



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101853902 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 06

(21) 申请号 201010198753. X

(22) 申请日 2010. 06. 11

(71) 申请人 深圳市创益科技发展有限公司

地址 518029 广东省深圳市福田区八卦三路
光纤小区二栋五楼东座、八楼东座

(72) 发明人 郭权发 李毅 宋光耀 周建华

(74) 专利代理机构 深圳市毅颖专利商标事务所
44233

代理人 张艺影 李奕晖

(51) Int. Cl.

H01L 31/20 (2006. 01)

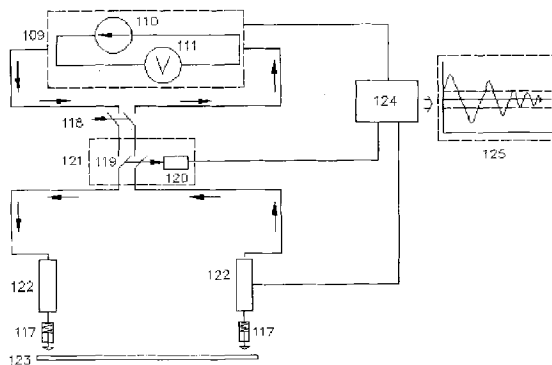
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种消除太阳能电池缺陷的设备与方法

(57) 摘要

本发明涉及一种消除太阳能电池缺陷的设备和方法,属于太阳能电池技术领域,消除太阳能电池缺陷的设备包括工作平台、压料机构和烧除缺陷机构,其特征在于所述的烧除缺陷机构由压料机构推动与太阳能电池板电接触,该烧除缺陷机构包括由控制器控制的排针组件、直流电源和计时部件,直流电源接在太阳能电池板的正负电极上,所述的排针组件包括由载体承托的固定板和带探针的电极板,探针与太阳能电池板的正负电极具有良性电接触。积极效果是在确保不损坏电池板的同时,能修复分流或短路的缺陷,提高太阳能电池芯板开路电压、功率、填充因子及暗电阻等,无需清洗、烘干等工艺,成本低,提高了产品的良品率。



1. 一种消除太阳能电池缺陷的设备,包括工作平台、压料机构和烧除缺陷机构,其特征在于所述的烧除缺陷机构由压料机构推动与太阳能电池板电接触,该烧除缺陷机构包括由控制器控制的排针组件、直流电源和计时部件,直流电源接在太阳能电池板的正负电极上,所述的排针组件包括由载体承托的固定板和带探针的电极板,探针与太阳能电池板的正负电极具有良性电接触。

2. 根据权利要求1所述的消除太阳能电池缺陷的设备,其特征在于所述的排针组件中的电极板的周边区域是由绝缘材料制成,安装探针的区域是由导电材料制成。

3. 根据权利要求1所述的消除太阳能电池缺陷的设备,其特征在于所述的排针组件中的固定板是由绝缘材料制成。

4. 根据权利要求1所述的消除太阳能电池缺陷的设备,其特征在于所述的直流电源和计时部件分别设有相应的开关。

5. 根据权利要求1所述的消除太阳能电池缺陷的设备,其特征在于所述的压料机构包括安装在支架上的气缸。

6. 根据权利要求1所述的消除太阳能电池缺陷的设备,其特征在于所述的排针组件至少有两排探针,其中至少有一排探针与太阳能电池板的正电极接触,另一排与电池板的负电极接触,该探针带有弹簧,其针头是可拆卸的。

7. 根据权利要求1所述的消除太阳能电池缺陷的设备,其特征在于所述的直流电源的输出电流为太阳能电池板短路电流的5~7倍。

8. 根据权利要求1所述的消除太阳能电池缺陷的设备,其特征在于所述的排针组件中探针之间的距离为8-15mm。

9. 一种消除太阳能电池缺陷的方法,太阳能电池板放置在工作平台上,由定位柱固定,其特征在于将直流电源接在太阳能电池板的正负电极上;

直流电源、计时器和压料机构均由控制器控制;

所述压料机构推动排针组件向下活动,将排针组件压紧在太阳能电池板的正负电极上;

开启计时器,直流电源提供稳定电流输送至排针组件和太阳能电池板,对太阳能电池板的缺陷进行烧除处理;

计时器计时期满,断开计时器和直流电源的开关,直流电源停止供电;

压料机构带动排针组件向上活动,排针组件与太阳能电池板断开连接,烧除处理完毕;

取出太阳能电池板。

10. 根据权利要求9所述的消除太阳能电池缺陷的方法,其特征在于所述的排针组件由载体、电极板和固定板构成,电极板安装在固定板上,由载体承托。

11. 根据权利要求10所述的消除太阳能电池缺陷的方法,其特征在于所述的电极板上带有至少两排探针,该探针与太阳能电池板的正负电极具有良性电接触。

12. 根据权利要求11所述的消除太阳能电池缺陷的方法,其特征在于所述的电极板的周边是绝缘区域,安装探针的区域是导电区域。

13. 根据权利要求11所述的消除太阳能电池缺陷的方法,其特征在于所述的直流电源的输出电流为太阳能电池板短路电流的5~7倍,排针组件中探针之间的距离为8-15mm。

一种消除太阳能电池缺陷的设备与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种消除非晶硅太阳能电池缺陷的方法与设备,属于太阳能电池技术领域。

背景技术

[0002] 非晶硅薄膜电池的结构包括玻璃基板,前电极,P-I-N 非晶硅半导体层,背电极和保护层等。在制作背电极工艺后,采用激光刻划出背电极隔离沟道,将各电池单元分割开,多个电池单元串联即形成整块太阳能电池板。

