



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112802920 A

(43) 申请公布日 2021.05.14

(21) 申请号 202110207998.2

(22) 申请日 2021.02.25

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第十八研究所

地址 300384 天津市滨海新区滨海高新技术产业开发
区华科七路6号

(72) 发明人 张启明 郭宏亮 刘如彬 张恒
宋健 唐悦 孙强

(74) 专利代理机构 天津诺德知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 12213

代理人 栾志超

(51) Int. Cl.

H01L 31/0687(2012.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种正向失配六结太阳电池

(57) 摘要

一种正向失配六结太阳电池,从下至上依次包括Ge衬底、Ga_{0.5}In_{0.5}P成核层、Ga_{0.99}In_{0.01}As缓冲层、第一隧道结、(Al_cGa_{1-c})_{1-b}In_bAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-b}In_bAs DBR、Ga_{1-x}In_xAs电池、第二隧道结、(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs DBR、(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP电池、第三隧道结、(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs DBR、(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP电池、第四隧道结、(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP电池、第五隧道结、Al_{1-y}In_yP电池和帽层。本发明提供的一种正向失配六结太阳电池具有的优点和积极效果是:本发明采用一种正向失配六结太阳电池,易于制作;本结构的理论转换效率可达到39%以上,并可作为完整的太阳电池直接应用;由于各个子电池基区厚度的减小,抗辐照性能优于传统结构的太阳电池;由于带隙匹配和电流降低,电池工作中热耗散降低,降温成本下降。

CN 112802920 A



1. 一种正向失配六结太阳能电池,其特征在于,从下至上依次包括Ge衬底、 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 成核层、 $\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{As}$ 缓冲层、第一隧道结、 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-b}\text{In}_b\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-b}\text{In}_b\text{As}$ DBR、 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 电池、第二隧道结、 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ DBR、 $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ P电池、第三隧道结、 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ DBR、 $(\text{Al}_h\text{Ga}_{1-h})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ P电池、第四隧道结、 $(\text{Al}_f\text{Ga}_{1-f})_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ 电池、第五隧道结、 $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ 电池和帽层。

2. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 成核层的n型掺杂剂为Si、Se或Te,生长温度为 500°C - 700°C ,厚度范围为10nm-1000nm;所述 $\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{As}$ 缓冲层的n型掺杂剂为Si、Se或Te,生长温度为 600°C - 800°C ,厚度范围为200nm-2000nm。

3. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述第一隧道结包括n型掺杂的n+-GaAs层和p型掺杂的p+- $\text{Al}_g\text{Ga}_{1-g}\text{As}$ 层,其中,n+-GaAs层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C ;p+- $\text{Al}_g\text{Ga}_{1-g}\text{As}$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$, $0.1 \leq g \leq 0.6$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C ;

所述 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-b}\text{In}_b\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-b}\text{In}_b\text{As}$ DBR中, $0 \leq c \leq 0.7$, $0.7 \leq d \leq 1$, $0.01 \leq b \leq 0.7$,In的组分b从下至上从0.01渐变到x,使用掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为1000nm-10000nm,周期数范围为10-50,每个周期内 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-b}\text{In}_b\text{As}$ 的厚度范围为10nm-300nm, $(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-b}\text{In}_b\text{As}$ 的厚度范围为10nm-300nm,生长温度为 600°C - 800°C ;

所述 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 电池包括n型掺杂的n-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As/n-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P发射区层和p型掺杂的p-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As基区层,其中, $0.01 \leq x \leq 0.7$,所述n-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As/n-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为10nm-300nm,生长温度为 600°C - 800°C ;所述p-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{16} - $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为 600°C - 800°C 。

4. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述第二隧道结包括n型掺杂的n+-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P层和p型掺杂的p+- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 层,其中,所述n+-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$, $0.4 \leq y \leq 1$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C ;所述p+- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$, $0.1 \leq e \leq 0.4$ 和 $0.01 \leq x \leq 0.7$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C ;

