



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119492470 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 21

(21) 申请号 202411630256.0

(22) 申请日 2024.11.15

(71) 申请人 兰州中科凯华科技开发有限公司
地址 730000 甘肃省兰州市城关区南昌路
578号

(72) 发明人 樊恒中 王振军 张永胜 苏云峰
沈建程

(74) 专利代理机构 甘肃省知识产权事务中心代
理有限公司 62100
专利代理师 赵红红

(51) Int. Cl.
G01L 5/00 (2006.01)
G01L 1/22 (2006.01)

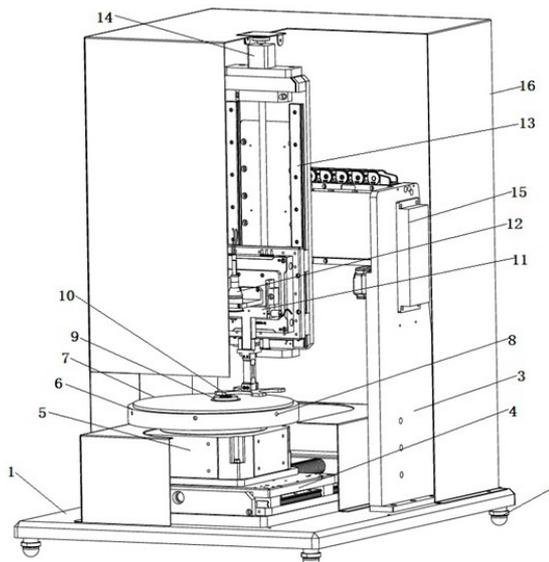
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静
动摩擦检测系统

(57) 摘要

本发明公开了一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,主要包括往复摩擦磨损检测设备和计算机控制系统;当拨叉推动晶圆片在X方向运动时,通过传力梁的形变带动位移传感器内部铁芯微动,从而根据计算机控制系统采集到的电压值来确定动摩擦力大小,在此过程中,通过位移传感器检测传力梁上的应变间隙形变可以有效采集到静摩擦力;同时,晶圆片在Y方向微动时,微动摩擦力大小由Y向应变式力传感器直接测量。两种传感器结合既能实现双向测力,同时也能实现较宽摩擦力范围的测试以及动静摩擦力的同一系统全覆盖测量。本发明结构简单,转化及维护成本较低,适合半导体加工制造行业及其他材料研发机构大规模应用。



1. 一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,包括往复摩擦磨损检测设备和计算机控制系统;

所述往复摩擦磨损检测设备以安装底板(1)及龙门架(3)为主机架,安装底板(1)上表面远离龙门架(3)一端设有Y向电动平移台(4),Y向电动平移台(4)上设有带自锁螺母的旋转平台(5),旋转平台(5)上设有下样品台(6),下样品台(6)顶面为凹陷式结构,圆形下试样(7)装入下样品台(6)凹陷式结构内;所述圆形下试样(7)顶面上设有作为上试样的晶圆片(9),晶圆片(9)上表面设有为晶圆接触摩擦提供正压力的加力砝码(10);

所述龙门架(3)横梁上水平安装有X向电动平移台(21),X向电动平移台(21)上安装有通过顶部步进电机(14)驱动的Z向电动升降台(13),Z向电动升降台(13)上设有高精度摩擦力测量装置(11),高精度摩擦力测量装置(11)上设有高清摄像机(12);

所述高精度摩擦力测量装置(11)包括可在X和Z向进行微距调整的二维压电陶瓷平移台(11-6),二维压电陶瓷位移台(11-6)面板一侧设有向下延伸的Y型传力梁(11-3),Y型传力梁(11-3)顶部两边上开有应变间隙(11-5),两应变间隙(11-5)底部Y型传力梁(11-3)两侧安装有高精度位移传感器(11-4);所述Y型传力梁(11-3)梁柄底部与Y向应变式力传感器(11-2)一端相接,Y向应变式力传感器(11-2)另一端与水平设置的侧推晶圆用拨叉(11-1)机构相接,所述侧推晶圆用拨叉(11-1)机构与晶圆片(9)抵接;

所述计算机控制系统信号输出端分别与Y向电动平移台(4)、Z向电动升降台(13)、旋转平台(5)、X向电动平移台(21)、二维压电陶瓷平移台(11-6)的驱动机构电连接,计算机控制系统信号输入端分别与高精度位移传感器(11-4)、Y向应变式力传感器(11-2)电连接。

