



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106104304 B

(45)授权公告日 2019.07.30

(21)申请号 201480069401.0

D.范登布劳克 J-P.塔杭

(22)申请日 2014.12.12

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106104304 A

代理人 周李军 杨思捷

(43)申请公布日 2016.11.09

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

13197736.5 2013.12.17 EP

G01T 1/20(2006.01)

G01T 1/24(2006.01)

H01L 27/146(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.06.17

(56)对比文件

CN 101506905 A,2009.08.12,

US 5534191 A,1996.07.09,

US 5753921 A,1998.05.19,

US 5777335 A,1998.07.07,

CN 101506905 A,2009.08.12,

EP 1624320 A1,2006.02.08,

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/077613 2014.12.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/091283 EN 2015.06.25

(73)专利权人 爱克发有限公司

地址 比利时莫策尔

审查员 张娟

(72)发明人 S.埃伦 L.斯特鲁耶

权利要求书2页 说明书14页 附图1页

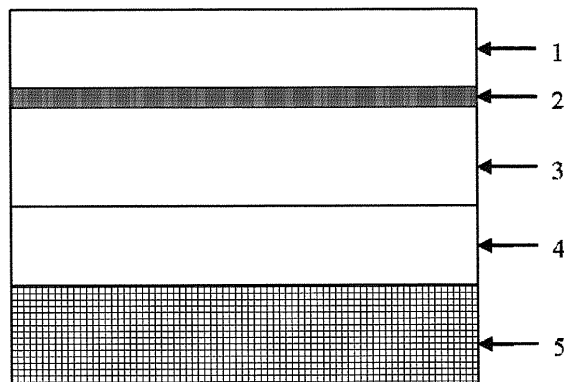
(54)发明名称

具有低重量X射线防护体的放射照相平板检测器

射率。

(57)摘要

一种放射照相平板检测器和制造具有以下给定次序的层结构的平板检测器的方法:a)闪烁体或光电导层;b)成像阵列;c)基片;d)X射线吸收层,该层包含具有20或更大的原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物,其特征在于X射线吸收层具有对于Am²⁴¹在约60keV的γ射线发射大于0.5的无量纲吸收指数;其中AE(Am²⁴¹ 60keV)=t*(k₁e₁+k₂e₂+k₃e₃+...),其中AE(Am²⁴¹ 60keV)表示相对于Am²⁴¹的约60keV γ射线发射的X射线吸收层的吸收指数;t表示X射线吸收层的厚度;e₁,e₂,e₃,...表示X射线吸收层中元素的浓度;并且k₁,k₂,k₃...表示相应元素的质量衰减系数,并且如果化合物为闪烁磷光体,则在X射线吸收层和基片之间存在层,并且该层在所述化合物的光发射波长具有10%或更低的光透



1. 一种放射照相平板检测器,所述检测器包括以下给定次序的层结构:

a) 闪烁体或光电导层 (1)

b) 单成像阵列 (2)

c) 基片 (3)

d) 具有X射线吸收层 (4) 的X射线防护体,该层包含具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物,

其特征在于所述X射线吸收层具有对于 Am^{241} 在约60keV的 γ 射线发射大于0.5的无量纲吸收指数;

其中

$$\text{AE}(\text{Am}^{241} \text{ 60keV}) = t * (k_1 e_1 + k_2 e_2 + k_3 e_3 + \dots)$$

其中 $\text{AE}(\text{Am}^{241} \text{ 60keV})$ 表示相对于 Am^{241} 的约60keV γ 射线发射的X射线吸收层的吸收指数; t 表示X射线吸收层的厚度; e_1, e_2, e_3, \dots 表示X射线吸收层中元素的浓度;并且 k_1, k_2, k_3, \dots 表示相应元素的质量衰减系数,通过选自物理气相沉积、化学气相沉积、溅射、刀涂、旋涂、浸涂、喷涂、丝网印刷和层压的方法将所述X射线吸收层施用到基片上,并且如果所述化合物为闪烁磷光体,则在X射线吸收层和基片之间存在层,并且该层在所述化合物的光发射波长具有10%或更低光透射率,

e) 下层电子器件 (5),

以及其中具有X射线吸收层 (4) 的X射线防护体位于基片 (3) 和下层电子器件 (5) 之间。

2. 根据权利要求1所述的放射照相平板检测器,其中所述化合物选自 CsI 、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ 、 BaFBr 、 CaWO_4 、 BaTiO_3 、 Gd_2O_3 、 BaCl_2 、 BaF_2 、 BaO 、 Ce_2O_3 、 CeO_2 、 CsNO_3 、 GdF_2 、 PdI_2 、 TeO_2 、 SnI_2 、 SnO 、 BaSO_4 、 BaCO_3 、 BaI 、 BaFX 、 RFX_n 、 RF_yO_z 、 $\text{RF}_y(\text{SO}_4)_z$ 、 RF_yS_z 、 $\text{RF}_y(\text{WO}_4)_z$ 、 CsBr 、 CsCl 、 CsF 、 CsNO_3 、 Cs_2SO_4 、钷卤化物、钷氧化物、钷硫化物、铈卤化物、铈氧化物和铈硫化物或它们的混合物,其中:

- X为选自F、Cl、Br和I的卤素;并且

- RF为选自La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb和Lu的镧系元素;并且

- n, y, z 独立为高于1的整数。

3. 根据权利要求1所述的放射照相平板检测器,其中所述X射线吸收层包含粘合剂。

4. 根据权利要求3所述的放射照相平板检测器,其中所述X射线吸收层中粘合剂的量为10%重量或更小。

5. 根据权利要求1所述的放射照相平板检测器,其中在所述化合物光发射波长具有10%或更低光透射率的层包含染料。

6. 根据权利要求1所述的放射照相平板检测器,其中在所述化合物光发射波长具有10%或更低光透射率的层包含颜料。

7. 根据权利要求3所述的放射照相平板检测器,其中在所述化合物光发射波长具有10%或更低光透射率的层包含染料。

8. 根据权利要求3所述的放射照相平板检测器,其中在所述化合物光发射波长具有10%或更低光透射率的层包含颜料。

9. 根据权利要求1所述的放射照相平板检测器,其中在所述化合物光发射波长具有10%或更低光透射率的层为吸光性的。

10. 根据权利要求1所述的放射照相平板检测器,其中通过刮刀涂覆将所述X射线吸收层施用到基片上。

具有低重量X射线防护体的放射照相平板检测器

技术领域

[0001] 本发明涉及诊断成像,更具体地讲,涉及具有X射线防护体的放射照相X射线检测器,该防护体保护检测器电子器件,并减小或消除主体暴露于X射线源期间反向散射X射线的影响。

背景技术

[0002] X射线成像为捕获患者或动物医学图像和检查密封容器内容物(例如行李、包装和其它包裹)的无损伤技术。为了捕获这些图像,用X射线束照射物体。然后X射线在通过物体时衰减。由于物体的内部组成和/或厚度变化,衰减度跨物体变化。衰减的X射线束撞击在X射线检测器上,X射线检测器设计成使衰减束转化成物体内部结构的可用阴影像。

