



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106960852 B

(45) 授权公告日 2021. 01. 29

(21) 申请号 201710128147.2

H01L 31/107 (2006.01)

(22) 申请日 2017.03.06

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

US 2016218236 A1, 2016.07.28

申请公布号 CN 106960852 A

CN 101752391 A, 2010.06.23

(43) 申请公布日 2017.07.18

审查员 卫国统

(73) 专利权人 北京世纪金光半导体有限公司
地址 100176 北京市大兴区经济技术开发区通惠干渠路17号院

(72) 发明人 袁俊 倪炜江 张敬伟 李明山
牛喜平 徐妙玲 胡羽中

(74) 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理有限公司 11003
代理人 张宇锋

(51) Int. Cl.

H01L 27/144 (2006.01)

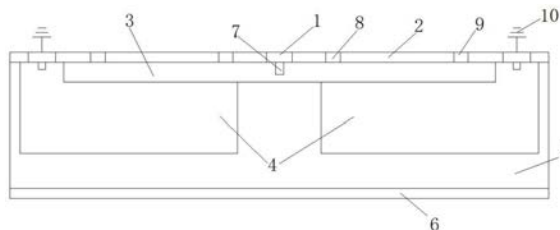
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器及其探测方法

(57) 摘要

本发明公开了具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,该探测器的每个器件单元从上至下依次包括CE电极、SiO₂层、N-CHANNEL、P-well或N-well、衬底和背面电极;CE电极嵌入在SiO₂层的中心;P-well或N-well由对称设置在器件单元左右两侧的两部分构成;N-CHANNEL设在SiO₂层下方,两部分P-well或N-well的上方;N-CHANNEL的上部中心设置有点状雪崩二极管,点状雪崩二极管与CE电极电连通;SiO₂层上由内到外依次设置有内漂移环、外漂移环和接地GND,接地GND与P-well或N-well电连通。本申请的探测器在雪崩倍增高场区域比较小的同时保证大面积的光探测区域,提高了量子效率;减小雪崩区域的面积,有助于减小暗电流和暗激发,同时对于晶片质量和缺陷的容忍度提高,防止了大面积雪崩倍增高场区在缺陷位置的提前击穿。



1. 具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,其特征在于,所述探测器的每个器件单元从上至下依次包括CE电极、SiO₂层、N-CHANNEL、P-well或N-well、衬底和背面电极;其中,所述CE电极嵌入在所述SiO₂层的中心;所述P-well或N-well由对称设置在所述器件单元左右两侧的两部分构成;所述N-CHANNEL设在SiO₂层下方,两部分P-well或N-well的上方;N-CHANNEL的上部中心设置有点状雪崩二极管,所述点状雪崩二极管与所述CE电极电连通;所述SiO₂层上由内到外依次设置有内漂移环、外漂移环和接地GND,所述接地GND与P-well或N-well电连通;

所述探测器由N型或P型碳化硅单晶片制成,所述碳化硅单晶片的厚度为100微米—0.5毫米。

2. 根据权利要求1所述的具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,其特征在于,所述P-well或N-well由离子注入或外延工艺制成,深度为0.1—5微米。

3. 根据权利要求1所述的具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,其特征在于,所述CE电极由金属电极或透明导电膜制成。

4. 根据权利要求3所述的具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,其特征在于,所述透明导电膜为氧化铟锡膜,其厚度为10纳米—10微米。

5. 一种使用权利要求1-4任一所述的具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器进行探测的方法,其特征在于,所述方法为:CE电极相对于内漂移环加负偏压到雪崩击穿电压以上,在空穴漂移到雪崩区后引发雪崩信号;背面电极相对于GND加正偏压,使P-well全耗尽并在P-well中形成一条空穴电势能谷,同时内漂移环、外漂移环以及N-channel构成电阻分压结构的漂移电场分布沟道,形成侧向的均匀漂移电场;被测光信号从所述探测器的正面入射进入器件,在耗尽区中产生电子-空穴对,电子被排斥进入衬底,而空穴被集中于漂移通道中并在漂移环所产生的侧向电场下漂移至器件中心的雪崩区,在雪崩区发生电离碰撞倍增而被放大或产生雪崩信号。