[0003] 由于玻璃基板本身具有波纹度,背电极膜层具有一定的厚度(约 300nm),且激光刻线时激光是从玻璃面进入,激光刻划各膜层形成背电极隔离沟道时,会存在刻划不良的情形,从而导致每节电池之间绝缘电阻偏小、电池板电压偏低;在大面积批量生产非晶硅太阳能电池时,在前电极和背电极制备过程中如果掉落灰尘等杂质,会产生针孔等缺陷,导致电池短路或分路。一般遇到以上情形,由于这些缺陷的存在,给电流造成了低阻通路或者完全短路,对太阳能电池组件的影响表现为:开路电压低,暗电阻低,功率及填充因子低等,产品将面临报废,或者只能避开绝缘不好的区域切割成小块电池单独使用。

[0004] 目前,解决上述问题主要采用两种处理方法:1、在生产过程中消除杂质及背电极金属残留物;2、在制作太阳能电池芯板后,消除短路或分流等缺陷。对于第 1 种,生产过程中灰尘无法完全避免,灰尘可能会掉落在基片上;在用激光刻划背电极时,存在不完全刻透、含有金属残留物的情形;因此通常采用第 2 种方法,即在太阳能电池板制作后消除短路、分流等缺陷。而消除短路或分流等缺陷的方法又主要分为两类,一种是反向电压烧除法,即在太阳能电池芯板上施加反向电流的方法,例如,美国专利 US4166918 和 US6228662,均采用在太阳能电池上施加反偏电压(方波,正弦波,锯齿波等)来消除短路或者分流的缺陷;另一种是正向电压烧除法,即在太阳能电池芯板上施加正向电流的方法,如中国专利 ZL200410003802.4 “光生伏打元件的制造方法”公开了一种将光生伏打元件浸渍在电解质溶液中,并施加正向电压,通过对该光生伏打元件的短路部进行还原的电解处理方式,选择性除去短路电流的通路。但是上述消除太阳能电池短路或分流等缺陷的方法仍然存在如下问题:1、采用的工艺及设备或系统十分复杂;2、反向电压烧除法中,必须要测量电池缺陷、分段烧除等步骤,且工艺所需时间随电池数增加而增加;3、采用反向电压消除法存在破坏电池的隐患;4、成本高;5、专利 ZL200410003802.4 的正向电压烧除法,采用强酸或强碱的电解液,对设备要求高,污染环境,且在批量生产过程中,必须要经过清洗、干燥等工序,耗时长,成本高。

[0005] 因此需要研发一种工艺简单、操作方便、环保且成本低的设备及方法,解决上述分流、短路问题,以提高太阳能电池板的电性能。

发明内容

[0006] 本发明所需解决的技术问题是:提供一种消除太阳能电池缺陷的设备与方法,解

决太阳能电池芯板制作过程中杂质、背电极激光刻划不良,导致电池板的开路电压、填充因子和功率低等问题。

[0007] 为了实现以上任务,本发明采用的技术方案是:提供一种消除太阳能电池缺陷的设备,包括工作平台、压料机构和烧除缺陷机构,其特征在于所述的烧除缺陷机构由压料机构推动与太阳能电池板电接触,该烧除缺陷机构包括由导线相互电连接的排针组件、直流电源和计时部件,直流电源加载在太阳能电池板的正负电极上,所述的排针组件由安装在支架上的载体和带探针的电极板及固定板构成,所述带探针的电极板安装在固定板上,由载体承托,探针与太阳能电池板的正负电极具有良性电接触。

[0008] 排针组件中的电极板的周边区域是由绝缘材料制成,安装探针的区域是由导电材料制成。

[0009] 所述的排针组件中的固定板是由绝缘材料制成。

[0010] 所述的压料机构、直流电源和计时部件均由控制器控制,直流电源和计时部件分别设有相应的开关。

[0011] 所述的压料机构包括安装在支架上的气缸。

[0012] 排针组件至少有两排探针,其中至少有一排探针与太阳能电池板的正电极接触,另一排与电池板的负电极接触,该探针带有弹簧,其针头是可拆卸的。

[0013] 直流电源的输出电流为太阳能电池板短路电流的 5 ~ 7 倍,排针组件中探针之间的距离为 8-15mm。

[0014] 本发明还提供一种消除太阳能电池缺陷的方法,太阳能电池板放置在工作平台上,由定位柱固定,其特征在于将直流电源加载在太阳能电池板的正负电极上,且与计时器电连接;

[0015] 控制器控制压料机构推动排针组件与太阳能电池板电接触;

[0016] 开启计时器,直流电源与排针组件及太阳能电池板的正负电极导通,对太阳能电池板的缺陷进行烧除处理;

[0017] 计时器计时期满,其开关断开;

[0018] 控制器控制压料机构进行抬升动作,太阳能电池板与排针组件断开连接,烧除处理完毕;

[0019] 取出太阳能电池板。

[0020] 所述的排针组件由载体、电极板和固定板构成,电极板安装在固定板上,由载体承托。

[0021] 电极板上带有至少两排探针,该探针与太阳能电池板的正负电极具有良性电接触。电极板的周边区域与载体相互绝缘,电极板上安装探针的区域与计时器相互电连接。

[0022] 本发明的有益效果是:本发明在确保不损坏电池板的同时,能修复分流或短路的缺陷,提高太阳能电池芯板开路电压、功率、填充因子及暗电阻等;而且只需在太阳能电池板正负极上通过一定电流并持续数秒时间即可完成整块电池板的缺陷修复,工艺时间短且设备简单,避免了反向电压烧除法中需要测量电池缺陷、分段烧除等步骤;多次在太阳能电池板的正负电极上施加正向电流,芯板不会损坏,完成该工序后,芯板无需清洗、烘干或其它增加额外工艺步骤,生产工艺过程环保,成本低,提高了产品的良品率。