所述 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ DBR中, $0 \leq c \leq 0.7$, $0.7 \leq d \leq 1$, $0.01 \leq x \leq 0.7$,使用掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为500nm-5000nm,周期数范围为4-40,每个周期内 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 的厚度范围为10nm-300nm, $(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 的厚度范围为10nm-300nm,生长温度为 600°C - 800°C ;

所述 $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ P电池包括n型掺杂的n- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{n-Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 发射区层和p型掺杂的p- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{p-Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ P基区层,其中, $0.1 \leq e \leq 0.4$, $0.01 \leq x \leq 0.7$,所述n- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{n-Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为10nm-300nm,生长温度为 600°C - 800°C ;所述p- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{p-Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ P基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{16} - $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为10nm-3000nm,生长温度为 600°C - 800°C 。

1018cm⁻³,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为600℃-800℃。

5. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述第三隧道结包括n型掺杂的n⁺-Ga_{1-y}In_yP层和p型掺杂的p⁺-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs层,其中,所述n⁺-Ga_{1-y}In_yP层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为1×10¹⁹-1×10²¹cm⁻³,0.4≤y≤1,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃;所述p⁺-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为1×10¹⁹-1×10²¹cm⁻³,0.2≤h≤0.6,0.01≤x≤0.7,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃;

所述(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP电池包括n型掺杂的n⁻(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xP发射区层和p型掺杂的p⁻(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xP基区层,其中,0.2≤h≤0.6,0.01≤x≤0.7,所述n⁻(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xP发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为1×10¹⁷-1×10¹⁹cm⁻³,厚度范围为10nm-300nm,生长温度为600℃-800℃;所述p⁻(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xP基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为1×10¹⁶-1×10¹⁸cm⁻³,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为600℃-800℃。

6. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述第四隧道结包括n型掺杂的n⁺-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP层和p型掺杂的p⁺-(Al_iGa_{1-i})_{1-x}In_xAs层,其中,所述n⁺-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为1×10¹⁹-1×10²¹cm⁻³,0.1≤f≤0.7,0.4≤y≤1,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃;所述p⁺-(Al_iGa_{1-i})_{1-x}In_xAs层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为1×10¹⁹-1×10²¹cm⁻³,0.3≤i≤0.7,0.01≤x≤0.7,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃。

7. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP电池包括n型掺杂的n⁻(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP发射区层和p型掺杂的p⁻(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP基区层,其中,0.1≤f≤0.7,0.4≤y≤1,所述n⁻(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为1×10¹⁷-1×10¹⁹cm⁻³,厚度范围为3nm-300nm,生长温度为600℃-800℃,所述p⁻(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为1×10¹⁶-1×10¹⁸cm⁻³,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为600℃-800℃。

8. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述第五隧道结包括n型掺杂的n⁺-Al_{1-y}In_yP层和p型掺杂的p⁺-(Al_jGa_{1-j})_{1-x}In_xAs层,其中,所述n⁺-Al_{1-y}In_yP层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为1×10¹⁹-1×10²¹cm⁻³,0.4≤y≤1,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃;所述p⁺-(Al_jGa_{1-j})_{1-x}In_xAs层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为1×10¹⁹-1×10²¹cm⁻³,0.4≤j≤0.8,0.01≤x≤0.7,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃。

9. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述Al_{1-y}In_yP电池包括n型掺杂的n-Al_{1-y}In_yP发射区层和p型掺杂的p-Al_{1-y}In_yP基区层,其中,0.4≤y≤1,所述n-Al_{1-y}In_yP发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为1×10¹⁷-1×10¹⁹cm⁻³,厚度范围为3nm-300nm,生长温度为600℃-800℃;所述p-Al_{1-y}In_yP基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为1×10¹⁶-1×10¹⁸cm⁻³,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为600℃-800℃。