2. 如权利要求1所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述侧推晶圆用拨叉(11-1)机构包括四个拨叉,每两个拨叉之间呈与晶圆片(9)外周相适配的圆弧结构。

3. 如权利要求2所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述X向电动平移台(21)通过传动装置(15)驱动,该传动装置(15)包括X向伺服电机(20),X向伺服电机(20)主轴连接主动轮(15-1),主动轮(15-1)通过同步带(15-2)连接从动轮(15-3),所述从动轮(15-3)与X向电动平移台(21)丝杆连接实现传动。

4. 如权利要求3所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述X向电动平移台(21)两端设有X向光学限位开关(22),Y向电动平移台(4)两端设有Y向光学限位开关(19),X向光学限位开关(22)和Y向光学限位开关(19)均与计算机控制系统的信号输入端电连接。

5. 如权利要求4所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述Y向电动平移台(4)由Y向伺服电机(17)驱动,Y向伺服电机(17)通过联轴器(18)与平移台丝杆连接。

6. 如权利要求5所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述Z向电动升降台(13)通过其顶部的步进电机(14)驱动。

7. 如权利要求6所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述旋转平台(5)通过手动驱动旋转。

8. 如权利要求1-7任一项所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述圆形下试样(7)装入下样品台(6)后通过下样品台(6)四周的螺栓

(8) 锁紧,所述螺栓(8)材质为柔性材料。

9. 如权利要求1-7任一项所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述安装底板(1)底部设有可调平支脚(2)。

10. 如权利要求1-7任一项所述的一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,其特征在于,所述高清摄像机(12)通过镜头安装架(23)安装于二维压电陶瓷平移台(11-6)Y型测力梁(11-3)同侧。

一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及高精度摩擦测试设备领域,涉及一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,尤其涉及一种用于半导体晶圆深度加工过程中的侧推静动摩擦检测系统。

背景技术

[0002] 随着半导体技术的不断发展,对晶圆表面的质量要求也越来越高,半导体晶圆在深度加工过程中,与载物台之间的摩擦磨损直接影响到晶圆的表面质量和加工精度,因此,通过对晶圆与载物台之间摩擦力的检测,可以及时发现加工过程中设备在晶圆上留下的划痕、污点、裂纹等外观缺陷以及热应力与机械应力导致晶圆弯曲翘边现象,进而指导对磨材料及装置的优化更换,从而确保晶圆加工质量的稳定性。同时,也可通过摩擦数据为晶圆加工工艺参数的调整提供依据,帮助材料设计及优化加工工艺,提高加工效率和晶圆表面质量。晶圆表面加工过程中,根据工况加载,需要在晶圆侧向施加推力,引导晶圆向规划方向运动,从而测试晶圆静动摩擦力,并通过计算机软件计算摩擦系数。然而,由于晶圆深度加工后厚度较小,约为500-750 μm ,且其质量较小,导致晶圆材料的摩擦磨损检测难度倍增。目前,由于国际贸易政策的变化,部分国家针对半导体设备领域颁布了出口管制政策,极大的影响了国内半导体材料的检测分析。为了提高半导体产业链安全,半导体测量设备国产化率显得尤为迫切,同时,目前国内市场上缺少对晶圆材料摩擦性能的检测设备,因此,研制一台用于晶圆材料摩擦力检测的设备是十分必要的。

发明内容

[0003] 基于以上所述,本发明的目的是提供一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,用于半导体晶圆材料在加工移样等过程中的摩擦磨损检测,同时模拟在晶圆上表面实现不同区域均衡加载的往复摩擦磨损检测,从而为晶圆加工工艺参数的调整提供依据,提高加工效率和晶圆表面质量。

[0004] 为实现其目的,本发明采用以下技术方案:

一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,包括往复摩擦磨损检测设备和计算机控制系统;

所述往复摩擦磨损检测设备以安装底板及龙门架为主机架,安装底板上表面远离龙门架一端设有Y向电动平移台,Y向电动平移台上设有带自锁螺母的旋转平台,旋转平台上设有下样品台,下样品台顶面为凹陷式结构,圆形下试样装入下样品台凹陷式结构内;所述圆形下试样顶面上设有作为上试样的晶圆片,晶圆片上表面设有为晶圆接触摩擦提供正压力的加力砝码;

所述龙门架横梁上水平安装有X向电动平移台,X向电动平移台上安装有通过顶部步进电机驱动的Z向电动升降台,Z向电动升降台上设有高精度摩擦力测量装置,高精度摩擦力测量装置上设有高清摄像机;

