



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103956404 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201410131694. 2

US 2009/0243023 A1, 2009. 10. 01,

(22) 申请日 2014. 04. 03

CN 102800717 A, 2012. 11. 28,

CN 1846378 A, 2006. 10. 11,

(73) 专利权人 苏州北鹏光电科技有限公司

审查员 李云

地址 215021 江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道 99 号纳米城中北区 23 幢

(72) 发明人 郭霞 周弘毅 郭春威 李冲

(74) 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任公司 32102

代理人 陆明耀 姚姣阳

(51) Int. Cl.

H01L 31/18(2006. 01)

H01L 31/20(2006. 01)

H01L 31/0216(2014. 01)

H01L 31/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 103681899 A, 2014. 03. 26,

US 2012/0068184 A1, 2012. 03. 22,

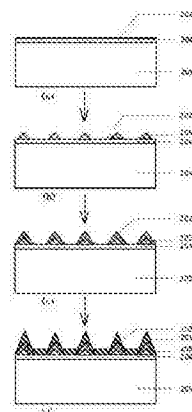
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种光电探测器制备方法及制备的广角光电探测器

(57) 摘要

本发明公开了一种光电探测器的制备方法,包括如下步骤:在光电探测器结构的光敏面内生长一层 p-GaN 作为过渡层;在所述过渡层上生长一层 p-GaN 作为再构结构的晶籽层;在生长完晶籽层后快速升温生长一层 p-GaN,形成再构光敏面。本发明的有益效果在于:提供了一种广角光电探测器的制备方法,高效可靠,通过在光电探测器表面再构,打破菲涅尔反射系数入射角的限制,降低对入射波长的敏感度,不需加入额外的系统,仅通过单个光电探测器实现广角探测。



1. 一种光电探测器的制备方法,其特征在于:包括如下步骤,
过渡层制备步骤,在光电探测器结构(203)的光敏面(202)内以800-1200℃生长一层200nm的p-GaN,作为过渡层(204);
晶籽层制备步骤,在所述过渡层(204)上以600-900℃生长一层50nm的p-GaN,作为再构结构的晶籽层(205);
再构步骤,在生长完晶籽层(205)后快速升温,以950-1200℃生长一层150nm的p-GaN,形成再构光敏面(202)。
2. 根据权利要求1所述的一种光电探测器的制备方法,其特征在于:所述再构步骤之后还包括钝化层制备步骤,在再构光敏面(202)上通过电子束蒸镀/溅射形成100nm的ITO形成钝化层(201),所述钝化层(201)完全包覆住所述再构光敏面(202)。
3. 根据权利要求1或2所述的一种光电探测器的制备方法,其特征在于:所述再构光敏面(102、202)的上表面为不平整表面,用以使斜入射光接触所述再构光敏面(102、202)后产生的反射光的部分再次作为斜入射光进入至所述光电探测结构(103、203)内。
4. 根据权利要求3所述的一种光电探测器的制备方法,其特征在于:所述再构光敏面(102、202)的不平整表面为规则的连续截面。
5. 根据权利要求4所述的一种光电探测器的制备方法,其特征在于:所述再构光敏面(102、202)的连续截面为锥形、梯形、矩形、球形、球形凹陷形,其图形占空比50%到100%。
6. 根据权利要求1所述的一种光电探测器的制备方法,其特征在于:所述再构光敏面(102、202)的厚度为0.1μm到50μm之间。
7. 一种根据权利要求1所述的制备方法制备的广角光电探测器,其特征在于:包括用于产生光电效应的光电探测器结构(103),所述光电探测器结构(103)的上表面上设有再构光敏面(102),所述再构光敏面(102)的上表面为不平整表面,且此不平整表面为规则的连续截面,用以使斜入射光接触所述再构光敏面(102)后产生的反射光的部分再次作为斜入射光进入至所述光电探测器结构(103)内。
8. 根据权利要求7所述的广角光电探测器,其特征在于:所述再构光敏面(102)的上表面还设有钝化层(101),所述钝化层(101)完全包覆住所述再构光敏面(102),所述钝化层(101)的材料为SiO₂、SiN_x、MgF₂或ITO。
9. 根据权利要求7所述的广角光电探测器,其特征在于:所述再构光敏面(102)可应用于由硅、多晶硅、GaAs、GaN、InP、SiC、ZnO、SOI或碲镉汞制备的光电探测器结构(103)上。
10. 根据权利要求7所述的广角光电探测器,其特征在于:所述光电探测器结构(103)为线性模式和盖革模式的雪崩光电探测器或为PIN光电探测器或为MSM光电探测器。

