



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103358414 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201210087684. 4

(22) 申请日 2012. 03. 28

(71) 申请人 镇江荣德新能源科技有限公司

地址 212200 江苏省镇江市扬中市经济开发区港隆路 998 号

(72) 发明人 包剑

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司 11225

代理人 黄威 郭迎侠

(51) Int. Cl.

B28D 7/04 (2006. 01)

B28D 5/04 (2006. 01)

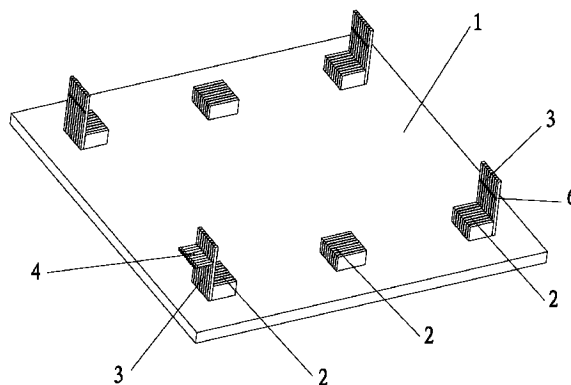
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

### (54) 发明名称

一种单晶棒线开方固定装置及单晶棒线开方方法

### (57) 摘要

本发明公开了一种单晶棒线开方固定装置及单晶棒线开方方法,固定装置包括托盘和至少一排底座组;底座组包括至少两个间隔设置且上表面位于同一水平面的底座,底座上设有切割缝;每排底座组的底座上的切割缝相互对应;固定装置还包括位于每排两端的用于定位单晶棒两端面的多根间隔设置的挡条,相邻两根挡条的间隙分别与切割缝一一对应;每根挡条上设有紧固螺杆;相邻两根挡条上的所述紧固螺杆之间具有供切割线通过的水平间距。本发明的单晶棒线开方固定装置结构简单,固定操作便捷且固定效果好。本发明的单晶棒线开方方法的切割过程简单、切割效果高和切割成本低。



1. 一种单晶棒线开方固定装置,其特征在于,包括托盘和固定在所述托盘上用于承托所述单晶棒的至少一排底座组;每排所述底座组包括两个或两个以上间隔设置且上表面位于同一水平面的底座,每个所述底座上间隔设有多个相互平行的切割缝;每排所述底座组的底座上的切割缝相互一一对应且分别与沿所述单晶棒的长度方向设置的用于切割所述单晶棒的切割线一一对应;

所述单晶棒线开方固定装置还包括与每排所述底座组成排排列且位于每排的两端的用于定位所述单晶棒两端面的挡板,所述挡板由多根间隔设置的挡条构成,相邻两根挡条之间的间隙分别与与其对应的所述底座组是所述底座上的所述切割缝一一对应;

每根所述挡条上分别设有穿过所述挡条且与所述单晶棒的长度方向一致的至少一个紧固螺杆;相邻两根所述挡条上的所述紧固螺杆之间具有供所述切割线通过的水平间距。

2. 根据权利要求1所述的单晶棒线开方固定装置,其特征在于,所述挡板连接在每排底座组两端的所述底座的外侧端,且构成所述挡板的多根挡条分别连接在所述底座上。

3. 根据权利要求2所述的单晶棒线开方固定装置,其特征在于,每个所述底座均由等间距设置的多个金属块构成,相邻两个所述金属块之间形成所述切割缝,位于两端的所述底座的每个所述金属块的外侧分别连接有一根所述挡条。

4. 根据权利要求3所述的单晶棒线开方固定装置,其特征在于,构成每个所述底座的金属块的上表面上分别设置尼龙垫,所述尼龙垫与所述金属块的上表面粘接或采用连接件连接。

5. 根据权利要求3所述的单晶棒线开方固定装置,其特征在于,构成所述底座的金属块的底部与所述托盘焊接或采用连接件连接。

6. 根据权利要求1所述的单晶棒线开方固定装置,其特征在于,每组所述底座组包括三个底座,其中一个底座位于另外两个底座的之间。

7. 根据权利要求3所述的单晶棒线开方固定装置,其特征在于,所述挡条的长度为150~300mm,宽度为13~15mm,相邻两根所述挡条的间隙不小于2mm,所述紧固螺杆的直径为12~14mm,且连接在同一所述底座上的相邻两根所述挡条的间隙小于相邻两个所述紧固螺杆的间距。

8. 一种采用权利要求1至7中任一项所述的单晶棒线开方固定装置进行单晶棒线开方方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 首先在托盘上分组设置底座:将至少两个所述底座为一组成排间隔固定设置在所述托盘上,每组所述底座的排列方向均与其所述底座的切割缝方向一致,属于同一组的多个所述底座的切割缝一一对应且分别位于多条不同且相互平行的直线上,每组所述底座的上表面位于同一水平面上;

2) 在每排所述底座组的两端分别设置用于定位所述单晶棒两端面的挡板,所述挡板由多根间隔设置的挡条构成,相邻两根挡条之间的间隙与与其对应的所述底座组的所述底座上的所述切割缝一一对应,在每根所述挡条上分别设置穿过所述挡条且与所述单晶棒的长度方向一致的紧固螺杆;

3) 将需要线开方的单晶棒水平放置在属于同一组的所述底座上,同时保证放置后的所述单晶棒的底部与所述底座紧密接触;

4) 调节所述紧固螺杆,所述紧固螺杆顶紧所述单晶棒的端部,使所述单晶棒被固定在

所述托盘上；

5) 将固定承载有所述单晶棒的所述托盘送入机器切割室,使所述托盘位于线开方机的多条切割线的下方,且所述切割线与所述底座上的切割缝一一对应；

6) 启动线开方机,使所述切割线下降对所述单晶棒进行切割,直到切割线切至所述单晶棒的底部并进入所述底座的切割缝将所述单晶棒切透,使所述单晶棒切割成一定数量的单晶块,从而完成所述单晶棒的切割。

9. 根据权利要求8所述的单晶棒线开方方法,其特征在于,所述切割线是直径为 $200 \sim 350 \mu\text{m}$ 的预变形钢丝线,所述切割线的下降速度为 $500 \sim 1500 \mu\text{m}/\text{min}$ ,所述切割线的线速度为 $9 \sim 16\text{m}/\text{s}$ 。

10. 根据权利要求8或9所述的单晶棒线开方方法,其特征在于,所述切割线对所述单晶棒的切割是利用不断喷落在高速运动的所述切割线表面的浆料对所述单晶棒进行挤压式切割的,所述浆料的流量为 $120 \sim 220\text{kg}/\text{min}$ ,所述切割线的切割张力 $60 \sim 90\text{N}$ 。

