



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103597614 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201280029340. 6

H01L 31/0224(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 06. 12

(30) 优先权数据

61/497, 172 2011. 06. 15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/042000 2012. 06. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/173959 EN 2012. 12. 20

(71) 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 M·A·哈泽

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华

(51) Int. Cl.

H01L 31/0687(2006. 01)

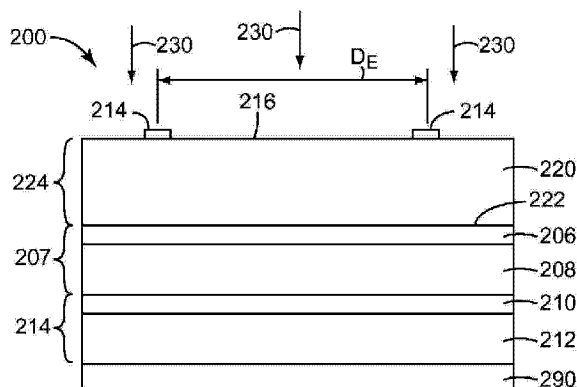
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

具有改善的转换效率的太阳能电池

(57) 摘要

本发明公开了表现出改善的转换效率的太阳能电池。具体地讲,本发明公开了包含电流扩散层的多pn结太阳能电池以及包括此类太阳能电池和聚光光学器件的聚光光伏模块。所考虑的多pn结通常可由 III-V 半导体材料制成,而电流扩散层通常可由 II-VI 半导体材料制成。



1. 一种多结太阳能电池,包括:  
第一 pn 结,其包括第一 n 掺杂的 III-V 半导体层和第一 p 掺杂的 III-V 半导体层;  
第二 pn 结,其设置在所述第一 pn 结下面,所述第二 pn 结包括第二 n 掺杂的 III-V 半导体层和第二 p 掺杂的 III-V 半导体层;  
电流扩散层,其设置在第一 pn 结上面,所述电流扩散层包括外延 II-VI 半导体层;以及  
电极,其设置在所述电流扩散层上,与所述第一 pn 结相对。
2. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,其中所述电流扩散层具有大于 2.8eV 的带隙能量。
3. 根据权利要求 2 所述的多结太阳能电池,其中所述电流扩散层具有大于 3.1eV 的带隙能量。
4. 根据权利要求 3 所述的多结太阳能电池,其中所述电流扩散层具有大于 3.4eV 的带隙能量。
5. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,还包括设置在所述第二 pn 结下面的第三 pn 结。
6. 根据权利要求 5 所述的多结太阳能电池,其中所述第三 pn 结包含 Ge。
7. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,其中所述第一 n 掺杂的 III-V 半导体层和第一 p 掺杂的 III-V 半导体层包含 (Al)GaInP。
8. 根据权利要求 7 所述的聚光光伏电池构造,其中所述电流扩散层包含 MgZnSSe 或 BeMgZnSe。
9. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,其中所述第一 n 掺杂的 III-V 半导体层和第一 p 掺杂的 III-V 半导体层包含 InP 或 Al(Ga)InAs。
10. 根据权利要求 9 所述的聚光光伏电池构造,其中所述电流扩散层包含 CdMgZnSe 或 BeZnTe。
11. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,其中所述第二 n 掺杂的 III-V 半导体层和第二 p 掺杂的 III-V 半导体层包含 Ga(In)As。
12. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,其中所述 II-V 半导体层基本与所述第一 n 掺杂的 III-V 层或第一 p 掺杂的 III-V 层晶格匹配。
13. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,其中所述电极包括多个离散的线性电极部分,每个部分与最近的相邻部分间隔开至少 0.15mm 的距离。
14. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,还包括设置在所述电极和所述电流扩散层之间的透明导体。
15. 根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池,其中所述电流扩散层在所述第一 n 掺杂层上外延生长。
16. 根据权利要求 15 所述的聚光光伏电池构造,其中所述电流扩散层包含 MgZnSSe、BeMgZnSe、CdMgZnSe 或 BeZnTe。
17. 根据权利要求 1 所述的聚光光伏电池构造,其中所述电流扩散层具有小于 100 欧姆/平方的薄层电阻。
18. 根据权利要求 1 所述的聚光光伏电池构造,其中所述电流扩散层具有小于 10 欧姆/平方的薄层电阻。

19. 一种聚光光伏模块,包括根据权利要求 1 所述的多结太阳能电池。

20. 一种聚光光伏模块,包括:

能够聚集太阳光的光学元件;以及  
多结太阳能电池,

其中所述光学元件接收入射太阳光并且将其聚焦在所述多结太阳能电池上,使得强度超过 100 个太阳的光入射在所述多结太阳能电池上,

并且其中所述多结太阳能电池包括外延 III-V 半导体 pn 结并且还包含外延 II-VI 半导体电流扩散层,所述外延 II-VI 半导体电流扩散层设置在所述 III-V 半导体 pn 结和所述光学元件之间,使得来自所述光学元件的聚焦的光入射在所述电流扩散层上。

21. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中所述光学元件包括透镜。

22. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中所述光学元件包括菲涅耳透镜。

23. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中所述光学元件包括反射镜。

24. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中强度超过 150 个太阳的光入射在所述多结太阳能电池上。

25. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中强度超过 200 个太阳的光入射在所述多结太阳能电池上。

26. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中所述多结太阳能电池以大于 35% 的效率将入射太阳光转换成能量。

27. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中所述 III-V 半导体结包含 Ge、Ga(In)As 或 (Al)GaInP。

28. 根据权利要求 27 所述的聚光光伏模块,其中所述 II-VI 半导体电流扩散层包含 MgZnSSe 或 BeMgZnSe。

29. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中 III-V 半导体结包含 InP、GaInAs、GaInAsP 或 Al(Ga)InAs。