附图说明

- [0023] 图 1A 是非晶硅薄膜电池板的结构和电流方向示意图；
- [0024] 图 1B 是存在缺陷区域的非晶硅薄膜电池板的结构和电流方向示意图；
- [0025] 图 2A 是图 1B 中缺陷区域 107 的俯视图；
- [0026] 图 2B 是图 2A 中缺陷区域 107 的的电流方向示意图；
- [0027] 图 2C 是本发明采用正向电流烧除法处理缺陷区域 107 后的示意图；
- [0028] 图 3A 是本发明的机理示意图；
- [0029] 图 3B 是本发明的机理另一种示意图；
- [0030] 图 3C 是本发明处理缺陷后的机理示意图；
- [0031] 图 4A 是本发明处理太阳能电池缺陷的电路原理示意图；
- [0032] 图 4B 是本发明消除太阳能电池缺陷的设备机理示意图；
- [0033] 图 4C 是本发明消除太阳能电池缺陷的设备的结构示意图；
- [0034] 图 4D 是图 4C 的局部放大示意图；
- [0035] 图 5 是本发明采用的排针组件的结构示意图；
- [0036] 图 6A 是正打处理前后的开路电压 V_{oc} 曲线图；
- [0037] 图 6B 是正打处理前后的短路电流 I_{sc} 曲线图；
- [0038] 图 6C 是正打处理前后的最大功率 P_m 曲线图。
- [0039] 见图 1 至图 6C, 正电极 100, 负电极 101, 电流方向 102, 基板 103, 前电极 104, 背电极 1, 背电极 105, 保护层 106, 缺陷区域 107, 缺陷消除后的区域 108, 直流电源 109, 恒流源 110, 电压表 111, 第一电阻 112, 第二电阻 113, 载体 114, 电极板 115, 固定板 116, 探针 117, 电源开关 118, 计时部件的开关 119, 计时器 120, 计时部件 121, 压料机构 122, 太阳能电池板 123, 控制器 124, 输出结果 125, 气缸 126, 工作平台 127, 定位柱 128, 电源线 129, 数据线 130, 支架 131。
- [0040] 以下结合附图详细说明本发明采用正向电流烧除（简称正打或正打处理）设备消除太阳能电池短路或分流等缺陷的主要机理：本发明是在太阳能电池的正负电极之间施加正向电压，通过电流产生的热效应将太阳能电池中缺陷区域的膜层部分烧除，从而消除短路或分流等缺陷。
- [0041] 见图 3A, 直流电源 109 包括恒流源 110 和电压表 111, 将恒流源 109 加在两个不同阻值的电阻（112、113）上，假定第一电阻 112 的阻值很小，则在施加同样的电压情形下，其通过的电流将较大；当第一电阻 112 的形状如图 3B 所示，则图 3B 中阴影部分的电流密度将更大，通入正向电流后，在此处的电流热效应将更加明显，且在一定时间内此电阻将被烧断，如图 3C 所示，即可消除太阳能电池存在的短路或分流等缺陷。
- [0042] 见图 4A, 是本发明处理太阳能电池缺陷的电路原理示意图，在薄膜太阳能电池上通入直流电源 109, 进行正向电流烧除法处理。在采用激光刻划背电极的隔离沟道时，由于玻璃基板本身具有波纹度以及灰尘等颗粒等因素影响，导致局部刻划不良，可见图 1B、图 2A、图 2B 所示；图 2A 中阴影部分表示缺陷区域 107, 图 2B 中电流所示为通入电流时缺陷区域 107 所负荷的电流密度示意。由于缺陷区域 107 的膜层厚度薄，长度、宽度均很小，所以电阻相对很大，通入正向电流后，在缺陷区域 107 产生的热效应会更加明显，因此电流产生的热效应会将此缺陷区域的膜层部分熔断，具体可见图 2C、图 3C 所示；在图 3C 中由于电阻

112 被烧断,使整体电阻变大,电压表 111 的数值增大且稳定,从而消除了太阳能电池存在的短路或分流等缺陷。

[0043] 见图 4B,是本发明消除太阳能电池缺陷的设备机理示意图,从直流电源 109 的正负极引出导线经过电源开关 118,之后经过计时部件 121(包括开关 119 和计时器 120),之后到达压料机构 122,通过压料机构将探针 117 压到太阳能电池板 123 上进行测量。

[0044] 其动作顺序为:确认直流电源 109 参数设定、计时器 120 参数设定(其中开关 119 初始状态设定为断开),闭合电源开关 118;放入太阳能电池板 123,通过控制器 124 发出指令,使压料机构 122 进行下压动作;压料机构动作到位后反馈给控制器 124,控制器 124 给计时器 120 发出指令,计时器 120 使开关 119 闭合,并开始计时;开关 119 闭合时,从直流电源 109 通电经由电路到达电池板 123,实现正打处理,期间直流电源记录正打处理过程中随时间变化的电流、电压值;计时器 120 计时到达设定点时恢复初始设定状态、使开关 119 断开,并发出信号给控制器 124;控制器 124 发出指令使压料机构 122 进行抬升动作;压料机构抬升至指定位置后控制器会提示正打处理完毕信号,此时可取出电池板 123。之后可通过控制器 124 反复控制实施正打处理。其中控制器可以从直流电源 109 处获得电流、电压随时间变化曲线,以便更新正打操作所需的时间设定值。控制器 124 提供的电流、电压随时间变化曲线,并以管控图的形式输出结果 125,以用来判断正打处理是否达到预期效果。