## 一种单晶棒线开方固定装置及单晶棒线开方方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种单晶棒的切割方法及单晶棒切割过程中用于固定单晶棒的固定装置,尤其涉及单晶棒的线开方方法及线开方固定装置。属于太阳能级半导体类单晶硅加工领域。

### 背景技术

[0002] 能源和环境是当今世界广泛关注的两大问题。太阳能作为一种可再生的绿色能源自然成为人们开发和研究的焦点。目前世界上许多国家掀起了开发利用太阳能的热潮。因此,太阳能电池技术得到了快速的发展。

[0003] 根据所用材料的不同,太阳能电池可分为:1、以非晶硅、多晶硅和单晶硅为材料的太阳能电池;2、以 III-V 族化合物半导体如 GaAs、Inp 等多元化合物为材料的太阳能电池;3、以铜铟硒(CuInSe<sub>2</sub>)为材料生产的太阳能电池;4、以其他材料生产的太阳能电池。太阳能电池对材料的一般要求是:1、半导体的晶带不能太宽;2、要有较高的光电转换效率;3、材料本身对环境不造成污染;4、材料来源广泛,并且材料的性能稳定。综合以上几方面因素考虑,硅材料是最理想的太阳能电池材料。

[0004] 目前硅材料中应用最普遍的是晶体硅材料,包括单晶硅和多晶硅,晶体硅太阳能电池最突出的特点是它的稳定高效性。晶体硅材料的制备方法包括:单晶硅的直拉(Czochralski)法和区熔(Floating Zone)法以及多晶硅的定向凝固法(Directional Solidification)。定向凝固法可以生产大的多晶硅锭,相对于目前的单晶硅制备方法,其生长工艺过程简单,生产成本低,并且在硅锭开方时可以获得大的方形多晶硅片,降低了下游电池加工过程中的成本。

[0005] 准单晶(Mono Like,又可称为近单晶、类单晶)铸锭技术是基于多晶硅铸锭工艺,在长晶时通过单晶籽晶引晶,获得外观和电性能均类似单晶的准单晶硅片,这种技术的功耗只比普通多晶硅铸锭工艺多5%,所生产的单晶硅的质量接近直拉单晶硅。准单晶铸锭技术主要可分为两种:

[0006] (1) 无籽晶铸锭。无籽晶引导铸锭工艺对晶核初期成长控制过程要求很高。一种方法是使用底部开槽的坩埚。这种方式的要点是精密控制定向凝固时的温度梯度和晶体生长速度来提高多晶晶粒的尺寸大小,槽的尺寸以及冷却速度决定了晶粒的尺寸,凹槽有助于增大晶粒。因为需要控制的参数太多,无籽晶铸锭工艺显得尤为困难。

[0007] (2) 有籽晶铸锭。当下量产的准单晶技术大部分为有籽晶铸锭。这种技术先把籽晶、硅料掺杂元素放置在坩埚中,籽晶一般位于坩埚底部,再加热融化硅料,并保持籽晶不被完全融掉,最后控制降温,调节固液相的温度梯度,确保单晶从籽晶位置开始生长。

[0008] 有籽晶准单晶铸锭工艺的籽晶通常是采用直拉(Czochralski)法或区熔(Floating Zone)法单晶硅制造的圆柱形单晶棒,为了方便在坩埚底部铺设籽晶,通常先将单晶棒切割成片状或块状的籽晶。

[0009] 目前常用的籽晶加工工艺是使用带锯把单晶棒加工成籽晶,首先将常规单晶棒

(已用带锯去好边皮)与尼龙托盘进行粘接,单晶棒粘接后需完全固化 4 小时,并使用聚氨酯泡沫剂,其耗用量为 200 ~ 350ml/棒;然后将粘接好的单晶棒(边皮已去)上机切割,例如 MB-BS801 机器进行操作,其切割用锯条的锯缝为 1.80mm;每刀加工时间为 0.60 ~ 0.75 小时/刀,平均加工周期为 6 ~ 8 小时/棒。

[0010] 因此,现有技术中单晶棒切割成籽晶的加工工艺存在如下的缺点:

[0011] 1、切割过程中需要使用聚氨酯泡沫,聚氨酯泡沫剂成本为 150 ~ 250 元/棒,同时废弃的聚氨酯泡沫剂也会污染环境;

[0012] 2、每根单晶棒可切割 10 ~ 15 刀,切割用锯条成本为 20000 元/棒,即折合成切割后的每根籽晶大约 1333 ~ 2000 元;

[0013] 3、由于锯条的锯缝为 1.800mm,因此造成单晶棒材料的损耗,大约每根单晶棒材料损耗为 3 公斤/棒,从而导致籽晶加工成本升高;

[0014] 4、整个切割过程时间长,从而导致切割效率低。

## 发明内容

[0015] 本发明所要解决的技术问题是提供一种结构简单,固定操作便捷且固定效果好的单晶棒线开方固定装置。

[0016] 为了解决上述技术问题,本发明采用了如下技术方案:一种单晶棒线开方固定装置,包括托盘和固定在所述托盘上用于承托所述单晶棒的至少一排底座组;

[0017] 每排所述底座组包括两个或两个以上间隔设置且上表面位于同一水平面的底座,每个所述底座上间隔设有多个相互平行的切割缝;每排所述底座组的底座上的切割缝相互一一对应且分别与沿所述单晶棒的长度方向设置的用于切割所述单晶棒的切割线一一对应;

[0018] 所述单晶棒线开方固定装置还包括与每排所述底座组成排排列且位于每排的两端的用于定位所述单晶棒两端面的挡板,所述挡板由多根间隔设置的挡条构成,相邻两根挡条之间的间隙分别与与其对应的所述底座组是所述底座上的所述切割缝一一对应;

[0019] 每根所述挡条上分别设有穿过所述挡条且与所述单晶棒的长度方向一致的至少一个紧固螺杆;相邻两根所述挡条上的所述紧固螺杆之间具有供所述切割线通过的水平间距。

[0020] 作为优选,所述挡板连接在每排底座组两端的所述底座的外侧端,且构成所述挡板的多根挡条分别连接在所述底座上。

[0021] 作为优选,每个所述底座均由等间距设置的多个金属块构成,相邻两个所述金属块之间形成所述切割缝,位于两端的所述底座的每个所述金属块的外侧分别连接有一根所述挡条。

