



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01806067.6

[43] 公开日 2003 年 5 月 7 日

[11] 公开号 CN 1416531A

[22] 申请日 2001.3.16 [21] 申请号 01806067.6

[30] 优先权

[32] 2000. 3.22 [33] SE [31] 0000986 - 0

[86] 国际申请 PCT/SE01/00556 2001.3.16

[87] 国际公布 WO01/71384 英 2001.9.27

[85] 进入国家阶段日期 2002.9.4

[71] 申请人 埃克斯康特尔股份公司

地址 瑞典丹德吕德

[72] 发明人 汤姆·富兰克

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

代理人 付建军

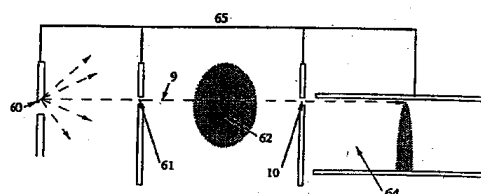
权利要求书 7 页 说明书 13 页 附图 4 页

[54] 发明名称 用于放射照相术的方法和设备以及放射检测器

[57] 摘要

一种用于放射照相术的方法和设备，以及一种用于检测入射放射的检测器。在该方法和设备中，从 X 射线源(60)发射 X 射线(9)，该 X 射线形成平面束并透过要成像的目标(62)，并且在检测器(64)中检测透过所述目标(62)的 X 射线。检测入射放射的检测器腔(64)包括在其间施加电压以建立电场的电极配置，该电场可以引起由入射放射释放的一次和二次离子化电子的电子-离子雪崩。相对于入射放射(9)检测器(64)最好定向成使放射在其间建立电场的基本平行的第一板和第二板之间横向地进入。由所述电子-离子雪崩感生的电信号在包括多个彼此相邻排列并且各沿着大致和入射放射平行的方向的检测器电极元件的检测器电极配置的至少一个中检测。在处理电子电路中处理来自每个检测器电极元件的脉冲，以得到和每个检测器电极元件对

应的每个象素的值。检测器腔中和所述 X 射线光子相互作用的原子属于温度在-30℃到室温之间的液体或固体材料。



1.一种用于获得放射照相术图象的方法，包括：

从 X 射线源发射 X 射线，

使所述 X 射线透过要成象的目标，

在一个腔内检测透过所述目标的 X 射线，该腔在入射放射方向上的深度允许大部分入射的 X 射线光子和所述腔内的原子交互作用，以在一检测器中生成一次离子化的电子-离子对，该检测器具有在其间施加电压用来建立一个电场的电极配置，

检测至少一个检测器电极配置中的电信号，所述电信号是由所述电子-离子对在多个彼此相邻排列的检测器电极元件中的至少一个电极元件里感生的，其特征在于，使得所述 X 射线光子和所述腔内的属于一种温度在 -30°C 和室温之间的液体材料或固体材料的原子交互作用。

2.依据权利要求 1 的方法，还包括：

在一个半球的任意方向上从 X 射线源向该腔发射 X 射线，该半球相对于所述电极配置中的阴极或阳极对称于阴极面的法线矢量。

3.依据权利要求 1 或 2 的方法，还包括：

向所述检测器中的所述电极配置施加电压以建立电场，该电场引起由所述入射的 X 射线光子释放的一次和二次离子化电子的电子-离子雪崩。

4.依据权利要求 1-3 中任一权利要求的方法，还包括：

在第一板和第二板之间并且与该二板基本平行地设置一个网状物，

在第一电极配置和该网状物之间施加明显低于电极配置之间的电压的电压，以便建立一个转换和漂移容积以及一个放大容积。

5.依据权利要求 1-4 中任一权利要求的方法，其中

由并排排列并且彼此电绝缘的若干条状物构成并延伸所述检测器电极元件，该条状物包括在所述第一和第二板中的至少一个内。

6.依据权利要求 1-5 中任一权利要求的方法，其中

在处理电子电路中，可能在脉冲整形后，独立地对来自每个检测器

电极元件的脉冲计数，以便获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的值。

7.依据权利要求 1-5 中任一权利要求的方法，其中

在处理电子电路中，可能在脉冲整形后，独立地对来自每个检测器电极元件的脉冲积分，以便获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的值。

8.依据权利要求 1-5 中任一权利要求的方法，其中

在处理电子电路中，可能在脉冲整形后，对来自每个检测器电极元件的脉冲进行处理，以便获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的能量值。

9.一种用于放射照相术的设备，包括：

一个 X 射线源，

一个腔，该腔在入射放射方向上的深度允许大部分入射的 X 射线光子和所述腔内的原子交互作用，以在一检测器中生成一次离子化电子-离子对，该检测器具有在其间施加电压以建立一个电场的电极配置，以便检测透过所述目标的 X 射线光子，以及

