



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113990973 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 28

(21) 申请号 202111286557.2

(22) 申请日 2021.11.02

(71) 申请人 苏州镓港半导体有限公司

地址 215600 江苏省苏州市张家港市高新技术开发区福新路2号

(72) 发明人 董旭 熊敏 朱杰

(74) 专利代理机构 苏州三英知识产权代理有限公司 32412

代理人 周仁青

(51) Int. Cl.

H01L 31/0525 (2014.01)

H01L 31/078 (2012.01)

H01L 31/18 (2006.01)

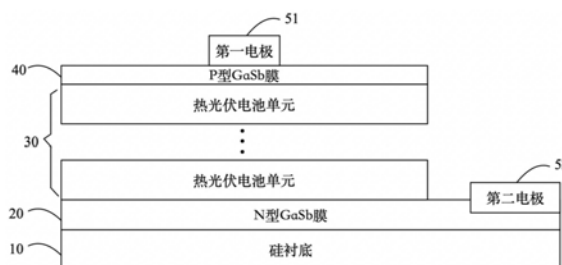
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

硅基热光伏电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明揭示了一种硅基热光伏电池及其制备方法,所述硅基热光伏电池包括:硅衬底;位于硅衬底上的N型GaSb膜;位于N型GaSb膜上的级联热光伏电池,所述级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;位于级联热光伏电池上的P型GaSb膜;电极,包括位于P型GaSb膜上的第一电极及位于N型GaSb膜上的第二电极。本发明通过引入级联热光伏电池,可对光子进行有效吸收,保证了量子效率且制备简单,有效克服了传统热光伏电池的缺点,可实现批量生产及大规模应用;同时,使用硅衬底可大幅度降低制作成本,有利于市场化应用。



1. 一种硅基热光伏电池,其特征在于,所述硅基热光伏电池包括:  
硅衬底;  
位于硅衬底上的N型GaSb膜;  
位于N型GaSb膜上的级联热光伏电池,所述级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;  
位于级联热光伏电池上的P型GaSb膜;  
电极,包括位于P型GaSb膜上的第一电极及位于N型GaSb膜上的第二电极。
2. 根据权利要求1所述的硅基热光伏电池,其特征在于,所述热光伏电池单元为PNIP结构,包括由下向上层叠设置的P型GaSb层、N型GaSb层、I型InGaAsSb吸收层及P型GaSb接触层,其中,P型GaSb层和N型GaSb层构成隧道结,用于传输I型InGaAsSb吸收层产生的电信号。
3. 根据权利要求2所述的硅基热光伏电池,其特征在于,所述P型GaSb层的厚度为10~50nm,N型GaSb层的厚度为10~50nm,I型InGaAsSb吸收层的厚度为100~500nm,P型GaSb接触层的厚度为10~50nm。
4. 根据权利要求2所述的硅基热光伏电池,其特征在于,所述级联热光伏电池包括2~100个层叠设置的热光伏电池单元。
5. 根据权利要求1所述的硅基热光伏电池,其特征在于,所述硅衬底的表面晶向为<100>;和/或,所述硅衬底为N型硅衬底、或P型硅衬底、或半绝缘硅衬底。
6. 根据权利要求1所述的硅基热光伏电池,其特征在于,所述N型GaSb膜的材料为单晶GaSb;和/或,所述N型GaSb膜的厚度为500~2000nm。
7. 根据权利要求1所述的硅基热光伏电池,其特征在于,所述P型GaSb膜的厚度为100~500nm。
8. 一种硅基热光伏电池的制备方法,其特征在于,所述制备方法包括:  
S1、提供硅衬底;  
S2、在硅衬底上制备N型GaSb膜;  
S3、在N型GaSb膜上制备级联热光伏电池,所述级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;  
S4、在级联热光伏电池上制备P型GaSb膜;  
S5、在P型GaSb膜上制备第一电极;  
S6、在N型GaSb膜上制备第二电极。
9. 根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,所述级联热光伏电池的制备方法包括:  
S31、制备P型GaSb层;  
S32、在P型GaSb层上制备N型GaSb层;  
S33、在N型GaSb层上制备I型InGaAsSb吸收层;  
S34、在I型InGaAsSb吸收层上制备P型GaSb接触层;  
S35、重复步骤S31~S34,以形成多个层叠设置的热光伏电池单元。
10. 根据权利要求8或9所述的制备方法,其特征在于,所述步骤S2~S4中的制备工艺为金属有机物化学气相沉积工艺或分子束外延工艺。

