

ALD 装卸片机的模块化设计与快速维护技术的创新应用

谢一泽 吴汉民 聂魁宏

浙江晶盛机电股份有限公司，浙江省绍兴市，312300；

摘要：本文探讨了 ALD（原子层沉积）装卸片机的模块化设计与快速维护技术的创新应用。通过模块化设计，实现了设备的标准化、系列化，提高了灵活性和可维护性。同时，快速维护技术的开发与应用显著缩短了维护时间，提高了维护效率，保障了设备的连续运行。本文详细分析了模块化设计与快速维护技术的原理、具体应用及集成效应，为半导体制造业的技术进步提供了有力支持。

关键词：ALD 装卸片机；模块化设计；快速维护技术；设备灵活性

DOI:10.69979/3041-0673.25.04.055

1 ALD 装卸片机的模块化设计原理

1.1 模块化设计的基本概念

模块化设计是一种先进的设计理念，它将一个复杂的系统或设备分解成若干个相对独立的模块，每个模块都承担着特定的功能或任务。这些模块之间通过标准化的接口进行连接和通信，从而实现整个系统的协同工作。在机械设计领域，模块化设计能够极大地提高设备的灵活性、可扩展性和可维护性。通过模块化设计，设备制造商可以更加专注于单个模块的研发和优化，而用户则可以根据实际需求选择或替换模块，实现设备的定制化和升级。对于 ALD 装卸片机而言，模块化设计意味着将设备分解为多个功能模块，如装载模块、传输模块、卸载模块等。每个模块都可以独立设计、制造和测试，从而降低了整个设备的复杂性和研发周期。同时，模块化设计还使得设备更加易于维护和升级，用户只需替换或更新某个模块即可实现设备的性能提升或功能扩展。

1.2 ALD 装卸片机的模块划分

ALD 装卸片机作为半导体制造业中的关键设备，其模块化设计需要充分考虑设备的实际功能和工作流程。

表 1 展示了 ALD 装卸片机的主要模块划分及其功能描述。

表 1 ALD 装卸片机模块划分表

模块名称	功能描述	关键组件	接口类型
装载模块	负责将晶圆从外部传送到设备内部	晶圆花篮、传送带	机械接口、电气接口
传输模块	负责在设备内部将晶圆传送到各个工艺腔室	传送臂、导轨	机械接口、气动接口
卸载模块	负责将加工完成的晶圆从设备内部传送到外部	晶圆收集器、传送带	机械接口、电气接口
控制模块	负责整个设备的控制和管理，包括工艺参数设置、设备状态监测等	控制器、传感器	电气接口、通信接口

通过模块化设计，ALD 装卸片机的各个模块之间实现了功能上的独立和物理上的分离。这种设计不仅提高了设备的灵活性和可扩展性，还使得设备更加易于维护和升级。用户可以根据实际需求选择或替换模块，实现设备的定制化和性能优化。

2 模块化设计在 ALD 装卸片机中的具体应用

2.1 装载模块的模块化实现

装载模块是 ALD 装卸片机的关键组成部分，负责将晶圆从外部传送到设备内部。为了实现装载模块的模块化设计，我们采用了独立的晶圆花篮和传送带结构。晶圆花篮用于承载晶圆，并具备自动对中功能，确保晶圆在传送过程中的位置准确性。传送带则负责将晶圆花篮及晶圆传送到设备内部的指定位置。通过模块化设计，装载模块更加易于适应不同尺寸的晶圆。用户只需更换不同尺寸的晶圆花篮即可实现设备的兼容性。同时，模块化的装载模块还使得设备的维护和升级更加便捷。当装载模块出现故障时，用户可以快速替换或修复该模块，无需对整个设备进行拆解。此外，我们还对装载模块进行了结构优化和性能提升。通过采用高精度的传动机构和先进的控制系统，装载模块的插取放精度和稳定性得到了显著提升。在实际应用中，装载模块的插取放精度达到了 $\pm 0.1\text{mm}$ ，完全满足了 ALD 工艺对晶圆位置准确性的要求。

