

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017年11月30日(30.11.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/202245 A1

- (51) 国际专利分类号:
B28D 5/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/085048
- (22) 国际申请日: 2017年5月19日(19.05.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610345607.2 2016年5月23日(23.05.2016) CN
201610345641.X 2016年5月23日(23.05.2016) CN
201610786297.8 2016年8月31日(31.08.2016) CN
- (71) 申请人: 上海日进机床有限公司 (SHANGHAI NISSIN MACHINE TOOL CO., LTD) [CN/CN]; 中国上海市松江泗泾镇九干路1358号卢建伟, Shanghai 201601 (CN)。
- (72) 发明人: 卢建伟(LU, Jianwei); 中国上海市松江区泗泾镇九干路1358号, Shanghai 201601 (CN)。
- (74) 代理人: 上海巛石知识产权代理事务所(普通合伙) (SHANGHAI DIANSHI PARTNERS, P.C.); 中国上海市浦东祖冲之路2277弄1号708室张明, Shanghai 201203 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

(54) Title: MULTI-POSITION PROCESSING APPARATUS AND MULTI-POSITION PROCESSING METHOD FOR SILICON BOULE

(54) 发明名称: 硅棒多工位加工机及硅棒多工位加工方法

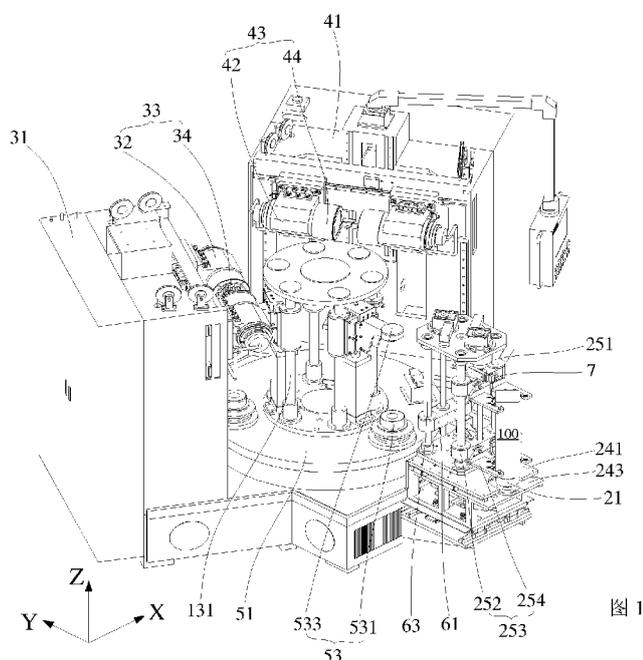


图1

(57) Abstract: A multi-position processing apparatus for a silicon boule. The apparatus comprising: a machine base (1) provided with a silicon boule processing platform; a silicon boule loading and unloading device (2) for loading and unloading a silicon boule at a pre-treatment area of the silicon boule processing platform; a first processing device (3) for performing a first processing operation on the silicon boule at a first processing area of the silicon boule processing platform; a second processing device (4) for performing a second processing operation on the silicon boule at a second processing area of the silicon boule processing platform; and a silicon boule transfer device (5) for transferring the silicon boule between the pre-treatment area, the first processing area, and the second processing area.



WO 2017/202245 A1

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利 (细则4.17(ii))
- 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

The multi-position processing apparatus combines a plurality of processing devices, allowing the apparatus to automatically perform multiple processing tasks. The invention thereby reduces labor costs, increases production efficiency, and improves processing quality. The invention further provides a multi-position processing method for a silicon boule.

(57) 摘要: 一种硅棒多工位加工机, 包括: 机座(1), 具有硅棒加工平台; 硅棒装卸装置(2), 用于在硅棒加工平台的预处理区位进行硅棒的装卸作业; 第一加工装置(3), 用于对硅棒加工平台的第一加工区位上的硅棒进行第一加工作业; 第二加工装置(4), 用于对硅棒加工平台的第二加工区位上的硅棒进行第二加工作业; 硅棒转换装置(5), 用于将硅棒在预处理区位、第一加工区位以及第二加工区位之间转换。硅棒多工位加工机集合了多个加工装置, 能实现多个加工作业的自动化加工, 节省人工成本且提高生产效率, 提高加工质量。还提供了一种硅棒多工位加工方法。

硅棒多工位加工机及硅棒多工位加工方法

技术领域

本申请涉及硅工件加工技术领域，特别是涉及硅棒多工位加工机及硅棒多工位加工方法。

背景技术

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。

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。而以多晶硅产品为例，一般地，大致的作业工序可包括：先使用硅锭开方机对初级硅锭（大尺寸硅锭）进行开方加工以形成次级硅锭（小尺寸硅锭）；开方完毕后，再使用硅锭截断机对次级硅锭进行截断加工以形成多晶硅棒；再对各个多晶硅棒进行倒角、滚磨等加工作业，使得多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多晶硅棒进行切片作业，则得到多晶硅片。

不过，在一般情形下，在相关技术中，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，且易影响硅棒加工作业的品质，需更多的人力或转运设备，安全隐患大，另外，各个工序的作业设备之间的流动环节多，在工件转移过程中提高了工件损伤的风险，易产生非生产因素造成的不合格，降低了产品的合格率及现有的加工方式所带来的不合理损耗，是各个公司面临的重大改善课题。

申请内容

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硅棒多工位加工机及硅棒多工位加工方法，用于解决现有相关技术中存在的各个工序作业间效率低下、硅棒移送繁杂及硅棒加工作业效果欠佳等问题。

为实现上述目的及其他目的，本申请在一方面公开一种硅棒多工位加工机，包括：机座，

具有硅棒加工平台；硅棒装卸装置，设于所述硅棒加工平台的预处理区位，用于将待加工的硅棒装载至所述硅棒加工平台的预处理区位以及将经加工后的硅棒自所述硅棒加工平台的预处理区位卸载；第一加工装置，设于所述硅棒加工平台的第一加工区位，用于对所述硅棒进行第一加工作业；第二加工装置，设于所述硅棒加工平台的第二加工区位，用于对通过所述第一加工装置的第一加工作业后的硅棒进行第二加工作业；硅棒转换装置，旋转设置于所述硅棒加工平台上，用于将由所述硅棒装卸装置装载来的硅棒在所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位之间转换。

本申请硅棒多工位加工机，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。

在某些实施方式中，所述硅棒装卸装置包括：硅棒装卸区位，设有用于承载所述硅棒竖立放置的硅棒承载台；换向载具，用于作换向运动；硅棒夹具，设于所述换向载具的第一安装面；其中，通过驱动所述换向载具作换向运动，使得所述换向载具的硅棒夹具在所述硅棒装卸区位和所述预处理区位之间转换以移送所述硅棒。

在某些实施方式中，所述硅棒夹具包括：夹具安装件，设于所述换向载具上；至少两个硅棒夹持件，沿着所述夹具安装件间距设置；每一个所述硅棒夹持件包括：夹臂安装座，设于所述夹具安装件上；至少两个夹臂，活动设于所述夹臂安装座上；夹臂驱动机构，用于驱动所述至少两个夹臂作开合动作。

在某些实施方式中，所述至少两个硅棒夹持件中的至少一个硅棒夹持件设有导向驱动机构，用于驱动其沿着所述夹具安装件运动，以调节所述至少两个硅棒夹持件的间距。

在某些实施方式中，所述硅棒装卸装置还包括：高度检测仪，设于所述换向载具上，用于检测所述硅棒的高度。

在某些实施方式中，所述硅棒多工位加工机还包括平整度检测仪，设于所述换向载具的第二安装面，用于对所述硅棒进行平面平整度检测。

在某些实施方式中，所述平整度检测仪包括：接触式检测结构；检测仪移位机构；检测控制器，与所述接触式检测结构和所述检测仪移位机构连接，用于控制所述检测仪移位机构带动所述接触式检测结构移位以及控制所述接触式检测结构依序检测所述硅棒中待测面上各个检测点的相对距离。

在某些实施方式中，所述硅棒转换装置包括：圆盘形或圆环形的输送本体；硅棒定位机

构，设于所述输送本体上，用于对所述硅棒进行定位；转换驱动机构，用于驱动所述输送本体转动以带动所述硅棒定位机构所定位的硅棒转换位置。

在某些实施方式中，所述硅棒定位机构包括：旋转承载台，设于所述圆盘形或圆环形的输送本体上，用于承载所述硅棒；旋转压紧装置，相对设置于所述旋转承载台的上方，用于压紧所述硅棒；升降驱动装置，用于驱动所述旋转压紧装置沿竖直方向作升降运动；旋转驱动装置，用于驱动所述旋转压紧装置并带动所述旋转压紧装置作旋转运动。

在某些实施方式中，所述第一加工装置包括：第一机架；至少一对第一磨具，对向设置于所述第一机架上，用于对位于第一加工区位处的硅棒转换装置上的硅棒进行第一加工作业。

在某些实施方式中，所述第一磨具包括：第一主轴；至少一第一砂轮，设置于所述第一主轴的作业端；所述第一砂轮具有第一粒度的第一磨砂颗粒。

在某些实施方式中，所述第二加工装置包括：第二机架；至少一对第二磨具，对向设置于所述第二机架上，用于对位于第二加工区位处的硅棒转换装置上的硅棒进行第二加工作业。

在某些实施方式中，所述第二磨具包括：第二主轴；至少一第二砂轮，设置于所述第二主轴的作业端；所述第二砂轮具有第二粒度的第二磨砂颗粒。

在某些实施方式中，所述硅棒多工位加工机还包括防护门，用于将预处理区位与所述第一加工区位和所述第二加工区位相隔离。

在某些实施方式中，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 120° 分布，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 240^\circ$ 。

在某些实施方式中，所述的硅棒多工位加工机还包括第三加工装置，设于所述硅棒加工平台的第三加工区位；所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、第二加工区位、以及第三加工区两两相邻之间呈 90° 分布，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 270^\circ$ 。

在某些实施方式中，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 360^\circ$ 或者所述硅棒转换装置采用单向无限旋转方式。

本申请在另一方面公开一种硅棒多工位加工方法，包括以下步骤：令硅棒装卸装置将待加工的第一硅棒装载于硅棒加工平台的预处理区位，并对位于所述预处理区位处的第一硅棒进行预处理；令硅棒转换装置转动第一预设角度以将完成预处理的第一硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令第一加工装置对第一加工区位上的第一硅棒进行第一加工作业，在此阶段，令硅棒装卸装置将待加工的第二硅棒装载于预处理区位并进行预处理；令硅棒转换装置转动第二预设角度以将完成第一加工作业的第一硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位以及将完成预处理的第二硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令第二加工装置对第二加

工区位上的第一硅棒进行第二加工作业，在此阶段，令第一加工装置对第一加工区位上的第二硅棒进行第一加工作业以及令硅棒装卸装置将待加工的第三硅棒装载于预处理区位并进行预处理。

本申请的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。

在某些实施方式中，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 120° 分布；当依照所述预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位的顺序的走向被定义为正向时，令硅棒转换装置转动的第一预设角度为正向转动 120° ；令硅棒转换装置转动第二预设角度为正向转动 120° 。

在某些实施方式中，所述硅棒多工位加工方法还包括：令硅棒转换装置转动第三预设角度以将完成第二加工作业的第一硅棒由第二加工区位转换至预处理区位以及将完成第一加工作业的第二硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位和将完成预处理的第三硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令硅棒装卸装置将预处理区位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区位并对位于所述预处理区位处的第四硅棒进行预处理，在此阶段，令第二加工装置对第二加工区位上的第二硅棒进行第二加工作业以及令第一加工装置对第一加工区位上的第三硅棒进行第一加工作业。

在某些实施方式中，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 120° 分布；当依照所述预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位的顺序的走向被定义为正向时，所述的令硅棒转换装置转动的第一预设角度为正向转动 120° ；所述的令硅棒转换装置转动第二预设角度为正向转动 120° ；所述的令硅棒转换装置转动第三预设角度为正向转动 120° 或者逆向转动 240° 。

附图说明

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

图 2 显示为本申请实施方式中硅棒多工位加工机的俯视图。

图 3 显示为本申请实施方式中硅棒多工位加工机的侧视图。

图 4 显示为本申请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。

图 5 显示为本申请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。

图 6 显示为本申请硅棒多工位加工机中硅棒夹具的后视图。

- 图 7 显示为本申请硅棒多工位加工方法在一实施方式中的流程示意图。
- 图 8 显示为本申请硅棒多工位加工方法在另一实施方式中的流程示意图。
- 图 9 显示为硅棒被竖立放置于硅棒承载台上的状态示意图。
- 图 10 显示为硅棒被硅棒夹具夹持的状态示意图。
- 图 11 显示为硅棒被换向载具放置于预处理区位的状态示意图。
- 图 12 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。
- 图 13 和图 14 显示为平整度检测仪检测硅棒平面平整度的状态示意图。
- 图 15 显示为对单晶硅棒进行纠偏作业的示意图。
- 图 16 显示为对多晶硅棒进行纠偏作业的示意图。
- 图 17 显示为对第一硅棒进行第一加工作业及第二硅棒进行装载的状态示意图。
- 图 18 显示为单晶硅棒在切圆加工作业中的状态变化示意图。
- 图 19 显示为单晶硅棒在粗磨加工作业中的状态变化示意图。
- 图 20 显示为多晶硅棒在粗磨加工作业中的状态变化示意图。
- 图 21 显示本申请的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。
- 图 22 显示为单晶硅棒在滚圆加工作业中的状态示意图。
- 图 23 显示为单晶硅棒在精磨加工作业中的状态示意图。
- 图 24 显示为多晶硅棒在倒角加工作业中的状态示意图。
- 图 25 显示为多晶硅棒在精磨加工作业中的状态示意图。
- 图 26 显示为完成加工作业的硅棒卸料的状态示意图。
- 图 27 显示为本申请硅棒多工位加工机为三工位加工作业中的状态示意图。
- 图 28 显示为本申请硅棒多工位加工机为四工位加工作业中的状态示意图。

具体实施方式

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。

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。

本申请的发明人发现，在相关的针对硅棒的加工作业技术中，涉及的磨削、倒角、滚磨等加工装置是彼此分散及独立布置的，执行不同工序作业的硅棒的转换需要进行搬运调配及加工前的预处理，存在工序繁杂及效率低下等问题。

有鉴于此，本申请提出了一种硅棒多工位加工机及硅棒多工位加工方法，通过设备改造，在一个设备中集合了多个加工装置，将硅棒快速、平稳且无损伤地在各个加工区位间进行转换，能自动化实现硅棒加工的多个加工作业并可同时对相应的硅棒进行相应的加工作业，各个加工作业之间无缝衔接，节省人工成本且提高生产效率，提高硅棒加工作业的品质。

请参阅图 1 至图 3，显示为本申请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硅棒多工位加工机的俯视图，图 3 为本申请实施方式中硅棒多工位加工机的侧视图。在一实施方式中，本申请硅棒多工位加工机是用于对硅棒进行加工作业，在这里，所述硅棒为类矩形硅棒，其既可以是单晶硅棒也可以多晶硅棒，应都属于本申请的保护范围。

以单晶硅棒为例，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。

而以多晶硅棒为例，多晶硅棒的形成工艺可包括：先使用硅锭开方机对初级硅锭或硅方体（大尺寸硅锭）进行开方加工以形成次级硅锭（小尺寸硅锭）；开方完毕后，再使用硅锭截断机对次级硅锭进行截断加工以形成多晶硅棒。其中，使用硅锭开方机对初级硅锭（大尺寸硅锭）进行开方加工以形成次级硅锭（小尺寸硅锭）的具体实现方式可参考例如为

CN102172997A、CN105216128A、CN105690582A 等专利公开文献，使用硅锭截断机对次级硅锭进行截断加工以形成多晶硅棒的具体实现方式可参考例如为 CN105196434A 等专利公开文献。

无论是单晶硅棒亦或是多晶硅棒，都还得进行相应的后续加工作业，这些后续加工作业可例如为磨削、倒角、滚磨或滚圆等，而这些后续加工作业即可通过本申请描述的硅棒多工位加工机来实施。

结合图 1 至图 3，本申请硅棒多工位加工机包括：机座 1、硅棒装卸装置 2、第一加工装置 3、第二加工装置 4、以及硅棒转换装置 5。

以下对本申请硅棒多工位加工机进行详细说明。

机座 1 作为本申请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硅棒加工作业的具体作业内容而划分为多个功能区。具体地，在本实施例中，所述硅棒加工平台至少包括预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位。

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 装载上来的硅棒 100 在所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位之间转换。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，用于对硅棒进行定位；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 所定位的硅棒转换位置。

如前所述，在一实施方式中的硅棒加工平台包括有预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位，为与这些功能区相适配，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功能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 对应于某一个功能区时，必然地，其他两个硅棒定位机构 53 也是分别与其他两个功能区相对应。这样，在流水作业中，任一时刻，当每一个硅棒定位机构 53 上均定位有一个硅棒且硅棒定位机构 53 是与功能区相对应时，则这些硅棒就位于对应的某一功能区处执行着相应的加工作业，例如：位于预处理区位的硅棒可进行预处理作业，位于第一加工区位的硅棒可进行第一加工作业，位于第二加工区位的硅棒可进行第二加工作业。在一种可选实施例中，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 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功能区位的数量而定。

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）。

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，用于承载硅棒 100 并使得硅棒 100 为竖立放置，即，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 承托了硅棒 100 之后，旋转承载台 531 及其上的硅棒 100 可一同作转动。进一步地，旋转承载台 531 中用于与硅棒接触的接触面具有阻尼，以提供能带动硅棒一定的摩擦力。旋转承载台 531 与硅棒 100 适配，在一可选实施例中，旋转承载台 531 可以是与硅棒 100 的截面尺寸相适配的圆形承载台。

