



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102473776 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 03

(21) 申请号 201080034233. 3

(22) 申请日 2010. 01. 11

(30) 优先权数据

10-2009-0076824 2009. 08. 19 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 02. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2010/000158 2010. 01. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/021756 EN 2011. 02. 24

(73) 专利权人 LG 电子株式会社

地址 韩国首尔

(72) 发明人 沈炫孜 李承允 柳东柱 李宪民

黄先泰 安世源 鱼英株

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 丁香兰 庞东成

(51) Int. Cl.

H01L 31/042 (2014. 01)

(56) 对比文件

WO 2008078471 A1, 2008. 07. 03,

US 4843451 A, 1989. 06. 27,

KR 100895977 B1, 2009. 05. 07,

JP 2009141059 A, 2009. 06. 25,

审查员 刘宁

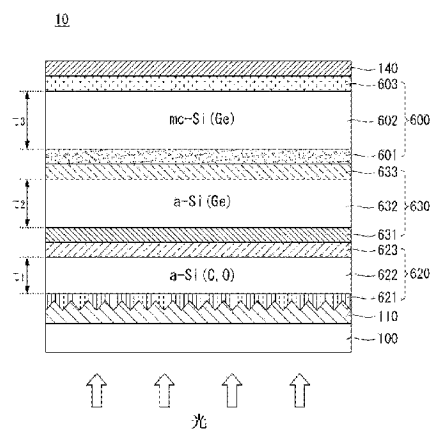
权利要求书1页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

太阳能电池

(57) 摘要

本发明公开了一种太阳能电池。该太阳能电池包括基板、在所述基板上的第一电极、第二电极和位于所述第一电极和所述第二电极之间的光电转化单元。所述光电转化单元包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中的至少一种的非晶硅形成的第一本征 (称为 i 型) 半导体层和由掺杂有锗 (Ge) 的微晶硅形成的第二 i 型半导体层。



1. 一种太阳能电池,其包括:

基板;

在所述基板上的第一电极;

第二电极;和

位于所述第一电极和所述第二电极之间的多个光电转化单元,所述多个光电转化单元包括:

第一光电转化单元,所述第一光电转化单元包括:p-i-n 半导体层,和由掺杂有作为杂质的碳(C)和氧(O)中的至少一种的非晶硅形成的第一本征 i 型半导体层;

第二光电转化单元,所述第二光电转化单元包括:p-i-n 半导体层,和由掺杂有锗(Ge)的非晶硅形成的第二 i 型半导体层;和

第三光电转化单元,所述第三光电转化单元包括:p-i-n 半导体层,和由掺杂有 Ge 的微晶硅形成的第三 i 型半导体层,并且

其中,所述第一本征 i 型半导体层(622)中的碳和氧中的至少一种的杂质含量为 10 原子%~50 原子%,

其中,所述第二 i 型半导体层(632)中的锗含量为 5 原子%~30 原子%,

其中,所述第三 i 型半导体层(602)中的锗含量为 3 原子%~20 原子%,并且

所述第三 i 型半导体层的 Ge 含量低于所述第二 i 型半导体层的 Ge 含量。

2. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述第一光电转化单元、所述第二光电转化单元和所述第三光电转化单元按上述顺序安置在所述基板的光入射表面上。

3. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述第三 i 型半导体层的厚度大于所述第二 i 型半导体层的厚度,且所述第二 i 型半导体层的厚度大于所述第一 i 型半导体层的厚度。

4. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,在所述第二光电转换部件和所述第三光电转换部件之间安置有间层。

5. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,在所述第一光电转换部件和所述第二光电转换部件之间安置有间层。

6. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其还包括:

位于所述第一光电转换部件和所述第二光电转换部件之间的第一间层;和

位于所述第二光电转换部件和所述第三光电转换部件之间的第二间层,

其中所述第二间层的厚度大于所述第一间层的厚度。

7. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其还包括:

位于所述第一光电转换部件和所述第二光电转换部件之间的第一间层;和

位于所述第二光电转换部件和所述第三光电转换部件之间的第二间层,

其中,在第一波长带,所述第一间层的折射率大于所述第二间层的折射率,

其中,在长于所述第一波长带的第二波长带,所述第一间层的折射率小于所述第二间层的折射率。

太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明的实施方式涉及太阳能电池。

背景技术

[0002] 太阳能电池是能够将光能转换为电能的元件,其包括 p 型半导体层和 n 型半导体层。

[0003] 太阳能电池的一般运行过程如下。如果来自外界的光入射到太阳能电池上,在该太阳能电池的半导体层内会形成电子-空穴对。在形成于太阳能电池的半导体层内的电场作用下,电子向 n 型半导体层移动,空穴向 p 型半导体层移动。由此产生了电能。

[0004] 根据所用的材料,太阳能电池主要可以分为硅类太阳能电池、复合半导体类太阳能电池和有机类太阳能电池。根据半导体的相,可以将硅类太阳能电池分为晶体硅(c-Si)太阳能电池和非晶硅(a-Si)太阳能电池。

发明内容

[0005] 问题的解决方案

[0006] 在一个方面中,本发明提供一种太阳能电池,其包括基板、在所述基板上的第一电极、第二电极和位于所述第一电极和所述第二电极之间的光电转换部件,其中,所述光电转换部件包括:由掺杂有作为杂质的碳(C)和氧(O)中的至少一种的非晶硅构成的第一本征(i型)半导体层,和由掺杂有锗(Ge)的微晶硅构成的第二 i 型半导体层。

[0007] 第一 i 型半导体层和第二 i 型半导体层可以按上述顺序安置在基板的光入射表面上。

[0008] 第一 i 型半导体层中的碳(C)和氧(O)中的至少一种的杂质含量可以是约 10 原子%~50 原子%。第二 i 型半导体层中的 Ge 含量可以是约 3 原子%~20 原子%。

[0009] 在另一方面中,本发明提供一种太阳能电池,其包括基板、在所述基板上的第一电极、第二电极和位于所述第一电极和所述第二电极之间的光电转化单元,其中,所述光电转化单元包括:第一光电转化单元,其包括由掺杂有作为杂质的碳(C)和氧(O)中的至少一种的非晶硅构成的第一本征(i型)半导体层;第二光电转化单元,其包括由掺杂有锗(Ge)的非晶硅构成的第二 i 型半导体层;和第三光电转化单元,其包括由掺杂有 Ge 的微晶硅构成的第三 i 型半导体层。

[0010] 第一光电转化单元、第二光电转化单元和第三光电转化单元可以按上述顺序安置在基板的光入射表面上。

[0011] 第三 i 型半导体层的 Ge 含量可以低于第二 i 型半导体层的 Ge 含量。

[0012] 第三 i 型半导体层的厚度可以大于第二 i 型半导体层的厚度,而第二 i 型半导体层的厚度可以大于第一 i 型半导体层的厚度。

[0013] 在第二光电转换部件和第三光电转换部件之间可以安置间层。在第一光电转换部件和第二光电转换部件之间可以安置间层。

[0014] 该太阳能电池还可以包括位于第一光电转换部件和第二光电转换部件之间的第一间层和位于第二光电转换部件和第三光电转换部件之间的第二间层。第二间层的厚度可以大于第一间层的厚度。在第一波长带,第一间层的折射率可以大于第二间层的折射率。在长于第一波长带的第二波长带,第一间层的折射率可以小于第二间层的折射率。

[0015] 第三 i 型半导体层中的 Ge 含量可以是约 3 原子%~20 原子%。第二 i 型半导体层中的 Ge 含量可以是约 5 原子%~30 原子%。第一 i 型半导体层中的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的杂质含量可以是约 10 原子%~50 原子%。

[0016] 在又一方面中,本发明提供一种太阳能电池,其包括基板、在所述基板上的第一电极、第二电极、位于所述第一电极和所述第二电极之间的由非晶硅构成的第一本征 (i 型) 半导体层和位于所述第一电极和所述第二电极之间的由微晶硅构成的第二 i 型半导体层,其中,所述第一 i 型半导体层和所述第二 i 型半导体层掺杂有相同的杂质。

[0017] 第一 i 型半导体层和第二 i 型半导体层可以掺杂有锗 (Ge)。第一 i 型半导体层的 Ge 含量可以高于第二 i 型半导体层的 Ge 含量。

[0018] 第二 i 型半导体层中的 Ge 含量可以是约 3 原子%~20 原子%。第一 i 型半导体层中的 Ge 含量可以是约 5 原子%~30 原子%。

附图说明

[0019] 图 1~图 6 涉及本发明实施方式的太阳能电池;

