



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114709152 B

(45) 授权公告日 2024.12.10

(21) 申请号 202210346814.5

H01L 21/687 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.31

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 213042878 U, 2021.04.23

申请公布号 CN 114709152 A

JP H06278127 A, 1994.10.04

(43) 申请公布日 2022.07.05

审查员 李伟腾

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72) 发明人 叶乐志 常悦 宋宣颀

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

专利代理师 王兆波

(51) Int. Cl.

H01L 21/67 (2006.01)

H01L 21/677 (2006.01)

H01L 21/68 (2006.01)

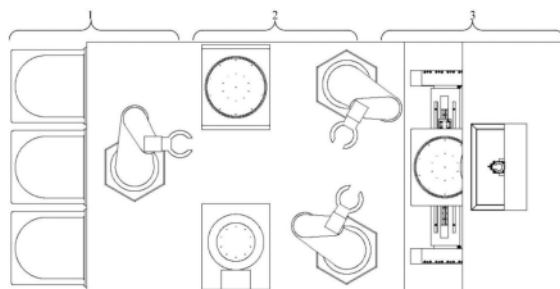
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于磁对准的全自动晶圆键合机

(57) 摘要

本发明公开了一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,具有晶圆装载模块、晶圆缓存和预对准模块、晶圆键合模块,各模块间设有传输用干机械手。上下键合晶圆通过干机械手转运,在各模块经过取出、预对准、键合、缓存、放回过程完成键合,高自动化。整个工艺在封闭外罩内进行,保证无尘键合环境,降低晶圆污染的风险。本发明在晶圆键合模块设有磁传感器,磁传感器能在 μm 级距离下对晶圆对准,并在键合后直接进行键合精度检测。本发明键合模块与晶圆承片台Z向距离为 $5\sim 10\mu\text{m}$,避免了键合模块的大行程位移,提高晶圆键合的精度与效率。



1. 一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,其特征在于:包括晶圆装载模块、晶圆缓存与预对准模块、晶圆键合模块;

晶圆装载模块由第一晶圆盒、第二晶圆盒、第三晶圆盒、晶圆装载台、第一干机械手组成,该晶圆装载模块安装在前端,用于完成晶圆装载;晶圆装载台竖直安装在全自动晶圆键合机的底部框架上,晶圆装载台的一侧卡接安装有并列布置的第一晶圆盒、第二晶圆盒和第三晶圆盒,第一晶圆盒、第二晶圆盒、第三晶圆盒的开口与晶圆装载台的窗口对齐,第一干机械手通过机械手底座安装在晶圆装载台另一侧的键合机平台上;

晶圆缓存与预对准模块由晶圆存储平台、晶圆预对准平台、第二干机械手、第三干机械手组成,晶圆缓存与预对准模块具有键和前的晶圆定位与键合后的晶圆存储功能;晶圆预对准平台和晶圆存储平台安装在第一干机械手侧部的键合机平台上,且上下对称布置;第二、三干机械手安装固定在晶圆预对准平台和晶圆存储平台的侧部,且上下对称布置;晶圆经由第一干机械手从第一晶圆盒、第二晶圆盒、第三晶圆盒中取出,然后移至晶圆存储平台或晶圆预对准平台,再经由第二干机械手、第三干机械手再移至晶圆键合模块;

晶圆键合模块由X-Y向运动机构、微纳米调节平台、晶圆键合台、键合机构、键合移动机构组成,晶圆键合模块用以实现两片晶圆的粗、精对准以及高精度键合;

所述X-Y向运动机构包含直线电机组、空气轴承与移动平台;所述直线电机组固定在键合机平台的大理石平台上,是X-Y向运动的动力装置;移动平台搭载在直线电机上;空气轴承放置于移动平台与大理石平台间的凸台上,实现移动平台的X向定位;微纳米调节平台与X-Y向移动机构的移动平台连接,微纳米调节平台上固定有晶圆键合台,能够对晶圆键合台进行微米级的位置调节;键合移动机构固定在大理石平台的框架顶部固定架上,

所述的键合移动机构包括伺服电机、丝杠、导轨与Z向移动平台,丝杠上方与伺服电机连接,丝杠下方穿过Z向移动平台,Z向移动平台由四个导轨进行定位;

键合机构包含键合头、弹性连接块与磁传感器,键合头通过弹性连接块与Z向移动平台相连,由伺服电机带动丝杠及键合头沿Z向移动;键合头上表面具有磁传感器安装孔,下表面具有真空吸口,装有磁传感器的键合头能够检测具有磁柱的晶圆空间磁场,通过实时检测完成晶圆的对准与键合;

