

发明名称：光电探测器

技术领域

[0001] 本申请涉及集成电路技术领域，特别是涉及一种光电探测器。

背景技术

[0002] 当前互联网的发展、海量内容的涌现以及5G网络的部署和应用，对通信速率和通信容量要求日益增高。光电探测器是将高速光信号转化为电信号的器件，对其带宽、响应度、饱和光功率等技术指标也相应提升。一方面，根据香农定理，更高的通信速率要求更大的探测器带宽；另一方面，不同的应用场景和不同的发射端互通，要求接收端工作于一定的输入光功率范围。

[0003] 常见的PIN型光电探测器的带宽由两个因素共同限制：1. 探测器的寄生电容和电阻大小；2. 光生载流子在探测器本征区的渡越时间。为减小寄生电容提升带宽，同时不影响响应度，光电探测器必须减小PIN结区的面积和增大区的宽度。本征区加宽导致了内部电场的减弱，光生载流子在电场中的漂移速度减慢，渡越时间增长；更严重的是当入射光功率增大，光生载流子数量增多并在PIN结中累积，载流子产生的电场减弱了PIN结中的漂移电场，使得光生载流子的渡越时间进一步增长。表现到光电探测器的性能是，当入射光功率增大并超过某一阈值时，探测器带宽减小，同时当光继续增强时，探测器响应度下降。

[0004] 综上，如何提高探测器的大光输入阈值，成为本技术领域人员亟待解决的技术问题。

发明概述

技术问题

[0005] 基于此，有必要针对现有技术中的问题提供一种减小大光输入对探测器带宽和响应度性能影响，最终提升探测器的大光输入阈值的光电探测器。

问题的解决方案

技术解决方案

[0006] 为了实现上述目的，本发明提供了一种光电探测器，所述光电探测器包括：

- [0007] 波导层；
- [0008] 吸收层，所述吸收层位于所述波导层的上表面或至少部分嵌入所述波导层内；
- [0009] 包层材料，所述包层材料覆盖所述波导层及吸收层的顶部及侧壁；
- [0010] 其中，所述光电探测器至少一端面为入光面，所述吸收层在临近所述入光面的端面的厚度小于其他部分的厚度。
- [0011] 在其中一个实施例中，所述波导层的厚度大于所述包层材料的厚度。
- [0012] 在其中一个实施例中，所述吸收层在临近所述入光面的端面宽度小于所述吸收层其他部分的宽度。
- [0013] 在其中一个实施例中，所述波导层在临近所述入光面的端面宽度大于所述波导层其他部分的宽度。
- [0014] 在其中一个实施例中，所述吸收层在所述波导层上表面的正投影至少部分位于所述波导层上表面内。
- [0015] 在其中一个实施例中，所述吸收层在所述波导层上表面的正投影位于所述波导层的上表面内，且所述吸收层的中心线偏离所述波导层的中心线。
- [0016] 在其中一个实施例中，所述吸收层在所述波导层上表面的正投影部分位于所述波导层的上表面内，且所述吸收层的中心线偏离所述波导层的中心线。
- [0017] 在其中一个实施例中，所述波导层相较于相较于所述吸收层延伸方向倾斜预设角度。
- [0018] 在其中一个实施例中，所述波导层临近所述入光面的端面呈台阶状。
- [0019] 在其中一个实施例中，所述吸收层包括：
- [0020] 第一吸收层及第二吸收层，所述第一吸收层与所述第二吸收层一体连接，且所述第一吸收层位于所述第二吸收层与所述入光面之间；所述第一吸收层的光能量吸收率小于第二吸收层的光能量吸收率。
- [0021] 在其中一个实施例中，所述吸收层的光能量吸收率自所述入光面向远离入光面的方向逐渐增大。
- [0022] 在其中一个实施例中，所述波导层包括：
- [0023] 第一波导层及第二波导层，所述第二波导层嵌入所述第一波导层内，且所述第二波导层的上表面高于所述第一波导层的上表面，所述吸收层位于所述第二波