旋转压紧装置 533 相对设置于旋转承载台 531 的上方，用于顶压于硅棒 100 的顶部以压紧硅棒 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 与硅棒 100 适配，在一可选实施例中，顶压活动块 534 可以是与硅棒 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。

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。

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 抵压于硅棒 100 的顶部。后续，在需要转动硅棒 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、硅棒 100、以及顶压活动块 534 相互之间的摩擦力，顺势带动硅棒 100 也一并转动，实现硅棒 100 中作业面或作业区域的调整，从而使得对硅棒 100 中调整后的作业面或作业区域进行加工作业。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。

进一步地，由上可知，在某些情形下，旋转承载台 531 或顶压活动块 534 可受控于旋转驱动装置而转动以带动硅棒 100 转动来改变作业面或作业区域，有时，当硅棒 100 转动到所需的作业面或作业区域时则需要停止作动并定位下来以接受相应功能区中加工装置的加工作业。因此，在本申请中，所述硅棒定位机构若有必要还可配置一锁止机构。在一种实现方式中，可在中央安装架 13 的底部且邻近旋转承载台 531 处配置一承载台锁止机构（未在图式中显示），所述承载台锁止机构可包括锁止插销和与锁止插销连接的锁止气缸。在实际应用中，当需要锁定旋转承载台 531 时，承载台锁止机构中的锁止气缸就驱动锁止插销伸出并作用于旋转承载台 531 的底部或颈部，确保旋转承载台 531 稳固不动；待需要转动硅棒以改变作业面或作业区域时，再由所述承载台锁止机构中的锁止气缸驱动锁止插销收缩，解锁旋转承载台 531，从而使得旋转承载台 531 能转动。

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 所定位的硅棒 100 在不同的功能区之间进行转换。

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 及其上的硅棒 100 转换至其他功能区完成输送，所述驱动电机可以为伺服电机。

硅棒装卸装置 2 设于所述硅棒加工平台的预处理区位，用于将待加工的硅棒装载至硅棒加工平台的预处理区位以及将经加工后的硅棒自硅棒加工平台的预处理区位卸载。更进一步地，硅棒装卸装置 2 用于将待加工的硅棒装载至硅棒加工平台的预处理区位以及将经加工后的硅棒自硅棒加工平台的预处理区位卸载具体指的是用于将待加工的硅棒装载至输送本体 51

中与硅棒加工平台的预处理区位对应的旋转承载台 531 上以及将经加工后的硅棒自输送本体 51 中与硅棒加工平台的预处理区位对应的旋转承载台 531 上予以卸载。

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。

硅棒装卸区位设有用于承载硅棒 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区位之间转换以移送硅棒 100。

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 上的硅棒的高度。

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区位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。

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区位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区位，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/远离预处理区位的平移运动。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。

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。

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。

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个示例说明，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更精准。

进一步地，在本实施例中，为使得转换底盘 241 及其上的换向载具 23 相对底部安装结构沿着平移方向移动能更平稳及更顺畅，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。

硅棒夹具 25 用于夹持硅棒。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。

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。鉴于作为待加工的硅棒无论是单晶硅棒还是多晶硅棒，硅棒的截面均为多边形，在相关技术中，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，用于避免在夹持硅棒的过程中造成对硅棒表面的损伤，起到保护硅棒的良好效果。额外地，利用硅棒夹持件 253 更可兼具定中心调节的作用。

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 去夹持硅棒承载台 21 上竖立放置的硅棒 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硅棒 100 中相邻的两个侧面。在夹臂 254 收缩并夹合硅棒 100 的过程中，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，直至硅棒 100 被硅棒夹持件 253 中的两个夹臂 254 夹紧住，此时，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。

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。

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。

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，上述仅为一个实施例，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。

诚如本领域技术人员所知，针对单晶硅棒或是多晶硅棒，由于原初的长硅棒或初级硅锭（大尺寸硅锭）的规格各异，对原初的长硅棒进行截断作业或对初级硅锭进行开方作业及截断作业不同，势必使得单晶硅棒与多晶硅棒之间、单晶硅棒个体之间、以及多晶硅棒个体之间的尺寸差异迥异，鉴于硅棒夹具 25 是用于对竖立放置状态下的硅棒 100 进行夹持，因此，对于硅棒夹具 25 而言，前述尺寸差异的影响主要就表现在硅棒的长度差异性对硅棒夹具 25 中的硅棒夹持件 253 是否能对应夹持到硅棒的隐忧。为减少甚至是免除上述硅棒夹持件 253 可能会无法夹持到硅棒的风险。

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硅棒。例如，若硅棒的长度较长，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。

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硅棒。例如，若硅棒的长度较长，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动。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动，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。

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，硅棒 100 为竖立放置，因此，不论硅棒的规格长度，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。

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硅棒 100 进行有效夹持。

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。

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硅棒 100 进行有效夹持。

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硅棒 100 进行有效夹持之外, 还可对夹持的硅棒 100 实现升降的目的, 当两个硅棒夹持件 253 有效夹持住硅棒之后, 通过驱动硅棒夹持件 253 的运动而升降硅棒 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, 夹持住的硅棒 100 向上运动利用的是上方的硅棒夹持件 253 与硅棒 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。

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。

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以及移动距离的依据。

当利用硅棒装卸装置 2 中的硅棒夹具 25 将待加工的硅棒由硅棒装卸区位装载至硅棒加工平台 11 的预处理区位以供后续的加工作业，在一实施方式中，例如第一加工装置 3 和第二加工装置 4 分别对硅棒 100 进行第一加工作业和第二加工作业，在后续加工作业中至少包括了相应的硅棒表面整形处理。因此，在对硅棒进行后续的加工作业之前，势必需要获知硅棒 100 当前的平整度状况。有鉴于此，本申请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。

平整度检测仪中的接触式检测结构用于通过接触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。

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。

伸缩式接触探头用于接触硅棒 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。

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，

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。

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硅棒 100 的待测面时，伸缩式接触探头就在硅棒 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。

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。

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。

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。

另外，上述第一方向移位单元仅为一个示例说明，但并非用于限制本申请，例如，在一个可选实施例中，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。

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。

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。

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。

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。

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动。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动，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，丝杠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。

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。

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，检测控制器与第一方向移位机构、第二方向移位机构、以及第三方向移位机构，用于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。

在实际应用中，所述基准点的设置可根据平整度检测仪的结构特性或检测方式而定，所述结构特性例如检测仪移位机构中的第一方向移位机构、第二方向移位机构、以及第三方向移位机构的结构。根据所述基准点换算得到的相对距离是与基准点以及利用第二方向移位机构带动接触式检测结构沿着第二方向的移位距离）相关的。所述沿着第二方向的移位距离即为第二方向移位机构未启动状态下接触式检测结构的初始位置与接触式检测结构触摸到硅棒 100 的待侧面中的检测点后第二方向移位机构暂停状态下接触式检测结构的接触位置之间的距离。当然，简便地处理方式是：将基准点直接设置为第二方向移位机构未启动状态下接触式检测结构的初始位置，如此，待测面中的检测点相对于基准点的相对距离即为利用第二方向移位机构带动接触式检测结构沿着第二方向的移位距离。

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 中位于预处理区位的旋转承载台 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，但实际应用中针对第一安装面或第二安装面的设置关系并非须如此苛求，第一安装

面和第二安装面也可例如相差 90° ，即，位于硅棒装卸区位的硅棒承载台 21 与硅棒转换装置 5 中位于预处理区位的旋转承载台 531 呈 90° 相位差，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 中位于预处理区位的旋转承载台 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。

特别地，通过平整度检测仪 7 和硅棒夹具 25 的配合，还可对硅棒 100 进行纠偏作业。在前文描述中可知，利用硅棒夹具 25 可将硅棒 100 夹持住并再通过换向载具 23 作换向运动后将硅棒 100 转移至预处理区位处的硅棒定位机构 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硅棒产品很可能会不符合工件规格要求。因此，在对硅棒进行后续加工作业之前，还可硅棒 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硅棒 100 的中心与旋转承载台 531 的中心对应重合。

在实际应用中，由平整度检测仪 7 对旋转承载台 531 上承载的硅棒 100 进行平面平整度检测，从而获得硅棒 100 的整体位置概况；将获得的硅棒 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 上的硅棒 100 并夹持住硅棒 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 夹持的硅棒 100 相对旋转承载台 531 作位置调整，最终得以将硅棒 100 的中心与旋转承载台 531 的中心对应重合，完成针对硅棒 100 的纠偏作业。

第一加工装置 3 设于硅棒加工平台 11 的第一加工区位，用于对硅棒 100 进行第一加工作业。第二加工装置 4 设于硅棒加工平台 11 的第二加工区位，用于对通过第一加工装置 3 的第一加工作业后的硅棒 100 进行第二加工作业。在本实施方式中，如前所述，通过硅棒定位机构 53 可将硅棒 100 以竖立放置方式予以定位，因此，第一加工装置 3 对竖立放置的硅棒 100 进行第一加工作业以及第二加工装置 4 对竖立放置的硅棒 100 进行第二加工作业采用的就是立式加工方式。

需特别说明的是，针对不同形态的硅棒，第一加工装置 3 和第二加工装置 4 也会有不同的变化组合例。例如：若硅棒 100 为单晶硅棒，则第一加工装置 3 可以是切圆及粗磨装置而第二加工装置 4 可以是滚圆及精磨装置；若硅棒 100 为多晶硅棒，则第一加工装置 3 可以是

粗磨装置而第二加工装置可以是倒角及精磨装置。特别地，在一实施方式中，在所述预处理区位与所述第一加工区位之间以及所述第二加工区位与所述预处理区位之间还可增设防护门，用于将所述预处理区位与所述第一加工区位和所述第二加工区位相隔离，从而起到保护硅棒的作用，避免硅棒受到污染或损伤。

以下先以硅棒 100 为单晶硅棒为例进行详细说明。

在硅棒 100 为单晶硅棒的情形下，第一加工装置 3 为切圆及粗磨装置，第二加工装置 4 为滚圆及精磨装置。

作为第一加工装置的切圆及粗磨装置 3，设于机座 1 上且位于硅棒加工平台的第一加工区位，用于对单晶硅棒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。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，用于对位于第一加工区位处的硅棒转换装置 5 上的单晶硅棒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。

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的第一容纳空间，当单晶硅棒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 即可接触单晶硅棒中相对的一对侧面或一对连接棱面进行相应的加工作业。

在实际应用中，先利用硅棒转换装置 5 将单晶硅棒转送至硅棒加工平台的第一加工区位，由硅棒定位机构 53 对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒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 对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒中的一对侧面对应于一对第一磨具 33，由第一磨具 33 对单晶硅棒的侧面进行粗磨加工作业。

粗磨作业可例如为：由硅棒定位机构 53 对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒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 对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒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的一对侧面；一对第一砂轮 34 研磨到单晶硅棒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，驱动一对第一砂轮 34 从下往上运动来研磨单晶硅棒；一对第一砂轮 34 研磨到单晶硅棒顶部之后并穿过单晶硅棒之后停留于上限位，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；如此，研磨，增加进给量，反向研磨，增加进给量，反复数次之后，即可将单晶硅棒的一对侧面研磨至预设的尺寸。

作为第二加工装置的滚圆及精磨装置，设于机座 1 上且位于硅棒加工平台的第二加工区位，用于对经切圆及粗磨装置 3 切圆及粗磨加工作业之后的单晶硅棒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。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，用于对位于第二加工区位处的硅棒转换装置 5 上的单晶硅棒进行滚圆及精磨加工作业。

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。

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的第二容纳空间，当单晶硅棒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 即可接触单晶硅棒进行相应的加工作业。

在实际应用中，先利用硅棒转换装置 5 将单晶硅棒转送至硅棒加工平台的第二加工区位，由硅棒定位机构 53 对单晶硅棒进行定位并旋转单晶硅棒，由第二磨具 43 对单晶硅棒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 正对于单晶硅棒的侧面，一对第二砂轮 44 之间的间距是要小于单晶硅棒当前的对角间距，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，单晶硅棒在被第二砂轮 44 接触研磨时转速较慢，单晶硅棒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的底部，完成单晶硅棒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。再由硅棒定位机构 53 对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒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 对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒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 对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒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的一对侧面；一对第二砂轮 44 研磨到单晶硅棒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 研磨到单晶硅棒顶部之后并穿过单晶硅棒之后停留于上限位，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；如此，研磨，增加进给量，反向研磨，增加进给量，反复数次之后，即可将单晶硅棒的一对侧面研磨至预设的尺寸。

由以上描述可知，在一种可选实施例中，作为第二加工装置的滚圆及精磨装置 4 对单晶硅棒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。

以下再以硅棒 100 为多晶硅棒为例进行详细说明。

在硅棒 100 为多晶硅棒的情形下，第一加工装置 3 为粗磨装置，第二加工装置 4 为倒角及精磨装置。

作为第一加工装置的粗磨装置 3，设于机座 1 上且位于硅棒加工平台的第一加工区位，用于对多晶硅棒进行粗磨作业。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 输送来的多晶硅棒。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，用于对位于第一加工区位处的硅棒转换装置 5 上的多晶硅棒进行粗磨作业。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。

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。因此，粗磨装置 3 中的一对第一磨具 33 为相对设置，两者间留有供容纳多晶硅棒

的第一容纳空间，当多晶硅棒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 即可接触多晶硅棒中相对的一对侧面或一对棱角进行相应的粗磨加工作业。

在实际应用中，先利用硅棒转换装置 5 将多晶硅棒转送至硅棒加工平台的第一加工区位，由硅棒定位机构 53 对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒中的一对侧面对应于一对第一磨具 33，由第一磨具 33 对多晶硅棒的侧面进行粗磨加工加工作业。

粗磨加工作业可例如为：由硅棒定位机构 53 对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒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 对多晶硅棒的第一对侧面进行粗磨加工作业；随后，由硅棒定位机构 53 对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒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 对多晶硅棒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多晶硅棒的一对侧面；一对第一砂轮 34 研磨到多晶硅棒底部之后并穿过多晶硅棒之后停留于下限位，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多晶硅棒；一对第一砂轮 34 研磨到多晶硅棒顶部之后并穿过多晶硅棒之后停留于上限位，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多晶硅棒；如此，研磨，增加进给量，反向研磨，增加进给量，反复数次之后，即可将多晶硅棒的一对侧面研磨至预设的尺寸。

作为第二加工装置的倒角及精磨装置，设于机座 1 上且位于硅棒加工平台的第二加工区位，用于对经粗磨装置 3 粗磨加工加工作业之后的多晶硅棒进行倒角及精磨加工作业。倒角及精磨装置 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 输送来的多晶硅棒。倒角及精磨装置 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，用于对位于第二加工区位处的硅棒转换装置 5 上的多晶硅棒进行倒角及精磨加工作业。

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。

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，倒角及精磨装置 4 中的一对第二磨具 43 为相对设置，两者间留有供容纳多晶硅棒的第二容纳空间，当多晶硅棒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 即可接触多晶硅棒进行相应的倒角加工作业。

在实际应用中，先利用硅棒转换装置 5 将多晶硅棒转送至硅棒加工平台的第二加工区位，由硅棒定位机构 53 对多晶硅棒进行定位并转动多晶硅棒使得多晶硅棒的棱角对应于一对第二磨具 43 中的第二砂轮 44，由第二磨具 43 对多晶硅棒进行倒角加工作业。

倒角加工作业可例如包括：在倒角时，先利用硅棒定位机构 53 旋转一定角度以使得多晶硅棒的第一对棱角对应于一对第二磨具 43 中的第二砂轮 44；一对第二砂轮 44 下降至磨削位置，此时，一对第二砂轮 44 之间的间距是要小于多晶硅棒中第一对棱角当前的对角间距，这两个间距的差距即为这一对第二砂轮 44 的进给量，一对第二砂轮 44 向下移动对硅棒 100 中的第一对棱角进行磨削以形成倒角面；一对第二砂轮 44 继续向下，如同前述步骤，对硅棒 100 的下一段的第一对棱角进行磨削，直至磨削到硅棒 100 的底部，完成硅棒 100 的单次棱角磨削；继续增加一进给量，驱动第二磨具 43 从下往上运动，由第二砂轮 44 磨削硅棒 100 的第一对棱角；如此，磨削，增加进给量，反向磨削，增加进给量，反复数次之后，即可将硅棒 100 的第一对棱角磨削至预设的尺寸以形成第一对倒角面。再对第二对棱角进行倒角及精磨：在倒角时，先利用硅棒定位机构 53 旋转一定角度以使得多晶硅棒的第二对棱角对应于一对第二磨具 43 中的第二砂轮 44；一对第二砂轮 44 下降至磨削位置，此时，一对第二砂轮 44 之间的间距是要小于硅棒 100 中第二对棱角当前的对角间距，这两个间距的差距即为这一对第二砂轮 44 的进给量，一对第二砂轮 44 向下移动对硅棒 100 中的第二对棱角进行磨削以形成倒角面；一对第二砂轮 44 继续向下，如同前述步骤，对硅棒 100 的下一段的第二对棱角进行磨削，直至磨削到硅棒 100 的底部，完成硅棒 100 的单次棱角磨削；继续增加一进给量，驱动第二磨具 43 从下往上运动，由第二砂轮 44 磨削硅棒 100 的第二对棱角；如此，磨削，增加进给量，反向磨削，增加进给量，反复数次之后，即可将硅棒 100 的第二对棱角磨削至预设的尺寸以形成第二对倒角面。

随后，再利用硅棒定位机构 53 对多晶硅棒进行定位并转动多晶硅棒使得多晶硅棒的侧面对应于一对第二磨具 43 中的第二砂轮 44，由第二磨具 43 对多晶硅棒进行精磨加工作业。精

