



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102738291 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201210233534. X

(22) 申请日 2012. 07. 07

(73) 专利权人 蚌埠玻璃工业设计研究院
地址 233010 安徽省蚌埠市禹会区涂山路
1047 号
专利权人 中国建材国际工程集团有限公司

(72) 发明人 彭寿 马立云 崔介东 王芸

(74) 专利代理机构 安徽省蚌埠博源专利商标事
务所 34113

代理人 倪波

(56) 对比文件

JP 特开 2002-76409 A, 2002. 03. 15,
US 2002/0008192 A1, 2002. 01. 24,
JP 特开平 10-125944 A, 1998. 05. 15,
CN 101866973 A, 2010. 10. 20,
CN 102176496 A, 2011. 09. 07,

审查员 魏芳芳

(51) Int. Cl.

H01L 31/0747(2012. 01)

H01L 31/0352(2006. 01)

H01L 31/028(2006. 01)

H01L 31/20(2006. 01)

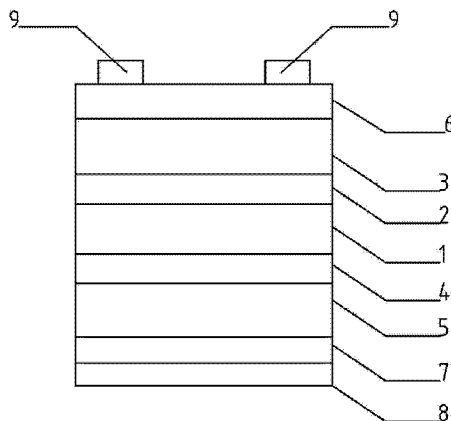
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种硅基异质结双面太阳能电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开一种硅基异质结双面太阳能电池及其制备方法,用非晶硅锗合金代替常规的非晶硅薄膜,作为异质结电池的发射极,同时用本征微晶硅锗薄膜作为电池的界面缓冲层,有效降低异质结能带失配导致的价带带阶,减小对空穴的阻碍影响,更有利于对光生少数载流子空穴的收集,从而提高太阳能电池的光伏性能指标。利用射频等离子体增强化学气相沉积技术在 N 型单晶硅片的两面分别沉积制备本征微晶硅锗薄膜、P 型掺杂的非晶硅锗薄膜、本征非晶硅薄膜及 N⁺型掺杂的非晶硅薄膜,实现有效收集光生载流子的目的。采用此工艺在双面抛光 FZ 型单晶硅片上制备了光电转换效率为 14.62% 的异质结双面太阳能电池。



1. 一种硅基异质结双面太阳能电池,其特征在于,按由上到下的叠层顺序,依次为正电极钛、钼、银复合栅极(9),透明导电膜 AZO (6), P 型掺杂的非晶硅锗薄膜(3),本征微晶硅锗薄膜(2), N 型双面抛光单晶硅片(1),本征非晶硅薄膜(4), N⁺ 重掺杂的非晶硅薄膜(5),背面透明导电膜 AZO (7),铝背电极(8);

其中, P 型掺杂的非晶硅锗薄膜(3)、本征微晶硅锗薄膜(2)和 N 型双面抛光单晶硅片(1)形成太阳能电池器件的正面异质 PN 结, N 型双面抛光单晶硅片(1)、本征非晶硅薄膜(4)和 N⁺ 重掺杂的非晶硅薄膜(5)形成太阳能电池器件的背表面电场层;

所述钛、钼、银复合栅极(9)的厚度为 0.012~0.015mm,栅线宽度为 0.020~0.025mm,栅线之间的间距为 4~5mm,所述透明导电膜 AZO (6)的厚度为 125~150nm,所述 P 型掺杂的非晶硅锗薄膜(3)的厚度为 16~20nm,所述本征微晶硅锗薄膜(2)的厚度为 10~12nm,所述 N 型双面抛光单晶硅片(1)厚度为 0.200~0.220mm,电导率为 1~2S/cm,所述本征非晶硅薄膜(4)厚度为 5~8nm,所述 N⁺ 重掺杂的非晶硅薄膜(5)厚度为 20~25nm,所述背面透明导电膜 AZO (7)厚度为 125~150nm,所述铝背电极(8)厚度为 0.015~0.025mm。