导层上表面或至少部分嵌入所述第二波导层。

发明的有益效果

有益效果

[0024] 上述光电探测器的吸收层位于波导层上或至少部分嵌入波导层内，包层材料覆盖波导层及吸收层的顶部及侧壁；其中，光电探测器至少一端面为入光面，吸收层在临近入光面的端面的厚度小于其他部分的厚度。本申请通过吸收层在临近入光面的端面的厚度小于其他部分的厚度，进而使临近入光面部分的吸收的光能量小于吸收层其他部分吸收的光能量，进而减小光生载流子在光电探测器的本征区域的聚集程度，增加光生载流子聚集区域的电场强度，减小大光输入对光电探测器带宽和响应度性能的影响，最终提升光电探测器的大光输入阈值。

对附图的简要说明

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本申请实施例或传统技术中的技术方案，下面将对实施例或传统技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为一种探测器结构示意图；

[0027] 图2为本申请的光电探测器与图1中的探测器及理想探测器沿光波传输方向吸收曲线的对比示意图；其中，曲线①为本申请的光电探测器沿光波传输方向吸收曲线，曲线②图1中的探测器沿光波传输方向吸收曲线，曲线③为理想探测器沿光波传输方向吸收曲线；

[0028] 图3至图6为本申请不同实施例中提供的光电探测器的纵截面结构示意图；

[0029] 图7至图21为本申请不同实施例中提供的光电探测器的横截面结构示意图。

[0030]

[0031] 附图标记说明：

[0032] 100、包层材料；200、波导层；201、第二渐变部；202、第二直线部；203、第二波导层；204、第一波导层；300、吸收层；301、第一渐变部；302、第一

直线部；303、第一吸收层；304、第二吸收层。

发明实施例

本发明的实施方式

[0033] 为了便于理解本申请，下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述。附图中给出了本申请的实施例。但是，本申请可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使本申请的公开内容更加透彻全面。

[0034] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在限制本申请。

[0035] 应当明白，当元件或层被称为“在...上”、“与...相邻”、“连接到”或“耦合到”其它元件或层时，其可以直接地在其它元件或层上、与之相邻、连接或耦合到其它元件或层，或者可以存在居间的元件或层。相反，当元件被称为“直接在...上”、“与...直接相邻”、“直接连接到”或“直接耦合到”其它元件或层时，则不存在居间的元件或层。应当明白，尽管可使用术语第一、第二、第三等描述各种元件、部件、区、层、掺杂类型和/或部分，这些元件、部件、区、层、掺杂类型和/或部分不应当被这些术语限制。这些术语仅仅用来区分一个元件、部件、区、层、掺杂类型或部分与另一个元件、部件、区、层、掺杂类型或部分。因此，在不脱离本发明教导之下，下面讨论的第一元件、部件、区、层、掺杂类型或部分可表示为第二元件、部件、区、层或部分；举例来说，可以将第一掺杂类型成为第二掺杂类型，且类似地，可以将第二掺杂类型成为第一掺杂类型；第一掺杂类型与第二掺杂类型为不同的掺杂类型，譬如，第一掺杂类型可以为P型且第二掺杂类型可以为N型，或第一掺杂类型可以为N型且第二掺杂类型可以为P型。

[0036] 空间关系术语例如“在...下”、“在...下面”、“下面的”、“在...之下”、“在...之上”、“上面的”等，在这里可以用于描述图中所示的一个元件或特征与其它元件或特征的关系。应当明白，除了图中所示的取向以外，空间关系术语还包括使用和操作中的器件的不同取向。例如，如果附图中的器件翻

转，描述为“在其它元件下面”或“在其之下”或“在其下”元件或特征将取向为在其它元件或特征“上”。因此，示例性术语“在...下面”和“在...下”可包括上和下两个取向。此外，器件也可以包括另外地取向（譬如，旋转90度或其它取向），并且在此使用的空间描述语相应地被解释。