磨加工作业可例如包括：由硅棒定位机构 53 对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒的第一对侧面对应于第二对第二磨具 43，由第二对第二磨具 43 中的第二砂轮 44 对多晶硅棒的第一对侧面进行精磨加工作业；随后，由硅棒定位机构 53 对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒的第二对侧面对应于第二对第二磨具 43，由第二对第二磨具 43 中的第二砂轮 44 对多晶硅棒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，驱动第二对第二磨具 43 中的第二砂轮 44 从上往下运动来研磨多晶硅棒的一对侧面；第二对第二砂轮 44 研磨到多晶硅棒底部之后并穿过多晶硅棒之后停留于下限位，再增加一进给量，驱动第二对第二砂轮 44 从下往上运动来研磨多晶硅棒；第二对第二砂轮 44 研磨到多晶硅棒顶部之后并穿过多晶硅棒之后停留于上限位，继续增加一进给量，驱动第二对第二砂轮 44 从上往下运动来研磨多晶硅棒；如此，研磨，增加进给量，反向研磨，增加进给量，反复数次之后，即可将多晶硅棒的一对侧面研磨至预设的尺寸。

需说明的是，上述仅为示例性说明，并非用于限制本申请的保护范围，例如，在针对作为第二加工装置的倒角及精磨装置的倒角及精磨装置的加工作业描述中，是先执行了多晶硅棒的倒角加工作业再执行了多晶硅棒的精磨加工作业，但并不以此为限，在其他实施方式中，先执行多晶硅棒的精磨加工作业后再执行多晶硅棒的倒角加工作业也是可行的，仍应属于本申请的保护范围。

后续，硅棒 100 经第一加工装置 3 和第二加工装置 4 的加工作业后，则由硅棒转换装置 5 将硅棒自第二加工区位转换至预处理区位，并再由硅棒装卸装置将经加工后的硅棒自硅棒加工平台的预处理区位卸载。当然，在卸载硅棒 100 之前，如有必要，在预处理区位，仍可由平整度检测仪对经加工作业之后的硅棒 100 进行平面平整度检测。利用平整度检测仪，一方面，可通过对硅棒 100 的平面平整度检测来检验硅棒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。

需补充的是，在本申请硅棒多工位加工机中，还可包括硅棒抛光装置。所述硅棒抛光装置可设于机座上，用于对硅棒进行抛光加工作业。

针对硅棒抛光装置而言，一般，硅棒经第一加工装置和第二加工装置的加工作业后，硅棒的表面仍会存在些凹陷、凸起等不平整问题，因此，需要对硅棒进行相应的抛光加工作业，以改善硅棒的表面，获得高平坦度及光洁表面的效果。硅棒抛光装置主要包括抛光机架和至少一对抛光单元，至少一对抛光单元对向设置于抛光机架上，用于对位于抛光加工区位处的硅棒转换装置上的硅棒进行抛光加工作业。

更进一步地，每一个抛光单元更包括抛光主轴和抛光毛刷，其中，抛光主轴与抛光机架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，可令抛光主轴或抛光毛刷能相对抛光机架作横向地进退运动，利用纵向滑动导引机构，可令抛光主轴能相对抛光机架作纵向地上下运动。抛光毛刷设置于抛光主轴的作业端，在一种可选实施例中，所述抛光毛刷可例如为环形毛刷，能受控而旋转。

在硅棒为单晶硅棒的情形下，由硅棒抛光装置对单晶硅棒进行抛光加工作业可进一步包括：先利用硅棒转换装置将单晶硅棒转送至硅棒加工平台的抛光加工区位，由硅棒定位机构对单晶硅棒进行定位并旋转单晶硅棒，驱动至少一对抛光单元中的抛光毛刷旋转，并由抛光毛刷对单晶硅棒的连接棱面进行抛光，其中，至少一对抛光单元中的抛光毛刷之间的间距是要小于呈对角的两个连接棱面之间的间距；随后，由硅棒定位机构对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒的第一对侧面对应于一对抛光单元，由一对抛光单元中的抛光毛刷对单晶硅棒的第一对侧面进行抛光；接着，由硅棒定位机构对单晶硅棒进行定位调整，使得单晶硅棒的第二对侧面对应于一对抛光单元，由一对抛光单元中的抛光毛刷对单晶硅棒的第二对侧面进行抛光。

其中，在对单晶硅棒的连接棱面进行抛光时：单晶硅棒始终在旋转着，抛光毛刷也始终旋转着，一对抛光毛刷继续向下，对单晶硅棒的下一段的各个连接棱面进行抛光，直至抛光到单晶硅棒的底部，完成单晶硅棒单次连接棱面抛光；再驱动一对抛光毛刷从下往上运动，由抛光毛刷继续抛光单晶硅棒的各个连接棱面；如此，反复数次之后，即可将单晶硅棒的各个连接棱面抛光至高平坦度及光洁表面的效果；在对单晶硅棒的侧面进行抛光时，任一对侧面的抛光可例如包括：单晶硅棒由硅棒定位机构定位不动着，提供一进给量，驱动一对抛光单元中的抛光毛刷从上往下运动来抛光单晶硅棒的一对侧面；一对抛光毛刷抛光到单晶硅棒底部之后并穿过单晶硅棒之后再驱动一对抛光毛刷从下往上运动来抛光单晶硅棒；如此，反复数次之后，即可将单晶硅棒的各个侧面抛光至高平坦度及光洁表面的效果。

另外，由以上描述可知，在一种可选实施例中，硅棒抛光装置对单晶硅棒进行的抛光加工作业采用的是先连接棱面抛光后侧面抛光的工序，但并不以此为限，在其他变更实施例中，硅棒抛光装置对单晶硅棒进行的抛光加工作业也可采用先侧面抛光后连接棱面抛光的工序，应具有相同的技术效果。

在硅棒为多晶硅棒的情形下，由硅棒抛光装置对多晶硅棒进行抛光加工作业可进一步包括：先利用硅棒转换装置将多晶硅棒转送至硅棒加工平台的抛光加工区位，由硅棒定位机构

对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒的第一对侧面对应于一对抛光单元，由一对抛光单元中的抛光毛刷对多晶硅棒的第一对侧面进行抛光；接着，由硅棒定位机构对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒的第二对侧面对应于一对抛光单元，由一对抛光单元中的抛光毛刷对多晶硅棒的第二对侧面进行抛光。其中，任一对侧面的抛光可例如包括：多晶硅棒由硅棒定位机构定位不动着，提供一进给量，驱动一对抛光单元中的抛光毛刷从上往下运动来抛光多晶硅棒的一对侧面；一对抛光毛刷抛光到多晶硅棒底部之后并穿过多晶硅棒之后再驱动一对抛光毛刷从下往上运动来抛光多晶硅棒；如此，反复数次之后，即可将多晶硅棒的各个侧面抛光至高平坦度及光洁表面的效果。

更进一步地，在一可选实施例中，除了对多晶硅棒的各个侧面进行抛光加工作业之外，还可对多晶硅棒的各个倒角面进行抛光加工作业。在对倒角面进行抛光加工作业时，先由硅棒定位机构对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒的第一对倒角面对应于一对抛光单元，由一对抛光单元中的抛光毛刷对多晶硅棒的第一对侧面进行抛光；接着，由硅棒定位机构对多晶硅棒进行定位调整，使得多晶硅棒的第二对侧面对应于一对抛光单元，由一对抛光单元中的抛光毛刷对多晶硅棒的第二对侧面进行抛光。对对角面进行抛光的具体作业过程可参见前述对侧面进行抛光的过程描述，在此不再赘述。

再有，在本申请硅棒多工位加工机中，在一可选实施例中，还可包括硅棒清洗装置。所述硅棒清洗装置可设于机座上，用于对硅棒进行清洗。针对硅棒清洗装置而言，一般，硅棒经第一加工装置和第二加工装置，或第一加工装置、第二加工装置及第三加工装置的加工作业后，作业过程中产生的切割碎屑会附着于硅棒表面，因此，必要时，需要对硅棒进行必要的清洗。一般地，所述硅棒清洗装置包括有清洗刷头及与所述清洗刷头配合的清洗液喷洒装置，在清洗时，由所述清洗液喷洒装置对着硅棒喷洒清洗液，同时，由电机驱动清洗刷头作用于硅棒，完成清洗作业。在实际应用中，所述清洗液可例如为纯水，所述清洗刷头可例如为旋转式刷头。

特别需要指出的是，若硅棒多工位加工机增设了相应的加工作业装置，那么硅棒加工平台上的功能区位以及输送本体上的硅棒定位机构的数量及其位置关系均需作相应调整。假设，硅棒多工位加工机增设了一个加工作业装置（例如：硅棒抛光装置），硅棒加工平台上也会相应增设一个功能区位（例如：抛光加工区位）且输送本体也相应增加一个硅棒定位机构。进一步地，优选地，这四个硅棒定位机构两两之间所设置的角度也是与四个功能区位两两之间的角度分布相一致。如此，当某一个硅棒定位机构对应于某一个功能区位时，其他三个硅棒定位机构也是分别与其他三个功能区位相对应。这样，在流水作业中，任一时刻，当每一个

硅棒定位机构上均定位有一个硅棒且硅棒定位机构是与功能区位相对应时，则这些硅棒就位于对应的某一功能区位处执行着相应的加工作业。在一种可选实施例中，所述硅棒加工平台上的四个功能区位两两之间呈 90° 分布，因此，与之对应地，为圆盘形或圆环形的输送本体上的四个硅棒定位机构两两之间也呈 90° 分布。

本申请硅棒多工位加工机，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。

本申请另公开了一种硅棒多工位加工方法，用于对硅棒进行多工位的加工作业。在一实施方式中，硅棒多工位加工方法是应用于硅棒多工位加工机，所述硅棒多工位加工机包括有硅棒加工平台、硅棒装卸装置、第一加工装置、第二加工装置、以及硅棒转换装置，其中，所述硅棒加工平台具有预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位。

请参阅图 7，为本申请硅棒多工位加工方法的在一实施方式中的流程示意图。如图 7 所示，本申请硅棒多工位加工方法包括以下步骤：

步骤 S101 为第一硅棒的预处理步骤：令硅棒装卸装置将待加工的第一硅棒装载于硅棒加工平台的预处理区位，并对位于所述预处理区位处的第一硅棒进行预处理。通过步骤 S101，可完成第一硅棒的装载及预处理。

步骤 S103 为第一硅棒进行第一加工作业及第二硅棒的预处理步骤：令硅棒转换装置转动第一预设角度以将完成预处理的第一硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令第一加工装置对第一加工区位上的第一硅棒进行第一加工作业，在此阶段，令硅棒装卸装置将待加工的第二硅棒装载于预处理区位并进行预处理。通过步骤 S103，对转换至第一加工区位的第一硅棒进行第一加工作业，同时，完成第二硅棒的装载及预处理。

步骤 S105 为第一硅棒进行第二加工作业、第二硅棒的第一加工以及第三硅棒的预处理步骤：令硅棒转换装置转动第二预设角度以将完成第一加工作业的第一硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位以及将完成预处理的第二硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令第二加工装置对第二加工区位上的第一硅棒进行第二加工作业，在此阶段，令第一加工装置对第一加工区位上的第二硅棒进行第一加工作业以及令硅棒装卸装置将待加工的第三硅棒装载于预处理区位并进行预处理。通过步骤 S105，对转换至第二加工区位的第一硅棒进行第二加工作业，对转换至第一加工区位的第二硅棒进行第一加工作业，同时，完成第三硅棒的装载及预处理。

由上可知，针对硅棒加工作业而言（可参照第一硅棒），硅棒可有序且无缝衔接地执行装载、第一加工作业、以及第二加工作业，多个加工工序可在一个多工位加工机内完成，切实提高了硅棒加工作业的整体性及生产效率，确保了产品加工作业的品质。另外，多个硅棒可同时在不同的加工区位上执行相应的加工作业，各自独立且相互无干扰，形成流水线的加工作业，大大提升了硅棒加工作业的效率。

实际上，本申请硅棒多工位加工方法还可包括其他后续步骤，请参阅图 8，本申请硅棒多工位加工方法除了前述步骤之后还可包括：

步骤 S107 为第一硅棒进行卸料、第二硅棒的第二加工作业、第三硅棒的第一加工作业步骤：令硅棒转换装置转动第三预设角度以将完成第二加工作业的第二硅棒由第二加工区位转换至预处理区位以及将完成第一加工作业的第二硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位和将完成预处理的第三硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令硅棒装卸装置将预处理区位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区位并对位于所述预处理区位处的第四硅棒进行预处理，在此阶段，令第二加工装置对第二加工区位上的第二硅棒进行第二加工作业以及令第一加工装置对第一加工区位上的第三硅棒进行第一加工作业。通过步骤 S107，将完成第二加工作业的第二硅棒转换至预处理区位后予以卸载，对转换至第二加工区位的第二硅棒进行第二加工作业，对转换至第一加工区位的第三硅棒进行第一加工作业，同时，完成第四硅棒的装载及预处理，各个加工区位井然有序地执行相应的加工作业。

在实际应用中，需特别说明的是，针对不同形态的硅棒，由第一加工装置对硅棒进行第一加工作业和由第二加工装置对硅棒进行第二加工作业也会有不同的变化组合例。例如：若硅棒 100 为单晶硅棒，则第一加工装置 3 可以是切圆及粗磨装置而第二加工装置 4 可以是滚圆及精磨装置；若硅棒 100 为多晶硅棒，则第一加工装置 3 可以是粗磨装置而第二加工装置可以是倒角及精磨装置。

以下结合前述的图 7，对前述实施方式中的硅棒多工位加工方法针对单晶硅棒和多晶硅棒的不同加工作业组合进行说明。

以单晶硅棒为例：

在步骤 S101 中，对位于所述预处理区位处的第一硅棒进行预处理，包括：令平整度检测仪对第一硅棒进行平面平整度检测。

在步骤 S103 中，令第一加工装置对第一加工区位上的第一硅棒进行第一加工作业，包括：令切圆及粗磨装置对第一加工区位上的第一硅棒进行切圆及粗磨加工作业。切圆及粗磨加工作业进一步包括：先利用切圆及粗磨装置对第一加工区位上的第一硅棒中的连接棱面进

行切圆加工作业，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；后利用切圆及粗磨装置对第一硅棒中的侧面进行粗磨加工加工作业。

在步骤 S105 中，令第二加工装置对第二加工区位上的第一硅棒进行第二加工作业，包括：令滚圆及精磨装置对第二加工区位上的第一硅棒进行滚圆及精磨加工作业。滚圆及精磨加工作业进一步包括：先利用滚圆及精磨装置对第一硅棒进行滚圆加工作业，对第一硅棒中的连接棱面进行研磨，使得第一硅棒中的连接棱面与侧面圆滑过渡；后利用滚圆及精磨装置对第一硅棒的侧面进行精磨加工作业。

以多晶硅棒为例：

在步骤 S101 中，对位于所述预处理区位处的第一硅棒进行预处理，包括：令平整度检测仪对第一硅棒进行平面平整度检测。

在步骤 S103 中，令第一加工装置对第一加工区位上的第一硅棒进行第一加工作业，包括：令粗磨装置对第一加工区位上的第一硅棒进行粗磨加工作业。

在步骤 S105 中，令第二加工装置对第二加工区位上的第一硅棒进行第二加工作业，包括：令倒角及精磨装置对第二加工区位上的第一硅棒进行倒角及精磨加工作业。倒角及精磨加工作业进一步包括：先利用倒角及精磨装置对第一硅棒进行滚圆加工作业，对第一硅棒中的棱角进行研磨以形成倒角面；后利用倒角及精磨装置对第一硅棒的侧面进行精磨加工作业。

本申请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。

以下结合图 9 至图 24，对本申请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，先作如下设定：硅棒可选为单晶硅棒也可多晶硅棒，其中：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。所采用的硅棒多工位加工机包括有硅棒加工平台、硅棒装卸装置、第一加工装置、第二加工装置、以及硅棒转换装置，当然，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区位、第一加工区位、以及第二加工区位，预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位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，预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 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

设依照预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位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。

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，第一硅棒 101 是竖立放置于硅棒承载台 21 上的，将第一硅棒 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 上的第一硅棒 101 的角度，所述角度可例如为 45° 放置，即，第一硅棒 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）。实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 9，图 9 显示为硅棒被竖立放置于硅棒承载台上的状态示意图。

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区位。在本实施例中，将待加工的第一硅棒 101 装载于硅棒加工平台 11 的预处理区位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硅棒 101，实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 10，图 10 显示为硅棒被硅棒夹具夹持的状态示意图；接着，将第一硅棒 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区位；接着，将第一硅棒 101 放置于处于预处理区位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硅棒 101 实现定位，实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 11，图 11 显示为硅棒被换向载具放置于预处理区位的状态示意图。

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，实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 12，图 12 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。

步骤 3, 对预处理区位处的第一硅棒进行平面平整度检测。实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 13 和图 14, 显示为平整度检测仪检测硅棒平面平整度的状态示意图。

在本实施例中, 对预处理区位处的第一硅棒 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区位, 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硅棒 101 的角度, 例如带动第一硅棒 101 转动 45° , 使得第一硅棒 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 依序检测第一硅棒 101 中当前的待测侧面上的各个检测点。

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。

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

运动以调整第一硅棒 101 的角度（例如带动第一硅棒 101 转动 90° ）而切换至邻近的下一个侧面。

额外地，在步骤 3 中，除了利用平整度检测仪 7 对预处理区位处的第一硅棒 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 的配合来对第一硅棒 101 进行纠偏作业。