[0022] 作为优选,构成每个所述底座的金属块的上表面上分别设置尼龙垫,所述尼龙垫与所述金属块的上表面粘接或采用连接件连接。

[0023] 作为优选,构成所述底座的金属块的底部与所述托盘焊接或采用连接件连接。

[0024] 作为优选,每组所述底座组包括三个底座,其中一个底座位于另外两个底座之间。

[0025] 作为优选,所述挡条的长度为 150 ~ 300mm,宽度为 13 ~ 15mm,相邻两根所述挡条

的间隙不小于 2mm,所述紧固螺杆的直径为 12 ~ 14mm,且连接在同一所述底座上的相邻两根所述挡条的间隙小于相邻两个所述紧固螺杆的间距。

[0026] 本发明同时提供了一种切割方法简单、切割效果高和切割成本低的单晶棒线开方方法。

[0027] 所述单晶棒线开方方法包括如下步骤：

[0028] 1) 首先在托盘上分组设置底座：将至少两个所述底座为一组成排间隔固定设置在所述托盘上，每组所述底座的排列方向均与其所述底座的切割缝方向一致，属于同一组的多个所述底座的切割缝一一对应且分别位于多条不同且相互平行的直线上，每组所述底座的上表面位于同一水平面上；

[0029] 2) 在每排所述底座组的两端分别设置用于定位所述单晶棒两端面的挡板，所述挡板由多根间隔设置的挡条构成，相邻两根挡条之间的间隙与与其对应的所述底座组的所述底座上的所述切割缝一一对应，在每根所述挡条上分别设置穿过所述挡条且与所述单晶棒的长度方向一致的紧固螺杆；

[0030] 3) 将需要线开方的单晶棒水平放置在属于同一组的所述底座上，同时保证放置后的所述单晶棒的底部与所述底座紧密接触；

[0031] 4) 调节所述紧固螺杆，所述紧固螺杆顶紧所述单晶棒的端部，使所述单晶棒被固定在所述托盘上；

[0032] 5) 将固定承载有所述单晶棒的所述托盘送入机器切割室，使所述托盘位于线开方机的多条切割线的下方，且所述切割线与所述底座上的切割缝一一对应；

[0033] 6) 启动线开方机，使所述切割线下降对所述单晶棒进行切割，直到切割线切至所述单晶棒的底部并进入所述底座的切割缝将所述单晶棒切透，使所述单晶棒切割成一定数量的单晶块，从而完成所述单晶棒的切割。

[0034] 作为优选，所述切割线是直径为 200 ~ 350  $\mu\text{m}$  的预变形钢丝线，所述切割线的下降速度为 500 ~ 1500  $\mu\text{m}/\text{min}$ ，所述切割线的线速度为 9 ~ 16m/s。

[0035] 作为优选，所述切割线对所述单晶棒的切割是利用不断喷落在高速运动的所述切割线表面的浆料对所述单晶棒进行挤压式切割的，所述浆料的流量为 120 ~ 220kg/min，所述切割线的切割张力 60 ~ 90N。

[0036] 与现有技术相比，本发明的单晶棒线开方固定装置及单晶棒线开方方法至少具有以下有益效果：

[0037] 1、本发明的单晶棒线开方固定装置结构简单，对单晶棒的固定容易操作，固定效果牢固。同时固定过程中省去了泡沫剂的使用，因此节省成本的同时也减少了环境污染。

[0038] 2、本发明的单晶棒线开方方法采用线网模式替代常规的带锯加工方式，大幅降低了单晶棒的硅料的损耗。

[0039] 3、本发明的单晶棒线开方方法的加工速度大幅提高，缩短了加工时间，提高了加工效率。

#### 附图说明

[0040] 图 1 为本发明的单晶棒线开方固定装置的立体结构示意图；

[0041] 图 2 为本发明的单晶棒线开方固定装置的另一方向的立体结构示意图；

- [0042] 图 3 为本发明的单晶棒线开方固定装置中的底座的结构示意图；
- [0043] 图 4 为本发明的单晶棒线开方固定装置中的底座、挡条与紧固螺杆的连接关系结构示意图；
- [0044] 图 5 为本发明的单晶棒线开方固定装置固定了一根单晶棒的立体结构示意图；
- [0045] 图 6 为图 5 中 A 部分的放大图；
- [0046] 图 7 为本发明的单晶棒线开方固定装置的另一种立体结构示意图；
- [0047] 图 8 为采用本发明的单晶棒线开方方法进行线切割后单晶棒的端面结构示意图。
- [0048] 附图标记说明
- |        |          |         |
|--------|----------|---------|
| [0049] | 1- 托盘    | 2- 底座   |
| [0050] | 21- 金属块  | 22- 切割缝 |
| [0051] | 3- 挡条    | 4- 紧固螺杆 |
| [0052] | 5- 间隙    | 6- 连接孔  |
| [0053] | 100- 单晶棒 |         |

### 具体实施方式

[0054] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细描述,但不作为对本发明的限定。

[0055] 如图 1 至图 5 所示,本发明的实施例公开的一种单晶棒线开方固定装置,用于固定单晶棒 100,所述固定装置包括托盘 1 和用于承托所述单晶棒的至少一排底座组(图 1、图 2 和图 5 中示出了两排底座组),每排所述底座组包括两个或两个以上间隔设置且上表面位于同一水平面的底座 2,每个底座 2 上均间隔设有多个相互平行的切割缝 22;每排所述底座组的底座 2 上的切割缝 22 相互一一对应且与单晶棒 100 的长度方向一致,并且切割缝 22 与于切割所述单晶棒的切割线一一对应,当切割线切透单晶棒时,切割线从切割缝 22 通过。本发明的单晶棒线开方固定装置还包括与每排所述底座组成排排列且位于每排的两端用于定位单晶棒 100 两端面的挡板,所述挡板由多根间隔设置的挡条 3 构成,相邻的两根挡条 3 之间的间隙和与其对应的那排底座组的底座 2 上的切割缝 22 一一对应,也就是和所述切割线一一对应。每根挡条 3 上分别设有穿过挡条 3 且与单晶棒 100 的长度方向一致的一个或多个紧固螺杆 4,每根挡条 3 上设置的紧固螺杆 4 的数量可根据实际情况确定,本实施例中仅以每根挡条 3 上设置一个紧固螺杆 4 为例进行说明。

[0056] 如图 1 和图 2 所示,本实施例中托盘 1 为平板状,规格为 890 ~ 1100mm×890 ~ 1100mm。当然,托盘 1 也可以做成具有一平板状的底板及在所述底板的四周设置侧边的结构。

[0057] 如图 3 和图 5 所示,每个底座 2 均由等间距设置的多个金属块 21 构成,相邻两个金属块 21 之间形成切割缝 22。继续结合图 1 和图 2,至少两个底座 2 排成一排构成一排底座组固定设置在托盘 1 上,用于支撑一根单晶棒 100,每排底座组的排列方向均与底座 2 的切割缝 22 的方向一致,属于同一底座组的多个底座 2 的切割缝 22 一一对应且分别位于多条且相互平行的直线上,属于同一组的底座 2 的上表面位于同一水平面上,以稳定支撑单晶棒 100,使单晶棒 100 的底面与底座 2 紧密接触。