一种光电探测器制备方法及其制备的广角光电探测器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光电探测器制备方法及其制备的广角光电探测器,属于半导体光电子技术领域。

背景技术

[0002] 光电探测器在生物医学、数据存储媒介、火焰监测、紫外线剂量测量、高能射线探测、医疗、安检、工业探伤等领域得到广泛应用。当入射光能量大于光电探测器材料禁带宽度时,就会使得电子从价带跃迁至导带,产生电子空穴对,产生的电子空穴对被电极收集,就形成了光电流输出。量子效率是衡量光电探测器的一个最重要的性能指标之一,主要由光子入射效率、内量子效率和载流子收集效率决定。由于半导体和空气的折射率差大,相当的光被界面反射,无法进入到器件中被收集,导致器件效率降低。通常根据入射光和反射光的干涉相消原理,设计并制备增透膜,使得单一波长的垂直入射光入射效率达到95%以上。然而这种设计带来的一个问题是,当入射波长偏移设计波长,或者入射角偏离垂直方向,探测效率急剧下降。

[0003] 根据电磁场理论,以对于电场垂直于入射面的TE波为例,根据界面处的连续性可以推导出TE波的法涅尔反射系数为:

$$[0004] \quad r_{TM} = \frac{\sin(\theta_1 - \theta_0)}{\sin(\theta_1 + \theta_0)}$$

[0005] 其中, θ_0 为入射角, θ_1 为出射角, θ_0 与 θ_1 满足:

$$[0006] \quad n_1 \sin \theta_1 = n_0 \sin \theta_0$$

[0007] 其中 n_0 为入射介质的折射率, n_1 为出射介质的折射率。以650nm的入射光(TE波)从空气入射至硅材料表面为例,如图1所示,可以得出TE波反射率随入射角的增加而增加,说明光子入射效率与角度有关,垂直正入射方向的光子入射效率最高。通常人们采用的增透膜,根据增透膜厚度为 $\lambda/4$ 时对波长为 λ 的光透射率最高,在硅材料表面生长一层100nm的二氧化硅用于增透600nm的入射光,将100nm的二氧化硅和硅材料等效成一个界面,其导纳为Y,定义其特征矩阵为:

$$[0008] \quad \begin{bmatrix} B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \delta_1 & \frac{i}{n_1} \sin \delta_1 \\ i n_1 \sin \delta_1 & \cos \delta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ n_2 \end{bmatrix}$$

[0009] 其中, n_1 和 n_2 分别为二氧化硅和硅的折射率,

$$[0010] \quad \delta_1 = \frac{2\pi}{\lambda} n_1 d_1 \cos \theta_1$$

[0011] 为二氧化硅的相位厚度, d_1 为二氧化硅的实际厚度, $Y=C/B$,因此加入增透膜后的反射系数为:

$$[0012] \quad r = \frac{n_0 - Y}{n_0 + Y}$$

[0013] 其中, n_0 为空气的折射率。

[0014] 计算结果如图2所示,可以看出,随着入射角从 0° 增加到 60° ,对600nm波长,透射率从91%降低到75%,透射率峰值波长也随着角度的增加偏离设计的中心波长,从600nm降低至470nm,透射率不断下降。

[0015] 目前,在空间光通信、弱光探测、激光回波探测等方面均对广角光电探测有着强烈的需求,例如空间光通信中的漫反射探测、激光回波探测中由于激光发散角导致的回波散射等,其特征入射光的入射角范围大,强度微弱,因此这些应用均要求光电探测器在能接收较宽角度范围的入射光的同时,具有高的灵敏度及量子效率。

[0016] 正是由于目前增透膜设计要求入射光垂直入射,在实际探测系统中,需要额外的探测器旋转控制系统,由于受到旋转控制系统速度的限制,扫描效率太低,因此进一步提出了与光电探测器配合的聚焦光学系统及通过增加探测器组成焦平面阵列,实现对各个方向信号的探测,但是额外的系统不仅提高了整个光电探测器模块的体积,更加大了实现难度。

发明内容

[0017] 本发明目的在于解决上述技术问题,提供一种广角的光电探测器结构及制备方法。

[0018] 本发明采用的技术方案是:

[0019] 一种光电探测器的制备方法,包括如下步骤:

[0020] 过渡层制备步骤,在光电探测器结构的光敏面内以 $800-1200^\circ\text{C}$ 生长一层200nm的p-GaN,作为过渡层;

[0021] 晶籽层制备步骤,在所述过渡层上以 $600-900^\circ\text{C}$ 生长一层50nm的p-GaN,作为再构结构的晶籽层;

[0022] 再构步骤,在生长完晶籽层后快速升温,以 $950-1200^\circ\text{C}$ 生长一层150nm的p-GaN,形成再构光敏面。

[0023] 优选的,所述再构步骤之后还包括钝化层制备步骤,在再构光敏面上通过电子束蒸镀/溅射形成100nm的ITO形成钝化层,所述钝化层完全包覆住所述再构光敏面。

[0024] 优选的,所述再构光敏面的上表面为不平整表面,用以使斜入射光接触所述再构光敏面后产生的反射光的部分再次作为斜入射光进入至所述光电探测结构内。

[0025] 优选的,所述再构光敏面的不平整表面为规则连续截面。

[0026] 优选的,所述再构光敏面的连续截面为锥形、梯形、矩形、球形、球形凹陷形,其图形占空比50%到100%。

[0027] 优选的,所述再构光敏面的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 到 $50\mu\text{m}$ 之间。

[0028] 本发明还揭示了一种广角光电探测器,包括用于产生光电效应的光电探测结构,所述光电探测结构的上表面上设有再构光敏面,所述再构光敏面的上表面为不平整表面用以使斜入射光接触所述再构光敏面后产生的反射光的部分再次作为斜入射光进入至所述光电探测结构内。

[0029] 优选的,所述再构光敏面的上表面还设有钝化层,所述钝化层完全覆盖住所述再构光敏面,所述钝化层的材料为 SiO_2 、 SiN_x 、 MgF_2 、ITO。

[0030] 优选的,所述再构光敏面可应用于由硅、多晶硅、GaAs、GaN、InP、SiC、ZnO、SOI、碲

镉汞制备的光电探测结构上。

[0031] 优选的,所述光电探测结构为线性模式和盖革模式的雪崩光电探测器,或为PIN光电探测器,或为MSM光电探测器。

[0032] 本发明的有益效果在于:提供了一种广角光电探测器的制备方法,高效可靠,通过在光电探测器表面再构,打破菲涅尔反射系数入射角的限制,降低对入射波长的敏感度,不需加入额外的系统,仅通过单个光电探测器实现广角探测。

附图说明

[0033] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0034] 图1:TE波从空气入射至硅材料表面,反射率随入射角的变化曲线图。

[0035] 图2:含100nm SiO₂增透膜的硅材料衬底对0°、30°及60°入射角的入射光的透射曲线图。

[0036] 图3:本发明的广角光电探测器的结构示意图。

[0037] 图4:斜入射光在本发明的再构光敏面上的入射光路示意图。

[0038] 图5至图9:本发明的再构光敏面的剖视示意图。

[0039] 图10:本发明的广角光电探测器的制备方法的各个步骤对应的剖面图。

具体实施方式

[0040] 本发明揭示了一种广角光电探测器,其结构如图3所示,自上而下依次包括:钝化层101、再构光敏面102和光电探测结构103。所述光电探测结构103用于产生光电效应,此为现有技术,在此不再赘述。结合图4所示,所述再构光敏面102的上表面为不平整表面用以使斜入射光接触所述再构光敏面102后产生的反射光的部分再次作为斜入射光进入至所述光电探测结构103内,所述钝化层101完全包覆住所述再构光敏面102。

[0041] 具体的,当入射光按照一定角度入射到光电探测结构103的再构光敏面102,由于入射点处实际入射角度发生变化,对于倾斜面降低了实际入射角度,因此能够提高倾斜入射光的透射率。与此同时,反射的光在多个界面中反射,增加透射进入半导体的几率,从而增加透射率,打破菲涅尔反射系数入射角的限制,降低对入射波长的敏感度,实现广角探测。

[0042] 本发明中的再构光敏面102,可以由化学腐蚀、激光刻槽、反应离子刻蚀、机械刻槽、外延生长等方法形成,再构结构深0.1μm到50μm。所述再构光敏面的表面形貌为规则连续截面,可以为如图5至图9揭示的锥形、梯形、矩形、球形、球形凹陷等,其图形占空比50%到100%。