多个彼此相邻排列的检测器电极元件，其特征在于，和 X 射线光子交互作用的原子属于一种温度在 -30°C 和室温之间的液体或固体材料。

10.依据权利要求 9 的用于放射照相术的设备，其中，

该 X 射线源发射的 X 射线从一个半球的任意方向进入该腔，该半球相对于所述电极配置中的阴极或阳极对称于阴极面的法线矢量。

11.依据权利要求 9 或 10 的用于放射照相术的设备，其中，

在所述检测器的所述电极配置之间施加的电压高到足以建立一个引起由所述入射的 X 射线源释放的一次和二次离子化电子的电子-离子雪崩的电场。

12.依据权利要求 9-11 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

第一平行板，其包括承载第一电极配置的第一基片，

第二平行板，其包括承载第二电极配置的第二基片，

分别在第一基片和第二基片的表面上承载彼此面对的第一电极配置和第二电极配置。

13.依据权利要求 9-12 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

第一电极配置是阴极，

第二电极配置是阳极，

在和阳极电极相对的表面上利用由第二基片承载的并排排列的并且彼此电绝缘的若干条状物构成并且延伸所述检测器电极元件。

14.依据权利要求 9-12 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

第一电极配置是阴极，

第二电极配置是阳极，其由所述检测器电极元件构成，该检测器电极元件由并排排列并且彼此电绝缘的若干条状物构成并且延伸，

这些条状物的各个纵向边基本上平行于入射放射。

15.依据权利要求 9-12 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

第一电极配置是阴极，其由所述检测器电极元件构成，该检测器电极元件由并排排列并且彼此电绝缘的若干条状物构成并且延伸，

第二电极配置是阳极，

这些条状物的各个纵向边基本上平行于入射放射。

16.依据权利要求 13-15 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

每个条状物的二个边对准 X 射线源。

17.依据权利要求 13-16 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

垂直于入射 X 射线把各条状物分割成多个电气上彼此绝缘的部分。

18.依据权利要求 9-17 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

在第一板和第二板之间并且与该二板平行地设置一个网状物，

在第一电极配置和该网状物之间施加明显低于电极配置之间的电压的电压，以便建立一个转换和漂移容积以及一个放大容积。

19.依据权利要求 9-18 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

X 射线源和腔彼此是相对固定的，以便形成一个可用于扫描目标的单元。

20.依据权利要求 9-19 中任一权利要求的用于放射照相术的设备，其中

堆叠若干腔以形成一个检测器单元，

为每个腔设置一个用来形成基本为平面的 X 射线束的部件，所述部件位于所述 X 射线源和要成象的目标之间，

该 X 射线源、所述用来形成基本为平面的 X 射线束的部件以及所述检测器单元彼此是相对固定的，以便形成一个可用于扫描目标的单元。

21.依据权利要求 20 的用于平面束放射照相术的设备，其中

在各腔里的板之间设置吸收器板以便吸收散射的 X 射线光子。

22.依据权利要求 9-21 中任一权利要求的用于平面束放射照相术的设备，其中

每个检测器电极元件和处理电子电路连接，其中来自每个检测器电极元件的脉冲，可能在脉冲整形之后，被独立地计数，以便获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的值。

23.依据权利要求 9-21 中任一权利要求的用于平面束放射照相术的设备，其中

每个检测器电极元件和处理电子电路连接，其中来自每个检测器电极元件的脉冲，可能在脉冲整形之后，在处理电子电路里被独立地积分，以便获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的值。

24.依据权利要求 9-21 中任一权利要求的用于平面束放射照相术的设备，其中

每个检测器电极元件和处理电子电路连接，其中来自每个检测器电极元件的脉冲，可能在脉冲整形之后，在处理电子电路里被处理，以便

获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的能量值。

25.一种用于检测入射放射的检测器，该检测器具有在其间施加电压以用来建立一个电场的电极配置，该检测器包括

一个腔，该腔在入射放射放向上的深度允许大部分入射的 X 射线光子和所述腔内的原子交互作用，以在一检测器内生成一次离子化电子-离子对，该检测器具有在其间施加电压以用来建立一个电场的电极配置，以便检测透过所述目标的 X 射线光子，

多个彼此相邻排列的检测器电极元件，其特征在于，和所述 X 射线光子交互作用的原子属于一种温度在-30℃和室温之间的液体或固体材料。

26.依据权利要求 25 的检测器，其中

该 X 射线源发射的 X 射线从一个半球的任意方向进入该腔，该半球相对于所述电极配置中的阴极或阳极对称于阴极面的法线矢量。

27.依据权利要求 25 或 26 的检测器，其中

在所述检测器的所述电极配置之间施加的电压高到足以建立一个引起由所述入射 X 射线源释放的一次和二次离子化电子的电子-离子雪崩的电场。

28.依据权利要求 25-28 中任一权利要求的检测器，其中

第一平行板，其包括承载第一电极配置的第一基片，
第二平行板，其包括承载第二电极配置的第二基片，
分别在第一基片和第二基片的表面上承载彼此面对的第一电极配置和第二电极配置。

29.依据权利要求 25-28 中任一权利要求的检测器，其中

第一电极配置是阴极，
第二电极配置是阳极，
在和阳极电极相对的面上利用由第二基片承载的并排排列的并且彼此电绝缘的若干条状物构成并延伸所述检测器电极元件。

30.依据权利要求 25-28 中任一权利要求的检测器，其中

第一电极配置是阴极，

39.权利要求 9 的方法，其中液体或固体材料为 TMP（三甲基戊烷）、TME（三甲基乙烷）、镉锌碲化物（CdZnTe）、硅、锗或半导体中的一种。

40.权利要求 25 的检测器，其中液体或固体材料为 TMP（三甲基戊烷）、TME（三甲基乙烷）、镉锌碲化物（CdZnTe）、硅、锗或半导体中的一种。

第二电极配置是阳极，其由所述检测器电极元件构成，该检测器电极元件由并排排列的并且彼此电绝缘的若干条状物构成并且延伸，

这些条状物的各个纵向边基本上平行于入射放射。

31.依据权利要求 25-28 中任一权利要求的检测器，其中

第一电极配置是阴极，其由所述检测器电极元件构成，该检测器电极元件由并排排列并且彼此电绝缘的若干条状物构成并且延伸，

这些条状物的各个纵向边基本上平行于入射放射。

32.依据权利要求 28-31 中任一权利要求的检测器，其中

每个条状物的二个边对准 X 射线源。

33.依据权利要求 28-32 中任一权利要求的检测器，其中

垂直于入射放射把各条状物分割成多个电气上彼此绝缘的部分。

34.依据权利要求 25-33 中任一权利要求的检测器，其中

在第一板和第二板之间并且与该二板平行地设置一个网状物，

在第一电极配置和该网状物之间施加明显低于电极配置之间的电压的电压，以便建立一个转换和漂移容积以及一个放大容积。

35.依据权利要求 25-34 中任一权利要求的检测器，其中

每个检测器电极元件和处理电子电路连接，其中来自每个检测器电极元件的脉冲，可能在脉冲整形之后，被独立地计数，以便获得与每个检测器电极元件对应的每个象素的值。

36.依据权利要求 25-35 中任一权利要求的检测器，其中

每个检测器电极元件和处理电子电路连接，其中来自每个检测器电极元件的脉冲，可能在脉冲整形之后，在处理电子电路里被独立地积分，以便获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的值。

37.依据权利要求 25-36 中任一权利要求的检测器，其中

每个检测器电极元件和处理电子电路连接，其中来自每个检测器电极元件的脉冲，可能在脉冲整形之后，在处理电子电路里被处理，以便获得与各个检测器电极元件对应的每个象素的能量值。

38.权利要求 1 的方法，其中液体或固体材料为 TMP (三甲基戊烷)、TME (三甲基乙烷)、镉锌碲化物 (CdZnTe)、硅、锗或半导体中的一种。

用于放射照相术的方法和设备以及放射检测器

技术领域

本发明涉及一种用于获得放射照相图象的方法和设备。并且涉及一种用于检测入射放射的检测器。

背景技术

X 射线已在放射照相成象中长期使用，并且得到巨大的改进。在它最简单的形式下，通过准备 X 射线发射源、透射通过放射的要成象的目标以及用来检测并记录被透射的放射的检测器来进行成象。当今医院里使用的 X 射线检测器通常为屏幕-胶片组合。在荧光屏（例如 Gd_2O_2S ）里，X 射线光子被转换并且从而产生记录到胶片上的二次光（secondary light）。胶片的使用限制了图象的动态范围。由于二次光是各向同性地发射的，所以通过使用荧光屏获得的效率提高要以分辨率为代价。

为了可以看见图象内的目标，必须使信噪比超过某阈值。理想的系统应使图像噪声只由光子统计决定。但对于利用屏幕-胶片组合运行的系统典型地不是这种情况。为了得到有用的诊断图象必须提高对患者的 X 射线的放射剂量。