[0020] 图 7~图 12 涉及本发明实施方式的太阳能电池的另一种结构;和

[0021] 图 13~图 18 涉及本发明实施方式的太阳能电池的又一种结构。

具体实施方式

[0022] 图 1~图 6 涉及本发明实施方式的太阳能电池。可以将图 1 所示的太阳能电池结构称为 pin 结构。

[0023] 如图 1 所示,本发明实施方式的太阳能电池 10 包括基板 100、在所述基板 100 上的第一电极 110(下文中称之为“前电极”)、第二电极 140(下文中称之为“后电极”)和光电转换部件 120 和 130。

[0024] 光电转换部件 120 和 130 安置于前电极 110 和后电极 140 之间,从而利用来自外界的光来产生电能。光电转换部件 120 可以包括掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的非晶硅构成的第一本征(称为 i 型)半导体层 122,而光电转换部件 130 可以包括由掺杂有锗 (Ge) 的微晶硅构成的第二 i 型半导体层 132。

[0025] 基板 100 可以为其他功能层提供空间。此外,基板 100 可以由诸如玻璃、塑料或其他材料等透明材料构成,从而使来自外界的光可以有效地入射到光电转换部件 120 和 130 上。

[0026] 前电极 110 可以由导电的透明材料构成,从而提高入射光的透射率。例如,前电极 110 可以由具有高透射率和高导电性的材料构成,且可以选自由铟锡氧化物 (ITO)、锡类氧化物(例如 SnO_2)、 AgO 、 ZnO - Ga_2O_3 (或 Al_2O_3)、氟锡氧化物 (FTO) 及其组合组成的组,从而使前电极 110 可以透射大部分入射光,并使电流在前电极 110 中流动。前电极 110 的比电阻可以是约 $10^{-11} \Omega \text{ cm}$ ~ $10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 。

[0027] 前电极 110 可以在基板 100 的整个表面上形成,且可以电连接至光电转换部件 120 和 130。因此,前电极 110 可以收集由入射光产生的载流子(例如,空穴),从而将该载流子输出。

[0028] 在前电极 110 的上表面上可以形成具有例如不平坦的金字塔结构的不平坦图样。换言之,前电极 110 可以具有带纹理的表面。因此,当前电极 110 的表面具有纹理时,可以减少光反射并提高光的吸收比。由此可以提高太阳能电池 10 的效率。

[0029] 虽然图 1 显示了前电极 110 的带纹理的表面,但太阳能电池 10 的其他部分也可以具有带纹理的表面。例如,光电转换部件 120 和 130 各自可以具有带纹理的表面。在本发明的实施方式中,为了便于进行说明,下文中对前电极 110 的带纹理表面进行描述。

[0030] 在所示的实施方式中,后电极 140 由导电性高的金属构成,从而可提高由光电转换部件 120 和 130 产生的电能的回收效率。另外,电连接至光电转换部件 120 和 130 的后电极 140 可以收集由入射光产生的载流子(例如,电子),从而将该载流子输出。

[0031] 光电转换部件 120 和 130 可以将来自外界的光转换为电能。此外,光电转换部件 120 和 130 各自的第一和第二 i 型半导体层 122 和 132 可以通过调节其带隙来提高太阳能电池 10 的效率。

[0032] 虽然并非必须,但优选可以将光电转换部件 120 和 130 的组成部分区分为包括第一光电转换部件 120 和第二光电转换部件 130。

[0033] 第一光电转换部件 120 可以是使用非晶硅(a-Si)(例如,氢化非晶硅(a-Si:H))的非晶硅电池。第一光电转换部件 120 可以吸收短波长带的光来产生电能。

[0034] 第一光电转换部件 120 可以包括按下述顺序在前电极 110 上形成的第一 p 型半导体层 121、第一 i 型半导体层 122 和第一 n 型半导体层 123。

[0035] 第一 p 型半导体层 121 可以利用气体来形成,所述气体通过将作为杂质的碳和氧中的至少一种和第 III 族元素(例如硼(B)、镓(Ga)和铟(In))添加到含硅(Si)原料气中而获得。

[0036] 第一 i 型半导体层 122 可以减少载流子的重组,并且可以吸收光。第一 i 型半导体层 122 可以吸收短波长带的光来产生载流子,例如电子和空穴。第一 i 型半导体层 122 可以由非晶硅(a-Si),例如氢化非晶硅(a-Si:H)构成。第一 i 型半导体层 122 的近似厚度可以是 200nm ~ 300nm,从而可充分吸收短波长带的光。

[0037] 由于第一 i 型半导体层 122 可以掺杂有作为杂质的碳和氧中的至少一种,通过所掺杂的碳和氧,第一 i 型半导体层 122 的带隙可以增大。因此,第一 i 型半导体层 122 相对于短波长带光的吸收比可能增加,而且可以使太阳能电池 10 的效率提高。

[0038] 第一 n 型半导体层 123 可以利用气体来形成,所述气体通过将作为杂质的第 V 族元素(例如磷(P)、砷(As)和锑(Sb))添加到含 Si 原料气中而获得。

[0039] 第一光电转换部件 120 可以使用化学气相沉积(CVD)方法来形成,例如等离子体增强化学气相沉积(PECVD)法。

[0040] 在第一光电转换部件 120 中,第一 p 型半导体层 121 和第一 n 型半导体层 123 可以形成 p-n 结,且第一 i 型半导体层 122 插入第一 p 型半导体层 121 和第一 n 型半导体层 123 之间。换言之,第一 i 型半导体层 122 安置在第一 p 型半导体层 121(即 p 型掺杂层)和第一 n 型半导体层 123(即 n 型掺杂层)之间。

[0041] 在太阳能电池 10 的这种结构中,当光入射到第一 p 型半导体层 121 上时,在第一 i 型半导体层 122 内会形成耗尽区 (depletion region),这是因为第一 p 型半导体层 121 和第一 n 型半导体层 123 各自具有相对高的掺杂浓度来借此产生电场。在第一 i 型半导体层 122 中产生的电子和空穴由接触电位差通过光电效应分离,并沿不同方向移动。例如,空穴穿过第一 p 型半导体层 121 移动至前电极 110,而电子穿过第一 n 型半导体层 123 移动至后电极 140。由此产生了电能。

[0042] 在第一光电转换部件 120 中,在第一 i 型半导体层 122 掺杂有碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的情况下,第一 p 型半导体层 121 和第一 n 型半导体层 123 中的至少一个可以掺杂有碳 (C) 和氧 (O) 中的至少一种。优选的是,第一 p 型半导体层 121 可以掺杂有碳 (C) 和氧 (O) 中的至少一种。

[0043] 此外,在第一光电转换部件 120 中,第一 p 型半导体层 121、第一 i 型半导体层 122 和第一 n 型半导体层 123 全部都可以含有非晶硅。另一选择是,第一 n 型半导体层 123 可以含有微晶硅 (mc-Si)。

[0044] 第二光电转换部件 130 可以是使用微晶硅 (mc-Si) (例如,氢化微晶硅 (mc-Si:H)) 的硅电池。第二光电转换部件 130 可以吸收长波长带的光来产生电能。

[0045] 第二光电转换部件 130 可以包括第二 p 型半导体层 131、第二 i 型半导体层 132 和第二 n 型半导体层 133。在本发明的实施方式中,第二 p 型半导体层 131 和第二 n 型半导体层 133 的位置可以对调。

[0046] 第二光电转换部件 130 可以通过使用 CVD 方法 (如 PECVD 法) 以与第一光电转换部件 120 相同的方式来形成。

[0047] 第二 i 型半导体层 132 可以以与第一 i 型半导体层 122 相同的方式来减少载流子的重组并吸收光。第二 i 型半导体层 132 可以主要吸收长波长带的光来产生载流子,例如电子和空穴。第二 i 型半导体层 132 可以由微晶硅 (mc-Si)、例如氢化微晶硅 (mc-Si:H) 构成。第二 i 型半导体层 132 的厚度可以大于第一 i 型半导体层 122 的厚度,从而可充分吸收长波长带的光。例如,第二 i 型半导体层 132 的厚度可以是约 1,500nm ~ 3,000nm。

[0048] 第二 i 型半导体层可以掺杂有作为杂质的锗 (Ge)。锗可以减小第二 i 型半导体层 132 的带隙。因此,第二 i 型半导体层 132 对于长波长带的光的吸收比可能增加,而且由此可以提高太阳能电池 10 的效率。

[0049] 例如,可以使用 PECVD 法来使第二 i 型半导体层 132 掺杂有 Ge。在 PECVD 法中,可以对充满 Ge 气体的腔室施加极高频 (VHF)、高频 (HF) 或射频 (RF) 信号。

