图像传感器的准直仪。
- [0054] 图8A示意示出根据实施例可以通过拼接物体的多个不同部分的图像来形成所述物体的图像。
- [0055] 图8B示意示出根据实施例可以通过拼接物体的多个不同部分的图像来形成所述物体的图像。
- [0056] 图9A-图9C示意示出根据实施例的在所述图像传感器中的所述检测器的排列。
- [0057] 图10示意示出根据实施例的六边形形状的检测器。
- [0058] 图11示意示出根据实施例的使用所述装置的方法的流程图。
- [0059] 图12A和图12B各自示意示出根据实施例的在图3A、图3B和图3C中的所述检测器的电子系统的组件图。
- [0060] 图13示意示出根据实施例的流过二极管的电极或流过暴露于辐射的辐射吸收层的电阻器的电触点的电流的时间变化(上曲线),所述电流由入射在所述辐射吸收层上的辐射粒子产生的载流子引起,以及所述电极电压的相应时间变化(下曲线)。
- [0061] 图14示意示出根据实施例的,在以图13所示的方式操作的电子系统中,由噪声(例如,暗电流)引起的流过所述电极的所述电流的时间变化(上曲线),以及所述电极的电压的相应时间变化(下曲线)。
- [0062] 图15示意示出根据实施例的,当电子系统操作以检测更高速率的入射辐射粒子时,流过暴露于辐射的所述辐射吸收层的电极的电流的时间变化(上曲线),所述电流由入射在所述辐射吸收层上的辐射粒子产生的载流子引起,以及所述电极的电压的相应时间变化(下曲线)。
- [0063] 图16示意示出根据实施例的,在以图15所示的方式操作的电子系统中,由噪声(例如,暗电流)引起的流过所述电极的所述电流(上曲线)的时间变化,以及所述电极的电压的相应时间变化(下曲线)。
- [0064] 图17示意示出根据实施例的,在以图15所示的方式操作的电子系统中,其复位时段RST在时间 t_0 之前期满,由入射在所述辐射吸收层上的一系列辐射粒子产生的载流子引起的流过所述电极的所述电流的时间变化(上曲线),以及所述电极的电压的相应时间变化。
- [0065] 图18A和图18B示出根据实施例的多重曝光过程。
- [0066] 图19示意示出根据实施例的图18B的所述装置的简化侧视图。
- [0067] 图20根据实施例更详细地示意示出图19的所述图像传感器。
- [0068] 图21A和图21B示意示出根据实施例的另一个多重曝光过程。
- [0069] 图22示出根据实施例的概括和总结所述装置的操作的另一流程图。

【具体实施方式】

[0070] 图1A和图1B各自示意示出根据实施例的装置10。所述装置10包括第一辐射源12、第二辐射源14和图像传感器9000。所述装置10可以包括一个或多个附加辐射源。

[0071] 所述第一辐射源12被配置为产生朝向物体50的第一发散辐射束11。所述第二辐射源14被配置为产生朝向所述物体50的第二发散辐射束13。

[0072] 所述图像传感器9000可以利用所述第一发散辐射束11或所述第二发散辐射束13捕获所述物体50的部分图像。所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14被配置为绕着一个或多个轴围绕所述物体50旋转,并且在围绕所述物体50旋转期间,所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14之间的相对位置是固定的。所述第一辐射源12和所述第二辐射源14可以安装在刚性框架15上。

[0073] 根据实施例,所述第一辐射源12和所述第二辐射源14可以分别是X射线源或伽马射线源。所述物体50可以是人或容器。

[0074] 图1A和图1B示出了分别在所述第一辐射源12、所述第二辐射源14和所述图像传感器9000共同围绕所述物体50旋转一定程度以使图1A中的所述第一辐射源12和图1B中的所述第二辐射源14相对于物体50处于相同的辐射位置之前和之后,所述第一辐射源12、所述第二辐射源14和所述图像传感器9000相对于所述物体50的位置。所述图像传感器9000相对于图1A和图1B中的物体50处于不同的位置。

[0075] 所述第一辐射源12在图1A中被启动,并且所述第一发散辐射束11被引向所述物体50。图1A中的所述图像传感器9000可以捕获具有所述发散辐射束11的所述物体50的一部分图像。

[0076] 所述第二辐射源14在图1B中被启动,并且所述第二发散辐射束13被引向所述物体50。图1B中的所述图像传感器9000可以捕获具有所述发散辐射束11的所述物体50的另一部分图像。

[0077] 根据实施例,所述装置10可包括如图1所示的快门22。所述快门22可被配置为可控地阻挡所述第一发散辐射束11到达所述物体50,并且可控地阻挡所述第二发散辐射束13到达所述物体50。所述快门22可具有一个或多个开口。所述快门22可相对于所述第一辐射源12、所述第二辐射源14和所述图像传感器9000具有固定位置。即,所述快门22可与所述第一辐射源12、所述第二辐射源14和所述图像传感器9000一起相对于所述物体50旋转。

[0078] 根据实施例,所述装置10可以包括如图2示意示出的控制器20。所述控制器20被配置为独立于所述第二辐射源14启动和停用第一辐射源12,并且被配置为独立于所述第一辐射源12启动和停用第二辐射源14。这里,启动辐射源可以涉及使其产生辐射;停用辐射源可以涉及使其不产生辐射。所述控制器20可以与所述第一辐射源12和所述第二辐射源14电连接。在示例中,所述控制器20通过分别开始和停止向所述第一辐射源12和所述第二辐射源14供电来启动和停用所述第一辐射源12和所述第二辐射源14。

[0079] 所述图像传感器9000可以具有多个辐射检测器100。所述辐射检测器100可以彼此间隔开。图3A示意示出根据实施例的图像传感器9000的一个辐射检测器100的截面图。所述辐射检测器100可包括辐射吸收层110和电子器件层120(例如,专用集成电路)以用于处理或分析在所述辐射吸收层110中产生的入射辐射的电信号。在实施例中,所述辐射检测器100不包括闪烁体。所述辐射吸收层110可包括半导体材料,比如硅、锗、砷化镓、碲化镉、碲

化镉锌或其组合。所述半导体对由所述装置10中的辐射源产生的辐射可具有高的质量衰减系数。

[0080] 如图3B中根据实施例的辐射检测器100的详细截面图所示,所述辐射吸收层110可包括由第一掺杂区111、第二掺杂区113的一个或多个离散区114组成的一个或多个二极管(例如,p-i-n或p-n)。所述第二掺杂区113可通过可选的本征区112而与所述第一掺杂区111分离。在实施例中,所述离散区114通过所述第一掺杂区111或所述本征区112而彼此分离。所述第一掺杂区111和所述第二掺杂区113具有相反类型的掺杂(例如,第一掺杂区111是p型并且第二掺杂区113是n型,或者第一掺杂区111是n型并且第二掺杂区113是p型)。在图3B中的示例中,所述第二掺杂区113的每个离散区114与所述第一掺杂区111和所述可选的本征区112一起组成一个二极管。即,在图3B中的示例中,所述辐射吸收层110包括多个二极管,其具有所述第一掺杂区111作为共用电极。所述第一掺杂区111还可具有离散部分。

[0081] 当来自所述辐射源的辐射粒子撞击包括二极管的所述辐射吸收层110时,所述辐射粒子可被吸收并通过若干机制产生一个或多个载流子。一个辐射粒子可产生10到100000个载流子。所述载流子可在电场下漂移到其中一个二极管的电极。所述电场可以是外部电场。所述电触点119B可包括离散部分,其每个所述离散部分与离散区114电连接。在实施例中,所述载流子可向不同方向漂移,使得由单个辐射粒子产生的所述载流子大致未被两个不同的离散区114共用(“大致未被共用”在这里意指这些载流子中的不到2%、不到0.5%、不到0.1%或不到0.01%流向与余下载流子不同的一个所述离散区114)。入射在所述离散区114之一的足迹周围的辐射粒子所产生的载流子大致未被另一所述离散区114共用。与一个离散区114相关联的一个像素150(也称为传感元件)可以是所述离散区114的周围区,由入射在其中的辐射粒子所产生的载流子大致全部(超过98%、超过99.5%、超过99.9%或超过99.99%)流向所述离散区114。即,所述载流子中的不到2%、不到1%、不到0.1%或不到0.01%流到所述像素之外。

[0082] 如图3C中根据实施例的所述辐射检测器100的替代详细截面图所示,所述辐射吸收层110可包括半导体材料,比如硅、锗、砷化镓、碲化镉、碲化镉锌或其组合,的电阻器,但不包括二极管。所述半导体对由所述装置10中的所述辐射源所产生的辐射可具有高的质量衰减系数。

[0083] 当一个辐射粒子撞击包括电阻器但不包括二极管的所述辐射吸收层110时,所述辐射粒子可被吸收并通过若干机制产生一个或多个载流子。一个辐射粒子可产生10到100000个载流子。所述载流子可在电场下漂移到所述电触点119A和所述电触点119B。所述电场可以是外部电场。所述电触点119B包括离散部分。在实施例中,所述载流子可向不同方向漂移,使得由单个辐射粒子产生的所述载流子大致未被所述电触点119B的两个不同离散部分共用(“大致未被共用”在这里意指这些载流子中的不到2%、不到0.5%、不到0.1%或不到0.01%流向与余下载流子不同的一个离散部分)。入射在所述电触点119B的离散部分之一的足迹周围的辐射粒子所产生的载流子大致未被所述电触点119B的另一离散部分共用。与所述电触点119B的一个离散部分相关联的一个像素150,可以是围绕所述离散部分的区,由入射在其中的辐射粒子所产生的载流子大致全部(超过98%、超过99.5%、超过99.9%或超过99.99%)流向所述电触点119B的所述离散部分。即,这些载流子中的不到2%、不到0.5%、不到0.1%或不到0.01%流到与所述电触点119B的一个所述离散部分相关

联的所述像素之外。

[0084] 所述电子器件层120可包括电子系统121,该电子系统121适用于处理或解释由入射在所述辐射吸收层110上的辐射粒子所产生的信号。所述电子系统121可包括模拟电路比如滤波器网络、放大器、积分器和比较器,或者数字电路比如微处理器和存储器。所述电子系统121可包括由多像素共用或由单个像素的专用的组件。例如,所述电子系统121可包括在所有所述像素之间共用的微处理器和专用于每个像素的放大器。所述电子系统121可通过通孔131电连接到所述像素。所述通孔之间的空间可用填充材料130填充,以增加所述电子器件层120到所述辐射吸收层110的连接的机械稳定性。其他键合技术有可能在不使用通孔的情况下将所述电子系统121连接到所述像素。