10. 根据权利要求1所述的正向失配六结太阳能电池,其特征在于,所述帽层为n型掺杂的n⁺-Ga_{1-x}In_xAs,其中,0.01≤x≤0.7,掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为1×10¹⁸-1×10²¹cm⁻³,厚度范围为10nm-1000nm,生长温度为500℃-800℃。

一种正向失配六结太阳电池

技术领域

[0001] 本发明属于太阳电池技术领域,具体涉及一种正向失配六结太阳电池。

背景技术

[0002] 太阳光谱所包含的光子能量范围近似为0-4eV,在此光谱范围内,充分利用太阳辐射能量、尽量减少热损失是高效太阳电池研发的目标。多结太阳电池的子电池能选择性地吸收和转换不同波长区间的太阳光谱,不仅能够拓宽电池对太阳光谱的吸收范围,而且可以减小热损失,提高单位波长区间的转换效率。理论上,太阳电池结数越多,对太阳光谱的利用越充分,光电转换效率越高。

[0003] 表1不同带隙组合太阳电池的理论效率

序号	结构	带隙 (eV)	理论效率
1	正向失配三结太阳电池	1.8/1.3/0.7	32.8%
2	正向失配四结太阳电池	1.9/1.4/1.0/0.7	36.8%
3	正向失配五结太阳电池	2.0/1.7/1.3/1.0/0.7	38.5%
4	正向失配六结太阳电池	2.2/1.8/1.4/1.15/0.9/0.7	39.8%

[0005] 从表1可以看出,正向失配六结太阳电池对太阳光谱的划分更加合理,可获得更高的理论效率,与此同时,也改善了太阳电池的抗辐照性能。但是目前缺少正向失配六结太阳电池。

发明内容

[0006] 为解决上述问题,本发明提供了一种正向失配六结太阳电池,从下至上依次包括Ge衬底、 $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 成核层、 $Ga_{0.99}In_{0.01}As$ 缓冲层、第一隧道结、 $(Al_cGa_{1-c})_{1-b}In_bAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-b}In_bAs$ DBR、 $Ga_{1-x}In_xAs$ 电池、第二隧道结、 $(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ DBR、 $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP$ 电池、第三隧道结、 $(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ DBR、 $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP$ 电池、第四隧道结、 $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 电池、第五隧道结、 $Al_{1-y}In_yP$ 电池和帽层。

[0007] 优选地,所述 $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 成核层的n型掺杂剂为Si、Se或Te,生长温度为500℃-700℃,厚度范围为10nm-1000nm;所述 $Ga_{0.99}In_{0.01}As$ 缓冲层的n型掺杂剂为Si、Se或Te,生长温度为600℃-800℃,厚度范围为200nm-2000nm。

[0008] 优选地,所述第一隧道结包括n型掺杂的n+-GaAs层和p型掺杂的p+- $Al_gGa_{1-g}As$ 层,其中,n+-GaAs层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}cm^{-3}$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃;p+- $Al_gGa_{1-g}As$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}cm^{-3}$, $0.1 \leq g \leq 0.6$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃;

[0009] 所述 $(Al_cGa_{1-c})_{1-b}In_bAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-b}In_bAs$ DBR中, $0 \leq c \leq 0.7$, $0.7 \leq d \leq 1$, $0.01 \leq b \leq 0.7$,In的组分b从下至上从0.01渐变到x,使用掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}cm^{-3}$,厚度范围为1000nm-10000nm,周期数范围为10-50,每个周期内 $(Al_cGa_{1-c})_{1-b}$

b -In_bAs的厚度范围为10nm-300nm, (Al_dGa_{1-d})_{1-b}In_bAs的厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C;

[0010] 所述Ga_{1-x}In_xAs电池包括n型掺杂的n-Ga_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-y}In_yP发射区层和p型掺杂的p-Ga_{1-x}In_xAs基区层, 其中, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 所述n-Ga_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-y}In_yP发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C; 所述p-Ga_{1-x}In_xAs基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围为100nm-3000nm, 生长温度为600°C-800°C。