[0045] 本发明的关键部件是排针组件,如图 5 所示,排针组件由载体 114、电极板 115 和固定板 116 组成,电极板 115 上带有至少两排探针 117,排与排之间的间距取决于每节电池的宽度,同一排探针之间的间距为 8-15mm。且电极板 115 安装在固定板 116 上,由载体 114 承托;载体 114 可采用 Al 型材等具有一定刚性的材料制成,安装在支架 131 上;电极板 115 采用专用材质制成,其周边是绝缘的,可以保证探针 117 与支架 131 及载体 114 之间相互绝缘,而电极板上安装探针的区域是导电的,可保证电极板与探针 117、计时部件 121 之间相互电连接;支架 131 具有一定刚度,保证排针组件在同一个平面上;固定板 116 是由 PP 材料等绝缘材料加工制成;探针 117 是可耐一定电流的弹簧探针。

[0046] 本发明不仅可用于消除内联式非晶硅薄膜电池中的短路或分流等缺陷,还可用于外联式非晶硅薄膜电池激光刻线不良等因素引起的短路或分流缺陷,只需在电池之间施加正向电压即可,外联式非晶硅薄膜电池所采用的连接导线须能够承受一定电流冲击。

具体实施方式

[0047] 实施例 1

[0048] 见图 4C 所示,是本发明消除太阳能电池缺陷所采用的设备的结构示意图,将太阳能电池板 123 放置于工作平台 127,并由定位柱 128 限定位置;控制器 124 给压料机构 122 发出指令,控制压料机构 122 中的气缸 126 向下运动;排针组件固定在支架 131 上,气缸 126 运动时带动支架 131、探针 117 一起活动;当气缸 126 运动到位时,所有探针 117 与太阳能电池板 123 的表面具有良好的电接触,同时压料机构 122 将反馈信息给控制器 124。控制器 124 给计时部件 121 发出指令,计时部件 121 内部的计时开关 119 闭合,同时开启计时器 120。此时直流电源 109 的电流由电源线 129 输送至计时部件 121 和探针 117,并使探针 117 和太阳能电池板 123 电连接,对太阳能电池板 123 进行正打处理。直流电源 109 的输出电流参数的设定,可根据实际太阳能电池板的情况选择具体值。当计时器 120 到达设定值时,

表示正打处理结束,此时计时部件 121 的计时开关将断开,同时将信息反馈给控制器 124;控制器 124 给压料机构 122 发出指令,控制压料机构中的气缸 126 自动向上运动回到初始位置,同时带动支架 131、探针 117 一起返回初始位置,取出太阳能电池板 123,正打处理完成。为了达到预期的效果,可反复进行正打处理,且在正打处理过程中,直流电源可以通过数据线 130 提供即时的电压、电流等数值,以用来判断正打处理是否达到预期效果。

[0049] 本实施例随机抽取 240 片非晶硅太阳能电池板,进行正向电流烧除,探针 117 之间的间距为 8mm,设置直流电源的输出电流 I 为太阳能电池芯板的短路电流(在 AM1.5, $1000\text{W}/\text{m}^2$, 25°C 下测量)的 5 倍,电流维持时间 t_1 为 5 秒时,电流值降为 0,正向电流烧除结束。太阳能电池板在采用正向电流烧除处理前,由于存在短路电流通路造成电池板的暗阻相对较低,平均阻值为 $15\text{k}\Omega$,经过正向电流烧除后,短路通路被除去,太阳能电池板的暗电阻有了较大的提高,平均阻值为 $41\text{k}\Omega$,增幅达到 173%,积极效果显著,且在处理过程中对太阳能电池的外观无任何损伤。

[0050] 实施例 2

[0051] 将 3 片用同样工艺制成的非晶硅太阳能电池板放置于正打平台上;压料机构下降,带动探针压紧在电池板的正负极上;本实施例中探针 117 之间的间距为 10mm,将直流电源接在电池板的正负电极上,设置直流电源的输出电流为太阳能电池板的短路电流(在 AM1.5, $1000\text{W}/\text{m}^2$, 25°C 下测量)的 5 倍,通电 5 秒后,停止供电;压料机构带动探针离开非晶硅太阳能电池板表面;之后将电池板取出,进行 U-I 测试,正向电流烧除处理结束。

[0052] 由于正向电流烧除法(简称正打法或正打方法)中,主要依靠直流电源提供的恒流源通过探针将恒定的电流通过太阳能电池板的一系列 PN 结及分流点,瞬间发热使分流点的缺陷消除或减少,恒流源的正极与太阳能电池板的正极用带弹簧的探针相连,恒流源的负极与太阳能电池芯板的负极用带弹簧的探针相连,在短短数秒之内即可完成电池板的修复。

[0053] 如表 1 所示,经对比电池板在正向电流烧除法前后,本发明对开路电压、暗电阻、填充因子及功率都有不同程度的提高,整体一致性相对较高,积极效果显著。

[0054] 表 1

[0055]

