

(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
2018 年 2 月 1 日 (01.02.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/018677 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 31/18 (2006.01) *H01L 31/08* (2006.01)
H01L 31/0224 (2006.01) *C30B 29/16* (2006.01)
H01L 31/0296 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/095817

(22) 国际申请日: 2016 年 8 月 18 日 (18.08.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610612940.5 2016 年 7 月 29 日 (29.07.2016) CN

(71) 申请人: 中山大学 (SUN YAT-SEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省广州市海珠区新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。

(72) 发明人: 黄丰 (HUANG, Feng); 中国广东省广州市海珠区新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。季旭 (JI, Xu); 中国广东省广州市海珠区新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。董美 (DONG, Mei); 中国广东省广州市海珠区新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。严崑 (YAN, Kun); 中国广东省广州市海珠区新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。

(74) 代理人: 广州粤高专利商标代理有限公司 (YOGO PATENT & TRADE MARK AGENCY LIMITED COMPANY); 中国广东省广州市天河区体育西路 191 号中石化大厦 B 塔 3912 室, Guangdong 510620 (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,

(54) Title: HIGH-RESISTIVITY MONOCRYSTALLINE ZNO-BASED RADIATION DETECTION DEVICE, PREPARATION METHOD THEREFOR, AND APPLICATION THEREOF

(54) 发明名称: 一种高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件及其制备方法和应用

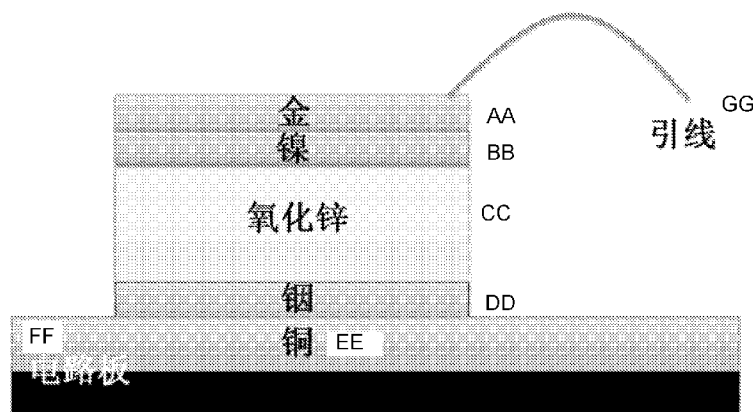


图 2

AA Gold
BB Nickel
CC Zinc oxide
DD Indium
EE Copper
FF Circuit board
GG Lead

(57) Abstract: Provided are a high-resistivity monocrystalline ZnO-based radiation detection device, a preparation method therefor, and an application thereof. The preparation method comprises the following steps: S1. preparing a high-resistivity monocrystalline ZnO chip; S2. vapor-depositing metal electrode layers on two sides of the high-resistivity monocrystalline ZnO chip; and S3. combining the chip treated in S2 onto a circuit board, and connecting the chip to the circuit board by means of a gold thread. Moreover, the device performance is tested using an α source, and the device shows an effective radiation response. According to the method, the radiation

CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))。

detection device is prepared using a high-resistivity ZnO material of excellent characteristics such as high irradiation resistance, wide band gap, and high breakdown electric field intensity. The obtained device is simple in structure, simple in manufacturing process, low in costs, and high in repeatability and quality, and has high practicality and a good promoting and application prospect.

(57) 摘要: 提供一种高电阻率单晶ZnO基辐射探测器件及其制备方法和应用。所述制备方法包括如下步骤: S1.制备高电阻率单晶ZnO晶片; S2.在高电阻率单晶ZnO晶片的双侧蒸镀金属电极层; S3.将步骤S2处理后的晶片结合到电路板上, 并通过金线将晶片与电路板相连接。同时采用 α 源对器件性能进行测试, 器件表现出了良好的辐射响应。上述方法采用具有更强抗辐照能力、更宽带隙、更高的击穿电场强度等优异特性的高阻ZnO材料进行辐射探测器件的制造, 所得器件结构简单、制造工艺简单、成本低, 可重复性高, 质量好, 其具有强的抗辐射能力, 具有较高的实用性, 推广应用前景好。

说明书

一种高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件及其制备方法和应用

技术领域

- 5 本发明属于辐射探测器技术领域。更具体地，涉及一种高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件及其制备方法和应用。

背景技术

- 在众多军事、国防、航天等领域，探测器需要同时具备高的灵敏度、小型化、抗辐照能力强等特性。与传统气体辐射探测器通过气体离化产生探测信号所需要的平均辐射能量(~ 30 eV)相比，半导体材料产生一对电子空穴对所需的平均辐射能量 < 10 eV，因此在同样的辐射能量下，特别是对于弱信号，半导体材料的灵敏度比气体要高；同时，由于半导体材料较之气体密度大，很薄的一层半导体材料（几微米）就可以有效地转换吸收的辐射能量，在器件小型化方面具有天然优势；另外半导体材料本身的机械强度可以很好地自支撑，方便集成化构建探测器阵列，从而实现探测目标位置信息的获得。
- 15