30. 根据权利要求 29 所述的聚光光伏模块,其中所述 II-VI 半导体电流扩散层包含 CdMgZnSe 或 BeZnTe。

31. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,其中所述 II-VI 半导体电流扩散层包含 MgZnSSe、BeMgZnSe、CdMgZnSe 或 BeZnTe。

32. 根据权利要求 20 所述的聚光光伏模块,还包括电极,所述电极设置在面向所述光学元件的所述 II-VI 电流扩散层的表面上,所述电极是不透明的。

33. 根据权利要求 32 所述的聚光光伏模块,其中所述电极包括多个互连的线性电极片段,每个片段与最近的相邻片段间隔开至少 0.15mm 的距离。

34. 根据权利要求 32 所述的多结太阳能电池,还包括透明导体,所述透明导体设置在所述电极和所述电流扩散层之间。

35. 根据权利要求 32 所述的多结太阳能电池,其中所述电流扩散层具有小于 100 欧姆/平方的薄层电阻。

36. 根据权利要求 32 所述的多结太阳能电池,其中所述电流扩散层具有小于 10 欧姆/平方的薄层电阻。

## 具有改善的转换效率的太阳能电池

### 技术领域

[0001] 本说明书涉及表现出改善的转换效率的太阳能电池。具体地讲,本说明书涉及包含电流扩散层的多 pn 结太阳能电池以及包括此类太阳能电池和聚光光学器件的聚光光伏模块。

### 背景技术

[0002] 在寻找化石燃料的替代能源的过程中,已经探明多种选择,包括地热能、水电能、氢气、生物燃料和风能。然而,越来越吸引人的替代形式是对太阳能的利用。光伏太阳能电池可用于捕集入射的太阳光并且将所吸收的光子转换成流过电池的电子和空穴,从而形成电流并产生电力。遗憾的是,使用光伏电池进行能量转换的一个主要历史性缺陷是此类电池的转换效率。损失的入射太阳光的能量可归因于光伏电池的反射、热力损耗、电池的内部量子效率和电池的导电效率。最早期的光伏电池仅转换入射太阳光的约 1% 至 2% 的能量。由单个 pn 结硅片制成的现代太阳能电池能够实现约 15 和 25 之间的最大转换效率。然而,该领域已取得重要的最新进展。通过使用光学元件以将高通量的光聚集到复合太阳能电池上,研究人员实现了大约 40% 的转换效率,所述复合太阳能电池由多个 pn 结以及其它晶体材料例如 III-V 半导体制成。本领域存在提供将继续改善此类太阳能电池的转换效率的解决方案的巨大需求。

### 发明内容

[0003] 在一个方面,本说明书涉及多结太阳能电池。所述多结太阳能电池包括第一 pn 结、设置在所述第一 pn 结下面的第二 pn 结、设置在所述第一 pn 结上面的电流扩散层、与所述第一 pn 结相对的设置所述电流扩散层上的电极。第一 pn 结包括第一 n 掺杂的 III-V 半导体层和第一 p 掺杂的 III-V 半导体层。第二 pn 结包括第二 n 掺杂的 III-V 半导体层和第二 p 掺杂的 III-V 半导体层。电流扩散层是 II-VI 半导体层并且可具有大于 2.8eV、3.1eV 或 3.4eV 的带隙能量。在至少一些实施例中,多结太阳能电池还可包括设置在第二 pn 结下面的第三 pn 结。多结太阳能电池还可包括设置在电极和电流扩散层之间的透明导体。在一些实施例中,多结太阳能电池是聚光光伏模块的一部分。

[0004] 在另一方面,本说明书涉及聚光光伏电池构造,所述聚光光伏电池构造包括能够聚集太阳光的光学元件和多结太阳能电池。光学元件接收入射太阳光并且将其聚焦在多结太阳能电池上,使得强度超过 100 个太阳或可能超过 150 个太阳或甚至超过 200 个太阳的光入射在多结太阳能电池上。多结太阳能电池包括外延 III-V 半导体 pn 结和外延 II-VI 半导体电流扩散层,所述外延 II-VI 半导体电流扩散层设置在 III-V 半导体 pn 结和光学元件之间,使得来自光学元件的聚焦的光入射在电流扩散层上。在一些实施例中,光学元件可为透镜诸如菲涅耳透镜,或者可能是反射镜。多结太阳能电池还可包括电流扩散层的表面上的电极。在一些实施例中,多结太阳能电池可包括电极和电流扩散层之间的透明导体。

## 附图说明

- [0005] 图 1 是多结太阳能电池的剖视图。  
[0006] 图 2 是根据本说明书的多结太阳能电池的剖视图。  
[0007] 图 3 是根据本说明书的多结太阳能电池的剖视图。  
[0008] 图 4 是根据本说明书的多结太阳能电池的剖视图。  
[0009] 图 5 是根据本说明书的多结太阳能电池的剖视图。  
[0010] 图 6 是根据本说明书的聚光光伏电池构造的剖视图。  
[0011] 图 7 是根据本说明书的聚光光伏电池构造的剖视图。

## 具体实施方式

[0012] 具有多 pn 结(被聚集的光入射在所述 pn 结上)的复合光伏太阳能电池在转换效率方面取得了前所未有的水平。这些电池可接收强度超过 200 个太阳的光。因此,此类电池中的电流密度可超过 3Amps/cm<sup>2</sup>。遗憾的是,尽管这些电池中的转换效率水平已提高,但与金属电极关联的寄生电阻(“电极电阻”)和具有与光源最近的半导体层中的横向电流的寄生电阻(“扩散电阻”)仍然显著地降低电池的效率,从而使电池的性能保持在低于其理论上能够实现的转换水平。尽管使太阳能电池的表面上的电极间隔更紧密地在一起可减小扩散电阻,但这可导致表面区域具有显著更大的遮蔽,从而导致更少的光可进入太阳能电池的有源区域并被转换成可使用的能量。