[0043] 本发明的光电探测结构103可以通过在再构光敏面102上增加钝化层101来修复因再构引入的表面损伤,降低表面复合,降低暗电流。并且,由于所述钝化层101具有一定的厚度,在1nm到10μm之间,因此其可以作为一种增透膜的存在。该钝化层101材料可以为SiO₂、SiN_x、MgF₂、ITO等。当然,如果处于成本的考虑,也可省去该钝化层101,即广角光电探测器仅仅包括光电探测结构和设于其上的再构光敏面,所述再构光敏面的至少部分表面为不平整表面,用以使斜入射光接触所述再构光敏面102后产生的反射光的部分再次作为斜入射光进入至所述光电探测结构103内。

[0044] 本发明的再构光敏面102适用于由硅、多晶硅、GaAs、GaN、InP、SiC、ZnO、SOI、碲镉汞等各种材料制备的光电探测器。

[0045] 本发明的再构光敏面102适用于线性模式和盖革模式的雪崩光电探测器,也适用于PIN光电探测器、MSM光电探测器等。

[0046] 下面描述一下本发明的广角光电探测器的制备方法。

[0047] 如附图10所示,光电探测结构203采用MOCVD生长的GaN基光电探测器,其再构光敏面202以通过外延生长的方法形成锥形结构为例,制备过程和方法如下:

[0048] 步骤(a)、在光电探测器结构203的光敏面202内以800-1200℃生长一层200nm的p-GaN作为过渡层204;

[0049] 步骤(b)、在所述过渡层204上以600-900℃生长一层50nm的p-GaN作为再构结构的晶籽层205;

[0050] 步骤(c)、在生长完晶籽层205后快速升温,以950-1200℃生长一层150nm的p-GaN,形成再构光敏面202;