编号	状态 \ 项目	开路电压	暗电阻	填充因子	功率
1	正向电流法烧除前	6.94V	$4.7\text{k}\Omega$	0.39	0.32W
	正向电流法烧除后	7.25V	$6.0\text{k}\Omega$	0.49	0.395W
	烧除前后增益	4.5%	27.7%	25.6%	23.4%
2	正向电流法烧除前	5.80V	$0.559\text{k}\Omega$	0.34	0.25W
	正向电流法烧除后	6.80V	$2.55\text{k}\Omega$	0.43	0.335W
	烧除前后增益	17.2%	356%	26.5%	34%
3	正向电流法烧除前	6.97V	$12\text{k}\Omega$	0.42	0.34W
	正向电流法烧除后	7.58V	$15.34\text{k}\Omega$	0.55	0.44W
	烧除前后增益	8.8%	27.8%	30.9%	29.4%

[0056] 实施例 3

[0057] 一般激光刻线后绝缘电阻需要大于 $2\text{M}\Omega$ ，本实施例将正打设备电源的电流设定为太阳能电池板的短路电流的 6 倍，探针 117 之间的间距为 15mm，采用正向电流烧除法处理一批 30 片、4W 的非晶硅薄膜电池板，并对比处理前后的最大功率 (P_m)、开路电压 (V_{oc})、短路电流 (I_{sc})，具体数据见附图 6A、附图 6B、附图 6C，具体实施方式同实施例 1，在此不再赘述。

[0058] 1) 开路电压 (V_{oc})：在正打前平均为 15.64V，正打后变成 15.71V，有提高；

[0059] 2) 短路电流 (I_{sc})：在正打前平均为 0.822A，正打后变成 0.841A，有提高；

[0060] 3) 最大功率 (P_m)：在正打前平均为 4.63W，正打后变成 4.67W，有提高；

[0061] 由此可见，采用本发明的正向电流烧除法，可以有效改善激光刻线不良区域的影响，消除太阳能电池存在的短路或分流等缺陷。

[0062] 实施例 4

[0063] 取 3 片相同工艺制成的非晶硅薄膜电池板放置在工作平台上，由定位柱固定，将直流电源接在太阳能电池板的正负电极上；

[0064] 直流电源、计时器和压料机构均由控制器控制；

[0065] 压料机构推动排针组件向下活动，将排针组件压紧在太阳能电池板的正负电极上；

[0066] 开启计时器，直流电源提供稳定电流输送至排针组件和太阳能电池板，对太阳能电池板的缺陷进行烧除处理；

[0067] 计时器计时期满，断开计时器和直流电源的开关，直流电源停止供电；

[0068] 压料机构带动排针组件向上活动，排针组件与太阳能电池板断开连接，烧除处理完毕；取出太阳能电池板。

[0069] 记录正打处理前后所测试的开路电压、暗电阻和功率等值，具体数据如下表所示：

[0070] 表 2

[0071]	正打电流	状态	开路电压	短路电流	填充因子	功率
	6A	正打处理前	31.06V	1.605A	0.413	20.61W
		正打处理后	31.16V	1.609A	0.419	21.05W
		增益	0.32%	0.25%	1.45%	2.13%
	8A	正打处理前	31.29V	1.562A	0.421	20.62W
		正打处理后	31.35V	1.566A	0.43	21.07W
		增益	0.19%	0.26%	2.14%	2.18%
	10A	正打处理前	30.99V	1.604A	0.414	20.67W
		正打处理后	31.15V	1.618A	0.424	21.11W
		增益	0.52%	0.87%	2.42%	2.13%

[0072] 说明此正打设备使用不同正打电流时对非晶硅薄膜电池的改善作用大致相同，可以实现改善激光刻线不良区域的影响。

[0073] 本发明的技术方案不限于上述实施例，在本领域普通技术人员所具备的知识范围

内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化,从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均应认为是本发明的保护范围。

