

光电探测器以及光芯片

[0001] 本申请要求于2022年4月27日提交中国专利局、申请号为202210451423.X、发明名称为“光电探测器以及光芯片”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本申请涉及光电技术领域，特别是涉及一种光电探测器以及光芯片。

背景技术

[0003] 波导型光电探测的光电结构通常如图8所示，入射光通过探测器前端的导光部传导进入吸收部，在吸收部被吸收材料吸收，激发出材料中的自由载流子。激发出的自由载流子在光电探测器内建电场和外加偏压成的外部电场作用下，分别向阴极和阳极运动，进而形成光电流。

[0004] 为了保证响应度，传统光电探测器在沿光的传输方向通常为一致的截面设计，导致光在进入光电探测器中后，前端吸收光能量较多，自由载流子分布较密，后端随着传输光功率衰减，自由载流子分布较少，因此探测器前端导电区域的电流密度较大，后端导电区域的电流密度较小。当入射光强大过一定阈值，探测器前端自由载流子密度较高，光电流密度较大时，由外部偏压在吸收区产生的电场受其抵消作用，导致强度降低，进而影响到自由载流子在电场中的漂移速度，最终导致探测器的工作带宽和响应度性能的降低。

发明概述

技术问题

[0005] 基于此，本申请实施例提供一种可以有效改善自由载流子的偏移速度的光电探测器以及光芯片。

技术解决方案

[0006] 一种光电探测器，包括：

[0007] 导光部，位于第一区，用于传导入射光；

- [0008] 吸收部，位于与所述第一区连接的第二区，且连接所述导光部，用于吸收所述入射光并产生光生载流子；
- [0009] 半导体导电部，包括N型导电部以及P型导电部，所述N型导电部与所述P型导电部分别位于所述吸收部两侧；
- [0010] 电极部，包括阴极以及阳极，所述阴极连接所述N型导电部，所述阳极连接所述P型导电部；
- [0011] 所述吸收部与所述电极部之间的导电区域由所述第二区延伸至所述第一区。
- [0012] 在其中一个实施例中，所述N型导电部和/或所述P型导电部由所述第二区延伸至所述第一区。
- [0013] 在其中一个实施例中，所述阴极和/或阳极由所述第二区延伸至所述第一区。
- [0014] 在其中一个实施例中，所述N型导电部和/或所述P型导电部与所述导光部具有交叠。
- [0015] 在其中一个实施例中，
- [0016] 所述阴极包括前端部，所述前端部位于所述阴极的靠近所述第一区的一端，且所述前端部与所述吸收部之间的距离小于所述阴极的其他部分与所述吸收部之间的距离，
- [0017] 和/或，
- [0018] 所述阳极包括前端部，所述前端部位于所述阳极的靠近所述第一区的一端，且所述前端部与所述吸收部之间的距离小于所述阳极的其他部分与所述吸收部之间的距离。
- [0019] 在其中一个实施例中，所述光电探测器具有水平结构。
- [0020] 在其中一个实施例中，所述光电探测器具有垂直结构。
- [0021] 在其中一个实施例中，所述光电探测器包括PIN型探测器或PN型探测器。
- [0022] 在其中一个实施例中，所述吸收部和/或N型导电部和/或所述P型导电部的材料包括但不限于SiGe、InP、Si、GaAs中的任一种。
- [0023] 一种光芯片，包括上述任一项所述的光电探测器。

有益效果

- [0024] 上述光电探测器以及光芯片，吸收部与所述电极部之间的导电区域由所述第二

区延伸至所述第一区。此时，位于形成在吸收部前端的光生载流子在向电极部移动的过程，其流通路径被有效增加。此时，加速了吸收部前端的光生载流子运动至电极部。同时，吸收部前端的光生载流子被及时移动分散，从而减小了前端载流子密度，从而有效改善载流子聚集和高密度电流带来的探测器内部电场强度降低问题。此时，可以相对于传统技术，有效提高探测器前端的自由载流子在电场中的漂移速度，从而提高探测器性能，经过仿真和实验验证，可以将探测器的大光饱和阈值提升2dB~3dB。