[0058] 如图 1、图 2 和图 5 所示,本实施例中的所述挡板连接在每排底座组两端的底座 2

的外侧端,即位于每排底座组的两端的两个底座 2 的每个金属块 21 的外侧端分别固定连接向上伸出底座 2 的挡条 3,相邻两根挡条 3 之间形成间隙 5,相邻的两个金属块 21 之间的切割缝 22 及连接在该两个金属块 21 上的两根挡条 3 之间的间隙 5 相对应且连通以使切割线(钢丝线)通过。每根挡条 3 上分别设置至少一个紧固螺杆 4(图 1、图 2 和图 5 中仅在一个底座 2 的挡条 3 上示出了紧固螺杆,其他的挡条上开设了连接孔),紧固螺杆 4 采用不锈钢材料。紧固螺杆 4 的设置方向与底座 2 的排列方向一致(即平行于切割缝 22)。相邻两根挡条 3 上的紧固螺杆 4 之间具有供所述切割线通过的水平间距。如图 5 和图 6 所示,设置挡条 3 和紧固螺杆 4 的目的是从单晶棒 100 的两端对支撑在底座 2 上的单晶棒 100 进行固定。挡条 3 的上端应高出单晶棒 100 的上表面。每根挡条 3 上均开设有连接孔 6,紧固螺杆 4 通过连接孔 6 设置在挡条 3 上。如图 6 所示,紧固螺杆 4 的设置位置应保证能抵在单晶棒 100 的端部。以保证切割过程中单晶棒 100 的稳定。

[0059] 所述挡板的设置方式有多种,并不限于上述情况,如可以按图 1、图 2 的设置位置设置挡条 3,挡条 3 与金属块 21 紧邻,但挡条 3 不与金属块 21 连接,而是挡条 3 的底端直接固定在托盘 1 上。挡条 3 也可以不固定设置在金属块 21 的侧端,而是固定连接在金属块 21 的上端靠近侧端处。当然挡条 3 也可以与底座 2 分离设置,如图 7 所示,挡条 3 与金属块 21 保持一定的距离,并固定在托盘 1 上。

[0060] 如图 1 和图 2 所示,本实施例中在托盘 1 上设置了两排底座组,每排底座组包括三个底座 2,其中一个底座 2 位于另外两个底座 2 的之间,三个底座 2 间隔设置,两端的两个底座 2 上设置挡条 3。每排底座组所包括的底座 2 的数量可以根据所要加工的单晶棒 100 的长度以及重量进行确定,至少为两个,还可以为多个。当然托盘 1 上也可以设置一排、两排、三排或四排,甚至更多的底座组等等。底座组数的设置视托盘 1 的尺寸以及被切割的单晶棒 100 的长度以及与之配套的切割机的尺寸确定。如图 4 所示,为了保护需要切割的单晶棒 100,防止单晶棒 100 与底座 2 之间的硬接触,以及缓解在切割过程中对单晶棒 100 的作用力。在底座 2 的金属块 21 的上表面上均分别设置缓冲垫(图中未标示出)。缓冲垫可以采用尼龙垫或塑料垫等。缓冲垫与金属块 21 的上表面可以采用粘接的方式连接,也可以在缓冲垫和金属块 21 上分别开孔,然后采用连接件将两种连接在一起。缓冲垫的厚度一般为 5~15mm。设置缓冲垫后的底座 2(属于同一组)的上表面也应处于同一水平面上,以保证被支撑的单晶棒 100 的水平度,进而保证切割的精确度。

[0061] 因为底座 2 将用于支撑被切割的单晶棒 100,因此应该将底座 2 固定在托盘 1 上,防止在切割过程中因底座 2 移动而导致单晶棒 100 移动产生切割的偏差。本实施例中构成底座 2 的金属块 21 的底部分别与托盘 1 焊接在一起或采用连接件连接在一起。当然,也可以将构成同一个底座 2 的多块金属块 21 的底部连接在一起,然后再一起固定在托盘 1 上。另外,底座 2 也可以这样形成:在一块方形的金属体上均匀间隔的开设多条相互平行的切割缝,每条切割缝均不开至金属体的底部,也就形成多个底部连接在一起的金属块。

[0062] 作为本实施例的一种优选方案,如图 3 和图 4 所示,为了保证切割过程中,切割线(钢丝线)不会出现触碰到挡条 3 的情况,相邻两根挡条 3 的间距一般不小于 2mm。挡条 3 的长度为 150~300mm,宽度为 13~15mm。紧固螺杆 4 的直径一般为 12~14mm,且同一底座 2 上的相邻两根挡条 3 的间距大于相邻两个紧固螺杆 4 的间距。

[0063] 综上所述,每排底座组中的底座 2 上的切割缝 22 以及挡条 3 之间的间隙 5 的设置

以及彼此之间的对应关系,均是为了与单晶棒 100 上的切割位置相对应,以使用于切割的切割线(钢丝线)能够切透单晶棒 100。

[0064] 本发明的单晶棒线开方固定装置中的托盘 1、底座 2 和挡条 3 均采用金属材质制成,以增强强度。

[0065] 本发明同时提供了一种切割方法简单、切割效果高和切割成本低的单晶棒线开方方法。

[0066] 下面结合图 1 至图 6 对本发明的单晶棒线开方方法进行如下介绍:在进行线开方之前,首先要对需要线开方的单晶棒 100 进行前期处理:即将单晶棒 100 截断至一定长度,如一般单晶棒 100 的长度为 350 ~ 1000mm,并去除单晶棒 100 两边的边皮,保证单晶棒高度(水平放置后)在一定范围内。同时将托盘 1 清理干净,托盘 1 的规格一般为 890 ~ 1100mm\*890 ~ 1100mm。

[0067] 本发明的单晶棒线开方方法包括如下步骤:

[0068] 1) 首先将底座 2(由多个金属块 21 均匀间隔排列而成)固定在托盘 1 上,并保证底座 2 是成排(组)间隔布置的,即至少两个底座 2 为一组成排间隔固定设置在托盘 1 上。本实施例中的托盘 1 上设置了两组底座 2,每组包括三个底座 2。每组底座 2 的排列方向均与其底座 2 的切割缝 22 的方向一致,属于同一组的多个底座 2 的切割缝 22 一一对应且分别位于多条不同且相互平行的直线上,在每个金属块的上表面设置缓冲垫(尼龙垫),同时保证每组底座 2 的上表面位于同一水平面上;