[0051] 步骤(d)、在再构光敏面202上通过电子束蒸镀/溅射形成100nm的ITO形成钝化层201,即得到本发明的广角光电探测器。

[0052] 其中,电子束蒸镀/溅射为现有技术,在此不再赘述。

[0053] 本发明尚有多种实施方式,凡采用等同变换或者等效变换而形成的所有技术方案,均落在本发明的保护范围之内。

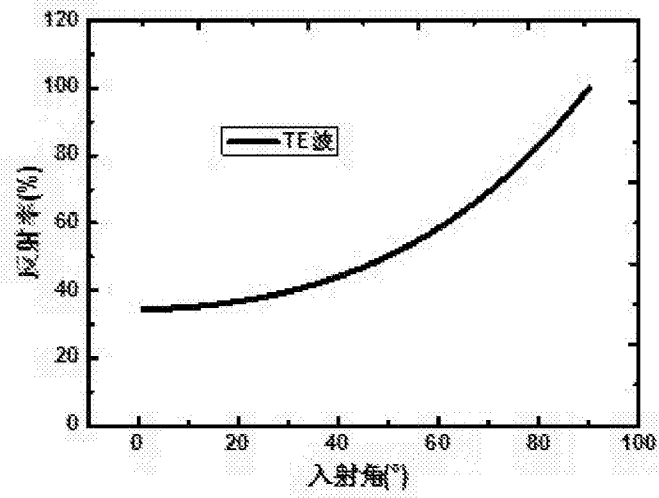


图1

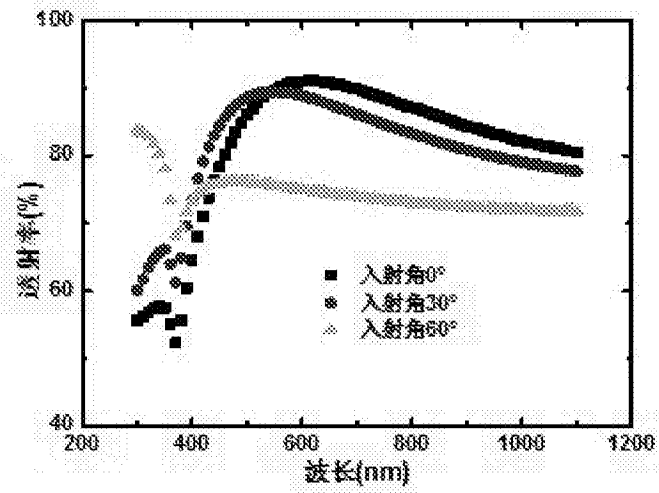


图2

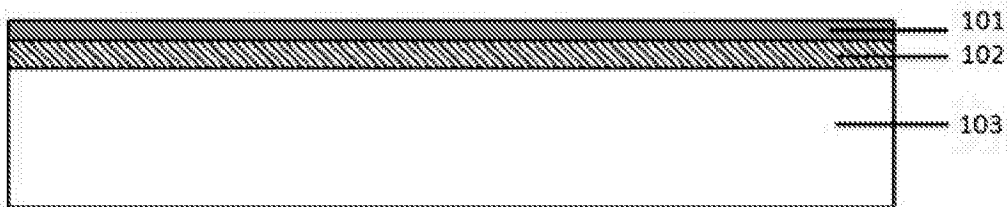


图3

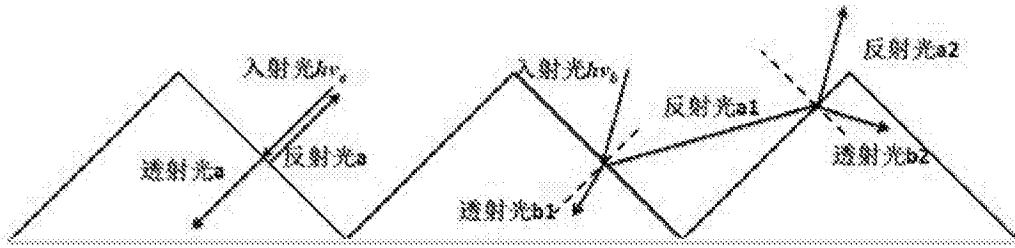


图4



图5



图6

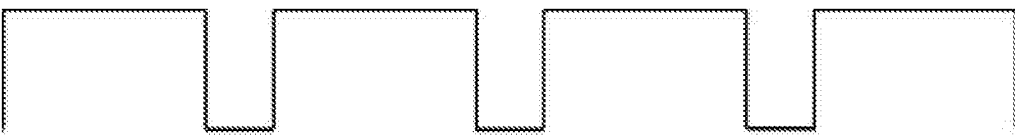


图7



图8



图9

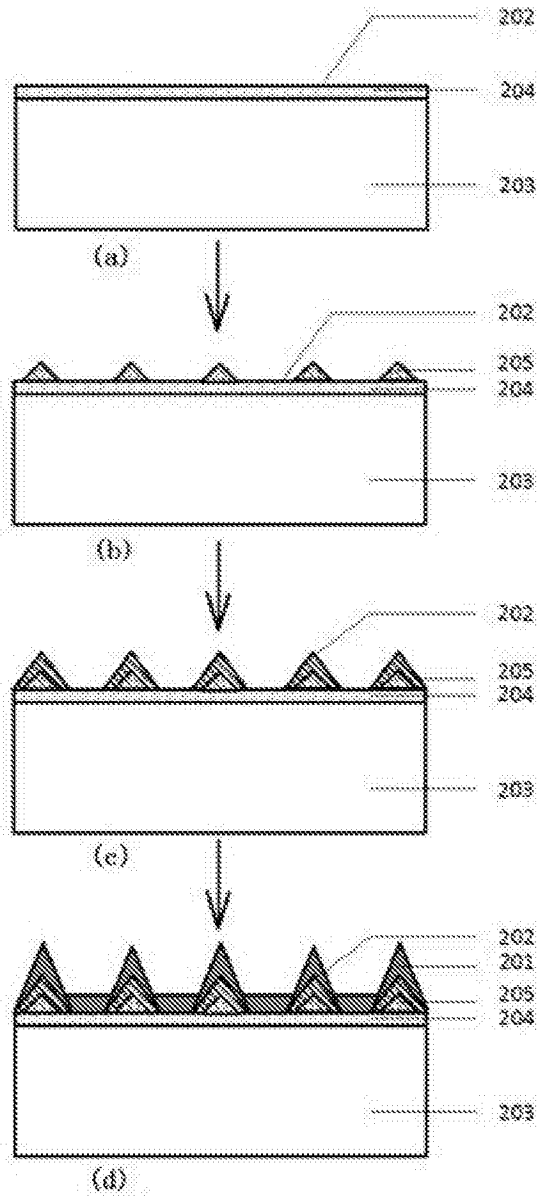


图10