



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101710600 A

(43) 申请公布日 2010.05.19

(21) 申请号 200910205930. X

H01L 31/109 (2006.01)

(22) 申请日 2009.10.30

(66) 本国优先权数据

200910067238.5 2009.07.06 CN

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 单崇新 朱海 李炳辉 张吉英 申德振 范希武

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

H01L 31/18 (2006.01)

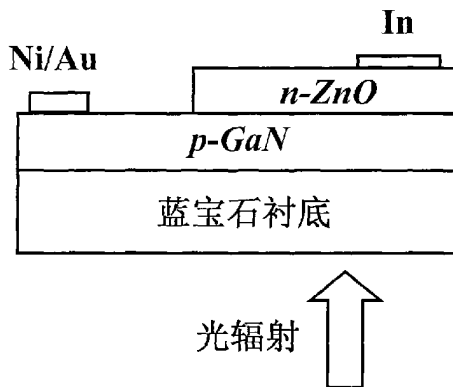
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种实现高光谱选择性光电探测器的方法

(57) 摘要

本发明属于半导体光电技术领域,涉及一种实现高光谱选择性光电探测器的方法,得到可对某一很窄范围内的光谱有响应的光电探测器。本发明采用两种或多种禁带宽度不同的半导体材料,利用禁带宽度较大的材料作为探测器的窗口层,该窗口层相当于一个滤波器,从而实现只对某一较窄光谱范围内的光有响应的探测器件。该方法适用的材料体系包括但不限于 ZnO/GaN, GaN/p-ZnO/n-ZnO, GaN/ZnMgO, AlGaN/ZnO, AlGaN/ZnMgO, AlGaN/GaN, AlGaAs/GaAs, GaN/InGaN, ZnO/InGaN, ZnMgO/p-ZnO/n-ZnO, ZnMgO/p-AlGaN/n-AlGaN 等等。本发明的有益效果是:该方法非常简单、便宜,并且几乎不额外增加探测器的体积。



1. 一种实现高光谱选择性光电探测器的方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

首先,在 p-GaN/Al₂O₃ 衬底上用分子束外延设备制备非掺杂 ZnO 薄膜,生长的温度范围是 700 ~ 850℃,生长的氧气流量控制在 0.6 ~ 1.0sccm,该 ZnO 薄膜呈现 n 型导电,电子浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$,迁移率为 $15 \sim 40 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{S}^{-1}$;

其次,在 GaN 上蒸镀镍金电极,并通过在空气中 300 ~ 500℃ 条件下、退火处理 3 ~ 8 分钟的方法实现电极与薄膜的欧姆接触,在 ZnO 上蒸镀钢电极,实现欧姆接触,在光照条件下,将光电探测器反向偏置测量光生电流,即可实现对光子的探测。