将装有上下晶圆的晶圆盒、第二晶圆盒和未装有晶圆的第三晶圆盒放置在晶圆装载台指定位置;第一干机械手从第一晶圆盒内取出上晶圆,放入晶圆预对准平台;晶圆预对准平台吸附晶圆并带动晶圆旋转,平台上的晶圆标记读取器对晶圆进行定位;第二干机械手从晶圆预对准平台取出上晶圆,将其放入晶圆承片台;气浮开启,XY向运动机构将夹有晶圆的晶圆键合台输送到晶圆键合模块下方,由晶圆键合机构将晶圆吸起;当上晶圆从晶圆预对准平台取出,第一干机械手从第二晶圆盒内取出下晶圆,经过预对准,由第二干机械手放入晶圆键合台;利用X-Y移动机构进行粗对准,键合机构中的磁传感器实时检测空间磁场变化,获取晶圆磁柱位置,X-Y移动机构将晶圆输送到接近键合位置,再利用微纳米调节平台微调完成精对准,通过键合模块完成两晶圆间的键合,得到键合晶圆;键合完成后利用磁传感器检测晶圆的键合精度并将位置偏移量反馈至下次键合;第三干机械手从晶圆键合台取出键合晶圆,放入晶圆存储台,待第一干机械手完成第二上晶圆的传输动作后,由第一干机械手从晶圆存储平台取出放入第三晶圆盒;当第三晶圆盒内放满键合晶圆,由运输机构取走所有晶圆盒并放置新的晶圆盒。

2. 根据权利要求1所述的一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,其特征在于:所述晶圆的上、下表面通过半导体工艺加工出凹槽,在凹槽内沉积磁性材料形成对称分布的磁柱,磁柱充磁后具有永磁特性。

3. 根据权利要求1所述的一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,其特征在于:所述晶圆的上、下边缘有用于识别晶圆旋转角度,进行晶圆定位的槽口。

4. 根据权利要求1所述的一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,其特征在于:所述第一干机械手、第二干机械手、第三干机械手为三自由度机械手,三自由度机械手执行域包含各晶圆盒、晶圆台,机械手底座安有升降模块。

5. 根据权利要求1所述的一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,其特征在于:所述晶圆预对准平台由旋转台与晶圆标记读取器构成,旋转台均布有真空孔,吸附晶圆带动旋转,晶圆上的槽口在旋转时能够被晶圆标记读取器识别,晶圆标记读取器计算出晶圆的旋转角度并反馈给旋转台,将晶圆停在预定位置。

6. 根据权利要求1所述的一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,其特征在于:所述X-Y向移动机构位于大理石平台上,带动晶圆键合台沿X向与Y向移动,进行晶圆键合的粗对准。

7. 根据权利要求1所述的一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,其特征在于:所述键合机构包括:

带有均布气孔的键合头,通过真空抽取拾起晶圆键合台上的上、下晶圆,键合头背部设有磁传感器安装孔;

弹性连接块,在键合头施加键合力时起到弹性阻尼的作用,实现晶圆软着陆。

一种基于磁对准的全自动晶圆键合机

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,尤其涉及一种基于磁对准的全自动晶圆键合设备。

背景技术

[0002] 集成电路被称为电子信息产业的基石。目前,集成电路产业正依托先进封装技术蓬勃发展。先进封装利用TSV、RDL等先进半导体工艺,C2W、W2W等键合技术,进行芯片的3D堆叠,以提升芯片的功能密度。一些知名集成电路厂商都在积极布局3D堆叠芯片,研发相关技术,如台积电的COWOS和Intel的EMIB。晶圆键合能够实现芯片间高密度电气互联,是3D封装中的关键工艺,高精度与高效的晶圆键合能显著提高半导体芯片的性能与可靠性,满足电子信息产业对半导体芯片高质量、多数量的需求。

[0003] 基于磁对准的全自动晶圆键合是将晶圆键合流程优化,经过设计布局集成到一个设备中。从上料到取料、对准到键合、键合到检测,由各类机械结构、电气装置协调完成,无需人工参与。传统基于光学对准的晶圆键合,由于CCD相机的位置限制,令两晶圆之间的键合行程较大,键合装置的多次大行程位移会使晶圆键合后的位置与对准位置存在不可避免的误差,对芯片键合精度产生很大影响,且晶圆在键合后需利用检测装置进行精度检测,延长了晶圆键合工艺时间,降低效率。基于磁对准的晶圆键合,将带有芯片的上、下晶圆面对面近距离放置,每个晶圆表面具有对称分布的磁柱,通过磁传感器磁场识别对准将两晶圆键合。

[0004] 武汉新芯集成电路制造有限公司的陶超申请的专利CN112018002A公布了一种晶圆键合设备及晶圆键合方法。该设备利用标记读取器发出的光穿过上下两层晶圆,通过图像传感器得到晶圆上金属标记位置进行对准,带有晶圆的键合装置Z向移动完成键合。受相机焦距的影响,两层晶圆存在较大间距,键合装置大行程位移引起的振动和光源穿透能力有限造成的成像精度不足难以实现高精度键合。奥地利EVGroup的Thomas Wagenleitner等人申请的专利US10692747B2提出了一种晶圆对准装置,该装置设有三个光学检测单元、两个面对面放置的待键合基板,通过反复移动基板使得上、下光学检测单元识别两基板对准标记,并计算两基板位置,第三检测单元进行检测,完成对准。该装置利用上下两个光学检测单元实现对准,与单镜头对准装置比体积庞大,基板的反复移位导致对准过程繁琐,不利于实现高效率键合。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,可用于高精度、高效率的晶圆键合工艺。本发明具有晶圆装载模块、晶圆缓存和预对准模块、晶圆键合模块,各模块间设有传输用干机械手。上下键合晶圆通过干机械手转运,在各模块经过取出、预对准、键合、缓存、放回过程完成键合,高自动化。整个工艺在封闭外罩内进行,保证了无尘的键合环境,降低了晶圆污染的风险。本发明在晶圆键合模块设有磁传感器,磁传感器能在 μm 级距离下对晶圆对准,并在键合后直接进行键合精度检测。本发明键合模块与晶圆承片台Z向距离为