[0003] 放射照相平板检测器(RFPD)正越来越多地用于捕获检查过程期间的物体图像或捕获要分析的患者的身体部分的图像。这些检测器可使X射线直接转化成电荷(直接转化直接放射照相-DCDR),或者以间接方式(间接转化直接放射照相-ICDR)。

[0004] 在直接转化直接放射照相中,RFPD使X射线直接转化成电荷。X射线直接与光电导层相互作用,例如非晶硒(a-Se)。

[0005] 在间接转化直接放射照相中,RFPD具有闪烁磷光体,例如CsI:Tl(掺有铊的碘化铯)或Gd₂O₂S(氧硫化钆),它使X射线转化成光,光然后与非晶硅(a-Si)半导体层相互作用,在此产生电荷。

[0006] 产生的电荷通过包含薄膜晶体管(TFT)的开关阵列收集。晶体管逐行和逐列开启,以读出检测器信号。电荷转变成电压,其转化为可用于产生软拷贝或硬拷贝图像的计算机文件中存储的数字值。近来,在X射线成像中,互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器正变得重要。基于CMOS的检测器已用于乳房造影、牙齿、荧光检查、心脏病学和血管造影图像。使用那些检测器的优点是高读出速度和低电子噪声。

[0007] 一般使包括TFT作为开关阵列和光电二极管(在ICDR的情况下)的成像阵列沉积于玻璃薄基片上。闪烁体或光电导体和玻璃基片上成像阵列的组合体不完全吸收来自X射线源和诊断物体透射的初级辐射。因此,位于此组合体下的电子器件暴露于一定分数的初级X射线辐射。由于电子器件不足够抗辐射,这种透射辐射可导致损伤。

[0008] 另外,未由闪烁体或光电导体和玻璃基片上成像阵列的组合体吸收的X射线可在玻璃基片下的结构中吸收。在这些结构中吸收的初级辐射产生次级辐射,次级辐射各向同性发射,并因此使检测器的成像部分曝光。次级辐射称为“反向散射”,并且可使检测器的图像部分曝光,从而将伪影引入重建图像。由于组合体下的空间不均匀填充,散射辐射的量与位置有关。部分散射辐射以闪烁体或光电导体和成像阵列的组合体方向发射,并且可组成记录信号。由于此组成在空间上不均匀,此组成将导致图像模糊,因此减小动态范围。它也将产生图像伪影。

[0009] 为了避免由于散射辐射损害电子器件和图像伪影,可在闪烁体或光电导体和成像阵列的组合体下施用X射线防护体。由于其高密度和对X射线的高固有阻挡能力,将具有高

原子序数的金属作为材料用于这种X射线防护体。这些的实例为来自钽、铅或钨的片或板，如EP1471384B1、US2013/0032724A1、US2012/0097857A1中所公开。

[0010] 然而，具有高原子序数的金属也具有高密度。因此，基于这些材料的X射线防护体具有高重量。重量是RFPD的重要性质，尤其对于RFPD的便携性。因此，任何重量减轻对RFPD的使用者都是有益的，例如，对于医务人员。

[0011] US7317190B2公开一种辐射吸收X射线检测器支持板，该支持板包含辐射吸收材料，以减小X射线检测器后盖的X射线反射。包含重原子的吸收材料，例如铅、硫酸钡和钨，可作为膜通过化学气相沉积技术布置到刚性支持板上，或者可通过注模与用于制造刚性支持板的基材混合。用于化学气相沉积的支持体和制造刚性支持板的基材代表RFPD中额外的重量贡献。另外，包含辐射吸收材料的检测器支持板需要另外固定，以保证固定到检测器。

[0012] 在US5650626中公开一种X射线成像检测器，该检测器包含支持转化检测单元的基片。该基片包含一种或多种具有大于22原子序数的元素。由于检测阵列直接布置在基片上，基片的适合材料种类受到相当限制。

[0013] 在US5777335中公开一种成像装置，该成像装置包括基片，优选包含选自Pb、Ba、Ta或W的金属的玻璃。根据发明人，使用这种玻璃不需要基于铅的另外的X射线防护体。然而，包含足够量选自Pb、Ba、Ta或W的金属的玻璃比一般用作成像阵列的基片的玻璃更昂贵。

[0014] US7569832公开一种放射照相成像装置，即RFPD，该成像装置包含两个闪烁磷光体层作为闪烁体，各具有不同厚度；和在所述两个层之间对X射线透明的基片。在基片的相反侧使用另外的磷光体层改善X射线吸收，同时保持空间分辨率。存在公开的另外的磷光体层不足以吸收所有的初级X射线辐射以防止下层电子器件损伤和防止反向散射。在设计这种RFPD中仍需要额外的X射线防护体。

[0015] 在US2008/011960A1中要求保护一种双屏数字放射照相装置。该装置由两个平板检测器（平板和后板）组成，各包含闪烁磷光体层，以捕获和处理X射线。后板中的闪烁磷光体层对图像形成有贡献，而没有作为X射线防护体保护下层电子器件的功能。该双屏数字平板仍需要X射线防护体保护下层电子器件，和避免由于散射辐射造成的图像伪影。

[0016] W020051055938公开一种轻质薄膜，该薄膜具有至少相当于0.254mm铅的X射线吸收，且必须施用到用于个人辐射防护或衰减的衣服或织物上，例如工作裙、甲状腺防护体、性腺防护体、手套等。所述膜从包含高原子量金属或其相关化合物和/或合金的聚合物胶乳混合物得到。适合的金属为具有大于45原子序数的金属。未提到在RFPD中使用这种轻质膜。虽然要求保护轻质膜，但用于膜组合物的金属颗粒仍在很高程度上组成防护体重量。

[0017] US6548570公开一种施用到用于个人辐射防护的衣服或织物上的辐射防护组合物。组合物包含聚合物（优选弹性体）和占组合物至少80%重量的具有高原子序数的金属的均匀分散粉末作为填料。使负载材料与填料混合，并与弹性体在低于180℃温度捏合，得到可以工业规模均匀施用到衣服和织物上的辐射防护组合物。然而，使用金属显著增加该发明防护体的重量。

[0018] W02009/0078891公开一种辐射防护片，该防护片不含铅和其它有害成分，具有高辐射防护性能和极佳经济效率。所述片通过将防护材料填入有机聚合物材料形成，防护材料为包含至少一种选自镧（La）、铈（Ce）、镨（Pr）、钕（Nd）、钐（Sm）、铕（Eu）和钆（Gd）的元素的氧化物粉末，聚合物为诸如橡胶、热塑性弹性体、聚合物树脂或类似的材料。在辐射防护片

中填入的防护材料的体积量为相对于片总体积40至80%体积。未提到该膜用于RFPD。

[0019] 从以前讨论应明显看到,需要RFPD具有X射线防护体以保护下层电子器件,并吸收下层结构产生的散射辐射,以避免成像区域中的图像伪影,但具有低重量、低成本,可以经济有效方式制造,并且不必在另外的制造步骤固定到成像阵列的基片。

[0020] 发明概述

[0021] 因此,本发明的一个目的是提供在具有单成像阵列的放射照相平板检测器中X射线防护体高重量组成的解决方法,同时提供以经济有效方式制造RFPD的解决方法。这一目的已通过权利要求1的放射照相平板检测器实现。