由于材料上的优势以及配套成熟发展的微电子加工技术，以 IV 族硅、锗为代表的元素半导体基 X 射线探测器件发展最早。与硅相比，锗的优势在于其相对大的原子数与低的电子空穴对产生能，这使得锗基探测器具有较高的效率和能量分辨率。

- 20 但是，无论硅还是锗都因其较窄的带隙而对环境温度敏感、抗辐射能力弱，因而将其装备到太空环境下工作的系统中受到较大的限制。另一方面，对于化合物半导体，如 III-V 族化合物 GaAs、InGaAs、GaN，II-VI 族化合物 CdTe (能量分辨率 $0.3\% @ 662$ keV 伽玛射线，需要 Peltire 制冷)、CdZnTe，VII-B 族二元卤族化合物 HgI₂、PbI₂、TlBr 以及它们的三元化合物 HgCdTe 等，这些材料大多数都存在熔点低、易分解、抗辐照能力弱的缺点，基于其所搭建器件性能的稳定性及可靠性难以保证，这些问题大大限制了相关探测器件在核电站、太空等苛刻环境中的应用。
- 25

发明内容

- 本发明要解决的技术问题是克服上述现有技术的缺陷和不足，提供一种基于高电阻率单晶氧化锌材料进行 α 粒子探测的半导体器件，制备方法包括以下步
- 30

骤：高阻单晶 ZnO 晶片在电子束或热蒸镀方法下进行双侧金属电极的制备，然后将晶片制作到电路板上方便测试，同时采用 α 源对器件性能进行测试，器件表现出了良好的辐射响应。本发明采用具有更强抗辐照能力、更宽带隙、更高的击穿电场强度等优异特性的高阻 ZnO 材料进行辐射探测器件的制造。所得器件结构简单、成本低，可重复性高。

本发明的目的是提供一种高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件。

本发明另一目的是所述高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件的制备方法。

本发明的另一目的是提供所述高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件的应用。

本发明上述目的通过以下技术方案实现：

10 一种高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件的制备方法，包括如下步骤：

S1.制备高电阻率单晶 ZnO 晶片；

S2.在高电阻率单晶 ZnO 晶片的双侧蒸镀金属电极层；

S3.将步骤 S2 处理后的晶片结合到电路板上，并通过金线将晶片与电路板相连接。

15 其中，优选地，步骤 S2 所述蒸镀的方法为热蒸镀或电子束蒸镀方法。

优选地，步骤 S2 所述在高电阻率单晶 ZnO 晶片的双侧蒸镀金属电极层具体是：在高电阻率单晶 ZnO 晶片的一侧蒸镀内金属层和外金属层，所述内金属层为镍层或钛层，所述外金属层为金层。在高电阻率单晶 ZnO 晶片的另一侧蒸镀铜层，或者采用同样的镍层、钛层或铝层并结合金层或银层的电极结，即在高电阻率单晶 ZnO 晶片的另一侧同样蒸镀内金属层和外金属层，所述内金属层为镍层、钛层或铝层，所述外金属层为金层或银层。更进一步地，然后再在一面上蒸镀铜层。

优选地，所述镍层的厚度为 4~6nm。

更优选地，所述镍层的厚度为 5nm。

25 优选地，所述钛层的厚度为 5~50nm。

更优选地，所述钛层的厚度为 35nm。

优选地，所述金层的厚度为 10~50nm。

更优选地，所述金层的厚度为 20nm。

优选地，步骤 S2 所述金属的纯度为 999~9999。

30 优选地，所述铜层的厚度为 1 μ m~500 μ m。

优选地，步骤 S3 所述晶片结合到电路板上的具体方法是：通过加热使一侧的金属层熔融，利用熔融的金属将晶片结合到电路板上。

具体优选地，步骤 S3 所述晶片结合到电路板上的具体方法是：是通过加热使一侧的铜层熔融，利用熔融的铜将晶片结合到电路板上。

- 5 另外，优选地，步骤 S1 所述高电阻率单晶 ZnO 晶片的制备方法如下：将单晶 ZnO 晶片置于金属锂电化学装置中，恒流放电处理后，放于 800~1000℃、10~30atm 的氧气气氛中退火处理 20~28 小时，即可得到高电阻率 ZnO 单晶片。

该制备高电阻率单晶 ZnO 晶片的方法中，首先利用锂与 ZnO 天然化学位能的差异，采取可控的放电过程，实现锂在 ZnO 中的高效注入。

- 10 优选地，所述的单晶 ZnO 晶片为低阻高质量单晶 ZnO 晶片。

优选地，所述金属锂电化学装置内的电解液为 0.5~1.5M LiPF₆ 溶液分散于体积比为 2~5: 2~4: 2~4 的碳酸亚乙酯、碳酸甲乙酯和碳酸二乙酯混合溶液，采用 Celgard 2400 聚乙烯多微孔膜做为电子隔膜。

- 15 更优选地，所述金属锂电化学装置内的电解液为 1M LiPF₆ 溶液分散于体积比为 4: 3: 3 的碳酸亚乙酯、碳酸甲乙酯和碳酸二乙酯混合溶液。

作为一种优选的可实施方案，所述金属锂电化学装置为锂电池壳。使用时，将 ZnO 晶片放于商用的锂电池结构中恒流放电处理。

- 20 优选地，所述将单晶 ZnO 晶片置于金属锂电化学装置中的方法具体是按照如下顺序将单晶 ZnO 晶片装配到锂电池壳中：正级壳、单晶 ZnO 晶片、聚乙烯多微孔膜、金属锂片、闪电极、弹簧电极、负极壳，外圈是绝缘套层。