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、图2不同实施例中提供的光电探测器的俯视结构示意图；

[0027] 图3、图4为不同实施例中提供的光电探测器的剖面结构示意图；

[0028] 图5至图7为又一些不同实施例中提供的光电探测器的俯视结构示意图；

[0029] 图8为传统技术中的光电探测器的俯视结构示意图。

[0030] 附图标记说明：100-导光部，200-吸收部，300-半导体导电部，310-N型导电部，320-P型导电部，400-电极部，410-阴极，420-阳极，401-前端部，500-金属导电结构。

本发明的实施方式

[0031] 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。

[0032] 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，不是旨在于限制本申请。

- [0033] 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。
- [0034] 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，在不脱离本申请教导之下，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。
- [0035] 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。
- [0036] 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更多个其他特征、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。

- [0037] 在一个实施例中，请参阅图1或图2，提供一种光电探测器，包括：导光部100、吸收部200、半导体导电部300以及电极部400。
- [0038] 同时光电探测器具有相互连接的第一区A1以及第二区A2两个区域。
- [0039] 导光部100设置于第一区A1，用于将入射光传导至吸收部200。具体地，作为示例，导光部100可以为硅基光波导等。
- [0040] 吸收部200位于第二区A2，且连接导光部100，用于吸收入射光并产生光生载流子。具体地，入射光通过导光部100传输至吸收部200之后，被吸收部200的材料吸收，激发出材料中的自由载流子。自由载流子包括电子与空穴。电子与空穴在探测器内建电场和外加偏压形成的外部电场作用下，分别向阳极和阴极运动，进而形成光电流。
- [0041] 半导体导电部300，包括N型导电部310以及P型导电部320，N型导电部310与P型导电部320分别位于吸收部200两侧。
- [0042] 具体地，光电探测器可以包括PIN型探测器或PN型探测器等。
- [0043] 当光电探测器为PIN型探测器时，本征层与其两侧的P型半导体与N型半导体的界面附近均形成空间电荷区，其与P型半导体形成的空间电荷区带有负电荷，与N型半导体形成的空间电荷区带有正电荷。此时，本征层与其两侧的空间电荷区构成了吸收部200。
- [0044] 同时，吸收部200两侧的P型半导体与N型半导体分别构成P型导电部320与N型导电部310。
- [0045] 当光电探测器为PN型探测器时，P型半导体与N型半导体的界面附近形成一个空间电荷区，该空间电荷区构成吸收部200。
- [0046] 同时，吸收部200两侧的P型半导体与N型半导体分别构成P型导电部320与N型导电部310。
- [0047] 作为示例，这里的P型半导体和/或N型半导体的材料可以包括SiGe、InP、Si、GaAs中的任一种。此时，吸收部和/或N型导电部和/或P型导电部的材料包括SiGe、InP、Si、GaAs中的任一种。
- [0048] 当然，P型半导体以及N型半导体的材料并不限于此，其还可以包括其他半导体材料。