[0013] 增加与光源最近的 pn 结半导体层的厚度可减小扩散电阻,但通常以降低对短波光的转换效率为代价。遗憾的是,为电极添加透明导体(诸如,ITO(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:SnO<sub>3</sub>)或 ZnO:Al)并非一个切实可行的解决方案,因为通常在用常用方式(诸如,溅射涂覆)沉积这些材料时,导体不与顶部半导体层形成低电阻接触。III-V 半导体层的表面钉扎费米能级(Fermi level),使得当施加常规的透明导体时形成肖特基势垒(Schottky barrier),其高度很大程度上与施加的导体无关。在精心设计的电池中,由于串联电阻导致的损耗可导致在 500 个太阳强度的情况下降低 6% 的效率。

[0014] 因此,将非常期望的是,提供可最小化扩散电阻的多结太阳能电池以及利用此类太阳能电池的聚光光伏模块。当前的说明书描述了通过以下方式进行的此类解决方案:在太阳和太阳能电池中的多 pn 结之间提供 II-VI 半导体层。II-VI 层用作电流扩散层,其为在太阳能电池 III-V 表面上外延生长的。此层用于通过以下方式最小化转换损耗:为横向通过多结太阳能电池流向透明且具有高带隙能量的电极提供低薄层电阻并且在 II-VI/III-V 异质界面处具有低电阻。

[0015] 图 1 提供本领域现在使用的常规三结太阳能电池 100 的示图。三结太阳能电池 100 可包含:第一 pn 结 103,其由 n 掺杂层 102 和 p 掺杂层 104 构成;第二 pn 结 107,其由 n 掺杂层 106 和 p 掺杂层 108 构成;以及第三 pn 结 111,其由 n 掺杂层 110 和 p 掺杂层 112 构成。N 掺杂层 102、106、110 和 p 掺杂层 104、108、112 可由任何合适的材料制成,并且至少在一些情况下,可由 III-V 半导体材料制成。通常,这些结被单片加工并且通过重掺杂隧道穿结串联连接。在底部 pn 结之下,在这种情况下,在第三 pn 结 111 和第三 p 掺杂层 112 之下的是背电极 190。一种典型的三结太阳能电池的构造可见于 R. R. King 的 40%Efficient Metamorphic GaInP/GaInAs/Ge Multijunction Solar Cells (40% 有效变性 GaInP/

GaInAs/Ge 多结太阳能电池) (Applied Physics Letters90, 183516 (2007) (《应用物理学快报》, 90, 183516 (2007)))。设置在 n 掺杂层 102 的表面 116 上的是由互连的片段构成的电极 114。遗憾的是, 如上所讨论的, 在图 1 所示构造中, 电极部分必须在一起以非常近的距离 DE 间隔开。这是因为电极部分 114 必须一起接近地间隔开, 以减小扩散电阻和层 102 中的电流损耗。遗憾的是, 当然, 在电极 114 由不透明材料制成的情况下, 电极遮蔽其所处的表面 116 的部分, 从而允许将较少的入射太阳光转换成可使用的能量。如也简要提到的, 由于公共使用的透明电极材料(诸如, ITO) 未与表面 116 形成低电阻接触, 因此使用用作电极 114 的透明电极并非一个切实可行的解决方案。

[0016] 使用图 2 中的构造示出与图 1 的构造关联的问题的一个可能的解决方案。图 2 提供根据本说明书的多结太阳能电池 200。多结太阳能电池包括第一 pn 结 203, 该第一 pn 结包括第一 n 掺杂的 III-V 半导体层 202 和第一 p 掺杂的 III-V 半导体层 204。在至少一些实施例中, 第一 n 掺杂的半导体层和第一 p 掺杂的半导体层可由 (Al)GaInP 制成。这里, 括号用于指示合金中可选的元素, 也就是说, GaInP 是 (Al)GaInP 的一种组成。当在整个本书面描述中的材料组成中使用括号时, 括号应该被理解为意指可选择的元素。在其它实施例中, 第一 n 掺杂的半导体层和第一 p 掺杂的半导体层可由 InP 或 Al (Ga) InAs 制成。多结太阳能电池还包括第二 pn 结 207, 该第二 pn 结在电池中设置在第一 pn 结 203 下面(与入射光相对)。第二 pn 结 207 包括第二 n 掺杂的 III-V 半导体层 206 和第二 p 掺杂的 III-V 半导体层 208。在至少一些实施例中, 第二 n 掺杂的半导体层和第二 p 掺杂的半导体层可由 Ga(In)As 制成。

[0017] 如图 2 中所示, 尽管不一定被包括在太阳能电池中, 但可存在由第三 n 掺杂的 III-V 半导体层 210 和第三 p 掺杂的 III-V 半导体层 212 构成的第三 pn 结 211。在包括的情况下, 第三 n 掺杂的半导体层和第三 p 掺杂的半导体层可由例如锗制成。多结太阳能电池 200 还包括由互连的片段构成的电极 214。然而, 与图 1 中示出的实施例不同, 本说明书在第一 pn 结 203 上面(在入射光 230 的一侧) 提供电流扩散层 220。电流扩散层由在界面 222 处的层 202 上外延生长的 II-VI 半导体层构成。电流扩散层允许电流在被电极 214 的片段收集之前, 以低电阻流过太阳能电池的横向延伸部。层 220 的有效电流扩散允许电极 214 的片段以距离 DE 间隔开, 距离 DE 远大于图 1 示出的之前利用的实施例中的距离, 从而降低由于遮蔽太阳能电池的表面 218 而导致的损耗。尽管在剖视图中示出, 但电极 214 的片段可被理解为离散的线性电极片段, 其长度将延伸进出图 2 中的页面。各片段可与最近的相邻片段间隔距离 DE, 距离 DE 为至少 0.1mm, 或至少 0.15mm, 或甚至可能为 0.20mm。为了提供足够低的薄层电阻, 重要的是, 电流扩散层 220 具有相当大的厚度 224, 通常大于 1 微米并且在一些实施例中大于 10 微米。