[0037] 在此使用时，单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也可以包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应当理解的是，术语“包括/包含”或“具有”等指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的存在，但是不排除存在或添加一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的可能性。同时，在本说明书中，术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。

[0038] 这里参考作为本发明的理想实施例(和中间结构)的示意图的横截面图来描述发明的实施例，这样可以预期由于例如制造技术和/或容差导致的所示形状的变化。因此，本发明的实施例不应当局限于在此所示的区的特定形状，而是包括由于例如制造技术导致的形状偏差。例如，显示为矩形的注入区在其边缘通常具有圆的或弯曲特征和/或注入浓度梯度，而不是从注入区到非注入区的二元改变。同样，通过注入形成的埋藏区可导致该埋藏区和注入进行时所经过的表面之间的区中的一些注入。因此，图中显示的区实质上是示意性的，它们的形状并不表示器件的区的实际形状，且并不限定本发明的范围。

[0039] 解决大光带宽和响应度衰减的一种方案是提高加载在PIN探测器上的偏置电压，进而增强本征区的电场强度，以减弱大量光生载流子对电场的影响。此方法存在的问题是：1. 对TIA (Trans-impedance amplifier, 跨阻放大器) 的或者外部供电要求提高，为满足大光下的带宽要求，SiGe探测器要求提供3V以上偏压，InP甚至要求5V以上，与未来CMOS集成发展的趋势不符；2. 大偏置电压下探测器的暗电流增加，产生的噪声也相应增加，同时高电场使得SiGe或者InP材料中的缺陷更多被激发，在持续工作中加速老化，缩短器件寿命。

[0040] 解决大光带宽和响应度衰减的另一种方案是，将接收到的光分成几束，分别输入几个不同的探测器，或者探测器的不同区域，以减小在探测器的入射区域产生的光生载流子数量，减小对本征区域的电场影响；分别将入射光分成2束和4

束，输入进1个和2个探测器，可以分别将探测器的大光输入衰减阈值提升3dB和6dB。该方案的问题是：1. 从探测器一端进入的光经过吸收区域，未被完全吸收时，会从另一端输出，沿着另一端的输入光路返回到传输链路，导致整个收端系统收端回损较低，影响整个传输链路；2. 当光被分为较多束，并联探测器较多时，不同探测器输出电信号之间易产生时延，同样会影响到探测器的整体带宽和收端系统性能；3. 当多个探测器并联时，收端芯片的良率和可靠性都会随着探测器数量的增加而降低。

[0041] 一种同时解决大光带宽衰减和多探测器信号时延的方案，通过使用传输线结构的电极将多个探测器并联起来，并通过输入波导长度控制信号时延，从而实现多个探测器电信号的完全同步。这种方案的问题是，电极结构设计复杂度大，对工艺要求严格，应用不变，同样这个方案无法解决探测器对光不完全吸收导致的收端回损问题，以及由探测器数量增多带来的良率和可靠性降低的问题。如图1所示，普通光电探测器沿光的传输方向为一致的截面设计，因此，光在每一个截面上的吸收系数相同，导致光在进入光电探测器中后，前端吸收光能量较多，后端随着总光功率衰减吸收到光能量较小。如图2中虚线所示，进而导致了光生载流子在探测器前端分布较多，在后端分布较少。本申请通过结构和材料设计，改变光波在光电探测器中的传输和吸收分布，减小在探测器前端吸收的光能量，如图2中实线所示，从而降低光生载流子在局部区域的聚集程度，减小其对电场影响，从而增大探测器的大光输入阈值。

[0042] 如图3、图4和图5所示，本发明提供一种光电探测器，图3、图4和图5为本发明的光电探测器的纵截面结构示意图，光电探测器包括：波导层200、吸收层300和包层材料100。吸收层300位于波导层200的上表面或至少部分嵌入波导层200内；包层材料100覆盖波导层200及吸收层300的顶部及侧壁；其中，光电探测器至少一端面为入光面，吸收层300在临近入光面的端面的厚度小于其他部分的厚度。