2. 根据权利要求 1 所述的一种硅基异质结双面太阳能电池,其特征在于,构成异质 PN 结的发射极为 P 型掺杂的非晶硅锗薄膜(3),其能带宽度为 1.3~1.4eV。

3. 根据权利要求 1 所述的一种硅基异质结双面太阳能电池,其特征在于,采用本征微晶硅锗薄膜(2)作为异质结界面缓冲层来钝化异质结界面,减小界面缺陷态,所述本征微晶硅锗薄膜(2)的能带宽度为 1.1~1.2eV。

4. 根据权利要求 1 所述的一种硅基异质结双面太阳能电池,其特征在于,所述 N⁺ 重掺杂的非晶硅薄膜(5)的能带宽度为 1.8~1.9eV。

5. 一种硅基异质结双面太阳能电池的制备方法,其特征在于,该方法的工艺路线如下:

(1) 正面异质 PN 结的制备

(a) 以硅烷 SiH₄、氢 H₂、锗烷 GeH₄ 为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺 RF-PECVD,在 N 型双面抛光单晶硅片(1)的一面首先沉积制备一层厚度为 10~12nm 的本征微晶硅锗薄膜 I-mc-SiGe (2);

(b) 以硅烷 SiH₄、氢气 H₂、锗烷 GeH₄、三甲基硼烷 TMB 为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺 RF-PECVD,在上述本征微晶硅锗薄膜(2)上再沉积制备一层厚度为 16~20nm 的 P 型掺杂的非晶硅锗薄膜(3),形成异质结;

(2) 反面背表面电场层 N-I-N⁺ 的制备

(a) 以硅烷 SiH₄、氢气 H₂ 为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺 RF-PECVD,在 N 型双面抛光单晶硅片(1)的另一面首先沉积一层厚度为 5~8nm 的本征非晶硅薄膜 I-a-Si (4);

(b) 以硅烷 SiH₄、氢气 H₂、磷烷 PH₃、甲烷 CH₄ 为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺 RF-PECVD,在上述本征非晶硅薄膜(4)上再沉积制备一层厚度为 20~25nm 的 N⁺ 型重掺杂的非晶硅薄膜 N⁺-a-Si (6),形成背表面电场层 N-I-N⁺;

(3) 透明导电膜 AZO 的制备

采用磁控溅射工艺,在上述异质结表面、背表面电场层表面分别镀透明导电膜 AZO(6)和背面透明导电膜 AZO (7),所述透明导电膜 AZO (6)和背面透明导电膜 AZO (7)厚度均为

125~150nm,透过率为 88%~90%,方块电阻为 60~80 欧姆每方块;

(4) 钛、钼、银复合栅极的制备

反应蒸发工艺,制备钛、钼、银复合栅极(9),厚度为 0.012~0.015mm,栅线宽度为 0.020~0.025mm,栅线之间的间距为 4~5mm;

(5) 上述制备好的双面异质结电池器件进行边缘切割处理,以消除边缘短路的影响。

一种硅基异质结双面太阳能电池及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光伏发电领域的双面异质结电池,特别是一种非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅异质结双面太阳能电池及其制备方法。

背景技术

[0002] 薄膜硅/晶体硅异质结太阳能电池是一种综合了第一代晶体硅电池与第二代薄膜电池的各自优点的一种光伏太阳能电池,它主要靠晶体硅作为吸收层,薄膜层只是为了形成异质PN结以收集光生载流子,因而薄膜层的厚度不高,使该种电池的光照稳定性高;同时电池制备过程主要就是薄膜的沉积过程,制程工艺温度低,约 $180\sim 220^{\circ}\text{C}$,避免了晶体硅电池的高温过程,从而有利于控制工艺的成本;此外,由于结合两代电池的各自优势,从而光伏效率介于两代电池之间,且更接近于第一代晶体硅电池,最高效率已经达到了21%左右,为日本三洋公司生产的“HIT”电池所保持。这种电池产品,包括国际上众多的研究机构所进行的设计,是用非晶硅薄膜作为电池的发射极以形成异质PN结,收集光生载流子而产生光生伏特效应,但是这种设计的缺点在于,发射极非晶硅与基极晶体硅之间能带失配较大,产生的能隙势垒对于光生少数载流子的收集起到阻碍的作用,不利于收集,从而影响了其光伏性能。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅异质结双面太阳能电池,实现薄膜发射极与晶体硅基极之间的能带失配减小,对载流子的收集阻碍作用减弱,从而有利于改善电池的光伏性能。

