



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104105985 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201380008391. 5

(22) 申请日 2013. 01. 21

(30) 优先权数据

102012202200. 7 2012. 02. 14 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 08. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/051031 2013. 01. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/120657 DE 2013. 08. 22

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 D. 尼德尔洛纳 C. 施罗特

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 侯宇

(51) Int. Cl.

G01T 1/24(2006. 01)

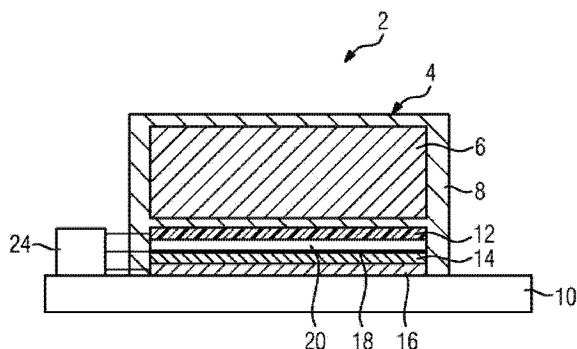
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

X 射线探测器和用于测量 X 射线的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种 X 射线探测器 (2), 其具有在工作时面朝 X 射线辐射源的上侧 (4), 和具有用于将 X 射线直接转换成电测量信号的半导体层 (14), 其中, 在上侧 (4) 与半导体层 (14) 之间设有发光膜 (12), 借助该发光膜能将电磁射线耦合入半导体层 (14)。



1. 一种 X 射线探测器 (2), 其具有在工作时面朝 X 射线辐射源的上侧 (4), 和具有用于将 X 射线直接转换成电测量信号的半导体层 (14), 其特征在于, 在所述上侧 (4) 和所述半导体层 (14) 之间布置有发光膜 (12), 借助该发光膜能将电磁射线耦合入所述半导体层 (14)。

2. 按权利要求 1 所述的 X 射线探测器 (2), 其特征在于, 所述电磁射线具有大于 500nm 的波长。

3. 按权利要求 1 或 2 所述的 X 射线探测器 (2), 其特征在于, 所述发光膜 (12) 全面地覆盖所述半导体层 (14)。

4. 按权利要求 1 至 3 之一所述的 X 射线探测器 (2), 其特征在于, 在所述发光膜 (12) 与所述半导体层 (14) 之间额外地设有过滤膜。

5. 按权利要求 1 至 4 之一所述的 X 射线探测器 (2), 其特征在于, 将有机发光二极管薄膜设计为所述发光膜 (12)。

6. 按权利要求 1 至 4 之一所述的 X 射线探测器 (2), 其特征在于, 将电致发光薄膜设计为所述发光膜 (12)。

7. 按权利要求 1 至 6 之一所述的 X 射线探测器 (2), 其特征在于, 所述发光膜 (12) 具有多个可彼此独立地控制的区段 (26)。

8. 按权利要求 1 至 7 之一所述的 X 射线探测器 (2), 其特征在于, 设有多个分别包括多个探测器像素的功能单元 (22), 并且其中, 每个功能单元 (22) 配有至少一个区段 (26)。

9. 一种用于借助 X 射线探测器测量 X 射线的方法, 所述 X 射线探测器 (2) 具有在工作时面朝 X 射线辐射源的上侧 (4) 和用于将 X 射线直接转换成电测量信号的半导体层 (14), 其中, 设有发光膜 (12), 借助所述发光膜至少有时将电磁射线耦合入所述半导体层 (14)。

10. 按权利要求 9 所述的方法, 其中, 所述发光膜 (12) 具有多个可彼此独立地控制的区段 (26), 并且其中, 所述区段 (26) 在工作时被单独控制, 以便使所述区段 (26) 形成具有不同强度 (I) 的电磁射线。

11. 按权利要求 9 或 10 所述的方法, 其特征在于, 所述发光膜 (12) 具有多个可彼此独立地可控制的区段 (26), 其中, 所述 X 射线探测器 (2) 由多个分别包括多个探测器像素的功能单元 (22) 构成, 其中, 每个功能单元 (22) 配有多个所述区段 (26), 并且其中, 在工作时单独控制多个所述区段 (26), 以便将具有不同强度 (I) 的电磁射线耦合入各个功能单元 (22) 的中间区域 (28) 和边缘区域 (30)。