X 射线光子通量本质上是数字的。但是，人们必须区分产生数字图象中的二种不同方法：

积分技术实质上是模拟方法。每个象素中的响应和 X 射线的总能量通量成比例。接着利用象素数字地建立图象。用来成象的积分方法的例子有 CCD（电荷耦合设备）、储存荧光体、硒板等。这些“数字”检测器中多数的动态范围类似于胶片的动态范围。象胶片技术中那样，光子流的能量（而不是光子数量）被积分，并且因为 X 射线管产生宽的能量谱而增加了噪声。最重要的噪声源是“暗电流”和光子能量中的起伏。

光子计数法实质上是数字方法，其中检测每个光子并对检测信号计

数。

二维光子计数检测器需要许多读出元件以及大量互连。这典型地导致这样的系统中都遇到的制造问题以及可靠性问题。难以制造高分辨率的并且在高概率下和 X 射线光子的大部分进行交互作用的大型二维检测器。

在二维检测器读出系统中，克服尺寸限制和成本限制的一种方法是建立一个本质为一维的图象接收器并通过扫描 X 射线束来获得图象的第二维，以及建立一个横越要成象的目标的检测器。可以通过利用单行检测器以及高准直的平面 X 射线束完成扫描。此外，该方法消除了散射放射噪声，但对 X 射线管施加大的热负载。为了减小管负载并简化机械结构（通过减小扫描距离），多行的低成本一维检测器组是有益的。

使用行检测器的一个优点是明显减小由于要成象的目标中散射的放射所造成的图象噪声。不会在行检测器中检测到目标中 Compton 式散射的 X 射线光子。

为了研制基于扫描技术的光子计数 X 射线成象设备已做出多种尝试。这需要能产生其上升时间为几纳秒的快速信号的检测器。只有很少检测媒体可以产生这样快的信号，例如气体或半导体（如硅）。半导体检测器是昂贵的，从而在多行配置中是不实用的。在气体媒体中，X 射线光子和发出一次（primary）离子化电子的气体原子相互作用，这进而产生会在气体雪崩中进一步增多的电子-离子对。气体检测器的优点是低成本、气体中的高无噪声信号放大（高达 10^6 ）以及检测媒体的均匀性。

已发表文献中说明的数种成象系统把多线正比腔（proportional chamber）用作为检测器，在其基本配置下，该多线正比腔包括一组在二个阴极平面中延伸的并且与其平行的细阳极线。在这些阳极线和这些阴极平面之间施加的电压在该腔中建立一个电场。气体中通过由于 X 射线光子的入射而产生的气体原子离子化发出的电子向这些阳极线漂移，并且当接近这些细线时这些电子在该强电场中经受和气体分子的离子化交互作用。随之而来的雪崩式增加以 10^5 或更大的放大因子产生电荷信号的无噪声放大。

在 S.E.Baru 等人的“用于数字放射设备的多线正比腔 (Multi wire proportional chamber for a digital radiographic installation)”一文 (Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol.283 (Nov.10 1989), P431-435) 中说明了一个基于光子计数的数字图象系统的例子。该检测器是漂移腔和带有对准 X 射线源焦点的不平行阳极线的多线正比腔的组合。这些辐射状线使得能在没有视差的情况下使用厚的交互容积。通过加大阳极线和阴极平面之间的间隙保证沿着各阳极线增益的均匀性。

但是, 该说明的设备具有下述缺点。

为了线的安装以及高电压隔离需要提供足够的空间, 从而造成 X 射线检测效率的损失。

为解决视差问题采用辐射状线造成由于阳极线的实际间距最小约为 1mm 而限制了位置分辨率。可以通过使用以提供最终的多线正比腔分辨率的阴极带读出来解决该问题。在 V.M.Autchenco 等的“The OD-3 fast one-co-ordinate X-ray detector”一文 (Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, vol.367 (Des.11.1995), P.79-82) 中说明了一种实际可行的快速阴极条读出的可能性。在该解决方案中, 增大阳极-阴极间隔和降低施加给不同阳极线组的高电压相结合。

用于医学成象的多线正比腔使用中的一个周知问题是在约为 $10\text{kHz}/\text{mm}^2$ 的高 X 射线通量下降低检测器性能的空间电荷效应。为了降低空间电荷效应, 在 US-A-5521956 (G.Charpak) 中公开的现有技术的设备中通过增加交错的阴极线来修正阳极平面。

在多线正比腔中使用细线 (典型地直径小于 $100\ \mu\text{m}$) 使得难以制造这样的腔并且降低可靠性, 因为一根断线会使整个检测器不能工作。

结构非常简单并且不使用阳极线的气体雪崩检测器是气体平行板雪崩腔。这种检测器本质上是一个充气的电容器, 其包括二个大致平行的导电板、一个阳极和一个阴极, 并施加着高电压。该高电压选择成使得通过气体离子化释放的电子在二个板之间的强电场下产生雪崩。典型地, 两板之间的距离为一毫米数量级, 而场强取决于所使用的气体的类型为

每毫米几千伏数量级。取决于应用的不同可以使用各种各样的气体。在这种检测器中，X 射线光子入射到和检测器平面平行的一个平面上或者入射到阴极上，其中阴极是由发射电子的材料制成的，当 X 射线光子和该电子交互作用时称为光电子。

一个胜过多线正比腔的重要优点是，气体平行板雪崩腔中的静电场不集中在各根细线周围，而是在整个放大容积中基本上不变。这造成正离子横跨放大间隙的极短移动时间，从而极明显地减小空间电荷效应。

在 F. Angelini 等的“一种用于极高数据率的带有像素读出的平行板腔 (A parallel plate chamber with pixel readout for very high data rate)”一文 (IEEE Transactions on Nuclear Science, vol.36 (February 1989), P213-217) 中说明了一个用于放射成像的采用气体平行板雪崩腔的例子。在所说明的二维读出配置中，尽管在平行板腔的前面增加了一个漂移腔以增加气体层的厚度但仍难以达到高 X 射线转换效率。

US-A-5 308 987 (Wuest 等) 中公开的另一种设备利用高原子序数材料制成的阴极改善二维读出配置中所使用的平行板腔内的转换效率，高原子序数材料的光电子低产量造成 X 射线检测效率的下降。

现有使用的气体平行板雪崩腔中和多线正比腔的另一个重要的不同是，其气体放大因子极强地依赖于从一次离子化电荷到阳极的距离，这造成差的能量分辨率和差的信号检测效率。由于这个问题，现有设备不能把气体平行板雪崩腔中的气体放大间隙用作为 X 射线转换容积。