- [0049] 同时，P型半导体以及N型半导体的材料可以相同，也可以不同，这里对此并没有限制。
- [0050] 电极部400包括阴极410以及阳极420。阴极410连接N型导电部310，阳极420连接P型导电部320。
- [0051] 同时，在本实施例中，吸收部200与电极部400之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1。具体地，可以是吸收部200与阴极410之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1，且吸收部200与阳极420之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1；也可以只是吸收部200与阴极410之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1；也可以只是吸收部200与阳极420之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1。
- [0052] 此时，位于形成在吸收部200前端的光生载流子（电子和/或空穴）在向电极部400移动的过程，其流通过程被有效增加。此时，加速了吸收部200前端的光生载流子（电子和/或空穴）运动至电极部400。同时，吸收部200前端的光生载流子（电子和/或空穴）被及时移动分散，从而减小了前端载流子密度，从而有效改善高密度电流带来的探测器内部电场强度降低问题。此时，可以相对于传统技术，有效提高探测器前端的自由载流子在电场中的漂移速度，从而提高探测器性能。
- [0053] 在一个实施例中，请参阅图1，光电探测器可以具有水平结构。
- [0054] 此时，作为示例，光电探测器可以由水平排布的P型半导体、本征半导体以及N型半导体或水平排布，形成PIN结构，从而形成P型导电部320、吸收部200以及N型导电部310。具体地，可以在本征半导体两侧分别进行P型掺杂与N型掺杂，从而在本征半导体两侧分别形成P型半导体与N型半导体。当然，这里P型半导体与N型半导体的形成方式并不限于此。
- [0055] 此时，阴极410可以位于N型导电部310的远离吸收部200的一侧，而阳极420可以位于P型导电部320的远离吸收部200的一侧。此时，阴极410与阳极420均与吸收部200相对设置，从而便于相应载流子向阴极410与阳极420移动。
- [0056] 在此基础上，吸收部200与电极部400之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1，可以进一步加快相应载流子向阴极410和/或阳极420的移动速度；同时可以

相对于传统技术，有效提高探测器前端的自由载流子在电场中的漂移速度，从而提高探测器性能。

- [0057] 当然，在其他实施例中，光电探测器并不限于具有水平结构。
- [0058] 在一个实施例中，请参阅图3或图4，光电探测器可以具有垂直结构。
- [0059] 此时，作为示例，可以在N型半导体衬底上，外延形成低掺杂的本征层。然后，再于本征层上进行外延生长形成P型半导体层（或者对本征层进行离子注入而形成P型半导体层），从而形成PIN结构，从而形成P型导电部320、吸收部200以及N型导电部310。
- [0060] 之后，请参阅图4，可以于P型导电部320上形成阳极420。同时，在N型半导体衬底的不设有本征层以及P型半导体层的区域之上，形成阴极410（图中未示出）。
- [0061] 或者，作为示例，可以在P型半导体衬底上，外延形成低掺杂的本征层。然后，再于本征层上进行外延生长形成N型半导体层（或者对本征层进行离子注入而形成N型半导体层），从而形成PIN结构，从而形成P型导电部320、吸收部200以及N型导电部310。
- [0062] 之后，请参阅图3，可以于N型导电部310上形成阴极410。同时，在P型半导体衬底的不设有本征层以及N型半导体层的区域之上，形成阳极420（图中未示出）。
- [0063] 在本实施例垂直结构的光电探测器中，吸收部200与电极部400之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1，同样可以加快相应载流子向阴极410和/或阳极420的移动速度；同时可以相对于传统技术，有效提高探测器前端的自由载流子在电场中的漂移速度，从而提高探测器性能。
- [0064] 在一个实施例中，请参阅图1，N型导电部310和/或P型导电部320由第二区A2延伸至第一区A1。
- [0065] 具体地，可以是N型导电部310与P型导电部320均由第二区A2延伸至第一区A1，也可以是只有N型导电部310由第二区A2延伸至第一区A1，也可以是只有P型导电部320均由第二区A2延伸至第一区A1。
- [0066] N型导电部310由第二区A2延伸至第一区A1，从而通过N型导电部310的增长，从

而有效实现阴极410与吸收部200之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区。

[0067] P型导电部320由第二区A2延伸至第一区A1，从而通过P型导电部320的增长，从而有效实现阳极420与吸收部200之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1。

[0068] 当然，在其他实施例中，也可以通过其他方式实现阴极410和/或阳极420与吸收部200之间的导电区域由第二区A2延伸至第一区A1。

[0069] 例如，请参阅图2，可以在第一区A1增设连接N型导电部310与阴极410的金属导电结构500；和/或，在第一区A1增设连接P型导电部320与阳极420的金属导电结构500。