12. 按权利要求 9 至 11 之一所述的方法, 其特征在于, 在预运行阶段 (V) 中保持所述电磁射线的强度 (I) 高于阈值  $S_W$ 、而且尤其保持恒定。

13. 按权利要求 9 至 12 所述的方法, 其特征在于, 在预运行阶段 (V) 之后的测量阶段 (M) 开始时 ( $t_{SM}$ ) 减小所述电磁射线的强度 (I)。

14. 按权利要求 9 至 13 之一所述的方法, 其特征在于, 在预运行阶段 (V) 之后的测量阶段 (M) 中根据期待的 X 射线辐射通量调节所述电磁射线的强度 (I)。

15. 按权利要求 9 至 14 之一所述的方法, 其特征在于, 在所述预运行阶段 (V) 之后的测量阶段 (M) 中这样调节所述电磁射线的强度 (I), 使得所产生的光电流保持恒定。

16. 按权利要求 9 至 12 之一所述的方法, 其特征在于, 在所述预运行阶段 (V) 之后的测量阶段 (M) 中, 将所述电磁射线的强度 (I) 保持恒定、尤其是在所述预运行阶段 (V) 的水平上保持恒定。

## X 射线探测器和用于测量 X 射线的方法

[0001] 本发明涉及一种 X 射线探测器,所述探测器具有在工作时面朝 X 射线辐射源的上侧或者说表面和用于将 X 射线直接转换成电测量信号的半导体层。这种 X 射线探测器可从 US7652258B2 中得知。此外,本发明涉及一种用于借助这种 X 射线探测器测量 X 射线的方法。

[0002] 为了探测 X 射线,在成像系统、例如计算机断层扫描系统中越来越多地使用直接转换的探测器,其中,待探测的射线在例如由 CdTe、CdZnTe、CdZnTeSe、CdTeSe、CdMnTe、InP、TiBr<sub>2</sub> 或 HgI<sub>2</sub> 制成的半导体层中直接转换成测量信号。

[0003] 较高浓度的晶格缺陷对于这种半导体材料来说是常见的,所述晶格缺陷(也被称为“陷阱(traps)”)对电子有电学方面的作用。通常,大多属于该晶格缺陷的能级在正常条件下未被占据,而只有当半导体被 X 射线照射时才被填充。占据该能级的电子随后与晶体缺陷结合并因此位置固定地保留在半导体晶体中,由此在半导体晶体中引起与辐射有关的极化。之所以会出现测量信号的失真,一方面因为一些由待探测的射线所产生的自由载流子不再被用于测量信号,而是部分地被晶格缺陷所俘获,另一方面因为作用在半导体材料中的电位移场通过位置固定的电荷改变。

[0004] 在专利文献 US 7 652 258 B2 中建议,用红外线照射探测器,以便这样预先确定晶格缺陷水平的占有率并因此借助红外线预先确定极化状态。红外线在此以复杂的方式在额外的红外线发生器中产生并且耦合入到探测器结构中。

[0005] 基于此,本发明所要解决的技术问题是,提供一种改进的具有简化了的结构的 X 射线探测器和一种改进的用于测量 X 射线的方法。

[0006] 按本发明,有关 X 射线探测器方面技术问题通过一种具有权利要求 1 特征的 X 射线探测器解决。各从属权利要求包含本发明部分有利的并且部分对于其本身来说具有创造性的扩展方案。

[0007] X 射线探测器具有在工作时面朝 X 射线辐射源的上侧或者说表面,以及用于将 X 射线直接转换成电测量信号的半导体层。在上侧与半导体层之间设有发光膜,借助该发光膜在工作时至少有时将电磁射线面状地或按一定面积(**flächig**)耦合入到半导体层中。在此,发光膜尤其被集成到 X 射线探测器的结构中,从而使电磁射线直接地作用在 X 射线探测器中,并且优选无需光学辅助器件、例如反射镜、透镜或光纤地照射到半导体层中。由于电磁射线源扁平的设计,电磁射线可以特别均匀地耦合入到半导体层中,由此可以预先确定在半导体层的内部并且在半导体层的整个体积上特别均匀的极化。