[0004] 本发明同时提供一种非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅异质结双面太阳能电池的制备方法。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案予以实现的,一种非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅异质结双面太阳能电池,构成异质PN结的材料为P型非晶硅锗薄膜和N型单晶硅,按由上到下的叠层顺序,依次为正电极钛、钨、银复合栅极,透明导电膜AZO, P型掺杂的非晶硅锗薄膜P-a-SiGe,本征微晶硅锗薄膜I-mc-SiGe, N型双面抛光单晶硅片N-c-Si,本征非晶硅薄膜I-a-Si, N^+ 重掺杂的非晶硅薄膜 N^+ -a-Si,背面透明导电膜AZO,铝背电极,其中P型掺杂的非晶硅锗薄膜P-a-SiGe、本征微晶硅锗薄膜I-mc-SiGe和N型双面抛光单晶硅片N-c-Si形成太阳能电池器件的正面异质PN结,N型双面抛光单晶硅片N-c-Si、本征非晶硅薄膜I-a-Si和 N^+ 重掺杂的非晶硅薄膜 N^+ -a-Si形成太阳能电池器件的背表面电场层,形成P(a-SiGe)-I(mc-SiGe)-N(c-Si)-I(a-Si)- N^+ (a-Si)结构,其中a-SiGe代表非晶硅锗,mc-SiGe代表微晶硅锗,c-Si代表单晶硅,a-Si代表非晶硅;其中所述钛、钨、银复合栅极厚度为 $0.012\sim 0.015\text{mm}$,栅线宽度为 $0.020\sim 0.025\text{mm}$,栅线之间的间距为 $4\sim 5\text{mm}$,所述透明导电膜AZO的厚度为 $125\sim 150\text{nm}$,所述P型掺杂的非晶硅锗薄膜厚度为 $16\sim 20\text{nm}$,所述本征微晶硅锗薄膜厚度为 $10\sim 12\text{nm}$,所述N型双面抛光单晶硅片厚度为 $0.200\sim 0.220\text{mm}$,电导率为

1~2S/cm,所述本征非晶硅薄膜厚度为5~8nm,所述N⁺重掺杂的非晶硅薄膜厚度为20~25nm,所述背面透明导电膜AZO厚度为125~150nm,所述铝背电极,厚度为0.015~0.025mm。

[0006] 构成异质PN结的发射极为P型掺杂的非晶硅锗薄膜P-a-SiGe,其能带宽度为1.3~1.4eV。

[0007] 采用本征微晶硅锗薄膜I-mc-SiGe作为异质结界面缓冲层来钝化异质结界面,减小界面缺陷态,所述本征微晶硅锗薄膜(2)的能带宽度为1.1~1.2eV。

[0008] 所述N⁺重掺杂的非晶硅薄膜N⁺-a-Si的能带宽度为1.8~1.9eV。

[0009] 非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅异质结双面太阳能电池的制备方法,该方法的工艺路线如下:

[0010] (1) 正面异质PN结的制备

[0011] (a) 以硅烷SiH₄、氢气H₂、锗烷GeH₄为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺RF-PECVD,在N型双面抛光单晶硅片的一面首先沉积制备一层厚度为10~12nm的本征微晶硅锗薄膜I-mc-SiGe;