在本实施例中，在所述纠偏作业中，一般地，主要地是将第一硅棒 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 上承载的第一硅棒 101 进行平面平整度检测，从而获得第一硅棒 101 的整体位置概况；将获得的第一硅棒 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 上的第一硅棒 101 并夹持住第一硅棒 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 夹持的第一硅棒 101 相对旋转承载台 531 作位置调整，最终得以将第一硅棒 101 的中心与旋转承载台 531 的中心对应重合，完成针对第一硅棒 101 的纠偏作业。

另外，针对不同形态的硅棒，所述纠偏作业存在细节上的差异。

以单晶硅棒为例，请参阅图 15，显示为对单晶硅棒进行纠偏作业的示意图。如图 15 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 O1；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 O2；计算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 O1、单晶硅棒连接棱面的中心 O2，推算出单晶硅棒成品的中心 O3；将获得的单晶硅棒成品的中心 O3 与旋转承载台的中心 O 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 O3 与旋转承载台的中心 O 对应重合，完成针对单晶硅棒的纠偏作业。

以多晶硅棒为例，请参阅图 16，显示为对多晶硅棒进行纠偏作业的示意图。如图 16 所示，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。因此，针对多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多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多晶硅棒的中心 O1；将获得的多晶硅棒的中心 O1 与旋转承载台的中心 O 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多晶硅棒并夹持住多晶硅棒，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多晶硅棒相对旋转承载台作位置调整，最终得以将多晶硅棒的中心 O1 与旋转承载台的中心 O 对应重合，完成针对多晶硅棒的纠偏作业。

步骤 4，将完成平面平整度检测的第一硅棒由预处理区位由预处理区位转换至第一加工区位并对第一加工区位上的第一硅棒进行第一加工作业，在此阶段，将待加工的第二硅棒装载于预处理区位并进行预处理。实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 17，显示为对第一硅棒进行第一加工作业及第二硅棒进行装载的状态示意图。

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区位由预处理区位转换至第一加工区位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，预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 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° ，原先位于预处理区位上的第一硅棒定位机构 53 及其定位的第一硅棒 101 就转换至第一加工区位上了。

对第一加工区位上的第一硅棒 101 进行第一加工作业则是由第一加工装置 3 实施的。在第一硅棒 101 为单晶硅棒的情形下，第一加工装置 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。

切圆加工作业进一步包括：先利用硅棒转换装置 5 将第一硅棒 101 转送至第一加工区位，由第一硅棒定位机构 53 对第一硅棒 101 进行定位调整；初始地，在硅棒转换装置 5 将第一硅棒 101 转送至第一加工区位时，第一硅棒 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 对第一硅棒 101 进行定位调整可例如包括带动第一硅棒 101 正向（或逆向）转动 45° ，使得第一硅棒 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，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 带动第一硅棒 101 正向转动 80° ，使得第一硅棒 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 上下运动以对第一硅棒 101 中的第一对连接棱面进行第三次粗切。作为第一硅棒 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 18，图 18 显示为单晶硅棒在切圆加工作业中的状态变化示意图。

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 带动第一硅棒 101 转动相应角度，例如：第一硅棒定位机构 53 带动第一硅棒 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。

表一

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
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°
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°
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°
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°
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°

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 将第一硅棒 101 转送至第一加工区位，由第一硅棒定位机构 53 带动第一硅棒 101 正向转动 40° ，使得第一硅棒 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 上下运动以对第一硅棒 101 中的第二对连接棱面进行第三次粗切。

粗磨加工作业进一步包括：先利用硅棒转换装置 5 将第一硅棒 101 转送至第一加工区位，由第一硅棒定位机构 53 对第一硅棒 101 进行定位调整，使得第一硅棒 101 中的第一对侧面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 带动第一硅棒 101 正向（或逆向）转动 90° ，使得第一硅棒 101 中的第二对侧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 上下运动以对第一硅棒 101 中的第二对侧面进行粗磨。作为第一硅棒 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 19，图 19 显示为单晶硅棒在粗磨加工作业中的状态变化示意图。

在第一硅棒 101 为多晶硅棒的情形下，第一加工装置 3 为粗磨装置。由粗磨装置对多晶硅棒进行粗磨加工作业可大致包括：先利用硅棒转换装置 5 将第一硅棒 101 转送至第一加工区位，由第一硅棒定位机构 53 对第一硅棒 101 进行定位调整，使得第一硅棒 101 中的第一对侧面对应于粗磨装置 3 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 带动第一硅棒 101 正向（或逆向）转动 90° ，使得第一硅棒 101 中的第二对侧面对应于粗磨装置 3 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 上下运动以对第一硅棒 101 中的第二对侧面进行粗磨。作为第一硅棒 101 的多晶硅棒实施上述粗磨加工作业的状态具体可参见图 20，图 20 显示为多晶硅棒在粗磨加工作业中的状态变化示意图。

在步骤 4 中，将待加工的第二硅棒装载于预处理区位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。

步骤 5，将完成第一加工作业的第一硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位以及将完成预处理的第二硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；对第二加工区位上的第一硅棒进行第二加工作业，在此阶段，令对第一加工区位上的第二硅棒进行第一加工作业以及将待加工的第三硅棒装载于预处理区位并进行预处理。实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 21，图 21 显示本申请的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。

在本实施例中，将完成第一加工作业的第一硅棒 101 由第一加工区位转换至第二加工区位以及将完成预处理的第二硅棒 102 由预处理区位转换至第一加工区位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，预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 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° ，原先位于第一加工区位上的第一硅棒定位机构 53 及其定位的第一硅棒 101 就转换至第二加工区位上以及原先位于预处理区位上的第二硅棒定位机构 53 及其定位的第二硅棒 102 就转换至第一加工区位上了。

对第二加工区位上的第一硅棒 101 进行第二加工作业则是由第二加工装置 4 实施的。在第一硅棒 101 为单晶硅棒的情形下，第二加工装置 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硅棒 101 转送至硅棒加工平台的第二加工区位，由第一硅棒定位机构 53 对第一硅棒 101 进行定位并旋转第一硅棒 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 上下运动以对第一硅棒 101 的各个连接棱面进行研磨滚圆，使得第一硅棒 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 22，图 22 显示为单晶硅棒在滚圆加工作业中的状态示意图。

精磨加工作业进一步包括：由第一硅棒定位机构 53 对第一硅棒 101 进行定位调整，使得第一硅棒 101 中的第一对侧面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 带动第一硅棒 101 正向（或逆向）转动 90° ，使得第一硅棒 101 中的第二对侧面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 上下运动以对第一硅棒 101 中的第二对侧面进行精磨。作为第一硅棒 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 23，图 23 显示为单晶硅棒在精磨加工作业中的状态示意图。

在第一硅棒 101 为多晶硅棒的情形下，第二加工装置 4 为倒角及精磨装置。由倒角及精磨装置对多晶硅棒进行倒角及精磨加工作业可大致包括：倒角加工作业和精磨加工作业。

倒角加工作业进一步包括：利用硅棒转换装置 5 将作为多晶硅棒的第一硅棒 101 转送至硅棒加工平台的第二加工区位，由第一硅棒定位机构 53 对第一硅棒 101 进行定位调整，例如带动第一硅棒 101 转动 45° ，使得第一硅棒 101 中的第一对棱角对应于倒角及精磨装置中的一对第二磨具 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 上下运动以对第一硅棒 101 的第一对棱角进行磨削，使得第一硅棒 101 的第一对棱角经磨削而形成倒角面；由第一硅棒定位机构 53 带动第一硅棒 101 正向（或逆向）转动 90° ，使得第一硅棒 101 中的第二对棱角对应于倒角及精磨装置 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 上下运动以对第一硅棒 101 的第二对棱角进行磨削，使得第一硅棒 101 的第二对棱角经磨削而形成倒角面。作为第一硅棒 101 的多晶硅棒实施上述倒角加工作业的状态具体可参见图 24，图 24 显示为多晶硅棒在倒角加工作业中的状态示意图。

精磨加工作业进一步包括：由第一硅棒定位机构 53 对作为第一硅棒 101 的多晶硅棒进行定位调整，例如带动第一硅棒 101 转动 45° ，使得第一硅棒 101 中的第一对侧面对应于倒角及精磨装置中的一对第二磨具 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 上下运动以对第一硅棒 101 的第一对侧面进行精磨；由第一硅棒定位机构 53 带动第一硅棒 101 正向（或逆向）转动 90° ，使得第一硅棒 101 中的第二对侧面对应于倒角及精磨装置 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 上下运动以对第一硅棒 101 的第二对侧面进行精磨。作为第一硅棒 101 的多晶硅棒实施上述精磨加工作业的状态具体可参见图 25，图 25 显示为多晶硅棒在精磨加工作业中的状态示意图。

在步骤 5 中，将完成平面平整度检测的第二硅棒由预处理区位由预处理区位转换至第一加工区位并对第一加工区位上的第二硅棒 102 进行第一加工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区位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。

步骤 6，将完成第二加工作业的第二硅棒由第二加工区位转换至预处理区位以及将完成

第一加工作业的第二硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位和将完成预处理的第三硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；将预处理区位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区位并对位于所述预处理区位处的第四硅棒进行预处理，在此阶段，对第二加工区位上的第二硅棒进行第二加工作业以及对第一加工区位上的第三硅棒进行第一加工作业。实施上述操作后硅棒多工位加工机的状态具体可参见图 26，图 26 显示为完成加工作业的硅棒卸料的状态示意图。

在本实施例中，将完成第二加工作业的第一硅棒 101 由第二加工区位转换至预处理区位以及将完成第一加工作业的第二硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位和将完成预处理的第三硅棒由预处理区位转换至第一加工区位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，预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 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，原先位于第二加工区位上的第一硅棒定位机构 53 及其定位的第一硅棒 101 就转换至预处理区位上、原先位于第一加工区位上的第二硅棒定位机构 53 及其定位的第二硅棒 102 就转换至第二加工区位上、以及原先位于预处理区位上的第三硅棒定位机构 53 及其定位的第三硅棒 103 就转换至第一加工区位上了。

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区位、第一加工区位、以及第二加工区位之间转换，有必要进行详细说明。

请参阅图 27，显示为本申请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 27 所示，在该实施例中，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位依序设置，其中，预处理区位处对应设有硅棒装卸装置，第一加工区位对应设有第一加工装置，第二加工区位对应设有第二加工装置，且，预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 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。

在这里，假设依照预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位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 将待加工的第一硅棒 101 装载于硅棒加工平台的预处理区位，并对位于所述预处理区位处的第一硅棒 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硅棒 101 由预处理区位转换至第一加工区位，令第一加工装置 3 对第一加工区位上的第一硅棒 101 进行第一加工作业，在此阶段，令硅棒装卸装置 2 将待加工的

第二硅棒 102 装载于预处理区位并进行预处理；令硅棒转换装置 5 正向转动 120° 以将完成第一加工作业的第一硅棒 101 由第一加工区位转换至第二加工区位以及将完成预处理的第二硅棒 102 由预处理区位转换至第一加工区位，令第二加工装置 4 对第二加工区位上的第一硅棒 101 进行第二加工作业，在此阶段，令第一加工装置 3 对第一加工区位上的第二硅棒 102 进行第一加工作业以及令硅棒装卸装置 5 将待加工的第三硅棒 103 装载于预处理区位并进行预处理；令硅棒转换装置 5 正向转动 120° 或逆向转动 240° 以将完成第二加工作业的第一硅棒 101 由第二加工区位转换至预处理区位以及将完成第一加工作业的第二硅棒 102 由第一加工区位转换至第二加工区位、以及将完成预处理的第三硅棒 103 由预处理区位转换至第一加工区位，将预处理区位上的第一硅棒 101 进行卸载。

考虑到所述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硅棒 101 由第二加工区位转换至预处理区位的过程中，可以包括以下两种情况：

第一种情况为，硅棒转换装置 5 的旋转角度范围为 $\pm 240^\circ$ ，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，将完成第二加工作业的第一硅棒 101 由第二加工区位转换至预处理区位。该种情况带来的有益效果还包括，可为整个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。

第二种情况为，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 360^\circ$ ，使硅棒转换装置 5 在旋转一周 360° 后将完成第二加工作业的第一硅棒 101 由第二加工区位转换至预处理区位，然后，再逆向 360° 旋转一周释放正向旋转过程中缠绕的线缆。

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。

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。

由于执行硅棒的装卸、平面平整度检测、第一加工作业、第二加工作业在前述均已有所描述，不在此不再赘述。

在这里，想另行补充说明的是，在其他可选实施例中，若硅棒多工位加工机增设了相应的加工作业装置，那么硅棒加工平台上的功能区位以及输送本体上的硅棒定位机构的数量及

其位置关系均需作相应调整，后续，在利用硅棒多工位加工机对待加工的硅棒进行多工位加工的过程中，利用硅棒转换装置转动一预设角度以实现硅棒在功能区进行转换也会有相应调整。假设，硅棒多工位加工机增设了一个第三加工装置，则，硅棒加工平台上也会增设一个第三加工工位且硅棒转换装置也会在输送本体上增加一个硅棒定位机构。

于具体的实施例中，所述第三加工装置例如硅棒抛光装置。所述硅棒抛光装置可设于机座上，用于对硅棒进行抛光加工作业，其具体实现方式可参照前述针对硅棒抛光装置的描述。

在一种可选实施例中，所述硅棒加工平台上的预处理工位、第一加工工位、第二加工工位、以及第三加工工位依序设置，其中，预处理工位处对应设有硅棒装卸装置，第一加工工位对应设有第一加工装置，第二加工工位对应设有第二加工装置，第三加工工位对应设有第三加工装置，且，预处理工位、第一加工工位、第二加工工位、以及第三加工工位两两相邻之间呈 90° 分布，与之对应地，为圆形或圆环形的输送本体上的四个硅棒定位机构两两相邻之间也呈 90° 分布。

请参阅图 28，显示为本申请硅棒多工位加工机为四工位加工作业中的状态示意图。如图 28 所示，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 将待加工的第一硅棒 101 装载于硅棒加工平台的预处理工位，并对位于所述预处理工位处的第一硅棒 101 进行预处理；令硅棒转换装置 5 正向转动 90° 以将完成预处理的第一硅棒 101 由预处理工位转换至第一加工工位，令第一加工装置 3 对第一加工工位上的第一硅棒 101 进行第一加工作业，在此阶段，令硅棒装卸装置 2 将待加工的第二硅棒 102 装载于预处理工位并进行预处理；令硅棒转换装置 5 正向转动 90° 以将完成第一加工作业的第一硅棒 101 由第一加工工位转换至第二加工工位以及将完成预处理的第二硅棒 102 由预处理工位转换至第一加工工位，令第二加工装置 4 对第二加工工位上的第一硅棒 101 进行第二加工作业，在此阶段，令第一加工装置 3 对第一加工工位上的第二硅棒 102 进行第一加工作业以及令硅棒装卸装置 5 将待加工的第三硅棒 103 装载于预处理工位并进行预处理；令硅棒转换装置 5 正向转动 90° 以将完成第二加工作业的第一硅棒 101 由第二加工工位转换至第三加工工位以及将完成第一加工作业的第二硅棒 102 由第一加工工位转换至第二加工工位和将完成预处理的第三硅棒 103 由预处理工位转换至第一加工工位，令第三加工装置 8 对第三加工工位上的第一硅棒 101 进行第三加工作业，在此阶段，令第二加工装置 4 对第二加工工位上的第二硅棒 102 进行第二加工作业以及令第一加工装置 3 对第一加工工位上的第三硅棒 103 进行第一加工作业和令硅棒装卸装置 5 将待加工的第四硅棒 104 装载于预处理工位并进行预处理；令硅棒转换装置 5 正向转动 90° 或逆向转动 270° 以将完成第三加工作业的第一硅棒 101 由第三加工工位转

换至预处理区位以及将完成第二加工作业的第二硅棒 102 由第二加工区位转换至第三加工区位、将完成第一加工作业的第三硅棒 103 由第一加工区位转换至第二加工区位、和将完成预处理的第四硅棒 104 由预处理区位转换至第一加工区位，将预处理区位上的第一硅棒 101 进行卸载。

考虑到所述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硅棒 101 由第三加工区位转换至预处理区位的过程中，可以包括以下两种情况：

第一种情况为，硅棒转换装置 5 的旋转角度范围为 $\pm 270^\circ$ ，具体是指使硅棒转换装置 5 通过三次的正向转动 90° 和一次的逆向转动 270° 之后回到原位，将完成第三加工作业的的第一硅棒 101 由第三加工区位转换至预处理区位。该种情况带来的有益效果还包括，可为整个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，可以考虑在第三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。

第二种情况为，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 360^\circ$ ，使硅棒转换装置 5 在旋转一周 360° 后将完成第三加工作业的的第一硅棒 101 由第三加工区位转换至预处理区位，然后，再逆向 360° 旋转一周释放正向旋转过程中缠绕的线缆。