[0085] 图4示意示出所述辐射检测器100可具有所述像素150的阵列。所述阵列可以是矩形阵列、蜂窝阵列、六边形阵列或任何其他合适的阵列。每个像素150可被配置为检测入射在其上的辐射粒子,测量所述辐射粒子的能量,或两者兼顾。例如,每个像素150可被配置为对一段时间内入射其上,能量落在多个仓中的辐射粒子的数量进行计数。所有像素150可被配置为对相同的时间段内入射其上,在多个能量仓中的辐射粒子的数量进行计数。每个像素150可具有其自己的模拟数字转换器(ADC),其被配置为将表示入射辐射粒子能量的模拟信号数字化为数字信号。所述模拟数字转换器可具有10位或更高的分辨率。每个像素150可被配置为测量其暗电流,例如在每个辐射粒子入射到其上之前或同时。每个像素150可被配置为从入射在其上的辐射粒子的能量中减去所述暗电流的贡献值。所述像素150可被配置为并行操作。例如,当一个像素150测量一个入射的辐射粒子时,另一个像素150可能正在等待一个辐射粒子到达。所述像素150可以但不必是可单独寻址的。

[0086] 所述图像传感器9000的所述辐射检测器可以以任何合适的样式排列。图5A和图5B示出在所述图像传感器9000中所述辐射检测器的排列的示例。一个或多个所述辐射检测器100可安装在印刷电路板(PCB)400上。本文中术语“印刷电路板”不限于特定材料。例如,印刷电路板可包括半导体。所述辐射检测器100被安装到所述印刷电路板400。为了清楚起见,未示出所述辐射检测器100和所述印刷电路板400之间的连线。所述印刷电路板400和安装在其上的所述辐射检测器100可称为一个封装200。所述印刷电路板400可具有未被所述辐射检测器100覆盖的区(例如,用于容纳焊接线410的区)。每个所述辐射检测器100可具有有源区域190,该有源区域190是所述像素150所在的位置。每个所述辐射检测器100可在边缘附近具有周边区195。所述周边区195没有像素,并且未检测到入射在周边区195的辐射粒子。

[0087] 图5B示意示出所述图像传感器9000可具有系统PCB 450,其上安装有多个封装200。所述图像传感器9000可包括一个或多个这样的系统PCB 450。在所述封装200中的PCB 400和系统PCB 450之间的电连接可通过焊接线410来实现。为了容纳所述PCB 400上的所述焊接线410,所述PCB 400具有未被所述辐射检测器100覆盖的区405。为了容纳所述系统PCB 450上的所述焊接线410,在所述封装200之间具有间隙。所述图像传感器9000中所述辐射检测器100的有源区域190统称为所述图像传感器9000的有源区域。所述图像传感器9000的其他区,入射到其中的辐射不能被图像传感器9000检测到,例如周边区195、区405或封装200之间的间隙,这些区统称为所述图像传感器9000的盲区。

[0088] 图6A和图6B示意示出所述装置10可以具有第一掩模26。根据实施例,所述第一掩

模26可以具有多个辐射透射区2602和一个辐射阻挡区2604。图6B示意示出根据实施例的所述辐射阻挡区2604被配置为阻挡所述第一发散辐射束11的一部分,否则该部分将通过所述物体50入射到图像传感器9000的盲区9004上,并且所述辐射透射区2602被配置为透射将入射在所述图像传感器9000的有源区域9002上的所述第一发散辐射束11的至少一部分。

[0089] 根据实施例,所述第一掩模26可以由诸如铅的材料制成。所述第一掩模26的所述辐射透射区2602可以是多个孔。所述第一掩模26的所述辐射阻挡区可以是除那些孔之外的区域。

[0090] 根据实施例,所述第一掩模26可以位于所述第一辐射源12和所述物体50之间。所述第一掩模26可以减少所述物体50接收的辐射的剂量。

[0091] 图6C和图6D示意示出所述装置10可以具有第二掩模28。根据实施例,所述第二掩模28可以具有多个辐射透射区2802和一个辐射阻挡区2804。图6D示意示出根据实施例的所述辐射阻挡区2804被配置为阻挡所述第二发散辐射束13的一部分,否则该部分将通过所述物体50入射到图像传感器9000的盲区9004上,并且所述辐射透射区2802被配置为透射将入射在所述图像传感器9000的有源区域9002上的所述第二发散辐射束13的至少一部分。

[0092] 根据实施例,所述第二掩模28可以由诸如铅的材料制成。所述第二掩模28的所述辐射透射区2802可以是多个孔。所述第二掩模28的所述辐射阻挡区可以是除那些孔之外的区域。

[0093] 根据实施例,所述第二掩模28可以位于所述第二辐射源14和所述物体50之间。所述第二掩模28可以减少所述物体50接收的辐射的剂量。

[0094] 图7示意示出根据实施例的图像传感器9000可包括准直器2000。所述准直器2000包括多个辐射透射区2002和辐射阻挡区2004。所述辐射阻挡区2004大致阻挡了原本要入射在所述图像传感器9000的所述盲区9004上的辐射,并且辐射透射区2002允许至少一部分原本要入射到所述图像传感器9000的所述有源区域9002上的辐射得以通过。所述辐射透射区2002可以是穿过所述准直器2000的孔,并且所述准直器2000的其余部分可用作所述辐射阻挡区2004。所述准直器2000可以被布置为靠近所述图像传感器9000。所述辐射透射区2002的尺寸或位置可以与所述图像传感器9000的有源区域9002的尺寸或位置略有不同。

[0095] 如图8A示意所示,当所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14如图1A所示位于相对于所述物体50的相应位置时,所述图像传感器9000用所述第一发散辐射束11捕获所述物体50的一部分的部分图像51A。

[0096] 所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14相对于所述物体50共同旋转到如图1B所示的它们相对于所述物体50的相应位置,其中所述图像传感器9000用所述第二发散辐射束13捕获所述物体50的另一部分的部分图像51B。

[0097] 然后,所述图像传感器9000通过拼接所述部分图像51A和所述部分图像51B来形成所述物体50的拼接图像。所述部分图像51A和所述部分图像51B可以部分重叠以利于拼接。

[0098] 根据实施例,所述装置10可以包括两个以上的辐射源。图8B示意示出所述装置10具有3个辐射源的示例。所述图像传感器9000分别利用来自3个辐射源的辐射的发散辐射束分别在相对于所述物体50的3个不同位置A、B和C处捕获所述物体50的不同部分的3个部分图像52A、52B和52C。所述图像传感器9000通过拼接所述部分图像52A、52B和52C来形成所述物体50的拼接图像。所述部分图像52A、52B和52C可以部分重叠以利于拼接。所述辐射源可

以是交错的,即不沿直线布置。

[0099] 所述辐射检测器100可以以各种方式排列在所述图像传感器9000中。图9A示意示出根据实施例的一种排列,其中所述辐射检测器100以交错行排列。例如,辐射检测器100A和辐射检测器100B在同一行中,在Y方向上对齐,并且尺寸统一;辐射检测器100C和辐射检测器100D在同一行中,在Y方向上对齐,并且尺寸统一。辐射检测器100A和辐射检测器100B相对于辐射检测器100C和辐射检测器100D在X方向上交错。根据实施例,同一行中两个相邻的辐射检测器100A和辐射检测器100B之间的距离 X_2 大于同一行中的一个辐射检测器的宽度 X_1 (即,X方向维度,即该行的延伸方向)并且小于所述宽度 X_1 的两倍。辐射检测器100A和辐射检测器100E在同一列中,在X方向上对齐,并且尺寸统一;同一列中的两个相邻的辐射检测器100A和辐射检测器100E之间的距离 Y_2 小于同一列中一个辐射检测器的宽度 Y_1 (即,Y方向维度)。

[0100] 图9B示意示出根据实施例的另一种排列,其中所述辐射检测器100排列在矩形网格中。例如,所述辐射检测器100可包括如图9A中精确排列的辐射检测器100A、100B、100E和100F,而没有图9A中的辐射检测器100C、100D、100G或100H。

[0101] 其他排列也是可能的。例如,在图9C中,所述辐射检测器100可在X方向上跨越所述图像传感器9000的整个宽度,两个相邻辐射检测器100之间的距离 Y_2 小于一个辐射检测器的宽度 Y_1 。

[0102] 根据实施例,所述辐射源(例如,12和14)和所述图像传感器9000可以绕着多个轴共同围绕所述物体旋转。

[0103] 所述图像传感器9000中的所述辐射检测器100具有任何合适的尺寸和形状。根据实施例(例如,在图9A-图9C中),至少一些所述辐射检测器100的形状为矩形。根据实施例,如图10所示,至少一些所述辐射检测器的形状为六边形。在这种辐射检测器中,所述辐射检测器和所述相应的准直器可以具有相同的形状。

[0104] 图11示意示出根据实施例的所述方法的流程图1100。在步骤1210中,所述第一辐射源12被定位在相对于所述物体50的相对辐射位置。在步骤1220中,所述第一发散辐射束11被指向所述物体50。在步骤1230中,使用所述图像传感器9000和所述第一发散辐射束11捕获所述物体50的第一部分的部分图像。在步骤1240中,所述第二辐射源14被定位在相同的相对于所述物体50的相对辐射位置。在步骤1250中,所述第二发散辐射束13被指向所述物体50。在步骤1260中,使用所述图像传感器9000和所述第二发散辐射束13捕获所述物体50的第二部分的部分图像。在步骤1270中,通过拼接所述第一部分的部分图像和所述第二部分的部分图像来形成所述物体50拼接图像。因为所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14之间的相对位置是固定的,所以在步骤1210中定位所述第一辐射源12也导致所述第二辐射源14和所述图像传感器9000的定位,并且在步骤1240中定位所述第二辐射源14也引起所述第一辐射源12和所述图像传感器9000的定位。

[0105] 当所述第一辐射源12不在所述相对辐射位置时,由所述第一辐射源12产生的辐射可以被阻挡而不能到达所述物体50,并且当所述第二辐射源14不在所述相对辐射位置时,由所述第二辐射源14产生的辐射可以被阻挡而不能到达所述物体50。例如,可以使用所述快门22来阻挡所述辐射。

[0106] 所述第一辐射源12可以在其不处于所述相对辐射位置时保持停用,并且所述第二

辐射源14可以在其不处于所述相对辐射位置时被停用。

[0107] 图12A和图12B各自示出根据实施例的电子系统121组件图。所述电子系统121可包括第一电压比较器301、第二电压比较器302、计数器320、开关305、电压表306和控制器310。