[0011] 优选地, 所述第二隧道结包括n型掺杂的n⁺-Ga_{1-y}In_yP层和p型掺杂的p⁺-(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs层, 其中, 所述n⁺-Ga_{1-y}In_yP层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.4 \leq y \leq 1$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C; 所述p⁺-(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.1 \leq e \leq 0.4$ 和 $0.01 \leq x \leq 0.7$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C;

[0012] 所述(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs DBR中, $0 \leq c \leq 0.7$, $0.7 \leq d \leq 1$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 使用掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围为500nm-5000nm, 周期数范围为4-40, 每个周期内(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs的厚度范围为10nm-300nm, (Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs的厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C;

[0013] 所述(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP电池包括n型掺杂的n⁻-(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xAs发射区层和p型掺杂的p⁻-(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xAsP基区层, 其中, $0.1 \leq e \leq 0.4$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 所述n⁻-(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xAs发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C; 所述p⁻-(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xAsP基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围为100nm-3000nm, 生长温度为600°C-800°C。

[0014] 优选地, 所述第三隧道结包括n型掺杂的n⁺-Ga_{1-y}In_yP层和p型掺杂的p⁺-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs层, 其中, 所述n⁺-Ga_{1-y}In_yP层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.4 \leq y \leq 1$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C; 所述p⁺-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.2 \leq h \leq 0.6$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C;

[0015] 所述(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP电池包括n型掺杂的n⁻-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xP发射区层和p型掺杂的p⁻-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xP基区层, 其中, $0.2 \leq h \leq 0.6$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 所述n⁻-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xP发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C; 所述p⁻-(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xP基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围为100nm-3000nm, 生长温度为600°C-800°C。

[0016] 优选地, 所述第四隧道结包括n型掺杂的n⁺-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP层和p型掺杂的p⁺-(Al_iGa_{1-i})_{1-x}In_xAs层, 其中, 所述n⁺-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.1 \leq f \leq 0.7$, $0.4 \leq y \leq 1$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C; 所述p⁺-(Al_iGa_{1-i})_{1-x}In_xAs层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.3 \leq i \leq 0.7$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C。

[0017] 优选地, 所述(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP电池包括n型掺杂的n⁻-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP发射区层和

p型掺杂的 $p-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 基区层,其中, $0.1 \leq f \leq 0.7$, $0.4 \leq y \leq 1$,所述 $n-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,厚度范围为3nm-300nm,生长温度为 $600^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$,所述 $p-(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为 $600^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$ 。

[0018] 优选地,所述第五隧道结包括n型掺杂的 $n+-Al_{1-y}In_yP$ 层和p型掺杂的 $p+(Al_jGa_{1-j})_{1-x}In_xAs$ 层,其中,所述 $n+-Al_{1-y}In_yP$ 层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.4 \leq y \leq 1$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 $500^\circ\text{C} - 700^\circ\text{C}$;所述 $p+(Al_jGa_{1-j})_{1-x}In_xAs$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, $0.4 \leq j \leq 0.8$, $0.01 \leq x \leq 0.7$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 $500^\circ\text{C} - 700^\circ\text{C}$ 。

[0019] 优选地,所述 $Al_{1-y}In_yP$ 电池包括n型掺杂的 $n-Al_{1-y}In_yP$ 发射区层和p型掺杂的 $p-Al_{1-y}In_yP$ 基区层,其中, $0.4 \leq y \leq 1$,所述 $n-Al_{1-y}In_yP$ 发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,厚度范围为3nm-300nm,生长温度为 $600^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$;所述 $p-Al_{1-y}In_yP$ 基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为 $600^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$ 。

[0020] 优选地,所述帽层为n型掺杂的 $n+-Ga_{1-x}In_xAs$,其中, $0.01 \leq x \leq 0.7$,掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} - 1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$,厚度范围为10nm-1000nm,生长温度为 $500^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$ 。

