(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108942572 B
(45)授权公告日 2021.04.09

(21)申请号 201710359458.X
(22)申请日 2017.05.19
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108942572 A
(43)申请公布日 2018.12.07
(73)专利权人 天通日进精密技术有限公司
地址 314400 浙江省嘉兴市海宁市经济开发区双联路129号6号楼
(72)发明人 卢建伟 李鑫
(74)专利代理机构 浙江杭州金通专利事务所有限公司 33100
代理人 王丽丹
(51)Int.Cl.
B24B 27/00(2006.01)
B24B 41/00(2006.01)
B24B 41/06(2012.01)
B24B 49/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 101745854 A,2010.06.23
CN 106475878 A,2017.03.08
CN 106181610 A,2016.12.07
CN 105538112 A,2016.05.04
CN 105835247 A,2016.08.10
JP 特開2011-173179 A,2011.09.08

审查员 周雪

权利要求书1页 说明书26页 附图18页

(54)发明名称

单晶硅棒多工位加工方法及单晶硅棒多工位加工机

(57)摘要

本申请公开了一种单晶硅棒多工位加工方法及单晶硅棒多工位加工机，该方法应用于具有切圆及粗磨装置的单晶硅棒多工加工机中，包括步骤：将所述待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区；令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业；令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业。利用本申请公开的单晶硅棒多工位加工方法及单晶硅棒多工位加工机，可对单晶硅棒进行包括切圆及粗磨作业的多工位加工作业，可提高生产效率并提高单晶硅棒加工作业的品质。



CN 108942572 B

1.一种单晶硅棒多工位加工方法,应用于具有切圆及粗磨装置的单晶硅棒多工位加工机中,其特征在于:所述单晶硅棒多工位加工方法包括以下步骤:将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区;令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业;以及令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业;

所述的令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业包括:令所述切圆及粗磨装置分别对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行至少三次粗切作业;

所述令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面中的其中一对连接棱面进行至少三次粗切作业包括以下步骤:令所述单晶硅棒中的一对连接棱面转动至初始粗切位置以对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具;令所述第一磨具对所述一对连接棱面进行第一次粗切作业;令所述单晶硅棒相对所述初始粗切位置正向转动第一偏转角度,令所述第一磨具对所述第一对连接棱面进行第二次粗切作业;以及

令所述单晶硅棒相对所述初始粗切位置逆向转动第二偏转角度,令所述第一磨具对所述一对连接棱面进行第三次粗切作业。

2.根据权利要求1所述的单晶硅棒多工位加工方法,其特征在于:所述第一偏转角度的范围为3°至7°,所述第二偏转角度的范围为3°至7°。

3.根据权利要求1所述的单晶硅棒多工位加工方法,其特征在于:所述的令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面中的一对侧面进行粗磨作业包括以下步骤:令单晶硅棒中的一对侧面转动至初始粗磨位置以对应于一对第一磨具;令所述第一磨具对所述一对侧面进行粗磨作业。

4.根据权利要求1所述的单晶硅棒多工位加工方法,其特征在于:所述单晶硅棒多工位加工机还包括滚圆及精磨装置;其中,所述单晶硅棒多工位加工方法还包括:将所述待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区;令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业;以及 令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业。

5.根据权利要求4所述的单晶硅棒多工位加工方法,其特征在于:所述的令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业包括以下步骤:调整所述滚圆及精磨装置中的一对第二磨具的研磨间距;以及 旋转所述单晶硅棒,令所述第二磨具对所述单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业。

6.根据权利要求4所述的单晶硅棒多工位加工方法,其特征在于:所述的令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面中的一对侧面进行精磨作业包括以下步骤:令单晶硅棒中的一对侧面转动至初始精磨位置以对应于一对第二磨具;以及令所述第二磨具对所述一对侧面进行精磨作业。

7.根据权利要求1所述的单晶硅棒多工位加工方法,其特征在于:还包括对所述待加工的单晶硅棒进行纠偏作业的步骤。

8.一种应用权利要求1-7任一项所述的单晶硅棒多工位加工方法的单晶硅棒多工位加工机。

单晶硅棒多工位加工方法及单晶硅棒多工位加工机

技术领域

[0001] 本申请涉及硅工件加工技术领域，特别是涉及单晶硅棒多工位加工方法及单晶硅棒多工位加工机。

背景技术

[0002] 目前，随着社会对绿色可再生能源利用的重视和开放，光伏太阳能发电领域越来越得到重视和发展。光伏发电领域中，通常的晶体硅太阳能电池是在高质量硅片上制成的，这种硅片从提拉或浇铸的硅锭后通过多线锯切割及后续加工而成。

[0003] 现有硅片的制作流程，以单晶硅产品为例，一般地，大致的作业工序可包括：先使用硅棒截断机对原初的长硅棒进行截断作业以形成多段短硅棒；截断完成后，又使用硅棒开方机对截断后的短硅棒进行开方作业后形成单晶硅棒；再对各个单晶硅棒进行滚圆、磨面等加工作业，使得单晶硅棒的表面整形达到相应的平整度及尺寸公差要求；后续再使用切片机对单晶硅棒进行切片作业，则得到单晶硅片。

[0004] 不过，在相关技术中，对单晶硅进行滚圆及磨面的加工作业，作业工序复杂且效果欠佳，另外，每个工序作业(例如磨削、倒角、滚磨或滚圆等)所需的作业是独立布置，相应的加工装置分散在不同的生产单位或生产车间或生产车间的不同生产区域，执行不同工序作业的工件的转换需要进行搬运调配，且在执行每一工序作业之前可能都需要进行预处理工作，这样，工序繁杂，效率低下，且易影响单晶硅棒加工作业的品质。

[0005] 申请内容

[0006] 鉴于以上现有相关技术的种种缺失，本申请的目的在于公开一种单晶硅棒多工位加工方法及单晶硅棒多工位加工机，用于解决现有相关技术中存在的单晶硅棒在执行滚圆及磨面作业工序复杂、效果欠佳及多工位加工作业协调等问题。

[0007] 为实现上述目的及其他目的，本申请在一方面公开一种单晶硅棒多工位加工方法，应用于具有切圆及粗磨装置的单晶硅棒多工加工机中，所述单晶硅棒多工位加工方法包括以下步骤：将所述待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区；令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业；令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业。

[0008] 在某些实施方式中，所述的令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业包括：令所述切圆及粗磨装置分别对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行至少三次粗切作业。

[0009] 在某些实施方式中，所述令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面中的其中一对连接棱面进行至少三次粗切作业包括以下步骤：令所述单晶硅棒中的一对连接棱面转动至初始粗切位置以对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具；令所述第一磨具对所述一对连接棱面进行第一次粗切作业；令所述单晶硅棒相对所述初始粗切位置正向转动第一偏转角度，令所述第一磨具对所述第一对连接棱面进行第二次粗切作业；令所述单晶硅棒相对所述初始粗切位置逆向转动第二偏转角度，令所述第一磨具对所

述一对连接棱面进行第三次粗切作业。

[0010] 在某些实施方式中，所述第一偏转角度的范围为3°至7°，所述第二偏转角度的范围为3°至7°。

[0011] 在某些实施方式中，所述的令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面中的一对侧面进行粗磨作业包括以下步骤：令单晶硅棒中的一对侧面转动至初始粗磨位置以对应于一对第一磨具；令所述第一磨具对所述一对侧面进行粗磨作业。

[0012] 在某些实施方式中，所述单晶硅棒多工位加工机还包括滚圆及精磨装置；其中，所述单晶硅棒多工位加工方法还包括：将所述待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区；令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业；令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业。

[0013] 在某些实施方式中，所述的令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业包括以下步骤：调整所述滚圆及精磨装置中的一对第二磨具的研磨间距；旋转所述单晶硅棒，令所述第二磨具对所述单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业。

[0014] 在某些实施方式中，所述的令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面中的一对侧面进行精磨作业包括以下步骤：令单晶硅棒中的一对侧面转动至初始精磨位置以对应于一对第二磨具；令所述第二磨具对所述一对侧面进行精磨作业。

[0015] 在某些实施方式中，所述单晶硅棒多工位加工方法还包括对所述待加工的单晶硅棒进行纠偏作业的步骤。

[0016] 本申请在另一方面公开了一种应用前述的单晶硅棒多工位加工方法的单晶硅棒多工位加工机。

附图说明

[0017] 图1显示为本申请实施方式中单晶硅棒多工位加工机在某一视角下的立体结构示意图。

[0018] 图2显示为本申请实施方式中单晶硅棒多工位加工机的俯视图。

[0019] 图3显示为本申请实施方式中单晶硅棒多工位加工机的侧视图。

[0020] 图4显示为本申请单晶硅棒多工位加工机中硅棒夹持件在一种实施例中的结构示意图。

[0021] 图5显示为本申请单晶硅棒多工位加工机中硅棒夹持件在另一种实施例中的结构示意图。

[0022] 图6显示为本申请单晶硅棒多工位加工机中硅棒夹具的后视图。

[0023] 图7显示为本申请单晶硅棒多工位加工方法的在一实施方式中的流程示意图。

[0024] 图8显示为图7在一可选实施例中的细化流程示意图。

[0025] 图9显示为图7在另一可选实施例中的细化流程示意图。

[0026] 图10显示为本申请单晶硅棒多工位加工方法的在另一实施方式中的流程示意图。

[0027] 图11显示为图10在一可选实施例中的细化流程示意图。

[0028] 图12显示为图10在另一可选实施例中的细化流程示意图。

[0029] 图13显示为为本申请单晶硅棒多工位加工方法的在又一实施方式中的流程示意图。

[0030] 图14显示为单晶硅棒被竖立放置于硅棒承载台上的状态示意图。

[0031] 图15显示为单晶硅棒被硅棒夹具夹持的状态示意图。

[0032] 图16显示为单晶硅棒被换向载具放置于预处理作业区的状态示意图。

[0033] 图17显示为高度检测仪检测位于装卸承载台上单晶硅棒高度的状态示意图。

[0034] 图18和图19显示为平整度检测仪检测单晶硅棒平面平整度的状态示意图。

[0035] 图20显示为对单晶硅棒进行纠偏作业的示意图。

[0036] 图21显示对第一单晶硅棒进行切圆及粗磨作业及第二单晶硅棒进行装载的状态示意图。

[0037] 图22显示为单晶硅棒在切圆加工作业中的状态变化示意图。

[0038] 图23显示为单晶硅棒在粗磨加工作业中的状态变化示意图。

[0039] 图24显示本申请的单晶硅棒多工位加工机同时对三个单晶硅棒进行加工作业的状态示意图。

[0040] 图25显示为单晶硅棒在滚圆加工作业中的状态示意图。

[0041] 图26显示为单晶硅棒在精磨加工作业中的状态示意图。

[0042] 图27显示为完成加工作业的单晶硅棒卸料的状态示意图。

[0043] 图28显示为本申请单晶硅棒多工位加工机为三工位加工作业中的状态示意图。

具体实施方式

[0044] 以下通过特定的具体实例说明本申请的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本申请的其他优点与功效。本申请还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本申请的精神下进行各种修饰或改变。

[0045] 需要说明的是，本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等，均仅用以配合说明书所揭示的内容，以供熟悉此技术的人士了解与阅读，并非用以限定本申请可实施的限定条件，故不具技术上的实质意义，任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整，在不影响本申请所能产生的功效及所能达成的目的下，均应仍落在本申请所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。同时，本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语，亦仅为便于叙述的明了，而非用以限定本申请可实施的范围，其相对关系的改变或调整，在无实质变更技术内容下，当亦视为本申请可实施的范畴。

[0046] 请参阅图1至图3，显示为本申请单晶硅棒多工位加工机在一个实施方式中的结构示意图，其中，图1为本申请实施方式中单晶硅棒多工位加工机在某一视角下的立体结构示意图，图2为本申请实施方式中单晶硅棒多工位加工机的俯视图，图3为本申请实施方式中单晶硅棒多工位加工机的侧视图。在一实施方式中，本申请单晶硅棒多工位加工机是用于对单晶硅棒进行加工作业，在这里，所述单晶硅棒为类矩形硅棒。

[0047] 对于单晶硅棒而言，单晶硅棒的形成工艺可包括：先使用硅棒截断机对原初的长硅棒进行截断作业以形成多段短硅棒；截断完成后，又使用硅棒开方机对截断后的短硅棒进行开方作业形成截面呈类矩形的单晶硅棒。其中，使用硅棒截断机对原初的长硅棒进行截断作业以形成多段短硅棒的具体实现方式可参考例如为CN105856445A、CN105946127A、以及CN105196433A等专利公开文献，使用硅棒开方机对截断后的短硅棒进行开方作业后形

成截面呈类矩形的单晶硅棒的具体实施方式则可参考CN105818285A等专利公开文献。但单晶硅棒的形成工艺并不见限于前述技术，在可选实例中，单晶硅棒的形成工艺还可包括：先使用全硅棒开方机对原初的长硅棒进行开方作业以形成截面呈类矩形的长单晶硅棒；开方完成后，又使用硅棒截断机对开方后的长单晶硅棒进行截断作业形成短晶硅棒。其中，上述中使用全硅棒开方机对原初的长硅棒进行开方作业以形成呈类矩形的长单晶硅棒的具体实现方式可参考例如为CN106003443A等专利公开文献。

[0048] 形成单晶硅棒之后，都还得对其进行相应的后续加工作业，这些后续加工作业可例如为切圆、粗磨、滚圆、以及精磨等，而这些后续加工作业即可通过本申请公开的单晶硅棒多工位加工机来实施。

[0049] 结合图1至图3，本申请单晶硅棒多工位加工机包括：机座1、硅棒装卸装置2、切圆及粗磨装置3、滚圆及精磨装置4、以及硅棒转换装置5。

[0050] 机座1作为本申请单晶硅棒多工位加工机的主体部件，具有硅棒加工平台，其中，所述硅棒加工平台可根据单晶硅棒加工作业的具体作业内容而划分为多个作业区。具体地，在本实施例中，所述硅棒加工平台至少包括预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区。

[0051] 硅棒转换装置5设于所述硅棒加工平台的居中区域，用于将由硅棒装卸装置2装载上来的单晶硅棒100在所述硅棒加工平台上的预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区之间转换。在一实施方式中，硅棒转换装置5旋转设置于所述硅棒加工平台上，硅棒转换装置5包括：圆盘形或圆环形的输送本体51；硅棒定位机构53设于输送本体51上，用于对单晶硅棒100进行定位；转换驱动机构用于驱动输送本体51转动以带动硅棒定位机构53所定位的单晶硅棒100转换位置。

[0052] 如前所述，在一实施方式中的硅棒加工平台包括有预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区，为与这些作业区相适配，输送本体51上的硅棒定位机构53的数量可设置为三个，每一个硅棒定位机构53均可定位一个单晶硅棒。进一步地，这三个硅棒定位机构53两两之间所设置的角度也是与三个作业区两两之间的角度分布相一致。如此，当某一个硅棒定位机构53对应于某一个作业区时，必然地，其他两个硅棒定位机构53也是分别与其他两个作业区相对应。这样，在流水作业中，任一时刻，当每一个硅棒定位机构53上均定位有一个单晶硅棒且硅棒定位机构53是与作业区相对应时，则这些单晶硅棒就位于对应的某一作业区处执行着相应的加工作业，例如：位于预处理作业区的单晶硅棒可进行预处理作业，位于第一作业区的单晶硅棒可进行切圆及粗磨作业，位于第二作业区的单晶硅棒可进行滚圆及精磨作业。在一种可选实施例中，所述硅棒加工平台上的预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区两两之间呈120°分布，因此，与之对应地，为圆盘形或圆环形的输送本体51上的三个硅棒定位机构53两两之间也呈120°分布。当然，硅棒定位机构53的数量可根据实际需求加以变化而并非以此为限，例如，硅棒定位机构53的数量可根据硅棒加工平台设置的作业区的数量而定。

[0053] 在一实施方式中，硅棒定位机构53更可包括：旋转承载台531、旋转压紧装置533、升降驱动装置(图中未标示)、以及旋转驱动装置(图中未标示)。

[0054] 旋转承载台531设置于硅棒转换装置5中圆盘形或圆环形的输送本体51上，用于承载单晶硅棒100并使得单晶硅棒100为竖立放置，即，单晶硅棒100的底部坐落于旋转承载台

531上。在本实施方式中，旋转承载台531并在硅棒转换装置531中圆盘形或圆环形的输送本体51转动时一并转动。特别地，旋转承载台531还可设计为可自转运动，例如旋转承载台531相对于输送本体51具有转轴以实现自转运动，如此，当旋转承载台531承托了单晶硅棒100之后，旋转承载台531及其上的单晶硅棒100可一同作转动。进一步地，旋转承载台531中用于与单晶硅棒100接触的接触面具有阻尼，以提供能带动单晶硅棒100一定的摩擦力。旋转承载台531与单晶硅棒100适配，在一可选实施例中，旋转承载台531可以是与单晶硅棒100的截面尺寸相适配的圆形承载台。

[0055] 旋转压紧装置533相对设置于旋转承载台531的上方，用于顶压于单晶硅棒100的顶部以压紧单晶硅棒100。旋转压紧装置533可进一步包括活动设置的支座532以及设置于支座532底部的顶压活动块534。支座532是活动设置于一中央安装架13上，该中央安装架13是位于输送本体51的中央区域且跟随着输送本体51一起转动。在具体实现上，中央安装架13可至少包括竖直设置的六根安装柱131，以每组两根的方式分成三组，其中，每组中的两根安装柱131用于活动设置一个支座532，每一个支座532受一升降驱动装置驱动而沿着安装柱131而作升降运动。在一可选实施例中，安装柱131为表面较为光滑的圆柱结构，必要时，可在安装柱131表面涂覆润滑油，以利于支座532升降运动的顺畅性。额外地，安装柱131上可套设有防护套筒，以对安装柱131予以防护，避免灰尘、杂物等污染。顶压活动块534与单晶硅棒100适配，在一可选实施例中，顶压活动块534可以是与单晶硅棒100的截面尺寸相适配的圆饼形压块。更进一步地，旋转压紧装置533中的顶压活动块534轴转连接于支座532并可相对支座532而能作旋转运动。

[0056] 在前述中可知，旋转承载台531设计为能自转运动且旋转压紧装置533中的顶压活动块534轴转连接于支座532，因此，旋转承载台531或者顶压活动块534可联动于一旋转驱动装置。在一种情形下，当旋转承载台531联动于一旋转驱动装置时，由旋转承载台531作为主动转动部件而顶压活动块534则作为从动转动部件；在另一种情形下，当顶压活动块534联动于一旋转驱动装置时，由顶压活动块534作为主动转动部件而旋转承载台531则作为从动转动部件。