[0008] 优选使用波长大于 500nm 的电磁射线、尤其是红外线作为电磁射线。

[0009] 此外,优选一种 X 射线探测器的变型,其中,发光膜全面地覆盖半导体层。发光膜在此用作补充半导体层并且布置在上侧与半导体层之间的第二功能层,该第二功能层可被 X 射线穿透或可被至少部分穿透的材料制成。在此,优选使用具有更小密度和/或更小原子序数的材料。此外,发光膜或发光层的厚度还保持尽可能小。X 射线探测器或探测器单元的这种分层结构可以以较小的技术费用实现,这明显简化了对相应的探测器或探测器单元的制造。

[0010] 此外,一种 X 射线探测器的变型是适宜的,其中,在发光膜与半导体层之间额外设有过滤膜。由此,耦合入到半导体层中的辐射的频谱可以以特别简单的方式限制在特别有利的频带上。

[0011] 根据一种 X 射线探测器的优选结构方案,将有机发光二极管薄膜(OLED 薄膜)设计作为发光膜。在一种相对于此的备选的方案中,被用作发光膜的是电致发光薄膜,也就是说尤其是利用所谓的德斯特劳效应来形成电磁射线的薄膜。这两类薄膜可以无需较大的技术费用集成到现有的探测器结构中,并且用较小的技术和经济费用制造。在此,在这种目前出于商业目的制造的发光膜中是常见的是较宽的发射光谱,因此优选通过过滤膜补充所述发光膜,从而由此实现波长为 600nm 到 900nm 之间的红外线辐射源。

[0012] 此外,一种 X 射线探测器的变型是有利的,其中,发光膜具有多个可彼此独立地控制的区段。其也可以理解为这样一种结构方案,其中,一种由多个可彼此独立地控制的单个发光膜构成的层被布置在上侧与半导体层之间。由此,可以以不同的强度照射半导体层中的例如不同区域,这在例如半导体层的内部存在晶格缺陷的密度的局部差异时是有利的。

[0013] 在一种有利的扩展设计中, X 射线探测器由多个功能单元构成,其中,各功能单元包括大量探测器像素,并且其中,各功能单元配有至少一个区段或发光膜。在此,相应的功能单元可以以这样的方式确定,即功能单元的半导体层由单晶构成,或为各功能单元设置电路单元、也就是说例如读取芯片。例如在计算机断层摄影技术中, X 射线探测器一般由多个基本上构造相同且弧形串联的所谓的“模块”组成,其中,所述模块被串联,用于形成探测器弓臂。模块本身具有例如矩形的探测器面并且由单独的功能单元、所谓的“样品(Sample)”组成。“样品”还具有连贯的半导体层,也就是说不是由更小的半导体件组成。在此,“样品”一般包括多个像素。在该情况下,优选各“样品”配有至少一个区段或薄膜。

[0014] 按本发明,关于方法方面的技术问题通过一种具有权利要求 8 的特征的方法解决。

[0015] 该方法用于借助 X 射线探测器测量 X 射线辐射,该 X 射线探测器具有在工作时面朝 X 射线辐射源的上侧或者说表面,和用于将 X 射线直接转换成电测量信号的半导体层,其中,设有发光膜,借助发光膜至少有时将红外线耦合入到半导体层中。X 射线探测器在此尤其按之前描述的任一变型设计,其中,发光膜优选集成在 X 射线探测器的结构中,从而使红外线平面地或面状地并且无需借助其他光学辅助元件直接投射到半导体层中。