在 SE 9704015-8 中通过设置一个基本上侧向地入射到检测器上的良好瞄准的平面束克服这个限制。

气体 X 射线检测器的普遍缺点和来自 X 射线源的 X 射线流束是发散的这一事实有关，在厚的转换容积中，该发散造成视差。大多数建议的使视差最小的方法都难以在实际中实现。

在 US 5 614 722 中公开可以用液体，例如液氫或液氙代替放射检测器中的气体媒体。但是，没有关于如何得到液氫或液氙的教导。由于液氫的沸点为 -186°C 且液氙的沸点为 -107°C ，这意味着必须把检测器中的气体冷却到所述温度以下或加压，或冷却并加压。如果对检测器中的气体

加压，则必须增加所述检测器壁材料的厚度及放射引入口材料的厚度。从而 X 射线光子会在一定程度上被引入口材料吸收，这造成 X 射线检测效率的下降。

发明内容

本发明的一个目的是提供用于放射照相术的克服了上述缺点的一种方法、一种设备和一种检测器。

依据本发明，通过提供一种用于获得放射照相术中的改进图象的方法达到该目的，该方法包括：

从 X 射线源放射 X 射线，
使所述 X 射线透过要成象的目标，

在一个腔内检测透过所述目标的 X 射线，该腔在入射放射方向上的深度允许大部分入射的 X 射线光子和所述腔内的一次子交互作用，以在一检测器中生成一次离子化的电子-离子对，该检测器具有在其之间施加电压用以建立一个电场的电极配置。

检测至少一个检测器电极配置中的电信号，所述电信号是由所述电子-离子对在多个彼此相邻排列的检测器电极元件中的至少一个电极元件里感生的，其特征在于，使所述 X 射线光子和所述腔内的属于一种在 -30°C 和室温之间的液体或固体材料的原子交互作用。

依据本发明，还通过提供一种用于放射照相术的设备达到该目的，该设备包括：

一个 X 射线源，

一个腔，该腔在入射放射方向上的深度允许大部分入射的 X 射线光子和所述腔内的原子交互作用，以在一检测器中生成一次离子化电子-离子对，该检测器具有在其之间施加电压用以建立一个电场的电极配置，以便检测透过所述目标的 X 射线光子，以及

多个彼此相邻排列的检测器电极元件，其特征在于，和 X 射线光子交互作用的原子属于一种温度在 -30°C 和室温之间的液体或固体材料。

依据本发明，通过提供一个用于检测入射放射的检测器达到该目的，

该检测器包含在它们之间施加电压用于建立一个电场的电极配置，其包括：

一个腔，该腔在入射放射方向上的深度允许大部分入射的 X 射线光子和所述腔内的原子交互作用，以在一检测器中生成一次离子化的电子-离子对，该检测器具有在它们之间施加电压用于建立一个电场的电极配置，以便检测透过所述目标的 X 射线光子，以及

多个彼此相邻排列的检测器电极元件，其特征在于，和 X 射线光子交互作用的原子属于一种温度在 -30°C 和室温之间的液体或固体材料。

本发明的优点在于，该检测器显示出脉冲宽度小于 10 纳秒的快速响应并且可快达 1 纳秒。

本发明的另一个优点在于，和类似的气体检测器相比该检测器可做得更薄。

本发明的又一个优点在于，相对于来自检测器检测的被放射目标的图象分辨率，和类似的气体检测器相比该检测器对入射 X 射线的方向不那么敏感。

通过后附权利要求书中的其它特点得到其它目的和优点。

附图说明

图 1 在一总体图中示意示出依据本发明的一种用于平面束放射照相术的设备；

图 2 是依据本发明的检测器腔的第一实施例的示意剖面图；

图 3 是依据本发明的包含在一外罩内的检测器腔的示意剖面图；

图 4 是 X 射线源和由读出条构成的电极的第一实施例的示意顶视图；

图 5 是 X 射线源和由分段的读出条构成的电极的第二实施例的示意顶视图；

图 6 是依据本发明的检测器腔的第二实施例的示意剖面图；

图 7 是依据本发明的一带有堆叠的检测器的实施例的示意剖面图；

以及

图 8 是依据本发明的另一带有堆叠的检测器的实施例的示意剖面图。

具体实施方式

图 1 是与依据本发明的一种用于平面束放射照相术的设备的平面 X 射线束 9 的平面相垂直的平面的剖面图。该设备包括一个 X 射线源 60，后者和第一细准直器窗口 61 一起产生用来照射要成象的目标 62 的平面扇形 X 射线束 9。可以利用其它用来形成基本为平面的 X 射线束的装置，例如 X 射线衍射镜或 X 射线透镜等代替第一细准直器窗口 61。透过目标 62 的射束可选择地经过和该 X 射线束对齐的细槽或第二准直器窗口 10 进入检测器 64。入射的 X 射线光子的大部分在检测器 64 中被检测，该检测器包括一个在本实施例中定向成使 X 射线光子横向地并且大致平行于二个基本平行的板进入的检测器腔。X 射线光子可以替代地从例如图 2 中所示的对称于阴极平面的法线矢量的半球 17 的任何方向进入。

下面会进一步说明该检测器和它的操作。例如，通过一个架子或支承 65 彼此相关地连接和固定 X 射线源 60、第一细准直器窗口 61、选用的准直器窗口 10 以及检测器腔 64。如此形成的用于放射照相术的设备可以作为一个单元移动以便扫描要检查的目标。在如图 1 中所示单检测器系统中，最好通过绕例如穿过 X 射线源或检测器 64 的一条轴转动该单元的回转运动完成扫描。该轴的位置取决于应用或该设备的使用，并且在某些应用中该轴也可能穿过目标 62。

依据本发明的设备和方法在对患者身体一部分的成象，例如乳房放射照相中是特别有好处的。

检测器腔大致由二个基本平行的形成该腔的二个限定壁的板构成。所述二个板经受通过施加高电压产生的强电场。由所述板之间的区域或间隙定义的容积装满温度在 -30°C 和室温之间的液体材料或者固体材料。

入射到温度在 -30°C 和室温之间的液体材料或者固体材料上的 X 射线光子一旦和所述容积中的原子交互作用便生成电子-离子对。可以通过光子效应、康普顿 (Compton) 效应或者俄歇 (Auger) 效应造成这种生成。这样生成的一次电子通过和新原子的交互作用损失它的动能，导致生成更多的，典型地为数百对的新电子-离子对，其中这些电子称为二

次离子化电子。

取决于该电场的强度接着可能通过电子-离子雪崩放大这些二次离子化电子。当板间的电场低时,不发生(或几乎不发生)电子-离子雪崩放大。超过严格定义的电场强可以启动电子-离子雪崩放大并且可以达到100倍或更大的放大。该电场最好位于该容积中以便引起雪崩放大,但是本发明对于所述较低的电场范围,即不高到足以引起电子-离子雪崩的范围,也是起作用的。