[0012] (b) 以硅烷SiH₄、氢气H₂、锗烷GeH₄、三甲基硼烷TMB为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺RF-PECVD,在上述本征非晶硅锗薄膜上,再沉积制备一层厚度为16~20nm的P型掺杂的非晶硅锗薄膜P-SiGe,即形成异质结P(a-SiGe)-I(mc-SiGe)-N(c-Si);

[0013] (2) 反面背表面电场层N-I-N⁺的制备

[0014] (a) 以硅烷SiH₄、氢气H₂为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺RF-PECVD,在N型双面抛光单晶硅片的另一面首先沉积一层厚度为5~8nm的本征非晶硅薄膜I-a-Si;

[0015] (b) 以硅烷SiH₄、氢气H₂、磷烷PH₃、甲烷CH₄为反应气体,采用射频等离子体增强化学气相沉积工艺RF-PECVD,在上述本征非晶硅薄膜4上再沉积制备一层厚度为20~25nm的N⁺型重掺杂的非晶硅薄膜N⁺-a-Si,形成背表面电场N(c-Si)-I(a-Si)-N⁺(a-Si);

[0016] (3) 透明导电膜AZO的制备

[0017] 采用磁控溅射工艺,在上述异质结表面、背表面电场层表面分别镀透明导电膜和背面透明导电膜,其厚度为125~150nm,透过率为88%~90%,方块电阻为60~80欧姆每方块;

[0018] (4) 钛、钯、银复合栅极的制备

[0019] 反应蒸发工艺,制备钛、钯、银复合栅极9,厚度为0.012~0.015mm,栅线宽度为0.020~0.025mm,栅线之间的间距为4~5mm;

[0020] (5) 上述制备好的双面异质结电池器件进行边缘切割处理,以消除边缘短路的影响。

[0021] 本发明的有益效果:

[0022] 1、相比于常规硅异质结电池中使用较多的非晶硅薄膜为发射极,本发明使用掺锗的非晶硅薄膜来代替,同时以微晶硅锗薄膜代替非晶硅薄膜作为界面的缓冲层钝化异质结界面,即以微晶硅锗合金+非晶硅锗合金作异质结电池的界面缓冲层和发射极,由于非晶硅锗薄膜能带宽度为1.3~1.4eV,微晶硅锗薄膜能带宽度为1.1~1.2eV,与晶体硅能带宽度1.12 eV较为接近,从图2发射极为非晶硅与非晶硅锗、界面缓冲层为非晶硅与微晶硅锗两种不同薄膜层时的能带图比较可以看出,由于微晶硅锗的相对较低的能带宽度,与单晶硅

非常接近,使得薄膜与晶体界面处的价带带阶 DE_{v_1} 比 DE_{v_2} 要小,也即对光生少数载流子空穴的阻碍作用减弱,更有利于光生空穴越过势垒到达发射极被收集,有利于电池电流的提高。

[0023] (2)本发明中的背表面场制备工艺相比于传统的高温烧结工艺,温度仅为 200℃左右,即通过低温的薄膜沉积代替高温扩散过程,这对于产业化的成本控制有积极的作用。

[0024] (3)本发明中,正面电极采用的是钛、钼、银复合电极,这相比于单一的银电极而言,更有利于和 P 型掺杂的非晶硅锗之间形成良好的欧姆接触,减小电池的串联电阻,提高电池转换效率。

[0025] 本发明提出一种新的异质 PN 结结构:非晶硅锗+微晶硅锗/晶体硅。通过非晶硅锗合金和微晶硅锗合金,代替非晶硅薄膜,借助微晶硅锗合金作为界面缓冲层,来达到窄能隙宽度的目的,并替代传统的非晶硅,实现薄膜发射极与晶体硅基极之间的能带失配减小,对载流子的收集阻碍作用减弱,从而有利于改善电池的光伏性能。采用本发明工艺在面积为 1cm²(边长为 1cm 的正方形)的双面抛光 FZ 型单晶硅片上,制备了光电转换效率为 14.62% 的异质结双面太阳能电池,本发明提出的方法均为低温过程,成本低,操作方便,工艺路线简单可行。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅异质结双面太阳能电池的结构简图;

[0027] 图 2 为非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅与非晶硅/晶体硅电池异质 PN 结能带图比较;