[0057] 在实际应用中，旋转压紧装置533可与其下的旋转承载台531相互配合，具体地，当将单晶硅棒100立式放置于旋转承载台531上之后，由升降驱动装置驱动支座532沿着安装柱131作下降运动直至支座532上的顶压活动块534抵压于单晶硅棒100的顶部。后续，在需要转动单晶硅棒100时，由旋转驱动装置驱动联动的旋转承载台531或者顶压活动块534转动，利用旋转承载台531、单晶硅棒100、以及顶压活动块534相互之间的摩擦力，顺势带动单晶硅棒100也一并转动，实现单晶硅棒100中作业面或作业区域的调整，从而使得对单晶硅棒100中调整后的作业面或作业区域进行加工作业。单晶硅棒100的转动速度以及转动角度可由旋转驱动装置来控制。在具体实现方式上，升降驱动装置可例如为气缸或升降电机，旋转驱动装置则可例如为旋转电机。

[0058] 圆盘形或圆环形的输送本体51是受控于转换驱动机构的驱动而转动，通过圆盘形或圆环形的输送本体51的转动而实现输送本体51上的硅棒定位机构53及由硅棒定位机构53所定位的单晶硅棒100在不同的作业区之间进行转换。在一实施方式中，所述转换驱动机构进一步包括：转换齿带，设于圆盘形或圆环形的输送本体51的周侧；驱动电机及连接驱动电机而受驱动电机驱动的联动结构，设于机座1的硅棒加工平台上，所述联动结构包括与所

述转换齿带相啮合的转动齿轮。如此，所述转动齿轮在所述驱动电机驱动下带动圆盘形或圆环形的输送本体51旋转以带动硅棒定位机构53及其上的单晶硅棒100转换至其他作业区完成输送，所述驱动电机可以为伺服电机。

[0059] 硅棒装卸装置2设于所述硅棒加工平台的预处理作业区，用于将待加工的单晶硅棒装载至硅棒加工平台的预处理作业区以及将经加工后的单晶硅棒自硅棒加工平台的预处理作业区卸载。更进一步地，硅棒装卸装置2用于将待加工的单晶硅棒装载至硅棒加工平台的预处理作业区以及将经加工后的单晶硅棒自硅棒加工平台的预处理作业区卸载具体指的是用于将待加工的单晶硅棒装载至输送本体51中与硅棒加工平台的预处理作业区对应的旋转承载台531上以及将经加工后的单晶硅棒自输送本体51中与硅棒加工平台的预处理作业区对应的旋转承载台531上予以卸载。

[0060] 在一实施方式中，硅棒装卸装置2更包括：硅棒装卸区位，换向载具23，以及硅棒夹具25。

[0061] 硅棒装卸区位设有用于承载单晶硅棒100竖向放置的硅棒承载台21；换向载具23用于作换向运动；硅棒夹具25设于换向载具23的第一安装面。通过驱动换向载具23作换向运动，使得换向载具23的硅棒夹具25在所述硅棒装卸区位和所述预处理作业区之间转换以移送单晶硅棒100。

[0062] 硅棒装卸装置设置在一底部安装结构上，所述底部安装结构凸设于机座1。底部安装结构的一侧则作为硅棒装卸区位，在硅棒装卸区位上设有硅棒承载台21，硅棒承载台21用于承载单晶硅棒100。在一种优选的实施方式中，为便于硅棒夹具25的夹持，若能使得承载的单晶硅棒100能适时调整位置以适配于硅棒夹具25，因此，硅棒承载台21为旋转式设计，硅棒承载台21设有转动轴和驱动电机，硅棒承载台21在驱动电机的控制下绕着转动轴旋转以调整硅棒承载台21上的单晶硅棒100的角度。除此之外，在一可选实施例中，硅棒承载台21更可采用升降式设计，即，硅棒承载台21下方的的转动轴受控后可作伸缩动作以带动硅棒承载台21作升降运动，从而调整硅棒承载台21上的单晶硅棒的高度。

[0063] 换向载具23设置于底部安装结构上且可相对底部安装结构作换向运动。在一实施方式中，换向载具23是通过一换向机构来实现换向运动的。使得换向载具23实现换向运动的换向机构可包括转动轴和换向电机，换向载具23通过转动轴轴连接于其下的底部安装结构。在实施转向运动时，则启动换向电机，驱动转动轴转动以带动换向载具23作转动以实现换向运动。前述驱动转动轴转动可设计为单向转动也可设计为双向转动，所述单向转动可例如为顺时针转动或逆时针转动，所述双向转动则可例如为顺时针转动和逆时针转动。另外，驱动转动轴转动的角度可根据硅棒装卸装置的实际构造等设定，其中，所述硅棒装卸装置的实际构造可例如为驱动转动轴转动的角度可根据硅棒装卸区位与预处理作业区之间的位置关系或者换向载具23的结构等。换向载具23中的换向底座231中央位置与转动轴连接，一般地，换向底座231的形状可采用圆盘的结构，但并不以此为限，其也可采用方形盘或椭圆盘。

[0064] 另外，在必要的情形下，由于机械结构设计的原因，硅棒装卸区位和预处理作业区之间的位置关系不能满足换向载具23通过换向运动使得换向载具23上的硅棒夹具25能恰好对应于硅棒装卸区和预处理作业区，此时，硅棒装卸装置还可包括平移机构，用于驱动换向载具23相对底部安装结构作朝向/远离预处理作业区的平移运动。在一实施方式中，硅棒

装卸装置在换向载具23与底部安装结构之间另提供有一转换底盘241，其中，换向载具23通过转动轴轴连接于转换底盘241，转换底盘241通过平移机构架设于底部安装结构上。

[0065] 在一种可实现的方式中，所述平移机构进一步包括：平移齿轨，沿平移方向布设于底部安装结构上；平移转动齿轮，设置于转换底盘241上且与平移齿轨相啮合；平移驱动电机(未予以图示)，用于驱动平移齿轮转动以使得转换底盘241及其上的换向载具23沿着平移齿轨以相对于底部安装结构而进退。

[0066] 在实际应用中，平移齿轨可例如为具有一定长度的至少一个齿条，这至少一个齿条可安装于底部安装结构上。为使得转换底盘241及其上的换向载具23更平稳地沿着平移方向移动，针对每一个齿条可配置至少两个平移齿轮，至少两个平移齿轮间隔设置。平移齿轮可通过传动轴与平移驱动电机传动连接。平移驱动电机可例如为伺服电机。

[0067] 在实际应用中，如前所述，所述平移机构包括平移齿轨、平移齿轮、及平移驱动电机，由平移驱动电机来驱动平移齿轮转动以使得转换底盘241及其上的换向载具23沿着平移齿轨移动，实现精准移动的目的。上述平移机构仅为一示例说明，但并非用于限制本申请，可变更地，在其他可选实施例中，所述平移机构可包括：丝杠和伺服电机，丝杠具有高精度、可逆性和高效率的特点，如此，通过伺服电机与丝杠的配合，提高转换底盘241及其上的换向载具23在平移方向上水平行进的精准度，即，使得转换底盘241及其上的换向载具23在平移向上水平行进的距离更精准。

[0068] 进一步地，所述平移机构还可包括平移导轨和平移滑座，其中，平移导轨沿平移方向布设于转换底盘241的底部，平移滑座安装于底部安装结构上，通过平移导轨与平移滑座的配合，辅助转换底盘241及其上的换向载具23沿着平移方向移动。在实际应用中，由平移驱动电机来驱动平移齿轮转动以使得转换底盘241及其上的换向载具23沿着平移齿轨移动，同时，作为辅助设施的平移导轨和平移滑座，平移导轨在平移滑座中滑移，从而实现转换底盘241及其上的换向载具23沿着平移方向移动。可变更地，在其他实施例中，所述平移机构还可包括平移导轨和平移滑块，其中，平移导轨沿平移方向布设于底部安装结构上，平移滑座安装于转换底盘241的底部，通过平移导轨与平移滑块的配合可使得平移滑块沿着平移导轨滑移，从而辅助转换底盘241及其上的换向载具23沿着平移方向移动。

[0069] 硅棒夹具25用于夹持单晶硅棒。在一实施方式中，硅棒夹具25包括：夹具安装件251和至少两个硅棒夹持件253。夹具安装件251设于换向载具23上。至少两个硅棒夹持件253是沿着夹具安装件251间距设置。在一实施方式中，前述硅棒装卸区位处的工件承载台可承载单晶硅棒竖立放置，因此，至少两个硅棒夹持件253为竖向间隔设置，即，至少两个硅棒夹持件253为上下设置。

[0070] 在具体实现方式上，每一个硅棒夹持件253更包括：夹臂安装座252和至少两个夹臂254，其中，夹臂安装座252是设于夹具安装件251上，至少两个夹臂254是活动设于夹臂安装座252上。鉴于作为待加工的单晶硅棒的截面多呈类矩形，因此，在一实施方式中，硅棒夹持件253整体而言为方形工件夹具，组成硅棒夹持件253的夹臂254为对称设计的两个，单个夹臂254设计为具有单一平直夹持面(参见图4)或折角夹持面(参见图5)，所述折角夹持面是由连续的两个平直夹持面组成，两个平直夹持面之间具有一折角。当然，夹臂254中的平直夹持面上还可额外增设缓冲垫，用于避免在夹持单晶硅棒的过程中造成对单晶硅棒表面的损伤，起到保护单晶硅棒的良好效果。额外地，利用硅棒夹持件253更可兼具定中心调节

的作用。

[0071] 一般情形下，硅棒夹持件253中的夹臂254在夹合状态下，两个夹臂254所构成的夹持空间的中心是与硅棒承载台21的中心相重合的。因此，以具有图5所示的夹臂254的硅棒夹持件253为例，当利用硅棒夹持件253去夹持单晶硅棒承载台21上竖立放置的单晶硅棒100时，硅棒夹持件253中的夹臂254收缩，由夹臂254中的折角夹持面抵靠于单晶硅棒100，其中，所述折角夹持面中的两个平直夹持面分别对应于单晶硅棒100中相邻的两个侧面。在夹臂254收缩并夹合单晶硅棒100的过程中，单晶硅棒100被两旁的两个夹臂254所推动并朝向夹持空间的中央区域移动，直至单晶硅棒100被硅棒夹持件253中的两个夹臂254夹紧住，此时，单晶硅棒100的中心就可位于硅棒夹持件253的夹持空间的中心。特别地，为使得硅棒夹持件253中的至少两个夹臂254能顺畅且稳固地夹持住不同类型不同尺寸规格的单晶硅棒，硅棒夹持件253还包括夹臂驱动机构，用于驱动至少两个夹臂254作开合动作。

[0072] 请参阅图6，其绘示为硅棒夹具25的后视图。在具体实现上，如图6所示，夹臂驱动机构进一步包括：开合齿轮255、齿轮驱动件256、以及驱动源257。

[0073] 开合齿轮255是设置于对应的夹臂254上。齿轮驱动件256具有与夹臂254上的开合齿轮255啮合的齿纹。驱动源连接于齿轮驱动件256，用于驱动齿轮驱动件256运动。在一种实现方式上，齿轮驱动件256为齿条，该齿条256位于两个夹臂254的中间，齿条中分别面向于两侧的夹臂254的两个外侧面上分别设有与两个夹臂254上的开合齿轮255啮合对应的齿纹，驱动源257可例如为驱动电机或或气缸。

[0074] 这样，根据上述实现方式，在实际应用中，当需实现夹臂254夹合时，由作为驱动源的驱动电机或气缸驱动作为齿轮驱动件的齿条256向上移动，由齿条256带动两旁啮合的开合齿轮255作外旋动作，开合齿轮255在外旋过程中带动夹臂254(开合齿轮255与夹臂254可通过转轴连接)作下放动作以由松开状态转入夹合状态；反之，当需实现夹臂254松开时，由作为驱动源的驱动电机(或气缸)驱动作为齿轮驱动件的齿条256向下移动，由齿条256带动两旁啮合的开合齿轮255作内旋动作，开合齿轮255在内旋过程中带动夹臂254(开合齿轮255与夹臂254可通过转轴连接)作上扬动作以由夹合状态转入松开状态。当然，上述仅为一实施例，并非用于限制硅棒夹持件253的工作状态，实际上，前述中的“向上”、“外旋”、“下放”、“向下”、“内旋”、“上扬”、以及“松开”和“夹合”状态变化均可根据夹臂254的结构和运作方式、夹臂驱动机构的构造而有其他的变更。

[0075] 在一种实现方式中，硅棒夹具25采用固定式硅棒夹持件，即，在换向载具23的第一安装面上以竖向方式固定设置尽可能多的硅棒夹持件253，且，这些硅棒夹持件253中相邻两个硅棒夹持件253的间距尽可能地小，如此，利用这些硅棒夹持件253可涵盖各类规格长度的单晶硅棒。例如，若单晶硅棒的长度较长，则使用换向载具23上较多的硅棒夹持件253参与夹持；若单晶硅棒的长度较短，则使用换向载具23上较少的硅棒夹持件253参与夹持。

[0076] 而在其他实现方式中，硅棒夹具25采用活动式硅棒夹持件，即，在换向载具23的第一安装面上以竖向方式活动设置硅棒夹持件253，由于，硅棒夹持件253为活动式设计，因此，硅棒夹持件253的数量就可大幅减少，一般为两个或三个即可满足。如此，利用这些活动式硅棒夹持件253可涵盖各类规格长度的单晶硅棒。例如，若单晶硅棒的长度较长，则移动硅棒夹持件253，延长两个硅棒夹持件253的夹持间距；若单晶硅棒的长度较短，则移动硅棒夹持件253，缩短两个硅棒夹持件253的夹持间距。在硅棒夹具25采用活动式硅棒夹持件的

实现方式中，为便于活动式硅棒夹持件顺畅平稳的上下活动以调整位置，可利用硅棒夹具25中的夹具安装件251起到引导活动式硅棒夹持件253的导向作用，一种可实现的方式中，夹具安装件251可采用导向柱结构，夹臂安装座252则采用套接于导向柱结构的活动块结构。具体地，作为夹具安装件251的所述导向柱结构包括竖立设置且并行的两个导向柱，作为夹臂安装座252的所述活动块结构中则设有与所述导向柱结构中的两个导向柱对应的两个贯孔或两个夹扣。若采用贯孔，所述活动块套设于所述导向柱并可实现沿着所述导向柱滑移。若采用夹扣，所述活动块夹扣于所述导向柱并可实现沿着所述导向柱滑移，其中，在实际应用中，所述夹扣可夹扣于所述导向柱的至少一半部分。

[0077] 针对活动式硅棒夹持件253的硅棒夹具25，亦会有不同的变化例。以两个硅棒夹持件253为例，在一种可选实施例中，两个硅棒夹持件253中的一个硅棒夹持件253为活动式设计另一个硅棒夹持件253则为固定式设计，这样，在实际应用中，都是通过移动活动式设计的那一个硅棒夹持件253来调整与固定式设计的硅棒夹持件253之间的夹持间距。由上可知，单晶硅棒100为竖立放置，因此，不论单晶硅棒的规格长度，单晶硅棒100的底部总是可相对易于确定的，因此，较佳地，可将两个硅棒夹持件253中位于上方的那一个硅棒夹持件253设计为活动式，这样，只需调节上方的硅棒夹持件253的位置即可。为实现硅棒夹持件253的移动，所述活动式设计的硅棒夹持件253可设有导向驱动机构。利用导向驱动机构可驱动活动式设计的硅棒夹持件253沿着夹具安装件251上下运动。

[0078] 在一种实现方式中，导向驱动机构可例如包括：导向丝杠258和导向电机259，其中，导向丝杠258为竖立设置，导向丝杠258的一端连接于夹臂安装座252，导向丝杠258的另一端则连接于导向电机259，导向电机259可设置在换向载具23的顶部，但并不以此为限，导向电机259也可设置在换向载具23的底部。导向丝杠258具有高精度、可逆性和高效率的特点，如此，在需要调整上方的硅棒夹持件253的位置时，由导向电机259驱动导向丝杠258旋转，导向丝杠258旋转过程中带动硅棒夹持件253沿着夹具安装件251上下运动，例如：导向电机259驱动导向丝杠258正向旋转，则带动上方的硅棒夹持件253沿着夹具安装件251向上运动以远离下方的硅棒夹持件253；导向电机259驱动导向丝杠258逆向旋转，则带动上方的硅棒夹持件253沿着夹具安装件251向下运动以靠近下方的硅棒夹持件253。调整两个硅棒夹持件253之间的夹持间距，从而对不同规格长度的单晶硅棒100进行有效夹持。

[0079] 在另一种可选实施例中，两个硅棒夹持件253均为活动式设计，这样，在实际应用中，可通过活动式设计的两个硅棒夹持件253的移动来调整相互之间的夹持间距。由于硅棒夹持件253为活动式设计，那么，两个硅棒夹持件253中的至少一个硅棒夹持件253需设置导向驱动机构，用于驱动两个硅棒夹持件253沿着夹具安装件251运动。

[0080] 相对于前这一种可选实施例，在本可选实施例中，既然硅棒夹具25中的两个硅棒夹持件253均为活动式，那么就会存在在两个硅棒夹持件253中的某一个硅棒夹持件253上设置导向驱动机构还是在两个硅棒夹持件253上均设置导向驱动机构的情形。现以在两个硅棒夹持件253中上方的硅棒夹持件253设置了导向驱动机构为例，在这种情形下，一来，两个硅棒夹持件253中的夹臂安装座252与夹具安装件251之间为活动连接，即，任一个硅棒夹持件253中夹臂安装座252及其上的夹臂254沿着夹具安装件251而上下活动，另外，设置的导向驱动机构包括导向丝杠258和导向电机，其中，导向丝杠258的一端连接于上方的硅棒夹持件253中的夹臂安装座252上，导向丝杠258的另一端则连接于导向电机259，导向电机

259可设置在换向载具23的顶部，如此，在需要调整上方的硅棒夹持件253的位置时，由导向电机259驱动导向丝杠258旋转，导向丝杠258旋转过程中带动硅棒夹持件253沿着夹具安装件251上下运动，例如：导向电机259驱动导向丝杠258正向旋转，则带动上方的硅棒夹持件253沿着夹具安装件251向上运动以远离下方的硅棒夹持件253；导向电机259驱动导向丝杠258逆向旋转，则带动上方的硅棒夹持件253沿着夹具安装件251向下运动以靠近下方的硅棒夹持件253。所述硅棒夹持件253沿着夹具安装件251上下运动进而调整两个硅棒夹持件253之间的夹持间距，从而对不同规格长度的单晶硅棒100进行有效夹持。