[0043] 在一个示例中，波导层200用于引导光波的传输，吸收层300位于波导层200的上表面，如图3（a）所示；在另一个示例中，吸收层300还可以部分嵌入波导层200内，如图3（b）所示；在又一个示例中，吸收层300还可以全部嵌入波导层200内，如图3（c）所示。

00内，如图3（c）所示。

[0044] 具体的，吸收层300吸收光波并产生载流子并形成光电流；包层材料100覆盖波导层200及吸收层300的顶部及侧壁，用于保护波导层200和吸收层300。吸收层300在临近入光面的端面的厚度小于其他部分的厚度。

[0045] 更为具体的，波导层200用于引导光波的传输，吸收层300位于波导层200的上表面，如图4（a）所示；在另一个示例中，吸收层300还可以部分嵌入波导层200内，如图4（b）所示；在又一个示例中，吸收层300还可以全部嵌入波导层200内，如图4（c）所示。当光电探测器两端面均为入光面时的纵截面结构示意图如图6所示。

[0046] 具体地，本发明提供一种光电探测器通过改变吸收层300在临近入光面的端面的厚度，进而改变了光波在光电探测器中的传输和吸收分布，减小在光电探测器前端吸收的光能量，如图2中实线所示，从而降低光生载流子在局部区域的聚集程度，减小其对电场影响，从而增大探测器的大光输入阈值。避免了普通光电探测器沿光波的传输方向为一致的截面设计，使光波在每一个截面上吸收的光能量相同，导致光波在进入到光电探测器中后，前端吸收光能量较多，后端随着总光功率衰减吸收到光能量较小，进而导致了光生载流子在探测器前端分布较多，在后端分布较少。

[0047] 如图6所示，在其中一个实施例中，波导层200的厚度可以大于包层材料100的厚度。

[0048] 具体地，在波导层200的厚度可以大于包层材料100的厚度的实施例中，可以为吸收层300位于波导层200的上表面或至少部分嵌入波导层200内，且可以为吸收层300在临近入光面的端面的厚度小于其他部分的厚度。通过增加波导层200的厚度，使得光波入射到光电探测器后，光场的分布向下移动，当光波由波导层200进入到吸收层300时，由于波导层200的厚度增大，使波导层200与吸收层300的相互作用的距离增大而使作用减弱，因此前端吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，在光波传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。

[0049] 在图3至图6的基础上，如图7和图8所示，在其中一个实施例中，吸收层300临

近入光面的端面的宽度小于吸收层300其他部分的宽度。

- [0050] 具体地，吸收层300临近入光面的端面的宽度小于吸收层300其他部分的宽度，吸收层300可分为第一渐变部301和第一直线部302，其第一渐变部301和第一直线部302为一体结构。第一渐变部301的宽度自临近入光面的端面沿远离入光面方向逐渐增大，直至与第一直线部302的宽度相同。
- [0051] 进一步地，光电探测器至少一端面为入光面，当探测器一端面为入光面时，吸收层300可分为第一渐变部301和第一直线部302，如图7所示；当探测器两端面为入光面时，吸收层300的第一直线部302的两端分别设有第一渐变部301，如图8所示。
- [0052] 上述实施例中，改光变探测器邻近入光面的吸收层300的形状，在最先接触到光波的入光面处用较小的吸收层300宽度，使得邻近入光面吸收到的光能量降低，进而光生载流子的分布数量降低，后端随着光总能量降低，加宽吸收层300的宽度以增加吸收，使得在光波传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升光电探测器大光输入阈值。
- [0053] 在图3至图6的基础上，如图9和图10所示，在其中一个实施例中，波导层200临近入光面的端面宽度大于波导层200其他部分的宽度。
- [0054] 具体地，波导层200临近入光面的端面宽度大于波导层200其他部分的宽度，波导层200可分为第二渐变部201和第二直线部202，其第二渐变部201和第二直线部202为整体结构。第二渐变部201的端面的宽度自临近入光面的端面沿远离入光面方向逐渐减小，直至与第二直线部202的宽度相同。
- [0055] 进一步地，光电探测器至少一端面为入光面，当探测器一端面为入光面时，波导层200可分为第二渐变部201和第二直线部202，如图9所示；当探测器两端面为入光面时，波导层200的第二直线部202的两端分别设有第一渐变部301，如图10所示。
- [0056] 上述实施例中，改变光电探测器邻近入光面的波导层200的形状，在最先接触到光波的前端，用较大的波导材料宽度，减小光场与吸收材料的接触，使得邻近入光面吸收到的光能量降低，进而光生载流子的分布数量降低，后端随着光总能量降低，减小波导材料宽度以增加吸收，使得在传输路径上，光吸收和产