5~10 μm ,避免了键合模块的大行程位移,提高晶圆键合的精度与效率。

[0006] 本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种基于磁对准的全自动晶圆键合机,包括:晶圆装载模块、晶圆缓存与预对准模块、晶圆键合模块;

[0008] 晶圆装载模块由第一晶圆盒、第二晶圆盒、第三晶圆盒、晶圆装载台、第一干机械手组成,该晶圆装载模块安装在前端,完成晶圆装载;晶圆装载台竖直安装在全自动晶圆键合机的底部框架上,晶圆装载台的一侧卡接安装有并列布置的第一晶圆盒、第二晶圆盒和第三晶圆盒,第一晶圆盒、第二晶圆盒、第三晶圆盒的开口与晶圆装载台的窗口对齐,第一干机械手通过机械手底座安装在晶圆装载台另一侧的键合机平台上。

[0009] 晶圆缓存与预对准模块由晶圆存储平台、晶圆预对准平台、第二干机械手、第三干机械手组成,晶圆缓存与预对准模块具有键和前的晶圆定位与键合后的晶圆存储功能;晶圆预对准平台和晶圆存储平台安装在第一干机械手侧部的键合机平台上,且上下对称布置;第二、三干机械手安装固定在晶圆预对准平台和晶圆存储平台的侧部,且上下对称布置;晶圆经由第一干机械手从第一晶圆盒、第二晶圆盒、第三晶圆盒中取出,然后移至晶圆存储平台或晶圆预对准平台,再经由第二干机械手、第三干机械手再移至晶圆键合模块。

[0010] 晶圆键合模块由X-Y向运动机构、微纳米调节平台、晶圆键合台、键合机构、键合移动机构组成,晶圆键合模块用以实现两片晶圆的粗、精对准以及高精度键合;

[0011] 所述X-Y向运动机构包含直线电机组、空气轴承与移动平台;所述直线电机组固定在键合机平台的大理石平台上,是X-Y向运动的动力装置;移动平台搭载在直线电机上;空气轴承放置于移动平台与大理石平台间的凸台上,实现移动平台的X向定位;微纳米调节平台与X-Y向移动机构的移动平台连接,微纳米调节平台上固定有晶圆键合台,能够对晶圆键合台进行微米级的位置调节;键合移动机构固定在大理石平台的框架顶部固定架上,

[0012] 所述的键合移动机构包括伺服电机、丝杠、导轨与Z向移动平台,丝杠上方与伺服电机连接,丝杠下方穿过Z向移动平台,Z向移动平台由四个导轨进行定位;

[0013] 键合机构包含键合头、弹性连接块与磁传感器,键合头通过弹性连接块与Z向移动平台相连,由伺服电机带动丝杠及键合头沿Z向移动。键合头上表面具有磁传感器安装孔,下表面具有真空吸口,装有磁传感器的键合头能够检测具有磁柱的晶圆空间磁场,通过实时检测完成晶圆的对准与键合。

[0014] 该设备的键合方法如下:运输机构(图中未示出)将装有上下晶圆的晶圆盒、第二晶圆盒和未装有晶圆的第三晶圆盒放置在晶圆装载台指定位置。第一干机械手从第一晶圆盒内取出上晶圆,放入晶圆预对准平台。晶圆预对准平台吸附晶圆并带动晶圆旋转,平台上的晶圆标记读取器对晶圆进行定位。第二干机械手从晶圆预对准平台取出上晶圆,将其放入晶圆承片台。气浮开启,XY向运动机构将夹有晶圆的晶圆键合台输送到晶圆键合模块下方,由晶圆键合机构将晶圆吸起。当上晶圆从晶圆预对准平台取出,第一干机械手从第二晶圆盒内取出下晶圆,经过预对准,由第二干机械手放入晶圆键合台。利用X-Y移动机构进行粗对准,键合机构中的磁传感器可以实时检测空间磁场变化,获取晶圆磁柱位置,X-Y移动机构将晶圆输送到接近键合位置,再利用微纳米调节平台微调完成精对准,通过键合模块完成两晶圆间的键合,得到键合晶圆。键合完成后利用磁传感器检测晶圆的键合精度并将位置偏移量反馈至下次键合。第三干机械手从晶圆键合台取出键合晶圆,放入晶圆存

储台,待第一干机械手完成第二上晶圆的传输动作后,由第一干机械手从晶圆存储平台取出放入第三晶圆盒。当第三晶圆盒内放满键合晶圆,由运输机构取走所有晶圆盒并放置新的晶圆盒。