[0081] 实际上，在两个硅棒夹持件253均为活动式设计的情形下，利用导向驱动机构不仅可调整两个硅棒夹持件253之间的夹持间距来对不同规格长度的单晶硅棒100进行有效夹持之外，还可对夹持的单晶硅棒100实现升降的目的，当两个硅棒夹持件253有效夹持住单晶硅棒之后，通过驱动硅棒夹持件253的运动而升降单晶硅棒100。具体地，仍以上方的硅棒夹持件253设置了导向驱动机构为例，首先，上方的硅棒夹持件253通过导向驱动机构沿着夹具安装件251上下运动而调整了与下方硅棒夹持件253之间的夹持间距；接着，利用每一个硅棒夹持件253中的夹臂驱动机构驱动相应的两个夹臂作夹合动作以顺畅且稳固地夹持住单晶硅棒；随后，上方的硅棒夹持件253再通过导向驱动机构驱动而沿着夹具安装件251向上运动，此时，由于摩擦力作用，夹持住的单晶硅棒100及下方的硅棒夹持件253一并随之向上运动，其中，夹持住的单晶硅棒100向上运动利用的是上方的硅棒夹持件253与单晶硅棒100之间的摩擦力作用，硅棒夹持件253向上运动则利用的是单晶硅棒100与下方的硅棒夹持件253之间的摩擦力作用。上方的硅棒夹持件253在导向驱动机构的驱动下带动单晶硅棒100和下方的硅棒夹持件253向下运动亦是相同的过程，在此不再赘述。

[0082] 需说明的是，在其他变化例中，例如是在两个硅棒夹持件253中下方的硅棒夹持件253上设置导向驱动机构，导向驱动机构的结构、设置方式以及驱动工作方式与前述上方的硅棒夹持件253的导向驱动机构相类似，例如由下方的硅棒夹持件253在导向驱动机构的驱动下沿着夹具安装件251上下运动而调整与上方硅棒夹持件253之间的夹持间距，以及由下方的硅棒夹持件253在导向驱动机构的驱动下带动单晶硅棒100和上方的硅棒夹持件253一起沿着夹具安装件251上下运动等方式。再例如两个硅棒夹持件253均设置了导向驱动机构，则导向驱动机构的设置方式和驱动工作方式以及两个硅棒夹持件253的运动方式自不待言，在此不再赘述。

[0083] 在针对活动式硅棒夹持件253沿着夹具安装件251上下运动以适配于不同规格长度的单晶硅棒进行夹持的情形中，除了硅棒夹持件253采用活动式的结构设计、硅棒夹持件253需设置导向驱动机构等之外，势必还需要获知当前需要夹持的单晶硅棒的规格长度。有鉴于此，本申请中的硅棒装卸装置还可包括高度检测仪7，用于检测硅棒承载台21所承载的竖立放置的单晶硅棒的高度，从而作为活动式硅棒夹持件253在后续沿着硅棒夹具安装件251向上移动或向下移动移动以及移动距离的依据。

[0084] 当利用硅棒装卸装置2中的硅棒夹具25将待加工的单晶硅棒由硅棒装卸区位装载至硅棒加工平台11的预处理作业区以供后续的加工作业，一般地，在对单晶硅棒进行后续的加工作业之前，势必需要获知单晶硅棒100当前的平整度状况。有鉴于此，本申请单晶硅棒多工位加工机还可包括平整度检测仪，至少用于对待加工的单晶硅棒100进行平面平整度检测。在一实施方式中，平整度检测仪设于换向载具23的第二安装面，具体包括：接触式

检测结构、检测仪移位机构、以及检测控制器。

[0085] 平整度检测仪中的接触式检测结构用于通过接触单晶硅棒的待测面来实施待测面的平整度检测。一般来讲，接触式检测结构通过接触单晶硅棒的待测面来实施待测面的平整度检测具体是指：由接触式检测结构依序接触单晶硅棒的待测面的各个检测点以检测得到对应各个检测点的相对距离值，根据这些相对距离值来判定所述待测面的平整度。

[0086] 在本实施例中，根据各个检测点的相对距离值来判定所述待测面的平整度则是通过将测得的这些相对距离值中最大值与最小值之间的差值来判定的，若所述差值是小于标准值或落入标准范围内，则表明所述待测面的平整度符合规范。在具体实现上，接触式检测结构61更可包括：伸缩式接触探头和通断开关。

[0087] 伸缩式接触探头用于接触单晶硅棒100的待测面。通断开关则关联于伸缩式接触探头且与检测控制器连接，用于在伸缩式接触探头一接触到单晶硅棒100的待测面即向检测控制器发送相应的通断信号，以供检测控制器据此换算出伸缩式接触探头当前所接触到的待测面中的检测点相对于基准点的相对距离。

[0088] 在一种可选实施例中，接触式检测结构中的伸缩式接触探头更可包括：接触式探头、供设置接触式探头的探头基座、至少部分内置于探头基座且用于顶撑接触式探头的弹性支撑件。接触式探头可例如为呈圆柱体的棒状物，所述棒状物的顶端可作尖化及圆化处理或额外增设个凸点，在实际应用中，接触式探头可采用高硬度、高耐磨的硬质合金来制作。探头基座可例如为圆柱台，所述圆柱台为中空结构，可供容纳呈棒状物的接触式探头。当探头基座在容纳接触式探头后，接触式探头的顶端是凸出于探头基座的。弹性支撑件内置于探头基座内并用于顶撑接触式探头，且，弹性支撑件也关联于通断开关。弹性支撑件顶撑接触式探头主要体现在力的传导，在这里，力的传导至少体现在如下的两个方面：一、接收接触式探头因接触待测面而受到的抵压力并将所述抵压力传导至通断开关，以供通断开关根据所述抵压力而产生相应的通断信号。二、向接触式探头提供恢复原状的回复力，接收接触式探头因接触待测面而相对探头基座作内缩，弹性支撑件受力后根据力的作用而向接触式探头提供恢复原状的回复力，使得接触式探头根据所述回复力而相对探头基座朝外运动以回复原状。在实际应用中，弹性支撑件可采用例如压力弹簧，压力弹簧的相对两端可分别对应于接触式探头和通断开关。不过，接触式检测结构的组成部件及各个组成部件的结构并不仅限于前述实施方式，

[0089] 在其他实施方式中，接触式检测结构仍可作其他变化，例如：接触式探头可例如为呈四面体的棒状物，而，探头基座也可例如为四面体的管状台。弹性支撑件也可采用可挠性弹片，可挠性弹片的相对两端可分别对应于接触式探头和通断开关。通断开关为高精度开关，具有较高的灵敏度，即使是很细微的作用力都能感知得到。另外，在该可选实施例的其他实现方式中，通断开关与检测控制器之间还可包括信号传输器件或信号传输电路，如此，通断开关所产生的通断信号可通过信号传输器件或信号传输电路传输至检测控制器。

[0090] 本实施例中的接触式检测结构在实际应用中，当伸缩式接触探头接触到单晶硅棒100的待测面时，伸缩式接触探头就在单晶硅棒100的待测面的阻挡下相对探头基座作内缩，弹性支撑件通过顶撑接触式探头而接收接触式探头的抵压力并将所述抵压力传导至通断开关，以供通断开关根据所述抵压力而产生相应的导通信号或断开信号，所述导通信号或断开信号传输至检测控制器通过信号传输器件或信号传输电路，检测控制器根据所述导

通信号或断开信号即可换算出接触式探头当前所接触到的待测面中的检测点相对于基准点的相对距离。

[0091] 平整度检测仪中的检测仪移位机构用于带动接触式检测结构61移位。在本实施例中，检测仪移位机构可例如为三维移位机构，在具体实现上，所述三维移位机构可包括：第一方向移位机构、第二方向移位机构、以及第三方向移位机构，为便于描述，将所述第一方向标示为X轴，将所述第二方向标示为Y轴，将所述第三方向标示为Z轴。结合图1可知，第二方向Y轴是与前述硅棒装卸装置中平移机构的平移方向相一致，因此，在可选的一种实施例中，第二方向移位机构可与前述的平移机构相重合，即，第二方向移位机构就由前述的平移机构所兼任，所述平移机构的结构及其运作方式可参见前述说明，故对于第二方向移动机构不再赘述。

[0092] 以下针对第一方向移位机构和第三方向移位机构着重进行详细描述。

[0093] 所述第一方向移位机构更包括：侧移底座243和第一方向移位单元，通过第一方向移位单元可提供侧移底座243在第一方向(例如X轴方向)上的移位。第一方向移位单元进一步包括：第一方向齿轨，沿第一方向布设于底部安装结构上；第一转动齿轮，设置于侧移底座243上且与第一方向齿轨相啮合；第一驱动电机，用于驱动第一转动齿轮转动以使得侧移底座243沿着第一方向齿轨进退。具体地，第一方向齿轨可例如为具有一定长度的至少一个齿条，这至少一个齿条安装于底部安装结构上。为使得侧移底座243更平稳地沿着第一方向移动，针对每一个齿条可配置至少两个第一转动齿轮，至少两个第一转动齿轮间隔设置。第一转动齿轮可通过传动轴与第一驱动电机传动连接，第一驱动电机与检测控制器连接且受检测控制器控制。第一驱动电机可例如为伺服电机。在实际应用中，如前所述，第一方向移位单元包括第一方向齿轨、第一转动齿轮、及第一驱动电机，第一驱动电机接收来自检测控制器的移位控制指令，并根据所述移位控制指令来驱动第一转动齿轮转动以使得侧移底座243沿着第一方向齿轨移位直至满足移位数值的要求，实现精准移位的目的。所述移位控制指令中至少包括移位数值或与移位数值相关的参数。

[0094] 另外，上述第一方向移位单元仅为一示例说明，但并非用于限制本申请，例如，在一可选实施例中，第一方向移位单元可包括：丝杠和伺服电机，丝杠具有高精度、可逆性和高效率的特点，如此，通过伺服电机与丝杠的配合，提高侧移底座243在第一方向上水平行进的精准度。另外，第一方向移位单元还可包括第一方向导轨和第一滑块，其中，第一方向导轨沿第一方向布设于底部安装结构上，第一滑块则设置于侧移底座243且与第一方向导轨相配合，通过第一方向导轨与第一滑块的配合，辅助侧移底座243沿着第一方向移位。

[0095] 在实际应用中，第一驱动电机接收来自检测控制器的移位控制指令(所述移位控制指令中至少包括移位数值或与移位数值相关的参数)并根据所述移位控制指令来驱动第一转动齿轮转动以使得侧移底座243沿着第一方向齿轨移位，所述移位控制指令中至少包括移位数值或与移位数值相关的参数，同时，作为辅助设施的第一方向导轨和第一滑块，第一滑块沿着第一方向导轨滑移，从而实现侧移底座243沿着第一方向移位。

[0096] 可变更地，在其他实施例中，第一方向移位单元还可包括第一方向导轨和第一滑座，其中，第一方向导轨沿第一方向布设于侧移底座243，第一滑座安装于底部安装结构上，通过第一方向导轨与第一滑座的配合，辅助侧移底座243沿着第一方向移位。如前所述，平整度检测仪是用于对单晶硅棒进行表面平整度检测，因此，一般情形下，平整度检测仪可与

其他加工设备配合使用的，这一类加工设备可以是单一功能加工设备(例如切削加工机、磨面加工机、或抛光加工机)也可以是多项功能的复合加工设备，所述单一功能加工设备可例如为如切削加工机、磨面加工机、或抛光加工机等，所述复合加工设备可例如为磨面抛光一体机。

[0097] 由于，在一实施方式中，第二方向移位机构是由前述的平移机构所兼任，因此，为与第一方向平移机构的配合，在所述平移机构的结构中，转换底盘241通过平移机构架设于底部安装结构上实质上就是转换底盘241通过平移机构架设于第一方向移位机构的侧移底座上，在此特别说明。

[0098] 所述第三方向移位机构可提供接触式检测结构61相对换向载具23而在第三方向(例如Z轴方向，在后文中，针对第三方向上的移位，本文中也会通俗地称为上下移位)上移位。在一实施方式中，接触式检测结构61是通过一检测结构安装件63而设置于换向载具23上的。检测结构安装件63可采用导向柱结构，接触式检测结构则采用套接于导向柱结构的活动块结构。具体地，作为检测结构安装件63的所述导向柱结构包括竖立设置且并行的两个导向柱，而接触式检测结构61则设有与所述导向柱结构中的两个导向柱对应的两个贯孔或两个夹扣。

[0099] 若采用贯孔，所述接触式检测结构套设于所述导向柱并可实现沿着所述导向柱滑移。若采用夹扣，所述接触式检测结构夹扣于所述导向柱并可实现沿着所述导向柱滑移，其中，所述夹扣可夹扣于所述导向柱的至少一半部分。因此，为实现所述接触式检测结构61沿着检测结构安装件63而上下移位，第三方向移位机构可进一步包括：丝杠和升降电机，其中，丝杠为竖立设置，丝杠的一端连接于接触式检测结构61，丝杠的另一端则连接于升降电机，升降电机可设置在换向载具23的顶部，但并不以此为限，升降电机也可设置在换向载具23的底部。丝杠具有高精度、可逆性和高效率的特点，如此，在需要调整接触式检测结构61的位置时，由升降电机驱动丝杠旋转，丝杆旋转过程中带动接触式检测结构61沿着检测结构安装件63上下运动，例如：驱动电机驱动丝杠正向旋转，则带动上方的接触式检测结构61沿着检测结构安装件63向上运动；驱动电机驱动丝杠逆向旋转，则带动接触式检测结构61沿着检测结构安装件63向下运动。

[0100] 在实际应用中，升降电机接收来自检测控制器的所发出的至少包括移位数值或与移位数值相关的参数的移位控制指令并根据所述移位控制指令来驱动丝杠旋转以带动接触式检测结构61沿着检测结构安装件63上下运动直至满足移位数值的要求，实现精准移位的目的。需说明的是，上述第三方向移位机构采用丝杠和驱动电机的组合仅为一种示例，并非用于限制本申请第三方向移位机构，可变更地，在其他实施例中，所述第三方向移位机构也可采用齿带移位机构，在齿带移位机构中，可包括同步齿带、转动齿轮、以及驱动电机，其中，同步齿带设于换向载具23的第二安装面上，接触式检测结构61可通过连接件与同步齿带连接，转动齿轮则与同步齿带相啮合，驱动电机则用于驱动转动齿轮转动以利用同步齿带带动接触式检测结构61沿着检测结构安装件63上下运动。

[0101] 检测控制器与接触式检测结构和检测仪移位机构连接，用于控制检测仪移位机构带动接触式检测结构移位以及控制接触式检测结构依序检测单晶硅棒中待测面上各个检测点的相对距离。在一实施方式中，检测仪移位机构可包括第一方向移位机构、第二方向移位机构、以及第三方向移位机构，因此，检测控制器可向第一方向移位机构、第二方向移位

机构以及第三方向移位机构分别发送相应的移位控制指令，以驱动控制接触式检测结构通过三维移位而到达预定的检测位置并可在所述检测位置处得以接触单晶硅棒100的待测面中的检测点。接触式检测结构可包括：伸缩式接触探头和通断开关，其中，通断开关与检测控制器连接，通断开关在伸缩式接触探头一接触到单晶硅棒100的待测面时就向检测控制器发送通断信号，检测控制器根据所述通断信号换算出接触式探头当前所接触到的待测面中的检测点相对于基准点的相对距离。

[0102] 需说明的是，在一实施方式中，平整度检测仪设于换向载具23的第二安装面，而前述的硅棒夹具则设于换向载具23的第一安装面，在这里，第一安装面和第二安装面可依实际装置结构而设定。例如，第一安装面和第二安装面为换向载具23中背向设置的两个安装面，进一步地，第一安装面和第二安装面可相差180°，如此使得位于硅棒装卸区位的硅棒承载台21与硅棒转换装置5中位于预处理作业区的旋转承载台531连成一线，这样，当将换向载具23转动180°之后，原先的第一安装面可切换为第二安装面或者原先的第二安装面可切换为第一安装面，但实际应用中，第一安装面和第二安装面也可例如相差90°，甚至于，第一安装面和第二安装面可相差合适范围内的任一位置，只要第一安装面与第二安装面之间或者位于硅棒装卸区位的硅棒承载台21与硅棒转换装置5中位于预处理作业区的旋转承载台531之间确保不会产生不必要干扰的话。另外，前述所提及的高度检测仪7，既可以设置于第一安装面上也可以设置于第二安装面上，甚至是换向载具23的其他部分。

[0103] 特别地，通过平整度检测仪7和硅棒夹具25的配合，还可对单晶硅棒100进行纠偏作业。在前文描述中可知，利用硅棒夹具25可将单晶硅棒100夹持住并再通过换向载具23作换向运动后将单晶硅棒100转移至预处理作业区处的硅棒定位机构53的旋转承载台531上。但，如此这般，可能会出现如下情形：旋转承载台531并非位于单晶硅棒100的中央区域。在此种情形下，经过后续加工作业之后的单晶硅棒产品很可能会不符合工件规格要求。因此，在对单晶硅棒进行后续加工作业之前，还可单晶硅棒100进行纠偏作业，在纠偏作业中，易于操作且理想状况下就是将单晶硅棒100的中心与旋转承载台531的中心对应重合。

[0104] 在实际应用中，由平整度检测仪7对旋转承载台531上承载的单晶硅棒100进行平面平整度检测，从而获得单晶硅棒100的整体位置概况；将获得的单晶硅棒100的整体位置概况与旋转承载台531的位置进行比对分析，进而获得单晶硅棒100的中心与旋转承载台531的中心之间的偏差信息；换向载具23转动180°作换向运动，由换向载具23上的硅棒夹具25对应于旋转承载台531上的单晶硅棒100并夹持住单晶硅棒100；利用前述三维移位机构中的第一方向移位机构和第二方向移位机构驱动换向载具23在第一方向上和/或第二方向上移动，从而带动硅棒夹具25及由硅棒夹具25夹持的单晶硅棒100相对旋转承载台531作位置调整，最终得以将单晶硅棒100的中心与旋转承载台531的中心对应重合，完成针对单晶硅棒100的纠偏作业。