[0050] 在第二光电转换部件 130 中,第二 p 型半导体层 131 和第二 n 型半导体层 133 可以形成 p-n 结,且第二 i 型半导体层 132 插入第二 p 型半导体层 131 和第二 n 型半导体层 133 之间。因此,由入射光产生的空穴穿过第二 p 型半导体层 131 移动至前电极 110,而由入射光产生的电子穿过第二 n 型半导体层 133 移动至后电极 140。由此产生了电能。

[0051] 在第二光电转换部件 130 中,在第二 i 型半导体层 132 掺杂有 Ge 的情况下,第二 p 型半导体层 131 和第二 n 型半导体层 133 中的至少一个可以掺杂有 Ge。

[0052] 此外,在第二光电转换部件 130 中,第二 p 型半导体层 131、第二 i 型半导体层 132 和第二 n 型半导体层 133 全部都可以含有微晶硅 (mc-Si)。

[0053] 图 2 阐明了 1 型太阳能电池和 2 型太阳能电池的特征,在 1 型太阳能电池中第一

和第二 i 型半导体层没有掺杂碳 (C)、氧 (O) 和 Ge,而在 2 型太阳能电池中第一 i 型半导体层掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中的至少一种且第二 i 型半导体层掺杂有 Ge。

[0054] 如图 2 所示,在 1 型太阳能电池中,第一 i 型半导体层由氢化非晶硅 (a-Si:H) 构成,而第二 i 型半导体层由氢化微晶硅 (mc-Si:H) 构成。在本发明的实施方式中的 2 型太阳能电池中,第一 i 型半导体层由掺杂有碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的氢化非晶硅 (a-Si:H(C,O)) 构成,而第二 i 型半导体层由掺杂有 Ge 的氢化微晶硅 (mc-Si:H(Ge)) 构成。

[0055] 在 1 型太阳能电池中,第一 i 型半导体层的带隙为 1.75eV,而第二 i 型半导体层的带隙为 1.1eV。

[0056] 此外,在 1 型太阳能电池中,开路电压 V_{oc} 约为 1V,短路电流 J_{sc} 约为 $1\text{mA}/\text{cm}^2$,填充系数 FF 约为 1,且效率 Eff 约为 1。1 型太阳能电池的特征 V_{oc} 、 J_{sc} 、FF 和 Eff 经设定使得 1 型太阳能电池和 2 型太阳能电池可相互比较。

[0057] 另一方面,在 2 型太阳能电池中,第一 i 型半导体层的带隙为 1.9eV,比 1 型太阳能电池中的高约 0.15eV。第二 i 型半导体层的带隙为 0.8eV,比 1 型太阳能电池中的低约 0.3eV。

[0058] 此外,在 2 型太阳能电池中,开路电压 V_{oc} 约为 1.05V,短路电流 J_{sc} 约为 $1.1\text{mA}/\text{cm}^2$,填充系数 FF 约为 1.0,且效率 Eff 约为 1.15。

[0059] 如上所述,在 2 型太阳能电池中,由于第一 i 型半导体层由掺杂有碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的氢化非晶硅 (a-Si:H(C,O)) 构成且第二 i 型半导体层由掺杂有 Ge 的氢化微晶硅 (mc-Si:H(Ge)) 构成,第二 i 型半导体层的带隙在增大第一 i 型半导体层的带隙的同时可以减小。由此可以提高太阳能电池 10 的效率。

[0060] 图 3 是阐明基于第二 i 型半导体层 Ge 含量的太阳能电池效率的图。

[0061] 如图 3 所示,当第二 i 型半导体层的 Ge 含量为 0 原子%~1 原子%时,太阳能电池的效率约为 1.06~1.07。在这种情况下,第二 i 型半导体层的带隙因 Ge 的量少而不会充分减小。

[0062] 另一方面,当第二 i 型半导体层的 Ge 含量为 3 原子%~20 原子%时,太阳能电池的效率值充分提高,约为 1.12~1.15。在这种情况下,第二 i 型半导体层的带隙因 Ge 含量充足而可以充分减小。因此,第二 i 型半导体层对于长波长带的光的吸收比可能增加。

[0063] 另一方面,当第二 i 型半导体层的 Ge 含量为 25 原子%时,太阳能电池的效率值降低,约为 1.05。在这种情况下,由于存在过度大量的 Ge,一部分 Ge 在第二 i 型半导体层内部可以起到缺陷的作用。因此,虽然 Ge 含量有所提升,但太阳能电池的效率可能下降。

[0064] 鉴于对图 3 的描述,可以优选的是,第二 i 型半导体层的 Ge 含量为约 3 原子%~20 原子%。

[0065] 锶 (Sr) 可以代替第二 i 型半导体层中所含的 Ge。换言之,即使第二 i 型半导体层掺杂有锶,第二 i 型半导体层的带隙也可以充分减小。

[0066] 如图 4 所示,第一 i 型半导体层 122 可以掺杂有作为杂质的 Ge。在这种情况下,第一 i 型半导体层的带隙可能因 Ge 而减小。因此,第一 i 型半导体层 122 对于长波长带的光的吸收比可能增加,而且可以使太阳能电池 10 的效率比相关领域的太阳能电池有所提高。

[0067] 如图 4 所示,本发明实施方式的太阳能电池包括位于前电极 110 和后电极 140 之间的由非晶硅构成的 i 型半导体层 (即,第一 i 型半导体层 122) 和位于前电极 110 和后电

极 140 之间的由微晶硅构成的 i 型半导体层 (即, 第二 i 型半导体层 132)。所述由非晶硅构成的 i 型半导体层和由微晶硅构成的 i 型半导体层可以掺杂有相同的材料, 即 Ge。

[0068] 在这种情况下, 在第一光电转换部件 120 中, 在第一 i 型半导体层 122 掺杂有 Ge 的情况下, 第一 p 型半导体层 121 和第一 n 型半导体层 123 中的至少一个可以掺杂有 Ge。虽然不必, 但优选第一 p 型半导体层 121 和第一 n 型半导体层 123 均可以掺杂有 Ge。

[0069] 此外, 如图 5 所示, 第一光电转换部件 120 和第二光电转换部件 130 均可以是使用非晶硅 (a-Si) (例如, 氢化非晶硅 (a-Si:H)) 的非晶硅电池。在这种情况下, 第一 i 型半导体层 122 和第二 i 型半导体层 132 均可以包含非晶硅并掺杂有 Ge。

[0070] 此外, 如图 6 所示, 第一光电转换部件 120 和第二光电转换部件 130 均可以是使用非晶硅 (a-Si) (例如, 氢化非晶硅 (a-Si:H)) 的非晶硅电池。在这种情况下, 由非晶硅构成的第一 i 型半导体层 122 可以掺杂有碳 (C) 和氧 (O) 中的至少一种, 而由非晶硅构成的第二 i 型半导体层 132 可以掺杂有 Ge。

[0071] 图 5 和图 6 所示的太阳能电池 10 的结构可以与图 1 ~ 图 4 所示的太阳能电池 10 的基本相同, 不同之处在于图 5 和图 6 所示的太阳能电池 10 的第一 i 型半导体层 122 和第二 i 型半导体层 132 均含有非晶硅。

[0072] 图 7 ~ 图 11 涉及本发明实施方式的太阳能电池的另一种结构。可以将图 7 所示的太阳能电池 10 的结构称为 pin-pin-pin 结构。对于与图 1 ~ 图 6 所阐明的那些相同或等价的结构和组成部分, 可简短地进行或完全略去对其的进一步描述。

[0073] 如图 7 所示, 本发明实施方式的太阳能电池 10 包括第一、第二和第三光电转换部件 620、630 和 600。第一光电转换部件 620 包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的非晶硅 (a-Si (C, O)) 构成的第一 i 型半导体层 622。第二光电转换部件 630 包括由掺杂有 Ge 的非晶硅 (a-Si (Ge)) 构成的第二 i 型半导体层 632。第三光电转换部件 600 包括由掺杂有 Ge 的微晶硅 (mc-Si (Ge)) 构成的第三 i 型半导体层 602。

[0074] 第一、第二和第三光电转换部件 620、630 和 600 可以按上述顺序安置在基板 100 的光入射表面上。更具体而言, 第一 p 型半导体层 621、第一 i 型半导体层 622、第一 n 型半导体层 623、第二 p 型半导体层 631、第二 i 型半导体层 632、第二 n 型半导体层 633、第三 p 型半导体层 601、第三 i 型半导体层 602 和第三 n 型半导体层 603 按上述顺序安置在基板 100 上。

[0075] 第一光电转换部件 620 可以是使用掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的非晶硅 (a-Si (C, O)) (例如, 氢化非晶硅 (a-Si:H(C, O))) 的非晶硅电池。第一光电转换部件 620 可以吸收短波长带的光来产生电能。