[0022] 权利要求1的RFPD的另外优点是,所述X射线防护体的厚度可以连续方式调节到X射线防护效果所需的程度,而不是在具有标准厚度的市售防护金属片情况下的以大步骤调节。即使可购买具有定制厚度的板,那些金属板的价格也由于定制仍然很高。

[0023] 根据另一个方面,本发明包括制造放射照相平板检测器的方法。所述方法包括,在成像阵列的基片(优选在成像阵列相反侧)上涂覆或沉积权利要求1的X射线吸收层,该层具有至少一种具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物,并且对于60keV Am²⁴¹源具有大于0.5的无量纲吸收指数。

[0024] 通过以下本发明优选实施方案详述,本发明的其它特征、要素、步骤、特性和优点将变得更加显而易见。本发明的具体实施方案也在从属权利要求中说明。

[0025] 附图简述

[0026] 图1表示根据本发明的一个实施方案的RFPD和下层电子器件的横截面,其中:

[0027] 1为闪烁体或光电导层

[0028] 2为单成像阵列

[0029] 3为基片

[0030] 4为X射线吸收层

[0031] 5为下层电子器件

[0032] 实施方案说明

[0033] 本发明涉及一种放射照相平板检测器(RFPD),所述检测器包括闪烁体或光电导层、在基片上的单成像阵列和具有X射线吸收层的X射线防护体,该X射线吸收层包含在成像阵列的基片的一侧上涂覆或沉积的具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物。如果X射线吸收层中的化合物为闪烁磷光体,则在X射线吸收层和基片之间存在层,该层在所述化合物光发射波长具有10%或更低的光透射率。

[0034] X射线吸收层

[0035] 已发现,通过使用包含具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物的层,可制造X射线防护体,该防护体具有相同的X射线阻挡能力,但具有显著低于只由金属组成的X射线防护体的重量。优选这些化合物为具有20或更高原子序数的金属的氧化物或盐,例如卤化物、氧硫化物、亚硫酸盐、碳酸盐。可用于本发明范围的具有高于20原子序数的适合金属元素的实例为例如金属钡(Ba)、钙(Ca)、铈(Ce)、铯(Cs)、钆(Gd)、镧(La)、镨(Lu)、钯(Pd)、锡(Sn)、锶(Sr)、碲(Te)、钇(Y)和锌(Zn)。本发明的另一个优点是这些化合物相对廉价,并且具有低毒性特征。

[0036] 具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的优选化合物的实

例为碘化铯 (CsI)、氧硫化钆 (Gd_2O_2S)、氟溴化钡 ($BaFBr$)、钨酸钙 ($CaWO_4$)、钛酸钡 ($BaTiO_3$)、氧化钆 (Gd_2O_3)、氯化钡 ($BaCl_2$)、氟化钡 (BaF_2)、氧化钡 (BaO)、铈氧化物、硝酸铯 ($CsNO_3$)、氟化钆 (GdF_2)、碘化钯 (PdI_2)、二氧化碲 (TeO_2)、锡碘化物、锡氧化物、钡硫化物、碳酸钡 ($BaCO_3$)、碘化钡、氯化铯 ($CsCl$)、溴化铯 ($CsBr$)、氟化铯 (CsF)、硫酸铯 (Cs_2SO_4)、铕卤化物、铕氧化物、铕硫化物、铕卤化物、铕氧化物、铕硫化物、 $BaFX$ (其中X表示Cl或I)、 RFX_n (其中RF表示选自La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu的镧系元素, X表示选自F、Cl、Br、I的卤素)、 RF_yO_z 、 $RF_y(SO_4)_z$ 、 RF_yS_z 和/或 $RF_y(WO_4)_z$, 其中n、y、z独立为高于1的整数。这些化合物可产生较低重量X射线防护体, 并且由于其低吸湿性比其纯金属类似物容易处理。最优选的金属化合物为 Gd_2O_2S 、 Gd_2O_3 、 Ce_2O_3 、CsI、 $BaFBr$ 、 $CaWO_4$ 和BaO。

[0037] 本发明的另一个优点是可用于x射线吸收层的金属元素的范围比纯金属和/或合金的相应范围大得多, 因为它们很多在其单质态不稳定。实例为碱金属、碱土金属和稀土金属。

[0038] 具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物可作为分散于粘合剂的粉末用于本发明的X射线吸收层。X射线吸收层中粘合剂的重量百分数量可在1%至50%变化, 优选1%至25%, 更优选1%至10%, 最优选1%至3%。

[0039] 适合粘合剂例如有机聚合物或无机粘成分。适合的有机聚合物的实例为聚乙二醇丙烯酸酯、丙烯酸、丁烯酸、丙烯酸、氨基甲酸酯丙烯酸酯、己二醇二丙烯酸酯、共聚酯四丙烯酸酯、甲基化三聚氰胺、乙酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯。也可使用无机粘成分。适合的无机粘成分的实例为氧化铝、二氧化硅或氧化铝纳米颗粒、磷酸铝、硼酸钠、磷酸钡、磷酸、硝酸钡。

[0040] 优选的粘合剂为有机聚合物, 例如乙酸丁酸纤维素、聚(甲基)丙烯酸烷基酯、聚乙醇缩正丁醛、乙酸乙烯酯-氯乙烯共聚物、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、氯乙烯-乙酸乙烯酯-乙醇共聚物、聚丙烯酸丁酯、聚丙烯酸乙酯、聚甲基丙烯酸、聚乙醇缩丁醛、偏苯三酸、丁烯二酸酐、邻苯二甲酸酐、聚异戊二烯和/或其混合物。优选粘合剂包括一种或多种具有来自聚丁二烯或聚异戊二烯的饱和橡胶嵌段的苯乙烯-氢化二烯嵌段共聚物作为橡胶和/或弹性体聚合物。根据本发明可用作嵌段共聚物粘合剂的特别适合的热塑性橡胶为来自SHELL的KRATON™ G橡胶, KRATON™为商品名。

[0041] 在要固化X射线吸收层涂层的情况下, 粘合剂优选包括可聚合化合物, 该化合物可以为单官能或多官能单体、低聚物或聚合物或它们的组合。可聚合化合物可包含一种或多种可聚合基团, 优选自由基可聚合基团。可使用在本领域通常已知的任何可聚合单官能或寡官能(oligofunctional)单体或低聚物。优选的单官能单体描述于EP1637322A第[0054]段至[0057]段。优选的寡官能单体或低聚物描述于EP1637322A第[0059]段至[0064]段。特别优选的可聚合化合物为氨基甲酸酯(甲基)丙烯酸酯和1,6-己二醇二丙烯酸酯。氨基甲酸酯(甲基)丙烯酸酯为可具有一个、二个、三个或更多个可聚合基团的低聚物。

[0042] 在制备X射线吸收层的涂料溶液期间使作为有机聚合物的粘合剂溶解的适合溶剂可以为丙酮、己烷、乙酸甲酯、乙酸乙酯、异丙醇、甲氧基丙醇、乙酸异丁酯、乙醇、甲醇、二氯甲烷和水。最优选的溶剂为甲苯、甲基·乙基酮(MEK)和甲基环己烷。为了溶解适合的无机粘成分, 优选水作为主要溶剂。在可固化涂料液体的情况下, 可用一种或多种单官能和/或二官能单体和/或低聚物作为稀释剂。作为稀释剂的优选单体和/或低聚物与上述氨基甲