另外，优选地，所述恒流放电处理是 2~4uA 恒流放电处理 10~25 小时。

优选地，所述恒流放电处理是 3uA 恒流放电处理 15 小时。

另外，优选地，所述的单晶 ZnO 晶片的大小为 10 厘米见方。

优选地，所述的单晶 ZnO 晶片的厚度为 0.2~0.5 毫米。

- 25 更优选地，是当单晶 ZnO 晶片的厚度为 0.2 毫米时，3uA 恒流放电处理 10 小时；当单晶 ZnO 晶片的厚度为 0.3 毫米时，3uA 恒流放电处理 15 小时；单晶 ZnO 晶片的厚度为 0.5 毫米时，3uA 恒流放电处理 25 小时。

优选地，恒流放电处理后的 ZnO 单晶放于 800~900℃、15~25atm 的氧气气氛炉中退火处理 22~26 小时。

- 30 更优选地，恒流放电处理后的 ZnO 单晶放于 800℃、20atm 的高压氧气气氛

炉中退火处理 24 小时。

另外，由上述方法制备得到的高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件，以及所述高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件在制备辐射探测器方面的应用，也都在本发明的保护范围之内。

5 本发明制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件的研究包括以下几个关键点：

(1) 高质量高电阻率单晶 ZnO 晶片做为辐射探测器件的核心功能组件。

(2) 采用热蒸镀及电子束蒸镀方法在 ZnO 单晶片上进行电极的制备。

(3) 采用 α 源对器件进行辐射，从而测试器件对辐射的响应。

本发明具有以下有益效果：

10 本发明提供了一种高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器的制造方法，并验证了其对于低束流单能或双能 α 源的响应，表现出了良好的辐射响应。

本发明采用具有更强抗辐照能力、更宽带隙、更高的击穿电场强度等优异特性的高阻 ZnO 材料进行辐射探测器件的制造，所得器件结构简单、制造工艺简单，成本低，可重复性高，具有较高的实用性，具有很好的推广应用前景。

15 而且，本发明采用高质量高电阻率的 ZnO 单晶为功能材料，其具有强的抗辐射能力，决定了器件可以在核科学技术领域以及太空等较强辐射条件下的工作。

本发明采用较成熟的热蒸镀或电子束蒸镀的办法，其具有成膜厚度均匀可控的特点，保证了高质量的电极质量，而且可以实现大部分金属的电极蒸镀，为电极选择控制器件性能提供了广阔的制造空间。

20 本发明采用束流量较低的单能 α 源做为辐射源，可以较好地反应出器件对探测信号的灵敏度，可以较好地反应出器件对探测信号能量上的区分度。

附图说明

25 图 1 为制备高电阻率单晶 ZnO 时低阻氧化锌晶格置于金属锂电池壳的电化学池配置顺序图。

图 2 是实施例 1 的高电阻率 ZnO 器件的装配结构图。

图 3 是实施例 1 的 α 粒子测试响应数据。

图 4 是实施例 2 的高电阻率 ZnO 器件的装配结构图。

图 5 是实施例 2 的 α 粒子测试响应数据。

30 具体实施方式

以下结合说明书附图和具体实施例来进一步说明本发明,但实施例并不对本发明做任何形式的限定。除非特别说明,本发明采用的试剂、方法和设备为本技术领域常规试剂、方法和设备。

除非特别说明,本发明所用试剂和材料均为市购。

5 实施例 1

1、制备高电阻率 ZnO 单晶

(1) 室温下在氩气填充的手套箱中,将 10 厘米见方的高质量低阻氧化锌晶片按图 1 所示顺序装配到商用 CR 2032 电池壳中,其中所用到的电解液为 1 M LiPF₆ 溶液分散于体积比为 4: 3: 3 的碳酸亚乙酯、碳酸甲乙酯和碳酸二乙酯混合溶液中,采用 Celgard 2400 聚乙烯多微孔膜做为电子隔膜。

通过 LAND BT2013A 多通道电池测试系统在室温下进行恒流放电处理,实现锂在 ZnO 单晶中的注入。

本实施例所用高质量低阻氧化锌晶片的厚度 0.3 毫米,恒流放电电流设定为 3 微安,放电时间设定为 15 小时。

(2) 将上述步骤 (1) 处理过的进锂氧化锌晶片放置于高温高压退火炉中,进行晶格中锂的去除,得到高电阻率 ZnO 单晶片。

本实施例所用的锂去除装置,其可承受高温高压氧气气氛,按实验需求,氧压设为 20 标准大气压,温度设为 800 摄氏度,退火时间设为 24 小时。

上述制备得到的高电阻率 ZnO 单晶片的电阻率为 $10^{11}\Omega\text{cm}$,比处理之前提高了 10^{11} 。

2、制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件

采用热/电子束蒸镀方法,按照如图 2 所示的顺序,在高电阻率 ZnO 晶片一侧表面上蒸镀 5nm 镍、20nm 金的双层金属电极,其中所用到的金属纯度为 999~9999。