[0069] 2) 每组位于两端的底座 2 的每个金属块 21 的外侧端分别固定连接向上伸出底座 2 的挡条 3,挡条 3 的长为 150 ~ 300mm,宽为 13 ~ 15mm,相邻两根挡条 3 之间至少保证 2mm 的间隙,以保证线切割过程中不会出现钢丝线触碰到挡条 3 的情况,每根挡条 3 上都设置一个直径为 12 ~ 14mm 的不锈钢紧固螺杆 4,紧固螺杆 4 的设置方向与底座 2 的排列方向一致;

[0070] 3) 将需要线开方的单晶棒 100 水平放置在属于同一组的底座 2 上,同时保证放置后的单晶棒 100 的底部与底座 2 紧密接触,且单晶棒 100 的两端分别位于每组两端的底座 2 上;单晶棒 100 的两端分别与对应的紧固螺杆 4 之间留有一定的间隙,以方便单晶棒 100 的取放;每个托盘 1 上一般可以固定 2 ~ 4 个去完边皮的单晶棒 100,随着托盘 1 尺寸的变换,相应所固定的单晶棒 100 的数量也会随之变化;

[0071] 4) 依次调节多个紧固螺杆 4,使每个紧固螺杆 4 都顶紧在于其对应的单晶棒 100 的端部,使单晶棒 100 被固定在托盘 1 上;

[0072] 5) 将固定有单晶棒 100 的托盘 1 送入机器切割室(图中未示出),利用线开方机对单晶棒 100 进行线切割,首先使托盘 1 位于线开方机的多条切割线的下方,且所述切割线与底座 2 上的切割缝 22 一一对应,以使所述切割线在切割至单晶棒 100 的底部时,所述切割线进入到切割缝 22 中,以便将单晶棒 100 切透;

[0073] 6) 启动线开方机,并保持托盘 1 和单晶棒 100 固定不动,使所述切割线下降对单晶棒 100 进行切割,直到切至单晶棒 100 的底部将单晶棒 100 切透,切割线进行到切割缝 22 中将单晶棒切割成一定数量的单晶块,从而完成单晶棒的切割,切割后的单晶棒 100 的端面如图 8 所示。

[0074] 作为一种优选方案,所述切割线是直径为 200 ~ 350  $\mu\text{m}$  的预变形钢丝线,所述切

割线的下降速度即所述单晶棒被切割的速度为  $500 \sim 1500 \mu\text{m}/\text{min}$ , 所述切割线的线速度为  $9 \sim 16\text{m}/\text{s}$ 。

[0075] 作为再进一步的优选方案, 所述切割线对单晶棒的切割是利用不断喷落在高速运动的所述切割线表面的浆料对单晶棒进行挤压式切割的, 所述浆料的流量为  $120 \sim 220\text{kg}/\text{min}$ , 所述切割线的切割张力  $60 \sim 90\text{N}$ 。

[0076] 所述机器切割室内的切割头是由钢材焊接成的方形框架, 在框架四边都安装一个一定长度的切割导轮, 在切割导轮上方有对应的支架和过轮, 每个导轮轴的一端都有一部一定功率的伺服电机, 通过皮带驱动导轮。切割导轮上绕制有成网状的切割线, 所述切割线是直径为  $200 \sim 350 \mu\text{m}$  的预变形钢丝线, 形成线网的切割线线速度控制在  $9 \sim 16\text{M}/\text{s}$ , 通过机器切割室绕线方式的变化让切割头以从上往下的切割方式将每个单晶棒(已去边皮)线开方成不定数量的单晶块, 线开方单晶棒的原理是以  $200 \sim 350\text{mm}$  的预变形钢线为载体利用落在高速运动的钢线表面的浆料(浆料由碳化硅与 PEG 按照一定比例配置而成)中的碳化硅对单晶棒进行挤压式切割而成单晶块, 单晶块的规格为长度  $350 \sim 1000\text{mm}$ , 宽度可调, 厚度可调。

[0077] 以上实施例仅为本发明的示例性实施例, 不用于限制本发明, 本发明的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本发明的实质和保护范围内, 对本发明做出各种修改或等同替换, 这种修改或等同替换也应视为落在本发明的保护范围内。