[0028] 图 3 为面积为 1cm²(边长为 1cm 的正方形)的非晶硅锗/微晶硅锗/晶体硅异质结双面太阳能电池 J-V 曲线。

具体实施方式

[0029] (1)采用硅片标准清洗步骤,即 RCA 清洗过程,对 FZ 法制作的 N 型双面抛光单晶硅片 1 进行标准清洗,实验中,选取 N 型双面抛光单晶硅片 1 的厚度为 0.220mm,电导率为 1~2S/cm,面积为 4cm²(边长为 2cm 的正方形);

[0030] (2)将清洗好的 N 型双面抛光单晶硅片 1 浸入浓度为 2% 的氢氟酸水溶液中,保持 10 秒钟,以确保单晶硅表面的二氧化硅氧化膜被去除,同时也不会造成氢氟酸对硅表面的过度刻蚀。然后迅速将处理好的 N 型双面抛光单晶硅片 1 放入真空腔体中,抽高真空,将衬底温度设定在 180℃;

[0031] (3)当真空度达到 2.0e-4Pa 时,开始正面工艺。先用纯氢气气氛的等离子体轰击处理 N 型双面抛光单晶硅片 1 的正面,以去除表面悬挂键、降低表面缺陷态。然后,以氢气、硅烷、锗烷为反应气体,利用 RF-PECVD 技术在 N 型双面抛光单晶硅片 1 的正面沉积制备一层本征微晶硅锗薄膜 2,厚度为 12nm,电导率为 5×10^{-5} S/cm;然后再以氢气、硅烷、锗烷、三甲基硼烷为反应气体,在上述本征微晶硅锗薄膜 2 之上,再沉积一层 P 型掺杂的非晶硅锗薄膜 3,厚度为 18 nm,电导率为 3.3×10^{-4} S/cm,能带宽度控制为 1.35eV;至此,完成正面异质 P-I-N 结的制备;

[0032] (4)将上述完成正面异质 P-I-N 结的制备的电池样品从真空中取出,并迅速将其反面变为沉积面,以继续电池背表面场层的制备。此过程要迅速,以尽量减小大气对单晶硅

反面的氧化作用,应控制在 1 分钟以内为最佳。然后迅速抽高真空,以进行电池器件的背面工艺;

[0033] (5) 度达到 2.0×10^{-4} Pa 时,开始背面工艺,先用纯氢气气氛的等离子体轰击处理单晶硅的表面(此时为硅片的背面),以去除表面氧化物、悬挂键、降低表面缺陷态。然后,以氢气、硅烷为反应气体,利用 RF-PECVD 技术在单晶硅表面(此时为硅片的背面)沉积制备一层本征非晶硅薄膜 4,厚度为 6nm,电导率为 10^{-6} S/cm;然后再以氢气、硅烷、磷烷、甲烷为反应气体,在上述本征非晶硅薄膜 4 之上,再沉积一层 N^+ 重掺杂的非晶硅薄膜 5,厚度为 20 nm,电导率为 10^{-2} S/cm,能带宽度控制为 1.85eV;至此,完成了反面电池背表面电场层的制备;

[0034] (6) 完成好电池正、反面工艺的样品上,采用磁控溅射工艺,在电池正、反面分别镀透明导电膜 AZO,其中正面透明导电膜 6 的厚度为 130 nm,方块电阻为 60 欧姆每方块,透过率为 90%;背面透明导电膜 7 的厚度为 140 nm,方块电阻为 50 欧姆每方块,透过率为 80%;接着在背面的透明导电膜 7 之上再用磁控溅射工艺镀上一层铝背电极 8,厚度为 0.020mm;

[0035] (7) 反应蒸发工艺,制备钛、钨、银复合栅极 9,厚度为 0.013mm,栅线间距为 4mm。

[0036] (8) 上述制备好的双面异质结电池器件进行边缘切割处理,以消除边缘短路的影响,切割成的电池器件面积为 $1 \times 1 \text{ cm}^2$;