6. 根据权利要求5所述的探测方法,其特征在于,所述被测光信号指紫外光或X光。

具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器及其探测方法

技术领域

[0001] 本发明属于H01L 27/00类半导体器件领域,具体涉及一种具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器及其探测方法。

背景技术

[0002] 雪崩光电二极管探测器(APD),应用于弱光探测。而用第三代宽禁带半导体材料(例如SiC,GaN等)制作的具有“日盲”特性的紫外光探测器,可在高温下工作而不需要昂贵笨重的制冷系统,且抗辐射、具有高的近紫外响应。因其在航天,天文探测及军事方面的卓越特性,一直是研究热点。

[0003] 相比于传统的光电倍增管,紫外APD具有单光子响应、增益较大、对磁场不敏感、制作工艺简单、成本低、体积小、易于CMOS工艺集成、工作电压低、比较安全等优点,近年来得到了迅速发展。紫外APD在天文探测、射线探测、生物医学、航天,火箭技术以及其他弱光探测领域的应用都是当今研究的热点。

[0004] 但是,由于目前紫外APD技术发展还不成熟,还有很多缺点,如探测效率低(<40%),对远紫外光不敏感、暗电流大、信噪比低等缺点,限制了紫外APD的实际应用。新的器件结构设计和工艺改进正在积极地探索中。紫外APD由雪崩倍增结区和吸收漂移区组成。现有的紫外APD探测效率低主要是由于其雪崩区面积大,暗激发和暗电流噪声大,信噪比低。由于时间相关性测量以及器件工作性能的要求,单元输出电容不能太大,暗计数和漏电流越低越好,即要求雪崩区的面积不能太大。

[0005] 针对上述问题,本发明的目的是提出一种新型的雪崩探测器单元结构---具有漂移沟道结构的紫外雪崩二极管探测器,以下简称为DC-APD(Drift Channel Avalanche Photo Detector)。它既可以作为APD的基本探测单元而大规模集成,也可以制作成大面积的单元探测器。DC-APD的基本结构是以大面积P-WELL耗尽沟道吸收区结构和侧向N分压N-Channel漂移环以及衬底构成的反偏PN结共同形成的漂移区作为光探测的有源区并在其中形成一条光生载流子(空穴或电子)能谷漂移通道,以内外漂移环及分压电阻结构的N-channel在通道中产生成较均匀的侧向漂移电场,而以位于单元中心的点状雪崩二极管作为光生载流子(空穴或电子)的收集区。没有文献报道或实际应用这种结构用于碳化硅紫外探测器。

[0006] DC-APD结构用于制作单元大面积探测器时,雪崩区与光子收集区域分开,雪崩结区较小,能制作出比较低雪崩电压的器件;同时在雪崩倍增高场区域比较小的同时保证大面积的光探测区域,提高了量子效率;减小雪崩区域的面积,有助于减小暗电流和暗激发,同时对于晶片质量和缺陷的容忍度提高,防止了大面积雪崩倍增高场区在缺陷位置的提前击穿。器件的有源区全耗尽,减小了光生载流子的复合,提高了探测效率;同时其输出电容比传统大面积雪崩结APD小,其电子学噪声一般小于具有同样通光窗口面积和光吸收区厚度的常规雪崩光电二极管;小的电容也能提高器件的频率响应。

[0007] 应用于多单元集成时,采用DC-APD结构的紫外光探测器可以方便的解决单元面积

与输出电容要求之间的矛盾,可以在保持低的输出电容的同时提供很高的填充因子(大于70%)和探测效率。同时,由于采用很小面积的点状雪崩区,高场区面积大大减小,可以有效减小漏电流和暗记数(相比于相同有效探测面积的器件)。DC-APD采用正面入射方式,入射面电极可以采用透明导体,例如氧化铟锡(ITO)膜作为电极材料,有效减小电极对光的遮挡和吸收。对远紫外光到近紫外光波段都敏感。