[0021] 本发明提供一种正向失配六结太阳电池具有的优点和积极效果是:

[0022] (1) 本发明采用一种正向失配六结太阳电池,易于制作;

[0023] (2) 本结构的理论转换效率可达到39%以上,并可作为完整的太阳电池直接应用;

[0024] (3) 由于各个子电池基区厚度的减小,抗辐照性能优于传统结构的太阳电池;

[0025] (4) 由于带隙匹配和电流降低,电池工作中热耗散降低,降温成本下降。

附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明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发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0027] 图1是本发明提供一种正向失配六结太阳电池的结构示意图。

具体实施方式

[0028] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚了,下面结合具体实施方式并参照附图,对本发明进一步详细说明。应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本发明的范围。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本发明的概念。

[0029] 如图1,在本申请实施例中,本申请提供了一种正向失配六结太阳电池,从下至上依次包括Ge衬底1、 $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 成核层2、 $Ga_{0.99}In_{0.01}As$ 缓冲层3、第一隧道结4、 $(Al_cGa_{1-c})_{1-b}In_bAs / (Al_dGa_{1-d})_{1-b}In_bAs$ DBR5、 $Ga_{1-x}In_xAs$ 电池6、第二隧道结7、 $(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs / (Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ DBR8、 $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs / Ga_{1-x}In_xAs$ P电池9、第三隧道结10、 $(Al_cGa_{1-c})_{1-}$

$\text{In}_x\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{AsDBR11}$ 、 $(\text{Al}_h\text{Ga}_{1-h})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{AsP}$ 电池12、第四隧道结13、 $(\text{Al}_f\text{Ga}_{1-f})_{1-y}\text{In}_x\text{P}$ 电池14、第五隧道结15、 $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ 电池16和帽层17。

[0030] 在本申请实施例中,本申请采用金属有机化学气相沉积技术(MOCVD)在锗衬底1上面依次生长 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 成核层2、 $\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{As}$ 缓冲层3、第一隧道结4、 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-b}\text{In}_b\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-b}\text{In}_b\text{AsDBR5}$ 、 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 电池6、第二隧道结7、 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{AsDBR8}$ 、 $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{AsP}$ 电池9、第三隧道结10、 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{AsDBR11}$ 、 $(\text{Al}_h\text{Ga}_{1-h})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{AsP}$ 电池12、第四隧道结13、 $(\text{Al}_f\text{Ga}_{1-f})_{1-y}\text{In}_x\text{P}$ 电池14、第五隧道结15、 $\text{Al}_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ 电池16和帽层17。

[0031] 在本申请实施例中,所述 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 成核层2的n型掺杂剂为Si、Se或Te,生长温度为 500°C - 700°C ,厚度范围为10nm-1000nm。通过本层中磷原子的扩散形成n-Ge层,从而形成锗电池。

[0032] 在本申请实施例中,所述 $\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{As}$ 缓冲层3的n型掺杂剂为Si、Se或Te,生长温度为 600°C - 800°C ,厚度范围为200nm-2000nm。

[0033] 在本申请实施例中,所述第一隧道结4包括n型掺杂的n+-GaAs层和p型掺杂的p+- $\text{Al}_g\text{Ga}_{1-g}\text{As}$ 层,其中,n+-GaAs层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C ;p+- $\text{Al}_g\text{Ga}_{1-g}\text{As}$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$, $0.1 \leq g \leq 0.6$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C 。

[0034] 在本申请实施例中,所述 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-b}\text{In}_b\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-b}\text{In}_b\text{AsDBR5}$ 中, $0 \leq c \leq 0.7$, $0.7 \leq d \leq 1$, $0.01 \leq b \leq 0.7$,In的组分b从下至上从0.01渐变到x,使用掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为1000nm-10000nm,周期数范围为10-50,每个周期内 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-b}\text{In}_b\text{As}$ 的厚度范围为10nm-300nm, $(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-b}\text{In}_b\text{As}$ 的厚度范围为10nm-300nm,生长温度为 600°C - 800°C 。