随后在 ZnO 晶片另一面上镀较厚 ($1\ \mu\text{m}\sim 500\ \mu\text{m}$) 的金属铟电极。

双侧电极均为形成良好的电接触。

通过加热器件利用熔融的铟将晶片结合到电路板上。并通过金线将晶片与电路板相连接。

3、测试

将得到的高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件置于真空中,从而减少 α 粒子

在飞行过程中的能量损失。探测器件响应测试采用从 ^{241}Am 辐射源发出的 5.486 MeV 的 α 射线照射探测器。由前段放大器进行计数，信号接着传送到主放大器并传送给多道分析器，最终通过微机采集信号，如图 3 所示。

以上结果表明了，基于高电阻率单晶 ZnO 探测器件在辐射探测领域具有明显的实用能力，特别其对于弱 α 源的有效响应更是体现了器件的灵敏性。

实施例 2

1、制备高电阻率 ZnO 单晶，方法同实施例 1。

2、制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件

采用热/电子束蒸镀方法，按照如图 4 所示的顺序，在高电阻率 ZnO 晶片一侧表面上蒸镀的 35nm 钛、20nm 金的双层金属电极。

随后在 ZnO 晶片另一面上镀较厚的金属钎电极。

双侧电极均为形成良好的电接触。

通过加热器件利用熔融的钎将晶片结合到电路板上。并通过金线将晶片与电路板相连接。

3、测试

将得到的高阻 ZnO 基探测器件置于真空中，从而减少 α 粒子在飞行过程中的能量损失。探测器响应测试采用从 ^{243}Am - ^{244}Cm 双能辐射 α 射线源照射探测器。由前段放大器进行计数，信号接着传送到主放大器并传送给多道分析器，最终通过微机采集信号，如图 5 所示。

以上结果表明了，基于高电阻率单晶 ZnO 探测器件在辐射探测领域具有明显的实用能力，特别其对于双 α 源的有效响应并区分体现了器件具有优良的能量分辨能力。

实施例 3

1、制备高电阻率 ZnO 单晶，方法同实施例 1。

2、制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件

采用热/电子束蒸镀方法，按照如图 2 所示的顺序，在高电阻率 ZnO 晶片一侧表面上蒸镀 4nm 镍、10nm 金的双层金属电极，其中所用到的金属纯度为 999~9999。

随后在 ZnO 晶片另一面上镀较厚（1 μm ~500 μm ）的金属钎电极。

双侧电极均为形成良好的电接触。

通过加热器件利用熔融的钢将晶片结合到电路板上。并通过金线将晶片与电路板相连接。

3、测试

将得到的高阻 ZnO 基探测器件置于真空中，从而减少 α 粒子在飞行过程中的能量损失。探测器响应测试采用从 ^{243}Am - ^{244}Cm 双能辐射 α 射线源照射探测器。由前段放大器进行计数，信号接着传送到主放大器并传送给多道分析器，最终通过微机采集信号。

结果表明，基于高电阻率单晶 ZnO 探测器件在辐射探测领域具有明显的实用能力，特别其对于双 α 源的有效响应并区分体现了器件具有优良的能量分辨能力。

实施例 4

1、制备高电阻率 ZnO 单晶，方法同实施例 1。

2、制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件

采用热/电子束蒸镀方法，按照如图 4 所示的顺序，在高电阻率 ZnO 晶片一侧表面上蒸镀的 5nm 钛、10nm 金的双层金属电极。

随后在 ZnO 晶片另一面上镀较厚的（1 μm ~500 μm ）金属钢电极。

双侧电极均为形成良好的电接触。

通过加热器件利用熔融的钢将晶片结合到电路板上。并通过金线将晶片与电路板相连接。

3、测试

将得到的高阻 ZnO 基探测器件置于真空中，从而减少 α 粒子在飞行过程中的能量损失。探测器响应测试采用从 ^{243}Am - ^{244}Cm 双能辐射 α 射线源照射探测器。由前段放大器进行计数，信号接着传送到主放大器并传送给多道分析器，最终通过微机采集信号。

结果表明，基于高电阻率单晶 ZnO 探测器件在辐射探测领域具有明显的实用能力，特别其对于双 α 源的有效响应并区分体现了器件具有优良的能量分辨能力。

实施例 5

1、制备高电阻率 ZnO 单晶，方法同实施例 1。

2、制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件

采用热/电子束蒸镀方法，按照如图 2 所示的顺序，在高电阻率 ZnO 晶片一侧表面上蒸镀 6nm 镍、50nm 金的双层金属电极，其中所用到的金属纯度为 999~9999。

随后在 ZnO 晶片另一面上镀较厚（1 μm~500 μm）的金属钢电极。

5 双侧电极均为形成良好的电接触。

通过加热器件利用熔融的钢将晶片结合到电路板上。并通过金线将晶片与电路板相连接。

3、测试

将得到的高阻 ZnO 基探测器件置于真空中，从而减少 α 粒子在飞行过程中的能量损失。探测器响应测试采用从 ^{243}Am - ^{244}Cm 双能辐射 α 射线源照射探测器。由前段放大器进行计数，信号接着传送到主放大器并传送给多道分析器，最终通过微机采集信号。