[0108] 所述第一电压比较器301被配置为将二极管300电极的电压与第一阈值进行比较。所述二极管可以由第一掺杂区111、第二掺杂区113的离散区114之一和可选的本征区112形成的一个二极管。或者,所述第一电压比较器301被配置为将电触点的电压(例如,电触点119B的离散部分)与第一阈值进行比较。所述第一电压比较器301可被配置为直接监控所述电压或通过对一段时间内流过所述二极管或电触点的电流进行积分来计算所述电压。所述第一电压比较器301可由所述控制器310可控地启动或停用。所述第一电压比较器301可以是连续比较器。即,所述第一电压比较器301可被配置为连续地被启动并监控所述电压。被配置为连续比较器的所述第一电压比较器301降低了所述系统121错过由入射辐射粒子产生的信号的机会。被配置为连续比较器的第一电压比较器301在入射辐射强度相对较高时尤其合适。第一电压比较器301可以是钟控比较器,其好处是具有较低功耗。被配置为钟控比较器的所述第一电压比较器301可使所述系统121错过由一些入射辐射粒子产生的信号。当入射辐射强度低时,错过入射辐射粒子的机会低,因为两个连续辐射粒子之间的时间间隔相对较长。因此,当入射辐射强度相对较低时,配置为钟控比较器的所述第一电压比较器301尤其合适。所述第一阈值可以是在所述二极管或所述电阻器中产生的一个入射辐射粒子最大电压的5-10%、10-20%、20-30%、30-40%或40-50%。所述最大电压可取决于入射辐射粒子的能量(即入射辐射的波长)、所述辐射吸收层110的材料及其他因素。例如,所述第一阈值可以是50mV、100mV、150mV或200mV。

[0109] 所述第二电压比较器302被配置为将所述电压与第二阈值进行比较。所述第二电压比较器302可被配置为直接监控所述电压或通过对一段时间内流过所述二极管或电触点的电流进行积分来计算所述电压。所述第二电压比较器302可以是连续比较器。所述第二电压比较器302可由所述控制器310可控地启动或停用。在所述第二电压比较器302被停用时,所述第二电压比较器302的功耗可以是所述第二电压比较器302启动时功耗的不到1%、不到5%、不到10%或不到20%。所述第二阈值的绝对值大于所述第一阈值的绝对值。如本文所使用的术语实数 x 的“绝对值”或“模数” $|x|$ 是 x 的非负值而不考虑它的符号。即,如果 $x \geq 0$, $|x| = x$,并且如果 $x < 0$, $|x| = -x$ 。所述第二阈值可以是所述第一阈值的200%-300%。所述第二阈值至少是所述二极管或所述电阻器中产生的一个入射辐射粒子最大电压的50%。例如,所述第二阈值可以是100mV、150mV、200mV、250mV或300mV。所述第二电压比较器302和所述第一电压比较器301可以是相同组件。即,所述系统121可具有一个电压比较器,该电压比较器可在不同时间将电压与两个不同的阈值进行比较。

[0110] 所述第一电压比较器301或所述第二电压比较器302可包括一个或多个运算放大器或任何其他合适的电路。所述第一电压比较器301或所述第二电压比较器302可具有高速度以允许所述系统121在高的入射辐射的高通量下操作。然而,具有高速度通常以功耗为代价。

[0111] 所述计数器320被配置为记录到达所述二极管或所述电阻器的多个辐射粒子。所述计数器320可以是软件组件(例如,存储在计算机存储器中的数字)或硬件组件(例如,4017IC和7490IC)。

[0112] 所述控制器310可以是硬件组件比如微控制器和微处理器等。所述控制器310被配置为从所述第一电压比较器301确定所述电压的绝对值等于或超过所述第一阈值的绝对值(例如,所述电压的绝对值从所述第一阈值的绝对值以下增加到等于或超过所述第一阈值的绝对值)时启动时间延迟。在这里使用绝对值是因为电压可以是负的或正的,这取决于是使用二极管的阴极还是阳极的电压或使用哪个电触点。所述控制器310可被配置为在所述第一电压比较器301确定所述电压的绝对值等于或超过所述第一阈值的绝对值之前,保持停用所述第二电压比较器302、所述计数器320、以及所述第一电压比较器301的操作中不需要的任何其他电路。在所述电压变得稳定(即所述电压的变化率大致为零)之前或之后,所述时间延迟可以期满。短语“变化率大致为零”意指所述电压的时间变化率小于 $0.1\%/ns$ 。短语“变化率大致为非零”意指所述电压的时间变化率至少为 $0.1\%/ns$ 。

[0113] 所述控制310可被配置为在所述时间延迟期间(包括开始和期满)启动所述第二电压比较器。在实施例中,所述控制器310被配置为在所述时间延迟开始时启动所述第二电压比较器。术语“启动”意指使组件进入操作状态(例如,通过发送诸如电压脉冲或逻辑电平等信号,通过提供电力等)。术语“停用”意指使组件进入非操作状态(例如,通过发送诸如电压脉冲或逻辑电平等信号,通过切断电力等)。所述操作状态可具有比所述非操作状态更高的功耗(例如,高10倍、高100倍、高1000倍)。所述控制器310本身可被停用直到所述第一电压比较器301的输出在所述电压绝对值等于或超过所述第一阈值绝对值而启动所述控制器310时。

[0114] 如果在所述时间延迟期间,所述第二电压比较器302确定所述电压的绝对值等于或超过所述第二阈值的绝对值,则可将所述控制器310被配置为使所述计数器320记录的数目增加一。

[0115] 所述控制器310可被配置为使所述电压表306在所述时间延迟期满时测量所述电压。所述控制器310可被配置为使所述电极连接到电接地,以复位所述电压并使所述电极上累积的任何载流子放电。在实施例中,所述电极在所述时间延迟期满后连接到电接地。在实施例中,所述电极连接到电接地并持续有限的复位时段。所述控制器310可通过控制所述开关305而使所述电极连接到所述电接地。所述开关可以是诸如场效应晶体管(FET)的晶体管。

[0116] 在实施例中,所述系统121没有模拟滤波器网络(例如,RC网络)。在实施例中,所述系统121没有模拟电路。

[0117] 所述电压表306可将其测量的电压以模拟或数字信号馈送给所述控制器310。

[0118] 所述系统121可包括电连接到所述二极管300的所述电极或电触点的积分器309,其中所述积分器被配置为从所述电极收集载流子。所述积分器可在放大器的反馈路径中包括电容器。如此配置的放大器称为电容跨阻放大器(CTIA)。电容跨阻放大器通过防止所述放大器饱和而具有高的动态范围,并且通过限制信号路径中的带宽来提高信噪比。来自所述电极的载流子在一段时间(“积分期”) (例如,如图13所示,在时间 t_0 和时间 t_1 之间,或在时间 t_1 和时间 t_2 之间)内累积在所述电容器上。在所述积分期期满后,所述电容器电压被采样,然后通过复位开关进行复位。所述积分器可包括直接连接到所述电极的电容器。

[0119] 图13示意出流过所述电极的,由入射在所述二极管或所述电阻器上的辐射粒子产生的载流子所引起的所述电流的时间变化(上曲线)和所述电极的电压的相应时间变化

(下曲线)。所述电压可以是电流相对于时间的积分。在时间 t_0 ，所述辐射粒子撞击所述二极管或所述电阻器，载流子开始在所述二极管或所述电阻器中产生，电流开始流过所述二极管或所述电阻器的电极，并且所述电极或电触点的电压绝对值开始增加。在时间 t_1 ，所述第一电压比较器301确定所述电压的绝对值等于或超过所述第一阈值 $V1$ 的绝对值，所述控制器310启动时间延迟 $TD1$ 并且所述控制器310可在所述 $TD1$ 开始时停用所述第一电压比较器301。如果所述控制器310在时间 t_1 之前被停用，则在时间 t_1 启动所述控制器310。在所述 $TD1$ 期间，所述控制器310启动所述第二电压比较器302。如这里使用的术语在时间延迟“期间”意指开始和期满(即，结束)和中间的任何时间。例如，所述控制器310可在所述 $TD1$ 期满时启动所述第二电压比较器302。如果在所述 $TD1$ 期间，所述第二电压比较器302确定在时间 t_2 所述电压的绝对值等于或超过所述第二阈值的绝对值，则所述控制器310使所述计数器320记录的数目增加一。在时间 t_e ，所述辐射粒子产生的所有载流子漂移出所述辐射吸收层110。在时间 t_s ，所述时间延迟 $TD1$ 期满。在图13的示例中，时间 t_s 在时间 t_e 之后；即 $TD1$ 在所述辐射粒子产生的所有载流子漂移出所述辐射吸收层110之后期满。在时间 t_s 电压的变化率因此大致为零。所述控制器310可被配置为在 $TD1$ 期满时或在时间 t_2 ，或二者中间的任何时间停用所述第二电压比较器302。

[0120] 所述控制器310可被配置为使所述电压表306在所述时间延迟 $TD1$ 期满时测量所述电压。在实施例中，所述控制器310使所述电压表306在时间延迟 $TD1$ 期满而所述电压的变化率变为大致为零后测量所述电压。此时的所述电压与由辐射粒子产生的载流子数量成正比，所述载流子数量与所述辐射粒子的能量有关。所述控制器310可被配置为基于所述电压表306测量的电压来确定所述辐射粒子的所述能量。确定所述能量的一种方法是通过将电压装仓。所述计数器320可具有用于每个仓的子计数器。当所述控制器310确定所述辐射粒子的能量落入一个仓中时，所述控制器310可使该仓的子计数器中记录的数目增加一。因此，所述系统121能够检测辐射图像并能够解析出每个辐射粒子的辐射能量。

[0121] 在 $TD1$ 期满后，所述控制器使所述电极连接到电接地并持续一个复位时段 RST ，以允许所述电极上累积的载流子流到地面并复位所述电压。在 RST 之后，所述系统121已准备好检测另一个入射辐射粒子。隐含地，在图13的示例中，所述系统121可处理的入射辐射粒子的速率受限于 $1/(TD1+RST)$ 。如果所述第一电压比较器301已被停用，所述控制器310可在 RST 期满之前的任何时间启动它。如果所述控制器310已被停用，则它可在 RST 期满之前被启动。

[0122] 图14示意示出在以图13所示的方式操作的所述系统121中，由噪声(例如，暗电流、背景辐射、散射辐射、荧光辐射、来自相邻像素的共用电荷)引起的流过所述电极的电流的时间变化(上曲线)，以及所述电极的电压的相应时间变化(下曲线)。在时间 t_0 ，所述噪声开始。如果所述噪声没有大到足以导致电压的绝对值超过 $V1$ 的绝对值，则所述控制器310不启动所述第二电压比较器302。如果所述噪声大到(如第一电压比较器301所确定的)足以导致所述电压的绝对值在时间 t_1 超过 $V1$ 的绝对值，则所述控制器310启动所述时间延迟 $TD1$ ，并且所述控制器310可在 $TD1$ 开始时停用第一电压比较器301。在 $TD1$ 期间(例如，在 $TD1$ 期满时)，所述控制器310启动第二电压比较器302。所述噪声非常不可能大到足以在 $TD1$ 期间使所述电压的绝对值超过 $V2$ 的绝对值。因此，所述控制器310不会使所述计数器320记录的数目增加。在时间 t_e ，所述噪音结束。在时间 t_s ，所述时间延迟 $TD1$ 期满。所述控制器310可被配