## 硅基热光伏电池及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于半导体技术领域,具体涉及一种硅基热光伏电池及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 由于大气污染以及温室效应已经成为目前全球面临的严峻环境问题,而其中较为关键解决途径就是减少对环境污染较大的化石燃料的消耗以及提高能源利用率减少浪费。热光伏(TPV)技术以其节能环保备受关注,相比于传统光伏电池,热光伏电池主要吸收波长为红外波段,因此原则上只要有热量就可以用来发电,这使得其在新能源的开发及工业废热回收等领域都有重要的意义。

[0003] 经过多年的研究发现,使用砷化镓或者铟化镓作为衬底材料可有效实现TPV技术,但是基于砷化镓或者铟化镓作为衬底材料生长的红外热光伏电池结构成本较高,同时传统吸收区使用PIN结构制备较难,吸收区较厚,无法达到较高的吸收效率,因此降低了TPV技术的实用性。

[0004] 因此,针对上述技术问题,有必要提供一种硅基热光伏电池及其制备方法。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种硅基热光伏电池及其制备方法,以解决铟化镓衬底的红外热光伏电池结构的高成本、低吸收效率等问题。

[0006] 为了实现上述目的,本发明一实施例提供的技术方案如下:

[0007] 一种硅基热光伏电池,所述硅基热光伏电池包括:

[0008] 硅衬底;

[0009] 位于硅衬底上的N型GaSb膜;

[0010] 位于N型GaSb膜上的级联热光伏电池,所述级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;

[0011] 位于级联热光伏电池上的P型GaSb膜;

[0012] 电极,包括位于P型GaSb膜上的第一电极及位于N型GaSb膜上的第二电极。

[0013] 一实施例中,所述热光伏电池单元为PNIP结构,包括由下向上层叠设置的P型GaSb层、N型GaSb层、I型InGaAsSb吸收层及P型GaSb接触层,其中,P型GaSb层和N型GaSb层构成隧道结,用于传输I型InGaAsSb吸收层产生的电信号。

[0014] 一实施例中,所述P型GaSb层的厚度为10~50nm,N型GaSb层的厚度为10~50nm,I型InGaAsSb吸收层的厚度为100~500nm,P型GaSb接触层的厚度为10~50nm。

[0015] 一实施例中,所述级联热光伏电池包括2~100个层叠设置的热光伏电池单元。

[0016] 一实施例中,所述硅衬底的表面晶向为<100>;和/或,所述硅衬底为N型硅衬底、或P型硅衬底、或半绝缘硅衬底。

[0017] 一实施例中,所述N型GaSb膜的材料为单晶GaSb;和/或,所述N型GaSb膜的厚度为500~2000nm。

- [0018] 一实施例中,所述P型GaSb膜的厚度为100~500nm。
- [0019] 本发明另一实施例提供的技术方案如下:
- [0020] 一种硅基热光伏电池的制备方法,所述制备方法包括:
- [0021] S1、提供硅衬底;
- [0022] S2、在硅衬底上制备N型GaSb膜;
- [0023] S3、在N型GaSb膜上制备级联热光伏电池,所述级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;
- [0024] S4、在级联热光伏电池上制备P型GaSb膜;
- [0025] S5、在P型GaSb膜上制备第一电极;
- [0026] S6、在N型GaSb膜上制备第二电极。
- [0027] 一实施例中,所述级联热光伏电池的制备方法包括:
- [0028] S31、制备P型GaSb层;
- [0029] S32、在P型GaSb层上制备N型GaSb层;
- [0030] S33、在N型GaSb层上制备I型InGaAsSb吸收层;
- [0031] S34、在I型InGaAsSb吸收层上制备P型GaSb接触层;
- [0032] S35、重复步骤S31~S34,以形成多个层叠设置的热光伏电池单元。
- [0033] 一实施例中,所述步骤S2~S4中的制备工艺为金属有机物化学气相沉积工艺或分子束外延工艺。
- [0034] 本发明具有以下有益效果:
- [0035] 本发明通过引入级联热光伏电池,可对光子进行有效吸收,保证了量子效率且制备简单,有效克服了传统热光伏电池的缺点,可实现批量生产及大规模应用;同时,使用硅衬底可大幅度降低制作成本,有利于市场化应用。