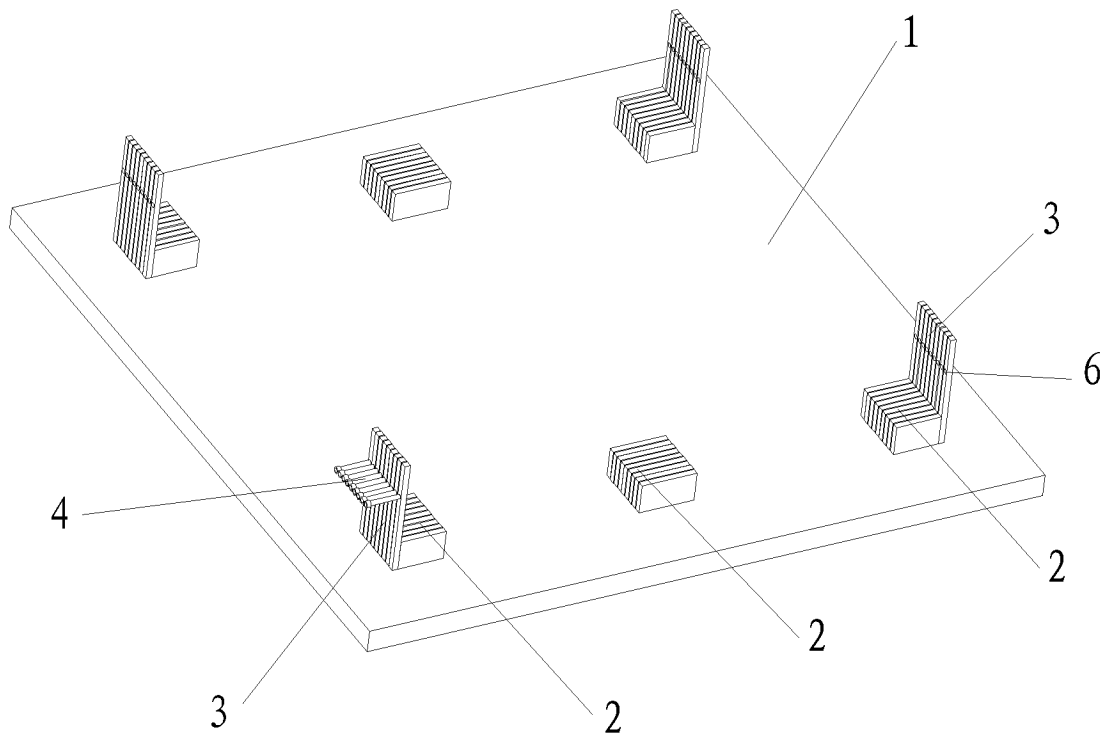


图 1

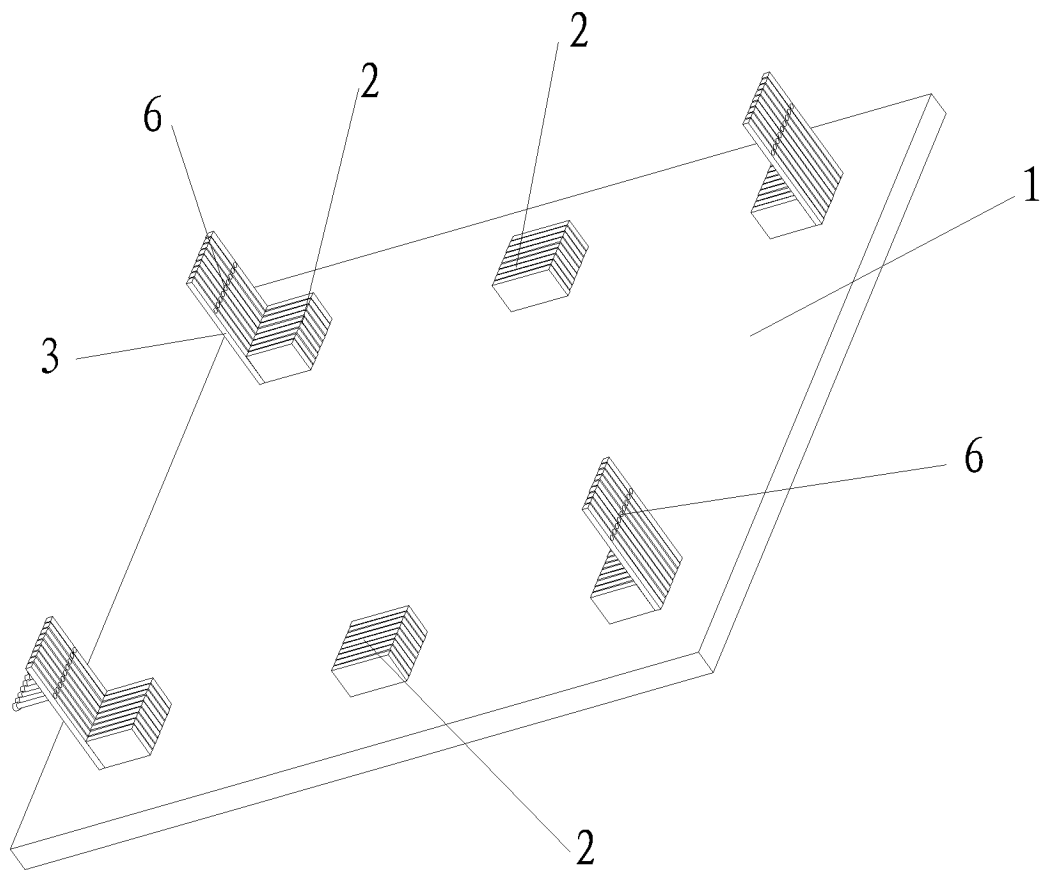


图 2

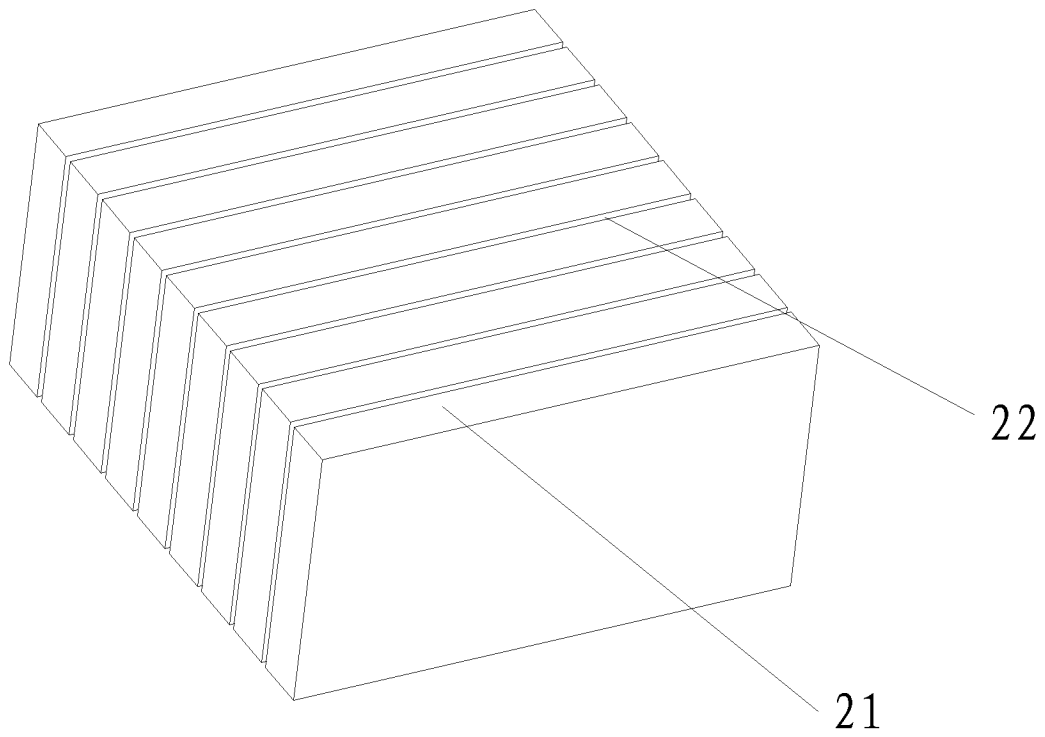