[0105] 切圆及粗磨装置3设于硅棒加工平台11的第一作业区，用于对单晶硅棒100进行切圆及粗磨作业。滚圆及精磨装置4设于硅棒加工平台11的第二作业区，用于对通过切圆及粗磨装置3的切圆及粗磨作业后的单晶硅棒100进行滚圆及精磨作业。在本实施方式中，如前所述，通过硅棒定位机构53可将单晶硅棒100以竖立放置方式予以定位，因此，切圆及粗磨装置3对竖立放置的单晶硅棒100进行切圆及粗磨作业以及滚圆及精磨装置4对竖立放置的单晶硅棒100进行滚圆及精磨作业采用的就是立式加工方式。

[0106] 需特别说明的是，在一实施方式中，在所述预处理作业区与所述第一作业区之间以及所述第二作业区与所述预处理作业区之间还可增设防护门，用于将所述预处理作业区与所述第一作业区和所述第二作业区相隔离，从而起到保护单晶硅棒的作用，避免单晶硅棒受到污染或损伤。

[0107] 切圆及粗磨装置3设于机座1上且位于硅棒加工平台的第一作业区，用于对单晶硅棒100进行切圆及粗磨作业。切圆及粗磨装置3具有第一容纳空间，用于接纳通过硅棒转换装置5中的输送本体51输送来的单晶硅棒100。切圆及粗磨装置3主要包括第一机架31和至少一对第一磨具33，至少一对第一磨具33对向设置于第一机架31上，用于对位于第一作业区处的硅棒转换装置5上的单晶硅棒100进行切圆及粗磨作业。更进一步地，每一个第一磨具33更包括第一主轴32和第一砂轮34，其中，第一主轴32与第一机架31的安装面设有横向滑动导引机构和纵向滑动导引机构，所述横向滑动导引机构可采用例如滑轨与滑块的组合等，所述纵向滑动导引机构可采用例如滑轨与滑块的组合等。利用横向滑动导引机构，可令第一主轴32或第一砂轮34能相对第一机架31作横向地进退运动。利用纵向滑动导引机构，可令第一主轴32能相对第一机架31作纵向地上下运动。

[0108] 在一实际应用中，至少一对第一磨具33设置于一磨具底座上，所述磨具底座而通过纵向滑动导引机构而可纵向滑动连接于第一机架31，至少一对第一磨具33通过横向滑动导引机构而可横向滑动连接于所述磨具底座，其中，所述磨具底座受控于一升降电机而纵向滑动导引机构纵向滑动于第一机架31，至少一对第一磨具33中的每一个第一磨具33独立受控于一进退电机而横向滑动于所述磨具底座。第一砂轮34设置于第一主轴32的作业端，具有第一粒度的第一磨砂颗粒。在这里，待加工的单晶硅棒100为截面大致呈类矩形的硅方体，具有四个侧面，相邻两个侧面之间形成有呈R角的连接棱面。因此，切圆及粗磨装置3中的一对第一磨具33为相对设置，两者间留有供容纳单晶硅棒100的第一容纳空间，当单晶硅棒100被输送至所述第一容纳空间中的一对第一砂轮34之间后，第一砂轮34即可接触单晶硅棒100中相对的一对侧面或一对连接棱面进行相应的加工作业。

[0109] 在实际应用中，先利用硅棒转换装置5将单晶硅棒100转送至硅棒加工平台的第一作业区，由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整，使得单晶硅棒100中的一对连接棱面对应于一对第一磨具33，由第一磨具33对单晶硅棒100的连接棱面进行切圆加工作业。所述切圆加工作业可例如包括：与硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整相配合，根据进给量，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以实施研磨，对第一对连接棱面及其邻近区域进行多次粗切以及对第二对连接棱面及其邻近区域进行多次粗切，使得各个连接棱面与相邻的侧面之间的连接形成初步弧形连接。再由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整，使得单晶硅棒100中的一对侧面对应于一对第一磨具33，由第一磨具33对单晶硅棒100的侧面进行粗磨加工作业。

[0110] 粗磨作业可例如为：由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整，使得单晶硅棒100的第一对侧面对应于一对第一磨具33，由一对第一磨具33中的第一砂轮34对单晶硅棒100的第一对侧面进行粗磨加工作业；随后，由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整，使得单晶硅棒100的第二对侧面对应于一对第一磨具33，由一对第一磨具33中的第一砂轮34对单晶硅棒100的第二对侧面进行粗磨加工作业。其中，任一对侧面的粗磨加工作业可例如包括：提供一进给量，驱动一对第一磨具33中的第一砂轮34从上往下运动来研磨单

晶硅棒100的一对侧面；一对第一砂轮34研磨到单晶硅棒100底部之后并穿过单晶硅棒100之后停留于下限位，再增加一进给量，驱动一对第一砂轮34从下往上运动来研磨单晶硅棒100；一对第一砂轮34研磨到单晶硅棒100顶部之后并穿过单晶硅棒100之后停留于上限位，继续增加一进给量，驱动一对第一砂轮34从上往下运动来研磨单晶硅棒100；如此，研磨，增加进给量，反向研磨，增加进给量，反复数次之后，即可将单晶硅棒100的一对侧面研磨至预设的尺寸。

[0111] 滚圆及精磨装置设于机座1上且位于硅棒加工平台的第二作业区，用于对经切圆及粗磨加工作业之后的单晶硅棒100进行滚圆及精磨加工作业。滚圆及精磨装置4具有第二容纳空间，用于接纳通过硅棒转换装置5中的输送本体51输送来的单晶硅棒100。滚圆及精磨装置4主要包括第二机架41和至少一对第二磨具43，至少一对第二磨具43对向设置于第二机架41上，用于对位于第二作业区处的硅棒转换装置5上的单晶硅棒100进行滚圆及精磨加工作业。

[0112] 更进一步地，每一个第二磨具43更包括第二主轴42和第二砂轮44，其中，第二主轴42与第二机架41的安装面设有横向滑动导引机构和纵向滑动导引机构，所述横向滑动导引机构可采用例如滑轨与滑块的组合等，所述纵向滑动导引机构可采用例如滑轨与滑块的组合等。利用横向滑动导引机构，可令第二主轴42或第二砂轮44能相对第二机架41作横向地进退运动，利用纵向滑动导引机构，可令第二主轴42能相对第二机架41作纵向地上下运动。

[0113] 在一实际应用中，至少一对第二磨具43设置于一磨具底座上，所述磨具底座而通过纵向滑动导引机构而可纵向滑动连接于第二机架41，至少一对第二磨具43通过横向滑动导引机构而可横向滑动连接于所述磨具底座，其中，所述磨具底座受控于一升降电机而纵向滑动导引机构纵向滑动于第二机架41，至少一对第二磨具43中的每一个第二磨具43独立受控于一进退电机而横向滑动于所述磨具底座。第二砂轮44设置于第二主轴42的作业端，具有第二粒度的第二磨砂颗粒。相对而言，第二砂轮44中的第二磨砂颗粒的颗粒度是要小于切圆及粗磨装置3中第一砂轮34中的第一磨砂颗粒的颗粒度。因此，滚圆及精磨装置4中的一对第二磨具43为相对设置，两者间留有供容纳单晶硅棒100的第二容纳空间，当单晶硅棒100被输送至所述第二容纳空间中的一对第二砂轮44之间后，第二砂轮44即可接触单晶硅棒100进行相应的加工作业。

[0114] 在实际应用中，先利用硅棒转换装置5将单晶硅棒100转送至硅棒加工平台的第二作业区，由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位并旋转单晶硅棒100，由第二磨具43对单晶硅棒100的连接棱面进行滚圆加工作业。所述滚圆加工作业可例如包括：由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位，使得第二磨具43中的一对第二砂轮44正对于单晶硅棒100的侧面，一对第二砂轮44之间的间距是要小于单晶硅棒100当前的对角间距，这两个间距的差距即为这至少一对第二砂轮44的进给量；单晶硅棒100在所述第二容纳空间中被硅棒定位机构53驱动自转，一对第二砂轮44将所述旋转中的单晶硅棒100截面的一对倒角对应的一对连接棱面磨削成圆弧状，其中，单晶硅棒100在被第二砂轮44接触研磨时转速较慢，单晶硅棒100在其连接棱面被第二砂轮44研磨后通过第二砂轮44后转速较快，并且，单晶硅棒100继续旋转并使得其另一对倒角对应的另一对连接棱面接触第二砂轮44并被第二砂轮44研磨成圆弧状；一对第二砂轮44继续向下，如同前述步骤，对单晶硅棒100的下一段的各个连接棱面进行研磨滚圆，直至研磨滚圆到单晶硅棒100的底部，完成单晶硅棒100的单次连

接棱面研磨滚圆;继续增加一进给量,驱动一对第二砂轮44从下往上运动,由第二砂轮44研磨单晶硅棒100的各个连接棱面;如此,研磨,增加进给量,反向研磨,增加进给量,反复数次之后,即可将单晶硅棒100的连接棱面研磨至预设的尺寸并整体磨圆,即,连接棱面与侧面圆滑过渡。

[0115] 再由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整,使得单晶硅棒100中的一对侧面对应于一对第二磨具43,由第二磨具43对单晶硅棒100的侧面进行精磨加工作业。精磨加工作业可例如为:由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整,使得单晶硅棒100的第一对侧面对应于一对第二磨具43,由一对第二磨具43中的第二砂轮44对单晶硅棒100的第一对侧面进行精磨加工作业;随后,由硅棒定位机构53对单晶硅棒100进行定位调整,使得单晶硅棒100的第二对侧面对应于一对第二磨具43,由一对第二磨具43中的第二砂轮44对单晶硅棒100的第二对侧面进行精磨加工作业。其中,任一对侧面的精磨加工作业可例如包括:提供一进给量,驱动一对第二磨具43中的第二砂轮44从上往下运动来研磨单晶硅棒100的一对侧面;一对第二砂轮44研磨到单晶硅棒100底部之后并穿过单晶硅棒之后停留于下限位,再增加一进给量,驱动一对第二砂轮44从下往上运动来研磨单晶硅棒;一对第二砂轮44研磨到单晶硅棒100顶部之后并穿过单晶硅棒100之后停留于上限位,继续增加一进给量,驱动一对第二砂轮44从上往下运动来研磨单晶硅棒100;如此,研磨,增加进给量,反向研磨,增加进给量,反复数次之后,即可将单晶硅棒100的一对侧面研磨至预设的尺寸。

[0116] 由以上描述可知,在一种可选实施例中,作为滚圆及精磨装置的滚圆及精磨装置4对单晶硅棒100进行的滚圆及精磨加工作业采用的是先连接棱面研磨后侧面研磨的研磨工序,但并不以此为限,在其他变更实施例中,滚圆及精磨装置4对单晶硅棒100进行的滚圆及精磨加工作业也可采用先侧面研磨后连接棱面研磨的研磨工序,应具有相同的技术效果。

[0117] 后续,单晶硅棒100经切圆及粗磨装置3和滚圆及精磨装置4的加工作业后,则由硅棒转换装置5将单晶硅棒100自第二作业区转换至预处理作业区,并再由硅棒装卸装置将经加工后的单晶硅棒100自硅棒加工平台的预处理作业区卸载。当然,在卸载单晶硅棒100之前,如有必要,在预处理作业区,仍可由平整度检测仪对经加工作业之后的单晶硅棒100进行平面平整度检测。利用平整度检测仪,一方面,可通过对单晶硅棒100的平面平整度检测来检验单晶硅棒100经过各个加工作业后是否符合产品要求,以确定各个加工作业的效果;另一方面,通过对单晶硅棒100的平面平整度检测,也能间接获得各个加工装置中加工部件的磨损状况,以利于实时进行校准或修正,甚至维修或更换。

[0118] 本申请单晶硅棒多工位加工机,集合了多个加工装置,可利用硅棒装卸装置能将单晶硅棒快速、平稳且无损伤地进行装卸,利用硅棒转换装置能将单晶硅棒在各个加工装置之间有序且无缝地进行转移并自动化实现单晶硅棒加工的多个工序作业,多个加工装置可同时对相应的单晶硅棒进行相应的加工作业,提高生产效率及产品加工作业的品质。

[0119] 本申请另公开了一种单晶硅棒多工位加工方法,用于对单晶硅棒进行多工位的加工作业。请参阅图7,为本申请单晶硅棒多工位加工方法的在一实施方式中的流程示意图,在所述实施方式中,单晶硅棒多工位加工方法应用于具有切圆及粗磨装置的单晶硅棒多工加工机中。如图7所示,本申请单晶硅棒多工位加工方法包括以下步骤:

[0120] 步骤S11,将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区。

[0121] 步骤S13,令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切

圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业。

[0122] 请参阅图8，其为图7在一可选实施例中的细化流程示意图。如图8所示，步骤S13可进一步包括：步骤S13A，令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业。步骤S13B，令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业。

[0123] 请参阅图9，其为图7在另一可选实施例中的细化流程示意图。如图9所示，步骤S13可进一步包括：步骤S13a，令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业。步骤S13b，令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业。

[0124] 上述令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业包括：令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行至少三次粗切作业。更进一步地，令所述切圆及粗磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面中的其中一对连接棱面进行至少三次粗切作业包括以下步骤：令单晶硅棒中的一对连接棱面转动至初始粗切位置以对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具；令第一磨具对单晶硅棒中的一对连接棱面进行第一次粗切作业；令单晶硅棒相对初始粗切位置正向转动第一偏转角度，令第一磨具对所述第一对连接棱面进行第二次粗切作业；令单晶硅棒相对初始粗切位置逆向转动第二偏转角度，令所述第一磨具对单晶硅棒中的一对连接棱面进行第三次粗切作业。可选地，所述第一偏转角度的范围为3°至7°，所述第二偏转角度的范围为3°至7°。

[0125] 上述令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对侧面中的一对侧面进行粗磨作业包括以下步骤：令单晶硅棒中的一对侧面转动至初始粗磨位置以对应于一对第一磨具；令所述第一磨具对所述一对侧面进行粗磨作业。

[0126] 当单晶硅棒多工加工机还包括有滚圆及精磨装置的情形下，本申请单晶硅棒多工位加工方法还用于对单晶硅棒进行滚圆及精磨作业。请参阅图10，为本申请单晶硅棒多工位加工方法的在另一实施方式中的流程示意图。如图10所示，本申请单晶硅棒多工位加工方法包括以下步骤：

[0127] 步骤S11，将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区。

[0128] 步骤S13，令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业。

[0129] 步骤S15，将待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区。

[0130] 步骤S17，令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业以及对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业。

[0131] 请参阅图11，其为图10在一可选实施例中的细化流程示意图。如图12所示，步骤S17可进一步包括：步骤S17A，令滚圆及精磨装置对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业。步骤S17B，令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业。

[0132] 请参阅图12，其为图10在另一可选实施例中的细化流程示意图。如图9所示，步骤S13可进一步包括：步骤S17a，令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业。步骤S17b，令滚圆及精磨装置对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业。

[0133] 上述令滚圆及精磨装置对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业包括以下步骤：调整所述滚圆及精磨装置中的一对第二磨具的研磨间距；旋转单晶硅棒，令第二磨具对所述单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业。

[0134] 上述令所述滚圆及精磨装置对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面中的一对侧

面进行精磨作业包括以下步骤:令单晶硅棒中的一对侧面转动至初始精磨位置以对应于一对第二磨具;令第二磨具对单晶硅棒中的一对侧面进行精磨作业。

[0135] 请参阅图13,为本申请单晶硅棒多工位加工方法的在又一实施方式中的流程示意图。如图13所示,本申请单晶硅棒多工位加工方法包括以下步骤:

[0136] 步骤S10,对所述待加工的单晶硅棒进行纠偏作业。

[0137] 步骤S11,将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区。

[0138] 步骤S13,令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业。

[0139] 步骤S15,将待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区。

[0140] 步骤S17,令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业以及对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业。

[0141] 本申请单晶硅棒多工位加工方法,可对单晶硅棒进行包括切圆及粗磨作业的多工位加工作业,可提高单晶硅棒加工作业的品质。

[0142] 另外,本申请单晶硅棒多工位加工方法,可利用硅棒装卸装置能将硅棒快速、平稳且无损伤地进行装卸,利用硅棒转换装置能将硅棒在各个加工装置之间有序且无缝地进行转移并自动化实现硅棒加工的多个工序作业,多个加工装置可同时对相应的硅棒进行相应的加工作业,提高生产效率及产品加工作业的品质。

[0143] 以下结合图14至图28,对本申请单晶硅棒多工位加工机在某些实例中执行硅棒多工位加工作业进行详细描述。在以下实例中,待加工的单晶硅棒为截面大致呈类矩形的硅方体,具有四个侧面,相邻两个侧面之间形成有呈R角的连接棱面;待加工的多晶硅棒为截面呈矩形的硅方体,具有四个侧面及四个棱角。所采用的单晶硅棒多工位加工机包括有硅棒加工平台、硅棒装卸装置、切圆及粗磨装置、滚圆及精磨装置、以及硅棒转换装置,当然,单晶硅棒多工位加工机还可包括高度检测仪、平整度检测仪等。另外,硅棒加工平台上设有预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区,预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区根据硅棒加工作业的工序而顺序设置,与之对应地,硅棒转换装置也设有三个硅棒定位机构,其中,预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区两两之间呈120°分布,因此,三个硅棒定位机构两两之间也呈120°分布。在这里,假设依照预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区的顺序的走向为正向,与所述正向相反的顺序的走向为逆向。

[0144] 步骤1,将待加工的第一硅棒放置于硅棒装卸装置的工件承载台上。在本实施例中,第一单晶硅棒101是竖立放置于硅棒承载台21上的,将第一单晶硅棒101放置于硅棒装卸区位中的硅棒承载台21的操作可采用人工作业也可采用相应的治具来实施,所述治具可例如为硅棒转移治具。另外,必要时,可通过转动硅棒承载台21来调整硅棒承载台21上的第一单晶硅棒101的角度,所述角度可例如为45°放置,即,第一单晶硅棒101的两条对角线分别对应于侧移方向(X轴方向)和平移方向(Y轴方向)。实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图14,图14显示为硅棒被竖立放置于硅棒承载台上的状态示意图。

[0145] 步骤2,将待加工的第一硅棒装载于硅棒加工平台的预处理作业区。在本实施例中,将待加工的第一单晶硅棒101装载于硅棒加工平台11的预处理作业区是通过硅棒装卸装置2中的硅棒夹具25实施的。具体地,首先,确保硅棒装卸装置2中的硅棒夹具25对应于硅棒装卸区位,例如,可通过驱动换向载具23作换向运动,使得换向载具23的硅棒夹具25转换