电子和离子的移动在各电极中感生出电子信号。典型地在一个电极或在这二个电极中拾取这些信号并由读出电路进一步放大和处理,以便得到对X射线光子交互作用点的,以及任选地对X射线光子能量的精确测量。

在本发明的一优选实施例中,要检测的X射线沿大致和这二个平行板平行的方向横向地入射到检测器上,并且在所述板之间有温度为-30℃到室温之间的液体材料的情况下可以通过细槽或准直器窗口进入检测器。在所述板之间有固体材料的情况下可以省略所述细槽或准直器窗口。在这种方式下阳极板和/或阴极板不必必须能通过X射线光子。在本发明的一替代实施例中,从相对于该检测器上二个板之一的半球的任意处入射要检测的X射线。这一替代的实施例可能要求阴极板至少在一定程度上能通过X射线光子,因为为了和该检测器腔内的材料交互作用,X射线可能要穿过所述阴极。

参照图2,其中示出依据本发明的检测器的第一实施例,并且用参考数字64标志该检测器。该检测器腔包括一个阳极板1和一个阴极板2,二者相互大致平行并且由限定上述容积的细间隙或区域13隔开。所述容积装满温度在-30℃和室温之间的液体材料或者装满固体材料,例如,TMP(三甲基戊烷)、TME(三甲基乙烷)、镉锌碲化物(CdZnTe)、硅、锗或其它类型的半导体。

阳极板1包括厚度最好为0.1-10mm的例如由玻璃或陶瓷做成的基底3以及阳极电极4,其中该阳极电极4以涂以厚度最好为0.01-10 μ m的诸如金属的导电材料的形式设置在基底上。

为了使对基底的粘着性更好并且为了使各层的稳定性更好, 电极 4 可包括数层厚度和材料各不相同的金属层, 例如钒、铜和镍。当基底 3 是用玻璃制成时, 第一层最好是对玻璃以及随后的金属层具有良好粘着性的铬。该电极 4 还可以包括一层淀积在金属层(组)的顶部的电阻材料, 例如一氧化硅。

同样, 阴极板 2 包括带有涂层 5 的基底 6, 类似于上面对阳极 1 的描述。阳极电极 4 和阴极电极 5 都可以分段成平行于和/或垂直于入射的 X 射线的多个条。

温度在 -30°C 和室温之间的液体材料或固体材料的重要特征是, 一方面, 当受 X 射线光子影响时所述材料能够离子化, 并且另一方面, 所述材料呈现相对低的电子亲合力。低电子亲合力使得电子在不被吸收的情况下可能移动一段长距离。

阳极电极 4 和阴极电极 5 与高压直流电源 7 连接, 以便在基本平行的板 1 和 2 之间的间隙或区域 13 中产生均匀的电场 8。例如, 该间隙或区域 13 具有 $10\text{-}1000\ \mu\text{m}$ 的高度 D (平行板 1 和 2 之间的距离), 且施加在电极 4 和 5 之间的电压 V 为 $1000\text{-}100,000$ 伏。所施加的电压在电极 4 和 5 之间建立一个电场 E , 其为 $E=V/D$ 。

在操作中, X 射线 9 从相对于所述电极配置里的阴极 2 或阳极 1 的半球的任何方向入射到检测器 64 上。在图 2 中 X 射线光子大致横向地入射到该检测器上。入射的 X 射线 9 经过靠近阴极板 2 的可选用的细槽或准直器窗口 10 进入检测器 64, 并且沿大致平行于阴极板 2 的方向穿过该容积。作为和其中的温度为 -30°C 和室温之间的液体材料或固体材料的原子交互作用的结果, X 射线光子在该容积内生成一次离子化电子-离子对。所生成的每个一次电子 11 通过和原子的交互作用损失它的动能, 这进一步生成电子-离子对(二次离子化电子-离子对)。典型地, 在该过程中从一个 20 千电子伏的 X 射线光子生成数千个二次离子化电子-离子对。在该高电场下, 该二次离子化电子 16 (和一次离子化电子 11 一起) 沿朝着阳极板 1 的方向加速。加速的电子 11、16 和间隙 13 内的其它原子交互作用, 进一步生成更多的电子-离子对。这些生成的电子也在该

电场中加速，并且和新的原子交互作用，造成生成更多的电子-离子对。在电子向阳极 1 移动期间继续该过程，从而形成雪崩 12。

对于从距离阳极 1 H 处所发出的一次离子化电子，总电荷增益由 $M=\exp(\alpha H)$ 给出，其中 α 是和温度为 -30°C 和室温之间的液体材料或固体材料以及电场条件有关的第一汤森 (Townsend) 系数。适当选择材料，例如上述材料之一，和电场，可以得到 2-100 和更大的增益。在该强电场的影响下，雪崩容积中的电子将向阳极移动，而离子将向阴极 2 移动。由于在该间隙上该强电场是均匀的且间隙 13 的高度 D 非常小，正离子横越该放大容积的漂移时间非常短，从而大大减小空间电荷效应。

间隙 13 中的电荷移动在阳极电极 4 上以及阴极电极 5 上感生电荷。可以检测这些感生的电荷，例如通过耦合到一个对电荷敏感的前置放大器的阳极电极 4，该放大器把电荷脉冲转换成电流或电压脉冲，可以在包括所述前置放大器的处理电路 14 中进一步处理该电流或电压脉冲。以类似方法有可能利用阴极电极或者一分立的检测器电极配置进行检测。

注意，和一个原子交互作用的每个入射的 X 射线光子可以产生一个雪崩 12，若施加的电场足够强则该雪崩可以被检测。为了达到其中大部分 X 射线光子造成雪崩的高检测效率，沿 X 射线光子入射方向的检测器腔的长度必须选择成对 X 射线光子和容积 13 中的材料的原子之间交互作用具有高概率。该交互作用概率随增加气体平行板雪崩腔的长度而增加，该长度的定义或者是板之间的垂直距离、或者是按平行于所述板测量的检测器的长度、或者是一个既不垂直于也不平行于所述板的距离。

如所述，检测器腔 64 含有固体材料或在 -30°C 和室温之间的温度下的液体材料，因而，在温度为 -30°C 和室温之间的液体材料的情况下，如图 3 中所示，该检测器具有一个带有槽式进入窗口 92 的防漏罩 91，X 射线束 9 通过该窗口进入该检测器。该窗口是用基本上对放射透明的材料，例如 Mylar[®] 或薄铝箔做成的。和设计成放射大致垂直于这些平行板入射或者放射在相对于阴极 2 或阳极 1 的一个半球上的任何方向上入射的检测器腔（从而需要一个复盖大面积的窗口或者需要使阴极材料能通过所述 X 射线）相比，在检测器腔 64 中大致横向地检测入射束是本发明的一