[0076] 第二光电转换部件 630 可以是使用掺杂有 Ge 的非晶硅 (a-Si (Ge)) (例如, 氢化掺 Ge 非晶硅 (a-Si:H(Ge))) 的非晶硅电池。第二光电转换部件 630 可以吸收短波长带的光来产生电能。

[0077] 第三光电转换部件 600 可以是使用掺杂有 Ge 的微晶硅 (mc-Si (Ge)) (例如, 氢化掺 Ge 微晶硅 (mc-Si:H(Ge))) 的非晶硅电池。第三光电转换部件 600 可以吸收长波长带的光来产生电能。

[0078] 第三 i 型半导体层 602 的厚度 t_3 可以大于第二 i 型半导体层 632 的厚度 t_2 , 而第二 i 型半导体层 632 的厚度 t_2 可以大于第一 i 型半导体层 622 的厚度 t_1 。

[0079] 图 8 是阐明基于光电转换部件结构的太阳能电池特征的表格。

[0080] 在图 8 中,1 型太阳能电池具有包括由氢化非晶硅 (a-Si:H) 构成的第一 i 型半导体层和由氢化微晶硅 (mc-Si:H) 构成的第二 i 型半导体层的双结 (double junction) 结构。2 型太阳能电池具有包括由氢化非晶硅 (a-Si:H) 构成的第一 i 型半导体层、由氢化非晶硅 (a-Si:H) 构成的第二 i 型半导体层和由氢化微晶硅 (mc-Si:H) 构成的第三 i 型半导体层的三结 (triple junction) 结构。3 型太阳能电池具有包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的氢化非晶硅 (a-Si:H(C, O)) 构成的第一 i 型半导体层、由氢化非晶硅 (a-Si:H) 构成的第二 i 型半导体层和由氢化微晶硅 (mc-Si:H) 构成的第三 i 型半导体层的三结结构。4 型太阳能电池具有包括由氢化非晶硅 (a-Si:H) 构成的第一 i 型半导体层、由掺杂有 Ge 的氢化非晶硅 (a-Si:H(Ge)) 构成的第二 i 型半导体层和由氢化微晶硅 (mc-Si:H) 构成的第三 i 型半导体层的三结结构。5 型太阳能电池具有包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的氢化非晶硅 (a-Si:H(C, O)) 构成的第一 i 型半导体层、由掺杂有 Ge 的氢化非晶硅 (a-Si:H(Ge)) 构成的第二 i 型半导体层和由氢化微晶硅 (mc-Si:H) 构成的第三 i 型半导体层的三结结构。本发明的实施方式中的 6 型太阳能电池具有包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的氢化非晶硅 (a-Si:H(C, O)) 构成的第一 i 型半导体层、由掺杂有 Ge 的氢化非晶硅 (a-Si:H(Ge)) 构成的第二 i 型半导体层和由掺杂有 Ge 的氢化微晶硅 (mc-Si:H(Ge)) 构成的第三 i 型半导体层的三结结构。

[0081] 在图 8 中,1 型太阳能电池的特征 V_{oc} 、 J_{sc} 、FF 和 Eff 经设定使得 1 型太阳能电池与 2 ~ 6 型太阳能电池可相互比较。具有双结结构的 1 型太阳能电池的效率 Eff 为 1,而各自具有三结结构的 2 ~ 5 型太阳能电池的效率 Eff 约为 0.65 ~ 1.18。

[0082] 此外,6 型太阳能电池的效率 Eff 约为 1.24,明显高于 1 ~ 5 型太阳能电池的效率 Eff 。更具体而言,在 6 型太阳能电池中,第一 i 型半导体层的带隙约为 1.9eV,因此第一 i 型半导体层对于短波长带的光的吸收比可能增加。另外,第二 i 型半导体层的带隙约为 1.5eV,因此第二 i 型半导体层对于中波长带的光的吸收比可能增加。此外,第三 i 型半导体层的带隙约为 0.8eV,因此第三 i 型半导体层对于长波长带的光的吸收比可以提高。由此可以提高 6 型太阳能电池的效率。

[0083] 图 9 是阐明基于第三 i 型半导体层 Ge 含量的太阳能电池效率的图。更具体而言,图 9 是阐明在第二 i 型半导体层 Ge 含量为约 20 原子%且第一 i 型半导体层碳含量为约 20 原子%时基于第三 i 型半导体层 Ge 含量的太阳能电池效率的图。

[0084] 如图 9 所示,当第三 i 型半导体层的 Ge 含量为 0 原子%~1 原子%时,太阳能电池的效率约为 1.12。在这种情况下,第三 i 型半导体层的带隙因 Ge 的量少而不会充分减小。

[0085] 另一方面,当第三 i 型半导体层的 Ge 含量为 3 原子%~20 原子%时,太阳能电池的效率值充分提高,约为 1.19 ~ 1.25。在这种情况下,第三 i 型半导体层的带隙因 Ge 含量充足而可以充分减小。因此,第三 i 型半导体层对于长波长带的光的吸收比可能增加。

[0086] 另一方面,当第三 i 型半导体层的 Ge 含量为 25 原子%时,太阳能电池的效率值降低,约为 1.10。在这种情况下,由于存在过度大量的 Ge,一部分 Ge 在第三 i 型半导体层内部可能起到缺陷的作用。因此,虽然 Ge 含量有所提升,但太阳能电池的效率可能下降。

[0087] 鉴于对图 9 的描述,可以优选但不必须的是,第三 i 型半导体层的 Ge 含量为约 3

原子%~20 原子%。

[0088] 图 10 是阐明基于第二 i 型半导体层 Ge 含量的太阳能电池效率的图。更具体而言,图 10 是阐明在第三 i 型半导体层 Ge 含量为约 15 原子%且第一 i 型半导体层碳含量为约 20 原子%时基于第二 i 型半导体层 Ge 含量的太阳能电池效率的图。

[0089] 如图 10 所示,当第二 i 型半导体层未掺杂有 Ge 时,太阳能电池的效率约为 1.14。

[0090] 另一方面,当第二 i 型半导体层的 Ge 含量为 5 原子%~30 原子%时,太阳能电池的效率值充分提高,约为 1.21~1.25。在这种情况下,第二 i 型半导体层对于中波长带的光的吸收比可能增加。

[0091] 另一方面,当第二 i 型半导体层的 Ge 含量为 35 原子%时,太阳能电池的效率值降低,约为 1.12。在这种情况下,由于存在过度大量的 Ge,一部分 Ge 在第二 i 型半导体层内部可以起到缺陷的作用。因此,虽然 Ge 含量有所提升,但太阳能电池的效率可能下降。

[0092] 鉴于对图 10 的描述,可以优选但不必需的是,第二 i 型半导体层的 Ge 含量为约 5 原子%~30 原子%。

[0093] 如上所述,在掺杂有作为杂质的 Ge 的第二和第三 i 型半导体层中,由掺杂有 Ge 的微晶硅构成的第三 i 型半导体层的 Ge 含量低于由掺杂有 Ge 的非晶硅构成的第二 i 型半导体层的 Ge 含量。这是由于微晶硅的掺杂度小于非晶硅的掺杂度,且微晶硅的 Ge 形成缺陷的可能性高于非晶硅的 Ge 形成缺陷的可能性。

[0094] 在实施方式中,Ge 含量表示每单位体积的含量,因此可以通过浓度来表示。

[0095] 图 11 是阐明基于第一 i 型半导体层所含杂质的含量的太阳能电池效率的图。更具体而言,图 11 是阐明在第三 i 型半导体层 Ge 含量为约 15 原子%且第二 i 型半导体层 Ge 含量为约 20 原子%时基于第一 i 型半导体层所含杂质的含量的太阳能电池效率的图。可以用碳 (C) 和氧 (O) 作为掺杂进第一 i 型半导体层的杂质。图 11 阐明了用碳 (C) 作为杂质的实例。用氧 (O) 作为杂质所得的结果可以与用碳 (C) 作为杂质所得的结果相似。

[0096] 如图 11 所示,当第一 i 型半导体层未掺杂有碳时,太阳能电池的效率约为 1.02。

[0097] 另一方面,当第一 i 型半导体层的碳含量为 10 原子%~50 原子%时,太阳能电池的效率值充分提高,约为 1.18~1.25。在这种情况下,第一 i 型半导体层对于短波长带的光的吸收比可能增加。

[0098] 另一方面,当第一 i 型半导体层的碳含量为 60 原子%时,太阳能电池的效率值降低,约为 1.05。在这种情况下,由于过高的碳含量,一部分碳在第一 i 型半导体层内部可以起到缺陷的作用。因此,虽然碳含量增加,但太阳能电池的效率可能下降。