酸酯(甲基)丙烯酸酯低聚物可混溶。用作稀释剂的单体或低聚物优选为低粘度丙烯酸酯单体。

[0043] 本发明的X射线吸收层也可包含另外的化合物,例如分散剂、增塑剂、光引发剂、可光固化单体、抗静电剂、表面活性剂、稳定剂、氧化剂、粘合剂、封端剂和/或弹性体。

[0044] 可用于本发明的分散剂包括非表面活性聚合物或表面活性物质(例如,表面活性剂),它们加到粘合剂改善具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物颗粒的分离,并且进一步防止涂料溶液中沉降或结块。分散剂的适合实例为购自Sakyo的Stann JF95B和购自Daniel Produkts Company的Disperse Ayd™ 1900。分散剂加到X射线吸收层涂料溶液进一步提高层的均匀性。

[0045] 增塑剂的适合实例为购自BASF的Plastilit™ 3060、购自Solutia Europe的Santicizer™ 278和购自BASF的Palatinol™ C。增塑剂存在于X射线吸收层提高与柔性基片的相容性。

[0046] 适合的光引发剂公开于例如J.V. Crivello等人,“Photoinitiators for Free Radical, Cationic & Anionic Photopolymerisation 2nd edition”,Volume III of the Wiley/SITA Series In Surface Coatings Technology, (自由基、阳离子和阴离子聚合的光引发剂,第2版,Wiley/SITA表面涂层技术系列卷III)G. Bradley主编,1998 John Wiley and Sons Ltd London出版,第276至294页。适合光引发剂的实例可以为购自Rahn的Darocure™ 1173和Nuvopol™ PI-3000。适合抗静电剂的实例可以为购自Acris的Cyastat™ SN50和购自Langer的Lanco™ STAT K 100N。

[0047] 适合表面活性剂的实例可以为Dow Corning™ 190和Gafac RM710、和购自Rodia的Rhodafac™ RS-710。适合稳定剂化合物的实例可以为购自ICI Surfactants的Brij™ 72和购自Baerlocher Italia的Barostab™ MS。适合氧化剂的实例可以为购自Riedel De Haen的氧化铅(IV)。适合粘合剂的实例可以为购自Cray Valley的Craynor™ 435和购自Noveon的Lanco™ wax TF1780。适合封端剂的实例可以为购自Baxenden的Trixene™ BI7951。适合弹性体化合物的实例可以为购自Schramm的Metaline™。

[0048] 可选择X射线吸收层的厚度、金属元素的原子序数和具有20或更大原子序数的金属元素的化合物的浓度,以达到在RFPD中所需的X射线吸收或衰减水平。这个水平的值可表示为“吸收指数”(AE),并且应等于或高于0.5,以充分保护RFPD的下层电子器件,并限制反向散射X射线对所得图像的影响。吸收指数为等于X射线透射率的自然对数负数的物理参数。由于透射率随X射线能量变化,吸收指数更便利相对于标准辐射源发射的X射线表示。便利标准为Am²⁴¹的59.57keV(以后为60keV) γ 射线发射。该源在医学成像一般使用X射线能量的中间范围,为20至150keV,且一般作为单能量X射线源用于实验。吸收指数可直接测定,或者可用式1计算(在此关于60keV γ 射线发射Am²⁴¹源表示):

[0049] $AE(Am^{241} 60keV) = t * (k_1 e_1 + k_2 e_2 + k_3 e_3 + \dots)$ (式1)

[0050] 其中AE(Am²⁴¹ 60keV)表示相对于Am²⁴¹的约60keV γ 射线发射的基片的吸收指数;t表示在初级X射线束传播的主方向X射线吸收层的厚度;e₁, e₂, e₃, …表示X射线吸收层中元素的浓度;并且k₁, k₂, k₃…表示相应元素在给定能量的质量衰减系数。如式所示,吸收指数等于厚度尺寸乘以在Am²⁴¹的约60keV γ 射线发射下,X射线吸收层中各元素的质量衰减系数和X射线吸收层中各元素的相应浓度的乘积的总和。吸收指数无量纲。例如,如果质量

衰减系数以 $\text{cm}^2/\text{摩尔}$ 表示,则浓度应以 $\text{摩尔}/\text{cm}^3$ 表示,厚度以厘米表示。质量衰减系数可见于‘National Institute for Standards and Technology’(国家标准技术协会)(www.nist.gov/pml/data/xraycoef/)。根据应用,X射线吸收层中具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物的涂层重量可灵活调节,在RFPD用于医学用途的情况下,该涂层重量优选为至少 $100\text{mg}/\text{cm}^2$,更优选至少 $200\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

[0051] X射线吸收层的厚度也可变化,并取决于可用于RFPD设计中结合X射线防护体的必需防护功率和/或空间。在本发明中,X射线吸收层的厚度可以为至少0.1mm,更优选在0.1mm至2.0mm的范围内。

[0052] 光吸收或光反射层

[0053] 具有20或更大原子序数的金属元素和至少一种非金属元素的一些化合物为可在吸收X射线时发光的闪烁磷光体。如果是这种情况,由X射线吸收层中这些闪烁磷光体发射的光可通过基片达到成像阵列,并对形成图像有贡献。由于由X射线吸收层中存在的闪烁磷光体发射的光在成像阵列的基片中散射,所研究物体图像的品质受负面影响。在X射线吸收层中存在闪烁磷光体的情况下,光反射或光吸收层要存在于X射线吸收层和成像阵列之间,更优选在X射线吸收层和成像阵列的基片之间。为了避免由X射线吸收层中闪烁磷光体发射的光对图像的任何贡献,从闪烁磷光体发射的光通过该光吸收或反射层的透射率应等于或低于10%,更优选低于3%,最优选低于1%。根据本发明在X射线吸收层中的术语“闪烁磷光体”应解释为其在X射线吸收时的光发射可达到成像阵列,并对检测器图像形成有贡献的化合物。

[0054] 可用白色层反射由X射线吸收层中闪烁磷光体发射的光。优选包含 TiO_2 的层在闪烁磷光体发射光的波长反射90%或更多光。光反射层中 TiO_2 的固体含量优选在25至50%重量的范围内,厚度优选在5至 $40\mu\text{m}$ 的范围内。更优选 TiO_2 的固体含量为层总固体含量的33至38%重量,层厚度在13- $30\mu\text{m}$ 。该层优选刮刀涂布机施用到成像阵列的基片上,优选在成像阵列的相反侧上。

[0055] 在本发明的另一个优选实施方案中,由于其吸收光的高效率,可用黑色层吸收由X射线吸收层中闪烁磷光体发射的光。黑色颗粒,如细炭黑粉末(象牙黑、钛黑和铁黑)适合获得充分吸收由闪烁磷光体发射的光。优选炭黑的固体含量在3至30%重量的范围内,且2至 $30\mu\text{m}$ 层厚度吸收90%或更多的由闪烁磷光体发射的光。更优选炭黑的固体含量在6至15%重量范围内,层厚度在5- $15\mu\text{m}$ 。在本发明的另一个实施方案中,可使用专门在由X射线吸收层中闪烁磷光体发射光的最大波长处吸收的有色颜料或染料。