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。

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。

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。

权利要求书

1. 一种硅棒多工位加工机，其特征在于，包括：
 - 机座，具有硅棒加工平台；
 - 硅棒装卸装置，设于所述硅棒加工平台的预处理区位，用于将待加工的硅棒装载至所述硅棒加工平台的预处理区位以及将经加工后的硅棒自所述硅棒加工平台的预处理区位卸载；
 - 第一加工装置，设于所述硅棒加工平台的第一加工区位，用于对所述硅棒进行第一加工作业；
 - 第二加工装置，设于所述硅棒加工平台的第二加工区位，用于对通过所述第一加工装置的第一加工作业后的硅棒进行第二加工作业；以及
 - 硅棒转换装置，旋转设置于所述硅棒加工平台上，用于将所述硅棒在所述预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位之间转换。
2. 根据权利要求 1 述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述硅棒装卸装置包括：
 - 硅棒装卸区位，设有用于承载所述硅棒竖立放置的硅棒承载台；
 - 换向载具，用于作换向运动；以及
 - 硅棒夹具，设于所述换向载具的第一安装面；其中，通过驱动所述换向载具作换向运动，使得所述换向载具的硅棒夹具在所述硅棒装卸区位和所述预处理区位之间转换以移送所述硅棒。
3. 根据权利要求 2 述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述硅棒夹具包括：
 - 夹具安装件，设于所述换向载具上；以及
 - 至少两个硅棒夹持件，沿着所述夹具安装件间距设置；每一个所述硅棒夹持件包括：
 - 夹臂安装座，设于所述夹具安装件上；
 - 至少两个夹臂，活动设于所述夹臂安装座上；以及
 - 夹臂驱动机构，用于驱动所述至少两个夹臂作开合动作。
4. 根据权利要求 3 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述至少两个硅棒夹持件中的至少一个硅棒夹持件设有导向驱动机构，用于驱动其沿着所述夹具安装件运动，以调节所述至少两个硅棒夹持件的间距。
5. 根据权利要求 4 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述硅棒装卸装置还包括：高度

检测仪，设于所述换向载具上，用于检测所述硅棒的高度。

6. 根据权利要求 2 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，还包括平整度检测仪，设于所述换向载具的第二安装面，用于对所述硅棒进行平面平整度检测。
7. 根据权利要求 6 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述平整度检测仪包括：
接触式检测结构；
检测仪移位机构；以及
检测控制器，与所述接触式检测结构和所述检测仪移位机构连接，用于控制所述检测仪移位机构带动所述接触式检测结构移位以及控制所述接触式检测结构依序检测所述硅棒中待测面上各个检测点的相对距离。
8. 根据权利要求 1 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述硅棒转换装置包括：
圆盘形或圆环形的输送本体；
硅棒定位机构，设于所述输送本体上，用于对所述硅棒进行定位；以及
转换驱动机构，用于驱动所述输送本体转动以带动所述硅棒定位机构所定位的硅棒转换位置。
9. 根据权利要求 8 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述硅棒定位机构包括：
旋转承载台，设于所述圆盘形或圆环形的输送本体上，用于承载所述硅棒；
旋转压紧装置，相对设置于所述旋转承载台的上方，用于压紧所述硅棒；
升降驱动装置，用于驱动所述旋转压紧装置沿竖直方向作升降运动；以及
旋转驱动装置，用于驱动所述旋转压紧装置并带动所述旋转压紧装置作旋转运动。
10. 根据权利要求 1 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述第一加工装置包括：
第一机架；以及
至少一对第一磨具，对向设置于所述第一机架上，用于对位于第一加工区位处的硅棒转换装置上的硅棒进行第一加工作业。
11. 根据权利要求 10 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述第一磨具包括：
第一主轴；以及

至少一第一砂轮，设置于所述第一主轴的作业端；所述第一砂轮具有第一粒度的第一磨砂颗粒。

12. 根据权利要求 1 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述第二加工装置包括：

第二机架；以及

至少一对第二磨具，对向设置于所述第二机架上，用于对位于第二加工区位处的硅棒转换装置上的硅棒进行第二加工作业。

13. 根据权利要求 12 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述第二磨具包括：

第二主轴；以及

至少一第二砂轮，设置于所述第二主轴的作业端；所述第二砂轮具有第二粒度的第二磨砂颗粒。

14. 根据权利要求 1 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，还包括防护门，用于将预处理区位与所述第一加工区位和所述第二加工区位相隔离。

15. 根据权利要求 1 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 120° 分布，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 240^\circ$ 。

16. 根据权利要求 1 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于，还包括第三加工装置，设于所述硅棒加工平台的第三加工区位；所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、第二加工区位、以及第三加工区两两相邻之间呈 90° 分布，所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 270^\circ$ 。

17. 根据权利要求 1、15 或 16 所述的硅棒多工位加工机，其特征在于：

所述硅棒转换装置的旋转角度范围为 $\pm 360^\circ$ ；或

所述硅棒转换装置采用单向无限旋转方式。

18. 一种硅棒多工位加工方法，其特征在于，包括以下步骤：

令硅棒装卸装置将待加工的第一硅棒装载于硅棒加工平台的预处理区位，并对位于所

述预处理区位处的第一硅棒进行预处理；

令硅棒转换装置以转动第一预设角度以将完成预处理的第一硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令第一加工装置对第一加工区位上的第一硅棒进行第一加工作业，在此阶段，令硅棒装卸装置将待加工的第二硅棒装载于预处理区位并进行预处理；以及

令硅棒转换装置转动第二预设角度以将完成第一加工作业的第一硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位以及将完成预处理的第二硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令第二加工装置对第二加工区位上的第一硅棒进行第二加工作业，在此阶段，令第一加工装置对第一加工区位上的第二硅棒进行第一加工作业以及令硅棒装卸装置将待加工的第三硅棒装载于预处理区位并进行预处理。

19. 根据权利要求 18 所述的硅棒多工位加工方法，其特征在于，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 120° 分布；当依照所述预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位的顺序的走向被定义为正向时，令硅棒转换装置转动的第一预设角度为正向转动 120° ；令硅棒转换装置转动第二预设角度为正向转动 120° 。

20. 根据权利要求 18 所述的硅棒多工位加工方法，其特征在于，还包括步骤：

令硅棒转换装置转动第三预设角度以将完成第二加工作业的第一硅棒由第二加工区位转换至预处理区位以及将完成第一加工作业的第二硅棒由第一加工区位转换至第二加工区位和将完成预处理的第三硅棒由预处理区位转换至第一加工区位；令硅棒装卸装置将预处理区位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区位并对位于所述预处理区位处的第四硅棒进行预处理，在此阶段，令第二加工装置对第二加工区位上的第二硅棒进行第二加工作业以及令第一加工装置对第一加工区位上的第三硅棒进行第一加工作业。

21. 根据权利要求 20 所述的硅棒多工位加工方法，其特征在于，所述硅棒加工平台上的预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位两两之间呈 120° 分布；当依照所述预处理区位、第一加工区位、以及第二加工区位的顺序的走向被定义为正向时，所述的令硅棒转换装置转动的第一预设角度为正向转动 120° ；所述的令硅棒转换装置转动第二预设角度为正向转动 120° ；所述的令硅棒转换装置转动第三预设角度为正向转动 120° 或者逆向转动 240° 。