所述高精度摩擦力测量装置包括可在X和Z向进行微距调整的二维压电陶瓷平移台,二维压电陶瓷位移台面板一侧设有向下延伸的Y型传力梁,Y型传力梁顶部两边上开有应变间隙,两应变间隙底部Y型传力梁两侧安装有高精度位移传感器;所述Y型传力梁梁柄底部与Y向应变式力传感器一端相接,Y向应变式力传感器另一端与水平设置的侧推晶圆用拨叉机构相接,所述侧推晶圆用拨叉机构与晶圆片抵接;

所述计算机控制系统信号输出端分别与Y向电动平移台、Z向电动升降台、旋转平台、X向电动平移台、二维压电陶瓷平移台的驱动机构电连接,计算机控制系统信号输入端分别与高精度位移传感器、Y向应变式力传感器电连接。

[0005] 作为本发明技术方案的进一步改进,所述侧推晶圆用拨叉机构包括四个拨叉,每两个拨叉之间呈与晶圆片外周相适配的圆弧结构。

[0006] 进一步地,所述X向电动平移台通过传动装置驱动,该传动装置包括X向伺服电机,X向伺服电机主轴连接主动轮,主动轮通过同步带连接从动轮,所述从动轮与X向电动平移台丝杆连接实现传动。

[0007] 进一步地,所述X向电动平移台两端设有X向光学限位开关,Y向电动平移台两端设有Y向光学限位开关,X向光学限位开关和Y向光学限位开关均与计算机控制系统的信号输入端电连接。

[0008] 进一步地,所述Y向电动平移台由Y向伺服电机驱动,Y向伺服电机通过联轴器与平移台丝杆连接。

[0009] 进一步地,所述Z向电动升降台通过其顶部的步进电机驱动。

[0010] 进一步地,所述旋转平台通过手动控制旋转。上表面安装好下试样后,可手动转动圆盘,选择测试区域,转动到合适位置后,通过旋转平台自带螺母锁紧。

[0011] 进一步地,所述圆形下试样装入下样品台后通过下样品台四周的螺栓锁紧,所述螺栓材质为柔性材料。

[0012] 进一步地,所述安装底板底部设有可调平支脚。

[0013] 进一步地,所述高清摄像机通过镜头安装架安装于二维压电陶瓷平移台Y型测力梁同侧。

[0014] 通过采用上述技术方案,本发明取得的有益效果如下:

1、本发明针对不同质量晶圆与设备面之间大跨度的摩擦力检测,提出用传力梁搭配电感式位移传感器及应变式力传感器组合,当拨叉推动晶圆片在X方向运动时,通过传力梁的形变带动位移传感器内部铁芯微动,从而根据计算机控制系统采集到的电压值来确定动摩擦力大小,在此过程中,通过位移传感器检测传力梁上的应变间隙形变可以有效采集到静摩擦力;同时,晶圆片在Y方向微动时,微动摩擦力大小由Y向应变式力传感器直接测量。两种传感器结合既能实现双向测力,同时也能实现较宽摩擦力范围的测试以及动静摩擦力的同一系统全覆盖测量。

[0015] 2、本发明采用光学升降台搭配压电陶瓷位移平台,组合高清摄像机实现机器视觉自动调整,能够准确定位晶圆所处位置,实现高精度控制拨叉,避免运动部件对试样的损伤。

[0016] 3、本发明传力梁结构搭配弹性材料反应灵敏,搭配高精度数据采集装置,能够实现动静摩擦力的同时测量。

[0017] 4、本发明结构简单,转化及维护成本较低,适合半导体加工制造行业及其他材料研发机构大规模应用。

附图说明

[0018] 图1为本发明中往复摩擦磨损检测设备的结构示意图;

图2为图1的半剖视图;

图3为本发明中高精度摩擦力测量装置的结构示意图;

图4为本发明中传动装置的局部视图;

附图标记:1、安装底板;2、可调平支脚;3、龙门架;4、Y向电动平移台;5、旋转平台;6、下样品台;7、圆形下试样;8、螺栓;9、晶圆片;10、砝码;11、高精度摩擦力测量装置:11-1、拨叉,11-2、Y向应变式力传感器,11-3、传力梁,11-4、高精度位移传感器,11-5、应变间隙,11-6、二维压电陶瓷位移台;12、高清摄像机;13、Z向电动升降台;14、步进电机;15、传动装置:15-1、主动轮,15-2、同步带,15-3、从动轮;16、设备外壳;17、Y向伺服电机;18、联轴器;19、Y向光学限位开关;20、X向伺服电机;21、X向电动平移台;22、X向光学限位开关;23、镜头安装架。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明的结构及工作过程进行详细说明。