[0016] 在此优选一种方法变型,其中,发光膜具有大量可彼此独立地控制的区段,并且其中,所述区段在工作时这样单独控制,使得所述区段形成具有不同强度的红外线。“区段”在此也理解为这样一种实施变型,其中,多个单个发光膜构成一种发光膜层。所述单个发光膜在此构成区段。以这种方式,可以以不同强度和由此局部不同强度照射半导体层的例如不同区域,从而由此可以使例如局部的辐照强度与半导体层的晶格缺陷密度的局部差异相匹配。

[0017] 根据另一个有利的方法变型, X 射线探测器由多个功能单元构成,所述功能单元分别包括大量探测器像素,其中,各功能单元配有多个可彼此独立地控制的区段。这些区段在工作时被这样地独立地控制,从而将具有不同强度的红外线耦合入到各功能单元的中间区域和边缘区域中。在此,这种功能单元的特征尤其在于,功能单元的半导体层通过单晶构成。与之相应地,单晶的表面定位在功能单元的边缘区域内,并且因此使得半导体层在该

区域（功能单元的边缘区域）内具有更高密度的晶格缺陷水平。因为该晶格缺陷水平优选应当在每次测量开始前被完全填充，所以对边缘区域比对中间区域优选更密集地照射红外线，在该中间区域中，晶格缺陷水平的密度相比边缘区域更小。

[0018] 此外，一种方法变型是适宜的，其中，红外线的强度在预运行阶段中、优选在每次测量开始之前保持高于阈值而且还尤其保持恒定。阈值在此适宜地尤其这样选择，使得通过对半导体层照射红外线基本上完全填充晶格缺陷水平。按一种适宜的备选方案，（红外线的）强度在预运行阶段中发生变化。

[0019] 该方法变型进一步适宜的是，其中，红外线的强度在预运行阶段之后的测量阶段开始时减小，并且尤其下调至接近 0 的值或关闭。因此该变型尤其有利的是，红外线的光子具有能量，该能量大致相当于半导体层所使用的半导体材料的带隙，因为在此情况下，红外线也不断地产生电子空穴对，并且有助于电测量信号。

[0020] 在一种优选的设计方案中，红外线的强度在预运行阶段之后的测量阶段中根据期望的 X 射线的辐射流或者说辐射通量、也就是说 X 射线的强度被调节。在此，该调节例如基于计算所得的 X 射线的辐射通量进行，该 X 射线的辐射通量是根据之前所拍摄的患者 X 射线物相照片的数据确定的。在此，为有利于转换，不预设用于调节的固定额定值，而是在准备阶段根据实验确定，多大的强度有利于特定的所期望的 X 射线的辐射通量。然后，这些信息被确定为测量标准或估算标准并且作为调节的依据。

[0021] 此外，一种方法变型是有利的，其中，红外线的强度在预运行阶段之后的测量阶段期间这样地调节，使得产生的光电流保持恒定。红外线的强度与之相应地与待测量的且射到探测器上的 X 射线的强度匹配，从而通过结合入射 X 射线和入射红外线而总是产生预先给定的光电流。在该方法中优选使用红外线，其光子具有能量，该能量大于等于半导体层所使用的半导体材料的带隙。

[0022] 备选地，提供一种方法变型，其中，红外线的强度在预运行阶段之后的测量阶段中是恒定的，并且尤其恒定地保持在预运行阶段的水平上。

[0023] 以下根据示意性附图进一步阐述本发明的实施例。在附图中：

[0024] 图 1 以剖视图方式示出了 X 射线探测器，

[0025] 图 2 以俯视图方式示出了 X 射线探测器的功能单元，

[0026] 图 3 以曲线图方式示出了所产生的红外线与方法和时间有关的第一强度，

[0027] 图 4 以曲线图方式示出了所产生的红外线与方法和时间有关的第二强度，

[0028] 图 5 以曲线图方式示出了所产生的红外线射线与方法和时间有关的第三强度，

[0029] 图 6 以曲线图方式示出了所产生的红外线射线与方法和时间有关的第四强度以及

[0030] 图 7 以曲线图方式示出了所产生的红外线射线与方法和时间有关的第五强度。

[0031] 在所有附图中相互对应的部件被分别配有相同的附图标记。

[0032] 此处介绍的 X 射线探测器 2 设计成所谓的直接转换器，并且优选被应用在医学成像系统中、例如计算机断层造影系统中。在此，该探测器与未详细示出的 X 射线辐射源对置地布置，其中，上侧 4 面朝用于成像的 X 射线辐射源。由 X 射线辐射源产生的 X 射线通过上侧 4 进入 X 射线探测器 2 并因此达到准直层 6 中，通过该准直层过滤出不期望的散射。为了定位准直层 6 而将准直层嵌在固定结构 8 中，该固定结构牢固地与例如由陶瓷制成的基