图 3

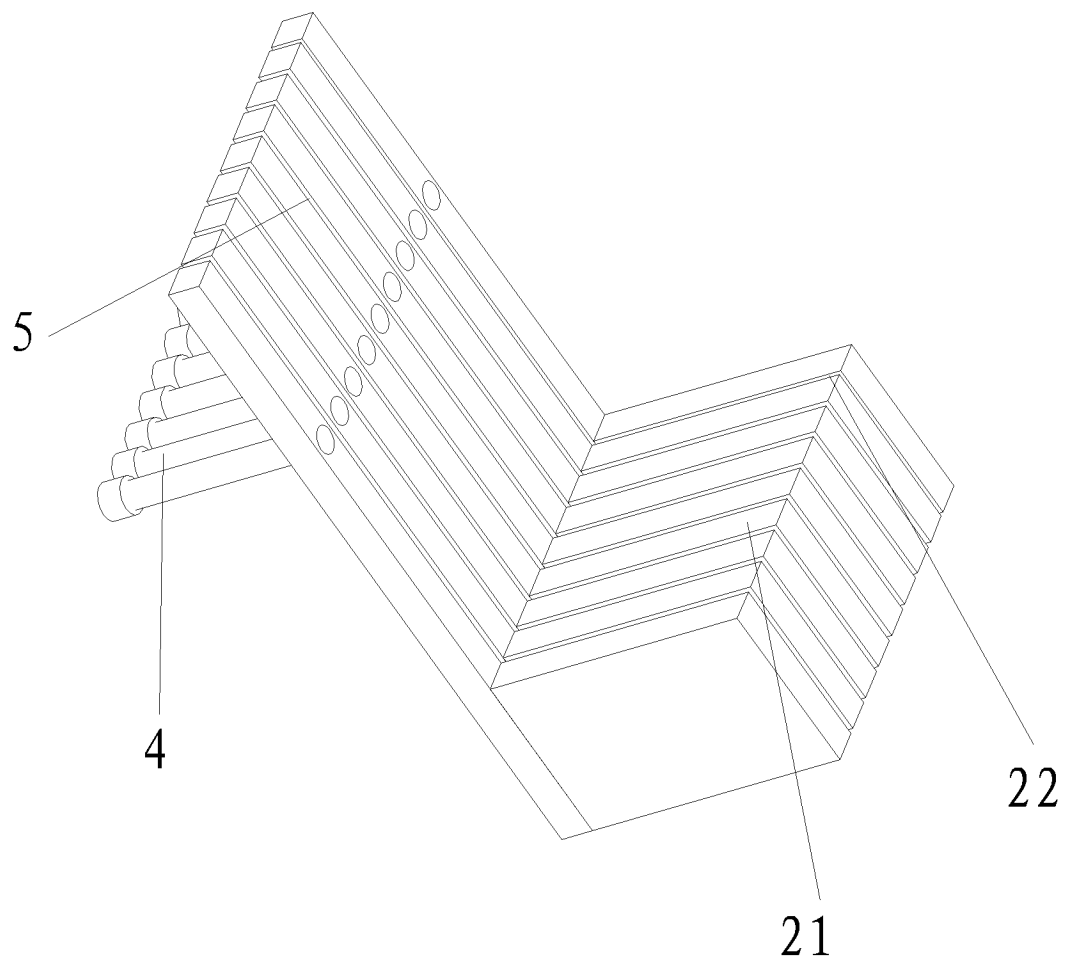


图 4

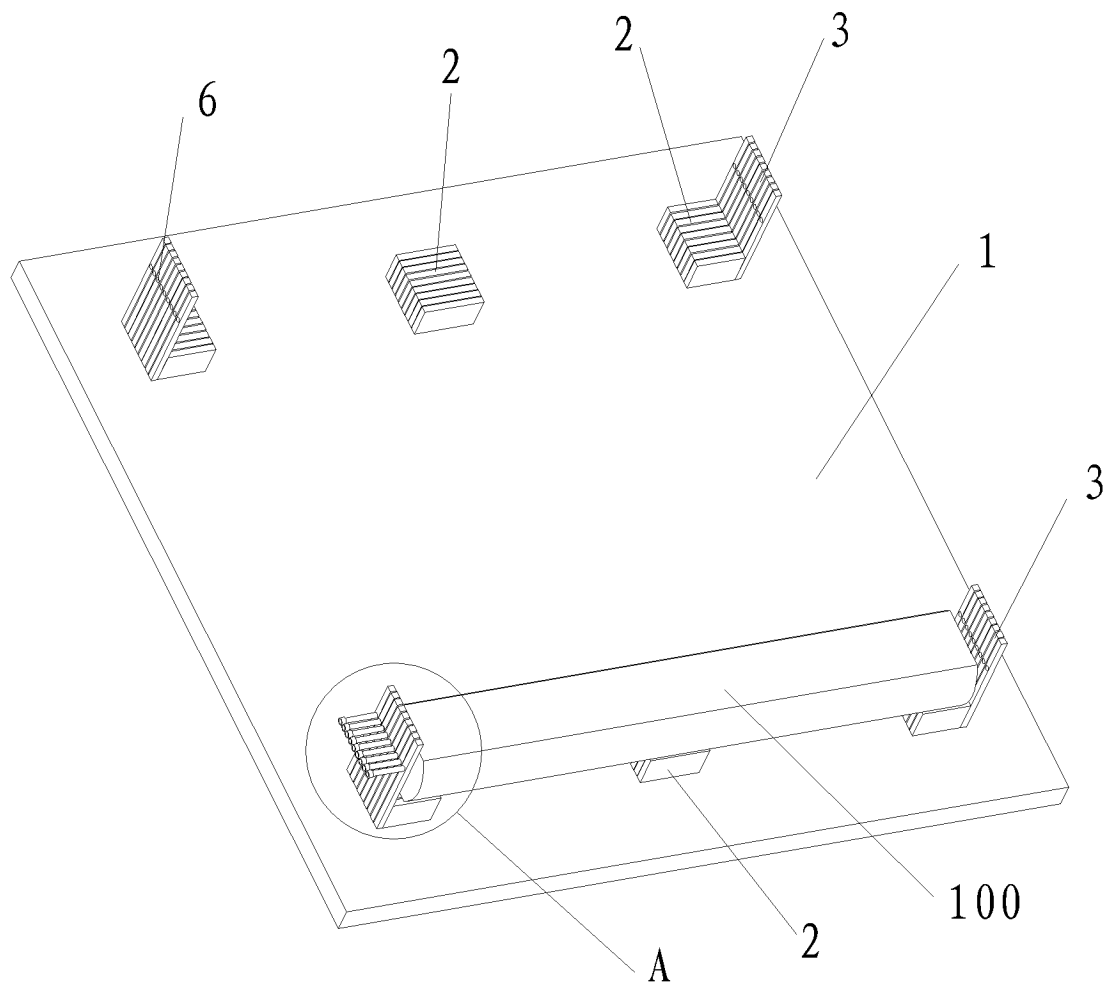


图 5