[0037] (9) 工艺制备得到的非晶硅锗 / 晶体硅异质结双面太阳能电池的光伏 J-V 曲线如图 3 所示,其中短路电流密度 $J_{sc}=38.32 \text{ mA/cm}^2$;开路电压 $V_{oc}=568.5 \text{ mV}$;填充因子 $FF=0.671$;电池转换效率 $Eff_i=14.62\%$ 。

[0038] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围情况下,都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰,或修改为等同变化的等效实施例。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同替换、等效变化及修饰,均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

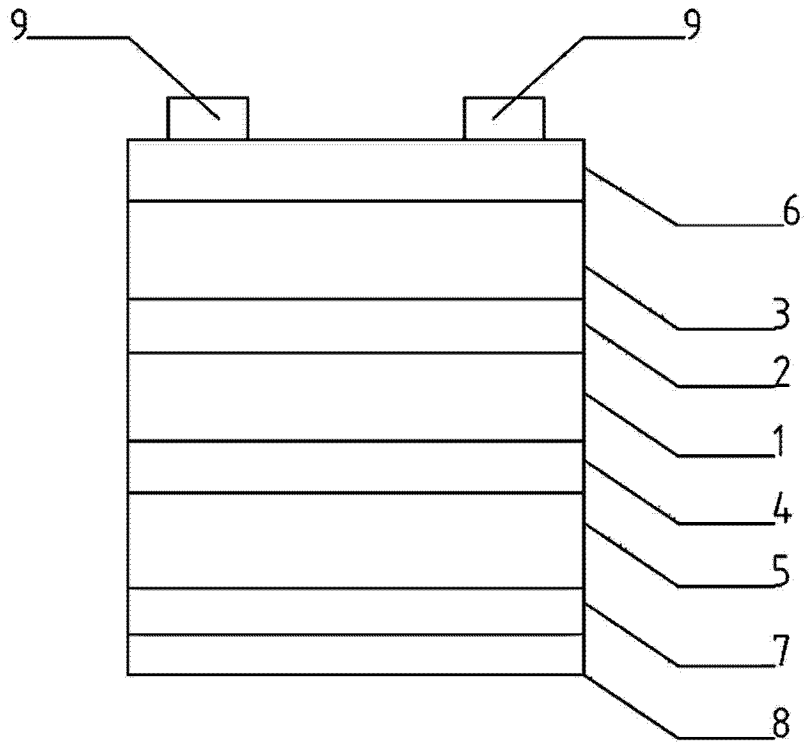


图 1

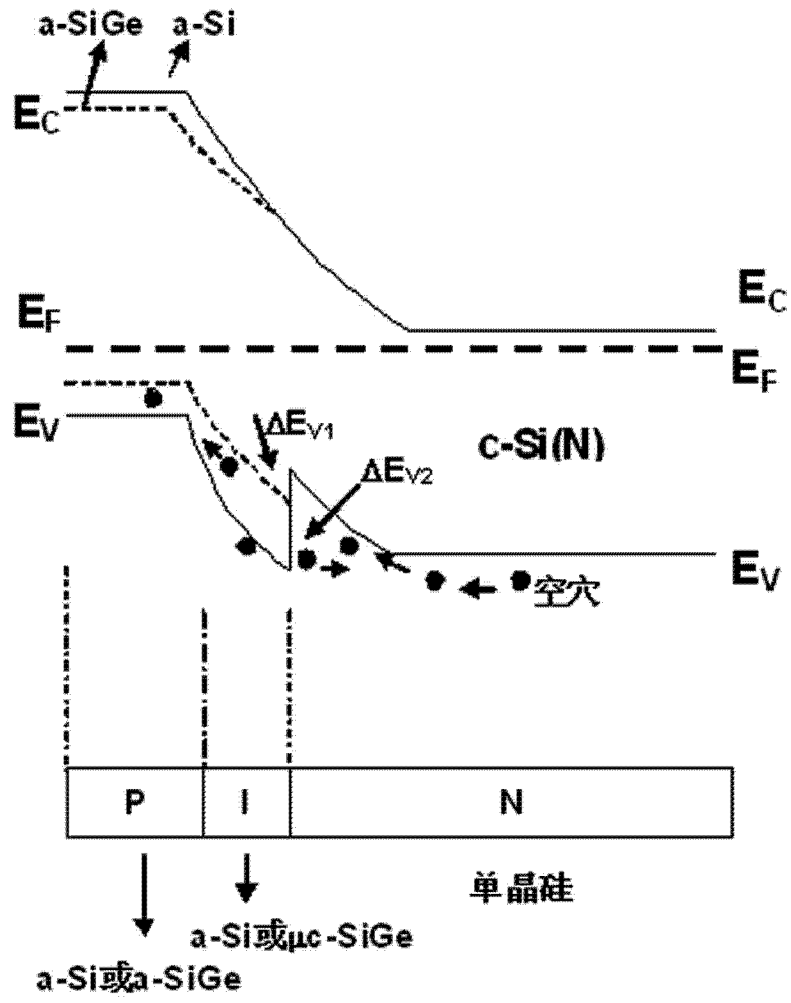


图 2

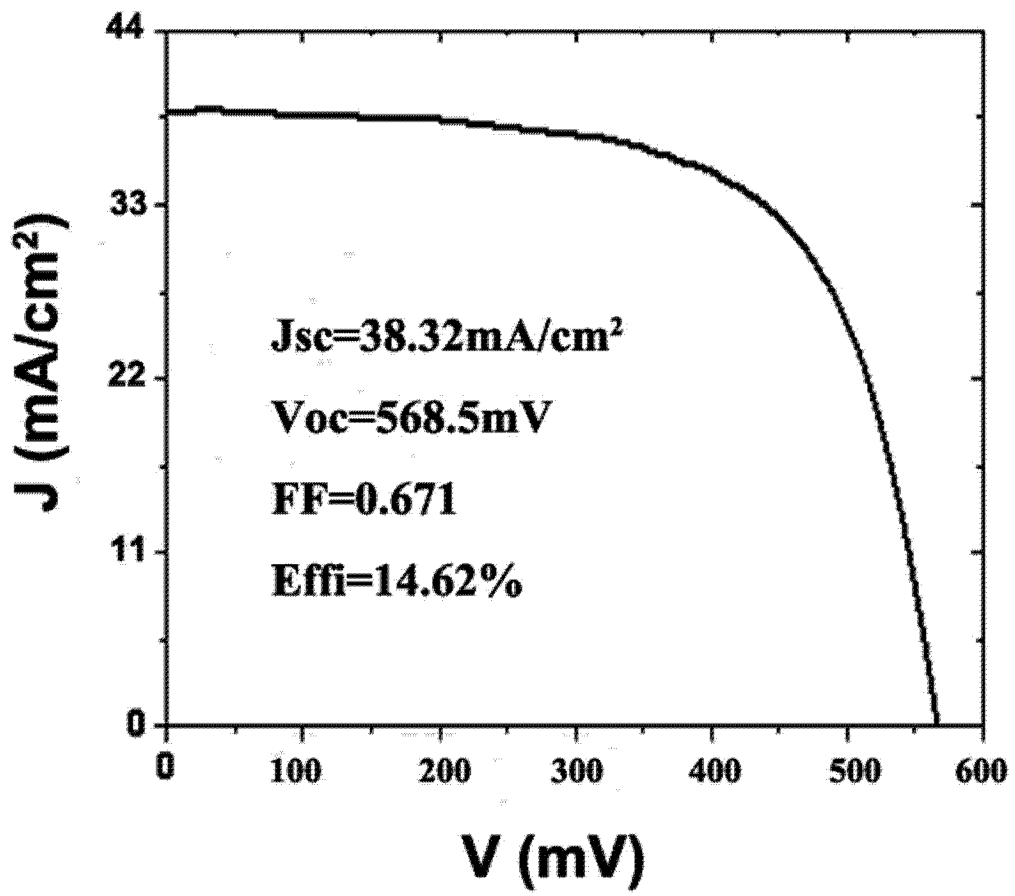


图 3