### 附图说明

- [0036] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有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中记载的一些实施例,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。
- [0037] 图1为本发明中硅基热光伏电池的结构示意图;
- [0038] 图2为本发明中热光伏电池单元的结构示意图;
- [0039] 图3为本发明中热光伏电池单元的能带示意图;
- [0040] 图4为本发明中硅基热光伏电池制备方法的工艺流程图;
- [0041] 图5为本发明中级联热光伏电池制备方法的工艺流程图。

### 具体实施方式

- [0042] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明中的技术方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护

的范围。

[0043] 参图1所示,本发明公开了一种硅基热光伏电池,硅基热光伏电池包括:

[0044] 硅衬底10;

[0045] 位于硅衬底上的N型GaSb膜20;

[0046] 位于N型GaSb膜上的级联热光伏电池30,级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;

[0047] 位于级联热光伏电池上的P型GaSb膜40;

[0048] 电极,包括位于P型GaSb膜上的第一电极51及位于N型GaSb膜上的第二电极52。

[0049] 结合图2所示,本发明中的热光伏电池单元为PNIP结构,包括由下向上层叠设置的P型GaSb层31、N型GaSb层32、I型InGaAsSb吸收层33及P型GaSb接触层34。

[0050] 结合图3所示,P型GaSb层和N型GaSb层构成隧道结,用于传输I型InGaAsSb吸收层产生的电信号,相邻热光伏电池单元之间利用隧道结传输信号。优选地,P型GaSb层的厚度为10~50nm,N型GaSb层的厚度为10~50nm,I型InGaAsSb吸收层的厚度为100~500nm,P型GaSb接触层的厚度为10~50nm。

[0051] 为了减小暗电流,本发明的InGaAsSb吸收层的厚度小于吸收层在工作温度下的少数载流子扩散长度。优选地,吸收区的厚度为100~500nm,而现有技术的热光伏电池厚度通常都在2 $\mu$ m以上,当吸收区厚度小于少数载流子扩散长度时,器件暗电流和吸收层厚度成正比。本发明专利的吸收区厚度仅100~500nm,因此可以有效减小器件暗电流。

[0052] 本发明中级联热光伏电池包括2~100个层叠设置的热光伏电池单元,具体热光伏电池单元的数量需要根据实际需要进行设计。热光伏电池单元都基于一个无Al的P-I-N-P结构,P型GaSb层和N型GaSb层构成隧道结,在设计上进行了有效简化,减小了材料生长和器件加工的难度,且多个热光伏电池单元级联结构可对光子进行有效吸收,保证了量子效率。

[0053] 为了降低电池制备成本,本发明中采用的硅衬底,较比于传统的III-V族衬底具有更大的价格优势,更有利于大规模生长。优选地,硅衬底的表面晶向为<100>;硅衬底为N型硅衬底、或P型硅衬底、或半绝缘硅衬底。

[0054] 优选地,本发明中N型GaSb膜的材料为单晶GaSb,N型GaSb膜的厚度为500~2000nm;P型GaSb膜的厚度为100~500nm。

[0055] 参图4所示,本发明中硅基热光伏电池的制备方法包括以下步骤:

[0056] S1、提供硅衬底;

[0057] S2、在硅衬底上制备N型GaSb膜;

[0058] S3、在N型GaSb膜上制备级联热光伏电池,级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;

[0059] S4、在级联热光伏电池上制备P型GaSb膜;

[0060] S5、在P型GaSb膜上制备第一电极;

[0061] S6、在N型GaSb膜上制备第二电极。

[0062] 本发明中第一电极和第二电极的制备顺序不作限制,可以先制备第一电极,再制备第二电极,也可以先制备第二电极,再制备第一电极,也可以同时制备第一电极和第二电极。另外,第二电极的制备可以在P型GaSb膜制备完成之后,也可以在级联热光伏电池制备之前,此处不再详细进行赘述。