[0018] 电极 214 提供与 II-VI 层的低电阻欧姆接触。如果 II-VI 半导体是 n 型, 则电极 214 可包括与半导体接触的逸出功相对低的金属(诸如, Ti)层。如果 II-VI 半导体是 p 型, 则电极 214 可包括与半导体接触的逸出功相对高的金属(诸如, Pd)层。在任一种情况下, 电极 214 的剩余部分可包含具有优异导电率的金属或合金, 诸如 Al、Cu、Ag 和 Au。电极 214 的厚度应选择成提供可接受的损耗。对于电极片段之间存在较大间距的情况, 各片段中的电流增大, 所以电极的厚度应该相应地增大。因此, 尽管未按比例示出, 但当前所描述的图 2 至图 7 的太阳能电池中的电极(例如, 214)的厚度应该显著大于现有技术的太阳能电池中

的电极(例如,图 1 中的电极 114) 的厚度。

[0019] 多结太阳能电池 200 还包括背电极 290,用于结合电极 214 从电池中牵引出电流。因为背电极 290 在与入射太阳光相对的多结太阳能电池的表面上,所以它可为连续层或者被分段作为电极 214。背电极 290 提供与太阳能电池的欧姆接触,也提供反射器和散热路径。电极可为本领域已知的任何种类的合适导电材料,包括但不限于金属或金属合金,包括:金、银、铝、镍、钛、铬、铂、钨、钼、铌、钒、钨、钨以及它们的混合物和合金。电极也可由透明导电氧化物形成,诸如 ITO。电极 214 和 290 通常可被用于向外部负载或电路(诸如,继而向交流电路供电的反相器) 提供直流电力。

[0020] 电流扩散层 220 通常可由宽带隙 II-VI 半导体材料制成。生长以构造电流扩散层 220 的特别合适的 II-VI 材料可为 MgZnSSe、BeMgZnSe、CdMgZnSe 或 BeZnTe。假若这些 III-V 半导体材料的晶体结构构成 pn 结(例如,203),则 II-VI 材料的选择会尤其有效。优选地,II-VI 层是在 III-V 表面上外延生长的,其中在异质结面处的晶体缺陷(例如,位错)最少,以使异质结面处捕获的电荷最少,所述电荷会对流过异质结面的电流形成障碍。这可通过生长基本与 III-V 层晶格匹配(或者换句话说,与第一 n 掺杂层 202 和第一 p 掺杂层 204 或结 203 晶格匹配)的 II-VI 电流扩散层 220 来实现。例如,可生长与 GaAs 与 Ge 基底上生长的 (Al)GaInP 晶格匹配的 MgZnSSe 或 BeMgZnSe。相似地,可生长与 InP 或 InP 基底上生长的 Al(Ga)InAs 晶格匹配的 CdMgZnSe 或 BeZnTe。

[0021] 电流扩散层也可被理解为具有相当高的带隙能量,使得它对于太阳光谱中的大部分是透明的。例如,在一些实施例中,电流扩散层的带隙能量可大于 2.8eV,或大于 3.1eV,并且可能大于 3.4eV。通过外延生长 II-VI 电流扩散层可得到低浓度的晶体缺陷也允许通过提供高载流子迁移率和低电荷捕获而得到高导电性。通过在 II-VI 层中掺杂合适的杂质来实现低薄层电阻。包括 MgZnSSe、BeZnMgSe 和 CdMgZnSe 的某些 II-VI 半导体可通过用浅供体进行 n 掺杂实现高导电性。因此,在至少一些实施例中,可对电流扩散层 220 进行掺杂。Cl 和 Al 是优选的浅供体,但是替代形式包括 F、Br、I、Ga 和 In。包括 BeZnTe 的某些 II-VI 半导体可通过用浅受体进行 p 掺杂来实现高导电性,N 是优选的浅受体,但是替代形式包括 P、As 和 Cu。最佳的掺杂物浓度通常在  $10^{18}\text{cm}^{-3}$  至  $10^{20}\text{cm}^{-3}$  的范围内。在浓度较高的情况下,载流子迁移率的降低限制了可实现的导电性。通过使用合适的掺杂和厚度,II-VI 电流扩散层的薄层电阻可小于 100 欧姆/平方,或甚至小于 10 欧姆/平方。在一些实施例中,由于在异质结面处的导电或价电子带偏移,因此可能存在势垒。这种异质结构的电阻由于在接近 III-V 的 II-VI 层中具有非常高的掺杂物浓度而减小,从而促进量子机械隧穿异质势垒。对掺杂 II-V 外延层的进一步讨论可见于共同拥有的美国专利 No. 5, 248, 631, 该美国专利的全文以引用的方式并入本文。

[0022] 如简要提到的,本说明书的多结太阳能电池不需要包括第三 pn 结。例如,图 3 的多结太阳能电池 300 包括:第一 pn 结 203,其具有第一 n 掺杂的 III-V 半导体层 202 和第一 p 掺杂的 III-V 半导体层 204;以及第二 pn 结 207,其具有第二 n 掺杂的 III-V 半导体层 206 和第二 p 掺杂的 III-V 半导体层 208;以及电流扩散层 220 和电极 214。然而,在太阳能电池 300 中,在第二 pn 结 207 下面不存在第三 pn 结。金属背电极 290 通常覆盖与 II-VI 电流扩散层相对的太阳能电池的表面。背电极提供与太阳能电池的欧姆接触,也提供散热路径。在多个实施例中,基底 280 支承太阳能电池的 pn 结并且从结向背接触件 290 导电和导

热。在一个例子中,第一 pn 结 202 包括 InP 或 Al (Ga) InAs,第二 pn 结 207 包括 GaInAs(P),二者均生长在 InP 基底 280 上。外延 II-VI 电流扩散层包括 n 型 CdMgZnSe 或 p 型 BeZnTe。背接触件 290 通常可为与针对图 2 描述的电极类似的电极。