[0070] 在一个实施例中，请参阅图5，阴极410和/或阳极420由第二区A2延伸至第一区A1。

[0071] 具体地，可以是阴极410和阳极420均由第二区A2延伸至第一区A1，也可以是只有阴极410由第二区A2延伸至第一区A1，也可以是只有阳极420由第二区A2延伸至第一区A1。

[0072] 此时，可以增加阴极410与吸收部200与电极部400之间的导电区域的针对面积，从而进一步加快相应载流子向阴极410与阳极420移动。

[0073] 在一个实施例中，请参阅图6，N型导电部310和/或P型导电部320与导光部100具有交叠。

[0074] 具体地，可以是N型导电部310与P型导电部320均与导光部100具有交叠，也可以是只有N型导电部310与导光部100具有交叠，也可以是只有P型导电部320均与导光部100具有交叠。

[0075] 此时，导光部100即用于导光，又用于导电，使得吸收部200可以在侧面形成导电路径，从而使得吸收部200前端形成的相应载流子（电子和/或空穴）可以更加快速移动至电极部400。

[0076] 在一个实施例中，请参阅图7，阴极410包括前端部401。阴极410的前端部401位于阴极410靠近第一区A1的一端，且阴极410的前端部401与吸收部200之间的距离小于阴极410的其他部分与吸收部200之间的距离。和/或，阳极420包括前端部401，阳极420的前端部401位于阳极420的靠近第一区A1的一端，且阳极420的前端部401与吸收部200之间的距离小于阳极420的其他部分与吸收部200之间

的距离。

[0077] 此时，由于电极部400与吸收部200前端之间的距离被有效缩短，因此形成在吸收部200前端的相应载流子（电子和/或空穴）可以更加快速的移动至电极部400。

[0078] 在一个实施例中，还提供一种光芯片，包括上述任一项光电探测器。

[0079] 作为示例，光芯片上的导光部100、吸收部200、半导体导电部300以及电极部400中的任意两者或者任意三者或者四者可以基于相同的材料基础之上，进行相应加工而形成。

[0080] 当然，不同的部分也可以基于不同的材料加工，这里对此并没有限制。

[0081] 在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“其他实施例”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申请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。

[0082] 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。

[0083] 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，包括：
- 导光部，位于第一区，用于传导入射光；
- 吸收部，位于与所述第一区连接的第二区，且连接所述导光部，用于吸收所述入射光并产生光生载流子；
- 半导体导电部，包括N型导电部以及P型导电部，所述N型导电部与所述P型导电部分别位于所述吸收部两侧；
- 电极部，包括阴极以及阳极，所述阴极连接所述N型导电部，所述阳极连接所述P型导电部；
- 所述吸收部与所述电极部之间的导电区域由所述第二区延伸至所述第一区。
- [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N型导电部和/或所述P型导电部由所述第二区延伸至所述第一区。
- [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，所述阴极和/或阳极由所述第二区延伸至所述第一区。
- [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N型导电部和/或所述P型导电部与所述导光部具有交叠。
- [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，
- 所述阴极包括前端部，所述前端部位于所述阴极的靠近所述第一区的一端，且所述前端部与所述吸收部之间的距离小于所述阴极的其他部分与所述吸收部之间的距离，
- 和/或，
- 所述阳极包括前端部，所述前端部位于所述阳极的靠近所述第一区的一端，且所述前端部与所述吸收部之间的距离小于所述阳极的其他部分与所述吸收部之间的距离。
- [权利要求 6] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述光电探测器具有水平结构。
- [权利要求 7] 根据权利要求1所述的光电探测器，其特征在于，所述光电探测器具

有垂直结构。

[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，所述光电探测器包括PIN型探测器或PN型探测器。

[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，所述吸收部和/或N型导电部和/或所述P型导电部的材料包括SiGe、InP、Si、GaAs中的任一种。

[权利要求 10] 一种光芯片，其特征在于，包括权利要求1所述的光电探测器。