- [0063] 结合图5所示,级联热光伏电池的制备方法包括以下步骤:
- [0064] S31、制备P型GaSb层;
- [0065] S32、在P型GaSb层上制备N型GaSb层;
- [0066] S33、在N型GaSb层上制备I型InGaAsSb吸收层;
- [0067] S34、在I型InGaAsSb吸收层上制备P型GaSb接触层;
- [0068] S35、重复步骤S31~S34,以形成多个层叠设置的热光伏电池单元。
- [0069] 优选地,本发明步骤S2~S4中的制备工艺为金属有机物化学气相沉积工艺或分子束外延工艺。
- [0070] 以下结合具体实施例对本发明作进一步说明。
- [0071] 本发明一具体实施例中的硅基热光伏电池包括:
- [0072] 硅衬底,选用表面晶向<100>的N型硅衬底;
- [0073] 位于硅衬底上的N型GaSb膜,厚度为1500nm;
- [0074] 位于N型GaSb膜上的级联热光伏电池,级联热光伏电池包括多个层叠设置的热光伏电池单元;
- [0075] 位于级联热光伏电池上的P型GaSb膜,厚度为100nm;
- [0076] 电极,包括位于P型GaSb膜上的第一电极(阳极)及位于N型GaSb膜上的第二电极(阴极),第一电极为Ti(500Å)/Pt(500Å)/Au(3000Å)的组合或者Ti(200Å)/Pt(400Å)/Au(2000Å)的组合,第二电极为Ti(500Å)/Pt(500Å)/Au(3000Å)的组合或者Ti(200Å)/Pt(400Å)/Au(2000Å)的组合,且第二电极与级联热光伏电池彼此独立且不重复。
- [0077] 其中,P型GaSb层的厚度为20nm,N型GaSb层的厚度为20nm,I型InGaAsSb吸收层的厚度为200nm,P型GaSb接触层的厚度为40nm。
- [0078] 本实施例中硅基热光伏电池的制备方法具体包括:
- [0079] 将表面晶向<100>的N型硅衬底放置于MOCVD外延设备中进行高温950℃退火5分钟,然后降温至450℃,待温度稳定后,使用AsH<sub>3</sub>和TMIn作为前驱体,生长5nm厚度的InAs;继续升温至520℃稳定后,利用TMSb和TEGa作为前驱体,DETe作为掺杂源,生长1500nm的N型GaSb膜,至此完成GaSb伪衬底生长;
- [0080] 在520℃条件下,生长热光伏电池单元,利用TMSb和TEGa作为前驱体,CBr<sub>4</sub>作为掺杂源,生长20nm厚度的P型GaSb层;继续使用TMSb和TEGa作为前驱体,DETe作为掺杂源,生长20nm厚度的N型GaSb层;继续使用TMSb、TEGa、TMIn以及AsH<sub>3</sub>作为前驱体,生长200nm厚度的InGaAsSb吸收层;最后使用TMSb和TEGa作为前驱体,SiH<sub>4</sub>作为掺杂源,生长40nm厚度的P型GaSb接触层,至此完成一个周期热光伏电池单元的生长;
- [0081] 完成上述层叠的热光伏电池单元生长,在表层进行P型GaSb膜生长,厚度为100nm,利用TMSb和TEGa作为前驱体,CBr<sub>4</sub>作为掺杂源,至此即完成级联热光伏电池的生长;
- [0082] 在P型GaSb膜完成第一电极(阳极)的沉积,其一电极采用Ti(500Å)/Pt(500Å)/Au(3000Å)的组合或者Ti(200Å)/Pt(400Å)/Au(2000Å)的组合。
- [0083] 第二电极(阴极)设置于N型GaSb膜上。也就是说下电极与吸收区彼此独立且不重

复。第二电极采用Ti(500Å)/ Pt(500Å)/ Au(3000Å)的组合或者 Ti(200Å)/ Pt(400Å)/ Au(2000Å)的组合。

[0084] 由以上技术方案可以看出,本发明具有以下优点:

[0085] 本发明通过引入级联热光伏电池,可对光子进行有效吸收,保证了量子效率且制备简单,有效克服了传统热光伏电池的缺点,可实现批量生产及大规模应用;同时,使用硅衬底可大幅度降低制作成本,有利于市场化应用。

[0086] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0087] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

