

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 5 月 27 日 (27.05.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/104705 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 31/119 (2006.01) **H01L 31/115** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/130452

(22) 国际申请日: 2020 年 11 月 20 日 (20.11.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳先进研究院 (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 李佳 (LI, Jia); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong

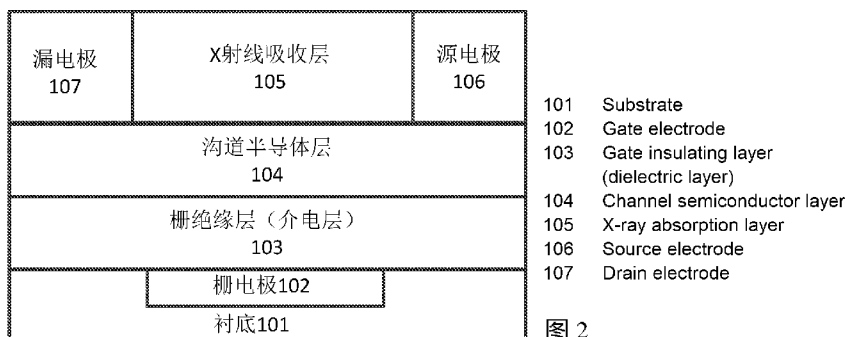
518055 (CN)。曹勇 (CAO, Yong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京市诚辉律师事务所 (BEIJING CHENGHUI LAW FIRM); 中国北京市朝阳区朝阳北路99号2号楼905, Beijing 100123 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: ALL-INORGANIC TRANSISTOR X-RAY DETECTOR AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种全无机晶体管型X射线探测器及其制备方法



(57) Abstract: An all-inorganic transistor X-ray detector and a manufacturing method therefor. The detector comprises a substrate (101), a gate electrode (102), a gate insulating layer (103), a channel semiconductor layer (104), a source electrode (106), a drain electrode (107), an X-ray absorption layer (105), and a protective layer; a heterojunction is established between the X-ray absorption layer (105) and the channel semiconductor layer (104); under X-ray irradiation, the heterojunction enables a generated electron-hole pair to be separated, and enables a charge carrier generated by the X-ray absorption layer (105) to be injected into the channel semiconductor layer (104). Thus, there is no need to provide a top electrode, and non-equilibrium charge carriers of the X-ray absorption layer (105) are transferred into the channel semiconductor layer (104) by means of the heterojunction interface. The device can work in a low voltage condition, and is simple in structure and easy to manufacture.

(57) 摘要: 一种全无机晶体管型X射线探测器及其制备方法, 该探测器包括衬底 (101)、栅电极 (102)、栅绝缘层 (103)、沟道半导体层 (104)、源电极 (106) 和漏电极 (107)、X射线吸收层 (105) 和保护层, 其中, 在所述X射线吸收层 (105) 和所述沟道半导体层 (104) 建立异质结, 在X射线照射下, 该异质结使所产生的电子-空穴对分离, 并使所述X射线吸收层 (105) 产生的载流子注入到所述沟道半导体层 (104), 从而无需设置顶电极, 通过异质结界面将X射线吸收层 (105) 的非平衡载流子转移到沟道半导体层 (104) 中, 可在低电压条件下工作, 并且器件结构简单, 易于制造。

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种全无机晶体管型 X 射线探测器及其制备方法

5 技术领域

本发明涉及 X 射线探测器技术领域,尤其涉及一种全无机晶体管型 X 射线探测器及其制备方法。

背景技术

10 目前商用直接探测 X 射线平板探测器通常是基于非晶硒(a-Se)的平板探测器,非晶硒 X 射线平板探测器具有较宽的动态范围,能够满足低能 X 射线成像,如乳房 X 线照相术的要求($\sim 20\text{keV}$)。然而非晶硒平板 X 射线探测器为两端结构,不具有电荷增益功能,因而不具有信号放大功能,导致信噪比低。为了增强电荷信号,通常会将 X 射线直接探测器与场效应管

15 集成使用,利用晶体管放大电信号。并且为了提高信号响应,通常需要在 X 射线吸收层上形成一层顶部电极,在顶部电极上施加偏压,使得 X 光照射产生的电子空穴分离,并将载流子注入到导电沟道中。

在现有技术中，如图 1 所示，典型的探测器结构均需设置顶电极，例如专利申请 CN201811094472.2、CN201810563401.6CN201710977868.0 等。由于这类探测器结构需要额外电极，不利于简化制备工艺。

5 发明内容

本发明的目的在于克服上述现有技术的缺陷，提供一种全无机晶体管型 X 射线探测器及其制备方法，通过采用恰当的异质结结构，促进光生载流子分离，可在低电压条件下工作。

根据本发明的第一方面，提供一种全无机晶体管型 X 射线探测器。该

10 探测器包括衬底、栅电极、栅绝缘层、沟道半导体层、源电极和漏电极、X 射线吸收层和保护层，其中，在所述 X 射线吸收层和所述沟道半导体层建立异质结，在 X 射线照射下，该异质结使所产生的电子-空穴对分离，并使所述 X 射线吸收层产生的载流子注入到所述沟道半导体层。

