

技术

Varian 公司：早期的开拓者

在 20 世纪 90 年代初期，Varian 公司 金斯敦技术中心的研究人员就开始开发工作，并推出了几种将速度、影像质量、简洁和易用性完美融合的新技术。1998 年，Varian 公司成为世界上首家（也是唯一的一家）能够提供非晶硅平板系统（能够实现数字透视和放射成像）的公司。Varian 公司始终在致力于改进产品和提高在实时平板影像接收器技术方面的能力。迄今为止，Varian 公司已经在各种应用中安装了 20,000 多个接收器，覆盖医用和工业用成像产品市场。

实时 X 射线成像系统

Varian 公司推出的 PaxScan™ 产品在非晶硅传感器表板、辐射转换材料、低噪音模拟和高速度数字电子组件、定制 ASIC 控制和处理电子组件以及紧凑型包装方面都是最佳的。随着新材料、流程、电路和技术的出现（将相应地改善性能，并拥有新的用途），它们将成为我们成像技术的一部分。现在，我们拥有如下技术：

非晶硅传感器表板

X 射线转换

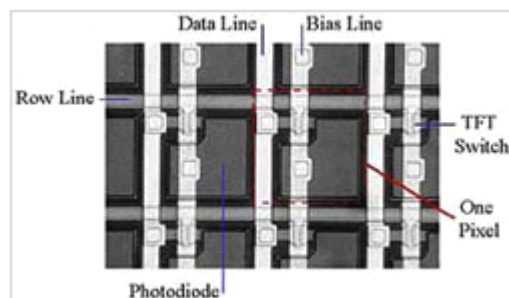
实时成像

非晶硅传感器表板

使用传感器表板旨在积累因吸收 X 射线而生成的电荷，并在扫描期间将其逐列地提供给电荷放大器。电荷存储设备为光导成像仪中的电容器或表板中的光电二极管（与闪烁器结合使用）。用来释放电荷的开关可以是单二极管或对二极管，也可以是薄膜晶体管。这些存储设备可以进行各种可能的组合以便达到相应的效果，但每种组合都拥有特定的优势和劣势。Varian 公司的产品使用光电二极管 TFT 组合的原因在于，其使用简单、设计灵活以及购买方便。

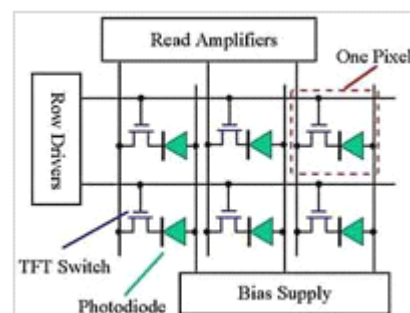
非晶硅传感器表板的显微照片

在此处图示的阵列中，使用的开关是一种薄膜晶体管 (TFT)，很像有效矩阵液晶显示器中使用的开关。表板设计的一个重要目标就是，最大程度地扩大成像仪被光电二极管占用的区域，以便最大程度地减少对到达光线的浪费。信号通过细金属线传送。此传感器表板中像素的中心到中心的距离为 127 微米，填充因子为 35%。Varian 公司现在推出的产品采用了填充因子更高的传感器表板。



非晶硅传感器表板电路图

工作时，光电二极管会被外部电压（作用于所有这些光电二极管）反向偏置。TFT 开关关闭时，由闪烁器发出的光线生成的电荷会在二极管上累积起来。需要



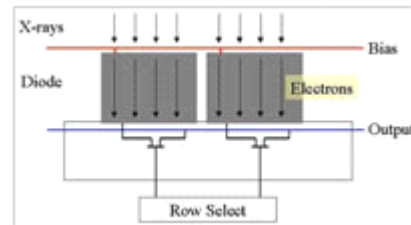
读出装置时，会给一排线路提供能量，以便打开该排线路的开关。选定线路中所有二极管累积的电荷都将通过所有数据线同时流出。在大型阵列中，这将生成几千个信号，而这些信号必须同时读出。为此，Varian 公司根据客户要求开发出了拥有高电荷容量的 128 通道低噪声设备，此设备可容纳多种非晶硅传感器表板。

X 射线转换方法

在将 X 射线转换为电荷进行电子阅读的方法中，有三种常用的方法可以通过非晶硅实施。这三种方法是：内在法、光电导体法和闪烁器法。每种方法都有自己的优劣势，而且每种方法在实用 X 射线成像仪中的使用上都具有一定的局限性。在所有三种方法中，都是在读出之前的帧周期中积累电荷。与之相反的是，加玛射线照像机是在每个 X 射线光子到达时进行计算。由于 X 射线光子的到达率太高，无法进行计算，通常不采用此技术进行 X 射线成像。