置为在TD1期满时停用所述第二电压比较器302。如果在TD1期间所述电压的绝对值不超过V2的绝对值,则所述控制器310可被配置为不让所述电压表306测量所述电压。在TD1期满后,所述控制器310将所述电极连接到电接地并持续一个复位周期RST,以允许由于噪声而累积在电极上的载流子流到地面并复位所述电压。因此,所述系统121可非常有效地抑制噪声。

[0123] 图15示意示出,当所述系统121操作以检测以高于 $1/(TD1+RST)$ 的速率入射的辐射粒子时,由入射在所述二极管或所述电阻器上的辐射粒子产生的载流子引起的流过所述电极的电流的时间变化(上曲线),以及所述电极的电压的相应时间变化(下曲线)。所述电压可以是所述电流相对于时间的积分。在时间 t_0 ,所述辐射粒子撞击所述二极管或所述电阻器,载流子开始在所述二极管或所述电阻器中产生,电流开始流过所述二极管的电极或所述电阻器的电触点,而所述电极或所述电触点的电压绝对值开始增加。在时间 t_1 ,所述第一电压比较器301确定所述电压的绝对值等于或超过所述第一阈值V1的绝对值,所述控制器310启动比TD1短的时间延迟TD2,并且所述控制器310可在TD2开始时停用第一电压比较器301。如果所述控制器310在时间 t_1 之前已被停用,则所述控制器310在时间 t_1 被激活。在TD2期间(例如,在TD2期满时),所述控制器310启动第二电压比较器302。如果在TD2期间,所述第二电压比较器302确定所述电压的绝对值在时间 t_2 等于或超过所述第二阈值的绝对值,则所述控制器310使所述计数器320记录的数目增加一。在时间 t_e ,由所述辐射粒子产生的所有载流子都漂移到所述辐射吸收层110之外。在时间 t_h ,所述时间延迟TD2期满。在图15的示例中,时间 t_h 在时间 t_e 之前;即,TD2在由所述辐射粒子产生的所有载流子都漂移出所述辐射吸收层110之前期满。因此,所述电压的变化率在时间 t_h 大致为非零。所述控制器310可被配置为在TD2期满时或在时间 t_2 ,或二者之间的任何时间停用所述第二电压比较器302。

[0124] 所述控制器310可被配置为根据在TD2期间作为时间函数的所述电压来推断在时间 t_e 处的电压,并使用所述推断的电压来确定所述辐射粒子的能量。

[0125] 在TD2期满后,所述控制器310使所述电极连接到电接地并持续一个复位时段RST,以允许所述电极上累积的载流子流到地面并复位所述电压。在实施例中,RST在时间 t_e 之前期满。所述电压的变化率在RST之后可大致为非零,因为由所述辐射粒子产生的全部载流子在时间 t_e 之前的RST期满时还没有漂移出所述辐射吸收层110。所述电压的变化率在时间 t_e 之后变得大致为零,并且所述电压在时间 t_e 之后稳定在剩余电压VR。在实施例中,RST在时间 t_e 或之后期满,并且所述电压的变化率在RST之后可大致为零,因为由所述辐射粒子产生的全部载流子在时间 t_e 漂移出所述辐射吸收层110。在RST之后,所述系统121已准备好检测另一个入射辐射粒子。如果所述第一电压比较器301已被停用,所述控制器310可在RST期满之前的任何时间启动它。如果所述控制器310已被停用,则它可在RST期满之前被启动。

[0126] 图16示意示出在以图15所示的方式操作的所述系统121中,由噪声(例如,暗电流、背景辐射、散射辐射、荧光辐射、来自相邻像素的共用电荷)引起的流过所述电极的电流的时间变化(上曲线),以及所述电极的电压的相应时间变化(下曲线)。在时间 t_0 ,所述噪声开始。如果所述噪声没有大到足以导致电压的绝对值超过V1的绝对值,则所述控制器310不启动所述第二电压比较器302。如果所述噪声大到,如第一电压比较器301所确定的,足以导致所述电压的绝对值在时间 t_1 超过V1的绝对值,则所述控制器310启动所述时间延迟TD2,并且所述控制器310可以在TD2开始时停用第一电压比较器301。在TD2期间(例如,在TD2期满

时),所述控制器310启动第二电压比较器302。所述噪声非常不可能大到足以在TD2期间使所述电压的绝对值超过V2的绝对值。因此,所述控制器310不会使所述计数器320记录的数目增加。在时间 t_e ,所述噪音结束。在时间 t_h ,所述时间延迟TD2期满。所述控制器310可被配置为在TD2期满时停用所述第二电压比较器302。在TD2期满之后,所述控制器310将所述电极连接到电接地并持续一个复位周期RST,以允许由于噪声而累积在电极上的载流子流到地面并复位所述电压。因此,所述系统121可非常有效地抑制噪声。

[0127] 图17示意示出,在以图15中的方式操作的所述系统121中,RST在时间 t_e 之前期满,由入射在所述二极管或所述电阻器上的一系列辐射粒子产生的载流子引起的流过所述电极的电流的时间变化(上曲线),以及所述电极的电压的相应时间变化(下曲线)。由每个入射辐射粒子产生的载流子所引起的电压曲线被该辐射粒子之前的剩余电压抵消。所述剩余电压的绝对值随每个入射粒子连续增加。当所述剩余电压的绝对值超过V1时(参见图17中的虚线矩形),所述控制器启动所述时间延迟TD2,并且所述控制器310可在TD2开始时停用所述第一电压比较器301。如果在TD2期间没有其他辐射粒子入射在所述二极管或所述电阻器上,则所述控制器在TD2结束时的复位时间段RST期间将所述电极连接到电气接地,从而复位所述剩余电压。因此,所述剩余电压不会导致计数器320记录的数目增加。

[0128] 参照图1A和图1B,如图1A所示的所述物体50对所述第一发散辐射束11的第一次曝光以成像,以及如图1B所示的所述物体50对所述第二发散辐射束的第二曝光以成像,可以被统称为图1A和图1B的多重曝光过程。通常,多重曝光过程可以包括N次曝光,其中N是大于1的整数。例如,图1A和图1B的所述多重曝光过程的 $N=2$ 。再例如,图8B的所述多重曝光过程的 $N=3$ (对应于3个部分图像52A、52B和52C)。

[0129] 在实施例中,在图1A和图1B的所述多重曝光过程中,当所述物体50相对于系统参考是静止时,所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14可以绕所述物体50旋转。在实施例中,所述系统参考可以是地球。在实施例中,所述物体50可以是塑料产品。在实施例中,所述发散辐射束11和所述发散辐射束13可以是光子能量小于5KeV的X射线。

[0130] 图18A和图18B示出了根据实施例的多重曝光过程。在实施例中,除了在图18A和图18B的所述多重曝光过程中,当所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14相对于所述参考系统静止时,所述物体50可以相对于所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14旋转(例如,如图所示为顺时针方向)之外,图18A和图18B的所述多重曝光过程可以类似于图1A和图1B的所述多重曝光过程。

[0131] 在实施例中,所述物体50的所述旋转可以围绕垂直于与所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14相交的装置平面的旋转轴。如图18A和图18B所示,如果所述装置平面在图纸页面上或平行于所述图纸页面,则所述物体50的旋转轴垂直于所述图纸页面。

[0132] 在实施例中,所述物体50的所述旋转轴在穿过地球中心的直线上。换句话说,垂直于所述旋转轴的所述装置平面平行于最靠近所述装置10的地表区域。

[0133] 图19示意示出根据实施例的图18B的所述装置10的简化侧视图。具体地讲,所述装置10可以进一步包括平台1910。在实施例中,所述物体50可以被物理地固定到所述平台1910。换句话说,所述物体50和所述平台1910之间的相对位置是固定的。例如,所述物体50

可以被绑在、被系在或仅被放置在所述平台1910上。在实施例中,所述平台1910可以被配置为相对于所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14旋转从而使所述物体50相对于所述图像传感器9000、所述第一辐射源12和所述第二辐射源14旋转。

[0134] 图20根据实施例更详细地示意示出图19的所述图像传感器9000。具体地讲,在实施例中,所述图像传感器9000的辐射检测器100(例如,辐射检测器100X和100Y)可以被布置在所述图像传感器9000上,使得它们各自的辐射接收表面(例如,辐射接收表面100X'和100Y')并非彼此平行。辐射检测器100的所述辐射接收表面是所述辐射检测器100的表面,该表面(A)平行于与所述辐射检测器100的所有像素(即,感测元件)150相交的像素平面并且(B)最接近于所述像素平面。

[0135] 在实施例中,对于所述图像传感器9000的每个辐射检测器100,穿过所述辐射检测器100以及所述第一辐射源12或所述第二辐射源14的任何直线大致是垂直的(即,垂直或几乎垂直)。因此,从任何辐射源(12或14)向所述图像传感器9000的任何辐射检测器100传播的任何辐射粒子都遵循一条大致垂直于所述辐射检测器100的所述接收表面的路径。

[0136] 例如,如参考图20,穿过所述辐射检测器100X和所述第二辐射源14的所述直线13X基本垂直于所述辐射检测器100X的所述辐射接收表面100X'。类似地,穿过所述辐射检测器100Y和所述第二辐射源14的所述直线13Y大致垂直于所述辐射检测器100Y的所述辐射接收表面100Y'。

[0137] 图21A和图21B示意示出根据实施例的另一个多重曝光过程。在实施例中,除了相对于所述物体50的相对辐射位置1214.21不同之外,图21A和图21B的所述多重曝光过程可以类似于图18A和图18B的所述多重曝光过程。在实施例中,在图18A和图18B的多重曝光过程的第二次曝光(图18B)之后,所述物体50可以顺时针旋转至如图21A所示的位置。然后,如图21A所示的图21A和图21B的多重曝光过程的第一次曝光可以被执行(即,利用由所述辐射源12从相对于所述物体50的所述相对辐射位置1214.21发射的所述发散辐射束11.21)。此后,在实施例中,所述物体50可以进一步顺时针旋转到如图21B所示的位置。然后,如图21B所示的图21A和图21B的多重曝光过程的第二次曝光可以被执行(即,利用由所述辐射源14从相对于所述物体50的所述相对辐射位置1214.21发射的所述发散辐射束13.21)。