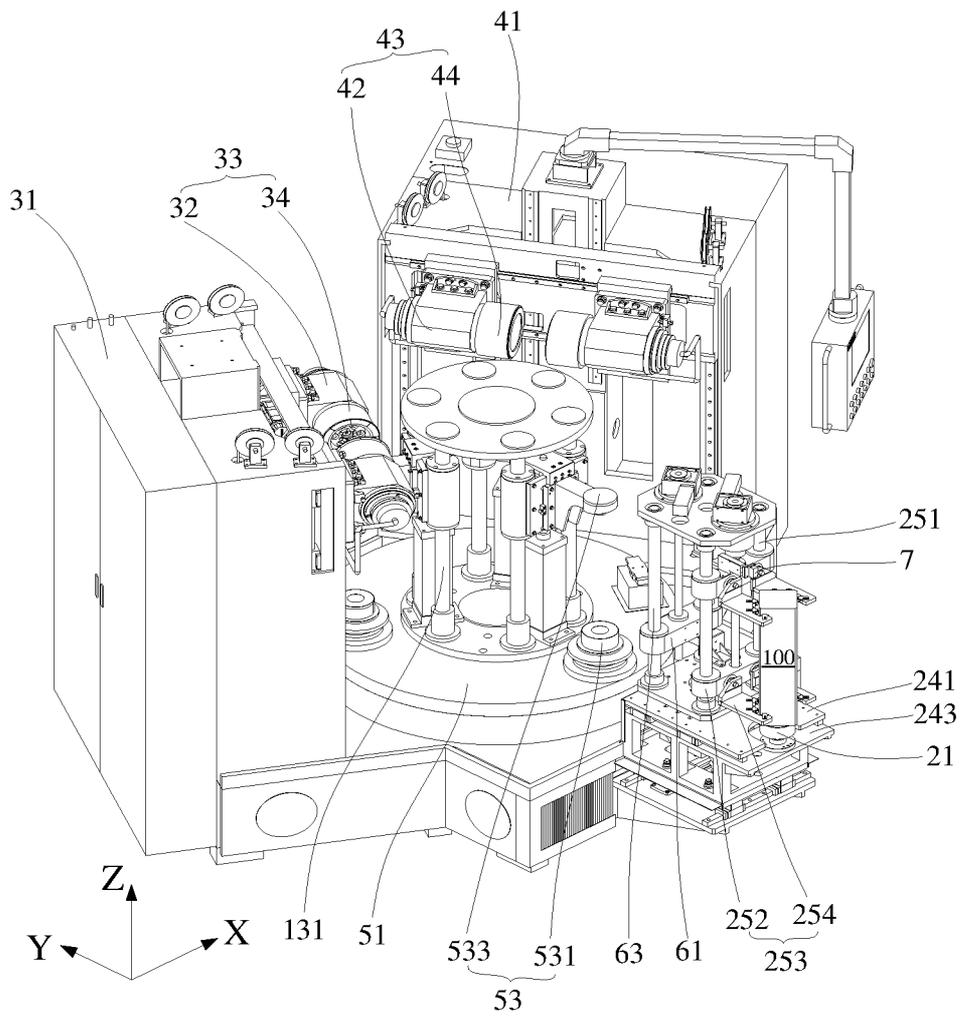


图 1

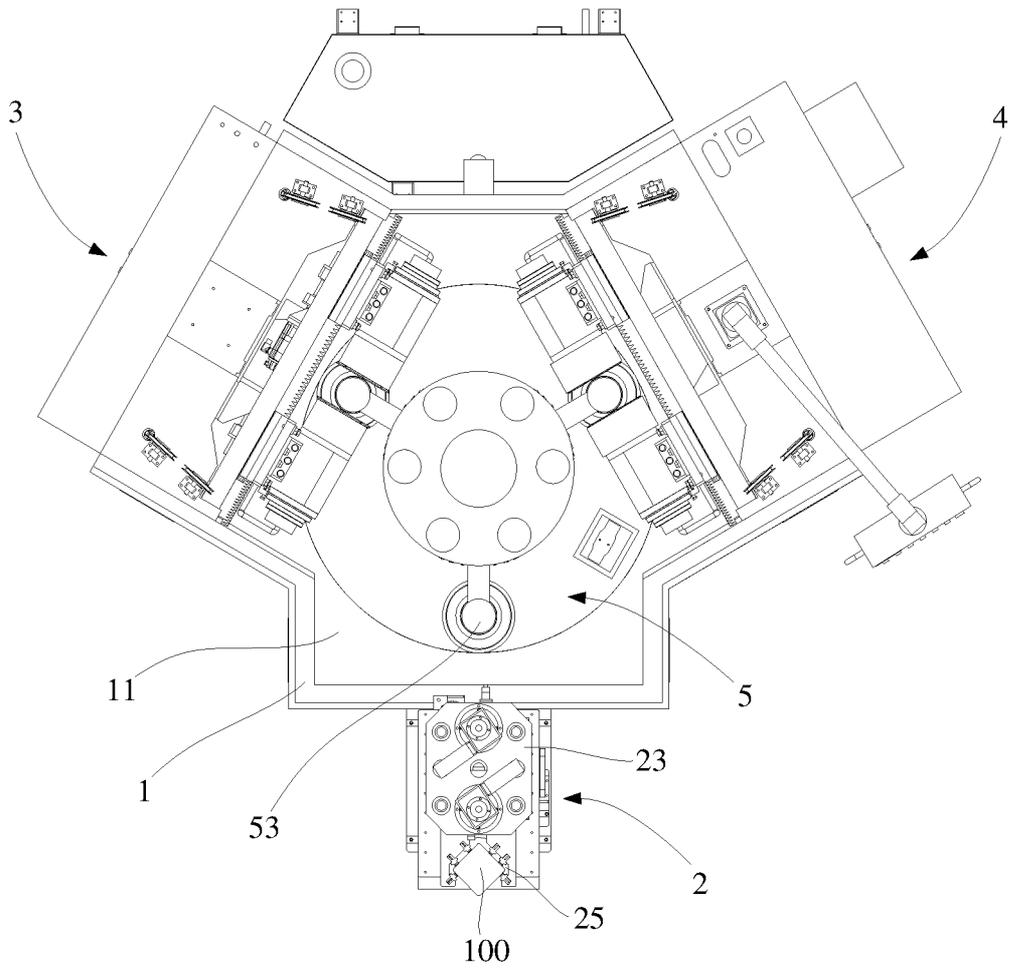


图 2

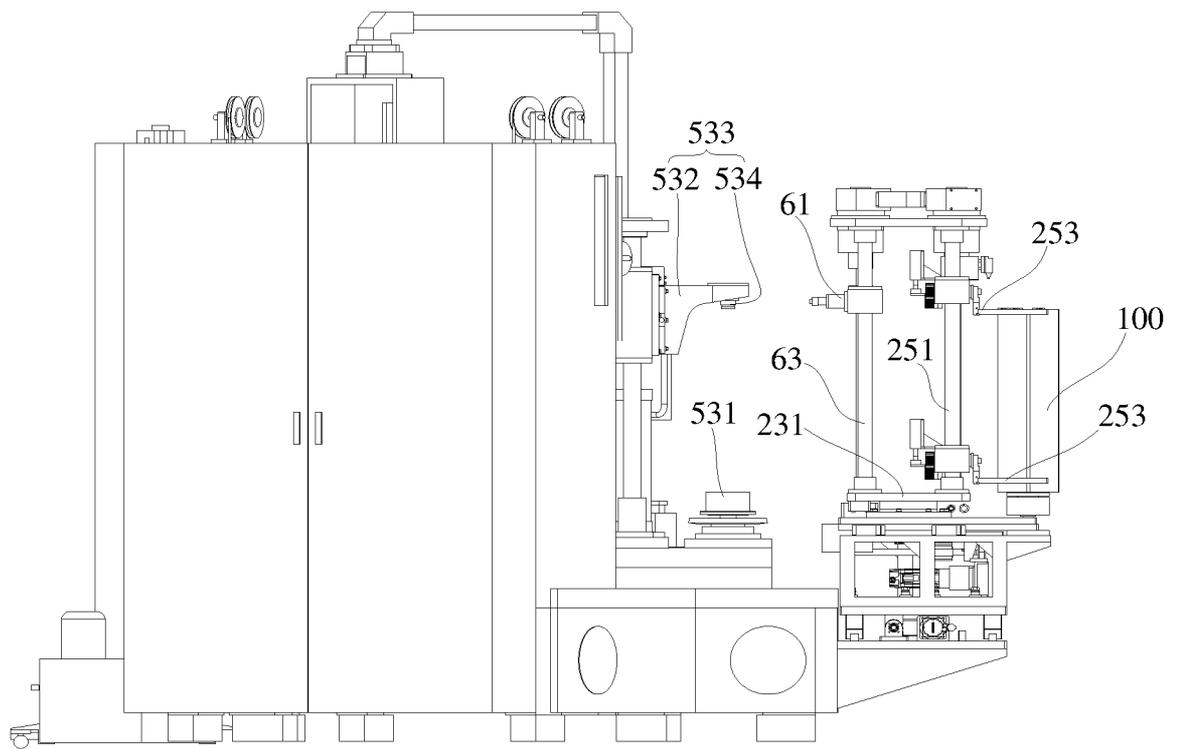


图 3

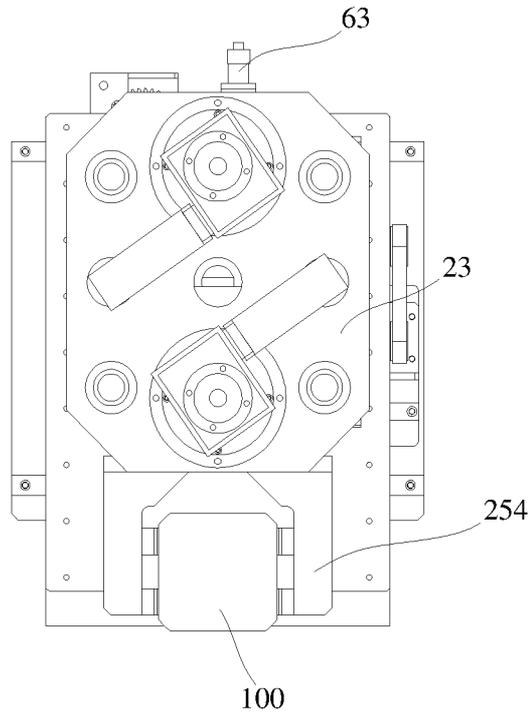


图 4

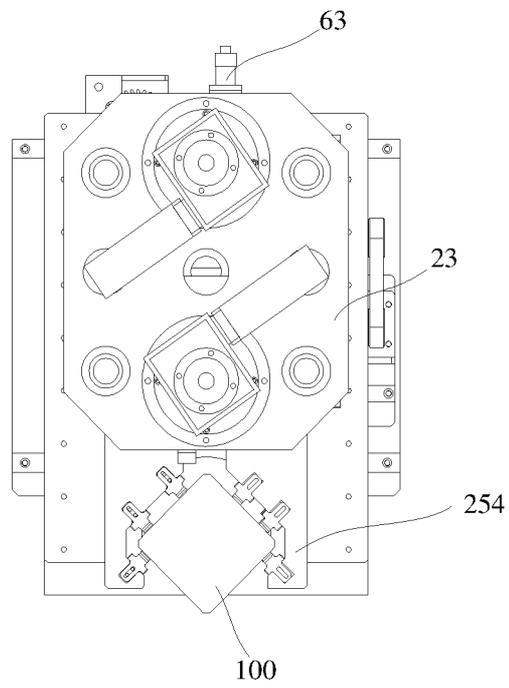


图 5

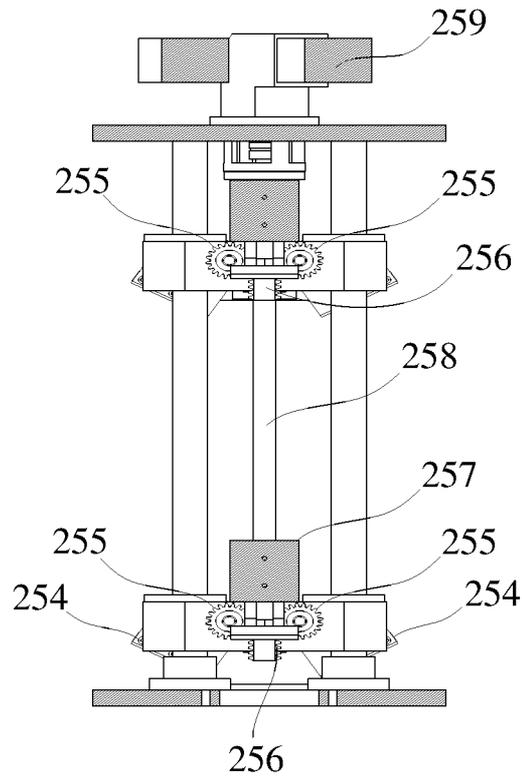


图 6

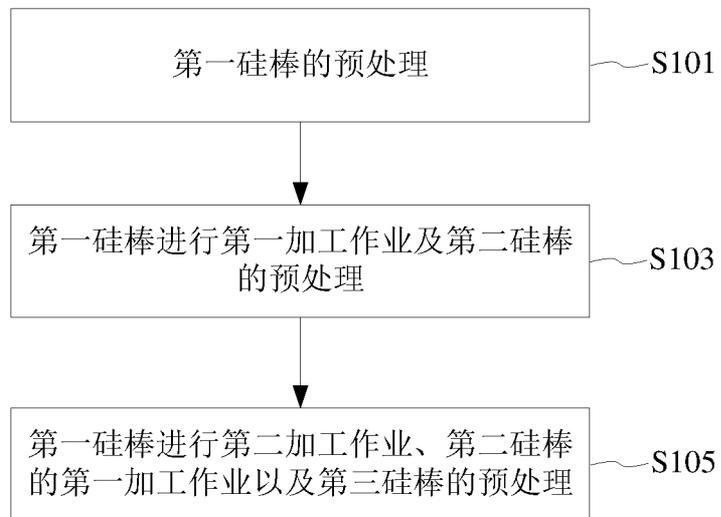


图 7

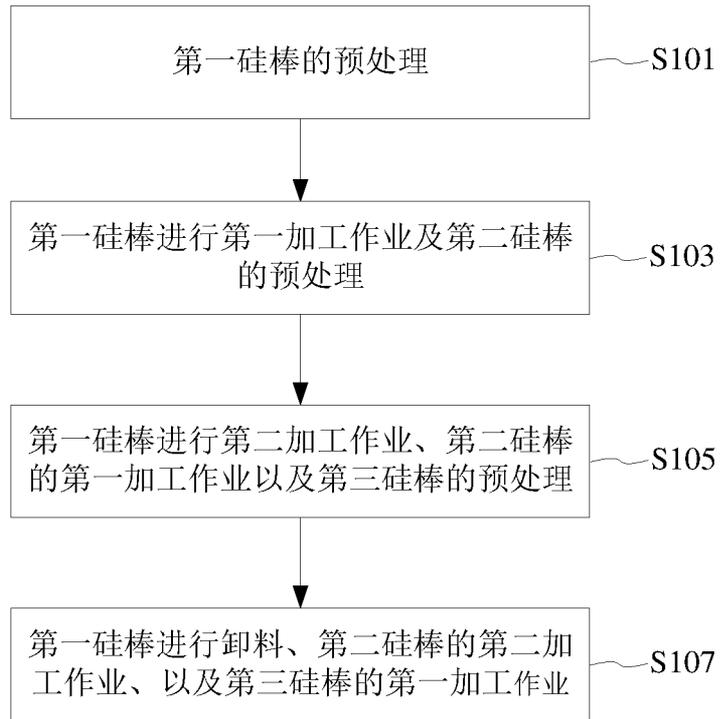


图 8

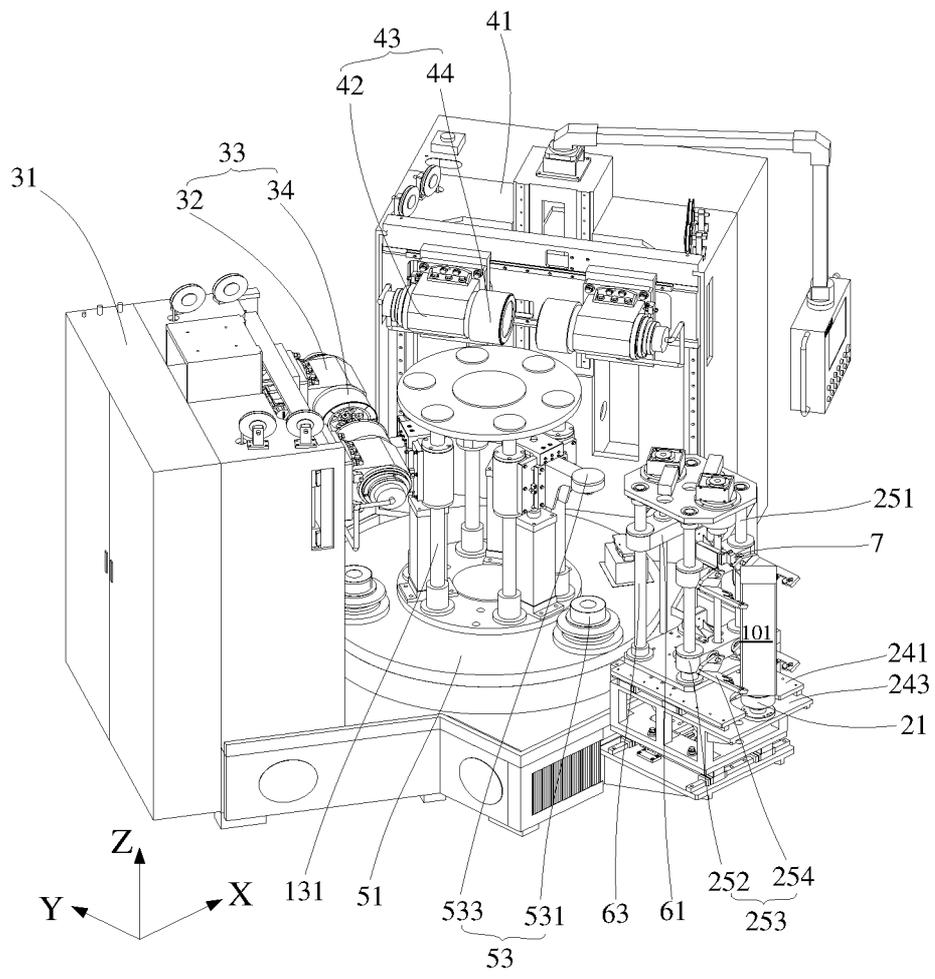


图 9

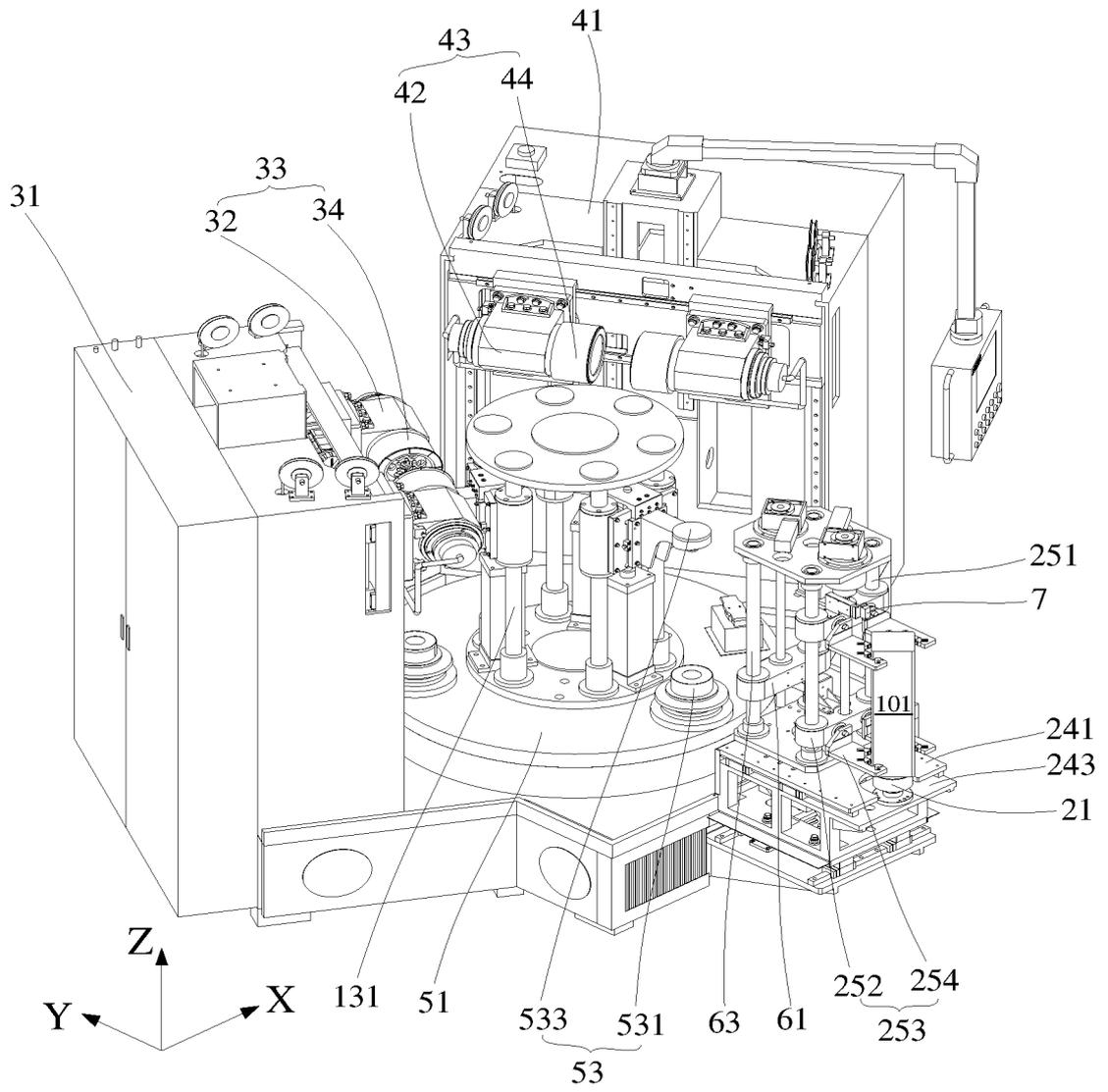


图 10

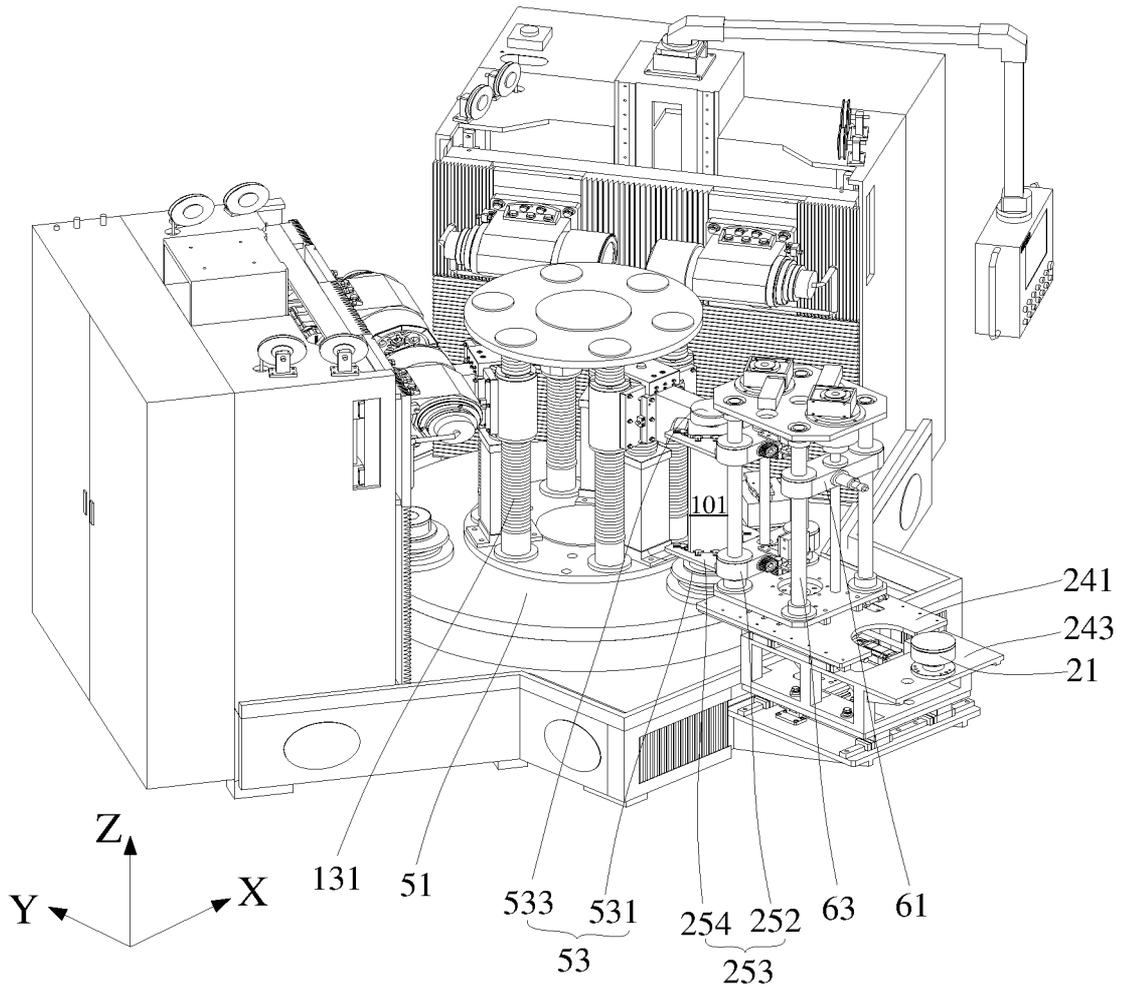


图 11

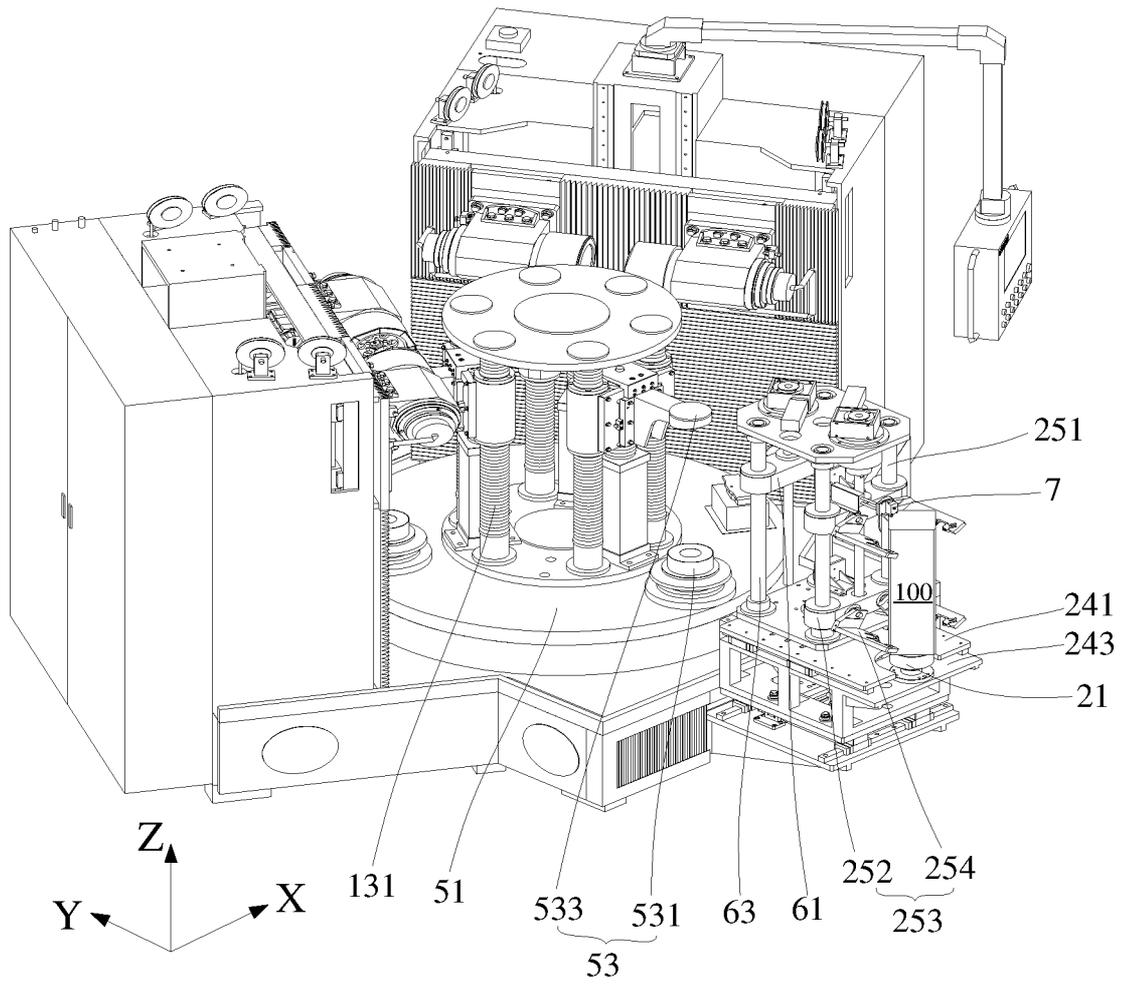


图 12

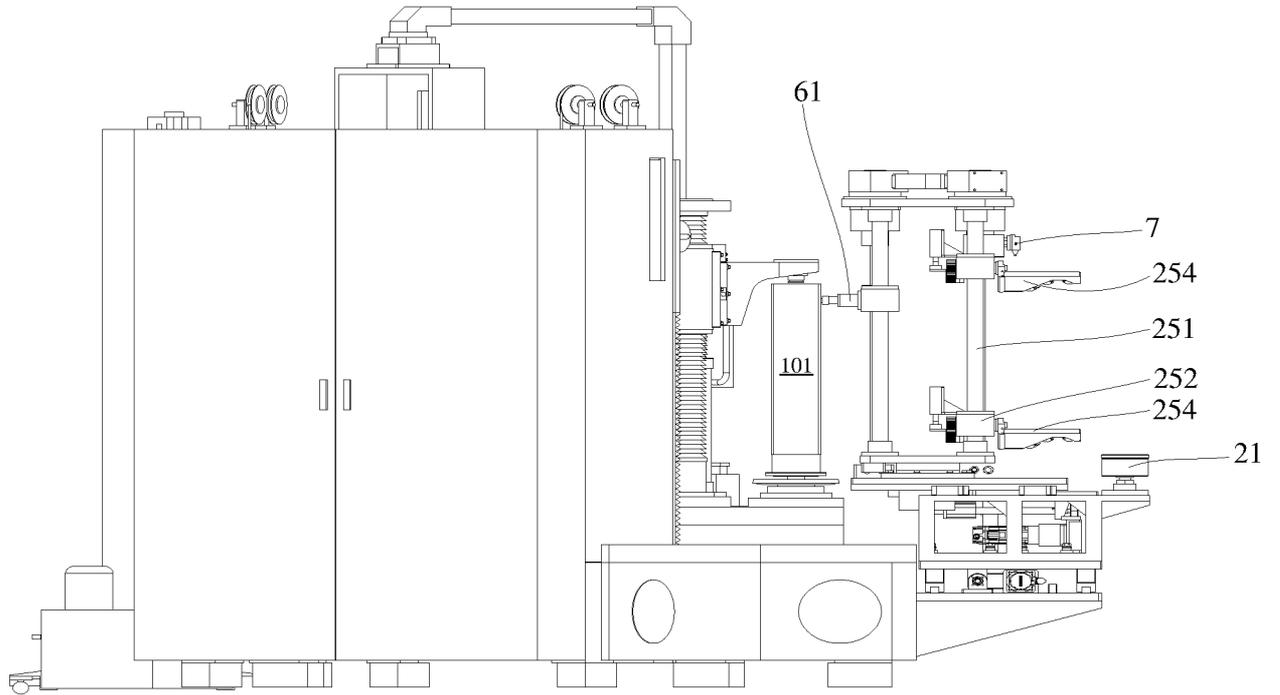


图 13

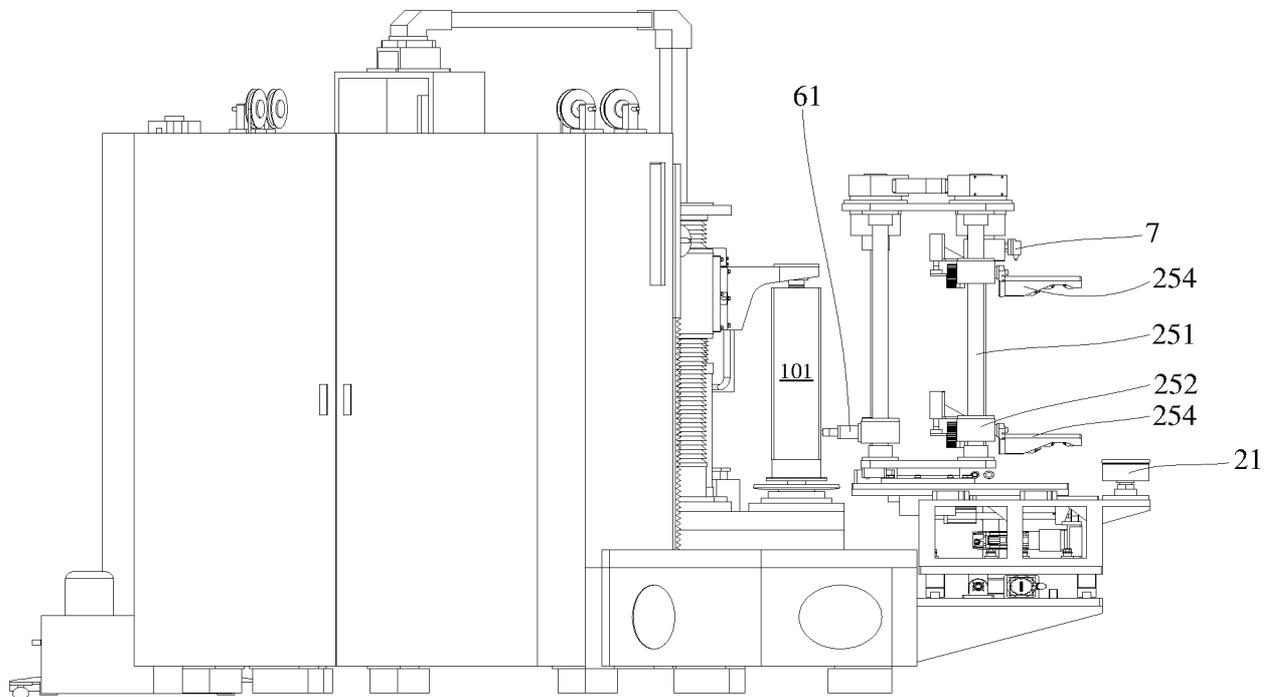


图 14

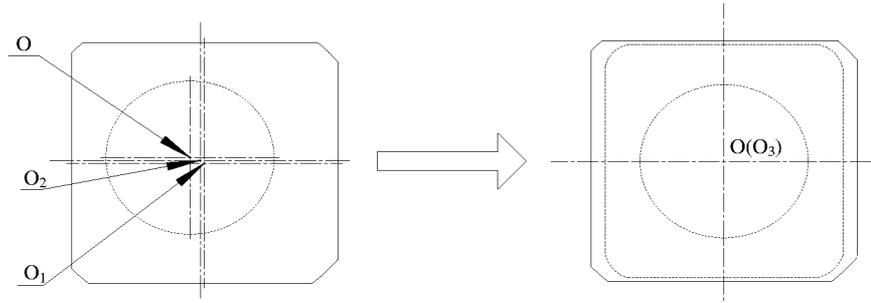


图 15

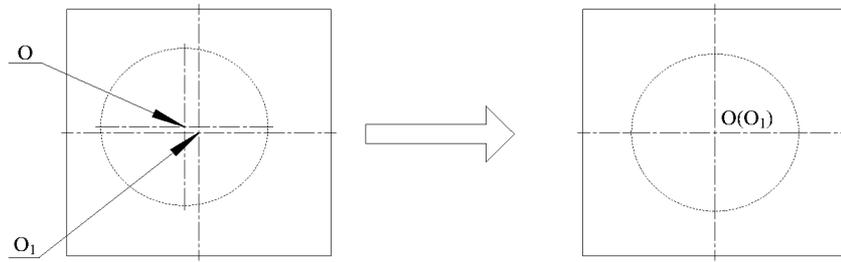


图 16

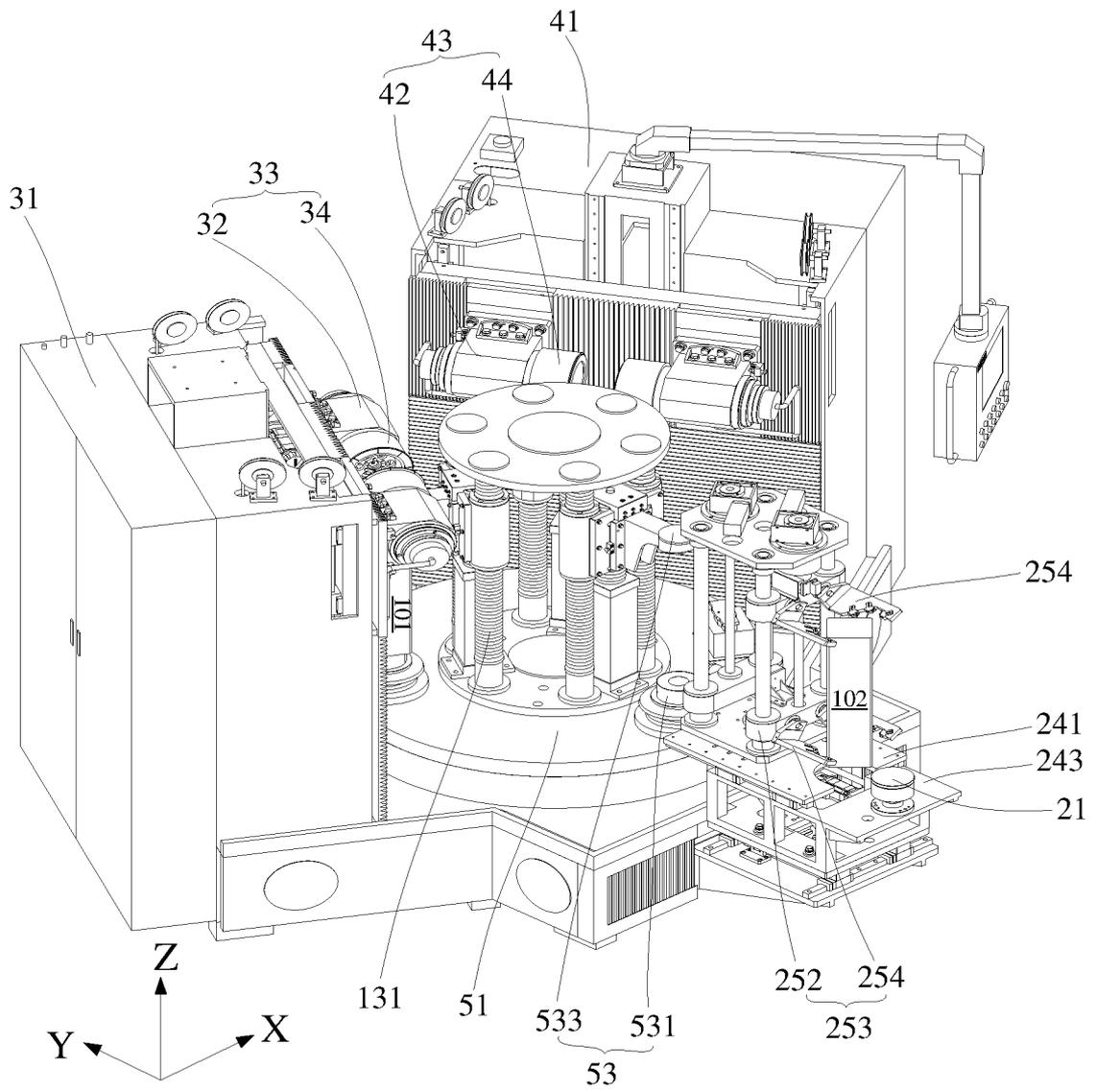


图 17

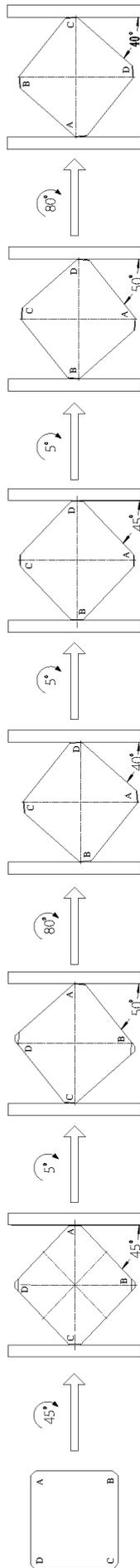


图 18

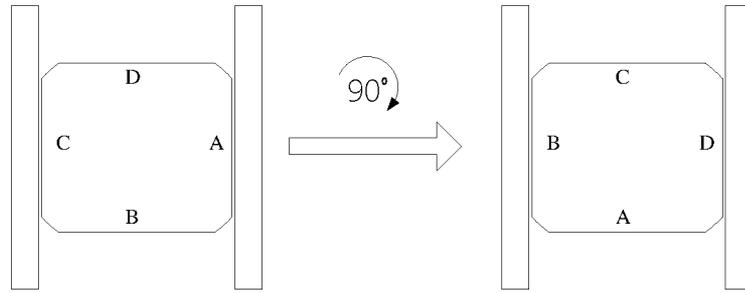


图 19

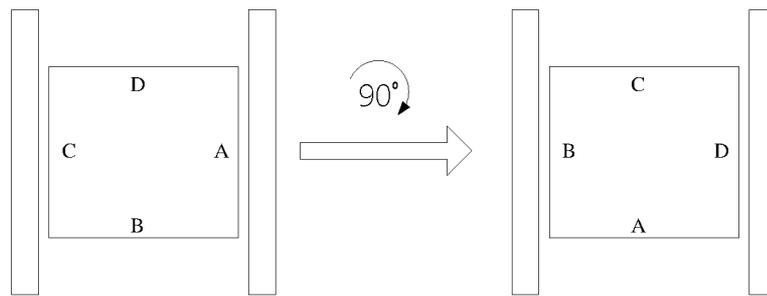


图 20

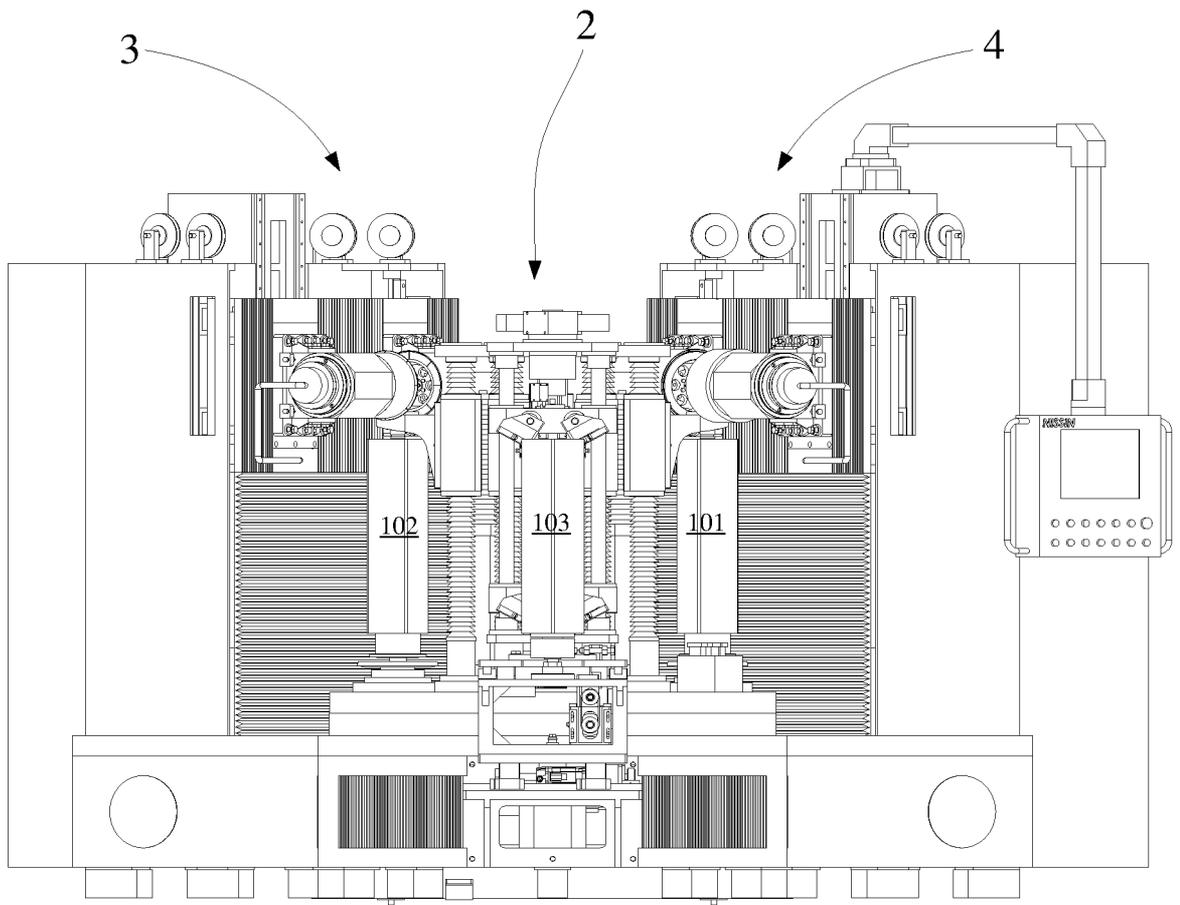


图 21

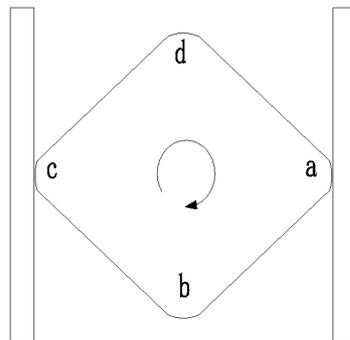


图 22

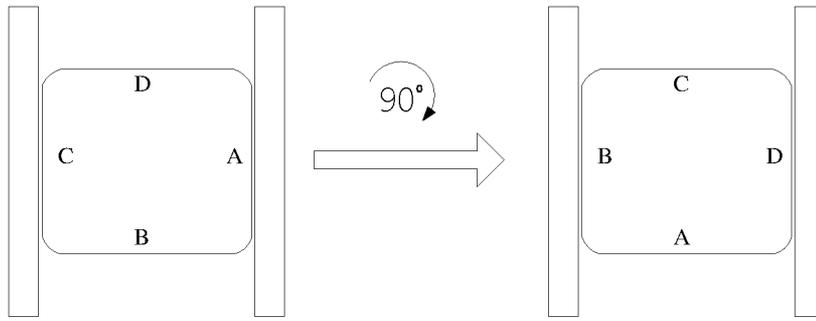


图 23

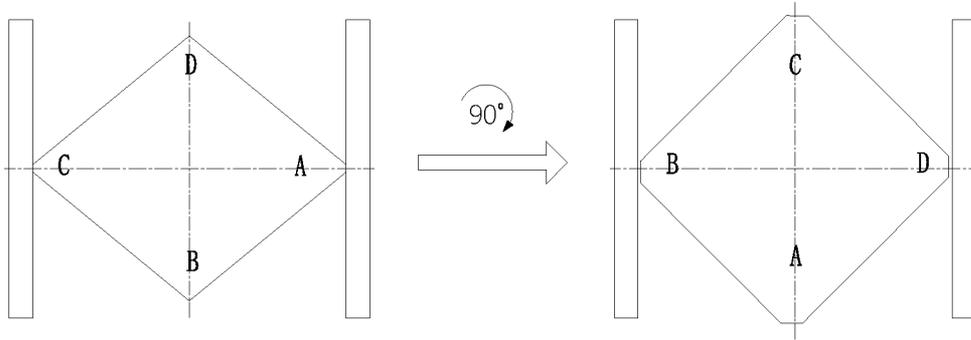


图 24

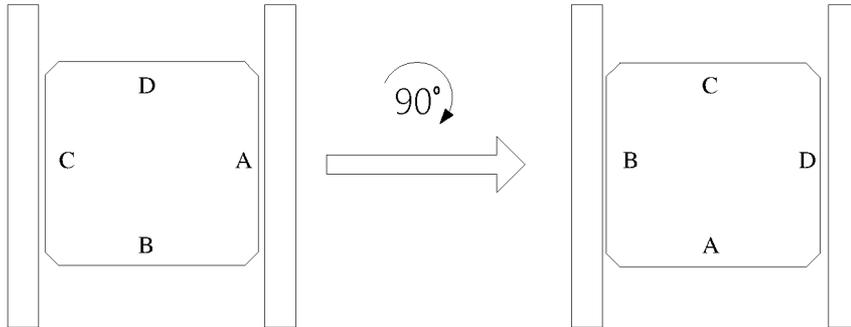


图 25

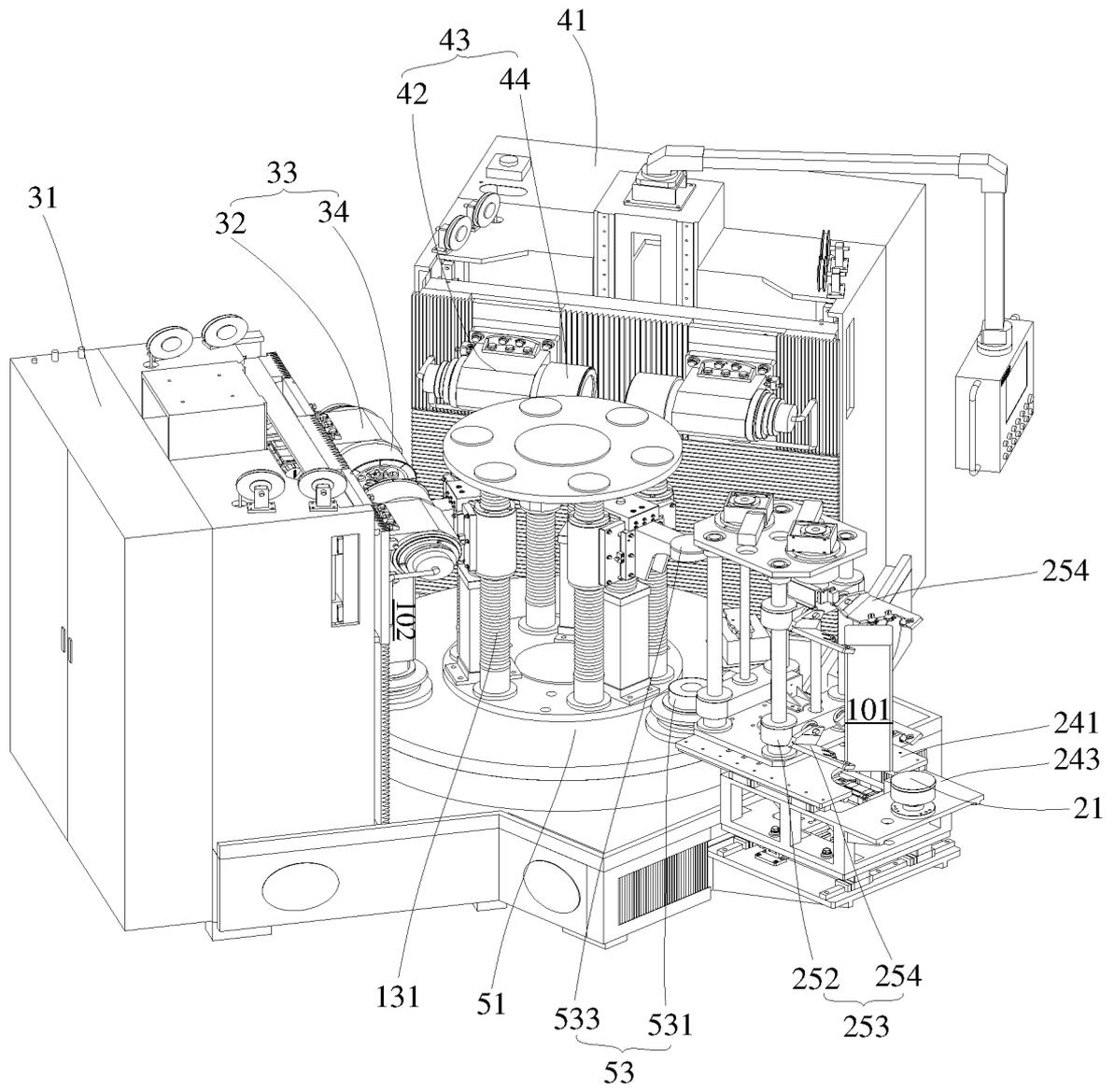


图 26

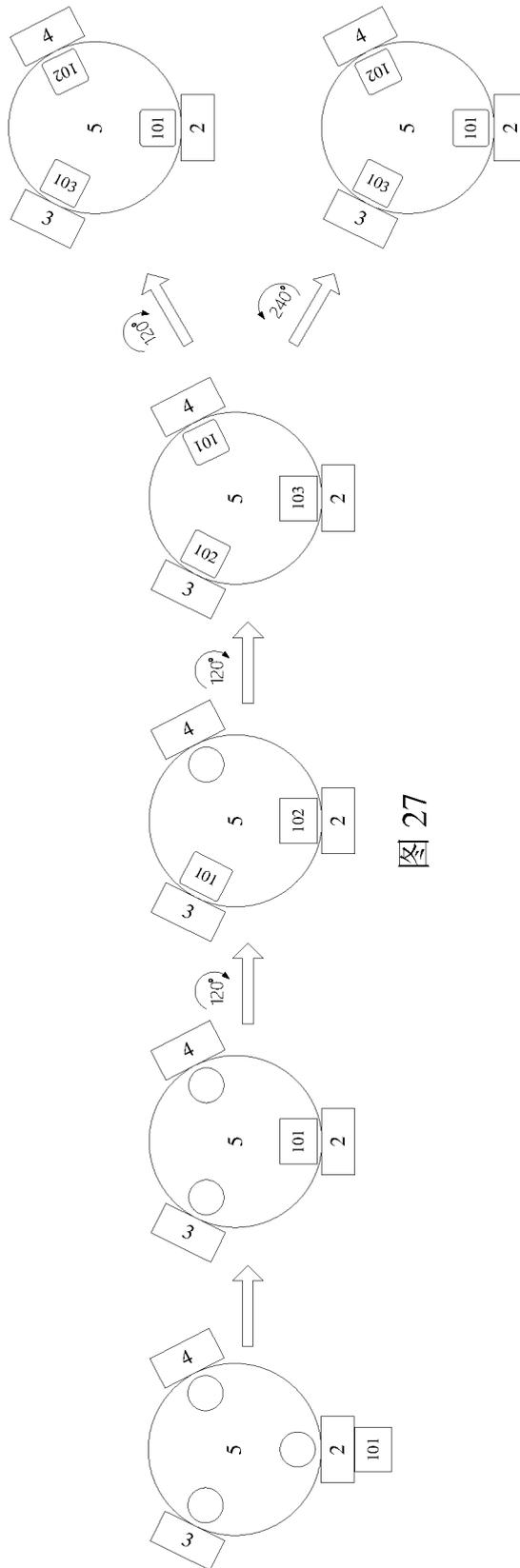


图 27

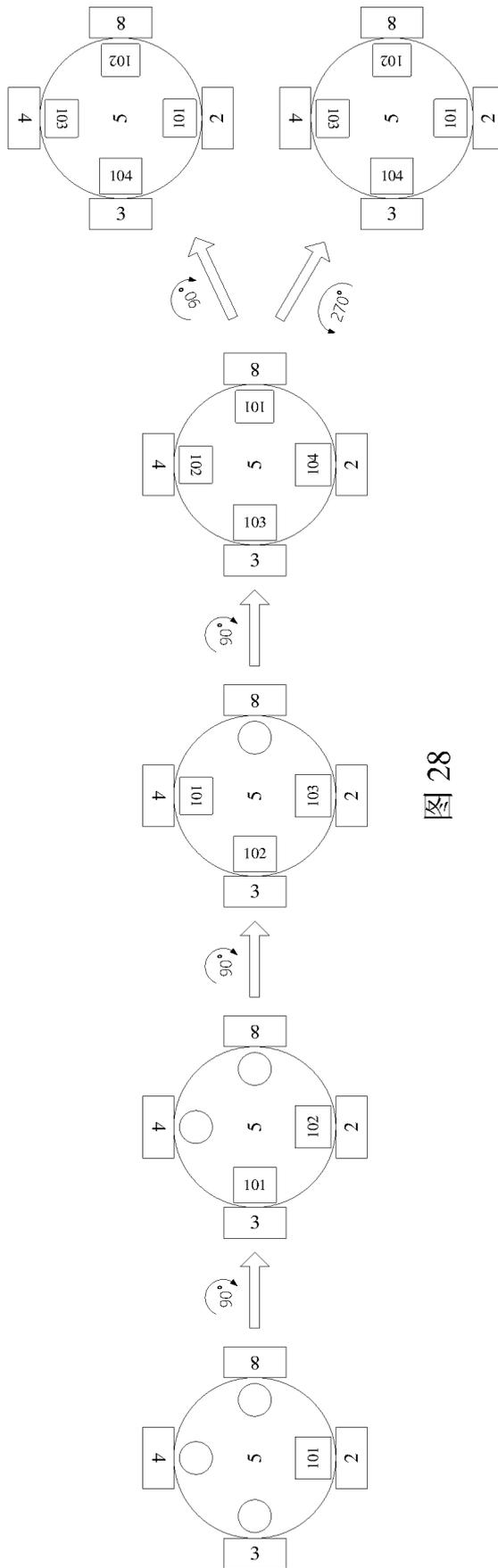


图 28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/085048

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B28D 5/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B28D; B24B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRSABS, VEN, CNKI: silicon, crystal, assembly, multi-station, si, crystal+, rod, mult+, process+, operat+, position, grind+, polish+, rotat+.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105538112 A (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 04 May 2016 (04.05.2016), description, paragraphs 41-75, and figures 1-10	1-21
PX	CN 205630235 U (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 02 October 2016 (02.10.2016), description, paragraphs 41-75, and figures 1-10	1-21
PX	CN 105835247 A (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 10 August 2016 (10.08.2016), description, paragraphs 27-75, and figures 1-7	1-21
PX	CN 105946126 A (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 21 September 2016 (21.09.2016), description, paragraphs 61-175, and figures 1-17	1-21
PX	CN 106181610 A (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 07 December 2016 (07.12.2016), description, paragraphs 34-96, and figures 1-10	1-21
PX	CN 205631053 U (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 12 October 2016 (12.10.2016), description, paragraphs 27-75, and figures 1-7	1-21
PX	CN 205631054 U (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 12 October 2016 (12.10.2016), description, paragraphs 58-172, and figures 1-17	1-21