结果表明，基于高电阻率单晶 ZnO 探测器件在辐射探测领域具有明显的实用能力，特别其对于双 α 源的有效响应并区分体现了器件具有优良的能量分辨能力。

实施例 6

1、制备高电阻率 ZnO 单晶，方法同实施例 1。

2、制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件

采用热/电子束蒸镀方法，按照如图 4 所示的顺序，在高电阻率 ZnO 晶片一侧表面上蒸镀的 50nm 钛、50nm 金的双层金属电极。

随后在 ZnO 晶片另一面上镀较厚的（1 μm~500 μm）金属钢电极。

双侧电极均为形成良好的电接触。

通过加热器件利用熔融的钢将晶片结合到电路板上。并通过金线将晶片与电路板相连接。

25 3、测试

将得到的高阻 ZnO 基探测器件置于真空中，从而减少 α 粒子在飞行过程中的能量损失。探测器响应测试采用从 ^{243}Am - ^{244}Cm 双能辐射 α 射线源照射探测器。由前段放大器进行计数，信号接着传送到主放大器并传送给多道分析器，最终通过微机采集信号。

30 结果表明，基于高电阻率单晶 ZnO 探测器件在辐射探测领域具有明显的实

用能力,特别其对于双 α 源的有效响应并区分体现了器件具有优良的能量分辨能力。

实施例 7

1、制备高电阻率 ZnO 单晶,方法同实施例 1。

5 2、制备高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件

采用热/电子束蒸镀方法,在高电阻率 ZnO 晶片的两侧表面上蒸镀金属层。

与实施例 2 不同的是:两面蒸镀的金属层对称,即两面均蒸镀内金属层 35nm 钛和外金属层 20nm 金。

随后在 ZnO 晶片一面上镀较厚的金属铟电极。

10 双侧电极均为形成良好的电接触。

通过加热器件利用熔融的铟将晶片结合到电路板上。并通过金线将晶片与电路板相连接。

3、测试

15 将得到的高阻 ZnO 基探测器件置于真空中,从而减少 α 粒子在飞行过程中的能量损失。探测器响应测试采用从 ^{243}Am - ^{244}Cm 双能辐射 α 射线源照射探测器。由前段放大器进行计数,信号接着传送到主放大器并传送给多道分析器,最终通过微机采集信号,如图 5 所示。

20 结果表明了,基于高电阻率单晶 ZnO 探测器件在辐射探测领域具有明显的实用能力,特别其对于双 α 源的有效响应并区分体现了器件具有优良的能量分辨能力。

上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受所述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件的制备方法，其特征在于，包括如下步骤：

S1.制备高电阻率单晶 ZnO 晶片；

5 S2.在高电阻率单晶 ZnO 晶片的双侧蒸镀金属电极层；

S3.将 S2 处理后的晶片结合到电路板上，并通过金线将晶片与电路板相连接。

2. 根据权利要求 1 所述制备方法，其特征在于，步骤 S2 所述蒸镀的方法为热蒸镀或电子束蒸镀方法。

3. 根据权利要求 1 所述制备方法，其特征在于，步骤 S2 所述在高电阻率单晶 ZnO 晶片的双侧蒸镀金属电极层具体是：在高电阻率单晶 ZnO 晶片的一侧蒸镀内金属层和外金属层，所述内金属层为镍层、钛层或铝层，所述外金属层为金层或银层；在高电阻率单晶 ZnO 晶片的另一侧蒸镀铜层，或者在高电阻率单晶 ZnO 晶片的另一侧同样蒸镀内金属层和外金属层，所述内金属层为镍层、钛层或铝层，所述外金属层为金层或银层。

15 4. 根据权利要求 1 所述制备方法，其特征在于，步骤 S2 所述金属的纯度为 999~9999。

5. 根据权利要求 3 所述制备方法，其特征在于，所述镍层的厚度为 4~6nm，所述钛层的厚度为 5~50nm，所述金层的厚度为 10~50nm。

6. 根据权利要求 3 所述制备方法，其特征在于，所述铜层厚度为 1~500 m。

20 7. 根据权利要求 1 所述制备方法，其特征在于，步骤 S3 所述晶片结合到电路板上的具体方法是：通过加热使一侧的金属层熔融，利用熔融的金属将晶片结合到电路板上。

8. 根据权利要求 1 所述制备方法，其特征在于，步骤 S1 所述高电阻率单晶 ZnO 晶片的制备方法如下：将单晶 ZnO 晶片置于金属锂电化学装置中，恒流放电处理后，放于 800~1000℃、10~30atm 的氧气气氛中退火处理 20~28 小时，即可得到高电阻率 ZnO 单晶片。