[0138] 作为图21A和图21B的所述多重曝光过程的所述第一次曝光和所述第二次曝光的结果,所述物体50的不同部分的两个部分图像可以被捕获。接下来,在实施例中,可以通过拼接这两个部分图像来形成所述物体50的拼接图像。通常,相对于所述物体50有M个不同的相对辐射位置的M个多重曝光过程(类似于图18A和图18B的所述多重曝光过程以及图21A和图21B的所述多重曝光过程)可以一个接一个被执行,从而得到所述物体50的M个拼接图像(M是大于1的整数)。

[0139] 接下来,在实施例中,可以基于所述M个拼接图像来形成所述物体50的所述物体表面的三维图像。接下来,在实施例中,可以基于并符合所述物体50的所述物体表面的三维图像来形成模具(未示出)。接下来,在实施例中,可以使用所述模具来生产所述物体50的副本。

[0140] 图22示出了根据实施例的概括和总结所述装置10的操作的流程图2200。在步骤2210中,所述装置10和所述物体50的组件可以被定位以进行成像。具体地讲,对于 $i=1, \dots, M$,和 $j=1, \dots, N$,辐射源(j)和所述物体50被定位成使得所述辐射源(j)在相对于所述物体

50的相同的相对辐射位置(i)上。例如,对于 $i=j=1$ (图18A),所述辐射源(1)(即,辐射源12)处于相对于所述物体50的相同的相对辐射位置(1)(即,相对辐射位置1214.18)。再例如,对于 $i=1$ 和 $j=2$ (图18B),所述辐射源(2)(即辐射源14)在相对于所述物体50的相同的相对辐射位置(1)(即相对辐射位置1214.18)。

[0141] 在步骤2220中,发散辐射束被射向物体50。具体地讲,当所述辐射源(j)处于相对于物体50的相对辐射位置(i)时,发散辐射束(i,j)被从所述辐射源(j)指向所述物体50。

[0142] 例如,对于 $i=j=1$ (图18A),当所述辐射源(1)相对于所述物体50处于所述相对辐射位置(1)(即相对辐射位置1214.18)时,所述发散辐射束(1,1)(即发散辐射束11.18)被从所述辐射源(1)(即辐射源12)指向所述物体50。再例如,对于 $i=1$ 和 $j=2$ (图18B),当所述辐射源(2)相对于所述物体50处于所述相对辐射位置(1)(即相对辐射位置1214.18)时,所述发散辐射束(1,2)(即发散辐射束13.18)被从所述辐射源(2)(即辐射源14)指向所述物体50。

[0143] 在步骤2230中,所述物体50的各部分的部分图像可以被捕获。具体地讲,所述物体50的一部分的部分图像(i,j)可以使用具有所述发散辐射束(i,j)的所述图像传感器9000来捕获。

[0144] 例如,对于 $i=j=1$ (图18A),可以使用具有所述发散辐射束(1,1)(即发散辐射束11.18)的所述图像传感器9000来捕获所述物体50的一部分的部分图像(1,1)。再例如,对于 $i=1$ 和 $j=2$ (图18B),可以使用具有所述发散的辐射束(1,2)(即发散辐射束13.18)的所述图像传感器9000来捕获所述物体50的一部分的一部分图像(1,2)。

[0145] 在步骤2240中,可以形成拼接图像。更具体地讲,对于 $i=1, \dots, M$,可以通过拼接所述部分图像(i,j), $j=1, \dots, N$,来形成所述物体50的拼接图像(i)。

[0146] 例如,对于 $i=1$ (图18A和图18B),可以通过拼接所述部分图像(1,1)(图18A)和所述部分图像(1,2)(图18B)来形成所述物体50的拼接图像(1)。再例如,对于 $i=2$ (图21A和图21B),可以通过拼接所述部分图像(2,1)(图21A)和所述部分图像(2,2)(图21B)来形成所述物体50的拼接图像(2)。

[0147] 接下来,在实施例中,可以基于所述M个拼接图像来形成所述物体50的所述物体表面的三维图像。然后,在实施例中,可以基于并符合所述物体50的所述物体表面的三维图像来形成模具。然后,在实施例中,可以使用所述模具来生产所述物体50的副本。

[0148] 在如上所述的且与图18A、图18B、图21A和图21B相关的实施例中,所述多重曝光过程的所述曝光的时间顺序如下:如图18A(或仅简称为图18A)所示的曝光,然后为图18B,然后为图21A,然后为图21B。通常,所述多个曝光过程的所述曝光的所述时间顺序可以是任意的。例如,所述曝光的所述时间顺序可以是图18B,然后是图18A,然后是图21A,然后是图21B。再例如,所述曝光的所述时间顺序甚至可以是图18A,然后是图21B,然后是图18B,然后是图21A。

[0149] 尽管本文已经公开了各个方面和实施例,但是其他方面和实施例对于本领域技术人员而言将是显而易见的。本文公开的各个方面和实施例是为了说明的目的而不是限制性的,其真正的范围和精神应该以本文中的权利要求书为准。