PX	CN 206029479 U (SHANGHAI NISSIN MACHINE CO., LTD.), 22 March 2017 (22.03.2017), description, paragraphs 35-97, and figures 1-10	1-21

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">07 August 2017 (07.08.2017)</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;">23 August 2017 (23.08.2017)</p>
<p>Name and mailing address of the ISA/CN:</p> <p>State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">YAN, Jiefei</p> <p>Telephone No.: (86-10) 62085382</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/085048

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 201895253 U (ZHANG, Xinglong), 13 July 2011 (13.07.2011), the whole document	1-21
A	US 2014080386 A1 (BURNER, R.L. et al.), 20 March 2014 (20.03.2014), the whole document	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/085048

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105538112 A	04 May 2016	None	
CN 205630235 U	12 October 2016	None	
CN 105835247 A	10 August 2016	None	
CN 105946126 A	21 September 2016	None	
CN 106181610 A	07 December 2016	None	
CN 205631053 U	12 October 2016	None	
CN 205631054 U	12 October 2016	None	
CN 206029479 U	22 March 2017	None	
CN 201895253 U	13 July 2011	None	
US 2014080386 A1	20 March 2014	US 9527187 B2	27 December 2016

<p>A. 主题的分类</p> <p>B28D 5/00 (2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																													
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>B28D; B24B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CPRSABS, VEN, CNKI: 硅, 棒, 晶, 组合, 多工位, 磨, 转动, 旋转, si, crystal+, rod, mult+, process+, operat+, position, grind+, polish+, rotat+.</p>																													
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 105538112 A (上海日进机床有限公司) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 说明书第41-75段、附图1-10</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 205630235 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第41-75段、附图1-10</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 105835247 A (上海日进机床有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第27-75段、附图1-7</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 105946126 A (上海日进机床有限公司) 2016年 9月 21日 (2016 - 09 - 21) 说明书第61-175段、附图1-17</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 106181610 A (上海日进机床有限公司) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 说明书第34-96段、附图1-10</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 205631053 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第27-75段、附图1-7</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 205631054 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第58-172段、附图1-17</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 206029479 U (上海日进机床有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 说明书第35-97段、附图1-10</td> <td>1-21</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 105538112 A (上海日进机床有限公司) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 