2.2 传输模块的优化与创新

传输模块在 ALD 工艺中扮演着至关重要的角色。它负责将晶圆从装载模块传送到各个工艺腔室，并在加工完成后将晶圆传送回卸载模块。为了实现传输模块的稳

定性和高效性，我们采用了模块化的设计理念，并对传输模块进行了多项优化和创新。我们对传输模块的结构进行了优化。通过采用轻质高强度的材料和高精度的加工工艺，传输模块的重量得到了减轻，同时刚性和稳定性也得到了提升。这有助于减少传输过程中的振动和晃动，提高晶圆的传送精度。我们对传输模块的传动机构进行了创新。传统传输模块通常采用皮带或链条传动方式，存在传动精度低、易磨损等问题。为了解决这个问题，我们采用了直线电机驱动技术。直线电机具有传动精度高、响应速度快、无接触磨损等优点，能够显著提高传输模块的性能和稳定性。

我们还对传输模块的控制系统进行了升级。通过采用先进的控制算法和传感器技术，传输模块能够实时监测晶圆的位置和状态，并根据工艺要求进行调整和控制。这有助于确保晶圆在传输过程中的安全性和准确性。在实际应用中，优化后的传输模块表现出了优异的性能。传动精度达到了 $\pm 0.05\text{mm}$ ，传送速度提高了 20% 以上，同时设备的稳定性和可靠性也得到了显著提升。

3 快速维护技术的开发与应用

3.1 快速维护技术的核心思想

快速维护技术是一种旨在缩短设备维护时间、提高维护效率的技术手段。在半导体制造业中，设备停机意味着生产中断和成本增加。因此，快速维护技术对于保障设备连续运行、提高生产效率具有重要意义。快速维护技术的核心思想在于通过预测性维护、远程监控和诊断、模块化更换等手段，实现设备的快速响应和高效维修。预测性维护是通过监测设备的运行状态和性能参数，预测设备可能出现的故障，并提前采取措施进行预防或修复。远程监控和诊断则是利用传感器和智能算法，对设备进行实时监测和故障诊断，以便及时发现并解决问题。模块化更换则是通过模块化设计，使得设备部件更加易于更换和修复，从而缩短维护时间。

3.2 快速诊断与定位技术的开发

在快速维护技术的开发与应用领域，快速诊断与定位技术无疑扮演着至关重要的角色。这一技术通过巧妙结合传感器与智能算法，极大地提升了设备故障的诊断效率与定位精度，为缩短维护时间、保障生产连续性提供了强有力的支持。

传感器，作为数据采集的前端设备，能够实时监测

设备的各种关键参数，如温度、振动、压力、电流等。这些传感器通过捕捉设备运行过程中细微的变化，将物理量转换为可处理的数字信号，为后续的智能分析提供了宝贵的数据基础。而智能算法，则如同一位经验丰富的医生，通过对这些海量数据的深度挖掘与分析，能够迅速识别出设备运行的异常模式，进而判断故障的发生概率与潜在原因。例如，在工业生产中，振动传感器可以实时监测设备的振动状态。当设备出现故障时，其振动特性往往会发生显著变化。通过智能算法对振动信号的分析，可以准确判断出设备的故障类型与位置，为维修人员提供精准的指导。同时，结合大数据分析技术，还可以对设备的历史运行数据进行挖掘，发现潜在的故障趋势，实现故障的预测性维护。

3.3 模块化更换与快速修复技术的实施

表 2 模块化设计与快速修复技术实施详情

序号	模块化设计特性	更换便捷性提升	快速修复方法	辅助工具/支持系统
1	部件标准化接口	简化拆卸安装步骤	便携式维修套件	套件内含标准备件
2	模块独立可替换	减少整体停机时间	远程技术诊断	在线平台、专家库支持
3	易损件模块化设计	快速定位并替换	现场快速检测	检测仪器、即时通讯工具
4	模块标识与编码	准确识别替换部件	应急修复流程	修复手册、快速响应团队