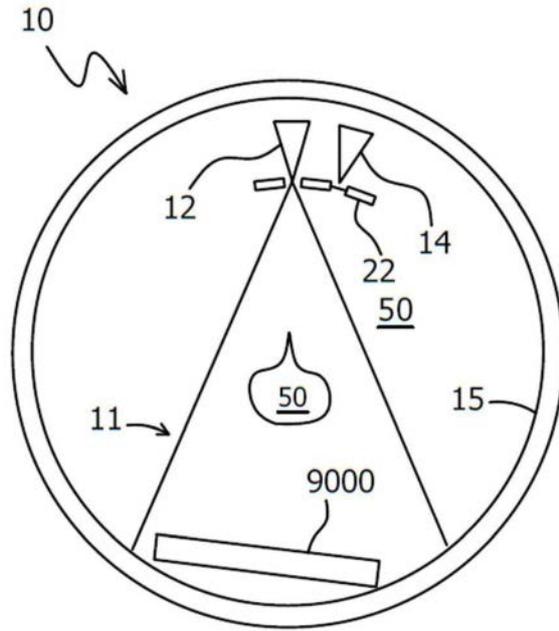


图1A

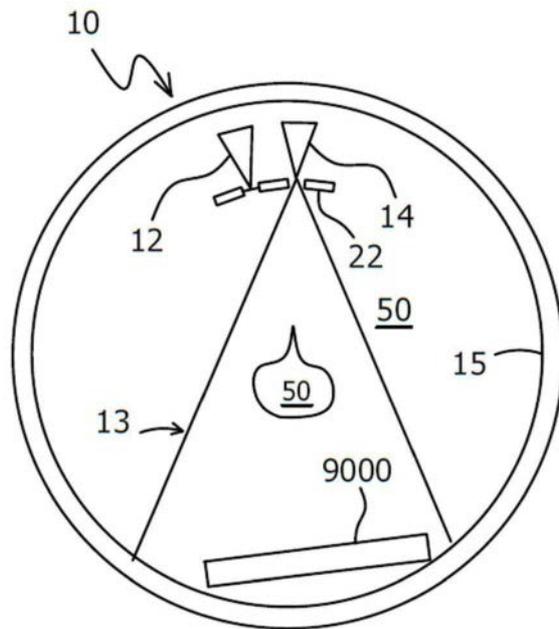


图1B

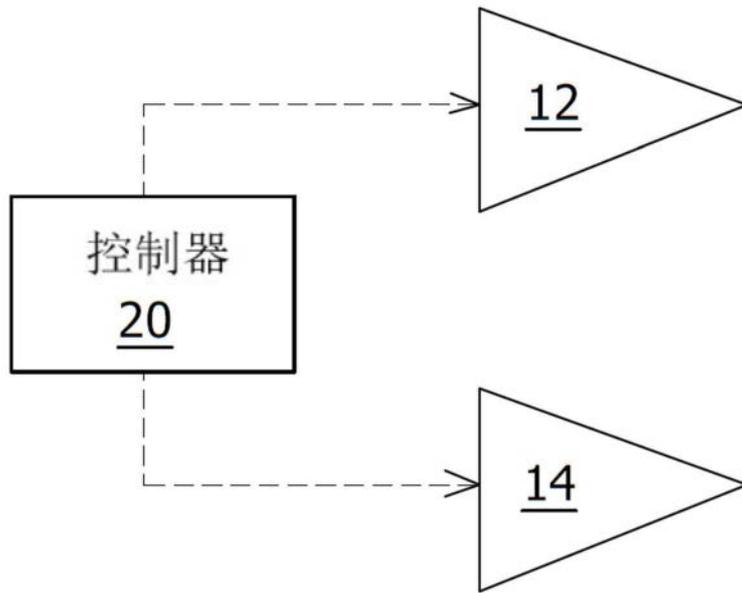


图2

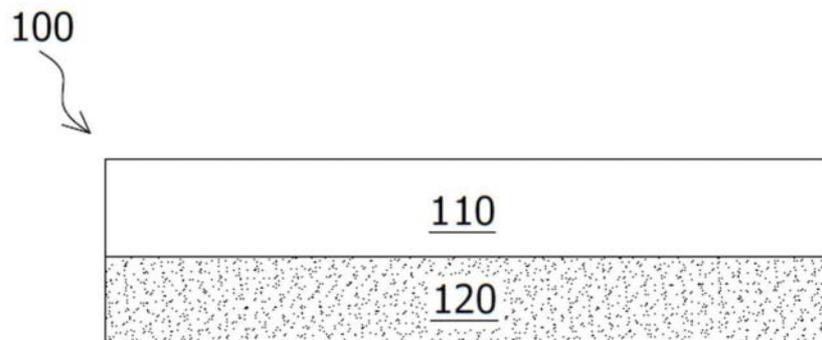


图3A

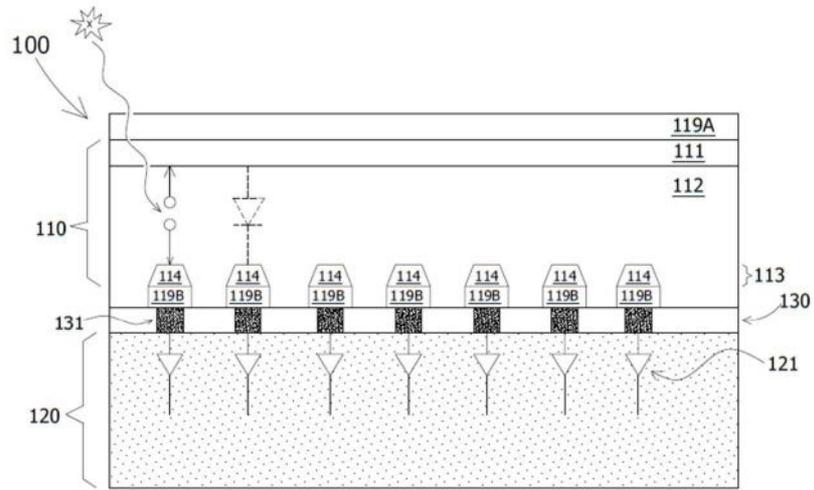


图3B

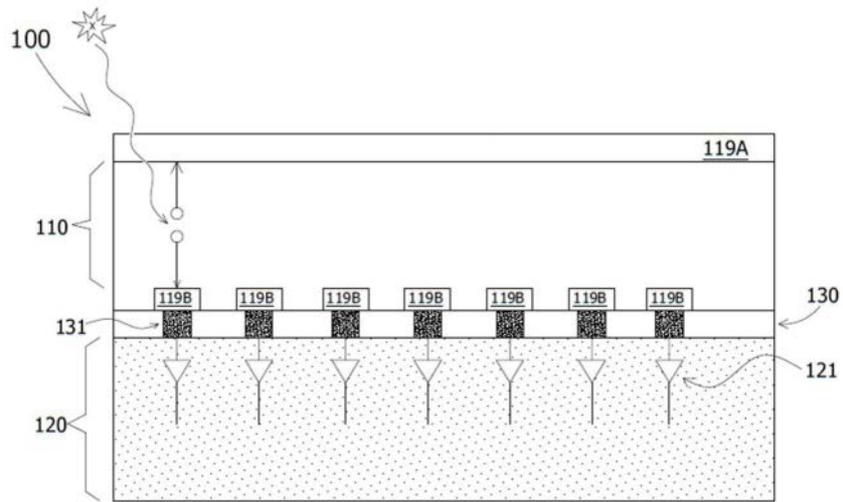


图3C

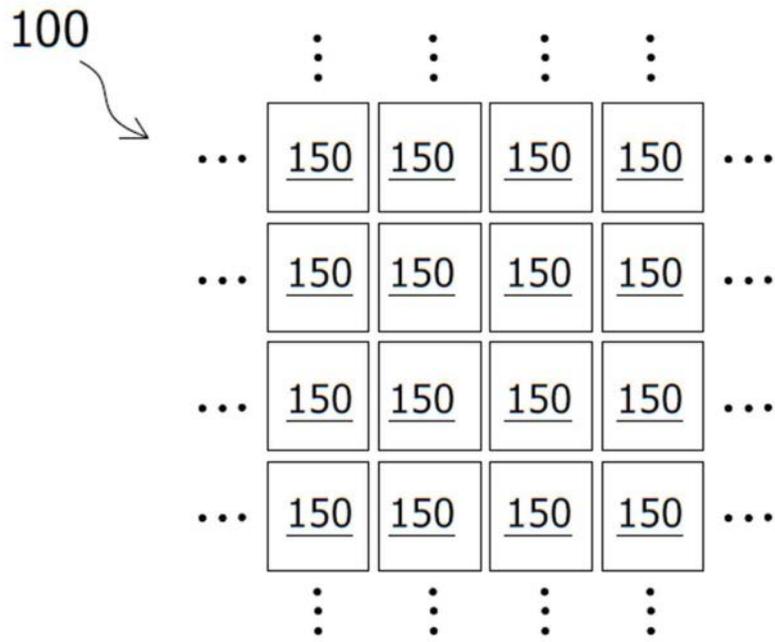


图4

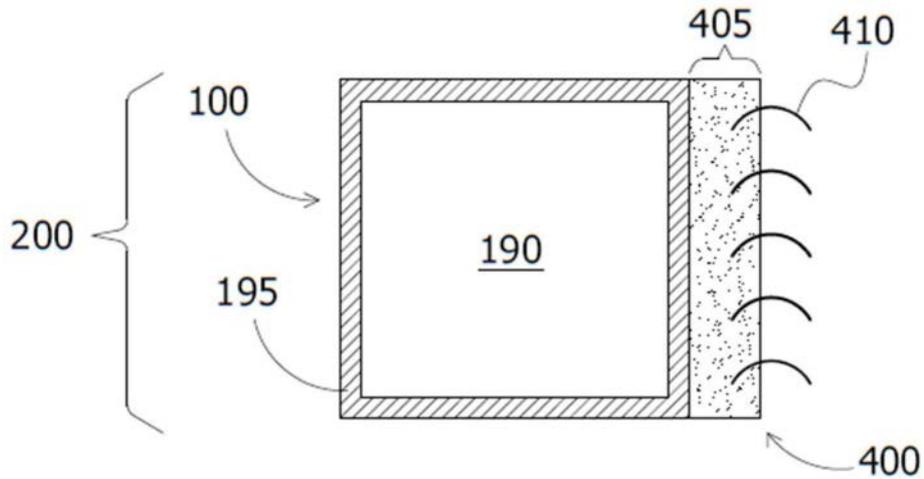


图5A

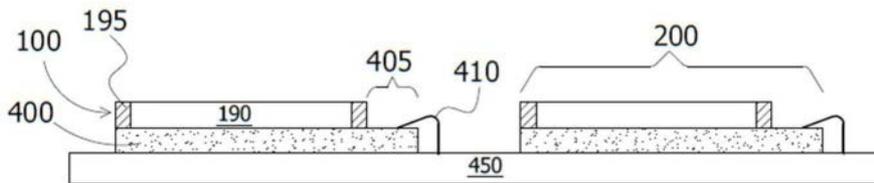


图5B

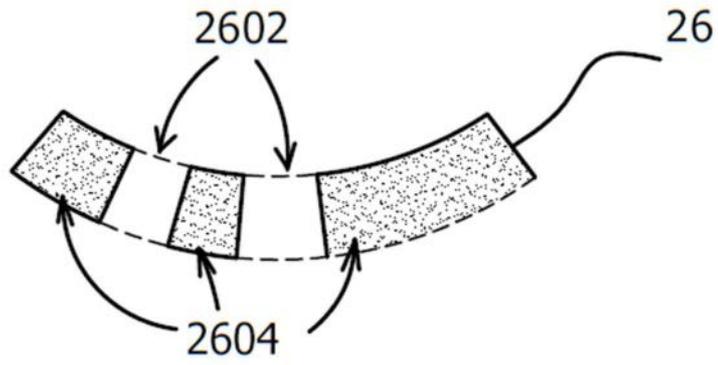