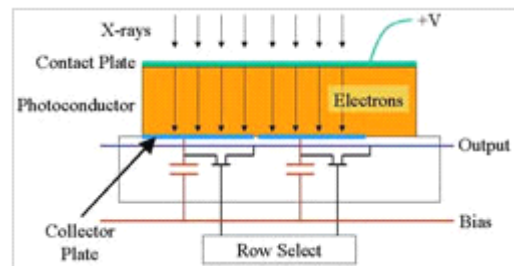
内在法

到达的 X 射线将被非晶硅二极管捕获，并生成电洞电子对。外加的偏压会将电荷分开，以防重新组合。由于大约每 5 电子伏特的 X 射线能量生成一对电荷，因此，信号较高。不幸的是，硅对 X 射线的吸收率非常低，因此，光电二极管的厚度必须介于 10 到 20 厘米之间。此类非晶硅设备很难制造。内在设备都采用晶体硅制造，但只有一条或两条线路的阵列是实用的，即使这样，这些设备仍然非常昂贵。



光电导体法

光电导体材料（拥有比硅更高的 X 射线吸收能力）可以涂到一系列导电阳极板（每块阳极板都附带一个存储电容器）上。在吸收 X 射线时，这些材料会生成电洞电子对，但是必须将生成的电荷存储到涂层外，以免发生横向串扰现象。涂层区域不仅会将电荷分隔，而且会直接将电荷导向集电板下方，以保持影像的清晰。目前，唯一在产的光电导体（硒）还拥有相对较低的 X 射线吸收率，并且需要大约 50 电子伏特的能量才能生成一个电洞电子对。这样一来，不仅限制了所需的最低剂量，而且限制了所生成信号的大小。至于拥有较低能力需求和较高 X 射线吸收率的其他材料，目前还在开发中。

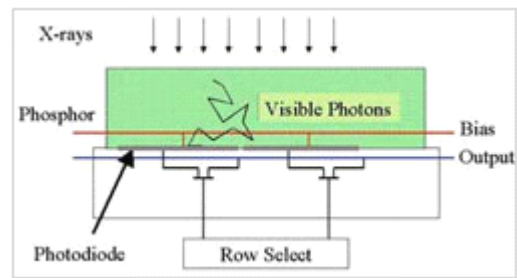


闪烁器法

闪烁器是一种可以吸收 X 射线并将能量转换为可见光的复合物。好的闪烁器每吸收一个 X 射线光子，可以生产许多光子；通常情况下，每接收 1 千伏的 X 射线能量，就可以生成 20-50 个可见光子。闪烁器通常由高原子序数材料（拥有较高的 X 射线吸收率）和低浓度激活剂（可进行直接的波段转换，促使可见光子发射）构成。闪烁器可能为颗粒状（像磷光体），也可能为晶体状（像碘化铯）。

磷光体闪烁器的结构

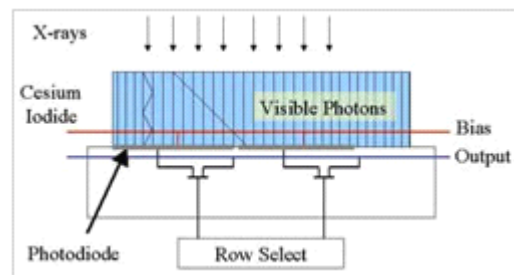
磷光体属于接收到 X 射线时会发光的材料。为了获得最大的亮度，在 X 射线成像中使用的磷光体都采用稀土硫氧化物掺杂其他稀土材料制成。最常见的就是，钆与镧氧硫化物掺杂铽材料。通常情况下，这些磷光体都会发射蓝色到绿色的光（与胶片的敏感度极其相符）。使用不同的颗粒大小和化学混合物可以生成不同分辨率和亮度的影像。使用时，先将这些



材料与胶粘合剂混合到一起，然后将其涂到塑料片上。将这些磷光体涂到 X 射线胶片上的目的在于提高敏感度，但是，这些磷光体也可以涂到一系列非晶硅光电二极管上，使电子 X 射线探测器拥有至少与胶片相当的敏感度。在一块磷光屏上生成每个可见光子都需要数十电子伏特的能量，而且 X 射线吸收率还不错。如果涂层必须很厚才能阻止高能量的 X 射线，则光的散射可能是一个问题。