[0035] 在本申请实施例中, $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-b}\text{In}_b\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-b}\text{In}_b\text{AsDBR5}$ 可以反射 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 电池6未完全吸收的光子,被该结子电池重吸收,从而提高了量子效率和抗辐照能力,与此同时减少了由于晶格失配造成的穿透位错对电池有源区的影响。

[0036] 在本申请实施例中,所述 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 电池6包括n型掺杂的n-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As/n-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P发射区层和p型掺杂的p-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As基区层,其中, $0.01 \leq x \leq 0.7$,所述n-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As/n-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为10nm-300nm,生长温度为 600°C - 800°C ;所述p-Ga $_{1-x}$ In $_x$ As基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{16} - $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为 600°C - 800°C 。

[0037] 在本申请实施例中,所述第二隧道结7包括n型掺杂的n+-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P层和p型掺杂的p+- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 层,其中,所述n+-Ga $_{1-y}$ In $_y$ P层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$, $0.4 \leq y \leq 1$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C ;所述p+- $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}$, $0.1 \leq e \leq 0.4$ 和 $0.01 \leq x \leq 0.7$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为 500°C - 700°C 。

[0038] 在本申请实施例中,所述 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}/(\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d})_{1-x}\text{In}_x\text{AsDBR8}$ 中, $0 \leq c \leq 0.7$, $0.7 \leq d \leq 1$, $0.01 \leq x \leq 0.7$,使用掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{17} - $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$,厚度范围为500nm-5000nm,周期数范围为4-40,每个周期内 $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ 的厚度范围

为10nm-300nm, $(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ 的厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C。

[0039] 在本申请实施例中, $(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ DBR8可以反射透过 $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP$ 电池9的光子, 被该结子电池重吸收, 从而提高了量子效率和抗辐照能力。

[0040] 在本申请实施例中, 所述 $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP$ 电池9包括n型掺杂的n- $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xAs$ 发射区层和p型掺杂的p- $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xAsP$ 基区层, 其中, $0.1 \leq e \leq 0.4$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 所述n- $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xAs$ 发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} cm^{-3}$, 厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C; 所述p- $(Al_eGa_{1-e})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xAsP$ 基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18} cm^{-3}$, 厚度范围为100nm-3000nm, 生长温度为600°C-800°C。

[0041] 在本申请实施例中, 所述第三隧道结10包括n型掺杂的n+ - $Ga_{1-y}In_yP$ 层和p型掺杂的p+ - $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs$ 层, 其中, 所述n+ - $Ga_{1-y}In_yP$ 层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} cm^{-3}$, $0.4 \leq y \leq 1$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C; 所述p+ - $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} cm^{-3}$, $0.2 \leq h \leq 0.6$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C。

[0042] 在本申请实施例中, 所述DBR $(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ DBR11中, $0 \leq c \leq 0.7$, $0.7 \leq d \leq 1$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 使用掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} cm^{-3}$, 厚度范围为500nm-5000nm, 周期数范围为4-40, 每个周期内 $(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs$ 的厚度范围为10nm-300nm, $(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ 的厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C。

[0043] 在本申请实施例中, $(Al_cGa_{1-c})_{1-x}In_xAs/(Al_dGa_{1-d})_{1-x}In_xAs$ DBR11可以反射透过 $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP$ 电池12的光子, 被该结子电池重吸收, 从而提高了量子效率和抗辐照能力。

[0044] 在本申请实施例中, 所述 $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/Ga_{1-x}In_xAsP$ 电池12包括n型掺杂的n- $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xP$ 发射区层和p型掺杂的p- $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xP$ 基区层, 其中, $0.2 \leq h \leq 0.6$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 所述n- $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/n-Ga_{1-x}In_xP$ 发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} cm^{-3}$, 厚度范围为10nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C; 所述p- $(Al_hGa_{1-h})_{1-x}In_xAs/p-Ga_{1-x}In_xP$ 基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{18} cm^{-3}$, 厚度范围为100nm-3000nm, 生长温度为600°C-800°C。