[0099] 鉴于对图 11 的描述,可以优选的是,第一 i 型半导体层的碳含量为约 10 原子%~50 原子%。

[0100] 图 12~图 18 涉及本发明实施方式的太阳能电池的又一种结构。对于与上述的那些相同或等价的结构和组成部分,可能简短地进行或完全略去对其的进一步描述。

[0101] 如图 12 所示,间层 1100 可以安置在第一光电转换部件 620 和第二光电转换部件 630 之间。间层 1100 可以使第一 i 型半导体层 622 的厚度降低,从而借此提高太阳能电池 10 的稳定效率。

[0102] 在制成 i 型半导体层后,该 i 型半导体层的效率会在预定的光入射期期间降低。例如,在预定的光入射期期间,i 型半导体层的效率可能降低至初始效率的约 80%~85%,所

述初始效率在该 i 型半导体层制成后立即测得。

[0103] 随后,该 i 型半导体层的效率的降低值会饱和,该 i 型半导体层的效率达到均一的效率。将所述均一的效率称为稳定效率 (stability efficiency)。

[0104] i 型半导体层的效率从初始效率下降至稳定效率这一特征会随着该 i 型半导体层厚度的增加而变得显著。换言之,当 i 型半导体层厚度减少时,稳定效率会提高。然而,如果 i 型半导体层的厚度过度减少,该 i 型半导体层的光吸收比会降低。由此会降低太阳能电池 10 的效率。

[0105] 另一方面,如图 12 所示,如果间层 1100 安置在第一和第二光电转换部件 620 和 630 之间,间层 1100 会反射由第一光电转换部件 620 透射的光,并因此使所反射的光在第一光电转换部件 620 中得到吸收。所以,即使第一光电转换部件 620 的第一 i 型半导体层 622 厚度减少,仍可以避免或减少太阳能电池 10 的效率降低。此外,可以提高稳定效率。

[0106] 间层 1100 可以用光吸收比低的材料形成,该材料能够有效地反射由第一光电转换部件 620 透射的光。虽然并非必须,但考虑到光吸收比和制造成本,间层 1100 可以优选使用 ZnO 、 SiO_x 等形成。

[0107] 此外,如图 13 所示,间层 1200 可以安置在第二光电转换部件 630 和第三光电转换部件 600 之间。

[0108] 此外,如图 14 所示,第一间层 1100 可以安置在第一和第二光电转换部件 620 和 630 之间,而第二间层 1200 可以安置在第二和第三光电转换部件 630 和 600 之间。

[0109] 在这种情况下,可以优选但不必须的是,第一 i 型半导体层 622 对于短波长带的光的吸收比升高,从而进一步提高太阳能电池 10 的效率。因此,可以优选但不必须的是,第一间层 1100 有效地反射短波长带的光。因此,可以优选但不必须的是,第一间层 1100 对于短波长带的光的折射率相对较大。

[0110] 此外,可以优选但不必须的是,第二 i 型半导体层 632 对于中波长带或长波长带的光的吸收比升高,从而进一步提高太阳能电池 10 的效率。因此,可以优选但不必须的是,第二间层 1200 对于中波长带或长波长带的光的折射率相对较大。

[0111] 在本发明的实施方式中,假定存在第一波长带,以及比该第一波长带长的第二波长带。

[0112] 在第一波长带,第一间层 1100 的折射率大于第二间层 1200 的折射率,而在第二波长带,第一间层 1100 的折射率小于第二间层 1200 的折射率。

[0113] 可以优选但不必须的是,第二间层 1200 的折射率等于或大于第一间层 1100 的折射率,并且第二间层 1200 的厚度 t_{20} 也大于第一间层 1100 的厚度 t_{10} 。

[0114] 此外,如图 15 所示,基板 1400 可以安置在太阳能电池的光入射表面对面。更具体而言,第三 n 型半导体层 603、第三 i 型半导体层 602、第三 p 型半导体层 601、第二 n 型半导体层 633、第二 i 型半导体层 632、第二 p 型半导体层 631、第一 n 型半导体层 623、第一 i 型半导体层 622 和第一 p 型半导体层 621 可以按上述顺序安置在基板 1400 上。

[0115] 在图 15 所示的这种结构中,因为光入射到太阳能电池 10 的与基板 1400 相对的一侧上,即入射到第一 p 型半导体层 621 上,所以基板 1400 不需要是透明的。因此,除玻璃和塑料之外,基板 1400 还可以由金属构成。可以将具有图 15 所示结构的太阳能电池 10 的结构称为 nip 型太阳能电池。

[0116] 此外,虽然在图 15 中未示出,本发明实施方式的太阳能电池还可以包括能够反射经透射的光的反射层。

[0117] 另外,如图 16 所示,本发明的实施方式的太阳能电池 10 可以包括:第一光电转换部件 620,其包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的非晶硅 (a-Si (C, O)) 构成的第一 i 型半导体层 622;第二光电转换部件 630,其包括由掺杂有 Ge 的微晶硅 (mc-Si (Ge)) 构成的第二 i 型半导体层 632;第三光电转换部件 600,其包括由掺杂有 Ge 的微晶硅 (mc-Si (Ge)) 构成的第三 i 型半导体层 602。

[0118] 当比较图 16 和图 7 所示的太阳能电池时,图 16 所示的太阳能电池所包括的第二 i 型半导体层 632 包含微晶硅,而不是图 7 所示的太阳能电池的第二 i 型半导体层 632 中所含的非晶硅。

[0119] 在这种情况下,由微晶硅构成的第二 i 型半导体层 632 的厚度 t_2 可以小于由微晶硅构成的第三 i 型半导体层 602 的厚度 t_3 。

[0120] 另外,如图 17 所示,本发明的实施方式的太阳能电池 10 可以包括:第一光电转换部件 620,其包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的非晶硅 (a-Si (C, O)) 构成的第一 i 型半导体层 622;第二光电转换部件 630,其包括由掺杂有 Ge 的非晶硅 (a-Si (Ge)) 构成的第二 i 型半导体层 632;第三光电转换部件 600,其包括由掺杂有 Ge 的非晶硅 (a-Si (Ge)) 构成的第三 i 型半导体层 602。换言之,第一、第二和第三 i 型半导体层 622、632 和 602 全部都可以包含非晶硅。

[0121] 另外,如图 18 所示,本发明的实施方式的太阳能电池 10 可以包括:第一光电转换部件 620,其包括由掺杂有作为杂质的碳 (C) 和氧 (O) 中至少一种的非晶硅 (a-Si (C, O)) 构成的第一 i 型半导体层 622;第二光电转换部件 630,其包括由微晶硅 (mc-Si) 构成的第二 i 型半导体层 632;第三光电转换部件 600,其包括由掺杂有 Ge 的微晶硅 (mc-Si (Ge)) 构成的第三 i 型半导体层 602。换言之,由微晶硅构成的第三 i 型半导体层 602 可以掺杂有 Ge,而由微晶硅构成的第二 i 型半导体层 632 不需要掺杂有 Ge。

[0122] 在本发明的实施方式中,太阳能电池可以具有多个 i 型半导体层,且每个 i 型半导体层包括相同或不同形式的硅(即,非晶硅或微晶硅)。此外,每个 i 型半导体层可以掺杂有相同或不同类型的杂质(即,C 或 O 中至少一种,和 Ge)。优选但不必须的是,太阳能电池可以具有多个 i 型半导体层,而且每个 i 型半导体层包括一种不同形式的硅且每个 i 型半导体层掺杂有一种不同类型的杂质。

[0123] 在本发明的实施方式中,对于电极、基板表面或其他部分,对于前或后的叙述并不是限制性的。例如,这种叙述是为了便于描述,因为前或后容易被理解为电极、基板表面或其他部分中的第一个或第二个的实例。

[0124] 虽然本发明是结合目前所认为的实际的示例性实施方式来描述的,但应了解的是,本发明并不限于已公开的实施方式,而是与之相反,本发明意在涵盖包括在所附权利要求的主旨和范围内的各种修改和等价方案。