9. 根据权利要求 1~8 任一所述方法得到的高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件。

30 10. 权利要求 9 所述的高电阻率单晶 ZnO 基辐射探测器件在制备辐射探测器方面的应用。

说明书附图

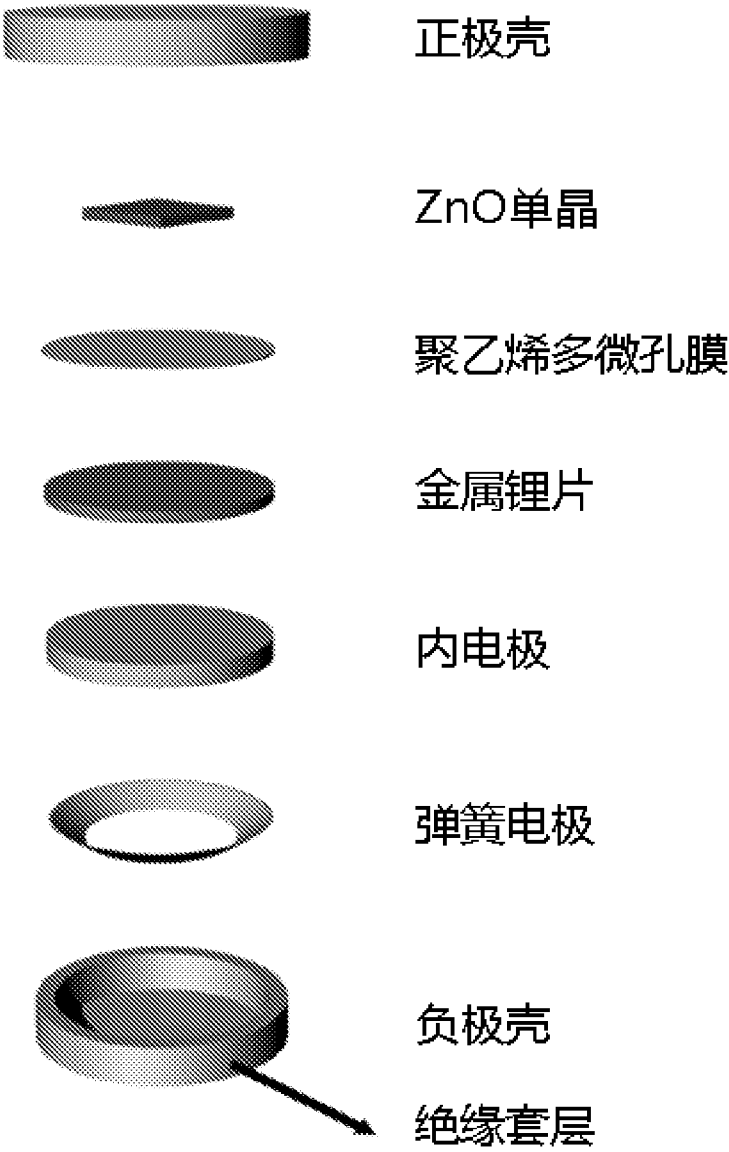


图 1

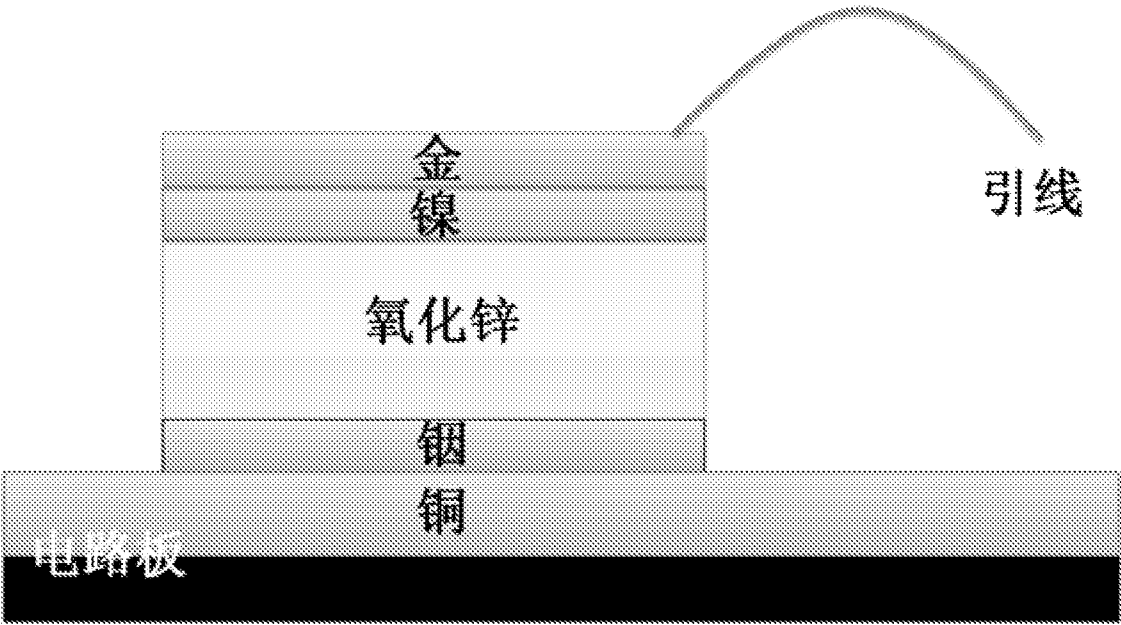


图 2

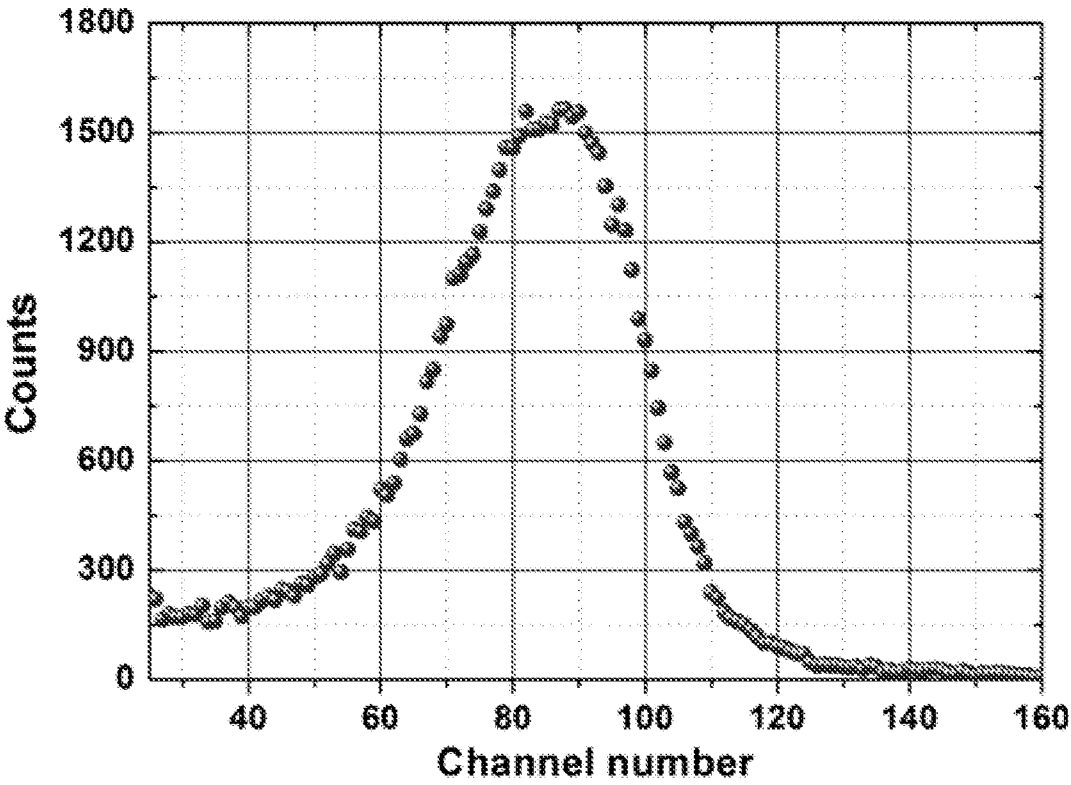


图 3

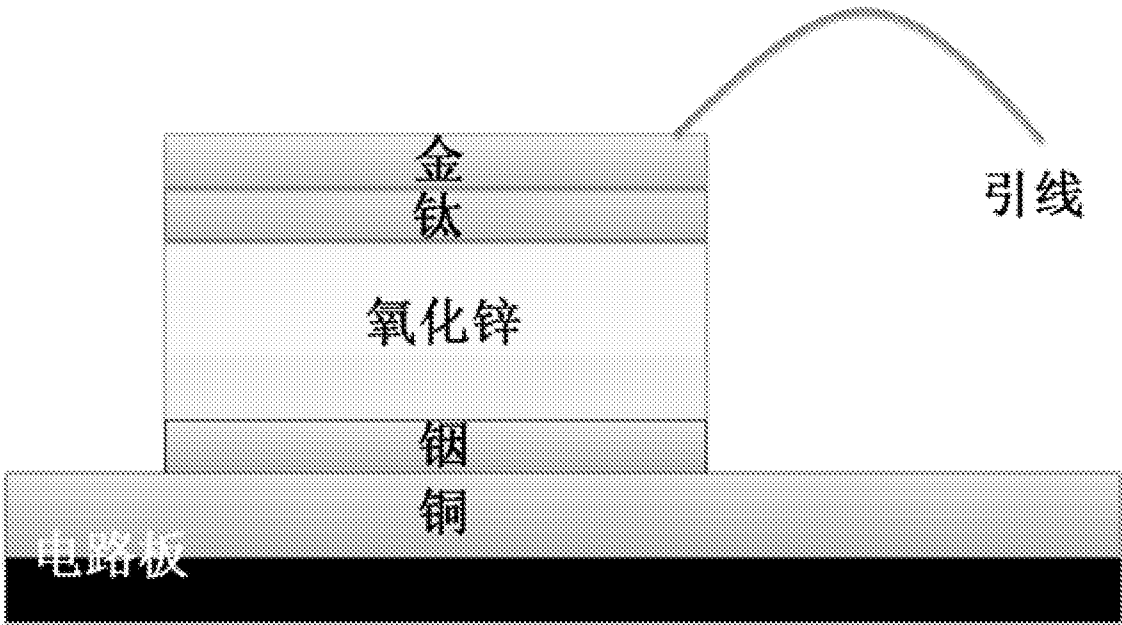


图 4

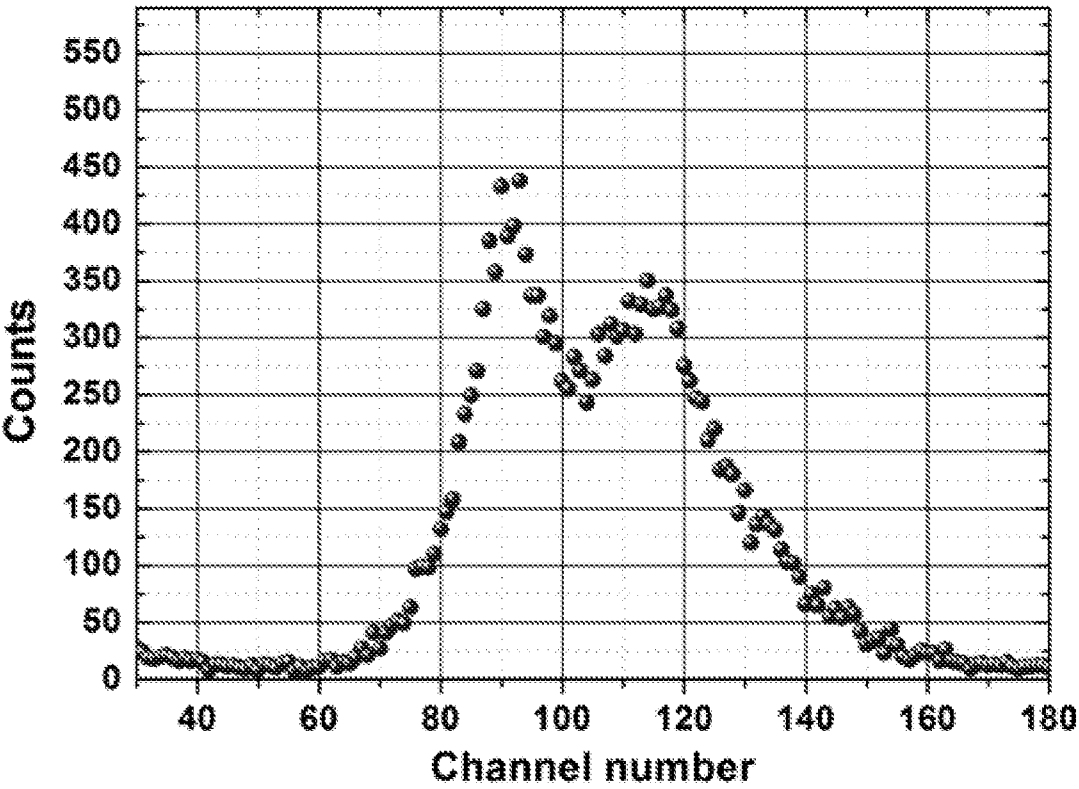


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/095817

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 31/18 (2006.01) i; H01L 31/0224 (2006.01) i; H01L 31/0296 (2006.01) i; H01L 31/08 (2006.01) i; C30B 29/16 (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)

C30B; H01L

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)

CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI: high w resistance, single w crystal, ZnO, Li, ray, probe

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103794674 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 14 May 2014 (14.05.2014) description, paragraphs [0034]-[0046], and figures 1-7	1, 2, 4, 7, 9, 10