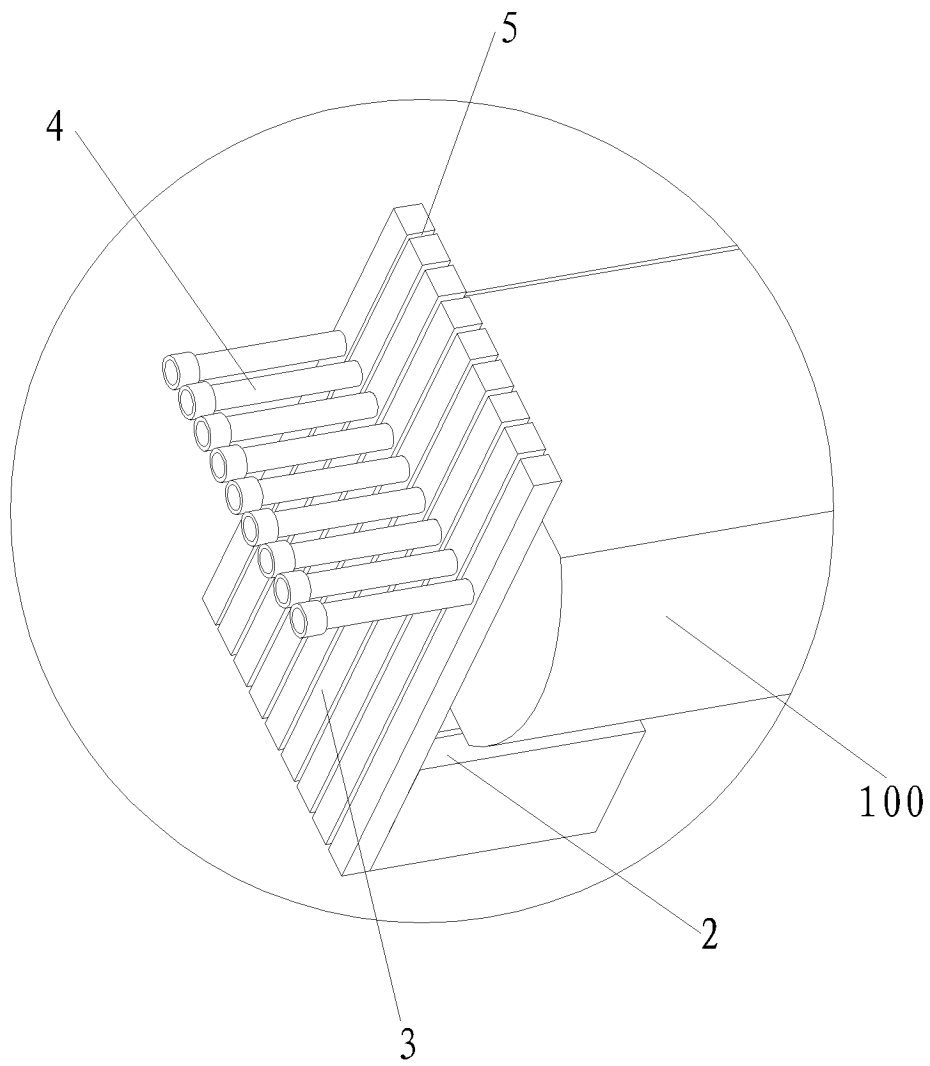


图 6

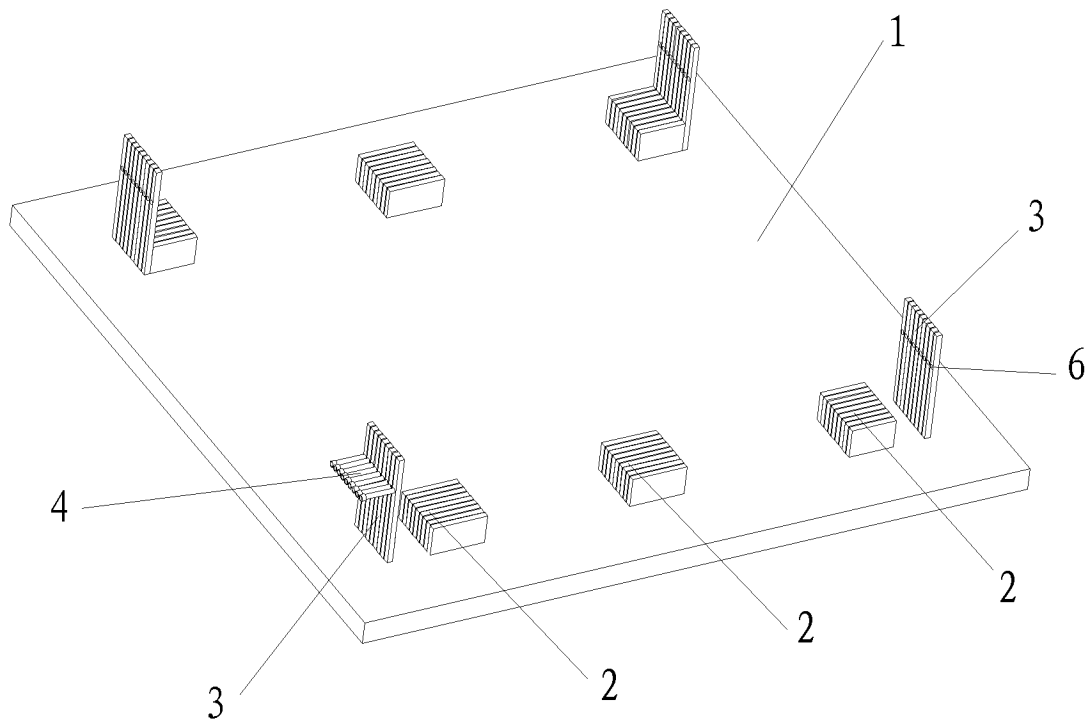


图 7

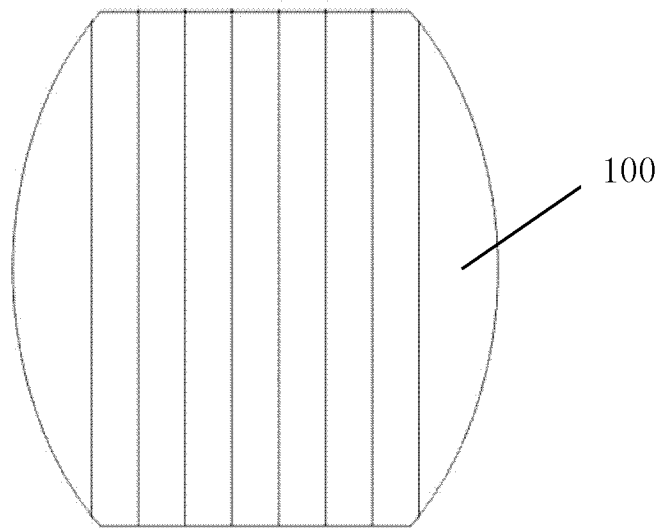


图 8