[0056] 闪烁体

[0057] 在根据本发明用于间接转化直接放射照相的RFPD中,闪烁体任选包含支持体和在其上提供的闪烁磷光体,例如以下一个或多个: $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ 、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ 、 $\text{CsI}:\text{Tl}$ 、 $\text{CsI}:\text{Eu}$ 、 $\text{CsI}:\text{Na}$ 、 $\text{CsBr}:\text{Tl}$ 、 $\text{NaI}:\text{Tl}$ 、 CaWO_4 、 $\text{CaWO}_4:\text{Tb}$ 、 $\text{BaFBr}:\text{Eu}$ 、 $\text{BaFCl}:\text{Eu}$ 、 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 、 BaSrSO_4 、 BaPbSO_4 、 $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}$ 、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ 、 $(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}:\text{Ag}$ 、 LaOBr 、 $\text{LaOBr}:\text{Tm}$ 、 $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 、 $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ 、 LuTaO_4 、 $\text{HfO}_2:\text{Ti}$ 、 $\text{HfGeO}_4:\text{Ti}$ 、 YTao_4 、 $\text{YTao}_4:\text{Gd}$ 、 $\text{YTao}_4:\text{Nb}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 、 $\text{YBO}_3:\text{Eu}$ 、 $\text{YBO}_3:\text{Tb}$ 或 $(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$ 或它们的组合。除了结晶闪烁磷光体外,也可使用闪烁玻璃或有机闪烁体。

[0058] 在适合条件下蒸发时,掺杂的CsI层将以针状、紧密堆积微晶形式以高堆积密度冷

凝到支持体上。这种柱状或针状闪烁磷光体在本领域已知。参见,例如ALN Stevels等人,“Vapor Deposited CsI:Na Layers:Screens for Application in X-Ray Imaging Devices”(气相沉积CsI:Na层:用于X射线成像装置的屏蔽), Philips Research Reports 29:353-362(1974);和T. Jing等人,“Enhanced Columnar Structure in CsI Layer by Substrate Patterning”(通过基片图形化在CsI层中的增强柱状结构), IEEE Trans. Nucl. Sci. 39:1195-1198 (1992)。更优选闪烁磷光体层包括掺杂的CsI。

[0059] 也可使用不同闪烁磷光体的混合物。中值粒径一般在约0.5 μm -约40 μm 。为了容易配制和优化性能,例如速度、清晰度和噪声,1 μm -约20 μm 的中值粒径是优选的。可用常规涂覆技术制备本发明实施方案的闪烁体,其中使闪烁磷光体粉末(例如,Gd₂O₂S)与粘合剂材料的溶液混合,并通过刮刀涂布机涂覆到基片上。粘合剂可选自对X射线、激发和发射光透明的多种已知有机聚合物。在本领域常用的粘合剂包括聚(乙烯醇)的邻磺基苯甲醛缩醇钠(sodium o-sulfobenzaldehyde acetal);氯磺化聚乙烯;大分子双酚聚(碳酸酯)和包含双酚碳酸酯和聚(氧化烯)的共聚物的混合物;含水乙醇可溶性尼龙;聚(丙烯酸烷基酯和甲基丙烯酸烷基酯),和聚(丙烯酸烷基酯和甲基丙烯酸烷基酯与丙烯酸和甲基丙烯酸)的共聚物;聚(乙烯醇缩丁醛);和聚(氨基甲酸酯)弹性体。可使用的其它优选粘合剂在以上X射线吸收层部分中描述。可使用任何常规比的磷光体:粘合剂。通常,闪烁磷光体层越薄,用高重量比磷光体:粘合剂时得到的图像越清晰。在约70:30至99:1重量范围的磷光体:粘合剂比是优选的。

[0060] 光电导层

[0061] 在根据本发明用于直接转化直接放射照相的RFPD中,光电导层通常为非晶硒,但可使用其它光电导体,例如HgI₂、PbO、PbI₂、TlBr、CdTe和钽化合物。光电导层优先通过气相沉积沉积于成像阵列上,但也可已用任何适合涂覆方法涂覆。

[0062] 成像阵列及其基片

[0063] 在本发明中用于间接转化直接放射照相的单成像阵列基于间接转化方法,该方法用数种物理组分使X射线转化成光,随后使光转化成电荷。第一组分为使X射线转化成光(光子)的闪烁磷光体。将光进一步引向非晶硅光电二极管层,该层使光转化成电子,并产生电荷。电荷通过储存电容器收集和储存。与非晶硅相邻的薄膜晶体管(TFT)读出电荷,并产生图像。适合图像阵列的实例公开于US5262649和Samei E.等人,“General guidelines for purchasing and acceptance testing of PACS equipment”(PACS设备购买和验收检验通用指南), Radiographics, 24, 313-334。可优选使用US2013/0048866第[90-125]段和US2013/221230第[53-71]段和第[81-104]段中所述的成像阵列。

[0064] 在本发明中用于直接转化直接放射照相的成像阵列基于X射线光子转化成电荷的直接转化方法。在此阵列中,在位于光电导体层顶上的顶部电极和TFT元件之间产生电场。在X射线撞击光电导体时产生电荷,且电场使它们移向TFT元件,在此由储存电容器将其收集和储存。适合的图像阵列的实例由Samei E.等人,“General guidelines for purchasing and acceptance testing of PACS equipment”(PACS设备购买和验收检验通用指南), Radiographics, 24, 313-334公开。

[0065] 对于直接和间接转化方法两者,必须由读出电子器件读出变化。其中逐行读出产生和储存电荷的读出电子器件的实例由Samei E.等人, Advances in Digital

Radiography (数字放射照相进展), RSNA Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics (p. 49-61) Oak Brook, Ill公开。

[0066] 本发明的成像阵列的基片优选为玻璃。然而,也可使用在由塑料、金属箔制成的基片上制造的成像阵列。可由基于氮化硅或聚合物的涂层保护成像阵列不受湿度和环境因素侵害,所述聚合物例如含氟聚合物、聚酰亚胺、聚酰胺、聚氨酯和环氧树脂。也可使用基于二苯并环丁烯(BCB)单体的基于B级的聚合物。或者,也可使用具有低介电常数的多孔无机电介质。

[0067] 下层电子器件

[0068] 位于X射线吸收层下的下层电子器件包括电路板,电路板装配有用于处理来自成像阵列的电信号和/或控制成像阵列的驱动器并电连接到成像阵列的电子组件。

[0069] 制造放射照相平板检测器的方法

[0070] 制造X射线防护体的方法

[0071] 通过将包含至少一种具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物的X射线吸收层施用到携带单成像阵列的基片上,可得到本发明的X射线防护体。优选X射线吸收层施用到与成像阵列相反的基片侧上。在基片上施用层的任何已知方法都可适合,例如物理气相沉积(PVD)、化学气相沉积(CVD)、溅射、刮刀涂覆、旋涂、浸涂、喷涂、刀涂、丝网印刷和层压。最优选的方法是刮刀涂覆和PVD。