A	CN 105742393 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 06 July 2016 (06.07.2016) the whole document	1-10
A	US 2014/0042875 A1 (SUENAGA et al.) 13 February 2014 (13.02.2014) the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 16 March 2017	Date of mailing of the international search report 01 April 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer MA, Liang Telephone No. (86-10) 62089124

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/095817

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103794674 A	14 May 2014	CN 103794674 B	08 June 2016
CN 105742393 A	06 July 2016	None	
US 2014/0042875 A1	13 February 2014	CN 103579491 A	12 February 2014
		JP 2014036035 A	24 February 2014
		JP 5858385 B2	10 February 2016

A. 主题的分类		
H01L 31/18(2006.01)i; H01L 31/0224(2006.01)i; H01L 31/0296(2006.01)i; H01L 31/08(2006.01)i; C30B 29/16(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)		
C30B; H01L		
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))		
CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI: 高电阻, 单晶, 氧化锌, 锂, 射线, 探测, high w resistance, single w crystal, ZnO, Li, ray, probe		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 103794674 A (西安交通大学) 2014年 5月 14日 (2014 - 05 - 14) 说明书第[0034]-[0046]段, 附图1-7	1-2, 4, 7, 9-10
A	CN 105742393 A (西安交通大学) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 全文	1-10
A	US 2014/0042875 A1 (SUENAGA 等) 2014年 2月 13日 (2014 - 02 - 13) 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		国际检索报告邮寄日期
2017年 3月 16日		2017年 4月 1日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		马良
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62089124

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/095817

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	103794674	A	2014年 5月 14日	CN 103794674 B	2016年 6月 8日
CN	105742393	A	2016年 7月 6日	无	
US	2014/0042875	A1	2014年 2月 13日	CN 103579491 A	2014年 2月 12日
				JP 2014036035 A	2014年 2月 24日
				JP 5858385 B2	2016年 2月 10日