个特别有好处的附加效果。在该方式下窗口 92 可以做得更细，从而减少窗口 92 中吸收的或者被阴极材料吸收的 X 射线光子的数量。

图 4 中示出的电极配置最好是阳极 1，但替代地或结合地阴极 2 也可具有所述的结构。在图 3 的备选实施例中，可以如图 4 中所示那样构成检测器电极配置 15。在该情况中，阳极电极 4 构成一块整体电极而不带电极条组和间隔组。仅当其中另一个由这种检测器电极配置组成时，对于阴极电极或者对于阳极电极情况是相同的。

在图 5 中，示出电极的一种替代配置。各电极条分成若干电气上彼此绝缘的段 21。最好在各电极条的每个段 21 之间设置一个垂直于入射的 X 射线方向延伸的小间隔。通过信号导体 22 每个段连接到处理电子电路 14，其中最好分开地处理来自各个段的信号。如其中阳极或阴极电极构成检测器电极的图 4 中所示那样，信号导体 22 还把各个电极条连接到高压直流电源 7。

当要测量每个 X 射线光子的能量时可以使用这种电极，因为具有较高能量的 X 射线电子统计上比能量较低的 X 射线光子在通过所述材料较长的路径后引起一次离子化。通过这种电极，既可测量 X 射线光子相互作用的位置也可以测量每个 X 射线光子的能量。

通常在所有的实施例中，每个入射的 X 射线光子在检测器电极中产生一个感生脉冲，在处理电子电路中处理这些脉冲，该电路最后对这些脉冲整形，并且对来自代表一个象素的每个电极条的脉冲进行积分或计数。还可以处理这些脉冲以对每个象素提供能量测量。

当检测器电极位于阴极一侧上时，感生信号区（在和 X 射线光子的入射方向垂直的方向上）要大于阳极一侧。因而，最好在处理电子线路中对信号加权。

基于要测量的感生信号（其是一个 X 射线光子和容积 13 中材料的一个原子相互作用的结果）的幅度强烈地依赖于从雪崩起点到阳极电极的距离这一事实，提出对准准直器窗口 61、10 和阳极电极 4 的要求。所希望的条件是和阳极电极平行的平面束。通过具有图 6 中示出的配置的检测器可以减低这些严格要求。

设置在阳极板和阴极板之间的并且实质上和这二个板平行的一个导电网状物或网格 51 把该间隙划分成一个用于 X 射线转换的漂移腔 52 和一个用于放大的平行板雪崩腔 53。二个腔都可以装满相同的温度在 -30°C 和室温之间的液体材料，而且该分割网状物对平行板雪崩腔 53 充当阴极并对漂移腔 52 充当阳极。如果容积 13 中为固体材料，则最好在低压环境下该网状物或者集成在所述半导体材料中或者位于所述固体材料的二个独立部分之间。

通过电源 7 在阴极电极 5 和网状物 51 之间建立一个弱电场。在该弱电场中，由一次离子化电子产生的二次离子化电子（以及一次离子化电子）可以向网状物 51 漂移。进而在网状物 51 和阳极电极 4 之间施加高电压，这造成一个强电场。该电场可吸引电子通过网状物 51，并且通过网状物 51 后它们可启动电子-离子雪崩 12，如前面说明那样。该检测器的其它部分也和前面所说明的相同。重要的是使网状物 51 和阳极电极之间的距离基本上不变，因为放大强烈地依赖于从雪崩的启动点，在这里即网状物 51，到阳极电极的距离。X 射线束 9 和阴极电极平行性的对准不是关键性的。

图 7 示意性示出本发明的一实施例，其中多个本发明的检测器 64 按一个在另一个的顶上的方式堆叠。借助该实施例可以实现多行扫描，这减小了总的扫描距离以及扫描时间。该实施例的设备包括一个 X 射线源 60，它和若干准直器窗口 61 一起产生用来照射要成象的目标的若干平面扇状 X 射线束 9。这些穿过目标 62 的束任选地通过若干和这些 X 射线束对准的第二准直器窗口 10 进入各个堆叠的检测器 64。第一准直器窗口组 61 排列在第一刚体结构 66 中，而选用的第二准直器窗口组 10 排列在和各检测器 64 相连的第二刚性结构 67 中，或者相分离地排列在各检测器上。

通过选择每个检测器的阳极板 1 和阴极板 2 之间的角 α ，可以在各检测器对准 X 射线源时在使这些检测器的表面彼此平行相对的情况下堆叠这些检测器。由于不需要专门的对准和调整步骤，这简化了多行检测器的制造。还增加了检测器的稳定性，同时减少部件的数量。这些堆叠

的检测器最好容纳在一个公用的罩 91 里。如果二个相邻检测器的阴极 2 彼此相对并且二个相邻检测器的阳极 1 彼此相对是有好处的。在这种情况下可以把二个相邻检测器的阴极和/或阳极构造在二个相邻检测器的共用元件里。如果在不同的罩内容纳它们, 则每个罩的外壁也呈现角度 α (即, 一个壁平行于阳极板 1 且一个壁平行于阴极板 2)。

所述角度 α 在 $0 < \alpha \leq 90$ 的范围内, 最好为 $1/160^\circ - 6^\circ$ 。

例如通过一个架或支承 65 彼此有关地连接并固定 X 射线源 60, 分别包含准直器窗口 61、10 的刚性结构 66 和可能使用的结构 67, 以及堆叠的彼此固定的检测器 64。这样构成的用于放射照相术的设备可以作为一个单元移动以便扫描要检查的对象。在该多行配置中, 如前面所述, 可以在垂直于 X 射线束的横向运动下完成扫描, 如果该用于放射照相的设备是固定的并且要成象的目标是移动的, 则也是有好处的。

和大型单容积气体检测器相比, 使用堆叠式配置的另一个优点是减少了由 X 射线光子在目标 62 中的散射而造成的背景噪声。这些在不和入射的 X 射线束平行的方向上移动的散射 X 射线光子如果穿过阳极和阴极并进入某腔则可能会在这一堆检测器中的另一个检测器中产生“虚假”信号或雪崩。通过在阳极板和阴极板的材料中或者在准直器 67 的材料中显著地吸收 (散射的) X 射线光子达到对此的抑制。

通过如图 8 中所示在堆叠的检测器 64 之间设置薄的吸收器板 68 可以进一步减小背景噪声。除了在相邻的检测器 64 之间设置薄的吸收片之外, 该堆叠的检测器类似于图 7 的堆叠的检测器。这些吸收器板或片可由高原子序数材料, 例如钨制成。