图6A

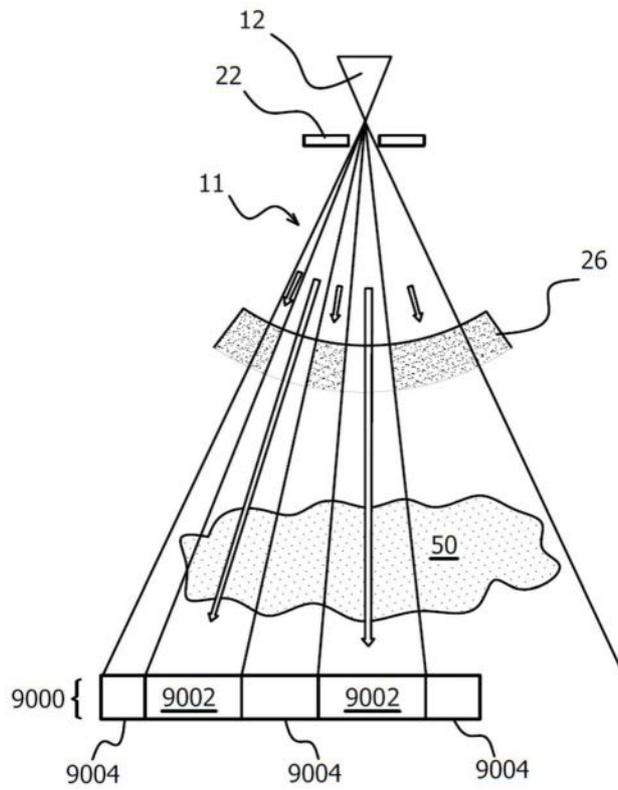


图6B

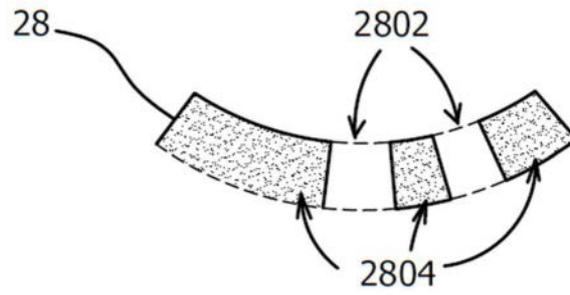


图6C

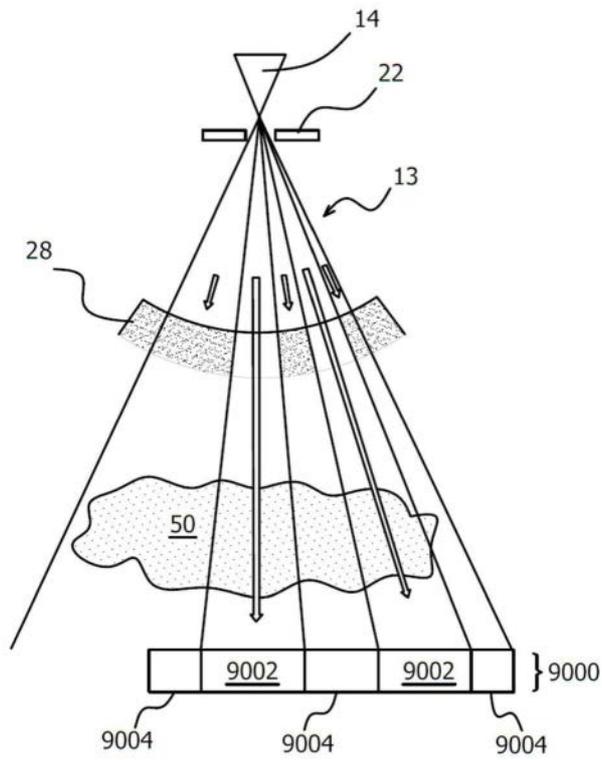


图6D

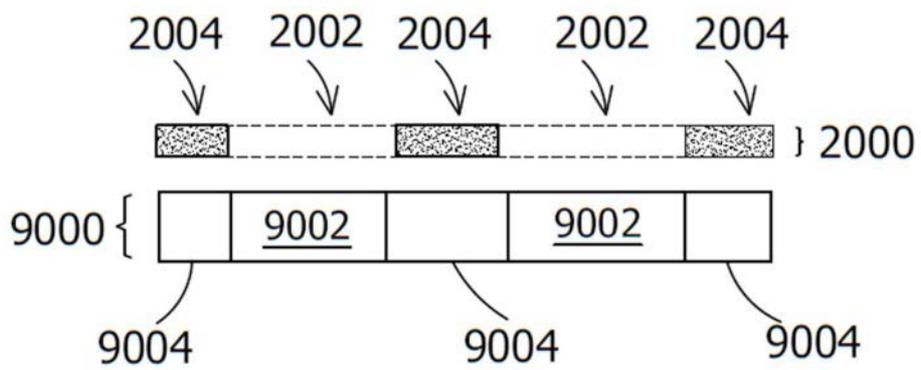


图7

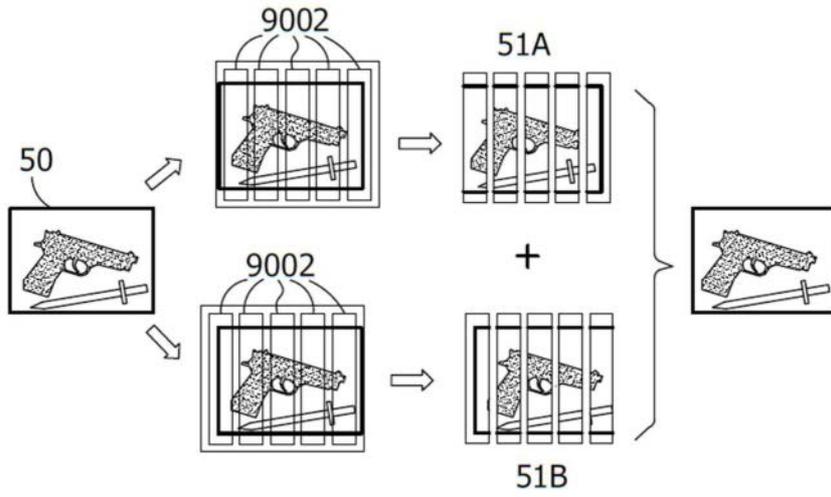


图8A

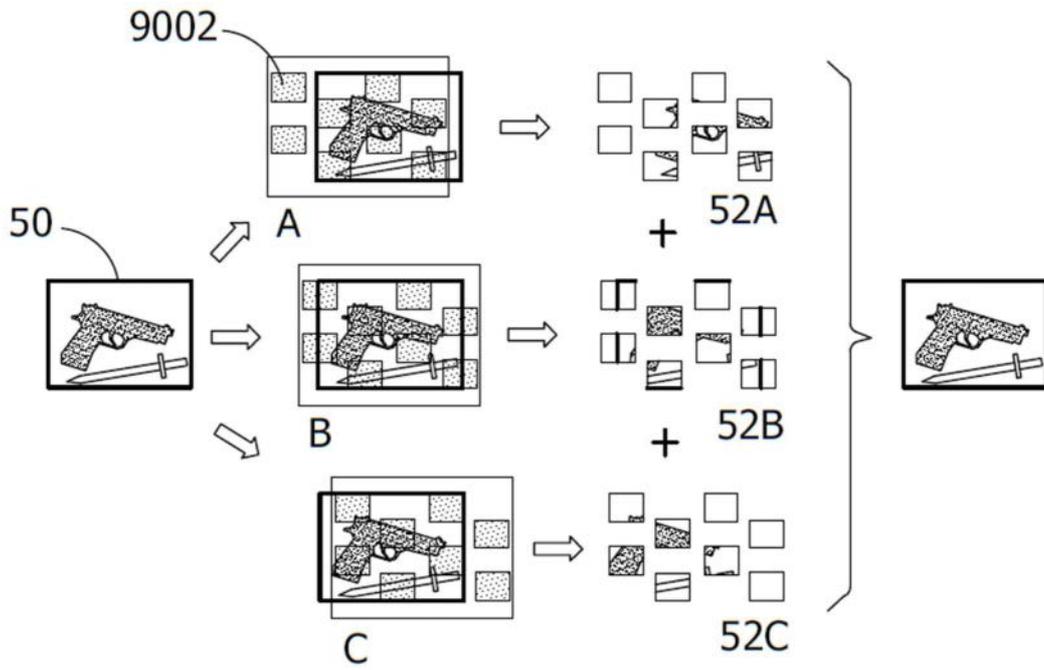


图8B

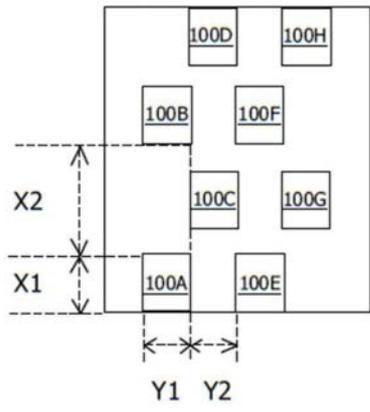


图 9A

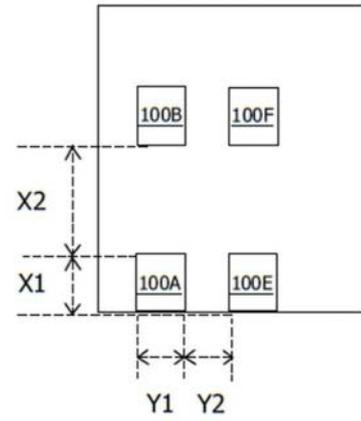


图 9B

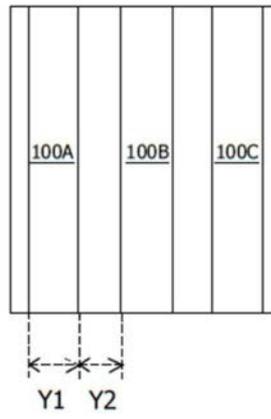
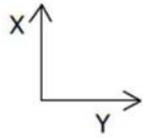