[0015] 所述晶圆的上、下表面通过半导体工艺加工出柱形槽,在凹槽内沉积磁性材料形成对称分布的磁柱,磁柱充磁后具有永磁特性。

[0016] 所述晶圆的上、下边缘有用于识别晶圆旋转角度,进行晶圆定位的槽口。

[0017] 所述第一干机械手、第二干机械手、第三干机械手为三自由度机械手,三自由度机械手执行域包含各晶圆盒、晶圆台,机械手底座安有升降模块。

[0018] 所述晶圆预对准平台由旋转台与晶圆标记读取器构成,旋转台均布有真空孔,可吸附晶圆带动旋转,晶圆上的槽口在旋转时能够被晶圆标记读取器识别,晶圆标记读取器计算出晶圆的旋转角度并反馈给旋转台,将晶圆停在预定位置。

[0019] 所述X-Y向移动机构位于大理石平台上,带动晶圆键合台沿X向与Y向移动,进行晶圆键合的粗对准。

[0020] 进一步地,所述X-Y移动机构包括:

[0021] X向移动机构,由X向直线电机、空气轴承、移动平台、滑块组成,能够进行X向 μm 级位移。

[0022] Y向移动机构,由Y向直线电机、气浮平台、Y向导轨、滑块组成,能够进行Y向 μm 级位移。

[0023] 进一步地,所述键合机构包括:

[0024] 带有均布气孔的键合头,可通过真空抽取拾起晶圆键合台上的上、下晶圆,键合头背部设有磁传感器安装孔。

[0025] 弹性连接块,在键合头施加键合力时起到弹性阻尼的作用,实现晶圆软着陆。

[0026] 本发明的积极效果如下:

[0027] 本发明公开的一种基于磁对准的全自动键合设备具有全自动化、高集成化的特点,设备中包括晶圆装载模块、晶圆预对准缓存模块和晶圆键合模块,各模块联系紧密、结构紧凑,为高效清洁的晶圆键合工艺提供技术保障。本发明引入一种基于磁对准的晶圆键合技术,利用磁传感器实时监测两晶圆在对准过程中的空间磁场强度变化、检测键合后位置偏移,提高了晶圆对准与键合精度。同时,利用磁对准键合的晶圆键合行程仅为 $5\sim 10\mu\text{m}$,减小了因大行程位移而引起的位置误差,实现高质量晶圆键合。

附图说明

[0028] 图1示出了根据本发明的一种基于磁对准全自动晶圆键合设备的俯视图。

[0029] 图2示出了根据本发明的一种基于磁对准全自动晶圆键合设备的立体图。

[0030] 图3示出了图1与图2所示的基于磁对准全自动晶圆键合设备操作流程。

[0031] 图4为本发明基于磁对准全自动晶圆键合设备键合模块的结构立体图。

[0032] 图5为本发明基于磁对准全自动晶圆键合设备键合模块的结构前视图。

[0033] 图6为本发明干机械手与晶圆结构示意图。

[0034] 1、晶圆装载模块;2、晶圆缓存与预对准模块;3、晶圆键合模块;4、第一晶圆盒;5、第二晶圆盒;6、第三晶圆盒;7、晶圆装载台;8、第一干机械手;9、晶圆存储平台;10、第三干

机械手;11、X-Y向运动机构;12、键合移动机构;13、键合机构;14、框架;15、第二干机械手;16、晶圆预对准平台;17、晶圆键合台;18、微纳米调节平台;

[0035] 1110气浮平台、1120X向直线电机、1130Y向导轨、1140Y向直线电机、1150移动台、1160空气轴承、1210承载导轨、1220滚珠丝杠、1230伺服电机、1240电机固定架、1310Z向平台连接块、1320弹性连接块、1330磁传感器、1340键合吸头

具体实施方式

[0036] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。下面结合附图具体描述根据本发明实施例的基于磁对准的全自动晶圆键合设备。

[0037] 图1和图2分别示意性俯视图和立体图示出了本公开一个实施例的晶圆键合设备。所述晶圆键合设备包括用于放置晶圆盒的晶圆装载模块1、用于对上、下晶圆进行周向定位的晶圆预对准平台16和用于在键合模块完成晶圆键合后放置已键合晶圆的晶圆存储平台9。

[0038] 图3利用箭头在晶圆键合设备上示意了该晶圆键合设备的键合流程,包括:

[0039] 1) 运输单元(图中未示出)将装有上、下晶圆的晶圆盒4、第二晶圆盒5和第三空晶圆盒6放置在晶圆装载台7的对应位置。

[0040] 2) 晶圆装载模块内的干机械手8通过底部升降机构调整高度,吸附取出第一晶圆盒4中上晶圆。

[0041] 3) 干机械手8将上晶圆搬送至晶圆预对准平台16。

[0042] 4) 晶圆预对准平台16寻找晶圆槽口实现初定位,所述晶圆预对准平台具有旋转台和晶圆标记读取器两部分,晶圆标记读取器能够利用红外线识别旋转晶圆的槽口。旋转平台吸附晶圆后旋转,待晶圆标记读取器识别到槽口,旋转平台停止旋转,完成定位。

[0043] 5) 干机械手15从晶圆对准平台16拾取上晶圆,搬送至晶圆键合台17。气浮平台1110与空气轴承1160接通气源,X-Y向移动机构将晶圆键合台17输送至键合机构13下方,键合头1340背部磁传感器1330检测上晶圆对准磁柱空间磁场分布,获取记录上晶圆位置,由键合头1340将上晶圆吸起。