[0072] 施用层的优选方法之一是通过在单成像阵列的基片上施用包含具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物和粘合剂的溶液(以后称为涂料溶液)。在一个优选的实施方案中,通过首先使粘合剂溶于适合溶剂制备涂料溶液。向此溶液加入具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物。为了得到均匀涂料溶液,可在制备方法中包括混合物的均化步骤或研磨步骤。在与具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物混合前,可向粘合剂溶液加入分散剂。分散剂改善涂料溶液中颗粒的分离,并防止成分在涂料溶液中沉降或结块。向X射线吸收层的涂料溶液加入分散剂进一步减小涂料溶液的表面张力,并提高X射线吸收层的涂层品质。

[0073] 在本发明的另一个实施方案中,可使作为可聚合化合物的粘合剂溶于包含一种或多种单官能和/或二官能单体和/或低聚物的稀释剂。

[0074] 在搅拌或均化后,优选用涂覆刀或刮刀将涂料溶液施用到基片上。通过调节涂覆刀和基片之间的距离。在涂覆X射线吸收层后,该层可通过IR源、UV源、加热的金属辊或加热的空气干燥。在可光固化单体用于涂料溶液时,涂层可通过加热或通过UV源固化。

[0075] 在另一个优选的实施方案中使用PVD方法,其中在真空中从熔融物质气相制备包含具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物的X射线吸收层。可将固体形式的物质在耐热容器中引入真空室,随后加热到等于或高于化合物熔点的温度。熔融物质蒸发并冷凝到成像阵列的基片上,以形成X射线吸收层。由于其较低熔点,金属化合物,例如盐、卤化物、硫化物和硫酸盐可适合于PVD方法。该X射线吸收层为具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物的沉积结晶膜,且无粘合剂。

[0076] 本发明方法的一个优点是作为X射线防护体的X射线吸收层直接施用到成像阵列的基片上。因此,避免在生产中X射线防护体必须固定到成像阵列的基片的步骤。

[0077] 在另一个实施方案中,X射线吸收层可施用到任何功能层上,该功能层在施用X射

线吸收层之前直接施用或涂覆在成像阵列的基片上。功能层的实例为光吸收层、反射层、粘合促进层、保护层等。尤其如果X射线吸收层包含闪烁磷光体,则在X射线吸收层和基片之间存在层,该层在闪烁磷光体光发射波长具有10%或更低的光透射率。该光吸收或光反射层可用在本领域已知的常规技术涂覆在成像阵列的基片上。

[0078] 制造用于间接转化直接放射照相的RFPD的方法

[0079] 根据本发明用于间接转化直接放射照相的RFPD通过组合上述不同组件制造。现在描述优选的方法。

[0080] 在将X射线吸收层施用到单成像阵列的基片上后,通过胶粘到成像阵列上结合包含闪烁磷光体和任选支持体的闪烁体。胶粘用压敏粘合剂或热熔体进行。优选使用热熔体。热熔体的适合实例为聚乙烯-乙酸乙烯酯、聚烯烃、聚酰胺、聚酯、聚氨酯、苯乙烯嵌段共聚物、聚碳酸酯、含氟聚合物、硅橡胶、聚吡咯。由于较高温度耐性和稳定性,最优选为聚烯烃和聚氨酯。热熔体优选薄于25 μm 。将带有衬的热熔体置于成像阵列的表面上。然后,在烘箱中在规定温度加热在其基片上的成像阵列与热熔体。冷却后,移出衬,并以无粘合侧脱出熔融的热熔体。通过使闪烁磷光体层与热熔体的粘合侧接触并在高温施加高压,使闪烁体结合到成像阵列。为了在成像阵列的完成区域上得到良好粘着,必须施加0.6至20巴压力,并需要在10-1000s时段内80-220 $^{\circ}\text{C}$ 的温度值。从而形成闪烁体-成像阵列-基片-X射线吸收层的堆叠体。

[0081] 在本发明的一个优选实施方案中,该堆叠体可位于处理来自成像阵列的电信号或控制成像阵列驱动器的下层电子器件上。

[0082] 在本发明的一个优选实施方案中,闪烁体的闪烁体磷光体通过涂覆或沉积方法直接施用到单成像阵列上。这种方法具有不需要胶粘并因此在RFPD的制造方法中省略至少一个步骤的优点。在成像阵列上直接施用闪烁磷光体的另一个优点是提高的图像品质。

[0083] 在本发明的另一个实施方案中,在闪烁体已根据上述方法结合到成像阵列后,将X射线吸收层施用到携带单成像阵列的基片上。

[0084] 制造用于直接转化直接放射照相的RFPD的方法

[0085] 根据本发明用于直接转化直接放射照相的FPD通过组合上述不同组件制造。

[0086] 一种优选方法如下:在根据关于产生X射线防护体所述的相同方法将X射线吸收层施用到携带成像阵列的基片后,使光电导体(优选非晶硒)沉积到成像阵列上。沉积方法的实例公开于Fischbach等人,'Comparison of indirect CsI/a:Si and direct a:Se digital radiography'(间接CsI/a:Si和直接a:Se数字放射照相的比较), Acta Radiologica 44 (2003) 616-621。最后提供在光电导层顶上的顶部电极。

实施例

[0087] 1. 检测X射线吸收的方法

[0088] 1.1. X射线防护体的X射线吸收检测

[0089] 以下将X射线吸收层、基片和成像阵列的组合称为X射线防护体。X射线防护体的X射线吸收用Philips Optimus 80装置与具有30cc容量池的Triad剂量计一起检测。X射线防护体以成像阵列指向X射线源放置。检测池直接在X射线吸收层后离X射线源1.5m距离处放置。所有检验关于标准辐射X射线束品质(RQA5 X射线束品质如IEC标准61267, 第1版。

(1994) 中限定):RQA5 (21mm Al, 73kV) 进行。

[0090] 1.2. RFPD的X射线吸收检测

[0091] 通过在成像阵列的前侧施用Gd₂O₂S或CsI闪烁磷光体,且其基片在成像阵列的相反侧具有X射线吸收层,制造RFPD。RFPD置于由具有500μm厚度的铝制成的自制框架内。RFPD的X射线吸收用Philips Optimus 80装置与具有30cc容量池的Triad剂量计一起检测。RFPD以闪烁体指向X射线源放置。检测池直接在X射线吸收层后离X射线源1.5m距离处放置。多次收集各RFPD的数据,并计算平均值与标准偏差。

[0092] 所有检验关于标准辐射X射线束品质 (RQA X射线束品质如IEC标准61267, 第1版.(1994) 限定):RQA5 (21mm Al, 73kV) 和RQA9 (40mm Al, 117kV)) 进行。

[0093] 2. 材料

[0094] 除非另外说明,否则用于以下实施例的大部分材料均容易地得自标准来源,例如ALDRICH CHEMICAL Co. (Belgium)、ACROS (Belgium) 和BASF (Belgium)。除非另外说明,使用所有材料不经进一步纯化。

[0095] • 氧硫化钆 (Gd₂O₂S) 或GOS: (CAS 12339-07-0) 粉末得自Nichia, 平均粒径:3.3μm;

[0096] • 碘化铯 (CsI): (CAS 7789-17-5) 得自Rockwood Lithium, 99.999%

[0097] • ThI:碘化铊 (CAS 62140-21-0), 得自Rockwood Lithium

[0098] • Disperse Ayd™ 9100 (Disperse Ayd™ W-22), 阴离子表面活性剂/脂肪酯分散剂(得自Daniel Produkts Company)。