至硅棒装卸区位;随后,驱动硅棒夹持件253中的夹臂254作下放动作以由松开状态转入夹合状态并得以夹持住第一单晶硅棒101,实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图15,图15显示为硅棒被硅棒夹具夹持的状态示意图;接着,将第一单晶硅棒101脱离于硅棒装卸区位。该脱离操作,在一种可选实施例中,硅棒夹持件253保持夹合状态,利用硅棒装卸区位中的硅棒承载台21作下降运动,使得第一单晶硅棒101脱离于硅棒承载台21;在另一种可选实施例中,通过驱动硅棒夹持件253的上升运动(硅棒夹持件253为活动式设计)以带动第一单晶硅棒101脱离于硅棒承载台21;接着,驱动换向载具23作换向运动(例如转动180°),使得换向载具23上的硅棒夹具25由硅棒装卸区位转换至预处理作业区;接着,将第一单晶硅棒101放置于处于预处理作业区处的第一硅棒定位机构53的旋转承载台531上,并由第一硅棒定位机构53的旋转压紧装置533通过升降驱动装置作下降运动以压紧第一单晶硅棒101实现定位,实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图16,图16显示为硅棒被换向载具放置于预处理作业区的状态示意图。

[0146] 需说明的是,在一种可选实施例中,在利用硅棒夹具25夹持第一硅棒之前,还可利用高度检测仪7检测第一单晶硅棒101的高度,这样,硅棒夹具25中的硅棒夹持件253可根据高度检测仪7的检测结果在后续进行向上移动或向下移动以调整多个硅棒夹持件253之间的夹持间距,实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图17,图17显示为高度检测仪检测位于装卸承载台上硅棒高度的状态示意图。

[0147] 步骤3,对预处理作业区处的第一硅棒进行平面平整度检测。实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图18和图19,显示为平整度检测仪检测硅棒平面平整度的状态示意图。

[0148] 在本实施例中,对预处理作业区处的第一单晶硅棒101进行平面平整度检测是通过平整度检测仪实施的。具体地,驱动换向载具23作换向运动(例如转动180°),使得换向载具23上的平整度检测仪由硅棒装卸区位转换至预处理作业区,其中,硅棒夹具25和平整度检测仪分别配置于换向载具23中背向设置的第一安装面和第二安装面,在此阶段,必要时,通过驱动第一硅棒定位机构53的旋转压紧装置533作旋转运动以调整第一单晶硅棒101的角度,例如带动第一单晶硅棒101转动45°,使得第一单晶硅棒101由原先两条对角线分别对应于侧移方向(X轴方向)和平移方向(Y轴方向)而调整为相邻的两个侧面分别对应于侧移方向和平移方向,即,其中的一个侧面正对于换向载具23上的平整度检测仪;接着,利用平整度检测仪对第一单晶硅棒101的四个侧面进行平面平整度检测,其中任一个侧面的平面平整度检测更包括:由检测控制器控制检测仪移位机构带动接触式检测仪61移位并控制接触式检测仪61依序检测第一单晶硅棒101中当前的待测侧面上的各个检测点。

[0149] 具体地,一方面,针对任一个待测面中每一个检测点的检测,均包括:由检测控制器控制检测仪移位机构(包括第一方向移位机构、第二方向移位机构、以及第三方向移位机构)带动接触式检测仪在移动平面内移位以使得接触式检测仪对应于待测的当前检测点;由检测控制器控制检测仪移位机构(主要是第二方向移位机构)带动接触式检测仪面朝待测的当前检测点移动直至接触到硅棒,此时,检测控制器会收到来自接触式检测仪发送过来的导通信号(或断开信号)并根据所述导通信号(或断开信号)暂停检测控制器控制检测仪移位机构的运行,并通过基准点信息及检测仪移位机构(主要是第二方向移位机构)在第二方向上的移动距离来推算出接触式检测仪当前所接触到的待测面中的检测点相对于基

准点的相对距离;由检测控制器控制检测仪移位机构带动接触式检测仪背离待测的当前检测点移动以复位,完成一个检测点的检测。

[0150] 另一方面,针对待测面上的多个检测点的检测,势必需要在检测点之间进行位置切换,因此,在完成上一个检测点的检测之后,待将接触式检测仪通过检测仪移位机构复位之后再通过检测仪移位机构移位至下一个检测点的位置,其中,同属于一个待测侧面的多个检测点可采用规则的点阵方式排列。还需说明的是,当完成第一单晶硅棒101的一个侧面的平整度检测之后,还需要切换至下一个侧面进行平整度检测。侧面的切换可通过转移第一单晶硅棒101来实现,例如,在工件装载结构中,可通过驱动第一硅棒定位机构53的旋转压紧装置533作旋转运动以调整第一单晶硅棒101的角度(例如带动第一单晶硅棒101转动90°)而切换至邻近的下一个侧面。

[0151] 额外地,在步骤3中,除了利用平整度检测仪7对预处理作业区处的第一单晶硅棒101进行平面平整度检测之外,还可通过平整度检测仪7和硅棒夹具25的配合来对第一单晶硅棒101进行纠偏作业。

[0152] 在本实施例中,在所述纠偏作业中,一般地,主要地是将第一单晶硅棒101的中心与旋转承载台531的中心对应重合。所述纠偏作业的具体操作可包括:由平整度检测仪7对旋转承载台531上承载的第一单晶硅棒101进行平面平整度检测,从而获得第一单晶硅棒101的整体位置概况;将获得的第一单晶硅棒101的整体位置概况与旋转承载台531的位置进行比对分析,进而获得第一单晶硅棒101的中心与旋转承载台531的中心之间的偏差信息;换向载具23转动180°作换向运动,由换向载具23上的硅棒夹具25对应于旋转承载台531上的第一单晶硅棒101并夹持住第一单晶硅棒101;利用检测控制器控制检测仪移位机构中的第一方向移位机构和/或第二方向移位机构驱动换向载具23在第一方向上和/或第二方向上移动,从而带动硅棒夹具25及由硅棒夹具25夹持的第一单晶硅棒101相对旋转承载台531作位置调整,最终得以将第一单晶硅棒101的中心与旋转承载台531的中心对应重合,完成针对第一单晶硅棒101的纠偏作业。

[0153] 另外,针对不同型态的硅棒,所述纠偏作业存在细节上的差异。

[0154] 以单晶硅棒为例,请参阅图20,显示为对单晶硅棒进行纠偏作业的示意图。如图20所示,待加工的单晶硅棒为截面大致呈类矩形的硅方体,具有四个侧面,相邻两个侧面之间形成有呈R角的连接棱面。因此,针对单晶硅棒的纠偏作业可具体包括:由平整度检测仪对旋转承载台上承载的单晶硅棒的四个侧面进行平面平整度检测,从而获得由四个侧面所构成的单晶硅棒侧面的中心0_1;由平整度检测仪对旋转承载台上承载的单晶硅棒的四个连接棱面进行平面平整度检测,从而获得由四个连接棱面所构成的单晶硅棒连接棱面的中心0_2;计算得出单晶硅棒经多工位加工之后的单晶硅棒成品的尺寸;根据单晶硅棒成品的尺寸、单晶硅棒侧面的中心0_1、单晶硅棒连接棱面的中心0_2,推算出单晶硅棒成品的中心0_3;将获得的单晶硅棒成品的中心0_3与旋转承载台的中心0进行比对分析,进而两者的偏差信息;换向载具作换向运动,由换向载具上的硅棒夹具对应于旋转承载台上的单晶硅棒并夹持住单晶硅棒,利用检测控制器控制检测仪移位机构中的第一方向移位机构和/或第二方向移位机构驱动换向载具在第一方向上和/或第二方向上移动,从而带动硅棒夹具及由硅棒夹具夹持的单晶硅棒相对旋转承载台作位置调整,最终得以将单晶硅棒成品的中心0_3与旋转承载台的中心0对应重合,完成针对单晶硅棒的纠偏作业。

[0155] 步骤4，将完成平面平整度检测的第一硅棒由预处理作业区由预处理作业区转换至第一作业区并对第一作业区上的第一硅棒进行切圆及粗磨作业，在此阶段，将待加工的第二硅棒装载于预处理作业区并进行预处理。实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图21，显示为对第一硅棒进行切圆及粗磨作业及第二硅棒进行装载的状态示意图。

[0156] 在本实施例中，将完成平面平整度检测的第一硅棒由预处理作业区由预处理作业区转换至第一作业区是通过令硅棒转换装置转动第一预设角度实施完成的，如前所述，预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区两两之间呈120°分布，三个硅棒定位机构53两两之间也呈120°分布，因此，令硅棒转换装置5转动第一预设角度实际上就是令硅棒转换装置5正向转动120°，原先位于预处理作业区上的第一硅棒定位机构53及其定位的第一单晶硅棒101就转换至第一作业区上了。

[0157] 对第一作业区上的第一单晶硅棒101进行切圆及粗磨作业则是由切圆及粗磨装置3实施的。在第一单晶硅棒101为单晶硅棒的情形下，切圆及粗磨装置3为切圆及粗磨装置。由切圆及粗磨装置对单晶硅棒进行切圆及粗磨加工作业可大致包括：切圆加工作业和粗磨加工作业。

[0158] 切圆加工作业进一步包括：先利用硅棒转换装置5将第一单晶硅棒101转送至第一作业区，由第一硅棒定位机构53对第一单晶硅棒101进行定位调整；初始地，在硅棒转换装置5将第一单晶硅棒101转送至第一作业区时，第一单晶硅棒101的侧面是对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具33，因此，由第一硅棒定位机构53对第一单晶硅棒101进行定位调整可例如包括带动第一单晶硅棒101正向(或逆向)转动45°，使得第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面到达初始粗切位置并对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具33，令第一磨具33相对第一机架31根据进给量作横向进给，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面进行第一次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面进行第二次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动80°，使得第一单晶硅棒101中的第二对连接棱面对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具33，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对连接棱面进行第一次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，此时第一单晶硅棒101的第二对连接棱面到达初始粗切位置并对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具33，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对连接棱面进行第二次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对连接棱面进行第三次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动80°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面进行第三次粗切。作为第一单晶硅棒101的单晶硅棒实施上述切圆加工作业的状态具体可参见图22，图22显示为单晶硅棒在切圆加工作业中的状态变化示意图。

[0159] 需要特别说明的是，前述切圆加工作业中，由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101转动相应角度，例如：第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，并非

为唯一的实现方式，在其他可选实施例中，可适应调整角度，例如为3°至7°，包括3°、4°、5°、6°、7°或其他角度，相应地，由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动80°的情况则适应性调整角度。请参阅下表一，表一显示为转动角度在3°至7°范围内各个数值的示例情况。

[0160] 表一

[0161]

	第一对连接棱面的第一次粗切	第一对连接棱面的第二次粗切	第二对连接棱面的第一次粗切	第二对连接棱面的第二次粗切	第二对连接棱面的第三次粗切	第一对连接棱面的第三次粗切
1	转动 45°	正向转动 3°	正向转动 84°	正向转动 3°	正向转动 3°	正向转动 84°
2	转动 45°	正向转动 4°	正向转动 82°	正向转动 4°	正向转动 4°	正向转动 82°
3	转动 45°	正向转动 5°	正向转动 80°	正向转动 5°	正向转动 5°	正向转动 80°
4	转动 45°	正向转动 6°	正向转动 78°	正向转动 6°	正向转动 6°	正向转动 78°
5	转动 45°	正向转动 7°	正向转动 76°	正向转动 7°	正向转动 7°	正向转动 76°

[0162] 上述切圆加工作业过程仅为切圆加工作业中的一实施例，但并不以此为限，例如：先利用硅棒转换装置5将第一单晶硅棒101转送至第一作业区，由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动40°，使得第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具33，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面进行第一次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面进行第二次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对连接棱面进行第三次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动80°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对连接棱面进行第一次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对连接棱面进行第二次粗切；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向转动5°，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对连接棱面进行第三次粗切。

[0163] 粗磨加工作业进一步包括：先利用硅棒转换装置5将第一单晶硅棒101转送至第一作业区，由第一硅棒定位机构53对第一单晶硅棒101进行定位调整，使得第一单晶硅棒101中的第一对侧面到达初始粗磨位置并对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具33，令第一磨具33相对第一机架31根据进给量作横向进给，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对侧面进行粗磨；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向(或逆向)转动90°，使得第一单晶硅棒101中的第二对侧面到达初始粗磨位置并对应于切圆及粗磨装置中的一对第一磨具33，旋转第一磨具33中的第一砂轮34并驱动第一磨具33上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对侧面进行粗磨。作为第一单晶硅棒101的单晶硅棒实施上述粗磨加工作业的状态具体可参见图23，图23显示为单晶硅棒在粗磨加工作业中的状态变化示意图。

[0164] 在步骤4中，将待加工的第二硅棒装载于预处理作业区并进行预处理的实施过程可参照前述步骤2和步骤3中的描述，在此不再赘述。

[0165] 步骤5，将完成切圆及粗磨作业的第一硅棒由第一作业区转换至第二作业区以及将完成预处理的第二硅棒由预处理作业区转换至第一作业区；对第二作业区上的第一硅棒进行滚圆及精磨作业，在此阶段，令对第一作业区上的第二硅棒进行切圆及粗磨作业以及将待加工的第三硅棒装载于预处理作业区并进行预处理。实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图24，图24显示本申请的单晶硅棒多工位加工机同时对三个硅棒进行加工作业的状态示意图。

[0166] 在本实施例中，将完成切圆及粗磨作业的第一单晶硅棒101由第一作业区转换至第二作业区以及将完成预处理的第二单晶硅棒102由预处理作业区转换至第一作业区是通过令硅棒转换装置5转动第二预设角度实施完成的，如前所述，预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区两两之间呈120°分布，三个硅棒定位机构53两两之间也呈120°分布，因此，令硅棒转换装置5转动第二预设角度实际上就是令硅棒转换装置5正向转动120°，原先位于第一作业区上的第一硅棒定位机构53及其定位的第一单晶硅棒101就转换至第二作业区上以及原先位于预处理作业区上的第二硅棒定位机构53及其定位的第二单晶硅棒102就转换至第一作业区上了。

[0167] 对第二作业区上的第一单晶硅棒101进行滚圆及精磨作业则是由滚圆及精磨装置4实施的。在第一单晶硅棒101为单晶硅棒的情形下，滚圆及精磨装置4为滚圆及精磨装置。由滚圆及精磨装置对单晶硅棒进行滚圆及精磨加工作业可大致包括：滚圆加工作业和精磨加工作业。滚圆加工作业进一步包括：利用硅棒转换装置5将作为单晶硅棒的第一单晶硅棒101转送至硅棒加工平台的第二作业区，由第一硅棒定位机构53对第一单晶硅棒101进行定位并旋转第一单晶硅棒101，令第二磨具43相对第二机架41根据进给量作横向进给，旋转第二磨具43中的第二砂轮44并驱动第二磨具43上下运动以对第一单晶硅棒101的各个连接棱面进行研磨滚圆，使得第一单晶硅棒101的连接棱面研磨至预设的尺寸并整体磨圆，即，连接棱面与侧面圆滑过渡。作为第一单晶硅棒101的单晶硅棒实施上述滚圆加工作业的状态具体可参见图25，图25显示为单晶硅棒在滚圆加工作业中的状态示意图。

[0168] 精磨加工作业进一步包括：由第一硅棒定位机构53对第一单晶硅棒101进行定位调整，使得第一单晶硅棒101中的第一对侧面到达初始精磨位置并对应于滚圆及精磨装置4中的一对第二磨具43，令第二磨具43相对第二机架41根据进给量作横向进给，旋转第二磨具43中的第二砂轮44并驱动第二磨具43上下运动以对第一单晶硅棒101中的第一对侧面进行精磨；由第一硅棒定位机构53带动第一单晶硅棒101正向(或逆向)转动90°，使得第一单晶硅棒101中的第二对侧面到达初始精磨位置并对应于滚圆及精磨装置4中的一对第二磨具43，旋转第二磨具43中的第二砂轮44并驱动第二磨具43上下运动以对第一单晶硅棒101中的第二对侧面进行精磨。作为第一单晶硅棒101的单晶硅棒实施上述精磨加工作业的状态具体可参见图26，图26显示为单晶硅棒在精磨加工作业中的状态示意图。

[0169] 在步骤5中，将完成平面平整度检测的第二硅棒由预处理作业区由预处理作业区转换至第一作业区并对第一作业区上的第二单晶硅棒102进行切圆及粗磨作业的实施过程可参照前述步骤4的描述，而将待加工的第三硅棒装载于预处理作业区并进行预处理的实施可参照前述步骤2和步骤3的描述，在此不再赘述。

[0170] 步骤6，将完成滚圆及精磨作业的第一硅棒由第二作业区转换至预处理作业区以及将完成切圆及粗磨作业的第二硅棒由第一作业区转换至第二作业区和将完成预处理的第三硅棒由预处理作业区转换至第一作业区；将预处理作业区上的第一硅棒进行卸载以及将待加工的第四硅棒装载于预处理作业区并对位于所述预处理作业区处的第四硅棒进行预处理，在此阶段，对第二作业区上的第二硅棒进行滚圆及精磨作业以及对第一作业区上的第三硅棒进行切圆及粗磨作业。实施上述操作后单晶硅棒多工位加工机的状态具体可参见图27，图27显示为完成加工作业的硅棒卸料的状态示意图。

[0171] 在本实施例中，将完成滚圆及精磨作业的第一单晶硅棒101由第二作业区转换至预处理作业区以及将完成切圆及粗磨作业的第二硅棒由第一作业区转换至第二作业区和将完成预处理的第三硅棒由预处理作业区转换至第一作业区是通过令硅棒转换装置5转动第三预设角度实施完成的，如前所述，预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区两两之间呈120°分布，三个硅棒定位机构53两两之间也呈120°分布，因此，令硅棒转换装置5转动第三预设角度实际上是令硅棒转换装置5逆向转动240°或者令硅棒转换装置5正向转动120°即可实现，原先位于第二作业区上的第一硅棒定位机构53及其定位的第一单晶硅棒101就转换至预处理作业区上、原先位于第一作业区上的第二硅棒定位机构53及其定位的第二单晶硅棒102就转换至第二作业区上、以及原先位于预处理作业区上的第三硅棒定位机构53及其定位的第三单晶硅棒103就转换至第一作业区上了。