[0044] 本实施例中,晶圆对准平台与晶圆键合台的高度一致,干机械手15无需在两平台间调节高度,实现高效的晶圆搬运。

[0045] 6) 干机械手8将下晶圆从晶圆盒5中取出。

[0046] 本实施例中,综合考虑运动时间和加工效率,干机械手15上晶圆取出动作4)和干机械手8下晶圆取出动作6)同时进行为最为高效的技术路线。

[0047] 7) 干机械手8将下晶圆搬送至晶圆预对准平台16。

[0048] 8) 晶圆预对准平台16完成下晶圆的初定位。

[0049] 9) 干机械手15从晶圆预对准平台16取出下晶圆,搬送至晶圆键合台17。X-Y移动机构将夹有下晶圆的晶圆键合台移至键合头下方进行粗对准,键合头背部磁传感器1330检测上、下磁柱的空间叠加磁场,获取两晶圆对准位置,再利用微纳米调节平台18实现精对准,键合头Z向移动完成键合。

[0050] 本实施例中,磁传感器在键合完成后进行键合精度检测,将检测的位置误差反馈给下一次键合,提升键合精度。

[0051] 10) 干机械手10从晶圆键合台17取出键合晶圆。

[0052] 11) 干机械手10将键合晶圆输送至晶圆存储平台9。

[0053] 12) 干机械手8从晶圆存储台17取出键合晶圆。

[0054] 13) 干机械手8将键合晶圆放入晶圆盒6。

[0055] 参见图4和图5,为本发明晶圆键合模块对准键合示意图。X-Y移动机构11设置在大理石基座上,主要由高精度直线电机、空气轴承与导轨组成,利用X-Y叠加的方式实现晶圆键合平台在X-Y坐标系的移动,进行晶圆键合的粗对准。沿Y向的移动平台套有气浮平台1110,移动平台两侧装有空气轴承1160,接通气源可实现X、Y向低阻尼移动,抑制位移振动。微纳米调节平台18固定在气浮平台1110上,其上载有晶圆键合平台17,利用微纳米调节器18可对晶圆键合台进行纳米级的位置调节。

[0056] 晶圆键合模块包括键合移动机构12与键合机构13,电机、丝杠固定在大理石框架顶部的电机固定架1240上,丝杠1220上方与联轴器、伺服电机连接,下方装有Z向移动平台,Z向移动平台装有承载导轨1210;键合机构由键合头1340与弹性连接块1320组成,键合头通过弹性连接块固定在Z向移动平台,弹性连接块1320可施加柔性键合力,防止压溃晶圆。键合头内部具有气路结构,背部装有3x3矩形阵列磁传感器。与传统光学相机相比,磁传感器体积小,在10 μm 内可有效检测空间磁场变化,基于磁传感器的特点,本实施例晶圆键合台与键合头Z向距离为5~10 μm ,缩短键合行程。

[0057] 图6所示为吸附有上(下)晶圆19的干机械手,晶圆表面经过半导体工艺加工出凹槽与槽口,在凹槽内沉积磁性材料形成磁柱1910,磁柱1910数量可为多个,且对称分布,本实施例中利用两对称磁柱实现对准,磁柱经过充磁带有永磁特性,晶圆边缘的槽口1920用于对晶圆的定位。