[0023] 在另一个实施例中,如图 4 中所示,多结太阳能电池可包括电流扩散层和电极之间单独的层。多结太阳能电池 400 包括第一 pn 结 403、第二 pn 结 407、电流扩散层 420 和可能的第三 pn 结 411,它们彼此之间的关系与图 2 示出的堆叠相同。然而,不同于在电流扩散层的表面上直接放置电极 414,在电极 414 和电流扩散层 420 之间设置透明导体 426。与图 2 的电极 290 类似的背电极 490 存在于多结太阳能电池的相对侧上。与大多数 III-VI 半导体不同,一些 II-VI 半导体没有在空的表面处表现出强的费米能级钉扎。因此,可能在外延 II-VI 和常规(非外延)透明导体诸如 ITO(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:SnO<sub>3</sub>) 或 ZnO:Al 之间构造低电阻界面。在 II-VI 外延电流扩散层的顶部上附加常规透明导体可有助于进一步降低由于电流扩散而导致的损耗。

[0024] 图 5 中示出另一种设想的多结太阳能电池。多结太阳能电池 500 可包括第三 pn 结 511,该第三 pn 结由第三 p 掺杂的半导体层 512 和第三 n 掺杂层 511 构成。第三 n 掺杂层可堆叠在第二 p 掺杂层 508 和第二 n 掺杂层 506 下面,第二 p 掺杂层 508 和第二 n 掺杂层 506 构成第二 pn 结 507。然而,在第二 pn 结 507 上面,不存在与单独的电流扩散层在一起的单独的 pn 结。相反,第一 p 掺杂的半导体层 504 设置在第二 n 掺杂的半导体层 506 上。设置在第一 p 掺杂层 504 上的是第一 n 掺杂电流扩散层 532。这两层形成 pn 结 533。在上述许多实施例中,电流扩散层(例如,220)可为 p 掺杂的。然而,这些其它实施例中的 pn 结将由例如单独的 n 掺杂的 III-V 半导体层和 p 掺杂的 III-V 半导体层构成。这里,构成 pn 结的 n 掺杂层实际上是 II-V 材料并且还用作所考虑的电流扩散层。太阳能电池 660 还包括面向入射太阳光的前电极 514 和在电池的相对表面上的背电极 590。

[0025] 当然,为了正确有效地发挥功能,通常当前说明书中的多结太阳能电池必须部分由较大的装置制成,所述装置也将入射太阳光聚集和引导到小的电池上。通过图 6 的聚光光伏电池构造 600 示出了一种此类装置。聚光光伏电池构造 600 部分地由光学元件 640 构成。光学元件设置成使得其接收与多结太阳能电池 660 的位置相对的表面上的入射太阳光 650。光学元件可为任何合适的用于聚集光并且将其向小的表面(即,多结太阳能电池 660 的表面)聚焦的透镜。例如,透镜可为诸如图 6 中所示的凸透镜,或者可为菲涅耳透镜、平凸透镜等。可使用任何合适的透镜。另外,尽管示出为单个光学元件 640,但光学元件 640 可由多个子元件透镜构成,可能具有不同形状的透镜。

[0026] 光学元件 640 接收入射光 650 并且透射所述光使其成为聚焦在多结太阳能电池 660 的表面上的光 630。当太阳光到达多结太阳能电池时,光学元件 640 应该大量聚集太阳光,使得多结太阳能电池的表面上的每单位面积的光通量远大于光学元件 640 的表面。事实上,到达多结太阳能电池的光 630 应该入射在电池上,其强度超过 100 个太阳强度,可能超过 150 个太阳强度,甚至可能超过 200 个太阳强度。

[0027] 多结太阳能电池 660 应被理解为可能对应于图 2 至图 5 中的上述任何太阳能电池。如图 6 中所示的,多结太阳能电池部分地由多个外延的 III-V 半导体 pn 结 603、607、611 构成。电池还部分地由设置在 II-V pn 结 603、607、611 和光学元件 640 之间的外延 II-VI 半导体电流扩散层 620 构成。这种设置使得来自光学元件 640 的聚焦光 630 在到达 pn 结



之前入射在电流扩散层 620 上。

[0028] 如同上述太阳能电池一样,多结太阳能电池可包括电极 614,所述电极被分成离散的线性部分并且设置在面向光学元件 640 的电流扩散层 620 的表面上。在一些实施例中,电极可为不透明的。电极 614 的离散的线性部分可为间隔开的,如针对图 2 中的电池所描述的,其间隔距离为至少 0.1mm,或至少 0.15mm,或可能甚至 0.20mm。可任选地,如针对图 4 的太阳能电池所示,多结太阳能电池 660 可包括透明导体 626,其设置在电极 614 和电流扩散层 620 之间。太阳能电池 500 还包括电池的相对表面上的背电极 690。