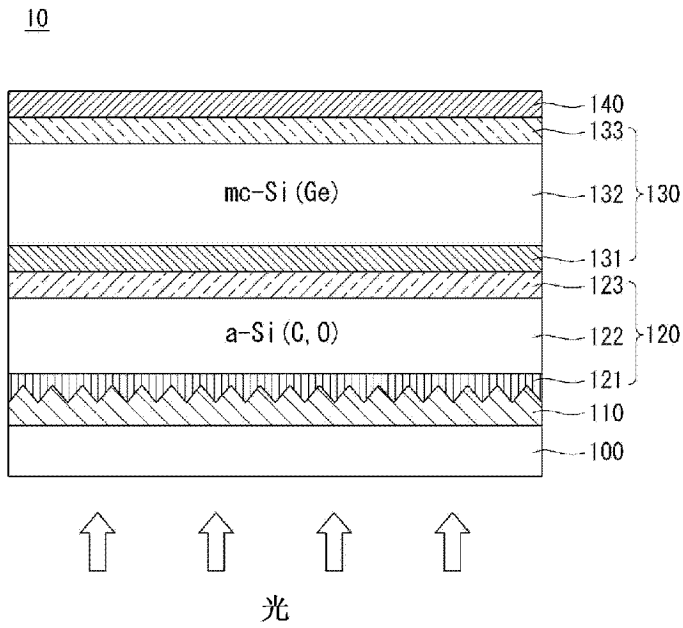


图 1

	1型		2型	
	a-Si:H	mc-Si:H	a-Si:H(C, 0)	mc-Si:H(Ge)
带隙	1.75	1.1	1.9	0.8
Voc	1		1.05	
Jsc	1		1.1	
FF	1		1.0	
Eff	1		1.15	

图 2

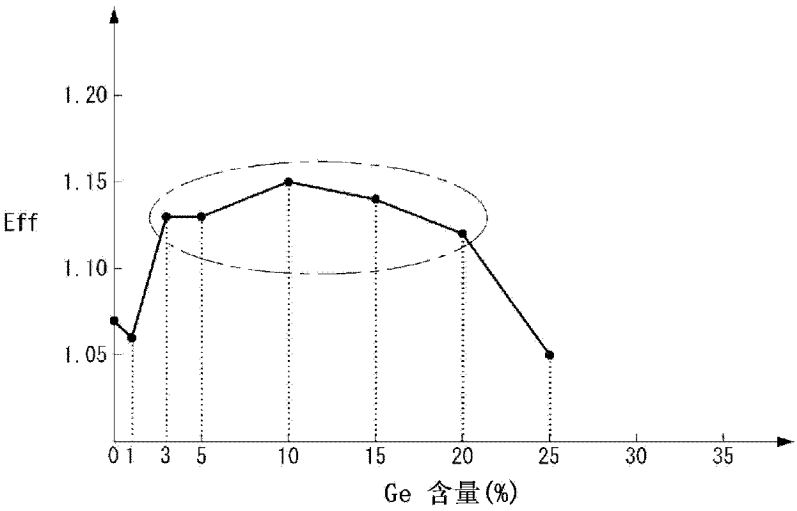


图 3

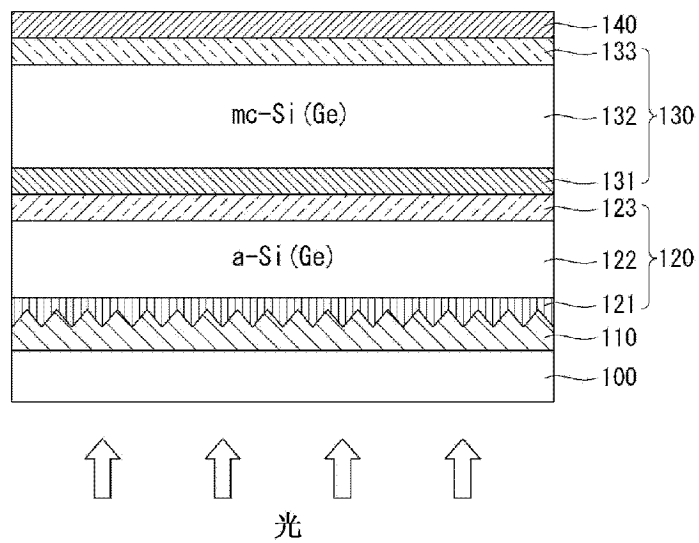
10

图 4

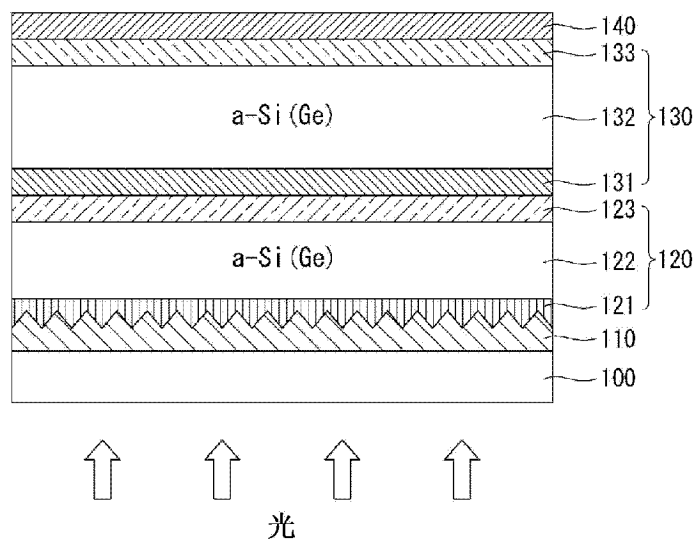
10

图 5

10

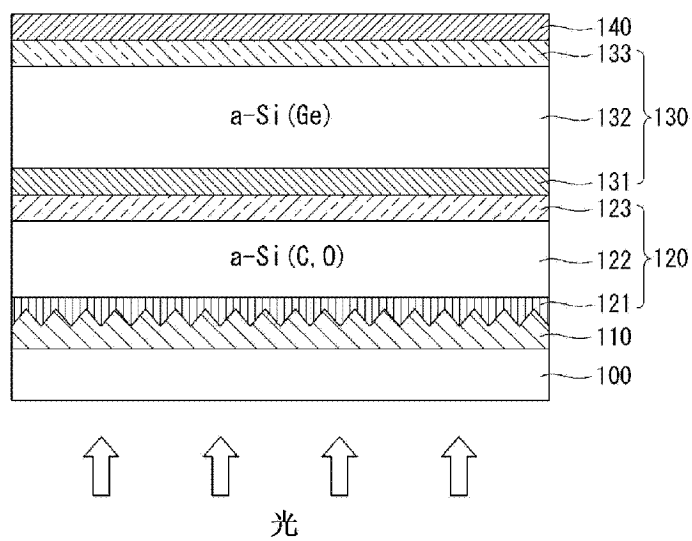


图 6

10

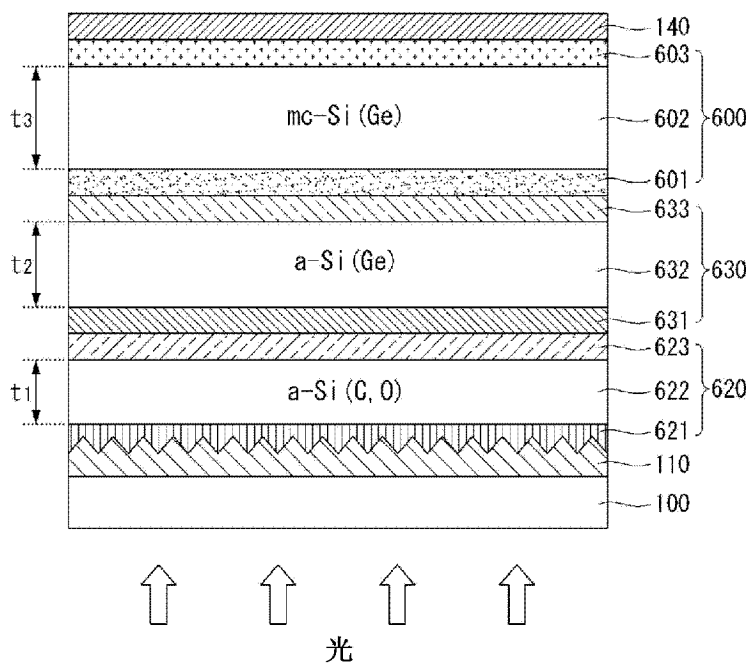


图 7

	1型	2型	3型	4型	5型	6型
	(双重)	(三重)	(三重)	(三重)	(三重)	(三重)
	a-Si:H	a-Si:H	a-Si:H(C, O)	a-Si:H	a-Si:H(C, O)	a-Si:H(C, O)
	mc-Si:H	a-Si:H	a-Si:H	a-Si:H(Ge)	a-Si:H(Ge)	a-Si:H(Ge)
		mc-Si:H	mc-Si:H	mc-Si:H	mc-Si:H	mc-Si:H(Ge)
带隙	1.75	1.75	1.9	1.75	1.9	1.9
		1.75	1.75	1.5	1.5	1.5
	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.8
Voc	1	1.23	1.50	1.50	1.57	1.55
Jsc	1	0.50	0.60	0.67	0.75	0.80
FF	1	1.05	1.00	1.05	1.00	1.00
Eff	1	0.65	0.90	1.06	1.18	1.24