生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。

[0057] 在图3至图6的基础上，如图11和图12所示，在其中一个实施例中，吸收层300在波导层200上表面的正投影至少部分位于波导层200上表面内。

[0058] 具体地，吸收层300在波导层200上表面的正投影全部位于波导层200上表面内，如图11所示，或者部分位于波导层200上表面内，如图12所示。

[0059] 在其中一个实施例中，吸收层300在波导层200上表面的正投影位于波导层200的上表面内，且吸收层300的中心线偏离波导层200的中心线，如图11所示。

[0060] 其中，吸收层300的中心线是指沿吸收层300的中轴线。波导层200的中心线是指波导层200的中轴线。吸收层300在波导层200上表面的正投影全部位于波导层200上表面内，且吸收层300的中心线向上或向下偏离波导层200的中心线。

[0061] 上述实施例中，由于光波在输入波导中主要分布在中间位置，通过改变吸收层300与波导层200的位置关系，吸收层300在波导层200上表面的正投影位于波导层200的上表面内，将吸收层300的中心线向上或向下偏离波导层200的中心线。如此可以减小光波与吸收层300的作用，使得光电探测器入光面吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，后端随着光总能量降低，使得在光波传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。

[0062] 在其中一个实施例中，吸收层300在波导层200上表面的正投影部分位于波导层200的上表面内，且吸收层300的中心线偏离波导层200的中心线，如图12所示。

[0063] 具体地，吸收层300在波导层200上表面的正投影部分位于波导层200上表面内，且吸收层300的中心线向上或向下偏离波导层200的中心线。

[0064] 上述实施例中，由于光波在输入波导中主要分布在中间位置，通过改变吸收层300与波导层200的位置关系，吸收层300在波导层200上表面的正投影部分位于波导层200上表面内，将吸收层300的中心线向上或向下偏离波导层200的中心线。如此可以减小光波与吸收层300的作用，使得光电探测器入光面吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，后端随着光总能量降低，使得在光波传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。

[0065] 在该实施例中，可以同时改变吸收层300与波导层200的位置以及波导层200的形状，控制输入光波在探测器前端的传输路径，减少与吸收材料相互作用，使

得前端吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，在传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。

[0066] 在如图3至图6的基础上，如图13所示，在其中一个实施例中，波导层200相较于吸收层300的延伸方向倾斜预设角度。

[0067] 具体地，波导层200相较于吸收层300的延伸方向倾斜预设角度，如此通过改变输入波导层200与吸收层300的相对位置，使入射光波并不直接照射到吸收材料上，而是在传输过程中被逐渐吸收，使得前端吸收到的光能量降低，进而光生载流子的分布数量降低。在光波传输的路径上，使光吸收和产生的载流子分布均匀，达到提升探测器大光输入阈值。

[0068] 更为具体的，波导层200相较于吸收层300的延伸方向倾斜的角度可以为 5° ~ 45° ，具体的，可以为 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 、 35° 或 40° 等等。