[0058] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

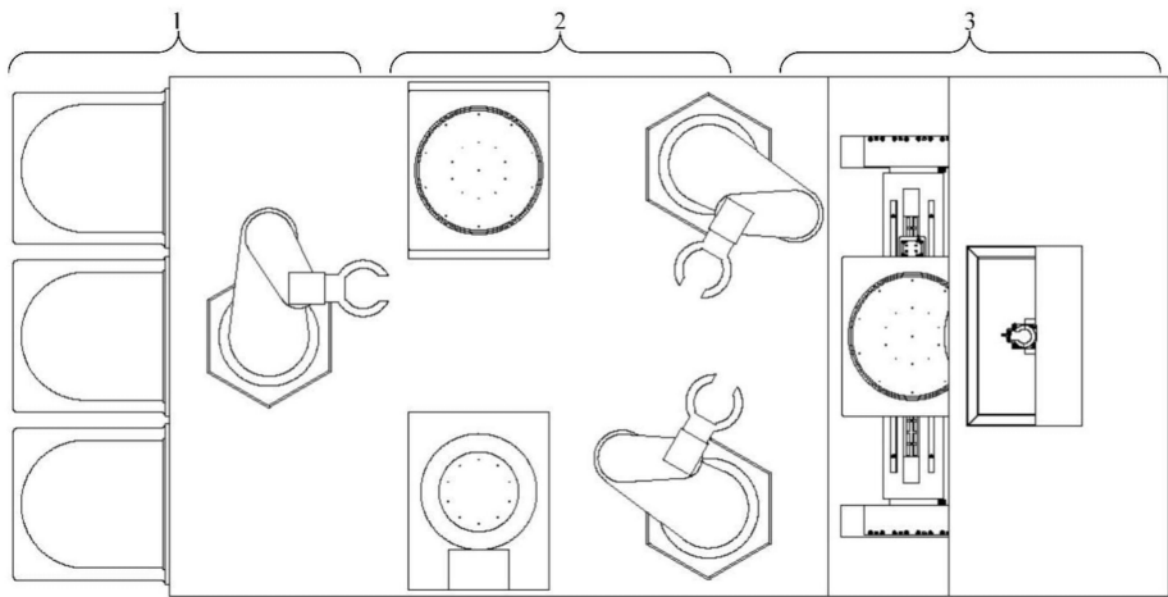


图1