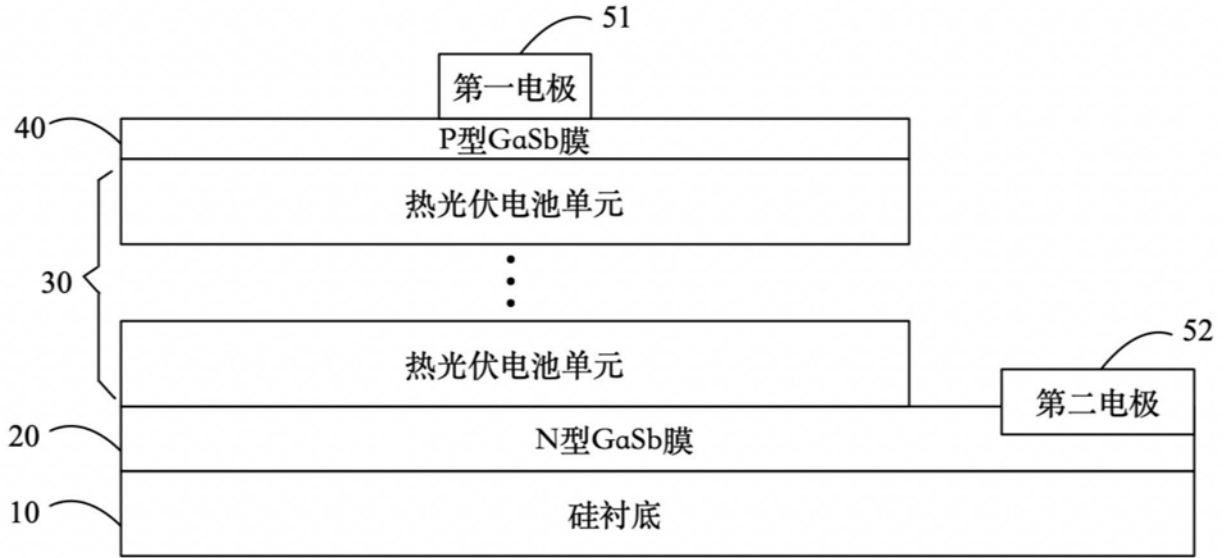


图1



图2

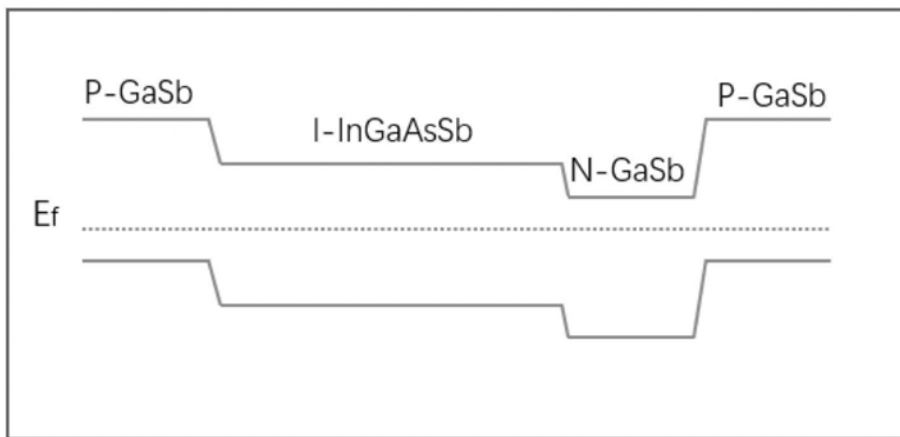


图3





图4

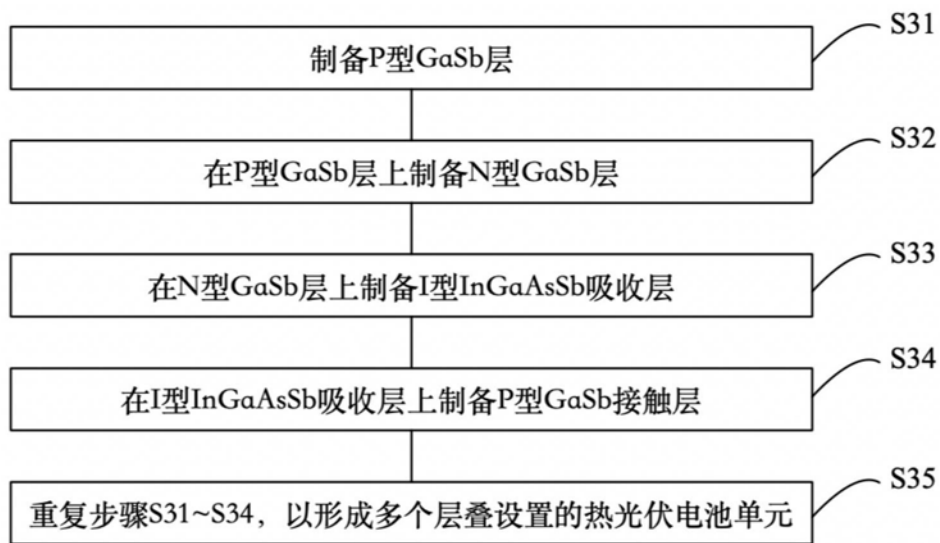


图5