图 8

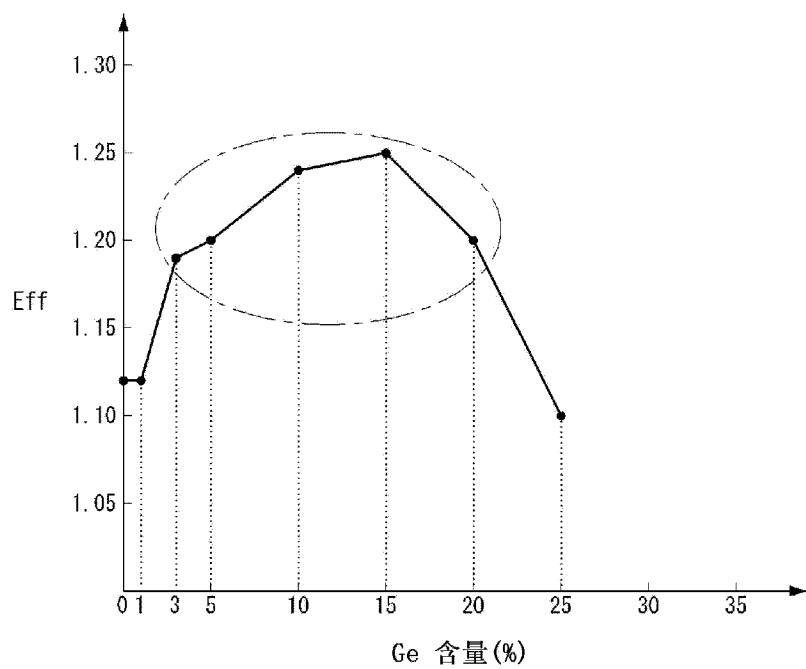


图 9

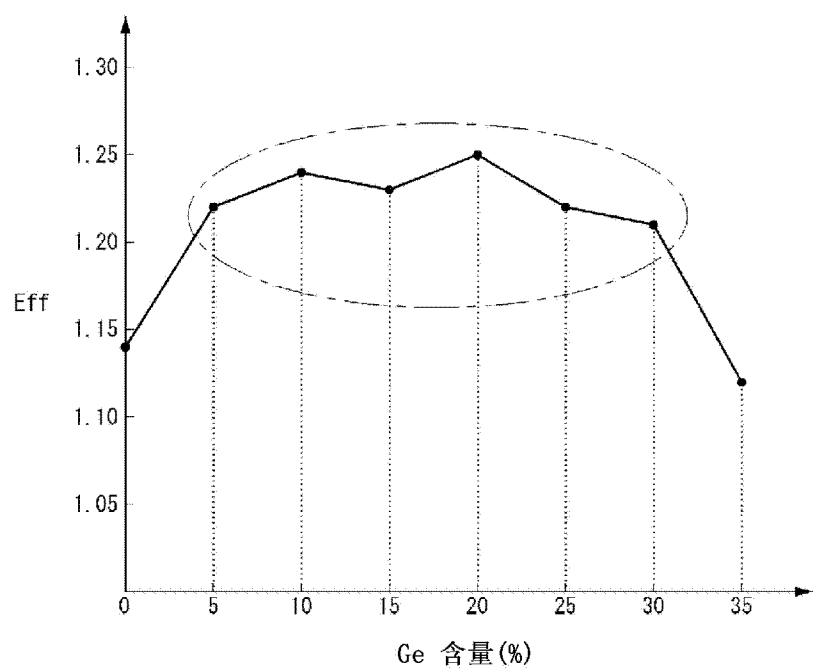


图 10

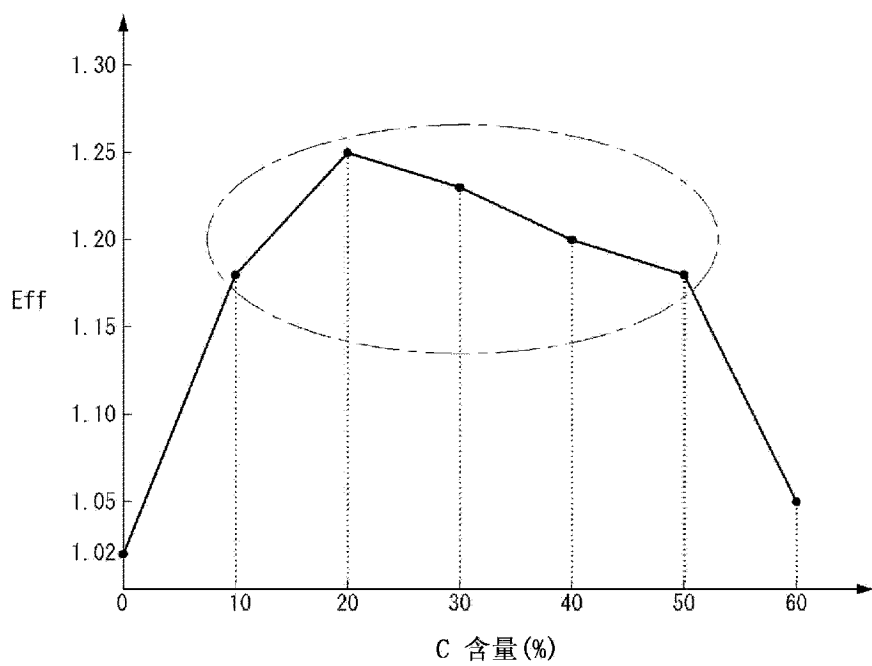


图 11

10

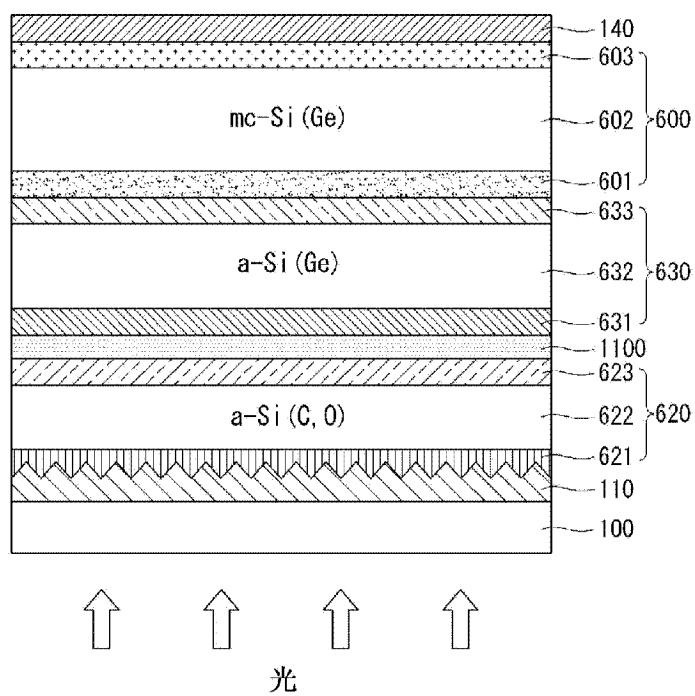


图 12

10

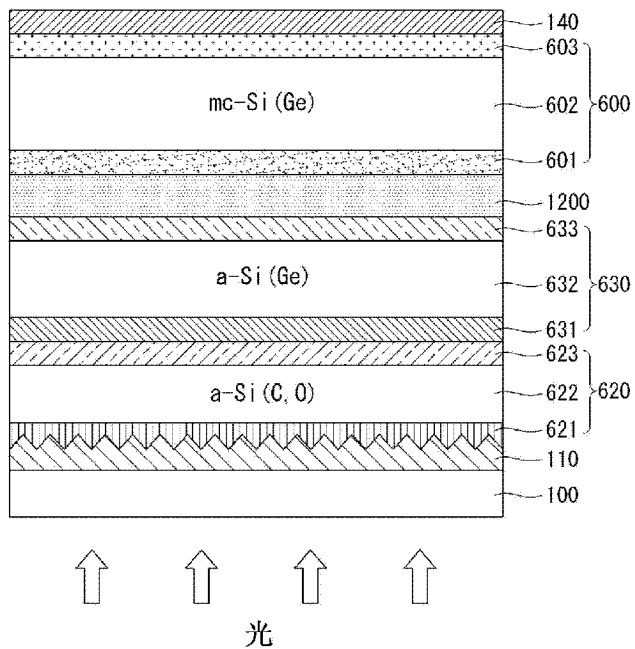