[0172] 特别地，针对硅棒转换装置5旋转设置于硅棒加工平台上，用于将硅棒在预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区之间转换，有必要进行详细说明。

[0173] 请参阅图28，显示为本申请单晶硅棒多工位加工机为三工位加工作业中的状态示意图。如图28所示，在该实施例中，所述硅棒加工平台上的预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区依序设置，其中，预处理作业区处对应设有硅棒装卸装置，第一作业区对应设有切圆及粗磨装置，第二作业区对应设有滚圆及精磨装置，且，预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区两两之间呈120°分布，与之对应地，为圆形或圆环形的输送本体上的三个硅棒定位机构两两之间也呈120°分布。

[0174] 在这里，假设依照预处理作业区、第一作业区、以及第二作业区的顺序的走向为正向，与所述正向相反的顺序的走向为逆向。相应地，执行硅棒多工位加工的过程可大致包括：在初始状况下，令硅棒装卸装置2将待加工的第一单晶硅棒101装载于硅棒加工平台的预处理作业区，并对位于所述预处理作业区处的第一单晶硅棒101进行预处理；令硅棒转换装置5正向转动120°以将完成预处理的第一单晶硅棒101由预处理作业区转换至第一作业区，令切圆及粗磨装置3对第一作业区上的第一单晶硅棒101进行切圆及粗磨作业，在此阶段，令硅棒装卸装置2将待加工的第二单晶硅棒102装载于预处理作业区并进行预处理；令硅棒转换装置5正向转动120°以将完成切圆及粗磨作业的第一单晶硅棒101由第一作业区转换至第二作业区以及将完成预处理的第二单晶硅棒102由预处理作业区转换至第一作业区，令滚圆及精磨装置4对第二作业区上的第一单晶硅棒101进行滚圆及精磨作业，在此阶段，令切圆及粗磨装置3对第一作业区上的第二单晶硅棒102进行切圆及粗磨作业以及令硅棒装卸装置5将待加工的第三单晶硅棒103装载于预处理作业区并进行预处理；令硅棒转换装置5正向转动120°或逆向转动240°以将完成滚圆及精磨作业的第一单晶硅棒101由第二作业区转换至预处理作业区以及将完成切圆及粗磨作业的第二单晶硅棒102由第一作业区

转换至第二作业区、以及将完成预处理的第三单晶硅棒103由预处理作业区转换至第一作业区，将预处理作业区上的第一单晶硅棒101进行卸载。

[0175] 考虑到所述单晶硅棒多工位加工机中布设的电源线或信号线等线缆不会因硅棒转换装置的过度旋转而带动该些线缆过度缠绕进而造成该些线缆绕断。在具体实施方式中，本申请提供的技术方案考虑对所述硅棒转换装置的最大旋转角度进行限制，即在令硅棒转换装置将第一单晶硅棒101由第二作业区转换至预处理作业区的过程中，可以包括以下两种情况：

[0176] 第一种情况为，硅棒转换装置5的旋转角度范围为±240°，具体是指使硅棒转换装置5通过两次的正向转动120°和一次的逆向转动240°之后回到原位，将完成滚圆及精磨作业的第一单晶硅棒101由第二作业区转换至预处理作业区。该种情况带来的有益效果还包括，可为整个单晶硅棒多工位加工机的内部结构设计提供了更为灵活的设计空间，比如，可以考虑在第二加工区至预处理区之间设置其他构件而无需考虑阻碍硅棒转换装置旋转的情况。

[0177] 第二种情况为，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为±360°，使硅棒转换装置5在旋转一周360°后将完成滚圆及精磨作业的第一单晶硅棒101由第二作业区转换至预处理作业区，然后，再逆向360°旋转一周释放正向旋转过程中缠绕的线缆。

[0178] 总之，上述两种转动方式可达成基本相同的效果，但硅棒转换装置的设置仍并以此为限，只要能使得进行加工作业的硅棒能顺畅、平稳且高效率地完成各项加工作业，那么硅棒转换装置的转换方式(例如转动方向及转动角度等)可作其他的变化。

[0179] 当然，如果不考虑上述的线缆过度缠绕的风险或在第二加工区至预处理区之间设置其他构件的问题，所述硅棒转换装置也可继续采用这种单向无限旋转方式。

[0180] 由于执行硅棒的装卸、平面平整度检测、切圆及粗磨作业、滚圆及精磨作业在前述均已有描述，不在此不再赘述。

[0181] 通过上述各个步骤，可以看到各个加工工位上的加工装置各司其职，各个加工装置之间有序且无缝地进行转移并自动化实现硅棒加工的多个工序作业，形成流水线作业，提高生产效率及产品加工作业的品质。

[0182] 上述实施例仅例示性说明本申请的原理及其功效，而非用于限制本申请。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本申请的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本申请所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本申请的权利要求所涵盖。

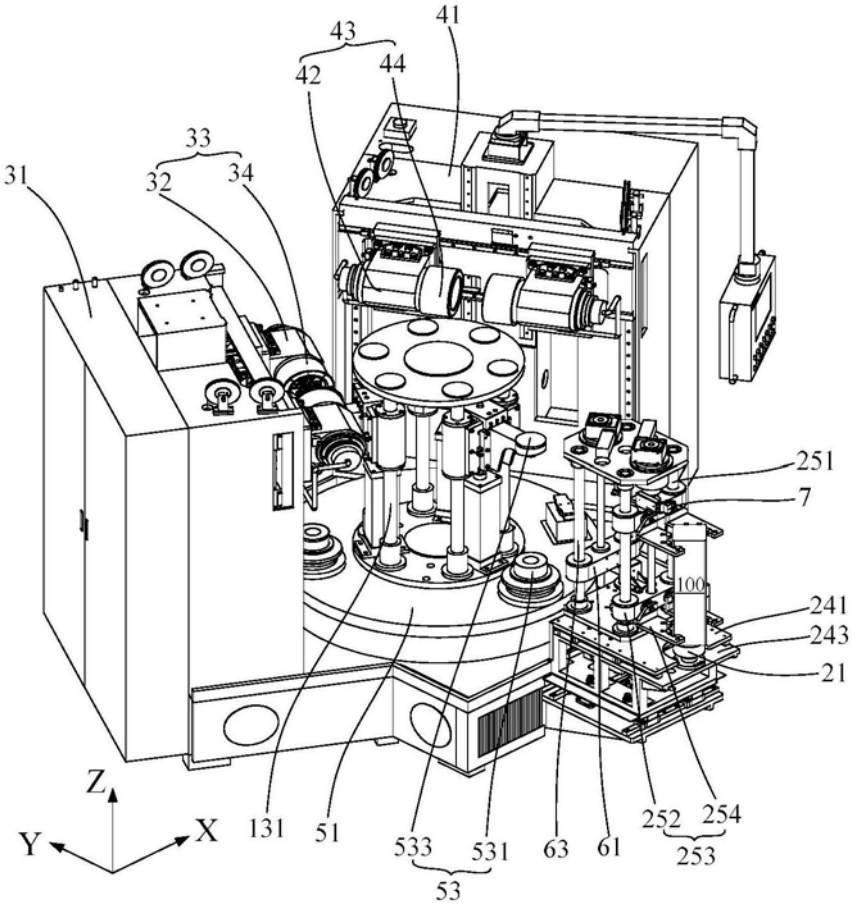

41
43
42
44
33
31
32
34
251
7
100
241
243
21
Z
Y
X
131
51
533
531
63
61
252
254
253
53

图1

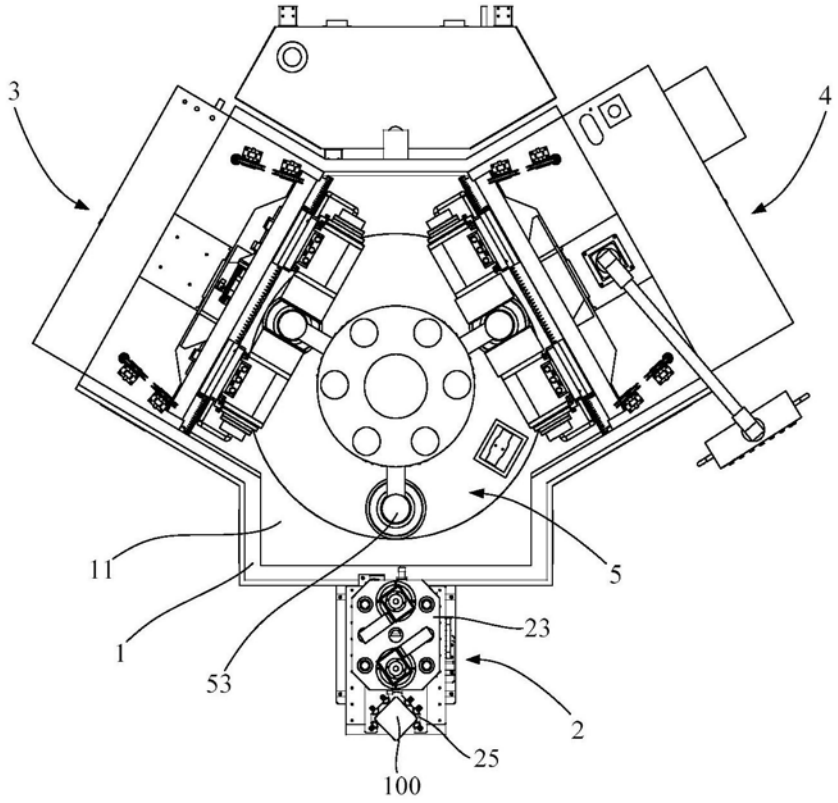


图2

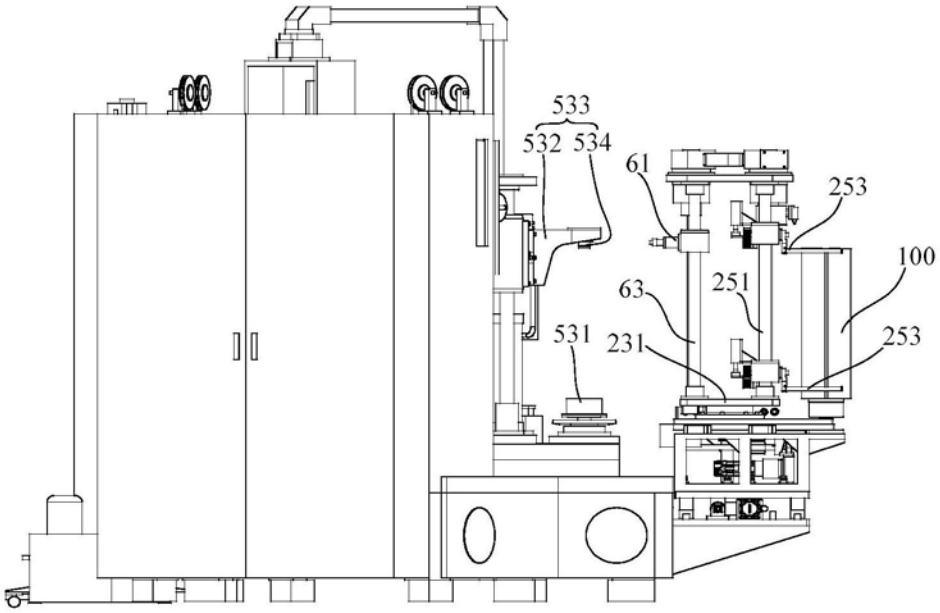


图3

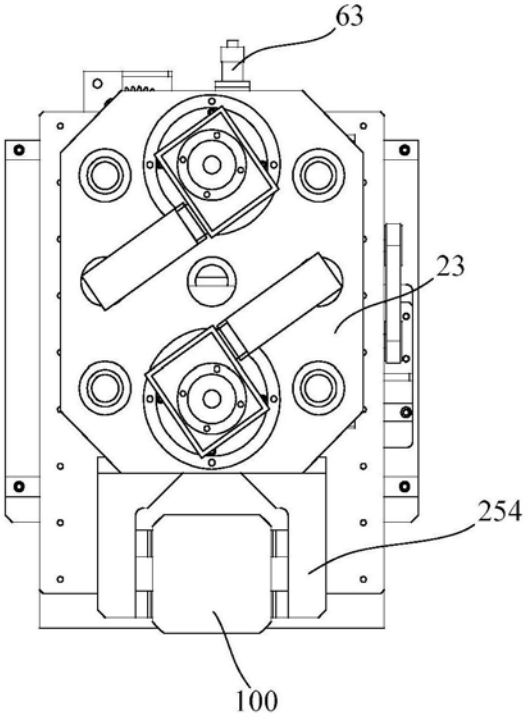


图4

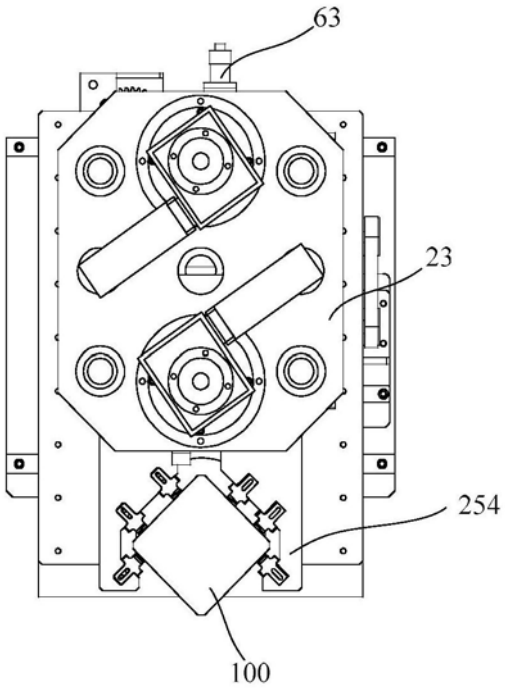


图5

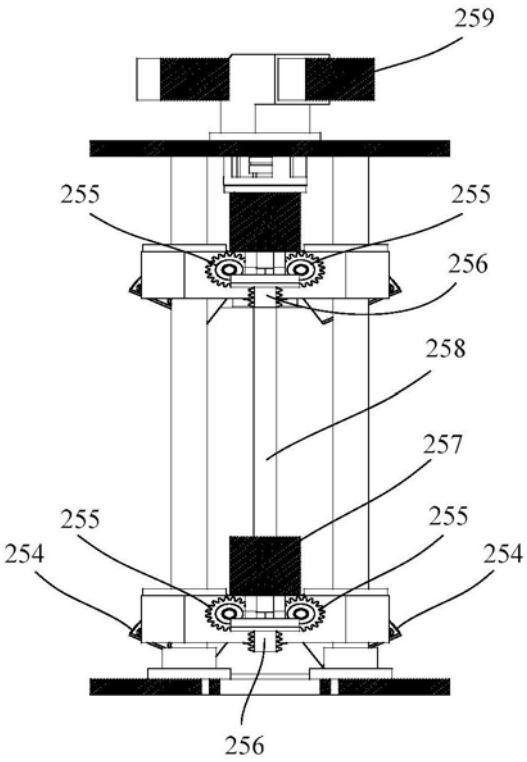

259
255
255
256
258
257
255
255
254
254
256

图6


将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区
S11
令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业
S13

图7

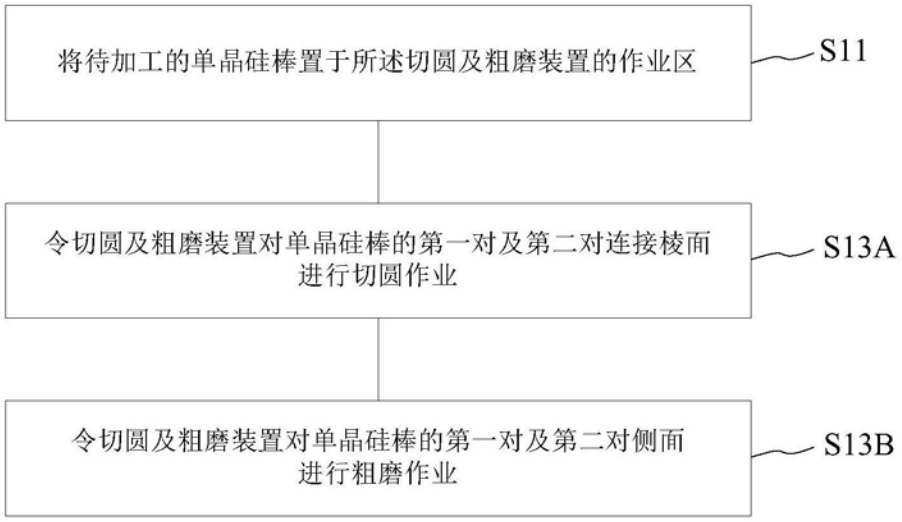

将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区
S11
令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业
S13A
令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业
S13B

图8

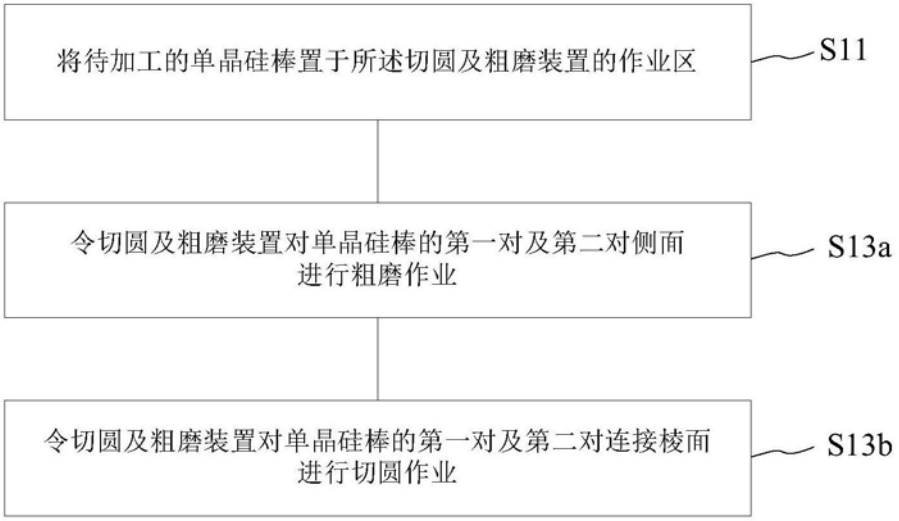

将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区
S11
令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业
S13a
令切圆及粗磨装置对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业
S13b