[0045] 在本申请实施例中, 所述第四隧道结13包括n型掺杂的n+ - $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 层和p型掺杂的p+ - $(Al_iGa_{1-i})_{1-x}In_xAs$ 层, 其中, 所述n+ - $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} cm^{-3}$, $0.1 \leq f \leq 0.7$, $0.4 \leq y \leq 1$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C; 所述p+ - $(Al_iGa_{1-i})_{1-x}In_xAs$ 层的掺杂剂为Zn、Mg或C, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{21} cm^{-3}$, $0.3 \leq i \leq 0.7$, $0.01 \leq x \leq 0.7$, 厚度范围为1nm-100nm, 生长温度为500°C-700°C。

[0046] 在本申请实施例中, 所述 $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 电池14包括n型掺杂的n- $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 发射区层和p型掺杂的p- $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 基区层, 其中, $0.1 \leq f \leq 0.7$, $0.4 \leq y \leq 1$, 所述n- $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} cm^{-3}$, 厚度范围为3nm-300nm, 生长温度为600°C-800°C, 所述p- $(Al_fGa_{1-f})_{1-y}In_yP$ 基区层的掺杂剂

为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{16} - 1×10^{18} cm⁻³,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为600℃-800℃。

[0047] 在本申请实施例中,所述第五隧道结15包括n型掺杂的n⁺-Al_{1-y}In_yP层和p型掺杂的p⁺-(Al_jGa_{1-j})_{1-x}In_xAs层,其中,所述n⁺-Al_{1-y}In_yP层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{19} - 1×10^{21} cm⁻³, $0.4 \leq y \leq 1$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃;所述p⁺-(Al_jGa_{1-j})_{1-x}In_xAs层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{19} - 1×10^{21} cm⁻³, $0.4 \leq j \leq 0.8$, $0.01 \leq x \leq 0.7$,厚度范围为1nm-100nm,生长温度为500℃-700℃。

[0048] 在本申请实施例中,所述Al_{1-y}In_yP电池16包括n型掺杂的n-Al_{1-y}In_yP发射区层和p型掺杂的p-Al_{1-y}In_yP基区层,其中, $0.4 \leq y \leq 1$,所述n-Al_{1-y}In_yP发射区层的掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{17} - 1×10^{19} cm⁻³,厚度范围为3nm-300nm,生长温度为600℃-800℃;所述p-Al_{1-y}In_yP基区层的掺杂剂为Zn、Mg或C,掺杂浓度为 1×10^{16} - 1×10^{18} cm⁻³,厚度范围为100nm-3000nm,生长温度为600℃-800℃。

[0049] 在本申请实施例中,所述帽层17为n型掺杂的n⁺-Ga_{1-x}In_xAs,其中, $0.01 \leq x \leq 0.7$,掺杂剂为Si、Se或Te,掺杂浓度为 1×10^{18} - 1×10^{21} cm⁻³,厚度范围为10nm-1000nm,生长温度为500℃-800℃。

[0050] 本发明提供一种正向失配六结太阳能电池具有的优点和积极效果是:

[0051] (1) 本发明采用一种正向失配六结太阳能电池,易于制作;

[0052] (2) 本结构的理论转换效率可达到39%以上,并可作为完整的太阳能电池直接应用;

[0053] (3) 由于各个子电池基区厚度的减小,抗辐照性能优于传统结构的太阳能电池;

[0054] (4) 由于带隙匹配和电流降低,电池工作中热耗散降低,降温成本下降。

[0055] 应当理解的是,本发明的上述具体实施方式仅仅用于示例性说明或解释本发明的原理,而不构成对本发明的限制。因此,在不偏离本发明的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。此外,本发明所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。



图1