体板 10 连接。在准直层 6 上朝固定板 10 的方向连接有发光膜 12、半导体层 14 和按 ASIC 芯片 (ASIC: 特定用途集成电路 (application-specific-integrated circuit)) 形式设计的读取层 16。

[0033] 现在若 X 射线通过准直层 6 和可被 X 射线穿透的发光膜 12 达到半导体层 14 内时, 则 X 射线在半导体层 14 中生成可自由移动的载流子、尤其是电子空穴对, 该载流子由于预先给定的在阴极 18 与读取层 16 之间的电位差被导出, 并且在读取层 16 中根据本身已知的原理与位置有关地被探测。

[0034] 为了能够使尽可能所有在测量过程中由 X 射线产生的自由载流子由于电位差被导出, 并因此有助于测量信号而不会由于半导体层 14 的材料中的晶格缺陷局部结合, 半导体层 14 在每个测量过程或测量阶段之前在预运行阶段中被红外线照射, 该红外线是借助发光膜 12 形成的。发光膜 12 在此全面地覆盖半导体层 14, 因此红外线可以在半导体层 14 的整个范围内上均匀地耦合入到半导体层中。

[0035] 为了防止由发光膜 12 产生的红外线尽可能无阻碍地通过阴极 18 进入半导体层 14, 阴极 18 对于红外线与对于 X 射线来说一样是至少可被部分穿透的。这例如由此实现, 用于阴极 18 的材料至少可部分被红外线穿透和 / 或阴极 18 具有一种适合的结构。根据不同的实施方式, 阴极 18 例如通过薄且多孔的金属膜制成或被设计成格栅的形式。此外, 在发光膜 12 与阴极 18 之间提供一种电绝缘体, 在该实施例中通空隙 20 实现所述电绝缘体。

[0036] 在医疗技术、尤其是在计算机断层造影技术的应用中, 经常使用弧形的 X 射线探测器 2, 其中, 设计成预制结构单元的“模块”相互连接地并排插入支承结构中。“模块”一般是立方体形状的并且以其纵向侧相互接触。所述模块由单独的功能单元 22、所谓的“样品”构成, 所述样品又承载了像素的矩阵形布置。功能单元 22 一般成排地在“模块”的纵向上 (沿纵向侧的方向) 相互连接。“模块”以及功能单元示出与图 1 所述基本相同的结构。

[0037] 功能单元 22 例如由此确定, 每个功能单元 22 的半导体层 14 由单晶构成。此外, 为每个功能单元 22 优选提供一个自身的控制和供电单元, 借助该控制和供电单元控制发光膜 12, 借助该控制和供电单元预先给定在阴极 18 与读取层 16 之间的电位差并且借助该控制和供电单元处理在读取层 16 中探测到的电信号。但备选地也可以提供用于 X 射线探测器 2 的中央控制和供电单元 24。

[0038] 按图 2 的实施例, 每个功能单元 22 都配有十六个单个发光膜或区段 26, 所述区段分别由各自的控制和供电单元彼此独立地控制, 并且从上侧看共同全面地覆盖半导体层 14。在此, 四个定位在中间的区段 26 覆盖了中间区域 28, 而其余的区段 26 遮盖了边缘区域 30。在此这样进行对区段 26 的控制, 使得在预运行阶段中, 利用红外线以预设的强度均匀地照射中间区域 28, 并且利用红外线以与前述强度不同的强度照射边缘区域 30。为此, 优选对中间区域 28 中的区段进行类似地的控制, 对边缘区域 30 中的区段 26 以与前述方式不同的方式进行类似的控制。