图9

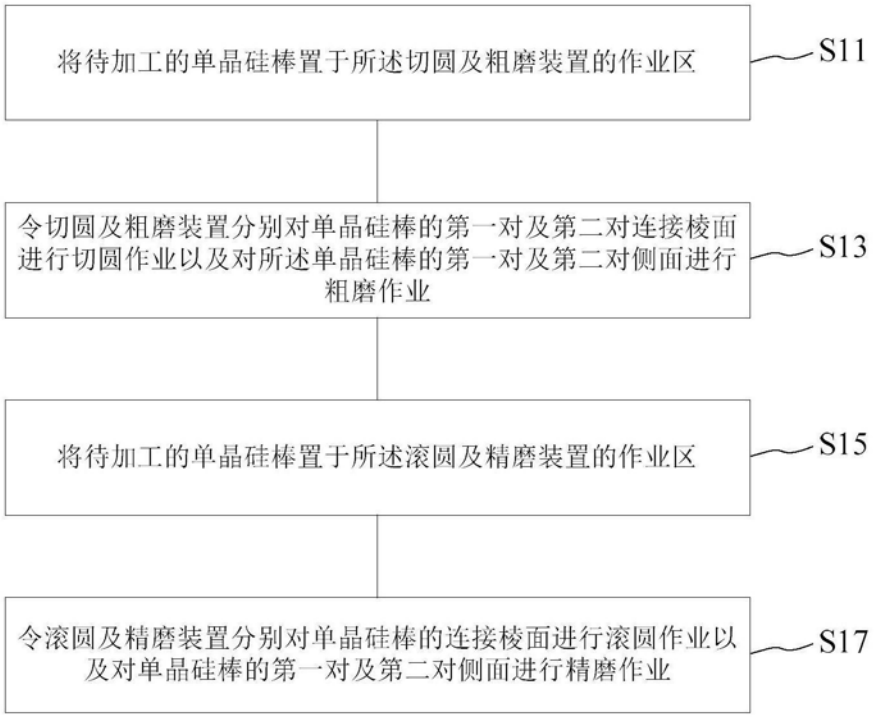

将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区
S11
令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业
S13
将待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区
S15
令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业以及对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业
S17

图10

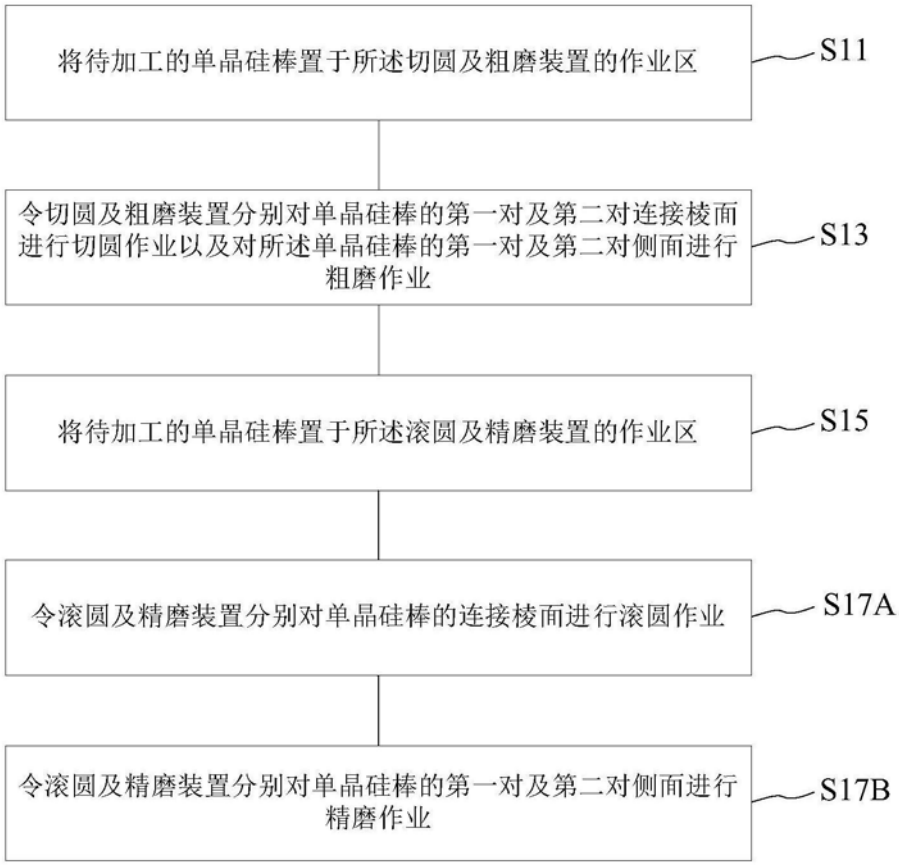

将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区
S11
令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业
S13
将待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区
S15
令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业
S17A
令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业
S17B

图11

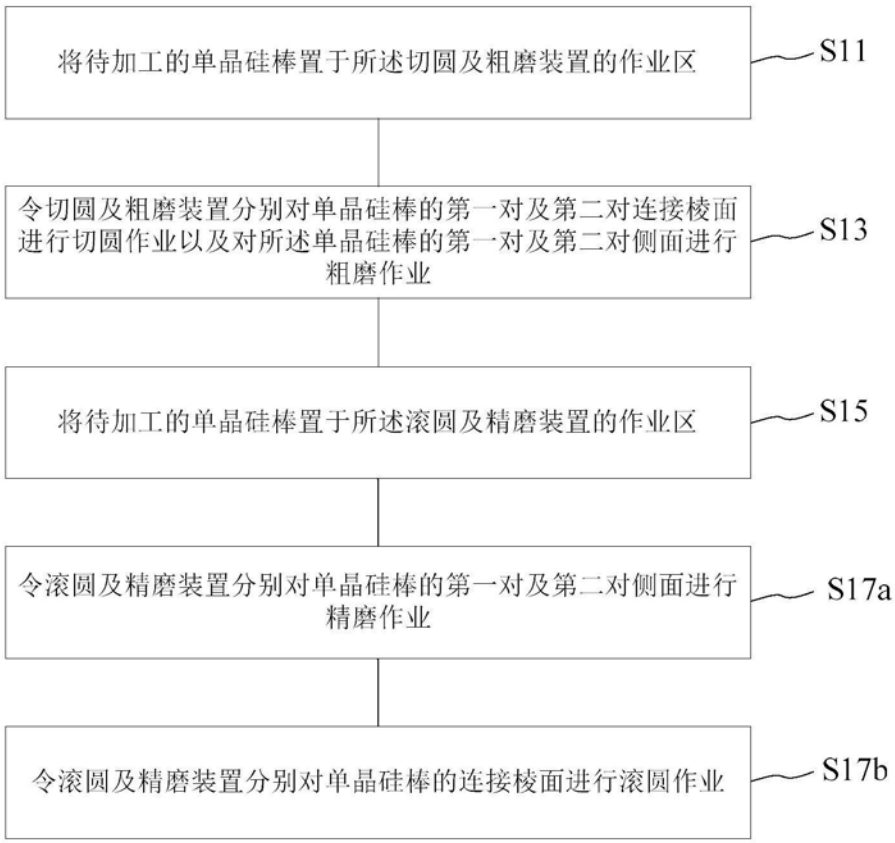

将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区
S11
令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业
S13
将待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区
S15
令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业
S17a
令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业
S17b

图12

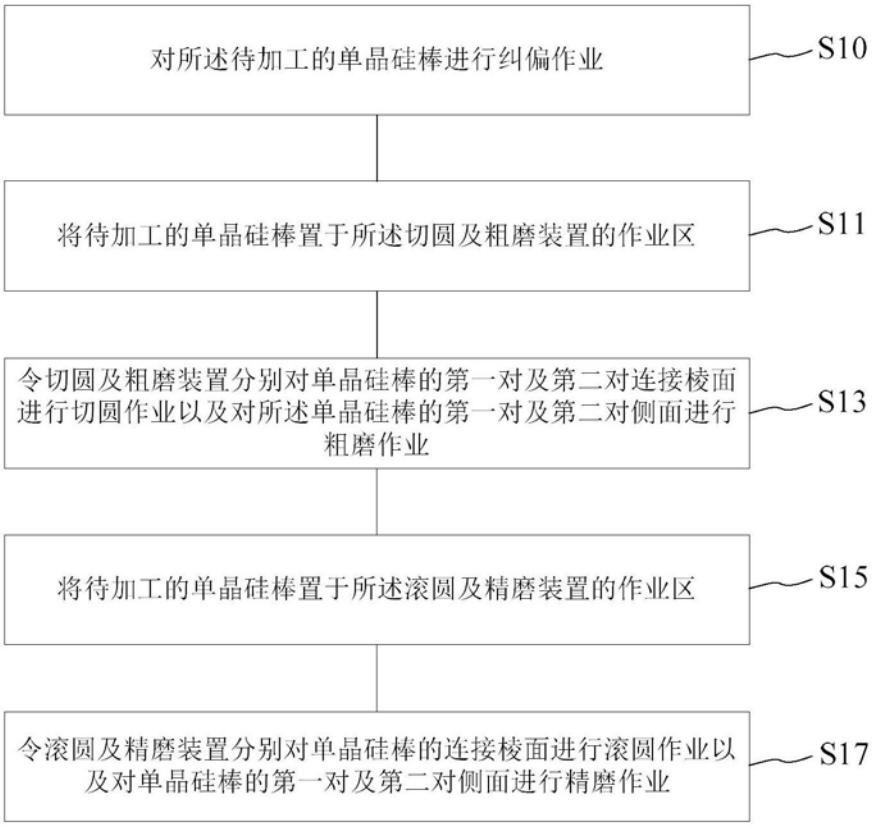

对所述待加工的单晶硅棒进行纠偏作业
S10
将待加工的单晶硅棒置于所述切圆及粗磨装置的作业区
S11
令切圆及粗磨装置分别对单晶硅棒的第一对及第二对连接棱面进行切圆作业以及对所述单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行粗磨作业
S13
将待加工的单晶硅棒置于所述滚圆及精磨装置的作业区
S15
令滚圆及精磨装置分别对单晶硅棒的连接棱面进行滚圆作业以及对单晶硅棒的第一对及第二对侧面进行精磨作业
S17