[0020] 本发明中,所述计算机控制系统采用研华610L,X向和Y向电动平移台购自上海联谊光纤激光器械有限公司,旋转平台5购自上海联谊光纤激光器械有限公司,Y向应变式力传感器11-2购自蚌埠传感器系统工程有限公司,高精度位移传感器11-4购自北京京海泉传感科技有限公司,二维压电陶瓷位移台11-6购自哈尔滨芯明天科技有限公司,高清摄像机12购自微特视界科技(深圳)有限公司,Z向电动升降台13购自上海联谊光纤激光器械有限公司。

[0021] 参照图1-4,本发明提供一种用于半导体晶圆高精度加工过程的静动摩擦检测系统,包括往复摩擦磨损检测设备和计算机控制系统。

[0022] 所述往复摩擦磨损检测设备以安装底板1及龙门架3为主机架,主机架外部设有设备外壳16,安装底板1底部设有可调平支脚2;所述安装底板1上表面远离龙门架3一端设有Y向电动平移台4,Y向电动平移台4上设有带自锁螺母的旋转平台5,旋转平台5上设有下样品台6,下样品台6顶面为凹陷式结构,圆形下试样7装入下样品台6凹陷式结构内;所述圆形下试样7顶面上设有作为上试样的晶圆片9,晶圆片9上表面设有为晶圆接触摩擦提供正压力的加力砝码10。

[0023] 所述龙门架3横梁上水平安装有X向电动平移台21,X向电动平移台21顶部安装有通过步进电机14驱动的Z向电动升降台13,Z向电动升降台13上设有高精度摩擦力测量装置11,高精度摩擦力测量装置11上设有高清摄像机12。

[0024] 所述高精度摩擦力测量装置11包括可在X和Z向进行微距调整的二维压电陶瓷平移台11-6,二维压电陶瓷平移台11-6通过电压驱动,二维压电陶瓷位移台11-6面板一侧设有向下延伸的Y型传力梁11-3,Y型传力梁11-3顶部两边上开有应变间隙11-5,两应变间隙11-5底部Y型传力梁11-3两侧安装有高精度位移传感器11-4;所述Y型传力梁11-3梁柄底部

与Y向应变式力传感器11-2一端相接,Y向应变式力传感器11-2另一端与水平设置的侧推晶圆用拨叉11-1机构相接,所述侧推晶圆用拨叉11-1机构与晶圆片9抵接。所述高清摄像机12通过镜头安装架23安装于二维压电陶瓷平移台11-6的Y型测力梁11-3同侧。

[0025] 具体的,由于上试样晶圆片9大都为50mm圆片状,因此侧推晶圆用拨叉11-1机构设计为包括四个拨叉,每两个拨叉之间呈与晶圆片9外周相适配的圆弧结构,可实现晶圆片9在圆形下试样7上的推拉运动,运动过程中的摩擦力由高精度位移传感器11-4和Y向应变式力传感器11-2采集记录。所述四个拨叉底部为水平面,由于所推晶圆片9较薄,在Z向移动时需要精准控制,具体分两步控制:粗调由步进电机14带动Z向电动升降台13完成,高清摄像头12检测到拨叉与圆形下试样7之间距离较大时,电动升降台13工作,带动拨叉向下移动,当高清摄像头检测到拨叉高度离圆形下试样7距离 $\leq 1\text{mm}$ 时,电动升降台13停止工作,二维压电陶瓷平移台11-6启动精调模式,以较小位移带动拨叉靠近下试样7与上试样晶圆片9侧面,实现拨叉11-1的精准定位,既能保证推动晶圆片9,同时又可保证拨叉不与圆形下试样7发生干涉。

[0026] 具体的,为使设备整体结构协调,确保设备运行的平稳性,所述X向电动平移台21通过传动装置15驱动,该传动装置15包括X向伺服电机20,X向伺服电机20主轴连接主动轮15-1,主动轮15-1通过同步带15-2连接从动轮15-3,所述从动轮15-3与X向电动平移台21丝杆连接实现传动。所述Y向电动平移台4由Y向伺服电机17驱动,Y向伺服电机17通过联轴器18与平移台丝杆连接。