在一个实施例中，所述栅电极形成在所述衬底上；所述栅绝缘层形成

15 在所述栅电极上；所述源电极和所述漏电极分别形成在所述栅绝缘层上；所述沟道半导体层形成在所述栅绝缘层、所述漏电极和所述源电极上；所

述 X 射线吸收层形成并覆盖在所述沟道半导体层上。

在一个实施例中，所述栅电极的下表面与所述衬底相连；所述栅电极的上表面与所述栅绝缘层的下表面相连；所述栅绝缘层的上表面与所述沟道半导体层的下表面相连；所述源电极下表面、所述漏电极下表面与所述沟道半导体层的上表面相连；所述源电极上表面、所述漏电极上表面分别与
5 所述 X 射线吸收层下表面相连；所述 X 射线吸收层的上表面与所述保护层相连。

在一个实施例中，本发明提供的探测器还包括电荷传输层，其中，所述栅电极形成在所述衬底上；所述栅绝缘层形成在所述栅电极上；所述源
10 电极和所述漏电极分别形成在所述栅绝缘层上；所述沟道半导体层形成在所述栅绝缘层、所述漏电极和所述源电极上；所述电荷传输层形成并覆盖在所述沟道半导体层上；所述 X 射线吸收层形成并覆盖在所述电荷传输层上。

在一个实施例中，所述栅电极的下表面与所述衬底相连，所述栅电极
15 上表面与所述栅绝缘层的下表面相连；所述源电极下表面、所述漏电极下表面与所述栅绝缘层接触，所述沟道半导体层覆盖在所述漏电极、所述源

电极和所述栅绝缘层之上；所述沟道半导体层与所述 X 射线吸收层下表面相连；所述 X 射线吸收层的上表面与所述保护层相连。

在一个实施例中，所述 X 射线吸收层形成在所述衬底上；所述源电极和所述漏电极分别形成在所述 X 射线吸收层上；所述沟道半导体层形成并覆盖在所述 X 射线吸收层、所述漏电极和所述源电极上；所述栅绝缘层形成在所述沟道半导体上；所述栅电极形成在所述栅绝缘层上；所述保护层形成在所述栅电极上。

在一个实施例中，所述栅电极、所述漏电极和所述源电极由金、银、铜、铝、钼、镍、氧化铟锡、氧化铟锌、透明导电塑料、导电化合物、重掺杂半导体材料中的一种或多种制成。

在一个实施例中，所述沟道半导体层由非晶硅、单晶硅、多晶硅、氧化锡、氧化锌、铟镓氧化锌、二硫化钼、碘化铅等半导体材料的一种或者多种制成。

在一个实施例中，所述 X 射线吸收层包含非晶硒、氧化铅，硫化铅、碘化汞、甲氨碘化铅、铋锌镉、铯铅碘、铯铅溴或混合阳离子/阴离子无机卤素钙钛矿的一种或多种。

根据本发明的第二方面,提供一种全无机晶体管型 X 射线探测器的制备方法,包括:在衬底上制备栅电极;在所述衬底和所述栅电极上制备栅绝缘层;在所述栅绝缘层上制备沟道半导体层;在所述沟道半导体层上制备源电极和漏电极;在所述沟道半导体层上制备 X 射线吸收层;制备覆盖整个探测器上表面的保护层。

与现有技术相比,本发明的优点在于,无需设置顶电极,通过异质结界面将吸收层的非平衡载流子转移到晶体管沟道中,可在低电压条件下工作。本发明器件结构简单,易于制造,并且使用过程能够节省能量。

10 附图说明

以下附图仅对本发明作示意性的说明和解释,并不用于限定本发明的范围,其中:

图 1 是现有技术的典型探测器的结构示意图;

图 2 是根据本发明一个实施例的底栅底接触无电荷传输层的 X 射线探测器示意图;

图 3 是根据本发明一个实施例的底栅底接触有电荷传输层的 X 射线探

测器示意图；

图 4 是根据本发明一个实施例的顶栅顶接触无电荷传输层的 X 射线探测器示意图；

图 5 是光电子注入型 X 射线探测器的等效电路图；

5 图 6 是根据本发明一个实施例的加 X 射线照射和不加 X 射线条件下，X 射线探测器的转移曲线示意图。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案、设计方法及优点更加清楚明了，以下结合附图通过具体实施例对本发明进一步详细说明。应当理解，此处所描述的
10 具体实施例仅用于解释本发明，并不用于限定本发明。

在本文示出和讨论的所有例子中，任何具体值应被解释为仅仅是示例性的，而不是作为限制。因此，示例性实施例的其它例子可以具有不同的值。

15 对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论，但在适当情况下，所述技术、方法和设备应当被视为说明书的一部分。