发明内容

[0008] 针对现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,其有效解决了现有技术中存在的问题。本发明的另一目的在于提供一种使用本发明的探测器进行探测的方法。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0010] 具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,所述探测器的每个器件单元从上至下依次包括CE电极、SiO₂层、N-CHANNEL、P-well或N-well、衬底和背面电极;其中,所述CE电极嵌入在所述SiO₂层的中心;所述P-well或N-well由对称设置在所述器件单元左右两侧的两部分构成;所述N-CHANNEL设在SiO₂层下方,两部分P-well或N-well的上方;N-CHANNEL的上部中心设置有点状雪崩二极管,所述点状雪崩二极管与所述CE电极电连通;所述SiO₂层上由内到外依次设置有内漂移环、外漂移环和接地GND,所述接地GND与P-well或N-well电连通。

[0011] 进一步,所述探测器由N型或P型碳化硅单晶片制成。

[0012] 进一步,所述碳化硅单晶片的厚度为100微米—0.5毫米。

[0013] 进一步,所述P-well或N-well由离子注入或外延工艺制成,深度为0.1—5微米。

[0014] 进一步,所述CE电极由金属电极或透明导电膜制成。

[0015] 进一步,所述透明导电膜为氧化铟锡膜,其厚度为10纳米—10微米。

[0016] 一种使用具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器进行探测的方法,所述方法为:CE电极相对于内漂移环加负偏压到雪崩击穿电压以上,在空穴漂移到雪崩区后引发雪崩信号;背面电极相对于GND加正偏压,使P-well全耗尽并在P-well中形成一条空穴电势能谷,同时内漂移环、外漂移环以及N-channel构成电阻分压结构的漂移电场分布沟道,形成侧向的均匀漂移电场;被测光信号从所述探测器的正面入射进入器件,在耗尽区中产生电子-空穴对,电子被排斥进入衬底,而空穴被集中于漂移通道中并在漂移环所产生的侧向电场下漂移至器件中心的雪崩区,在雪崩区发生电离碰撞倍增而被放大或产生雪崩信号。

[0017] 进一步,所述被测光信号指紫外光或X光。

[0018] 本发明具有以下有益技术效果:

[0019] 本申请用于制作单元大面积探测器时,雪崩区与光子收集区域分开,雪崩结区较小,能制作出比较低雪崩电压的器件;同时在雪崩倍增高场区域比较小的同时保证大面积的光探测区域,提高了量子效率;减小雪崩区域的面积,有助于减小暗电流和暗激发,同时对于晶片质量和缺陷的容忍度提高,防止了大面积雪崩倍增高场区在缺陷位置的提前击穿。器件的有源区全耗尽,减小了光生载流子的复合,提高了探测效率;同时其输出电容比传统大面积雪崩结APD小,其电子学噪声一般小于具有同样通光窗口面积和光吸收区厚度的常规雪崩光电二极管;小的电容也能提高器件的频率响应。

附图说明

[0020] 图1为本发明具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器的单个器件的结构示意图。

具体实施方式

[0021] 下面,参考附图,对本发明进行更全面的说明,附图中示出了本发明的示例性实施例。然而,本发明可以体现为多种不同形式,并不应理解为局限于这里叙述的示例性实施例。而是,提供这些实施例,从而使本发明全面和完整,并将本发明的范围完全地传达给本领域的普通技术人员。

[0022] 如图1所示,本发明提供了一种具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器,该探测器的每个器件单元从上至下依次包括CE电极1、SiO₂层2、N-CHANNEL 3、P-well或N-well 4、衬底5和背面电极6;其中,CE电极1嵌入在SiO₂层2的中心;P-well或N-well 4由对称设置在器件单元左右两侧的两部分构成;N-CHANNEL 3设在SiO₂层2下方,两部分P-well或N-well的上方;N-CHANNEL 3的上部中心设置有点状雪崩二极管7,点状雪崩二极管7与CE电极1电连通;SiO₂层2上由内到外依次设置有内漂移环8、外漂移环9和接地GND10,接地GND10与P-well或N-well 4电连通。

[0023] 本申请的探测器由高掺杂(N型或P型)SiC(或者其他类似宽禁带半导体材料)单晶片制成,碳化硅单晶片的厚度为100微米—0.5毫米;器件单元由全耗尽P-WELL结构,外延生长构造或者注入掩埋PN结,内外漂移环及N-Channel构成的漂移沟道结构,以及小面积点状雪崩二极管构成的收集区组成。