[0099] • Kraton™ FG1901X (新名=Kraton™ FG1901 GT), 基于苯乙烯和乙烯/丁烯的透明线型三嵌段共聚物, 聚苯乙烯含量30%, 得自Shell Chemicals。

[0100] • 成像阵列:TFT (根据US2013/0048866第[90-125]段和US2013/221230第[53-71]段和第[81-104]段), 在具有0.7mm厚度和18cm X 24cm尺寸的Corning Lotus™玻璃基片上。

[0101] • 具有0.5mm厚度的铝, 得自Alanod。

[0102] • TiO₂ R900:Ti-Pure® R-900二氧化钛, 得自DuPont。

[0103] • 滤器AU09E11NG, 孔径20μm, 得自3M。

[0104] • CAB 381-2:MEK中乙酸丁酸纤维素 (CAB-381-2) (购自Eastman) 的20%重量溶液。通过在1600rpm搅拌8小时, 并在搅拌后用Filter AU09E11NG滤器过滤来制备。

[0105] • Baysilone:Baysilone Paint添加剂MA, 购自Bayer。

[0106] • Ebecryl:MEK中Ebecryl 1290六官能脂族聚氨基甲酸酯丙烯酸酯低聚物 (购自Allnex) 的20%重量溶液, 通过在1600rpm搅拌8小时, 并在搅拌后用Filter AU09E11NG滤器过滤来制备。

[0107] • 炭黑:炭黑FW200, 购自Degussa。

[0108] 3. 制造X射线防护体

[0109] 3.1. 制备用于涂覆X射线吸收层的溶液

[0110] 使4.5g粘合剂 (Kraton™ FG1901X) 溶于甲苯和MEK (75:25重量比) 的18g溶剂混合物, 并以1900r.p.m速率搅拌15min。随后加入200g量GOS, 并以1900r.p.m速率搅拌混合物另外30分钟。所得GOS:粘合剂比为97.8:2.2重量比。

[0111] 3.2. 制备用于光反射层的溶液

[0112] 使0.2g CAB 381-2与1g TiO₂ R900、0.001g Baysilone和2.6g MEK在水平搅拌机珠磨机中混合。最后加入Ebecryl,以得到1:1 CAB 381-2:Ebecryl重量比。用Filter AU09E11NG滤器过滤溶液。TiO₂ R900的固体含量为35%重量。

[0113] 3.3. 制备用于光吸收层的溶液

[0114] 使如§3.2.中得到的MEK中CAB 381-2的0.094g 20%重量溶液与0.126g炭黑、0.001g Baysilone、0.094g Ebecryl和3.686g MEK在珠磨机(珠料:YTZ 0.8mm直径)中混合至少30min。所得炭黑的固体含量为7.9%重量。

[0115] 3.4. 利用GOS制备X射线防护体SD-01至SD-04 (INV) :

[0116] 首先涂覆光反射层。将如§ 3.2中得到的涂料溶液用刮刀以1.4cm/s涂覆速度涂覆到与成像阵列相反侧的成像阵列的基片上。湿层厚度为250μm,以得到29μm干层厚度。干燥光反射层在室温进行至少15min。在相当于闪烁磷光体GOS发射光波长的波长550nm处检测透射率。在550nm的透射率值达5.2%。

[0117] 然后,将如§ 3.1中得到的涂料溶液用刮刀以4m/min涂覆速度涂覆到先前涂覆的光反射层上。通过调节涂覆刀和基片之间的距离,得到可从100至450μm变化的不同干层厚度。随后,在室温在30分钟期间干燥X射线吸收层。为了尽可能多地去除挥发性溶剂,在干燥烘箱中使经涂覆X射线防护体在60℃干燥30分钟,并再次在90℃干燥20至30分钟。通过调节湿层厚度和/或在干燥各层后逐个向上涂覆的层数,控制X射线吸收层的总厚度。湿层厚度具有220μm-1500μm的值。

[0118] 在涂覆后,将具有X射线防护体的各成像阵列称重,通过运用式2得到X射线吸收层中具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物的涂层重量。结果报告于表1中。

$$\frac{(W_F - W_S)}{A_S} * P\%$$

[0119]

式 2

[0120] 其中:

[0121] W_F为成像阵列+基片+X射线吸收层的重量,

[0122] W_S为成像阵列+基片的重量,

[0123] A_S为基片的表面积,

[0124] P%为X射线吸收层中具有20或更大原子序数的金属元素和一种或多种非金属元素的化合物的%重量。

[0125] 3.5. 用碘化铯(CsI)制备X射线防护体SD-05 (INV) :

[0126] 通过在成像阵列的基片上物理气相沉积CsI制备SD-05。将400g CsI放入真空沉积室内的容器中。使室中压力降低到5.10⁻⁵ mbar。随后,将容器加热到680℃温度,并使CsI沉积到与成像阵列相反侧的玻璃基片上。得到的CsI层不显示显著的闪烁效应,因此,不能认作为磷光体闪烁体。实际上,在低于400nm(这属于成像阵列不足够敏感而不能对研究物体的图像产生贡献的波长范围)只观察很低的光发射。得到的CsI的X射线吸收层不包含闪烁磷光体,因此,在成像阵列的基片和包含CsI的X射线吸收层之间不存在光吸收或光反射层。容器和基片之间的距离为20cm。在蒸发期间,使基片以12r.p.m旋转,并保持在140℃的升高

温度。在蒸发过程期间,将氩气引入室。过程时间为160min。在沉积后,将具有其基片和X射线防护体的成像阵列称重,并通过运用式2得到涂层重量,其中P%为100。结果报告于表1中。

[0127] 3.6. 钼X-射线防护体 (COMP)

[0128] 基于钼 (Mo) 板的X射线防护体从市场上的市售RFPD得到。钼板的厚度为0.3mm。钼板不含基片。板的组成为99.85%重量Mo和低于0.05%重量Na、K、Ca、Ni、Cu和Bi。

[0129] 关于该Mo板的涂层重量基于式2计算,考虑 W_F 为板的重量,P%为100, W_S 为0。Mo板的计算涂层重量结果报告于表1中。

[0130] 表1:发明性X射线防护体 (SD-01至SD-05) 和比较性Mo板的GOS或CsI的涂层重量和吸收指数 (AE)。

[0131] 表1

X射线防护体	X射线吸收层中具有原子序数 ≥ 20 的金属元素和 ≥ 1 的非金属元素的化合物	X射线吸收层的厚度 (μm)	涂层重量 (mg/cm^2)	吸收指数 (AE)
SD-01 (INV)	GOS	325	172	0.79
SD-02 (INV)	GOS	325	172	0.79
SD-03 (INV)	GOS	230	115	0.56
SD-04 (INV)	GOS	330	155	0.80
SD-05 (INV)	CsI	300	112	0.56
Mo板	-	300	302	0.97