本发明提供的全无机晶体管型 X 射线探测器的原理是：利用 X 射线吸收层与沟道层（或称沟道半导体层）之间形成的异质结，直接将 X 光照射产生的电子/空穴注入沟道层。由于载流子的注入，会使漏电极和源电极之间的电流显著增加或使 TFT（薄膜晶体管）的阈值电压偏移，从而实现

5 对 X 射线的探测。

以下将具体介绍本发明提供的全无机晶体管型 X 射线探测器类型和对应的制备方法。

实施例一

参见图 2，其是底栅底接触无电荷传输层的示例，该 X 射线探测器具

10 体包括：衬底 101；栅电极 102，形成在衬底 101 上；栅绝缘层（或称介电层）103，形成在栅电极 102 上；源电极 106 和漏电极 107，分别形成在栅绝缘层 103 上；沟道半导体层 104，形成在栅绝缘层 103、漏电极 107、和源电极 106 上；X 射线吸收层 105，形成并覆盖在沟道半导体层 104 上。

实施例二

15 参见图 3，其是底栅底接触有电荷传输层的示例，该 X 射线探测器具体包括：衬底 101；栅电极 102，形成在衬底 101 上；栅绝缘层 103，形成

在栅电极 102 上；源电极 106 和漏电极 107，分别形成在栅绝缘层 103 上；
沟道半导体层 104，形成在栅绝缘层 103、漏电极 107 和源电极 106 上；
电荷传输层 108，形成并覆盖在沟道半导体层 104 上；X 射线吸收层 105，
形成并覆盖在电荷传输层 108 上。

5 实施例三

参见图 4，其是顶栅顶接触无电荷传输层的示例，该 X 射线探测器具
体包括：衬底 101；X 射线吸收层 105，形成在衬底 101 上；源电极 106
和漏电极 107，分别形成在 X 射线吸收层 105 上；沟道半导体层 104，形
成并覆盖在 X 射线吸收层 105、漏电极 107 和源电极 106 上；栅绝缘层 103，
10 形成在沟道半导体层 104 上；栅电极 102，形成在栅绝缘层 103 上；保护
层（未示出），形成在栅电极 102 上；

在上述实施例中，所提供的晶体管型 X 射线探测器基于的原理是：X
射线吸收层产生非平衡载流子，在吸收层、电荷传输层和沟道半导体层所
形成异质结的作用下，使得器件受 X 射线照射时所产生的电子-空穴对迅
15 速分离，并且使载流子注入沟道层中，使得沟道层中的载流子浓度增大，
有效增大光电流，提高 X 射线探测器件的光电特性，从而提高光电子注入

型 X 射线探测器件的灵敏度。特别是，在采用高迁移率的半导体材料制备沟道半导体层情况下，探测器的响应速度得到有效增大。

优选地，栅电极 102、漏电极 107 和源电极 106 由金、银、铜、铝、钼、镍、氧化铟锡、氧化铟锌、透明导电塑料、导电化合物、重掺杂半导体材料中的任意一种或多种制成。

优选地，沟道半导体层 104 由非晶硅、单晶硅、多晶硅、氧化锡、氧化锌、铟镓氧化锌、二硫化钼、碘化铅等半导体材料的一种或者几种制成。

优选地，X 射线吸收层 105 的材料为包含非晶硒、氧化铅，硫化铅、碘化汞、甲萘碘化铅、锑锌镉(CZT)、铯铅碘、铯铅溴或混合阳离子/阴离子无机卤素钙钛矿的任意一种或多种。

需说明的是，以上实施例仅作为典型器件结构参考，任何形式的调换功能层顺序所产生的变形方案均在本发明的保护范围之内。

根据本发明的第二方面，提供一种全无机晶体管型 X 射线探测器，即基于异质结的光电子注入型 X 射线直接探测器的制备方法，以图 2 的晶体管型 X 射线探测器为例，其通过吸收层和沟道层建立起的异质结，形成内建电场，该电场使得 X 射线作用于吸收层产生的电子空穴对迅速分离，使

得载流子被内建电场注入到沟道半导体层中。当器件工作在开态时，能够有效增大光电流，提高晶体管型 X 射线探测器件的光电特性，从而增强 X 射线的灵敏度。此外，由于沟道半导体层所选用的材料具有较大的迁移率，使得本发明具有较快的响应速度。而且这种结构同时具有开关、放大器、
5 传感器和电容的功能。

实施例四

结合图 2，在该实施例中，栅电极 102 的下表面与衬底 101 相连，栅电极 102 的上表面与栅绝缘层 103 的下表面相连；栅绝缘层 103 的上表面与沟道半导体层 104 的下表面相连；源电极 106 的下表面、漏电极 107 的
10 下表面与沟道半导体层 104 的上表面相连；源电极 106 的上表面、漏电极 107 的上表面分别与 X 射线吸收层 105 下表面相连，X 射线吸收层 105 的上表面与保护层（未示出）相连。