[0027] 具体的,为防止X、Y向电动平移台运动过程中撞击设备外壳16,本发明在所述X向电动平移台21两端设置了X向光学限位开关22,Y向电动平移台4两端设置了Y向光学限位开关19。

[0028] 具体的,所述旋转平台5通过手动驱动旋转,安装好圆形下试样7后,可手动转动圆盘,选择测试区域,转动到合适位置后,通过旋转平台自带螺母锁紧。具体的,为确保下样品台6旋转过程中圆形下试样7的安装稳定性,保证摩擦测量的精确性,所述圆形下试样7装入下样品台6后通过下样品台6四周的螺栓8锁紧,为避免圆形下试样7划伤,所述螺栓8选用为柔性材料材质制作。

[0029] 所述计算机控制系统信号输出端分别与Y向伺服电机17、X向伺服电机20、步进电机14、旋转平台5驱动机构、二维压电陶瓷平移台11-6的驱动机构电连接,计算机控制系统信号输入端分别与高精度位移传感器11-4、Y向应变式力传感器11-2、X向光学限位开关22和Y向光学限位开关19电连接。

[0030] 参照图3,当质量较轻或与所产生位移接触面摩擦力较小的晶圆在测试过程中,可调整拨叉推动晶圆片9在X方向运动,通过传力梁11-3的形变带动高精度位移传感器11-4内部铁芯微动,从而根据计算机控制系统采集到的电压值来确定动摩擦力大小,在此过程中,通过高精度位移传感器11-4检测传力梁11-3上的应变间隙11-5形变可以有效采集到静摩擦力;同时,晶圆片9在Y方向微动时,微动摩擦力大小由Y向应变式力传感器11-2直接测量。两种传感器结合既能实现双向测力,同时也能实现较宽摩擦力范围的测试以及动静摩擦力的测量。