一种实现高光谱选择性光电探测器的方法

技术领域

[0001] 本发明属于半导体光电技术领域,涉及一种实现对某一特定波长或波段的光谱进行选择探测的方法。

背景技术

[0002] 光电探测器是指对光子进行探测的器件。光子探测技术在军事和民用领域都有着广泛而重要的应用前景,例如在民用领域,它可用于火灾监测、光通讯、环境监测、医疗保健等方面;在军事领域,它在紫外告警、紫外通讯、紫外/红外复合制导和导弹探测等方面有广泛的应用。氧化锌(ZnO)及其相关材料具有相对较低的生长温度、有更强的抗辐射性能、而且成本低,原料丰富;另外 ZnO 在近紫外有很高的吸收系数而在可见光范围内有很高的透过率,这些性质都有利于制备高性能的探测器。从工作方式上划分,ZnO 基光电探测器可以分为三种类型,光导型、金属-半导体-金属(MSM)结构和 pn 结型。光电导型探测器由于持久光电导作用,响应速度较慢,暗电流较大,且需要在偏置下才能工作。肖特基势垒探测器虽然是潜在的最快的探测器,但由于其势垒高度比较小,漏电流较大;且其耗尽区较窄,在耗尽区外的光生载流子大部分复合了而对光电流没有贡献,从而导致该结构的探测效率不高。而 pn 结型探测器则可以有效解决以上问题,它有效区内的较强电场可以把产生的电子空穴对快速扫入两边的掺杂区,从而减少了载流子通过辐射复合和其它非辐射复合途径的损失,有利于实现高响应速度、高灵敏度的探测器件。然而,在已进行的 ZnO 基材料的探测器研究中还主要集中在光导型和 MSM 结构上,而 pn 结型的光子探测器还非常少。这主要是因为未掺杂的 ZnO 通常表现为 n 型导电,而实现稳定高效的 ZnO 的 p 型掺杂目前还非常困难。人们也曾尝试了用其它已有的 p 型材料,如 Si, 6H-SiC, NiO, SrCu₂O₂ 等,与 n 型 ZnO 组合到一起形成 pn 结光子探测器。但是,很多时候由于两种材料具有不同的禁带宽度,这样得到的探测器往往会对很宽的光谱范围都有响应,探测器的光谱选择性比较差,同时紫外可见抑制比较小。在很多情况下,需要对某一特定波长或波段的光谱进行探测,这时候就需要光子探测器具有很高的光谱选择性。为了实现高光谱选择性,通常需要在探测器上加一个或多个滤波器。这种滤波器一般体积较大,易碎并且价格昂贵,这就增加了探测器的复杂程度和造价,也使得探测器的适用范围大为缩小。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种实现高光谱选择性光电探测器的方法,该方法简单易行,成本低,并且无需额外增加器件的体积。

[0004] 为了达到上述目的,本发明的技术方案如下:

[0005] 一种实现高光谱选择性光电探测器的方法,包括如下步骤:

[0006] 首先,在 p-GaN/Al₂O₃ 衬底上用分子束外延设备制备非掺杂 ZnO 薄膜,生长的温度范围是 700 ~ 850 °C,生长的氧气流量控制在 0.6 ~ 1.0 sccm,该 ZnO 薄膜呈现 n 型导电,电子浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$,迁移率为 $15 \sim 40 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$;

[0007] 其次,在 GaN 上蒸镀镍金电极,并通过在空气中 300 ~ 500℃ 条件下、退火处理 3 ~ 8 分钟的方法实现电极与薄膜的欧姆接触,在 ZnO 上蒸镀铟电极,实现欧姆接触,在光照条件下,将光电探测器反向偏置测量光生电流,即可实现对光子的探测。

[0008] 本发明的有益效果是:该方法简单易行,成本低,并且无需额外增加器件的体积。

附图说明

[0009] 图 1 是本发明的 ZnO/GaN pn 结光电探测器的结构示意图。

[0010] 图 2 是本发明在背入射条件下 ZnO/GaN 光电探测器的光谱响应曲线。其中,插图为正入射条件下的响应曲线。

具体实施方式

[0011] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细地描述:

[0012] 本发明采用两种或多种禁带宽度不同的半导体材料形成异质结光电探测器结构,其中禁带宽度较大的材料作为探测器的“滤波器”,使得探测器只对某一非常窄的光谱范围有响应,而在其它区域没有响应。该方法适用的材料体系包括但不限于 ZnO/GaN, GaN/p-ZnO/n-ZnO, GaN/ZnMgO, AlGaIn/ZnO, AlGaIn/ZnMgO, AlGaIn/GaN, AlGaAs/GaAs, GaN/InGaIn, ZnO/InGaIn, ZnMgO/p-ZnO/n-ZnO, ZnMgO/p-AlGaIn/n-AlGaIn 等等。

[0013] 下面以 p 型 GaN 和 n 型 ZnO 组合形成 pn 结光电探测器为例,说明本发明实现高光谱选择性光电探测器的方法,其是利用 GaN 的禁带宽度 3.43eV 比 ZnO 的禁带宽度 3.37eV 稍大的特点,将 GaN 作为探测器的“滤波器”,从而实现高光谱选择性的光电探测器。