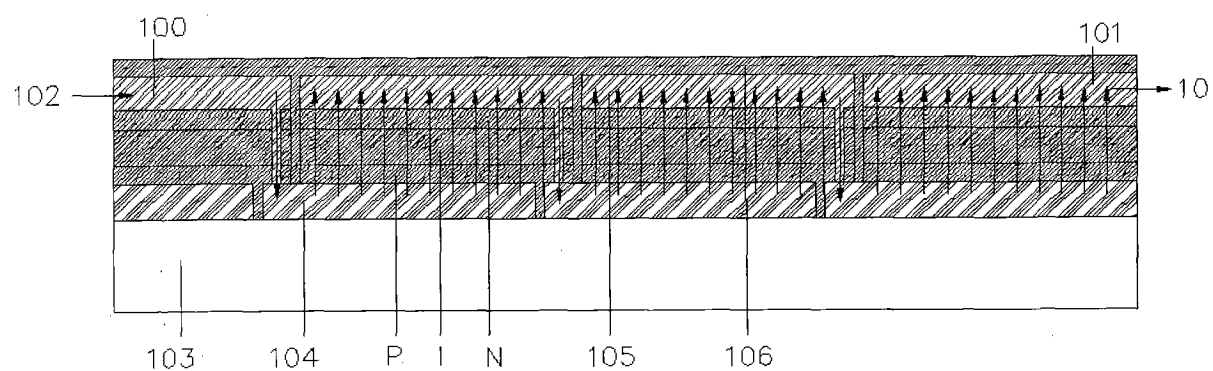


图 1A

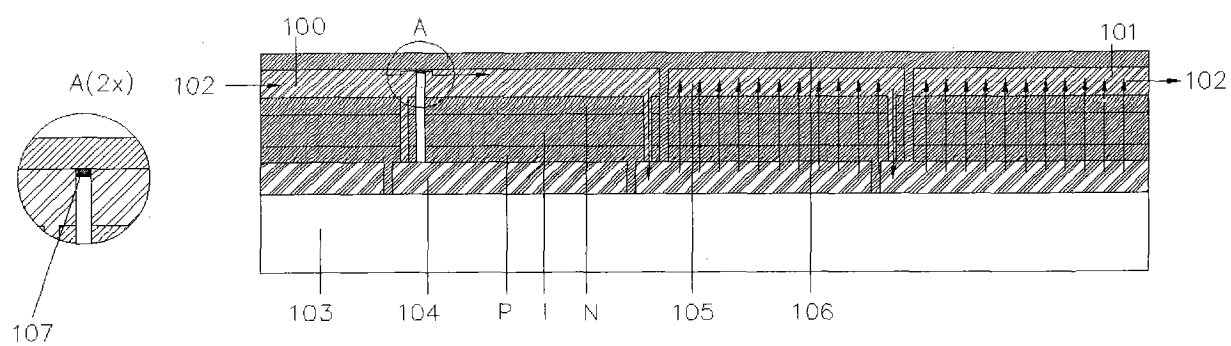


图 1B

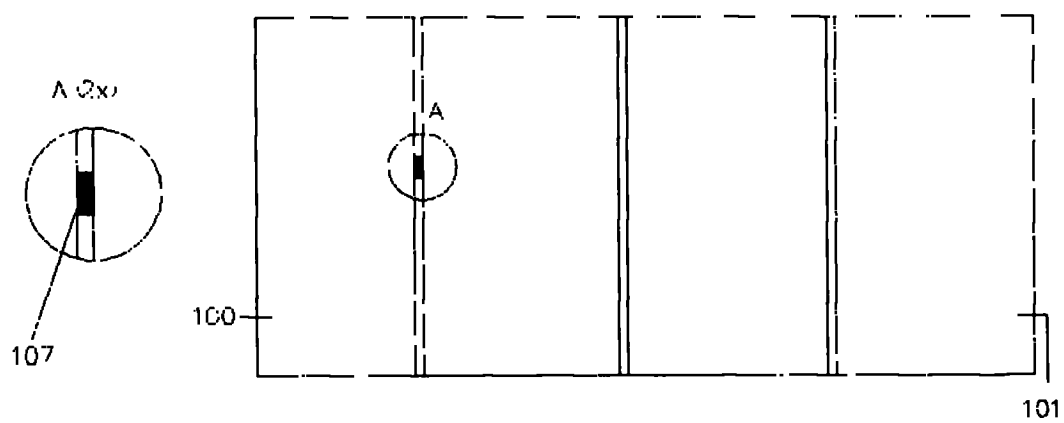


图 2A

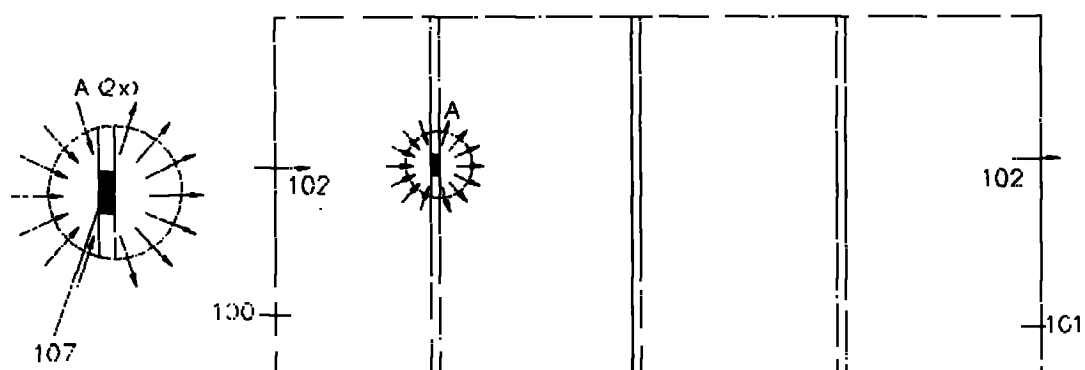


图 2B

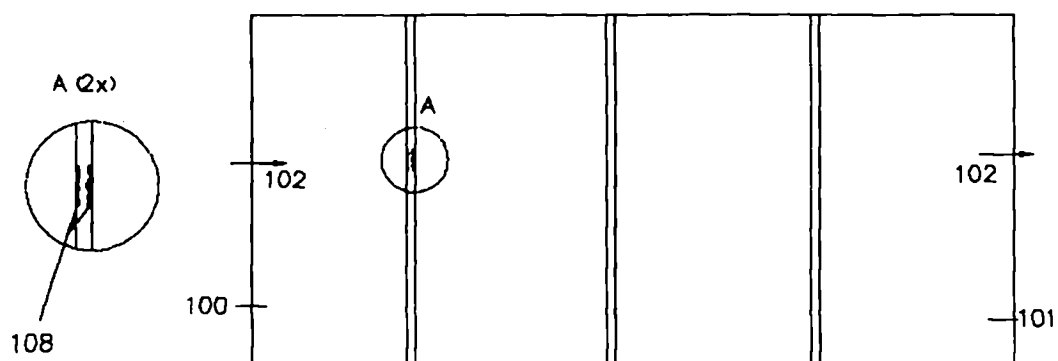