在该实施例中，栅绝缘层 103 覆盖栅电极 102 和衬底 101，衬底 101 可选用单晶硅片，玻璃或者塑料材质等。

15 优选地，沟道半导体层 104 的材料为单晶硅，多晶硅，铟镓氧化锌，氧化锌，氧化锡，卤素钙钛矿薄膜材料等的一种或者几种。

优选地，X 射线吸收层 105 的材料为包含非晶硒、氧化铅，碘化汞，甲萘碘化铅、锑锌镉(CZT)或钙钛矿等 X 射线探测材料的任意一种或多种。X 射线吸收层的载流子浓度随着 X 射线剂量的变化而变化。

优选地，栅电极 102 选用铝、钼、铬、钛、镍、金属以及氧化铟锡、氧化铟锌、透明导电塑料或导电玻璃中的任意一种或多种材料制备。

优选地，源电极 106 和漏电极 107 选用铝、钼、铬、钛、镍等材料中的任意一种或多种制备。栅电极 102、源电极 106 和漏电极 107 均选用高电导率材料制备。

图 5 是光电子注入型 X 射线探测器的等效电路图，其中，D 表示漏电极，G 表示栅电极，S 表示源电极。可见，本发明可等效为 X 射线光吸收层-沟道层之间形成的二极管与薄膜晶体管的集成器件。当 X 射线照射时，会使得吸收层中载流子浓度增大，电子会在异质结内建电场的作用下被注入到薄膜晶体管的导电沟道中，改变薄膜晶体管的电流大小，起到 X 射线传感器使用。当栅电极和源电极加上合适栅偏压，且薄膜晶体管器件的输出电流小于一定值时，本发明的探测器件处于关闭状态；当输出电流大于或等于一定值时，本发明的探测器件处于开启状态，可起到开关的作用。

例如，在实际电路中，可设定当该薄膜晶体管器件输出电流小于 1nA 时，该薄膜晶体管器件处于关闭状态，当薄膜晶体管器件输出电流大于或等于 1nA 时，该薄膜晶体管器件处于开启状态。

图 6 是加 X 射线照射（对应上方曲线）和不加 X 射线（对应下方曲线）条件下，X 射线探测器的转移曲线示意，当 X 射线照射本发明实施例的薄膜晶体管器件时，其沟道半导体层中电子浓度增大，输出电流增大。对不同 X 射线照射剂量得到的对应电流建立数据库，通过读出薄膜晶体管器件暴露在 X 射线下的电流强度，就可计算得到该环境下的 X 射线剂量，此时的薄膜晶体管器件便起到光电传感器的作用。当薄膜晶体管的源电极，漏电极施加一定偏压时，使得晶体管的输出电流迅速增大或减小，起到放大器的作用。