[0039] 根据不同的方法变型, 为控制每个区段 26 提供不同的控制原理。根据在图 3、图 4 和图 7 中示例性所示的控制原理, 所关注的区段 26 在预运行阶段 V 中被这样控制, 使得所述区段在此其间形成具有高于阈值 SW 的恒定强度 I 的红外线。一旦在所选定的时刻 t<sub>SM</sub> 测量阶段 M 开始而预运行阶段 V 结束, 则根据控制原理对区段 26 进行不同的控制。根据图 3 中所示的控制原理, 区段 26 在测量阶段 M 一开始被关闭。根据另一个控制原理, 在测量阶

段 M 开始后对强度 I 进行持续的调节。在此,该调节例如是基于计算所得的耦合入到半导体层 14 中的 X 射线的强度进行的,该强度是根据之前拍摄的患者 X 射线物相照片的数据确定的,或红外线的强度 I 在测量阶段 M 中被这样调节,使得产生的光电流保持恒定。在此,红外线的强度 I 与待测量的和投射到探测器上的 X 射线的强度相匹配,使得通过结合入射 X 射线和入射红外线总是产生预先给定的光电流。在图 4 中描述该控制原理。此外,在图 5 中还示出另一个控制原理,其中,所形成的红外线的强度 I 始终、也就是说在预运行阶段 V 中和在测量阶段 M 中保持恒定。最后在图 5 和图 6 中示出了两个控制原理,其中,所产生的红外线的强度 I 也在预运行阶段 V 中发生变化。

[0040] 本发明不限于前面所描述的实施例。而本领域技术人员也可以从中推导出本发明的另外的变型,只要不偏离本发明的主题即可。此外,尤其是所有与实施例关联描述的单独特征也可以以另一种方式相互组合,只要不偏离本发明的主题即可。