图 2C

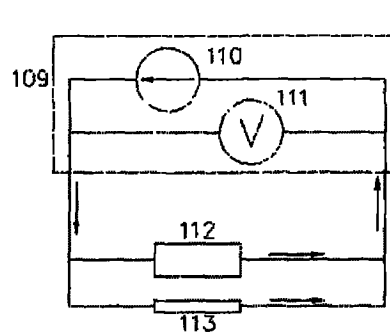


图 3A

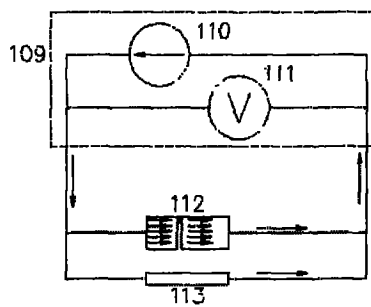


图 3B

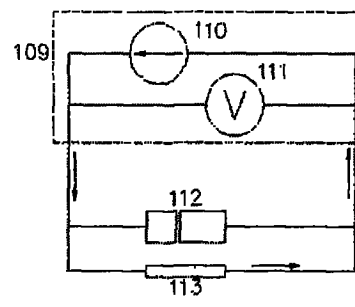


图 3C

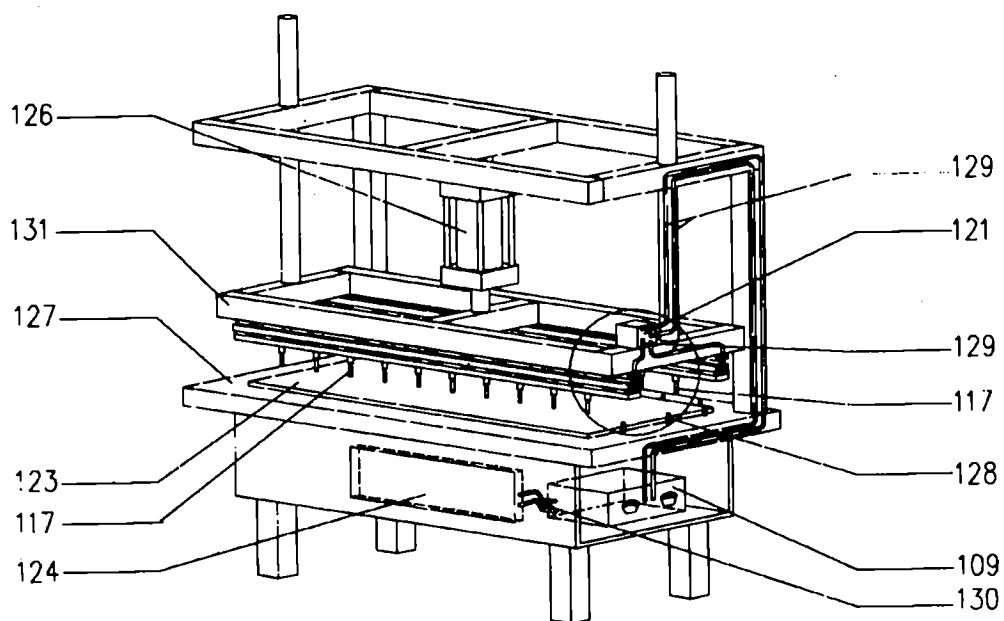


图 4C