碘化铯闪烁器的结构

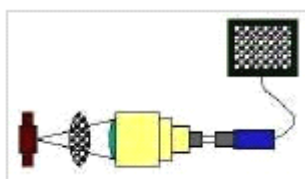
为了获得分辨率和亮度的完美组合，使用了碘化铯材料。碘化铯有着非常有用的属性，可以在适当的蒸发条件下，成长为密集的细针（直径为 10-20 微米）阵列。最终会形成晶体，作为可见光子（在涂层输入端附近生成）的光管，并且允许使用非常厚（最多 1 毫米）的涂层，且保持很好的分辨率。铯的原子序数较高，是一种很好的 X 射线吸收材料，因此，此材料可以非常充分的利用到来的 X 射线。每生成一个光子大约需要 20-25 电子伏特的能量。如果与铯掺杂使用，碘化铯会在约 550 纳米，也就是在非晶硅光谱灵敏度的峰值处发射光子。如果将碘化铯和非晶硅结合使用，将拥有目前在产的所有材料中最高的 DQE。



如果与铯掺杂使用，碘化铯会在约 550 纳米，也就是在非晶硅光谱灵敏度的峰值处发射光子。如果将碘化铯和非晶硅结合使用，将拥有目前在产的所有材料中最高的 DQE。

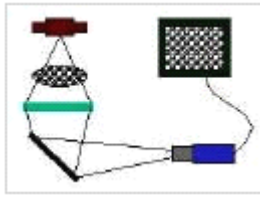
实时 X 射线成像系统

过去，实时 X 射线成像（透视检查或放射成像）通常采用电视摄像机与一种能够将到来的 X 射线转换为摄像机可见光的设备的组合。直到最近，配备影像管的摄像机才变得比较流行，而现在，新系统几乎都采用 CCD 模型。CCD（以及其他相关的固态成像设备）在稳定性、几何精度、信号均匀性和尺寸方面有着远超影像管的优势，但在增加 X 射线转换设备之后，这些优势将大幅下降。利用传感器面板成像仪，这些优势才能真正实现。图例展示了具体的原因所在。



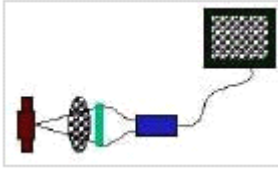
配备 X 射线影像增强器的 CCD

这种组合可提供实时成像，而且在合理大区域上的 X 射线通量较低。几何失真比较严重，对影像刻录的敏感性也很高。由于增强器的好坏取决于所获得的电子加速，因此，很容易受到外部磁场的影响，而且需要较高的电压。



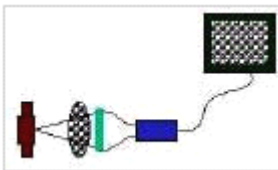
透镜耦合 CCD

由于透镜的光收集效率非常低，因此，这种组合需要非常高的 X 射线通量或者功能增强的摄像机，才能实时工作。透镜可将摄像机从主 X 射线光束中移出。更改视场或能量带与更改转换屏一样容易。



配备光纤减速器的 CCD

这种组合为小型区域提供了一种简单的解决方案。几何失真的现象很轻，均匀性也较好。不同的屏幕可以适用于不同的能量带。如果能量较高，则可能需要配备直角减速器，才能将摄像机从主光束中移出来。



传感器面板成像仪

与其他成像仪相比，此成像仪操作简单，最大程度地降低了人为影响影像质量的可能性。动态范围、对比度和几何形状都获得了一定的改进。而且，还可以选择合适的转换器。如果能量较高，则只需要将扫描和阅读电子器件置于主光束之外即可。

数字成像：技术：实时成像

	平板成像仪	光耦合 CCD	光纤 CCD	CCD X 射线影像增强器
覆盖区域	大	大	小	中等
灵敏度	高	低	中等	高
动态范围	高	中等	中等	中等
对比度	高	中等	中等	低
几何精度	非常高	中等	中等	低
稳定性	高	High	High	中等
抗辐射性	非常高	高（带透镜）	中等	中等
每幅影像的像素		高-非常高	低-高	低-高 低-高
抗磁性	非常高	非常高	非常高	非常低
紧凑性	高	低	中等	低
低电压工作是	是	是	是	否
电子变焦	是	很少	很少	是