[0132] 3.7. 利用或不利用分散剂制备X射线防护体

[0133] 为了说明在X射线吸收层的涂料溶液中利用或不利用分散剂制备的GOS X射线防护体之间的差异,根据§3.1中所述的方法制备基于GOS的两个X射线防护体。在涂料溶液中不利用分散剂制备防护体SD-01,将分散剂加到涂料溶液制备SD-02:使0.5g分散剂 (Disperse Ayd™ 9100) 溶于11.21g具有75:25重量比的甲苯和甲基·乙基酮 (MEK) 溶剂混合物,并与§3.1中制备的粘合剂溶液混合。进一步制备步骤与§3.1至§3.4中所述相同。对于两种X射线防护体,GOS的涂层重量等于 $172\text{mg}/\text{cm}^2$ 。两种防护体的X射线吸收根据§1.1测定。结果显示于表2中。

[0134] 表2:利用或不利用分散剂制备的GOS X射线防护体的X射线吸收

[0135] 表2

X射线防护体	分散剂	涂层品质	X射线吸收层的厚度 (μm)	重量 (g)	X-射线吸收 (%)
SD-01 (INV)	无	良好	325	152.15	63.3 ± 2.5
SD-02 (INV)	有	极佳	325	152.50	63.6 ± 2.5

[0136] 如表2中所示,对于与不用分散剂制备的X射线防护体相当的重量和X射线吸收,涂料溶液中存在分散剂制备的X射线防护体具有更均匀的X射线吸收层。由于进一步减小表面张力,并防止 μm 大小颗粒漂浮,存在分散剂有利于防护体的制备过程。

[0137] 4. 结合到成像阵列的基片的发明性X射线防护体和比较性Mo防护体的X射线吸收

[0138] 根据§1.1检测发明性X射线防护体SD-03、SD-05和比较性防护体SD-06的X射线吸收。通过使Mo板在成像阵列相反侧接触成像阵列的基片,得到比较性X射线防护体SD-06。结果显示于表3中。

[0139] 表3:发明性和比较性X射线防护体的性能

[0140] 表3

X射线防护体	厚度 (μm)	涂层重量 (mg/cm^2)	吸收 (%)	吸收指数 (AE)	X射线吸收层重量 (g)
SD-03 (INV)	230	115	46.1	0.66	61.1
SD-04 (INV)	330	155	57.1	0.95	87.7

SD-05 (INV)	300	112	46.5	0.62	58.4
SD-06 (COMP)	300	302	74.5	0.97	132.5

[0141] 虽然发明性X射线防护体的X射线吸收低于比较性X射线防护体的X射线吸收,但发明性防护体的重量显著低于比较性X射线防护体。实际上,对于在一般用于医学成像的X射线能量中间范围的X射线能量,为了使吸收指数等于X射线防护体SD-05,Mo板厚度应为170 μ m,因此,显著重于SD-05。遗憾的是,具有170 μ m厚度的Mo板不可得,因此,不能包括在实施例中。发明性X射线防护体的X射线吸收层中两种优选化合物的比较未显示X射线吸收能力的显著差异。

[0142] 5. 实施例1

[0143] 5.1. 制备包含不同X射线防护体的RFPD

[0144] 通过使闪烁体与§3中所述的X射线防护体接触,制备用于间接转化直接放射照相的RFPD。为了保证在闪烁磷光体层和成像阵列之间良好的光学接触,使闪烁磷光体直接沉积或涂覆在成像阵列上。所用闪烁磷光体为GOS或基于钨的掺杂CsI。如下制备包含GOS的闪烁磷光体层:使0.5g分散剂(Disperse AylTM 9100)溶于11.21g具有75:25重量比的甲苯和甲基·乙基酮(MEK)溶剂混合物,并与§3.1中制备的粘合剂溶液混合。将所得涂料溶液以115mg/cm²涂层重量涂覆在成像阵列上,方式与§3.4相同。制备基于钨的掺杂CsI,并利用另外的1%重量钨掺杂剂,用§3.5中所述相同的方式以120mg/cm²涂层重量沉积在成像阵列上。通过在气相沉积过程期间将ThI加到CsI获得钨掺杂。如上所述制备比较性RFPD, DRGOS-06,但用在成像阵列相反侧接触成像阵列的基片的Mo板,代替在携带成像阵列的基片上的X射线吸收层。所得RFPD总结于表4中。

[0145] 表4:基于不同闪烁体和X射线防护体的RFPD

[0146] 表4

RFPD	闪烁体	X射线防护体
DRGOS-01 (INV)	GOS	SD-01
DRGOS-02 (INV)	GOS	SD-02
DRGOS-03 (INV)	GOS	SD-03
DRGOS-04 (INV)	GOS	SD-04
DRGOS-05 (INV)	GOS	SD-05
DRCSI-01 (INV)	CsI	SD-01
DRCSI-02 (INV)	CsI	SD-02
DRCSI-03 (INV)	CsI	SD-03
DRCSI-04 (INV)	CsI	SD-04
DRCSI-05 (INV)	CsI	SD-05
DRGOS-06 (COMP)	GOS	Mo
DRCSI-06 (COMP)	CsI	Mo

[0147] 5.1. 发明性和比较性RFPD的X射线吸收

[0148] 根据§1.2.检测发明性RFPD (DRGOS-03和DRGOS-04) 和比较性RFPD (DRGOS-06) 的X射线吸收,利用以下X射线束品质和负载:RQA5- 6.3mAs和RQA9 - 3mAs。检测结果提供于表5中。

[0149] 表5:发明性和比较性RFPD的X射线吸收

[0150] 表5

RFPD	X射线束品质RQA5的吸收%	X射线束品质RQA9的吸收%
DRGOS-03 (INV)	43.2	34.8
DRGOS-04 (INV)	54.2	44.4
DRGOS-06 (COMP)	78.1	50.0

[0151] 发明性RFPD (DRGOS-03和DRGOS-04) 显示与比较性RFPD (DRGOS-06) 相比关于X射线束品质RQA5 (6.3mAs) 的较低吸收。利用X射线束品质RQA9 (3mAs), 发明性RFPD (DRGOS-03和DRGOS-04) 显示与利用比较性Mo X射线防护体的RFPD相当的X射线吸收。发明性RFPD具有与比较性RFPD相比较低重量的另外优点。也可以比比较性RFPD更经济有效的方式制造发明性RFPD, 因为不需要在成像阵列的基片和X射线吸收层之间的固定或胶粘步骤。

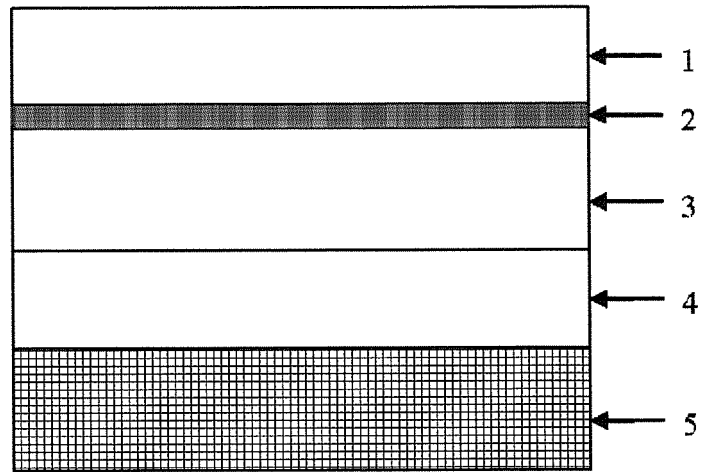


图 1