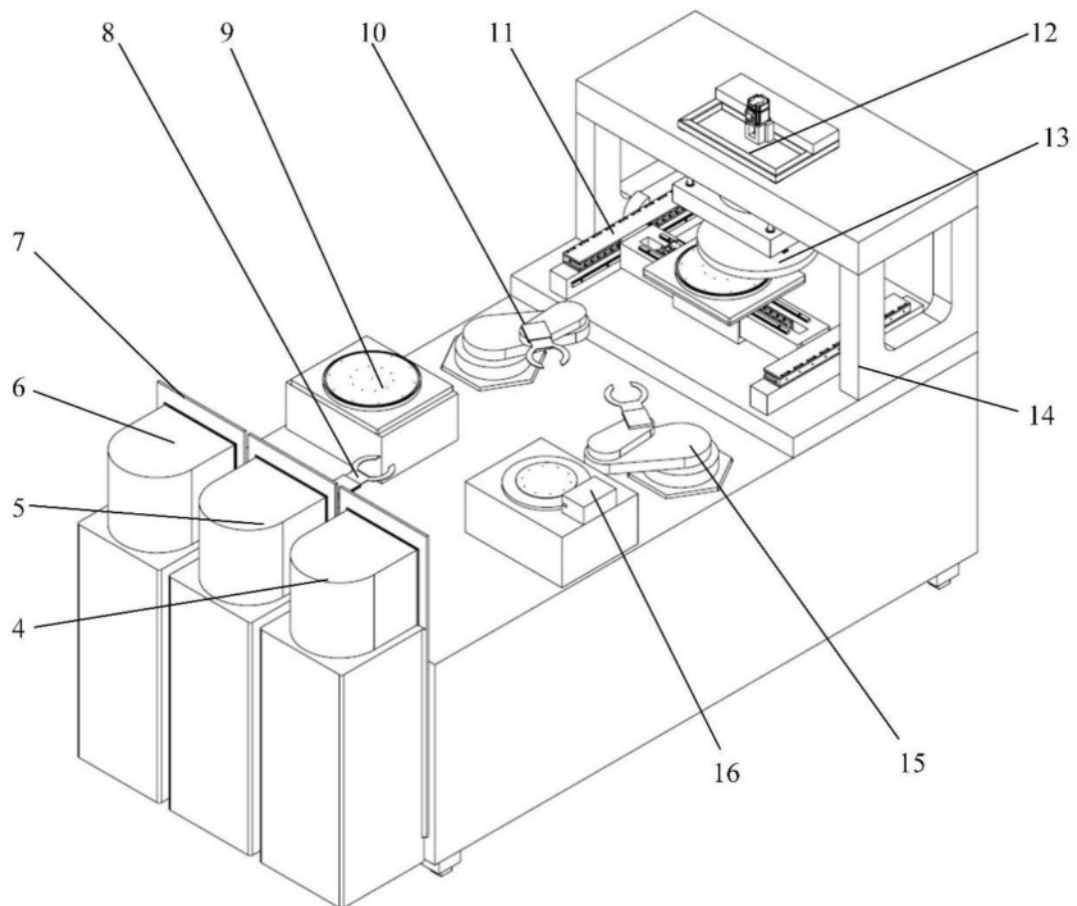


图2

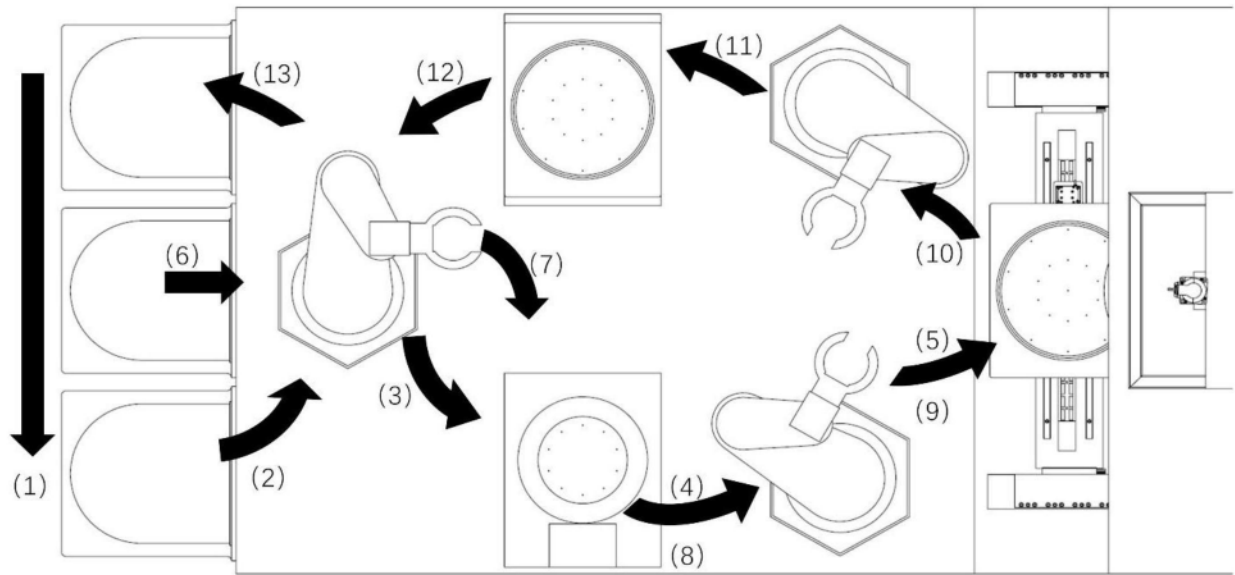


图3

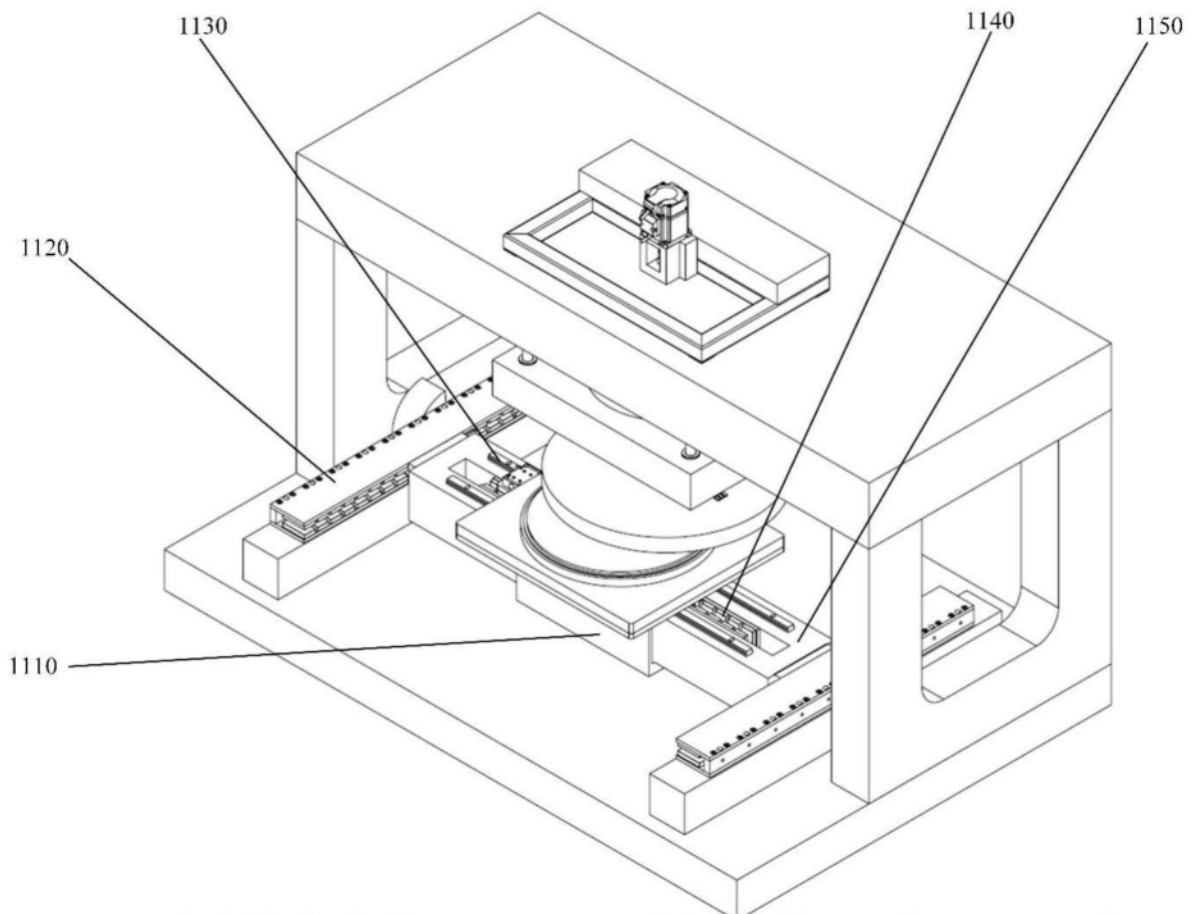