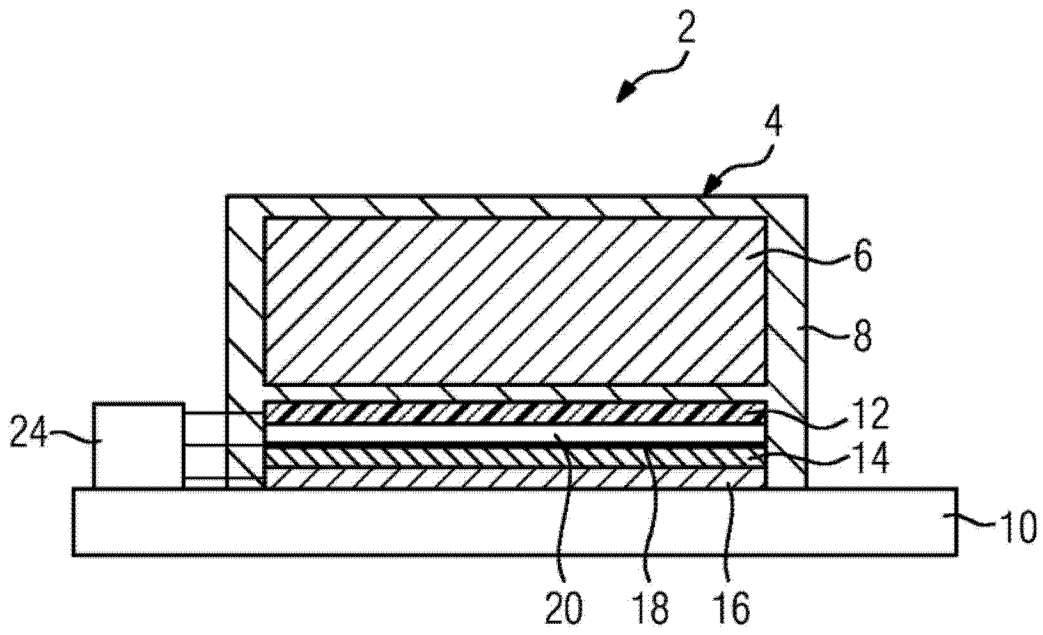


图 1

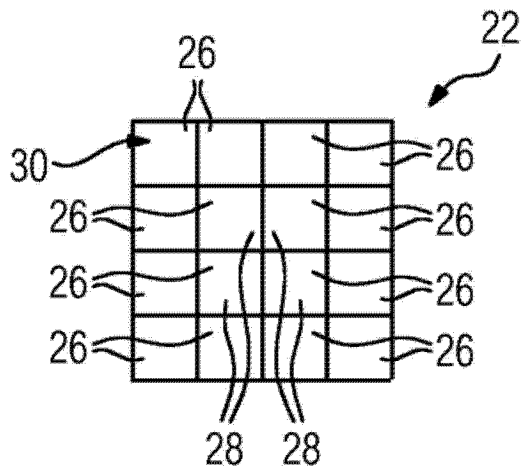


图 2



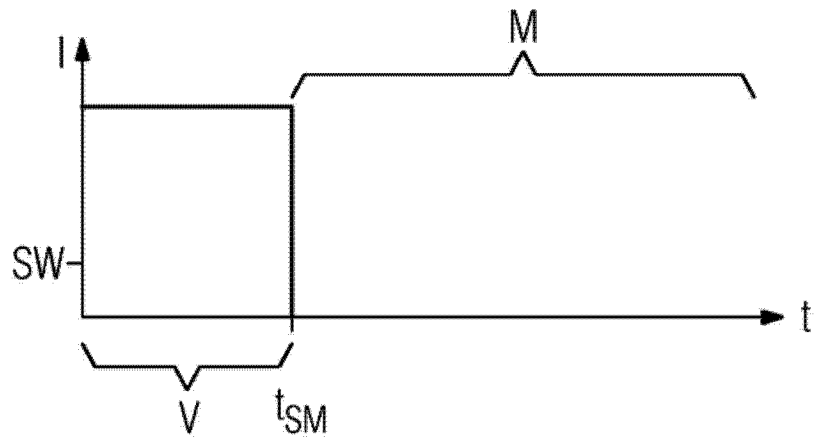


图 3

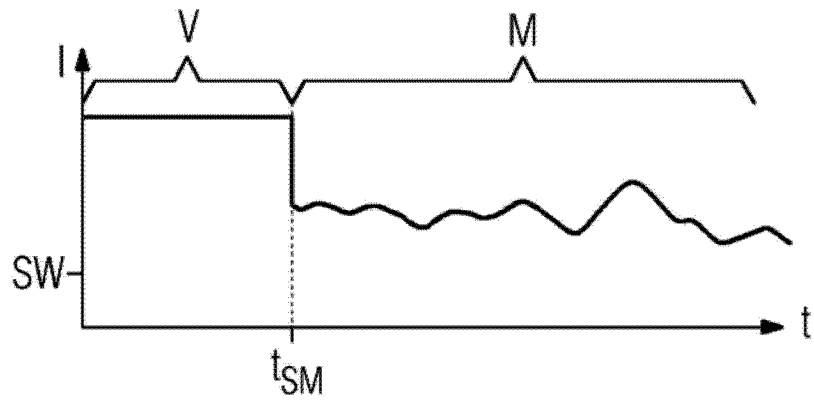