图 9C

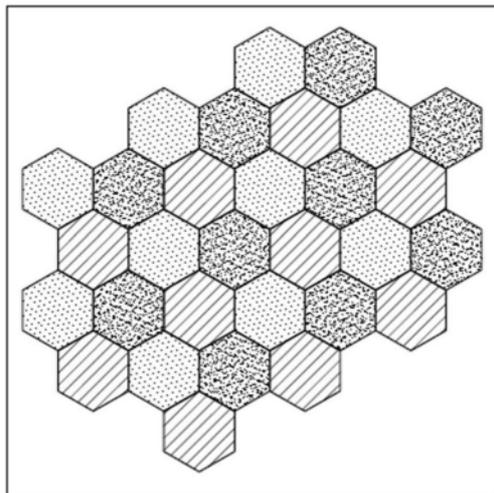


图10

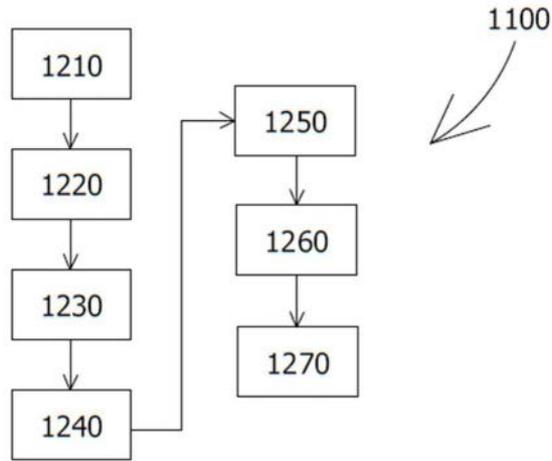


图11

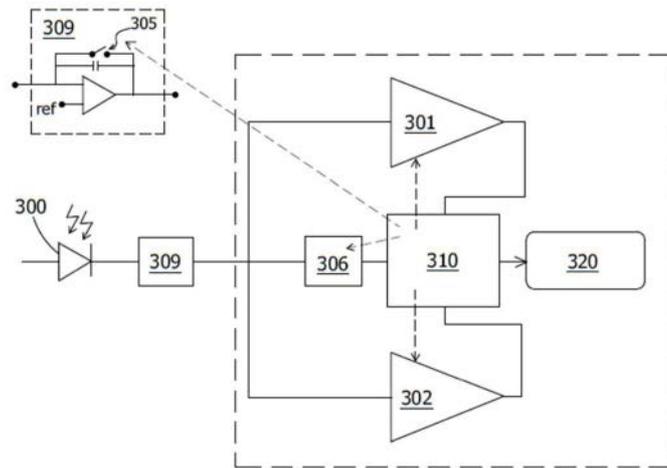


图12A

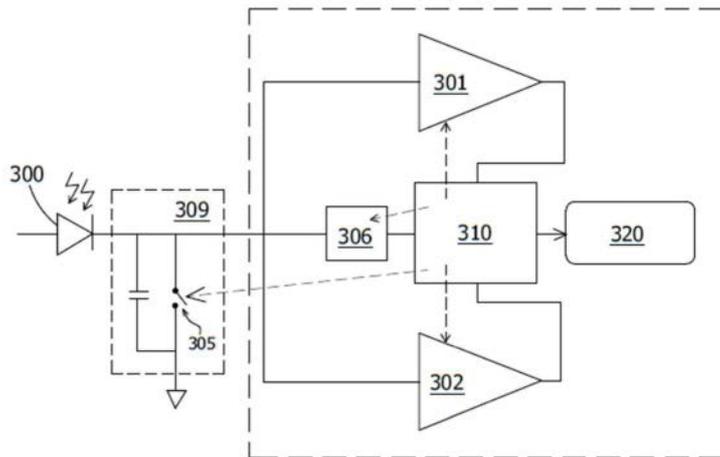


图12B

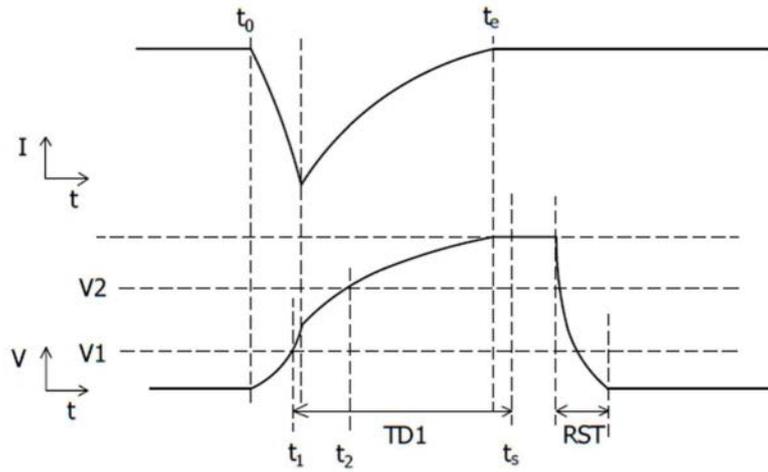


图13

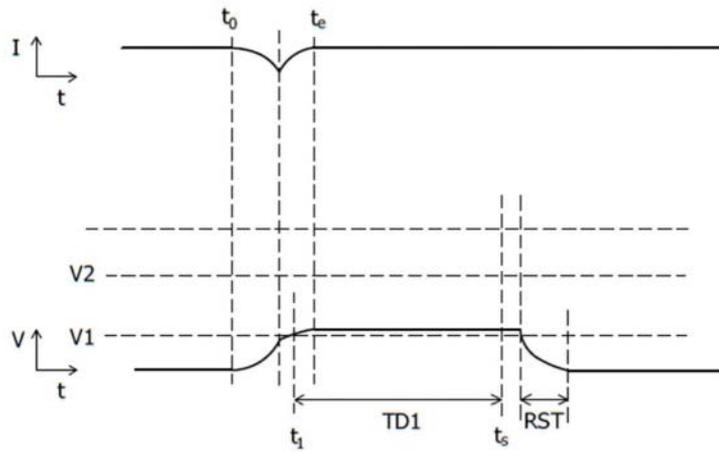


图14

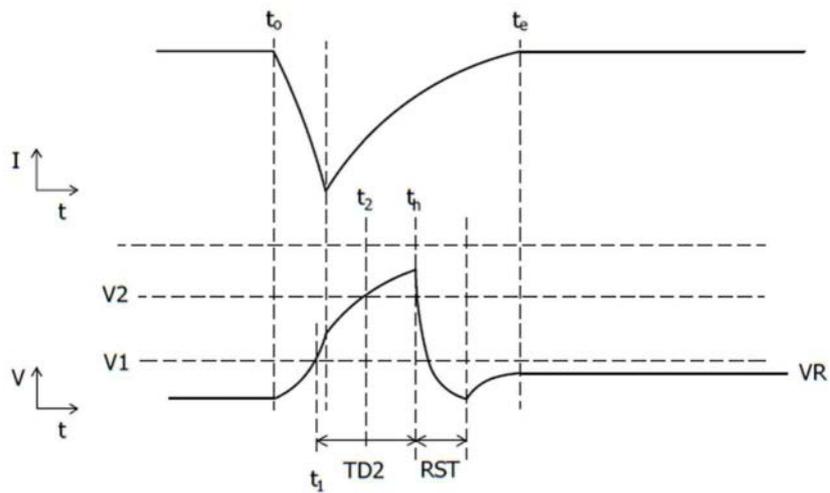


图15

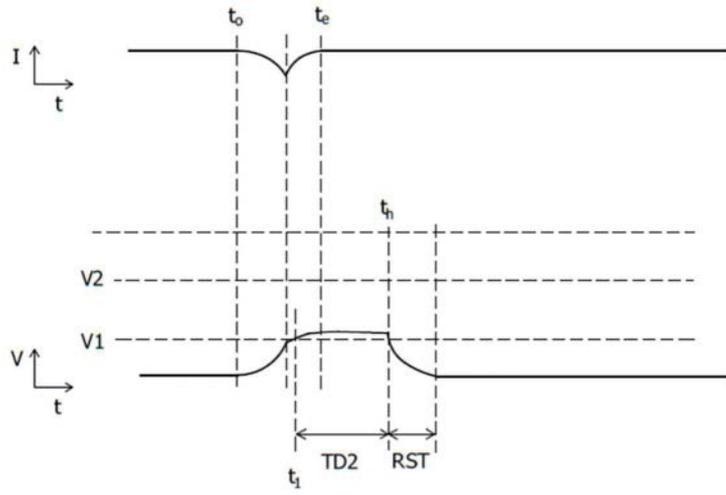


图16

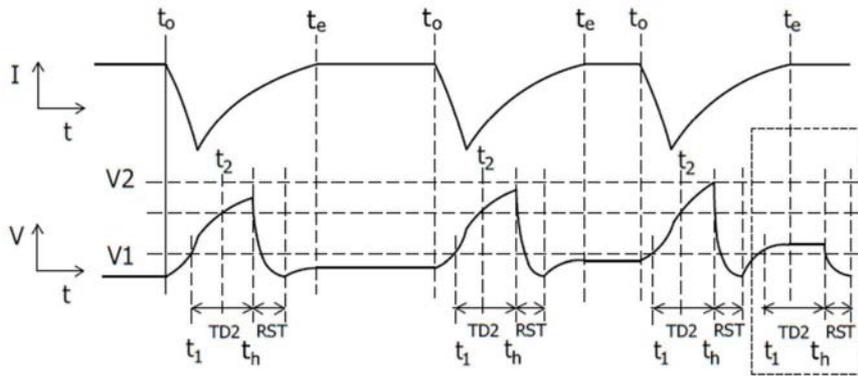


图17

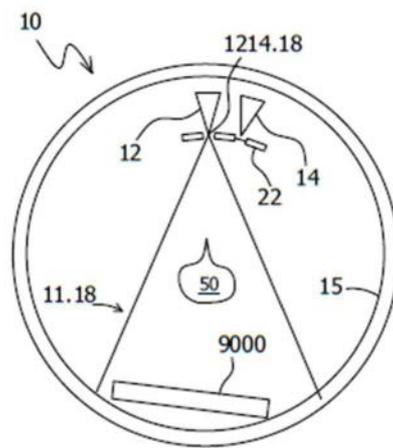


图18A

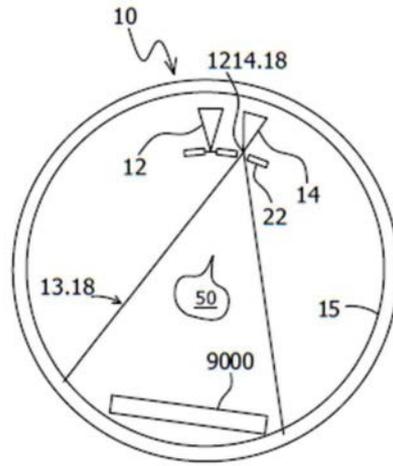


图18B

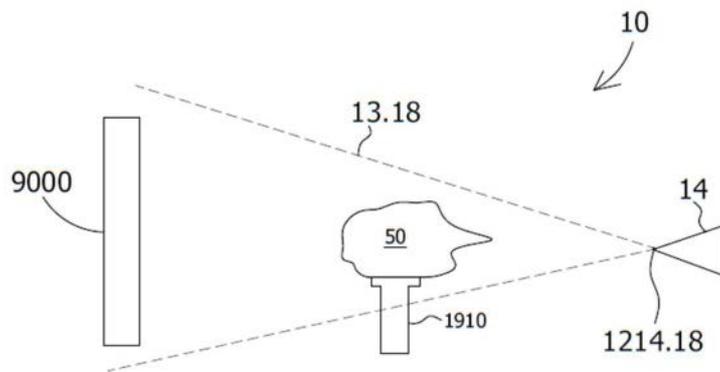


图19

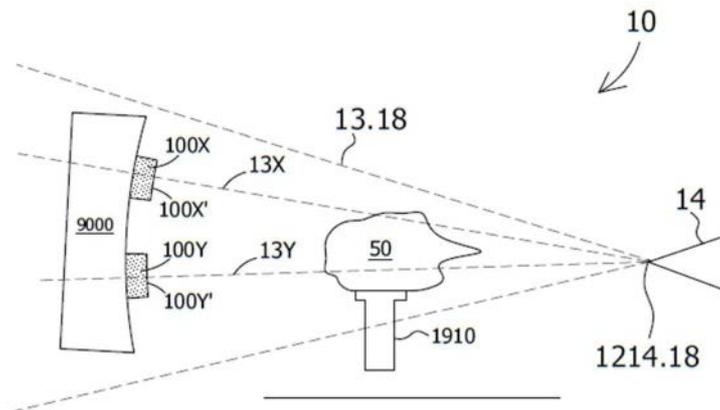


图20

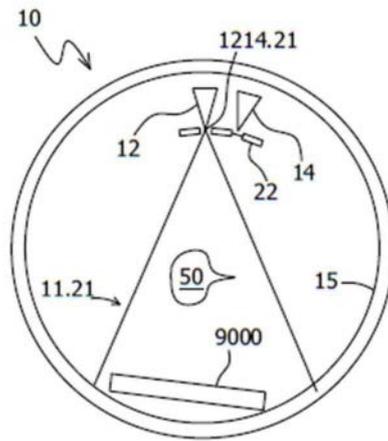


图21A

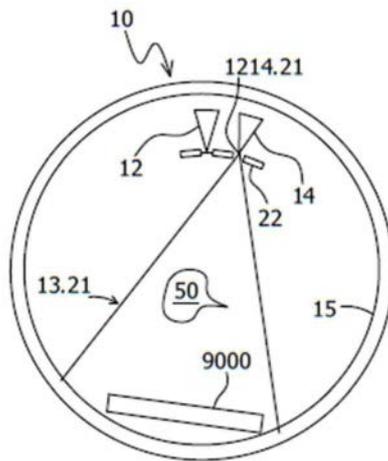


图21B

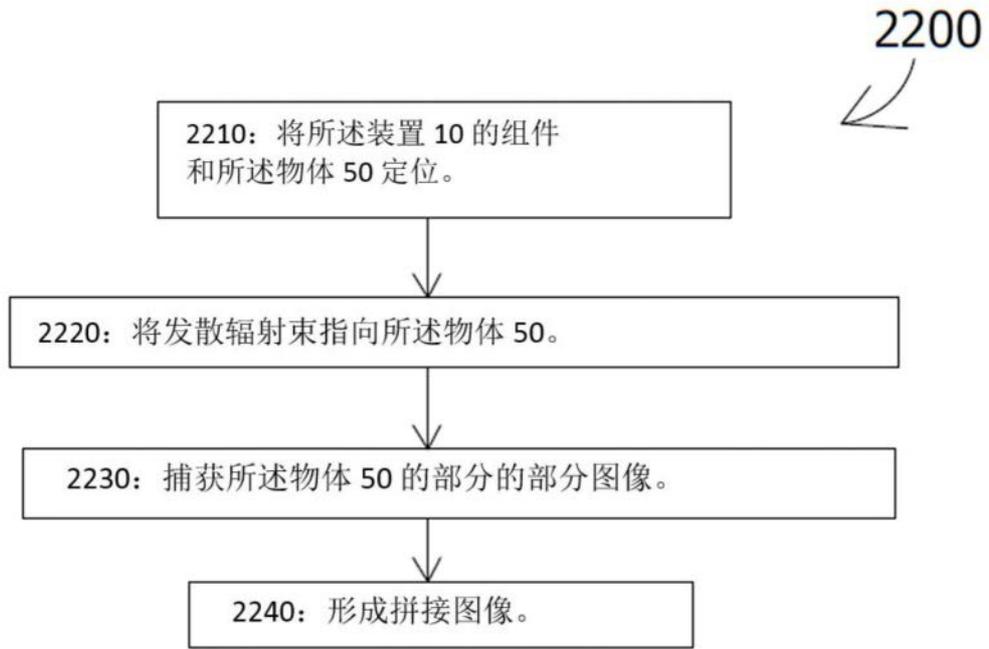


图22