[0069] 上述实施例中，可以同时改变吸收层300与波导层200的位置以及波导层200的形状，控制输入光波在光电探测器前端的传输路径，减少与吸收材料相互作用，使得前端吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，在传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。

[0070] 在如图3至图6的基础上，如图14和图15所示，在其中一个实施例中，波导层200临近入光面的端面呈台阶状。

[0071] 具体地，光电探测器至少一端面为入射面，波导层200临近入光面的端面呈台阶状。当光电探测器一端面为入射面时，波导层200临近入光面的一端面呈台阶状，如图14所示；当光电探测器两端均为入射面时，波导层200临近入光面的两端面均呈台阶状，如图15所示。需要说明的是，这里的波导层200临近入光面的端面呈台阶状是指波导层200临近入光面的端面沿宽度方向呈台阶状，这样会使得波导层200沿宽度方向的不同部分具有不同的长度。

[0072] 在该实施例中，通过将波导层200临近入光面的端面呈台阶状，以及波导层200相较于吸收层300的延伸方向倾斜一定角度。使入射光波并不直接照射到吸收材料上，而是在传输过程中被逐渐吸收，使得前端吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，在传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。

- [0073] 在如图3至图6的基础上，如图16和图17所示，在其中一个实施例中，吸收层300包括：第一吸收层303及第二吸收层304，第一吸收层303与第二吸收层304一体连接，且位于第二吸收层304与入光面之间；第一吸收层303的光能量吸收率小于第二吸收层304的光能量吸收率。
- [0074] 具体地，光电探测器的吸收层300位于波导层200上或至少部分嵌入波导层200内；包层材料100覆盖波导层200及吸收层300的顶部及侧壁。其中，吸收层300包括：第一吸收层303及第二吸收层304。并且第一吸收层303与第二吸收层304为一体连接，且第一吸收层303位于第二吸收层304与入光面之间，使第一吸收层303靠近入光面设置。第一吸收层303的光能量吸收率小于第二吸收层304的光能量吸收率。
- [0075] 具体地，当光电探测器的一端面为入光面时，吸收层300包括：依次连接的第一吸收层303及第二吸收层304，并且第一吸收层303与第二吸收层304为一体连接，且第一吸收层303位于第二吸收层304与入光面之间，使第一吸收层303靠近入光面设置，即第二吸收层304的一端连接有第一吸收层303，如图16所示。当光电探测器的两端均为入光面时，吸收层300包括：依次连接的第一吸收层303、第二吸收层304及第一吸收层303，并且第一吸收层303与第二吸收层304为一体连接，且第一吸收层303位于第二吸收层304的两端，使第一吸收层303分别邻近光电探测器两端的入光面；即第二吸收层304相对的两端均连接有第一牺牲层303，如图17所示。
- [0076] 在该实施例中，使第一吸收层303及第二吸收层304具有不同吸收系数的吸收材料制作而成，且第一吸收层303位于第二吸收层304的两端，使第一吸收层303分别邻近光电探测器两端的入光面。第一吸收层303采用低吸收率材料，第二吸收层304使用高吸收率材料，使得光电探测器前端吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，在传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。
- [0077] 在如图3至图6的基础上，如图18和图19所示，在其中一个实施例中，吸收层300的光能量吸收率自入光面向远离入光面的方向逐渐增大。
- [0078] 具体地，光电探测器的吸收层300位于波导层200上或至少部分嵌入波导层200