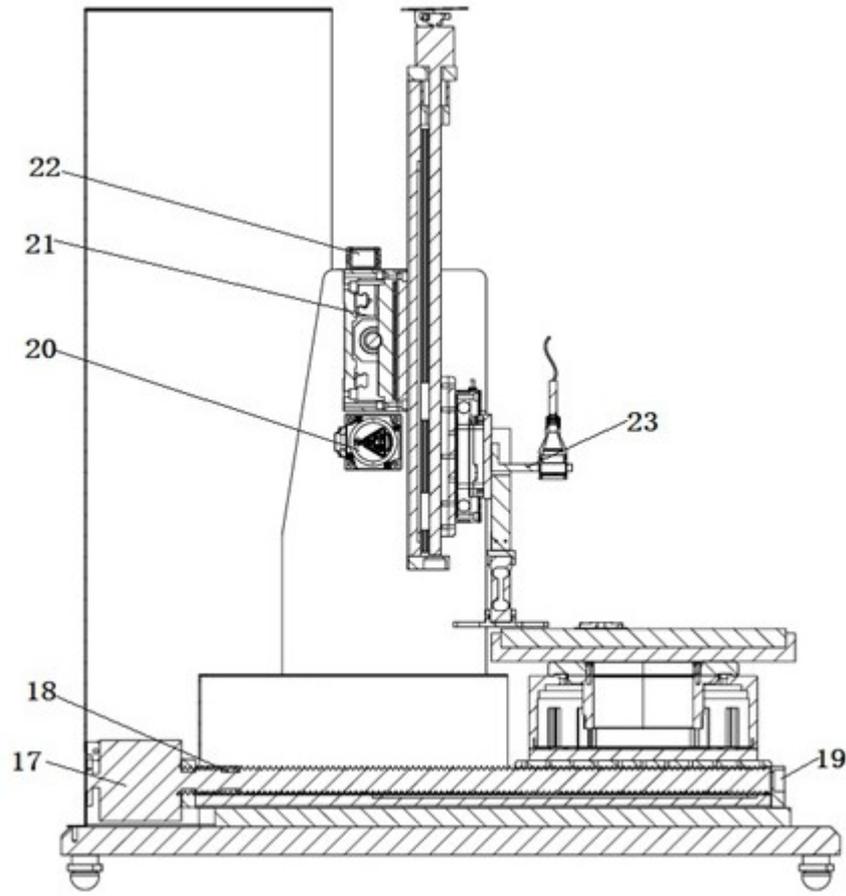


图2

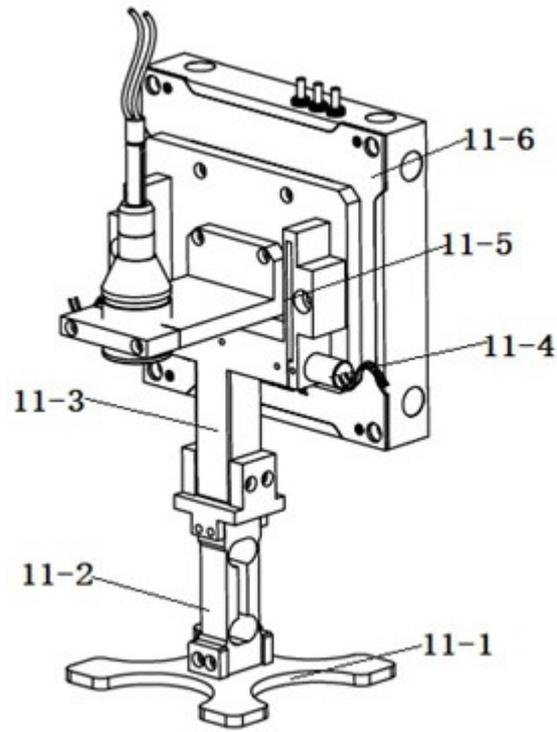


图3

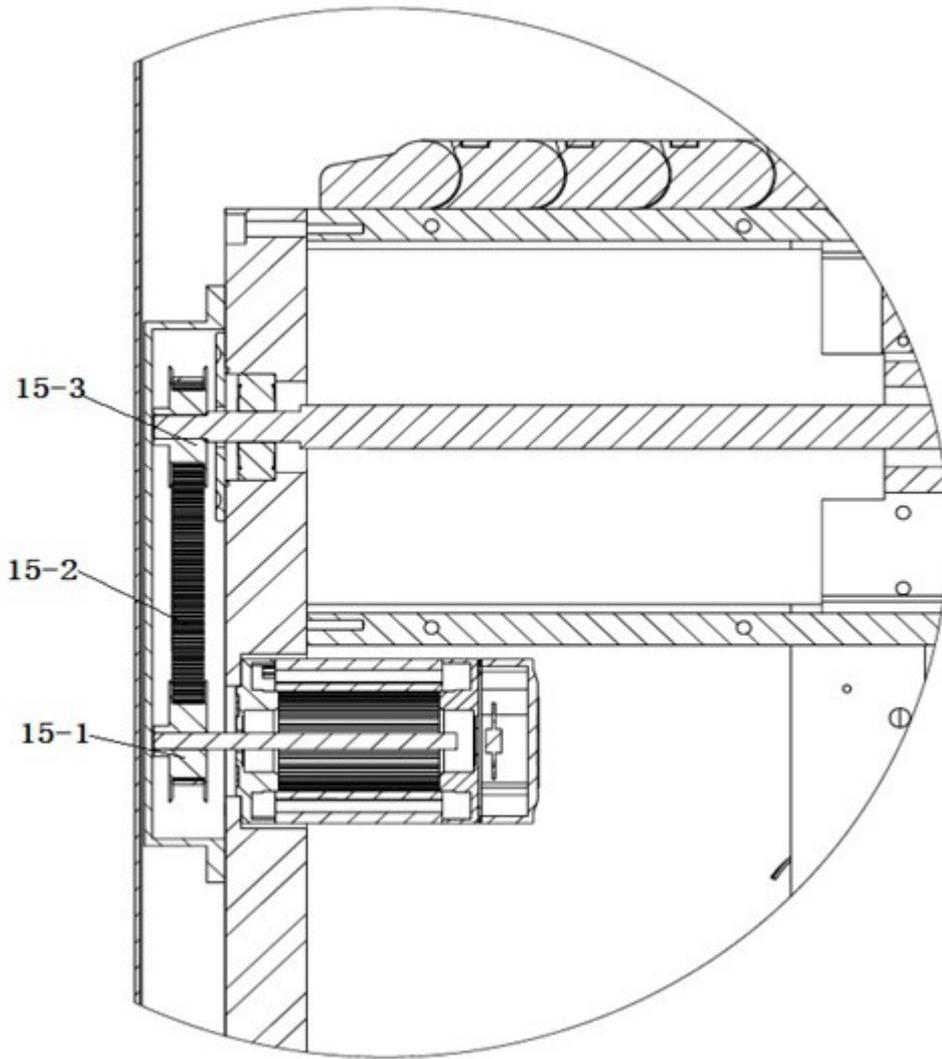


图4