说明书第41-75段、附图1-10	1-21	PX	CN 205630235 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第41-75段、附图1-10	1-21	PX	CN 105835247 A (上海日进机床有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第27-75段、附图1-7	1-21	PX	CN 105946126 A (上海日进机床有限公司) 2016年 9月 21日 (2016 - 09 - 21) 说明书第61-175段、附图1-17	1-21	PX	CN 106181610 A (上海日进机床有限公司) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 说明书第34-96段、附图1-10	1-21	PX	CN 205631053 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第27-75段、附图1-7	1-21	PX	CN 205631054 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第58-172段、附图1-17	1-21	PX	CN 206029479 U (上海日进机床有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 说明书第35-97段、附图1-10	1-21
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																											
X	CN 105538112 A (上海日进机床有限公司) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 说明书第41-75段、附图1-10	1-21																											
PX	CN 205630235 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第41-75段、附图1-10	1-21																											
PX	CN 105835247 A (上海日进机床有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第27-75段、附图1-7	1-21																											
PX	CN 105946126 A (上海日进机床有限公司) 2016年 9月 21日 (2016 - 09 - 21) 说明书第61-175段、附图1-17	1-21																											
PX	CN 106181610 A (上海日进机床有限公司) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 说明书第34-96段、附图1-10	1-21																											
PX	CN 205631053 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第27-75段、附图1-7	1-21																											
PX	CN 205631054 U (上海日进机床有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第58-172段、附图1-17	1-21																											
PX	CN 206029479 U (上海日进机床有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 说明书第35-97段、附图1-10	1-21																											
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																													
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																													
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2017年 8月 7日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2017年 8月 23日</p>																											
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10) 62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>杨捷斐</p> <p>电话号码 (86-10) 62085382</p>																											

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 201895253 U (张星龙) 2011年 7月 13日 (2011 - 07 - 13) 全文	1-21
A	US 2014080386 A1 (BURNER RICHARD L等) 2014年 3月 20日 (2014 - 03 - 20) 全文	1-21

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/085048

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105538112	A	2016年 5月 4日	无	
CN	205630235	U	2016年 10月 12日	无	
CN	105835247	A	2016年 8月 10日	无	
CN	105946126	A	2016年 9月 21日	无	
CN	106181610	A	2016年 12月 7日	无	
CN	205631053	U	2016年 10月 12日	无	
CN	205631054	U	2016年 10月 12日	无	
CN	206029479	U	2017年 3月 22日	无	
CN	201895253	U	2011年 7月 13日	无	
US	2014080386	A1	2014年 3月 20日	US	9527187 B2 2016年 12月 27日