图 4

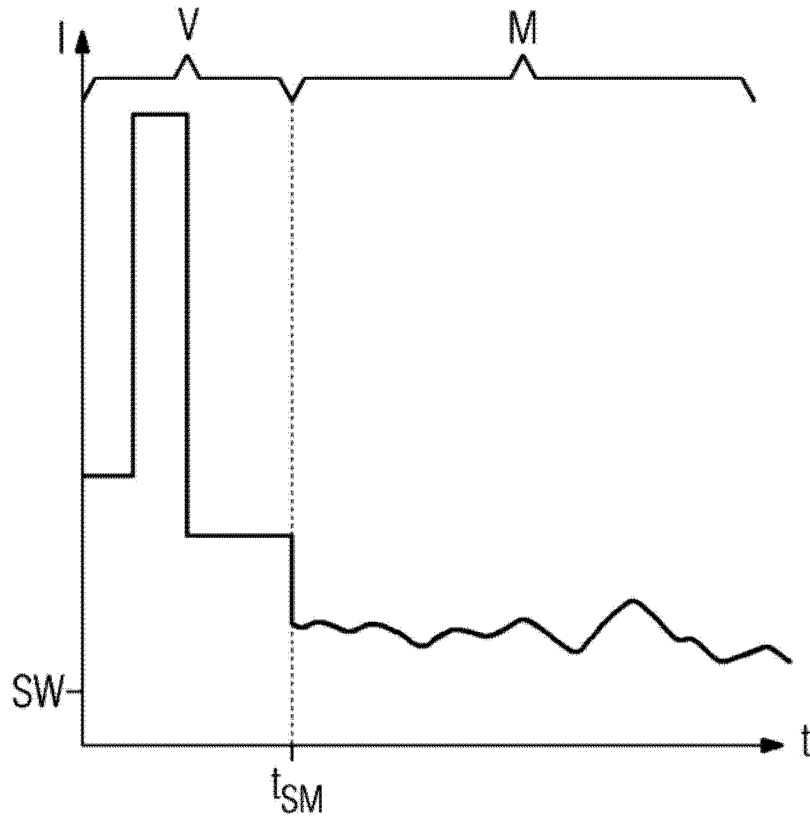


图 5

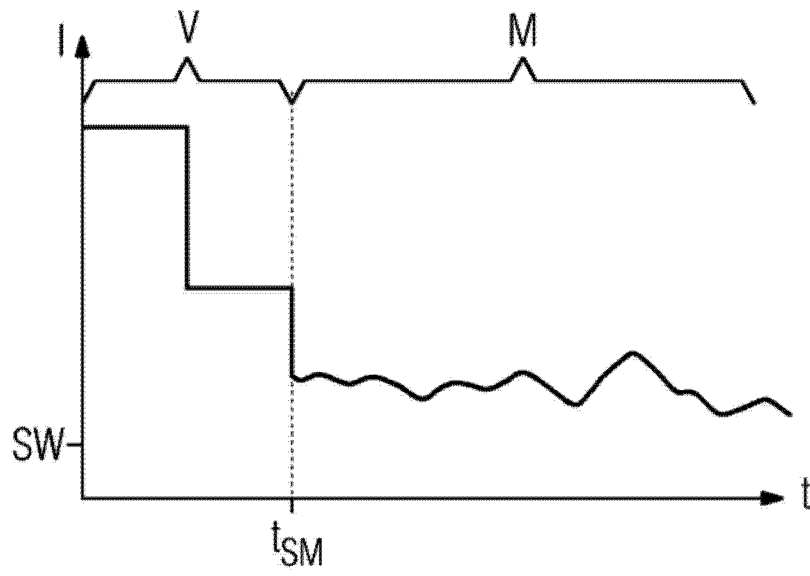


图 6

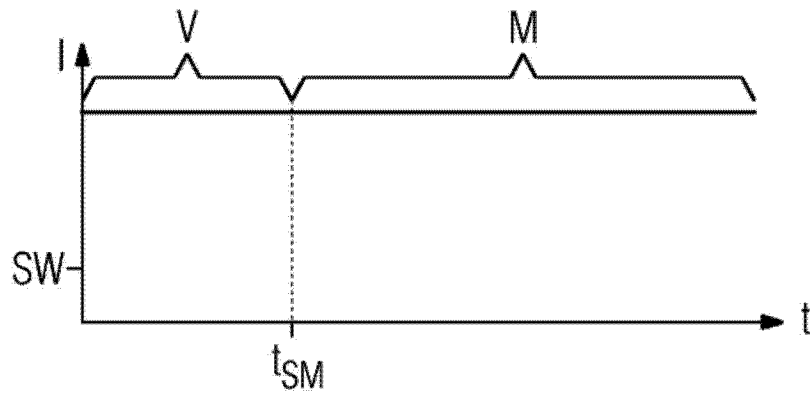


图 7