尽管结合一些优选实施例说明了本发明, 应理解在不背离由附后的权利要求书所定义的本发明的精神和范围下还可做出各种各样的修改。

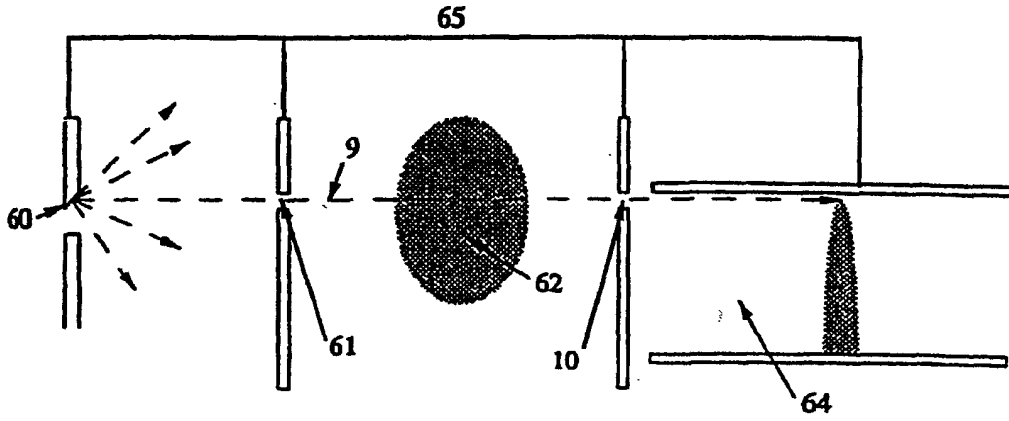


图 1

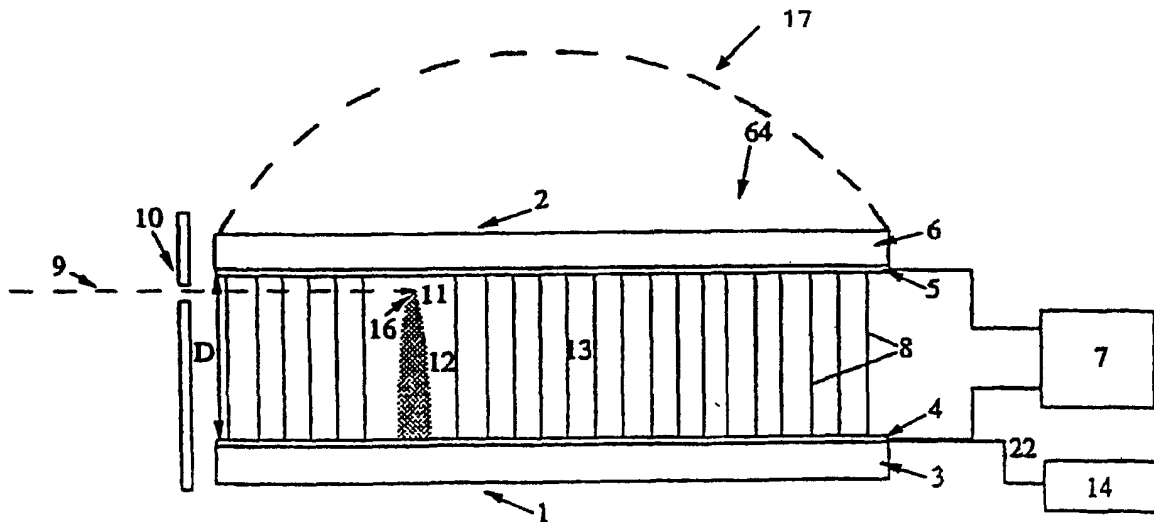


图 2

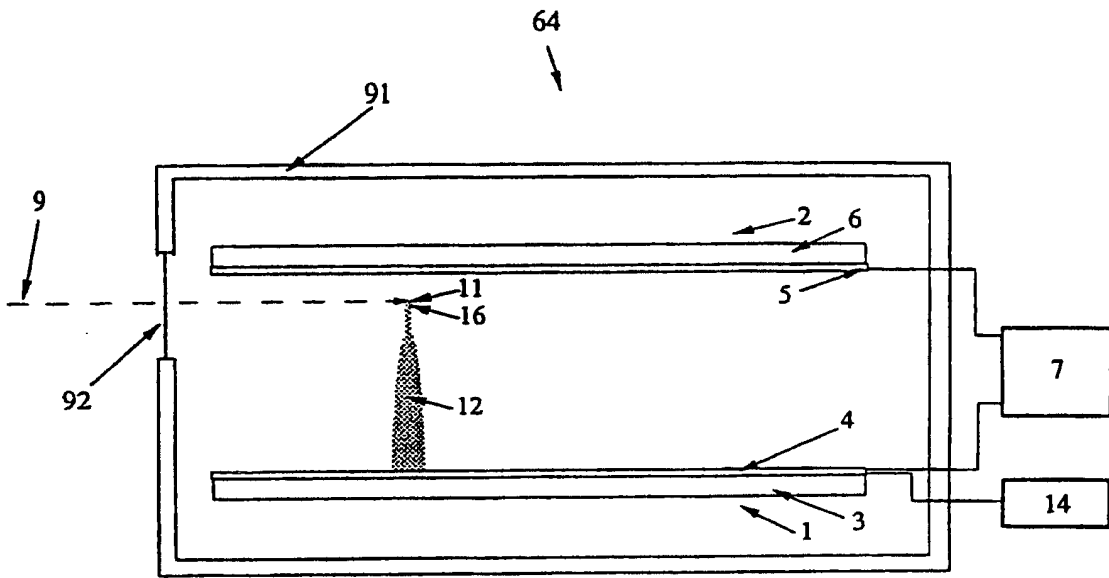


图 3

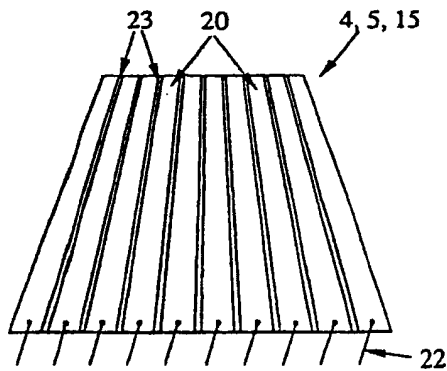
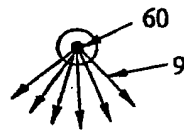