仍结合图 2，该实施例的全无机晶体管型 X 射线探测器的制备方法包括以下步骤：

步骤 S1，在衬底上制备栅电极。

例如，采用蒸发镀膜法在衬底的表面生长一层金属薄膜，或采用高掺杂的硅片衬底。

步骤 S2，在衬底和栅电极上制备栅绝缘层。

例如，利用旋涂，刮涂，气相沉积，热氧化等工艺，形成覆盖衬底和栅电极的栅绝缘层。

具体地，在高掺杂 n 型或 p 型硅片上热氧化或采用化学气相沉积形成

5 100nm 厚的二氧化硅，作为栅绝缘层。

步骤 S3，在栅绝缘层上制备沟道半导体层。

例如，采用薄膜沉积工艺在栅绝缘层的上表面沉积沟道半导体材料。

具体地，在步骤 S2 中的栅介电材料上采用磁控溅射制备 40nm 厚的氧化铟镓锌(IGZO)。

10 步骤 S4，在沟道半导体层上制备源电极和漏电极。

例如，采用蒸镀法在沟道半导体层的上表面生长一层金属薄膜，利用掩膜版将所述金属薄膜预定图形，形成源电极和漏电极。

具体地，在步骤 S3 中的沟道半导体层上，热蒸镀氧铝，厚度 100-200nm。电极宽 1000um，沟道长度为 100um。

15 步骤 S5，在沟道半导体层上制备 X 射线吸收层。

例如，利用旋涂、滴涂等方法在沟道半导体层上制备量子点、纳米线

或者薄膜形态的 X 射线吸收材料。

在一个实例中，在沟道半导体层上制备 X 射线吸收层具体包括：

步骤 S51，将 5-10 μ l，浓度为 10mg/ml 的全无机钙钛矿(铯铅碘溴)涂敷于 IGZO-TFT 沟道表面；

5 步骤 S52，待室温下干燥成膜后，将 S51 中的样品先浸入无机钙钛矿量子点的抗溶剂中，保持 10s-180s，除去无机钙钛矿量子点中多余的有机配体。

步骤 S53，将 S52 中的样品浸入醋酸铅或硝酸铅的溶液中，保持 10s-180s。

10 例如，醋酸铅或硝酸铅的溶液所用溶剂为无机钙钛矿的抗溶剂。

步骤 S6，制备覆盖整个器件上表面的保护层。

例如，利用旋涂、刮涂、蒸镀、溅射等薄膜沉积工艺，在上吸收层的上表面沉积形成覆盖衬上电极保护层。

具体地，在 X 射线吸收层上，旋涂 PMMA，转速 2000rpm，PMM 浓
15 度 40mg/ml。

在本发明实施例中，导体材料可以是金、银、铜、铝、钼、镍、氧化

铟锡、氧化铟锌、透明导电塑料、导电化合物中的任意一种或多种。沟道半导体层的材料为有机或无机半导体材料，例如氧化铟镓锌(IGZO)，硅。

X 射线吸收层的材料为非晶硒、氧化铅，硫化铅、碘化汞、甲氨碘化铅、锑锌镉(CZT)、铯铅碘、铯铅溴或混合阳离子/阴离子无机卤素钙钛矿的任

5 意一种或多种。

实施例五

其他类型的全无机晶体管型 X 射线探测器的制备方法可参考上述实施例四，在此不再赘述。例如，对于图 3 的示例，栅电极 102 的下表面与衬底 101 相连，栅电极 102 的上表面与栅绝缘层 103 的下表面相连；源电
10 极 106、漏电极 107 的下表面与栅绝缘层 103 接触，沟道半导体层 104 覆盖在漏电极 107、源电极 106 和栅绝缘层 103 之上；沟道半导体层 104 与 X 射线吸收层下表面相连，X 射线吸收层的上表面与保护层相连；电荷传输层 108 形成并覆盖在沟道半导体层 104 上；X 射线吸收层形成并覆盖在电荷传输层 108 上。

15 该实施例五的器件制备与实施例四的器件制备不同之处在于：在制备沟道层之前，利用蒸镀或溅射的方法，在栅绝缘层上制备漏电极和源电极；

利用光刻或直接采用掩膜版的方法，完成漏电极和源电极的图形化。

综上所述，本发明采用钙钛矿材料（铯铅碘溴）吸收层和 IGZO-TFT 沟道界面形成的异质结，用于 X 射线探测，无需外加偏压促进载流子注入沟道，能在较低电压下工作，节省能量。并且，对于钙钛矿材料吸收层的

5 覆盖和处理方式，使器件结构更加简单，便于制备。

需要说明的是，虽然上文按照特定顺序描述了各个步骤，但是并不意味着必须按照上述特定顺序来执行各个步骤，实际上，这些步骤中的一些可以并发执行，甚至改变顺序，只要能够实现所需要的功能即可。

以上已经描述了本发明的各实施例，上述说明是示例性的，并非穷尽
10 性的，并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择，旨在最好地解释各实施例的原理、实际应用或对市场中的技术改进，或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的各实施例。

权 利 要 求 书

1. 一种全无机晶体管型 X 射线探测器，包括衬底、栅电极、栅绝缘层、沟道半导体层、源电极和漏电极、X 射线吸收层和保护层，其中，在所述 X 射线吸收层和所述沟道半导体层建立异质结，在 X 射线照射下，
5 该异质结使所产生的电子-空穴对分离，并使所述 X 射线吸收层产生的载流子注入到所述沟道半导体层。

2. 根据权利要求 1 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器，其中，所述栅电极形成在所述衬底上；所述栅绝缘层形成在所述栅电极上；所述源电极和所述漏电极分别形成在所述栅绝缘层上；所述沟道半导体层形成在
10 所述栅绝缘层、所述漏电极和所述源电极上；所述 X 射线吸收层形成并覆盖在所述沟道半导体层上。

3. 根据权利要求 2 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器，其中，所述栅电极的下表面与所述衬底相连；所述栅电极的上表面与所述栅绝缘层的下表面相连；所述栅绝缘层的上表面与所述沟道半导体层的下表面相
15 连；所述源电极下表面、所述漏电极下表面与所述沟道半导体层的上表面相连；所述源电极上表面、所述漏电极上表面分别与所述 X 射线吸收层下

表面相连；所述 X 射线吸收层的上表面与所述保护层相连。

4. 根据权利要求 1 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器，还包括电荷传输层，其中，所述栅电极形成在所述衬底上；所述栅绝缘层形成在所述栅电极上；所述源电极和所述漏电极分别形成在所述栅绝缘层上；所述沟道半导体层形成在所述栅绝缘层、所述漏电极和所述源电极上；所述电荷传输层形成并覆盖在所述沟道半导体层上；所述 X 射线吸收层形成并覆盖在所述电荷传输层上。

5. 根据权利要求 4 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器，其中，所述栅电极的下表面与所述衬底相连，所述栅电极上表面与所述栅绝缘层的下表面相连；所述源电极下表面、所述漏电极下表面与所述栅绝缘层接触，所述沟道半导体层覆盖在所述漏电极、所述源电极和所述栅绝缘层之上；所述沟道半导体层与所述 X 射线吸收层下表面相连；所述 X 射线吸收层的上表面与所述保护层相连。