[0014] 实施例 1,在固定的生长室真空和气体流量条件下,寻找最佳的衬底温度区间,生长高质量 ZnO 薄膜。

[0015] 利用本发明设计的 ZnO 异质结器件结构,通过等离子体辅助分子束外延 (P-MBE) 设备,在 p-GaN 衬底上生长非掺杂 n-ZnO 薄膜 (500nm)。将 p-GaN 衬底装入样品架,射频功率为 300W, Zn 源温度 245℃,氧气的流量为 0.8sccm。经 2 小时生长,得到了高质量的 ZnO 薄膜。

[0016] 采用不同的生长温度 A-700℃, B-800℃, C-850℃,制备了三个不同的样品。利用 X 射线衍射谱 (XRD) 对晶体结构进行表征,衍射峰 (002) 的峰值半高宽 $B < C < A$ 。其中, B 样品的峰值半高宽最窄 ($< 0.2^\circ$),说明生长的 ZnO 薄膜具有明显的 c 轴择优取向和良好的结晶质量, ZnO 薄膜生长的最佳温度为 800℃。

[0017] 霍尔测试表明 B 样品中电子浓度为 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$,电子迁移率为 $24 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{S}^{-1}$; p-GaN 中空穴浓度为 $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$,空穴迁移率为 $10 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{S}^{-1}$ 。

[0018] 光致发光谱 (PL) 指出 ZnO 中的发光主要来自于自由激子复合发光,深能级缺陷发光几乎探测不到。利用场发射电子显微镜 (SEM) 对样品的表面形貌进行表征,样品具有很好的结晶质量。

[0019] 实施例 2,在固定的生长室真空和温度条件下,采用不同的气体流量,进行高质量 ZnO 薄膜的生长。

[0020] 采用等离子体辅助分子束外延 (P-MBE) 设备,在固定的生长室真空和 800℃ 温度条件下,采用不同的氧气流量,生长三个样品 A-0.6sccm, B-0.8sccm, C-1.0sccm,生长时间

为 120 分钟。

[0021] 利用 X 射线衍射谱 (XRD) 对晶体结构进行表征, 衍射峰 (002) 的峰值半高宽 $B < C < A$ 。其中 B 样品衍射峰 (002) 的峰值半高宽较窄 ($< 0.2^\circ$), 说明在 0.8sccm 条件下生长的 ZnO 薄膜具有明显的 c 轴择优取向和良好的结晶质量。

[0022] 利用场发射电子显微镜 (SEM) 对样品的表面形貌进行表征, 样品具有很好的结晶质量。B 样品薄膜表面平整, 结晶质量较高, 表面的平整度最高。

[0023] 利用本发明, 在 p-GaN 衬底上采用不同的氧气流量生长了高质量的 ZnO 薄膜, 说明在 0.8sccm 条件下生长的 ZnO 薄膜具有良好的结晶质量。

[0024] 实施例 3, 在固定的温度条件下, 采用不同的退火时间, 进行低阻欧姆电极接触的制备。

[0025] 采用国产真空镀膜机设备, 首先选用高纯金属镍金 (Ni/Au) 作为 p-GaN 的欧姆接触材料, 蒸镀在 p-GaN 的样品上。

[0026] 利用本发明, 在固定的空气和温度条件下, 采用三个不同的退火时间 3 分钟 (A), 5 分钟 (B), 8 分钟 (C), 进行低阻欧姆电极接触的制备。在 450°C 条件下, 三个样品金属接触电阻率 $A > C > B$ 。通过霍尔表征, B 样品为理想金属欧姆电极接触。同样通过真空蒸发工艺蒸镀金属铟 (In) 得到了良好的 n-ZnO 欧姆接触, 电流 - 电压 (I-V) 曲线表明器件具有很好的整流特性, 开启电压为 4V。通过以上的结果, 说明低阻 p-GaN 材料金属欧姆电极接触最佳退火温度在 450°C, 退火时间 5 分钟。