图 4

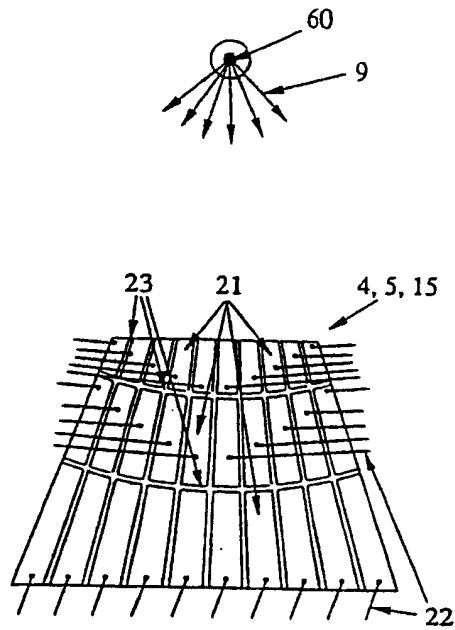


图 5

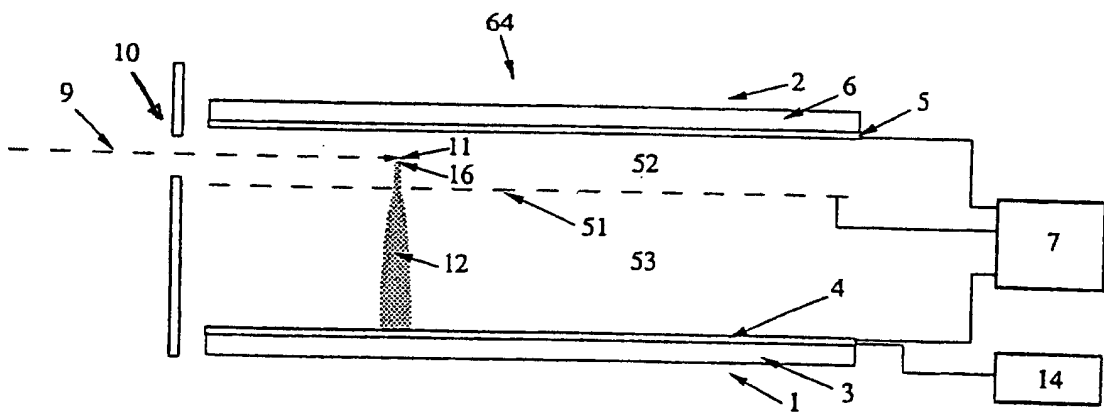


图 6

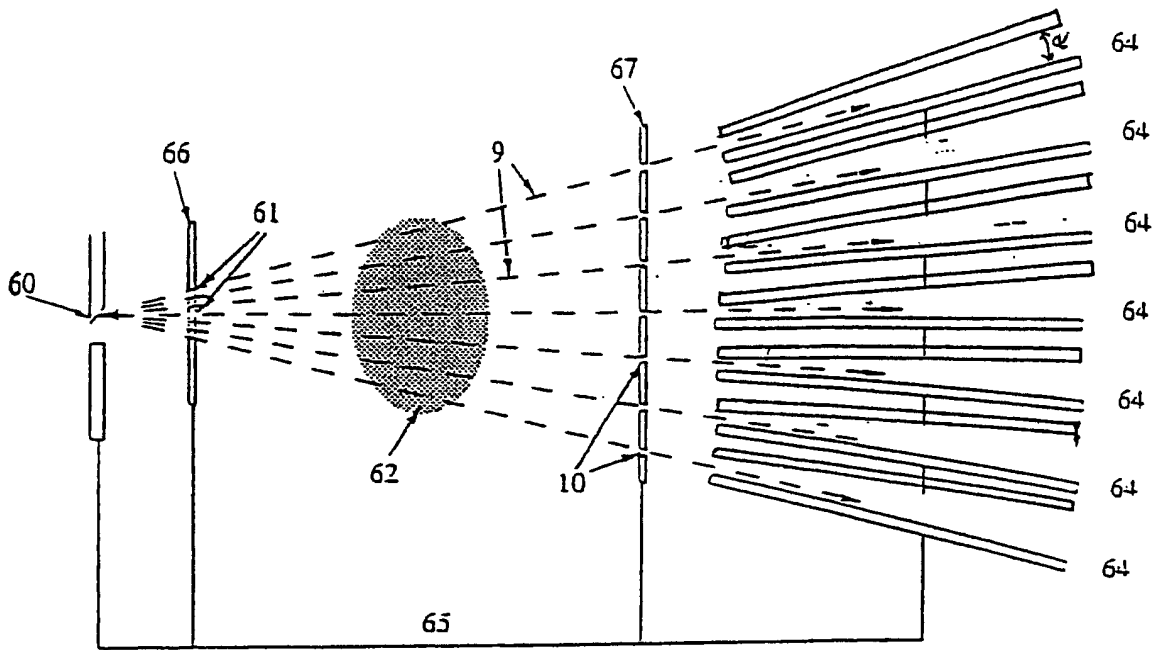


图 7

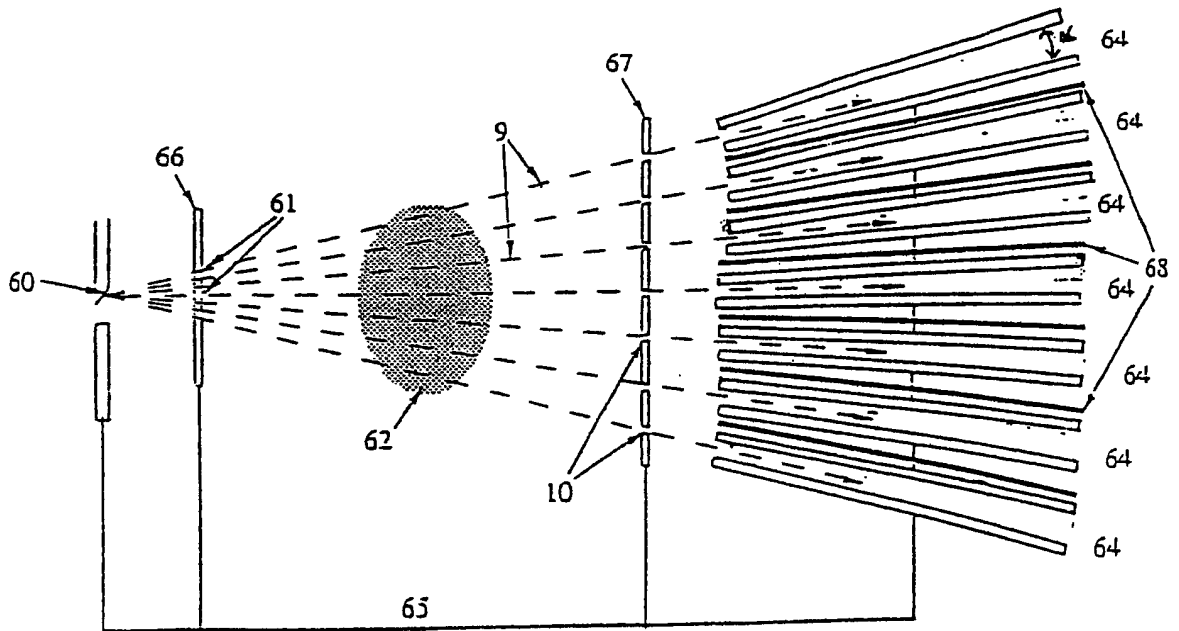


图 8