6. 根据权利要求 1 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器法，其中，所述 X 射线吸收层形成在所述衬底上；所述源电极和所述漏电极分别形成在所述 X 射线吸收层上；所述沟道半导体层形成并覆盖在所述 X 射线吸

收层、所述漏电极和所述源电极上；所述栅绝缘层形成在所述沟道半导体上；所述栅电极形成在所述栅绝缘层上；所述保护层形成在所述栅电极上。

7. 根据权利要求 1 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器，其中，所述栅电极、所述漏电极和所述源电极由金、银、铜、铝、钼、镍、氧化铟锡、氧化铟锌、透明导电塑料、导电化合物、重掺杂半导体材料中的一种或多种制成。

8. 根据权利要求 1 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器，其中，所述沟道半导体层由非晶硅、单晶硅、多晶硅、氧化锡、氧化锌、铟镓氧化锌、二硫化钼、碘化铅等半导体材料的一种或者多种制成。

9. 根据权利要求 1 所述的全无机晶体管型 X 射线探测器，其中，所述 X 射线吸收层包含非晶硒、氧化铅，硫化铅、碘化汞、甲萘碘化铅、铋锌镉、铯铅碘、铯铅溴或混合阳离子/阴离子无机卤素钙钛矿的一种或多种。

10. 一种全无机晶体管型 X 射线探测器的制备方法，包括：

在衬底上制备栅电极；

15 在所述衬底和所述栅电极上制备栅绝缘层；

在所述栅绝缘层上制备沟道半导体层；

在所述沟道半导体层上制备源电极和漏电极；

在所述沟道半导体层上制备 X 射线吸收层；

制备覆盖整个探测器上表面的保护层。

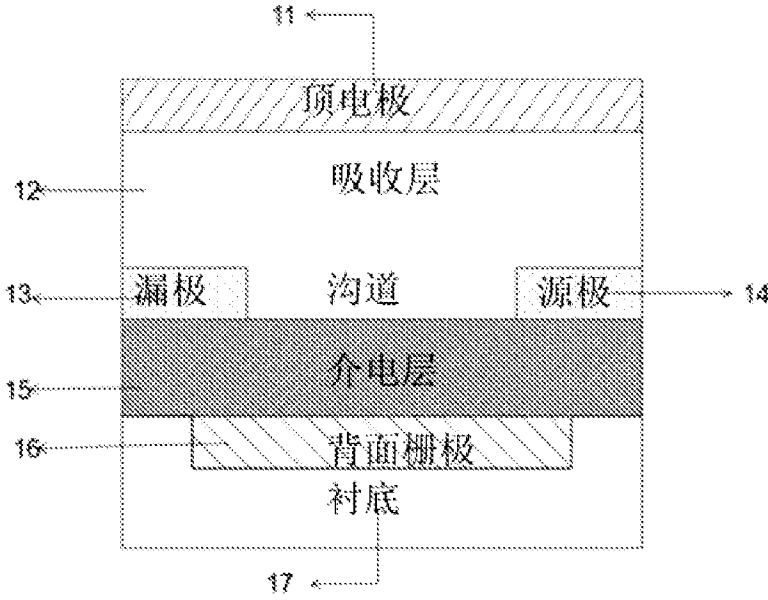


图 1

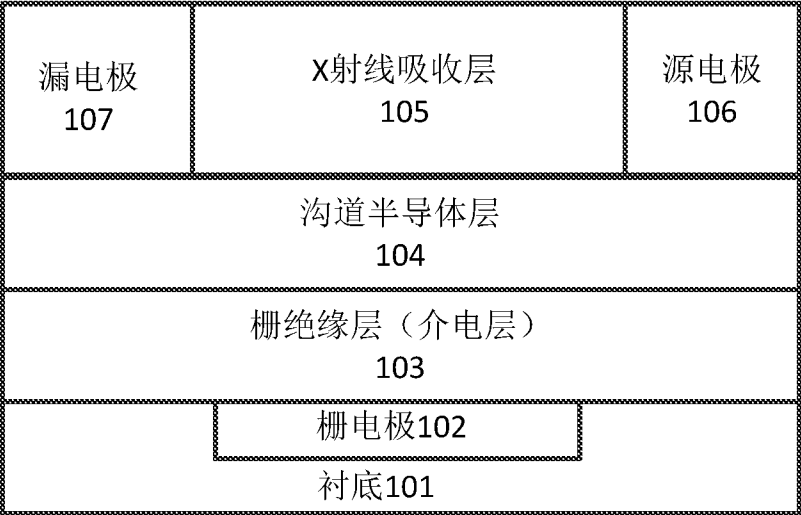


图 2

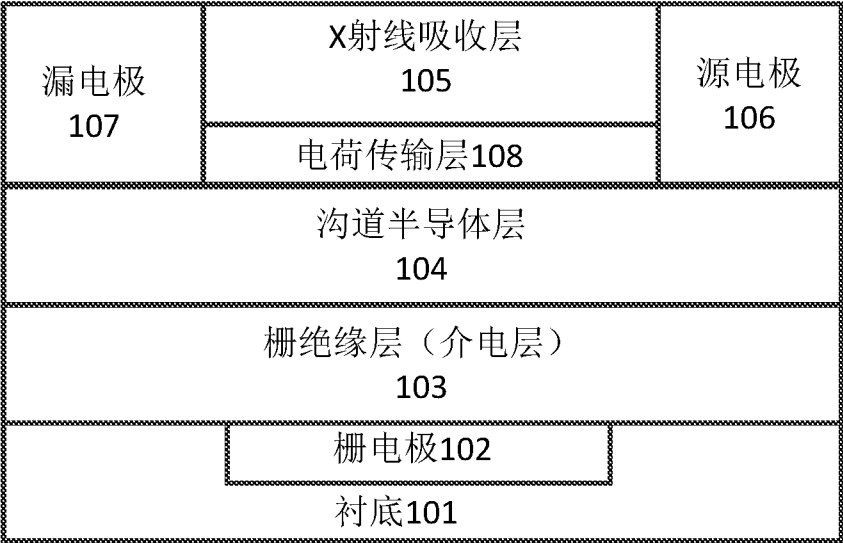


图 3

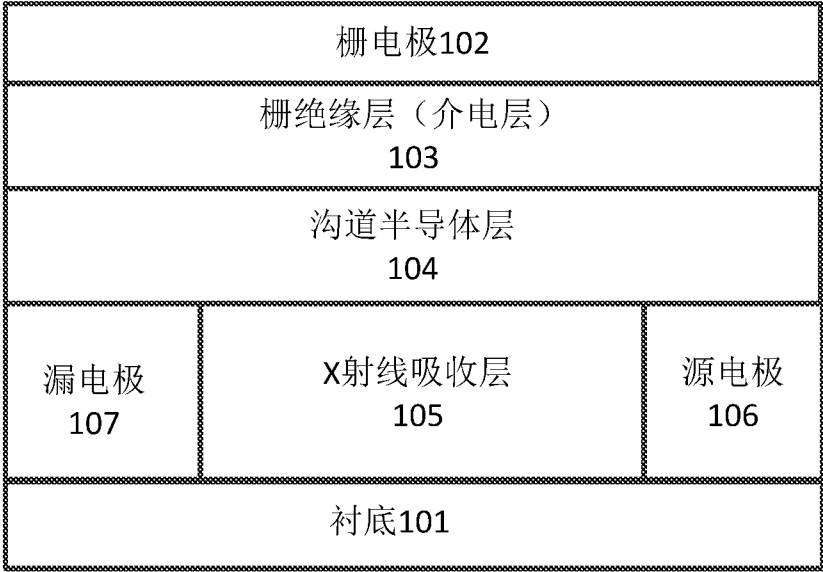


图 4

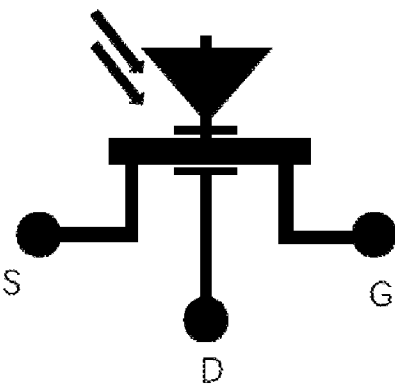


图 5

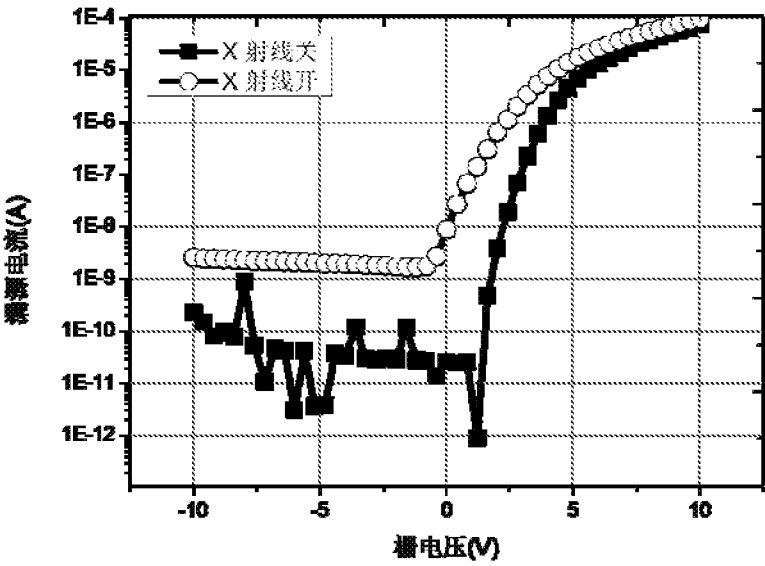


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/130452

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 31/119(2006.01)i; H01L 31/115(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L, G01T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, IEEE, EPODOC, WPI: X射线, 探测器, 光电, 吸收, 沟道, 异质结, 晶体管, X-ray, detector, absorb, channel, photoconductive, heterojunction, transistor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109273555 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 25 January 2019 (2019-01-25) description, paragraphs [0052]-[0081], and figure 1	1-10
E	CN 112054088 A (HENZHEN ZHONGXIN'GUANGYU TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 December 2020 (2020-12-08) description paragraphs [0003]-[0072], [0080]-[0104], figures 1-6	1, 7, 9-10