[0024] P-well或N-well 4由离子注入或外延工艺制成,深度为0.1—5微米。

[0025] CE电极1由薄层金属电极或透明导电膜制成。透明导电膜可以为氧化铟锡膜,其厚度为10纳米—10微米。

[0026] 本发明还提供了一种使用具有漂移沟道的紫外雪崩光电二极管探测器进行探测的方法,该方法为:CE电极加负偏压(相对于内漂移环R1)到雪崩击穿电压以上,在空穴漂移到雪崩区后引发雪崩信号;背面电极BE加一合适正偏压(相对于GND),使P-well全耗尽并在P-well中形成一条空穴电势能谷(使光生空穴集中于能谷中以减小复合损失);同时内外漂移环R1,R2及N-channel构成电阻分压结构的漂移电场分布沟道,形成侧向的均匀漂移电场。被测光信号从所述DC-APD探测器的正面入射进入器件(透过ITO电极),在耗尽区中产生电子-空穴对,电子被排斥进入衬底,而空穴被集中于漂移通道中并在漂移环所产生的侧向电场下漂移至器件中心的雪崩区,在雪崩区发生电离碰撞倍增而被放大或产生雪崩信号。

[0027] 被测光信号指紫外光(波长范围是0.2—1.1微米)或X光(能量范围是1—20keV)。

[0028] 由本申请的DC-APD探测器可以由全耗尽P-WELL结构,点状雪崩二极管结构,漂移沟道结构,n-p-n基本结构或p-n-p基本结构构造出的分立的或集成在同一芯片上的阵列或其它变种形式的结构。

[0029] 本申请的由P+N或N+P构成的点状雪崩二极管结构处于器件的中心,作为探测器单元的收集极和雪崩区;全耗尽漂移区,由全耗尽的P-well或N-well及反偏N-CHANNEL构成;掩埋pn结由P-well或N-well与衬底构成,工作时加反向偏压将有源区全耗尽;所述漂移电场由掩埋反偏PN结构以及N-channel和内外漂移环构成的分压电阻形成。

[0030] 上面所述只是为了说明本发明,应该理解为本发明并不局限于以上实施例,符合本发明思想的各种变通形式均在本发明的保护范围之内。

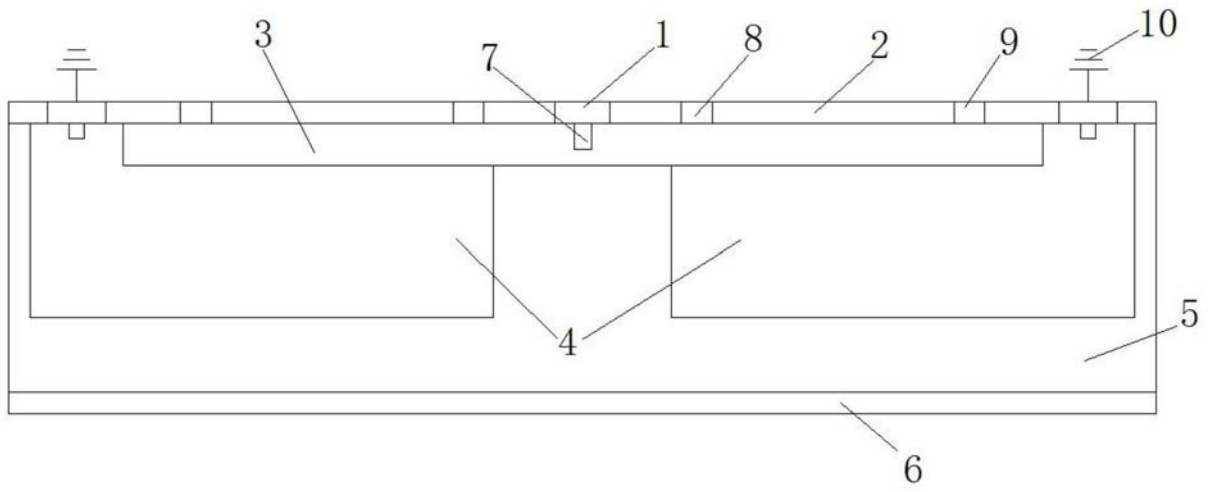


图1