图 13

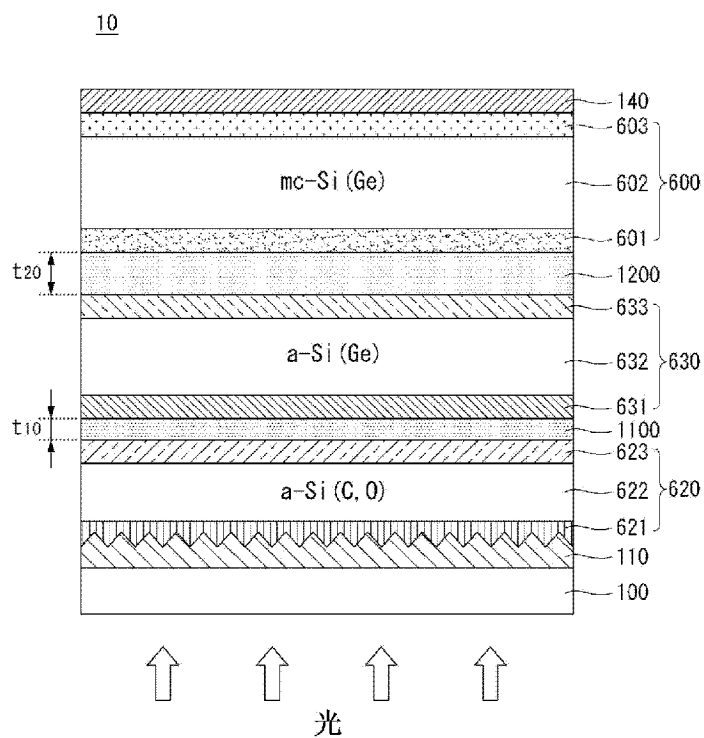


图 14

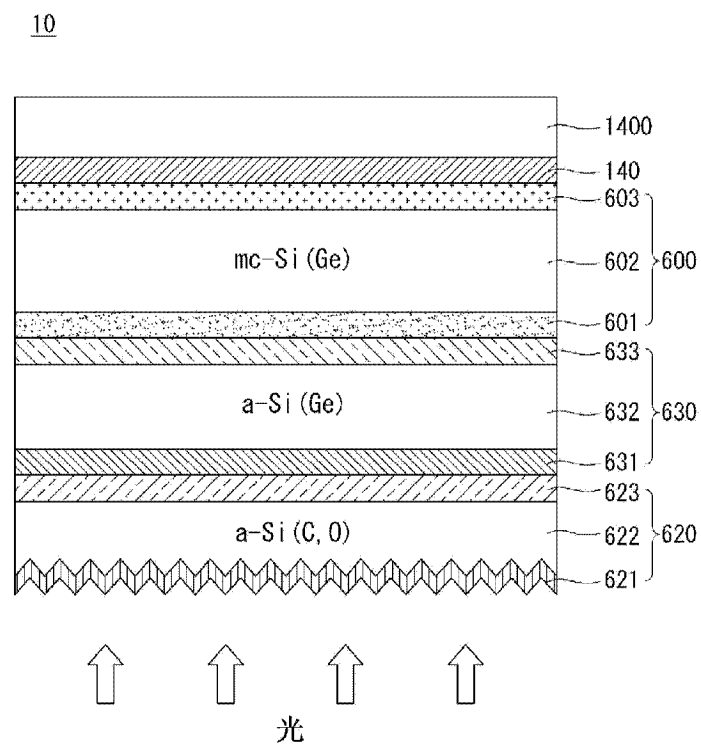


图 15

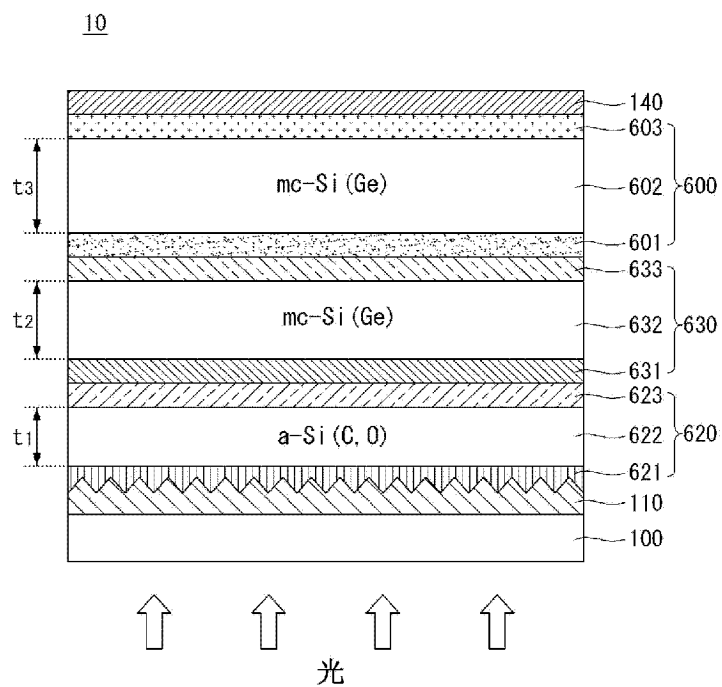


图 16

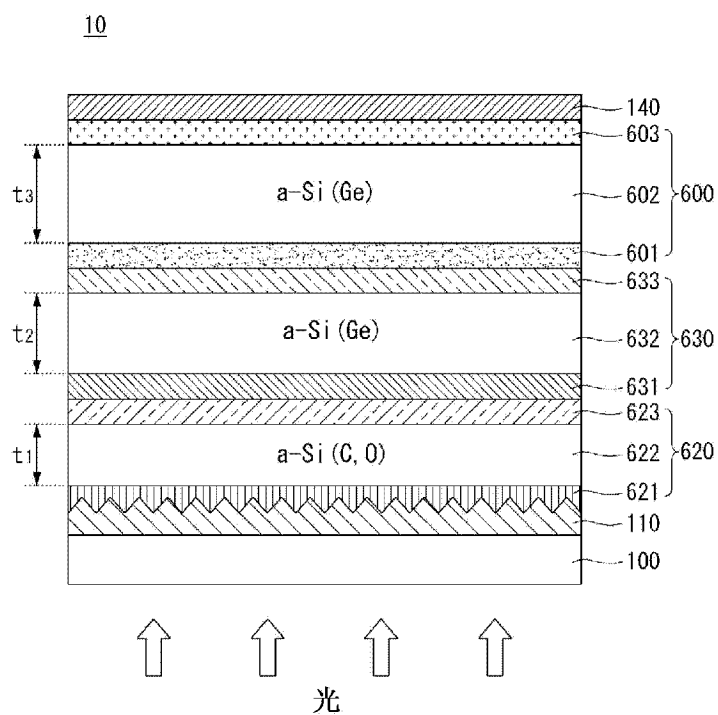


图 17

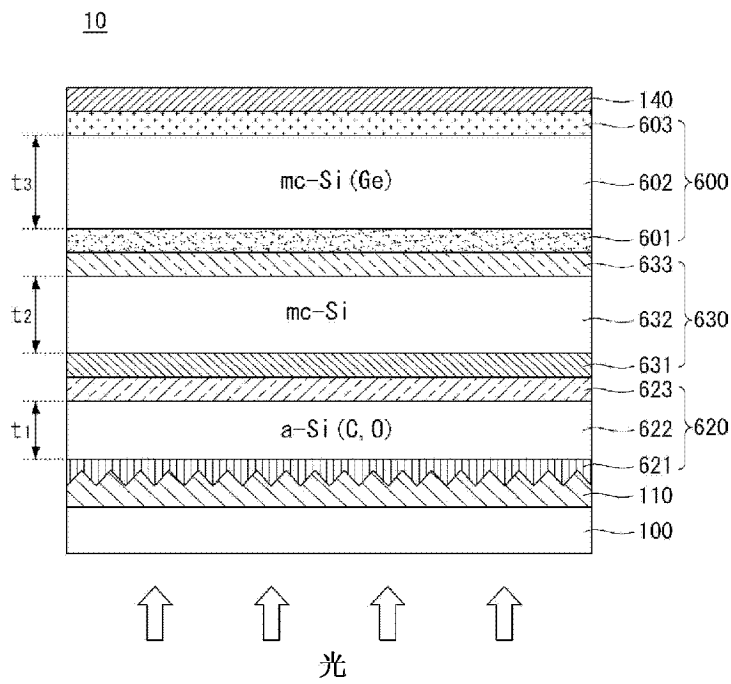


图 18