A	CN 110364625 A (PEKING UNIVERSITY SHENZHEN GRADUATE SCHOOL) 22 October 2019 (2019-10-22) entire document	1-10
A	US 2010176401 A1 (LEE, J. B. et al.) 15 July 2010 (2010-07-15) entire document	1-10
A	CN 107887455 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 06 April 2018 (2018-04-06) entire document	1-10
A	CN 108646283 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 12 October 2018 (2018-10-12) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 August 2021

Date of mailing of the international search report

18 August 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/130452

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109273555	A	25 January 2019	None			
CN	112054088	A	08 December 2020	None			
CN	110364625	A	22 October 2019	None			
US	2010176401	A1	15 July 2010	KR	20100082631	A	19 July 2010
CN	107887455	A	06 April 2018	None			
CN	108646283	A	12 October 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/130452

A. 主题的分类 H01L 31/119(2006.01)i; H01L 31/115(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01L, G01T 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, IEEE, EPDOC, WPI: X射线, 探测器, 光电, 吸收, 沟道, 异质结, 晶体管, X-ray, detector, absorb, channel, photoconductive, heterojunction, transistor																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 109273555 A (中山大学) 2019年 1月 25日 (2019 - 01 - 25) 说明书第[0052]-[0081]段, 附图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>CN 112054088 A (深圳中芯光宇科技有限公司) 2020年 12月 8日 (2020 - 12 - 08) 说明书第[0003]-[0072]、[0080]-[0104]段, 附图1-6</td> <td>1, 7, 9-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110364625 A (北京大学深圳研究生院) 2019年 10月 22日 (2019 - 10 - 22) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2010176401 A1 (LEE, J. B. 