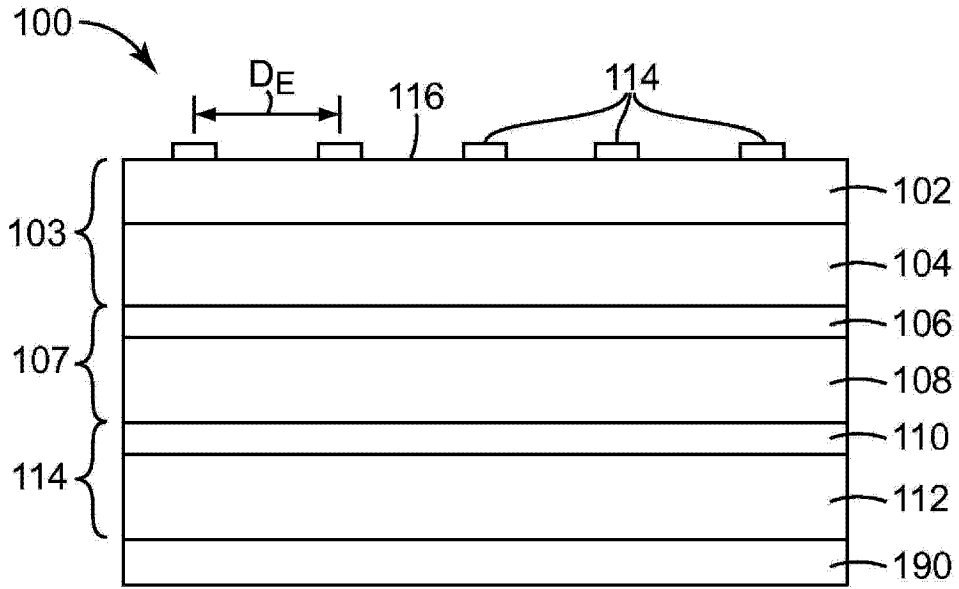
[0029] 在多个实施例中,pn 结 603、607、611 可由一个或多个 p 掺杂的 III-V 半导体层和 n 掺杂的 III-V 半导体层构成。这些层可由 Ge、Ga(In)As、(Al)GaInP、InP、GaInAs、GaInAsP 或 Al(Ga)InAs 构成。电流扩散层 620 将通常为 II-V 半导体层,其中,所述层可由 MgZnSSe、BeMgZnSe、CdMgZnSe 或 BeZnTe 构成。

[0030] 尽管在一些实施例中可使用透镜来聚集光并且将光聚焦在多结太阳能电池上,如图 6 所示,但也可设想出其它构造。例如,图 7 示出了聚光光伏电池构造的另一个实施例。同样,太阳光 750 入射在光学元件 740 上。然而,这里,光学元件为反射镜 740。在这种构造中,反射镜 740 被成形使得它既反射光又将光聚焦在多结太阳能电池 760 的小表面区域上成为聚集光 730。这个实施例提供了可在设想出的构造中用作光学元件的大元件阵列的示例,只要元件能够聚集入射太阳光 750 并将太阳光 750 导向太阳能电池即可。

[0031] 如开始所讨论的,本说明书的多结太阳能电池与现有技术的许多多结太阳能电池相比,明显更加有效。多结太阳能电池可将入射的太阳光以大于 35%,大于 37%,可能甚至大于 39% 或者甚至 40% 的转换效率转换成能量。例如,在高强度(超过 400 个太阳)下,附加外延 II-VI 电流扩散层和合适的电极可将电池的效率提高 3 个百分点(例如,从 37% 提高至 40%)。

[0032] 在大多数实施例中,II-VI 电流扩散层上的抗反射涂层可用于将太阳光有效地耦合至太阳能电池。

[0033] 本发明不应被视为限于上述的具体实例和实施例,因为详细描述此类实施例是为了便于说明本发明的各方面。相反,本发明应当被理解为涵盖本发明的所有方面,包括落入如由所附权利要求书限定的精神和范围内的各种修改形式、等效方法和替代装置。