图13

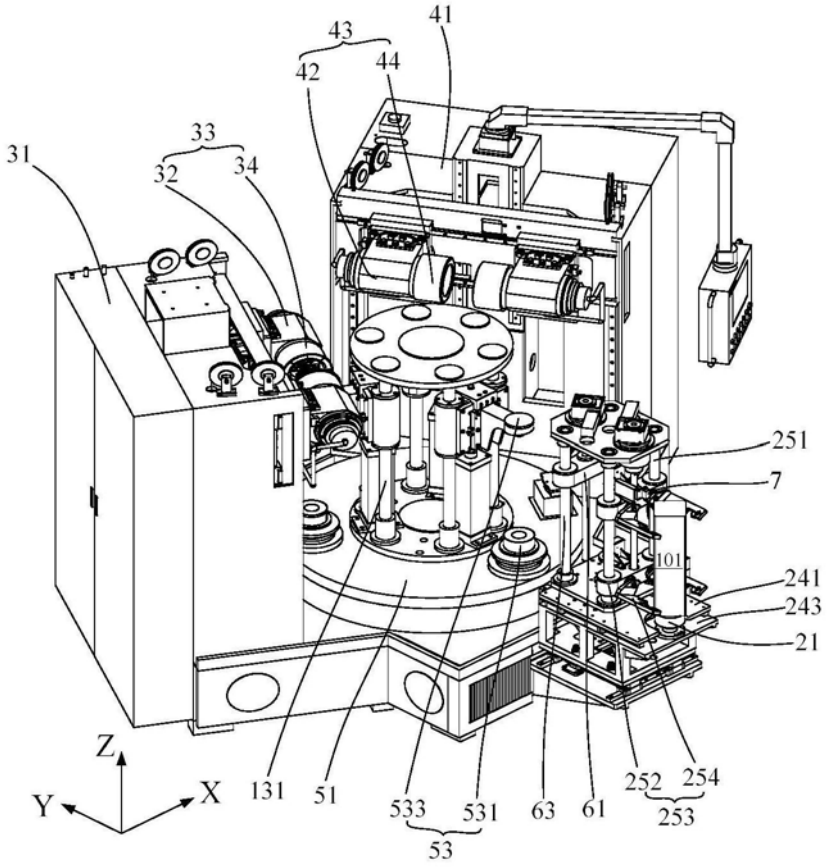

41
43
42
44
33
31
32
34
251
7
101
241
243
21
Z
Y
X
131
51
533
531
63
61
252
254
253
53

图14

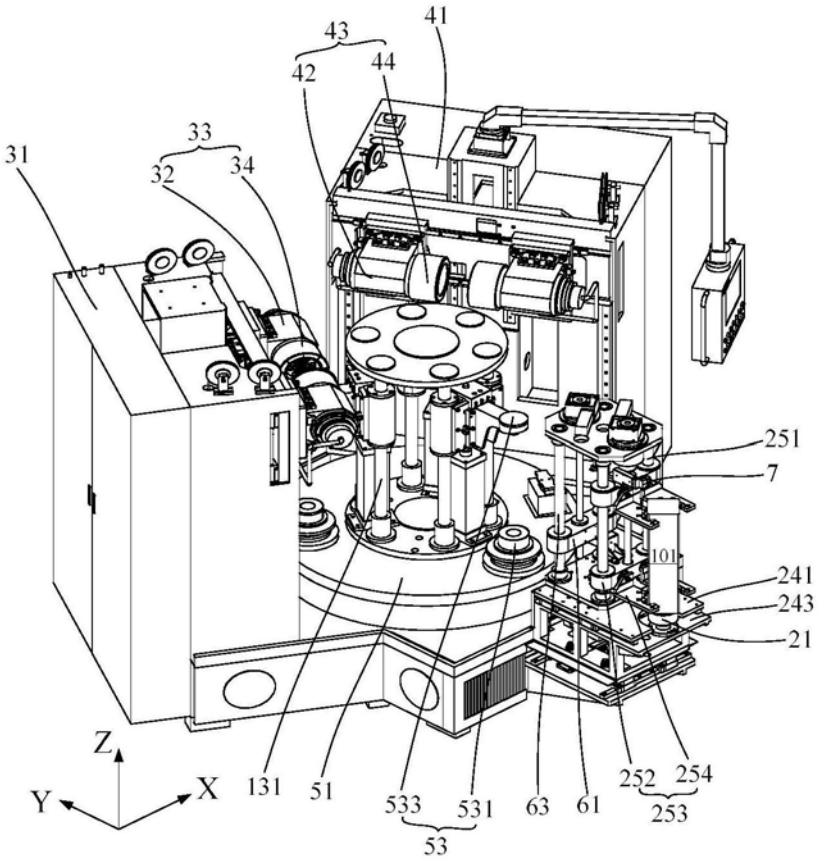

43
41
42
44
33
31
32
34
251
7
101
241
243
21
Z
Y
X
131
51
533
531
63
61
252
254
253
53

图15

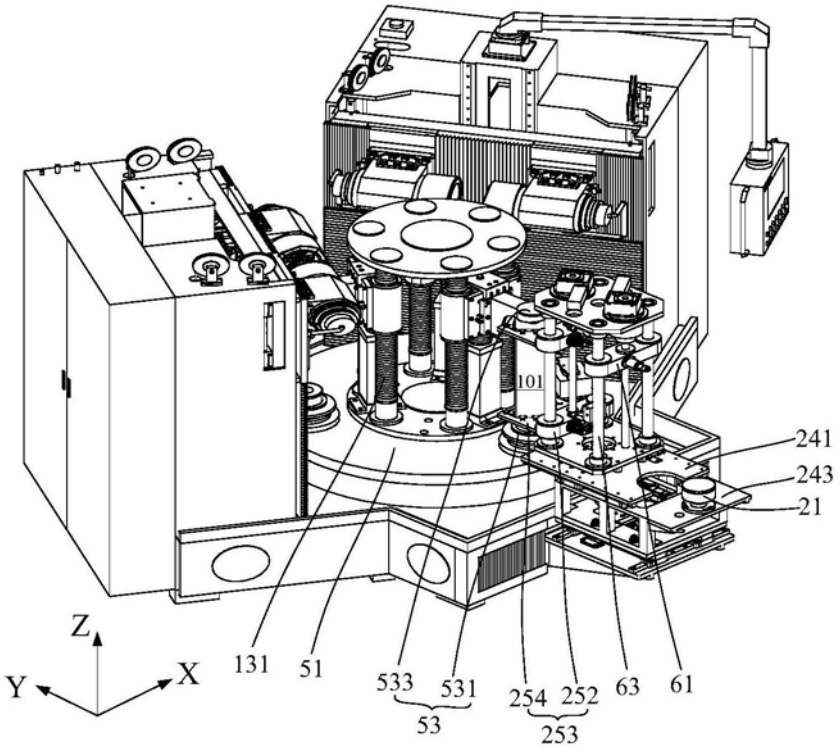

101
241
243
21
Z
Y
X
131
51
533
531
53
254
252
253
63
61

图16

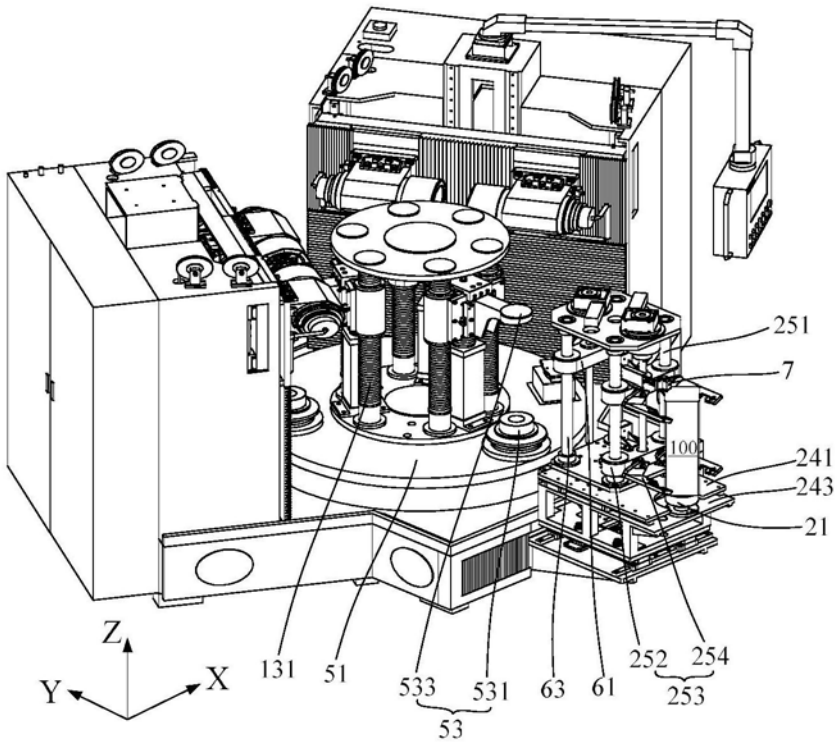

251
7
100
241
243
21
Z
Y
X
131
51
533
531
53
63
61
252
254
253

图17

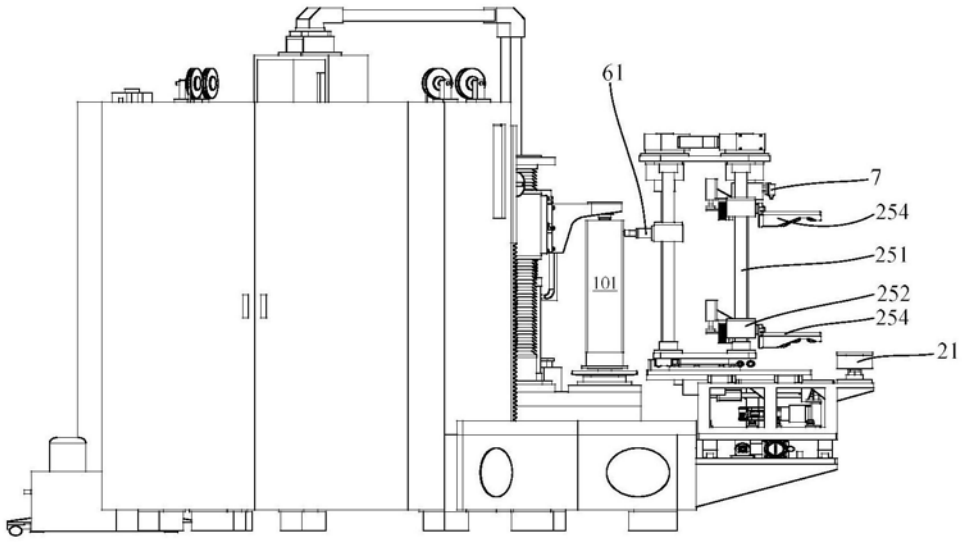


图18

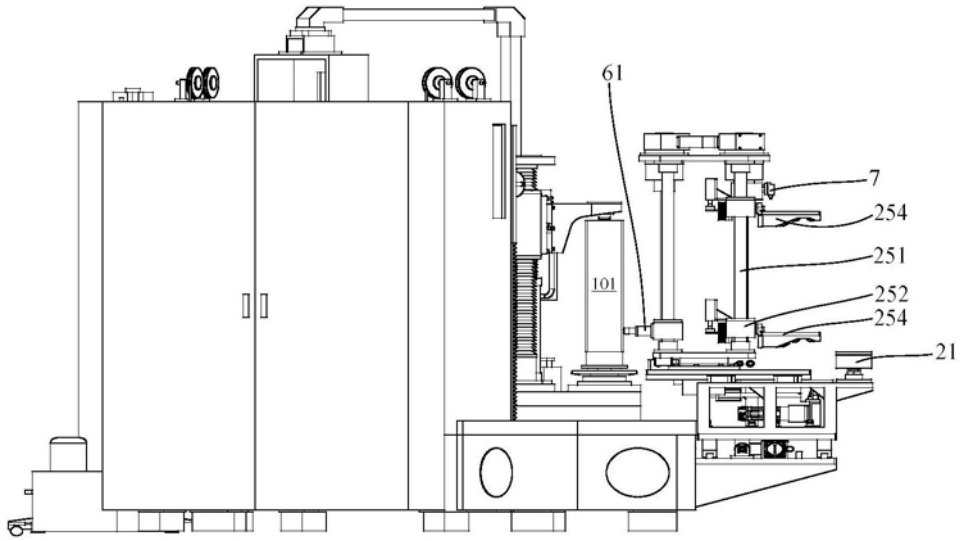


图19

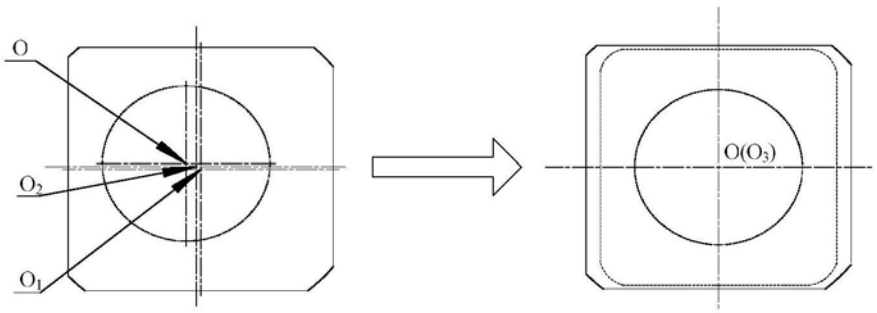


图20

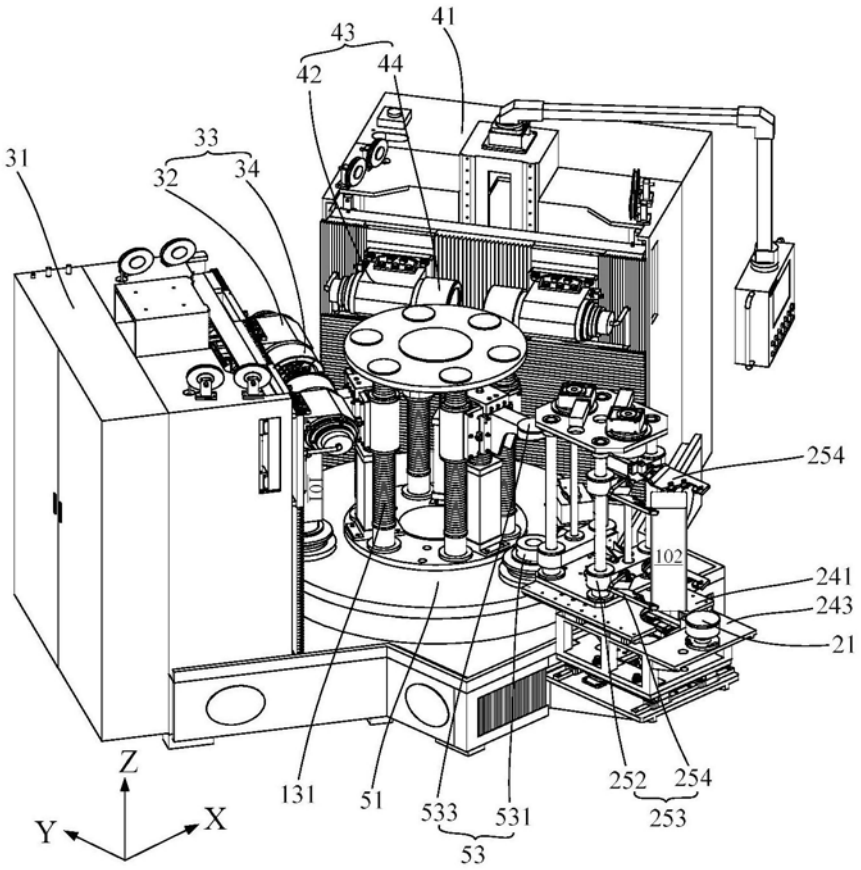

41
43
42
44
33
31
32
34
254
102
241
243
21
Z
Y
X
131
51
533
531
53
252
254
253

图21

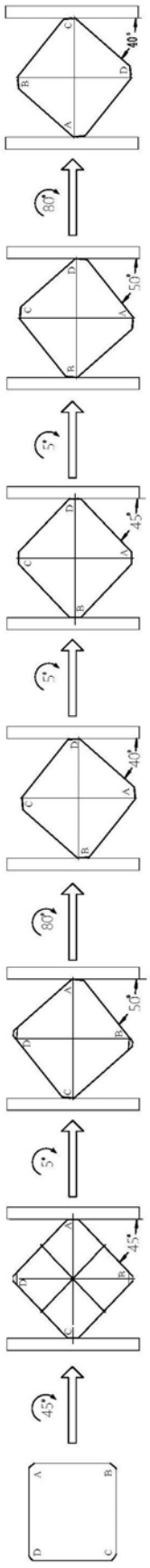


图22

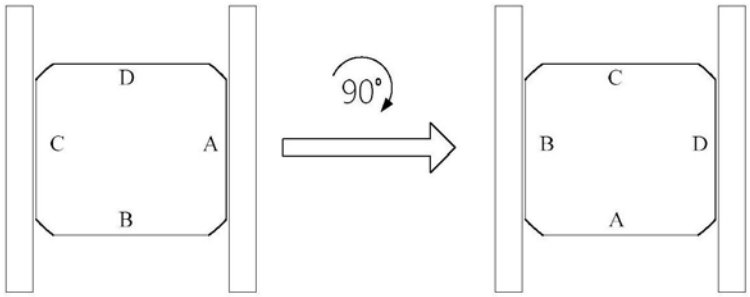


图23

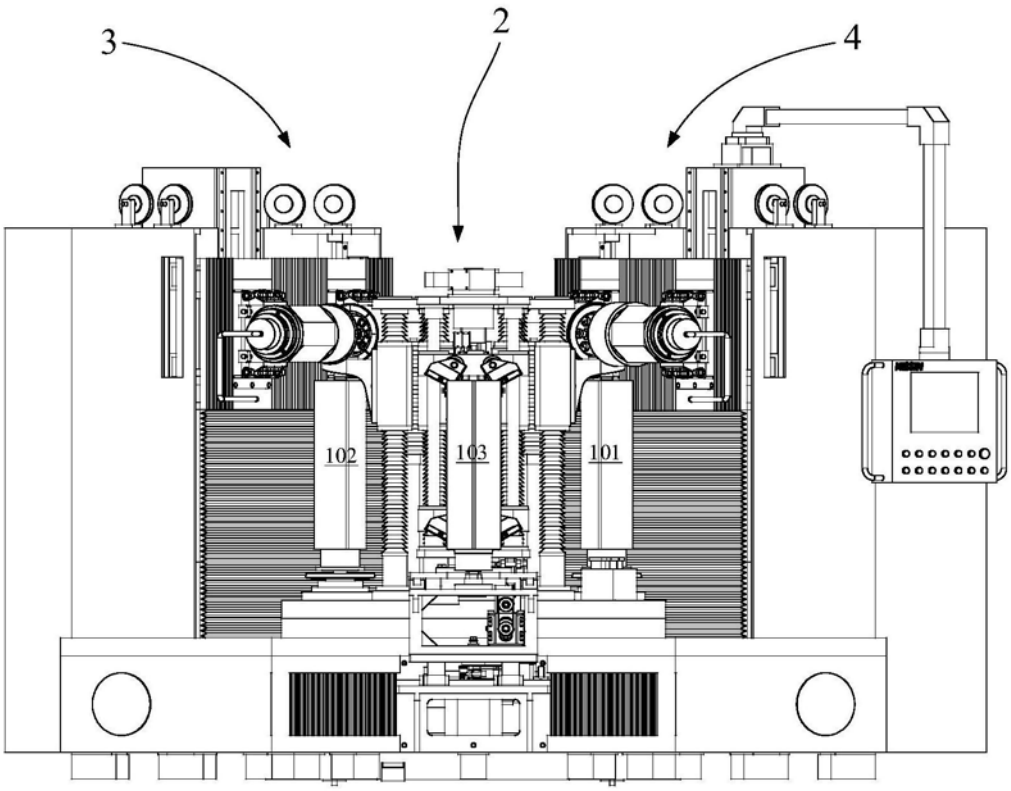


图24

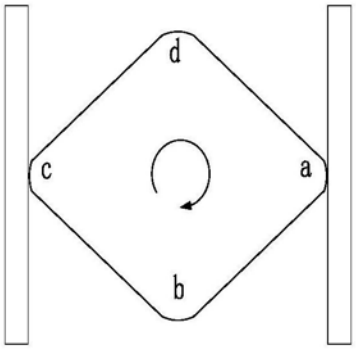


图25

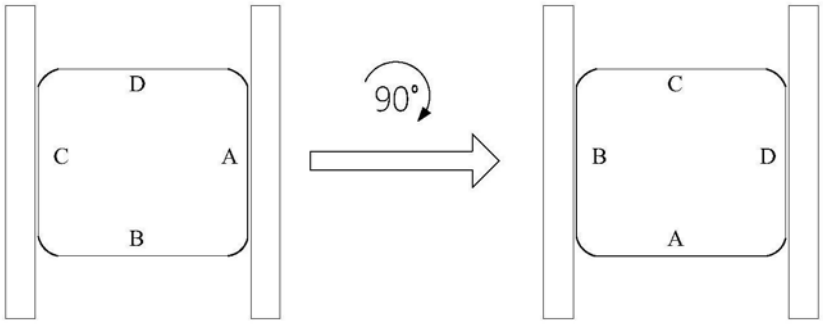


图26

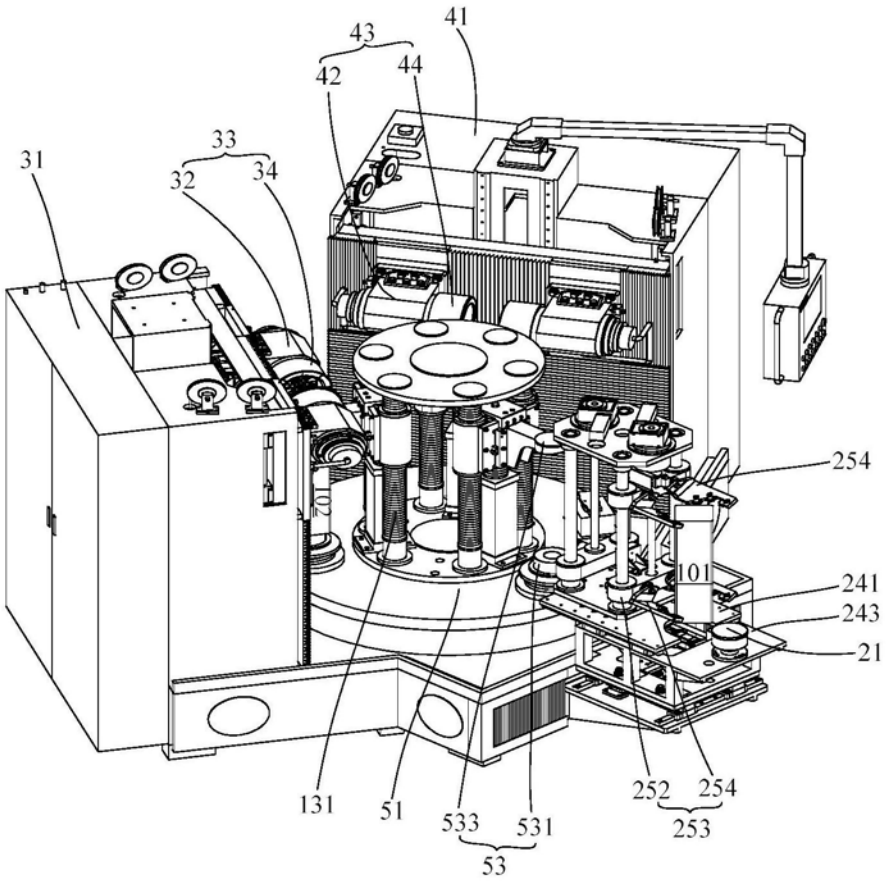

41
43
42
44
33
31
32
34
254
101
241
243
21
131
51
533
531
252
254
253
53

图27

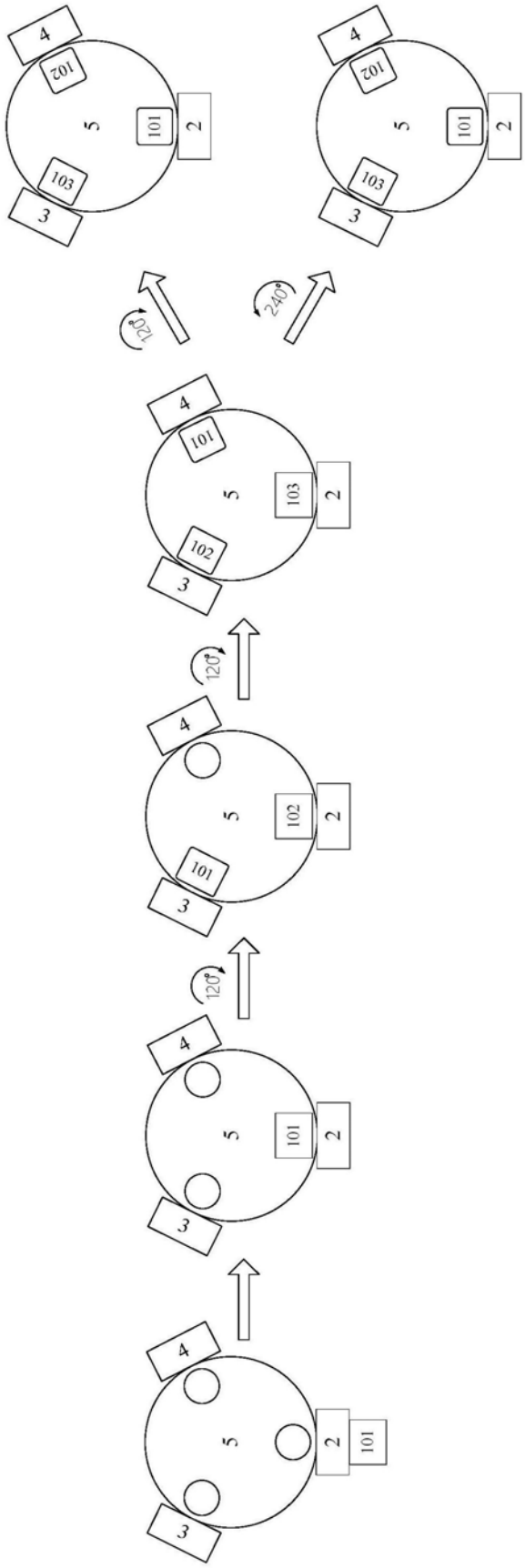

4
102
5
101
2
103
3
120°
240°
4
101
5
103
2
102
3
120°
4
5
102
2
101
3
120°
4
5
101
2
3
4
5
2
101
3

图28