内；包层材料100覆盖波导层200及吸收层300的顶部及侧壁。其中，吸收层300的光能量吸收率自入光面向远离入光面的方向逐渐增大。

- [0079] 具体地，当光电探测器的一端面为入光面时，吸收层300的光能量吸收率自入光面向远离入光面的另一端面逐渐增大，如图18所示。当光电探测器的两端均为入光面时，吸收层300的光能量吸收率分别自两端的入光面向光电探测器中间的方向逐渐增大，如图19所示。
- [0080] 在该实施例中，吸收层300采用吸收率渐变的材料，吸收层300的光能量吸收率自入光面向远离入光面的方向逐渐增大。使得前端吸收到的光能量降低，光生载流子的分布数量降低，在传输路径上，光吸收和产生的载流子分布均匀，提升探测器大光输入阈值。
- [0081] 在如图3至图6的基础上，如图20和图21所示，在其中一个实施例中，波导层200包括：第一波导层204及第二波导层203，第二波导层203嵌入第一波导层204内，且第二波导层203的上表面高于第一波导层204的上表面，吸收层300位于第二波导层203上表面或至少部分嵌入第二波导层203。
- [0082] 具体地，光电探测器的吸收层300位于波导层200上或至少部分嵌入波导层200内；包层材料100覆盖波导层200及吸收层300的顶部及侧壁。其中，波导层200包括：第一波导层204及第二波导层203。第二波导层203嵌入第一波导层204内，且第二波导层203的上表面高于第一波导层204的上表面，吸收层300位于第二波导层203上表面或至少部分嵌入第二波导层203。
- [0083] 具体地，第一波导层204和第二波导层203的材料可以相同也可以不同，通过不同高度的多层波导材料结构，实现控制对入射光的均匀吸收分布，从而提升探测器的大光输入阈值。
- [0084] 更为具体的，第一波导层204临近入光面的端面的宽度大于第一波导层204其他部分的宽度，第二波导层205临近入光面的端面的宽度大于第二波导层205其他部分的宽度，且第一波导层204的宽度及第二波导层205的最小宽度均大于吸收层300的宽度。
- [0085] 需要说明的是，本实施例中光电探测器的纵截面结构示意图是指沿光电探测器的厚度方向截取的截面结构示意图，光电探测器的横截面结构示意图是指沿平

行于光电探测器的上表面截取的截面结构示意图。

[0086] 在本说明书的描述中，参考术语“有些实施例”、“其他实施例”、“理想实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特征包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性描述不一定指的是相同的实施例或示例。

[0087] 上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0088] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对申请专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种光电探测器，其特征在于，所述光电探测器包括：
波导层；
吸收层，所述吸收层位于所述波导层的上表面或至少部分嵌入所述波导层内；
包层材料，所述包层材料覆盖所述波导层及吸收层的顶部及侧壁；
其中，所述光电探测器至少一端面为入光面，所述吸收层在临近所述入光面的端面的厚度小于其他部分的厚度。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述波导层的厚度大于所述包层材料的厚度。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述吸收层在临近所述入光面的端面宽度小于所述吸收层其他部分的宽度。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述波导层在临近所述入光面的端面宽度大于所述波导层其他部分的宽度。
- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述吸收层在所述波导层上表面的正投影至少部分位于所述波导层上表面内。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的光电探测器，其特征在于，所述吸收层在所述波导层上表面的正投影位于所述波导层的上表面内，且所述吸收层的中心线偏离所述波导层的中心线。
- [权利要求 7] 根据权利要求5所述的光电探测器，其特征在于，所述吸收层在所述波导层上表面的正投影部分位于所述波导层的上表面内，且所述吸收层的中心线偏离所述波导层的中心线。
- [权利要求 8] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述波导层相较于相较于所述吸收层延伸方向倾斜预设角度。
- [权利要求 9] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述波导层临近所述入光面的端面呈台阶状。
- [权利要求 10] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述吸收层包括：第一吸收层及第二吸收层，所述第一吸收层与所述第二吸收层一体连

接，且所述第一吸收层位于所述第二吸收层与所述入光面之间；所述第一吸收层的光能量吸收率小于第二吸收层的光能量吸收率。

[权利要求 11] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述吸收层的光能量吸收率自所述入光面向远离入光面的方向逐渐增大。

[权利要求 12] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述波导层包括：第一波导层及第二波导层，所述第二波导层嵌入所述第一波导层内，且所述第二波导层的上表面高于所述第一波导层的上表面，所述吸收层位于所述第二波导层上表面或至少部分嵌入所述第二波导层。