[0027] 实施例 4, 在相同的测试条件下, 将器件在不同的辐照条件下测量器件的光响应谱。

[0028] 利用 VG V80H 分子束外延设备, 在 GaN/Al₂O₃ 衬底上生长 ZnO 薄膜。生长温度 800°C, 氧气流量为 0.8sccm, ZnO 层的厚度为 500nm, 呈现 n 型电导, 电子浓度为 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, 电子迁移率为 $24 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ 。于是, n 型 ZnO 和 p 型 GaN 形成了 pn 结结构。在 GaN 上蒸镀镍金 (Ni/Au) 电极, 在 ZnO 上蒸镀铟 (In) 电极, 并通过在空气中 450°C 热退火处理 5 分钟, 实现电极与薄膜的欧姆接触。电流 - 电压曲线显示该结构具有明显的二极管整流特性, 开启电压在 4V。在背入射条件下, 该 pn 结探测器结构的示意图如图 1 所示。

[0029] 本发明在正入射和背入射两种不同的辐射条件下测量器件的光响应, 图 2 显示了背入射和正入射条件下 ZnO/GaN pn 结光电探测器的响应光谱。从图 2 中可以看出, 背入射时响应谱为一个半宽度仅为 17nm 的窄带, 即探测器具有良好的光谱选择性; 而正入射时, 该探测器在短波长的一侧有一个明显的拖尾, 即探测的光谱选择性变差了。实验结果与上述推论完全一致, 从而验证了该方法对实现高光谱选择性探测器的有效性。

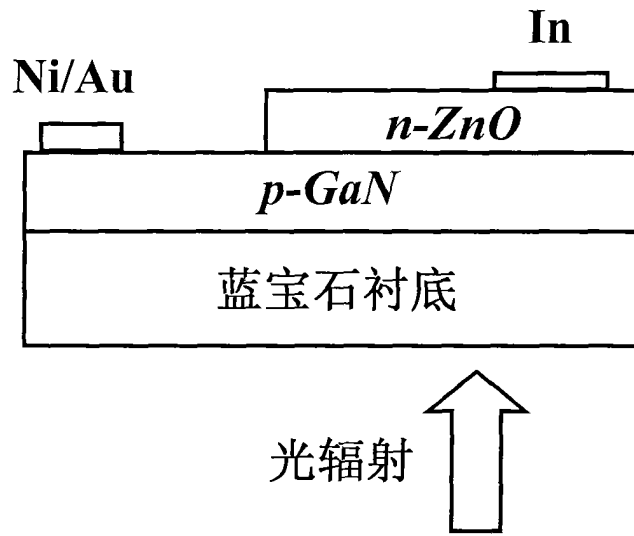


图 1

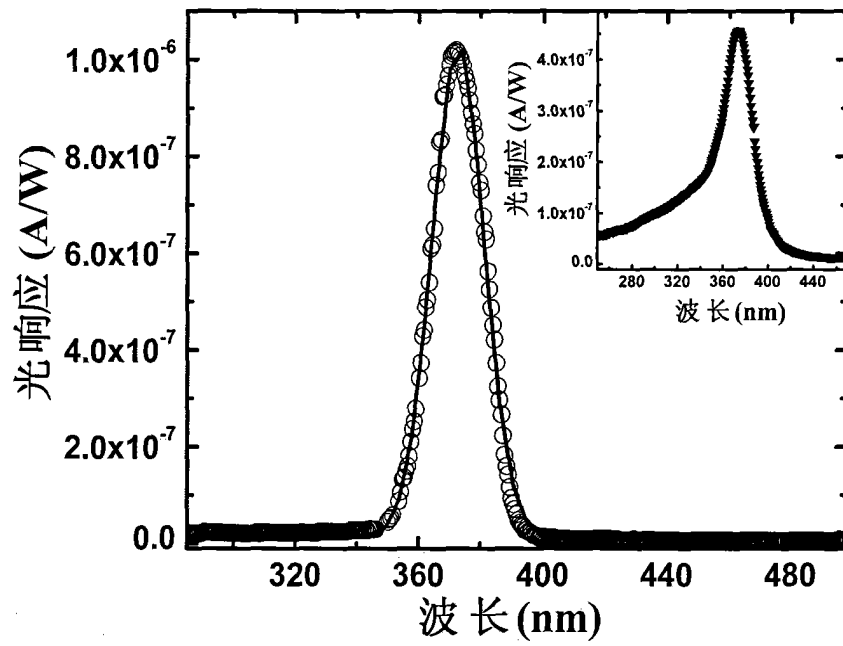


图 2