现有技术

图 1

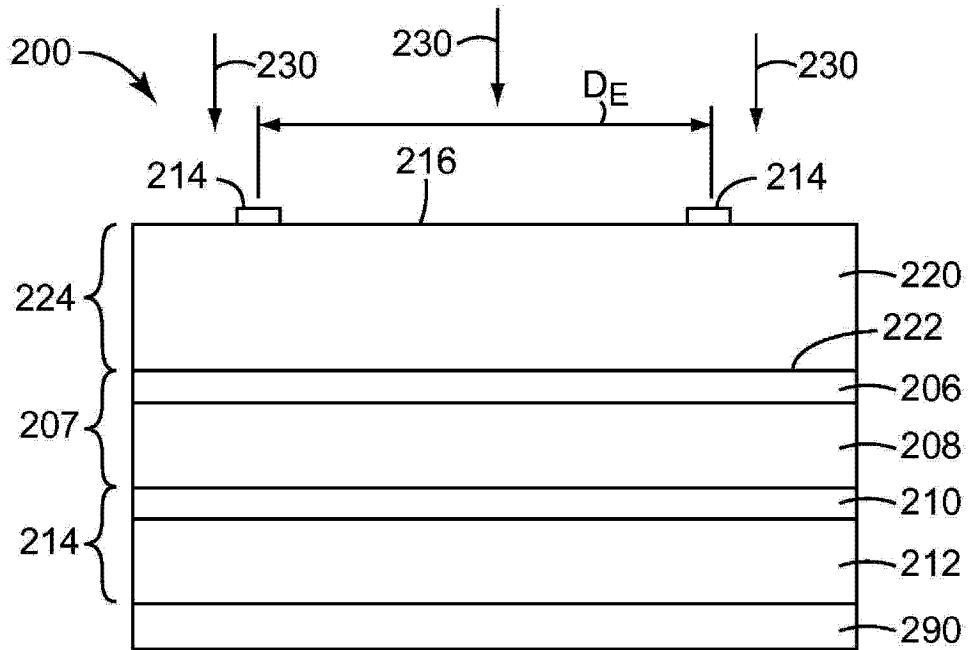


图 2

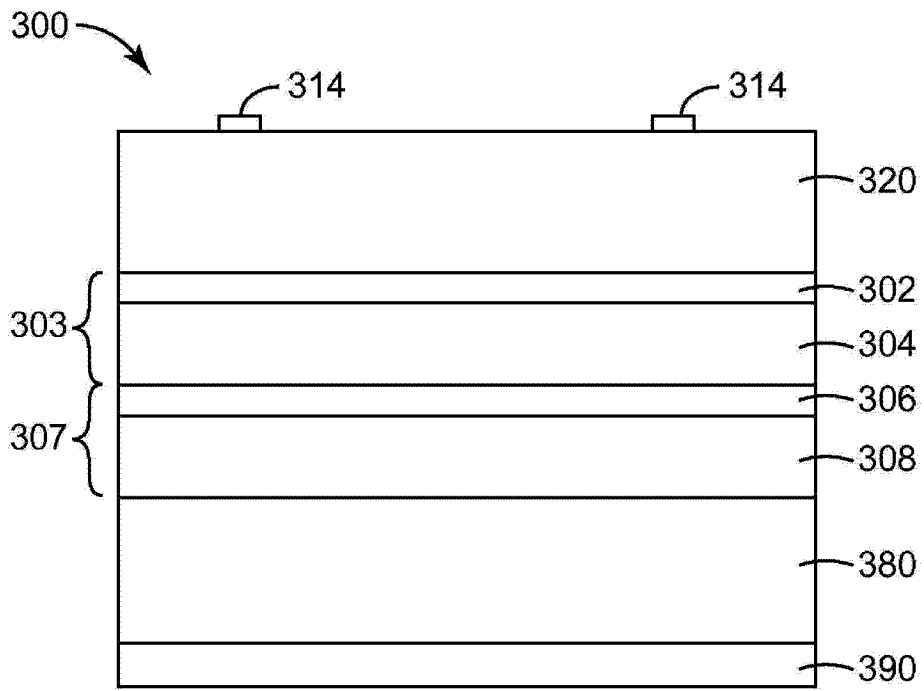


图 3

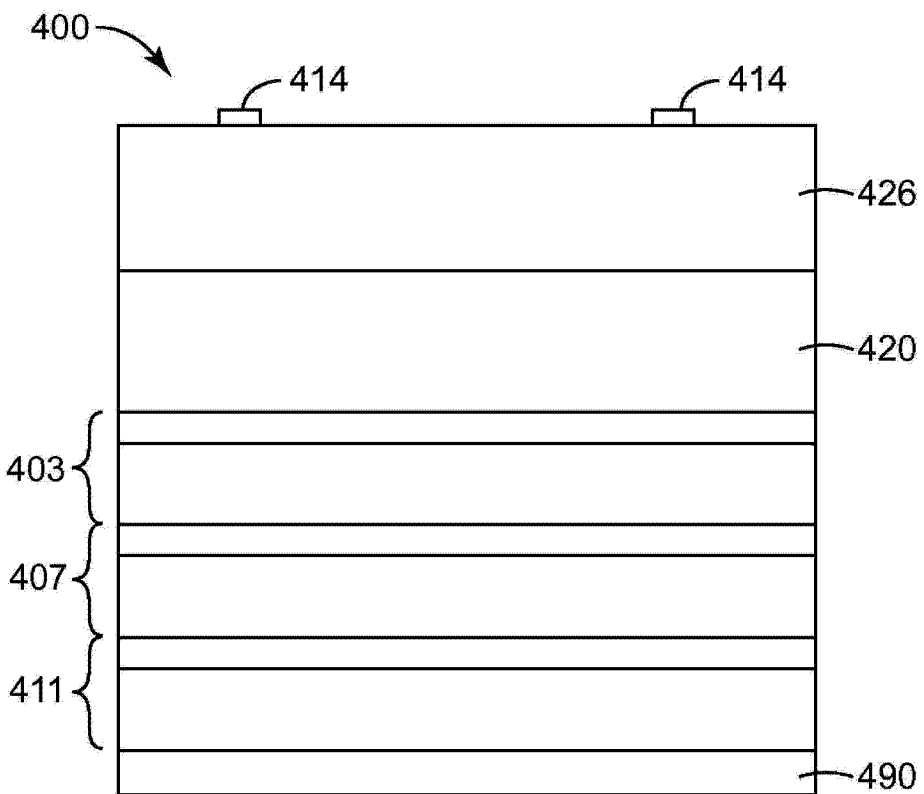