等) 2010年 7月 15日 (2010 - 07 - 15) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107887455 A (中山大学) 2018年 4月 6日 (2018 - 04 - 06) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108646283 A (中山大学) 2018年 10月 12日 (2018 - 10 - 12) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 109273555 A (中山大学) 2019年 1月 25日 (2019 - 01 - 25) 说明书第[0052]-[0081]段, 附图1	1-10	E	CN 112054088 A (深圳中芯光宇科技有限公司) 2020年 12月 8日 (2020 - 12 - 08) 说明书第[0003]-[0072]、[0080]-[0104]段, 附图1-6	1, 7, 9-10	A	CN 110364625 A (北京大学深圳研究生院) 2019年 10月 22日 (2019 - 10 - 22) 全文	1-10	A	US 2010176401 A1 (LEE, J. B. 等) 2010年 7月 15日 (2010 - 07 - 15) 全文	1-10	A	CN 107887455 A (中山大学) 2018年 4月 6日 (2018 - 04 - 06) 全文	1-10	A	CN 108646283 A (中山大学) 2018年 10月 12日 (2018 - 10 - 12) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 109273555 A (中山大学) 2019年 1月 25日 (2019 - 01 - 25) 说明书第[0052]-[0081]段, 附图1	1-10																					
E	CN 112054088 A (深圳中芯光宇科技有限公司) 2020年 12月 8日 (2020 - 12 - 08) 说明书第[0003]-[0072]、[0080]-[0104]段, 附图1-6	1, 7, 9-10																					
A	CN 110364625 A (北京大学深圳研究生院) 2019年 10月 22日 (2019 - 10 - 22) 全文	1-10																					
A	US 2010176401 A1 (LEE, J. B. 等) 2010年 7月 15日 (2010 - 07 - 15) 全文	1-10																					
A	CN 107887455 A (中山大学) 2018年 4月 6日 (2018 - 04 - 06) 全文	1-10																					
A	CN 108646283 A (中山大学) 2018年 10月 12日 (2018 - 10 - 12) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2021年 8月 2日		国际检索报告邮寄日期 2021年 8月 18日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 裴亚芳 电话号码 86-(10)-53961448																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/130452

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109273555	A	2019年 1月 25日	无	
CN	112054088	A	2020年 12月 8日	无	
CN	110364625	A	2019年 10月 22日	无	
US	2010176401	A1	2010年 7月 15日	KR 20100082631	A 2010年 7月 19日
CN	107887455	A	2018年 4月 6日	无	
CN	108646283	A	2018年 10月 12日	无	