图4

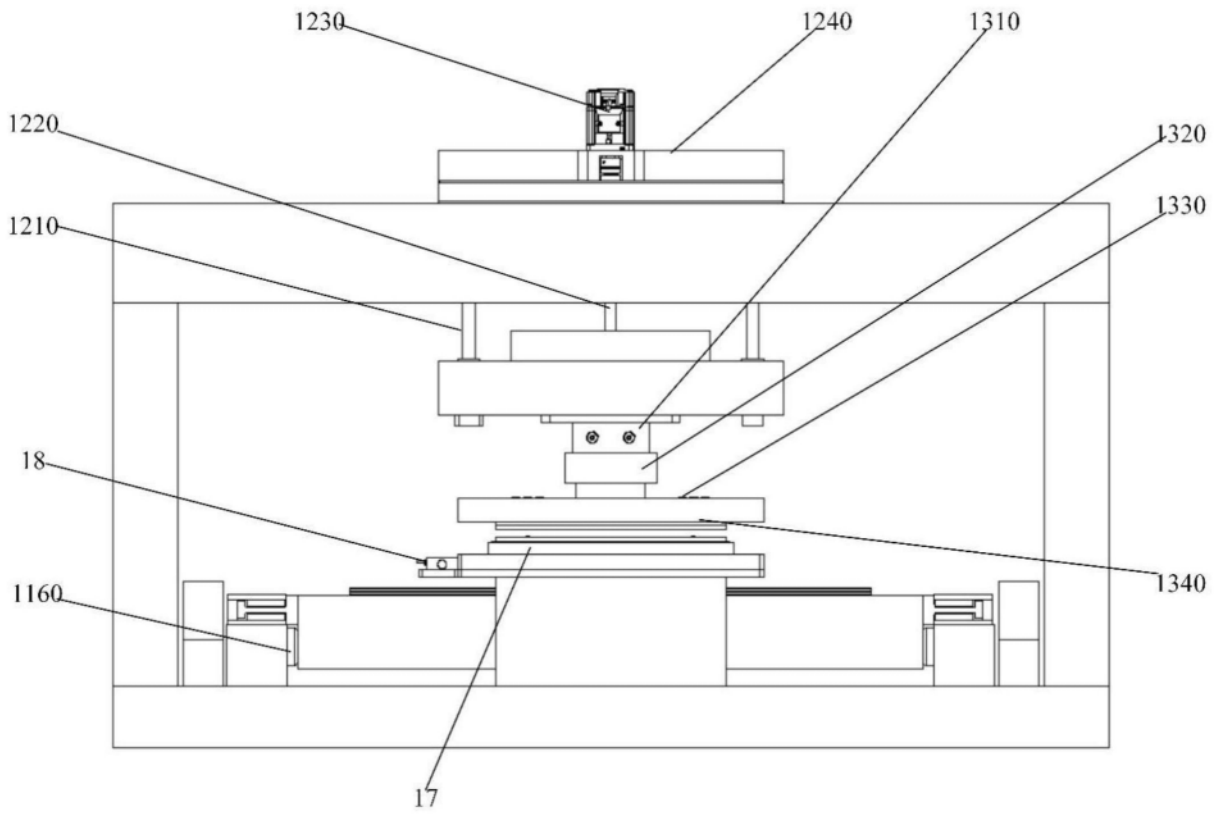


图5

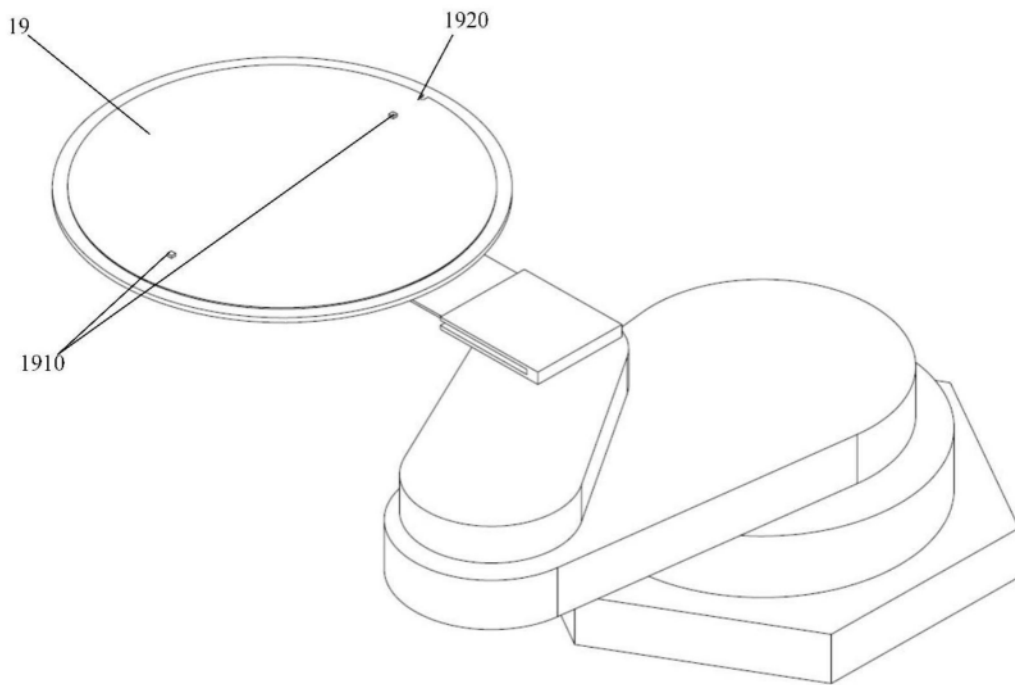


图6