图 4

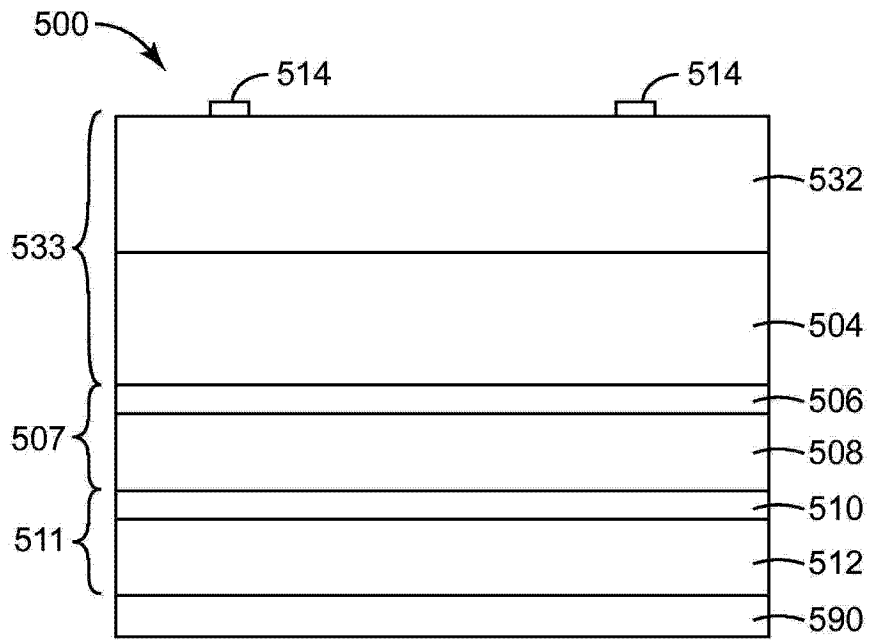


图 5

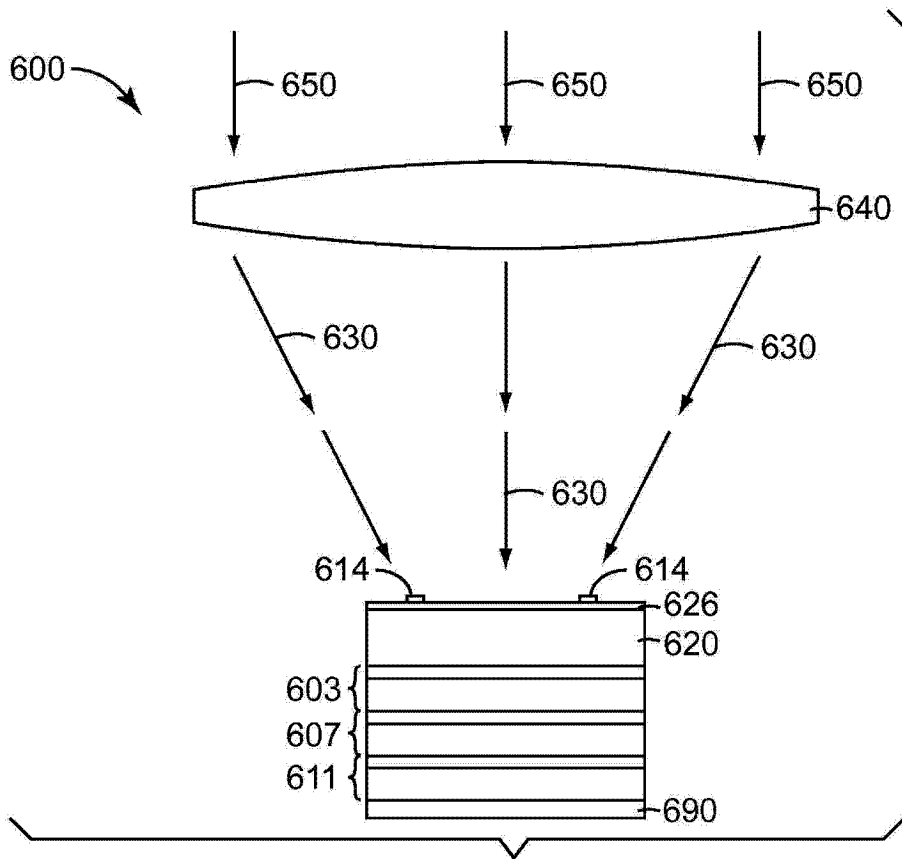


图 6

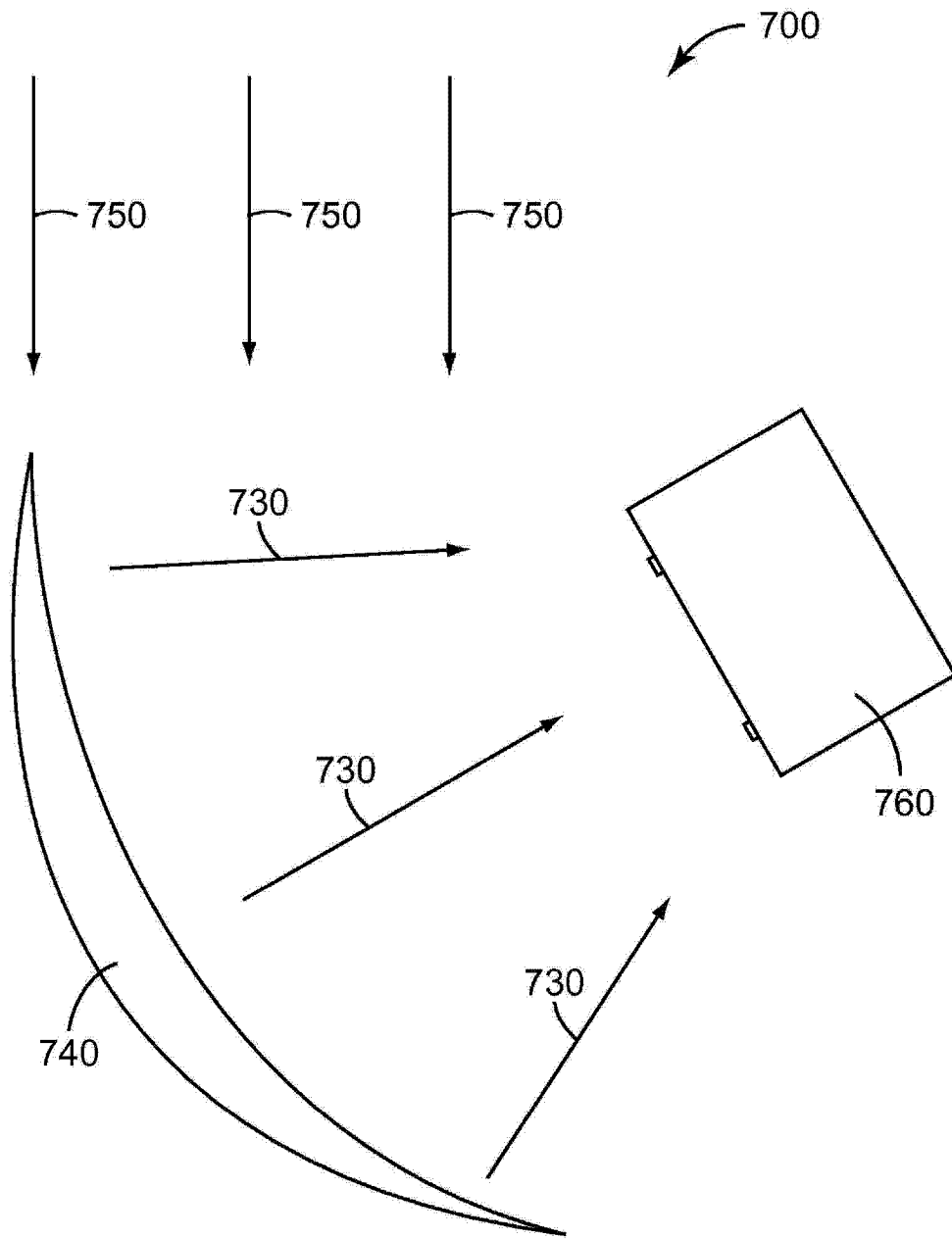


图 7