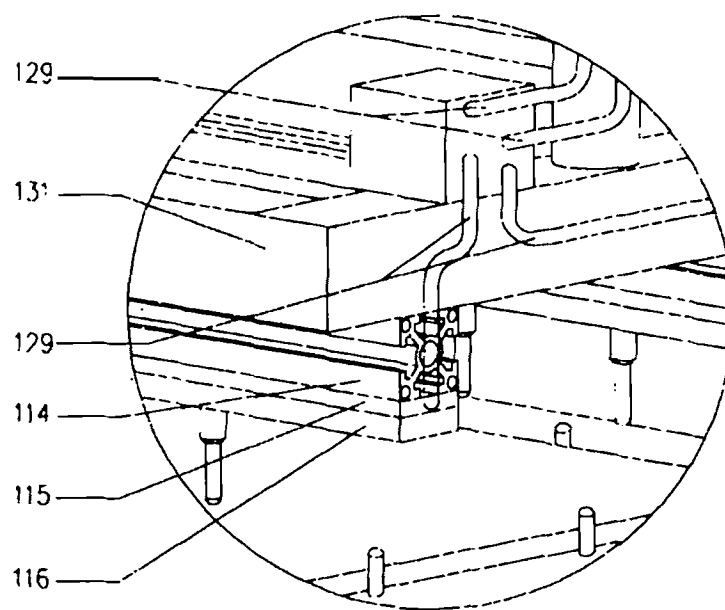


图 4D

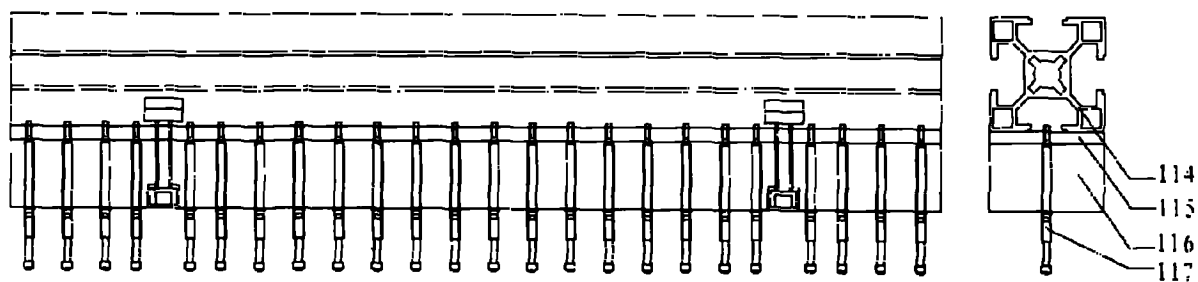


图 5

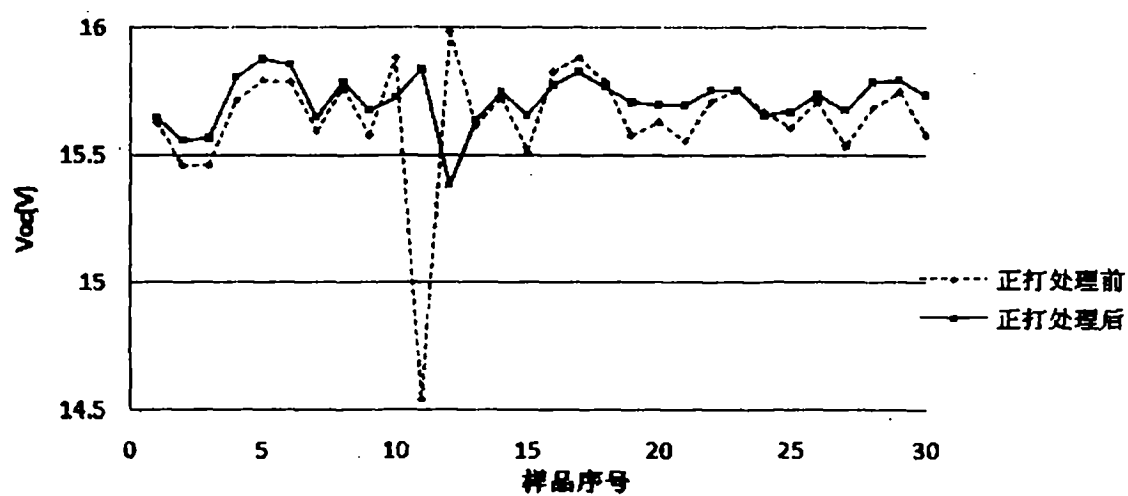


图 6A

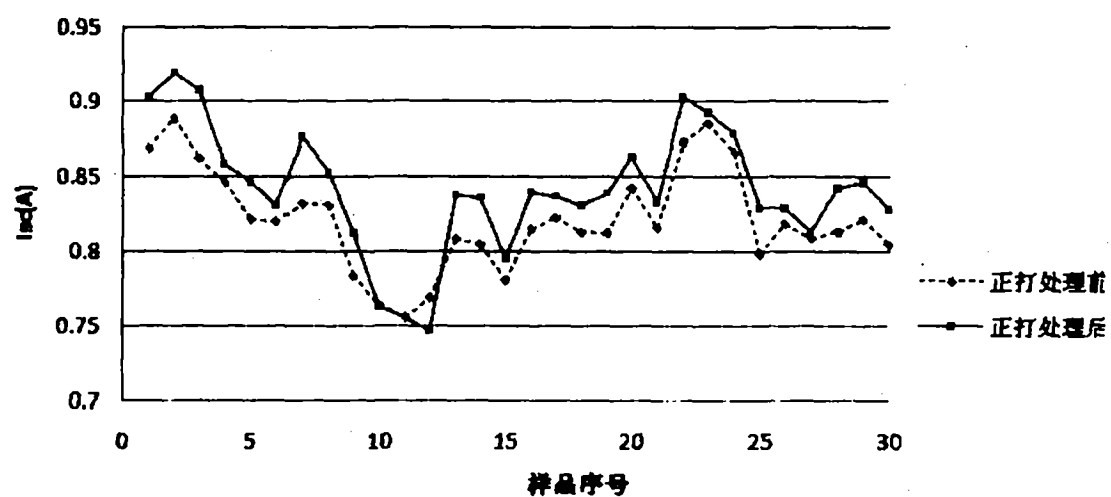


图 6B

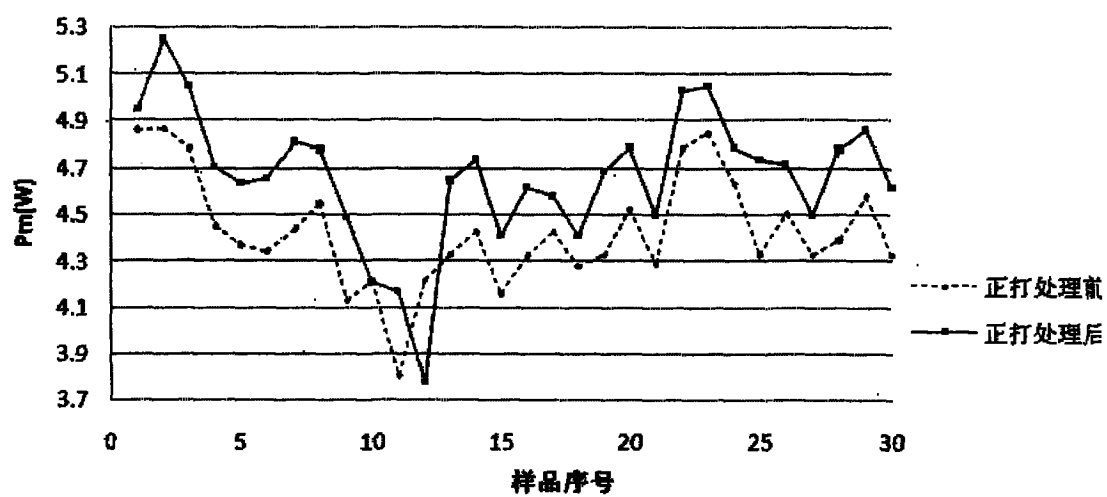


图 6C