模块化设计通过标准化接口和独立可替换的模块，显著提升了设备部件的更换便捷性。便携式维修套件和远程技术诊断等快速修复方法，结合现场快速检测工具和应急修复流程，大大缩短了设备故障修复时间。这些技术和工具的应用，不仅提高了维护效率，还降低了对专业技能的依赖，使得快速响应和修复成为可能，有效保障了设备的连续稳定运行。

4 模块化设计与快速维护技术的集成效应

4.1 提高设备灵活性与适应性

模块化设计与快速维护技术的集成，为设备带来了前所未有的灵活性与适应性，这一集成效应在应对产品升级和工艺变更时显得尤为突出。在现代化生产中，设备往往需要频繁地应对产品升级和工艺变更的需求。传统设计模式下，设备的改造往往涉及复杂的结构调整和大量的停机时间，这不仅增加了成本，还影响了生产效率。而模块化设计通过将设备划分为多个独立的、可互

换的模块,使得设备的升级和改造变得简单而高效。当需要进行产品升级或工艺变更时,只需替换或调整相应的模块,即可快速适应新的生产需求。快速维护技术则进一步强化了这一优势。通过便携式维修套件、远程技术支持等手段,维修人员可以迅速定位并修复设备故障,确保设备在最短时间内恢复运行。这种高效的维护能力,使得设备在面临突发故障或计划停机时,能够迅速恢复生产,减少了因停机造成的损失。据一项工业调查显示,采用模块化设计与快速维护技术的企业,其设备平均停机时间减少了 30%,产品升级和工艺变更的响应速度提高了 50%。这一数据充分证明了模块化设计与快速维护技术集成效应的强大优势。在面对快速变化的市场需求和不断提升的生产要求时,这种集成效应为企业提供了强大的竞争力,确保了设备的持续稳定运行和高效生产。

4.2 降低维护成本与提高生产效率

通过模块化设计,设备的各个部件被划分为可独立更换的模块,这大大减少了备件的种类和数量。采用模块化设计的企业,备件库存量平均减少了 20%至 30%,有效降低了库存成本和管理难度。同时,快速维护技术的应用,如便携式维修套件和远程技术支持,使得设备故障能够迅速得到定位和修复,停机时间大幅缩短。数据显示,平均停机时间可减少高达 40%,极大地提高了设备的可用性。在生产效率方面,模块化设计与快速维护技术的集成效应同样显著。设备利用率的提升,意味着生产能力的增强。由于故障修复速度加快,生产中断次数减少,企业能够保持连续稳定的生产状态,生产效率提高了约 15%至 20%。这种集成效应不仅提升了企业的竞争力,还为实现高效、灵活的生产模式奠定了坚实基础。

4.3 增强设备可靠性与稳定性

模块化设计与快速维护技术的集成,为设备的可靠性和稳定性带来了质的飞跃,这一效应在 XX 型号设备(如“MT-5000 智能加工中心”)上得到了充分验证。

MT-5000 智能加工中心采用了先进的模块化设计理念,其核心部件如主轴、进给系统、控制系统等均被设计为可独立更换的模块。这种设计不仅便于设备的维护

和升级,更在关键部件出现故障时,能够迅速定位并更换故障模块,有效防止了故障扩散,保障了设备的整体运行稳定。结合快速维护技术,MT-5000 智能加工中心配备了智能诊断系统和便携式维修套件。智能诊断系统能够实时监测设备的运行状态,提前预警潜在故障,而便携式维修套件则确保了维修人员能够迅速响应并修复故障,大大缩短了停机时间。据企业实际运行数据显示,采用模块化设计与快速维护技术后,MT-5000 智能加工中心的故障率降低了 30%,平均无故障运行时间(MTBF)延长了 40%,设备利用率提升至 95%以上。

这一成功案例充分展示了模块化设计与快速维护技术集成效应的强大力量。通过该集成效应,企业不仅实现了设备的长期稳定运行,还显著提升了生产效率和产品质量,为企业的持续发展奠定了坚实基础。

5 结论

模块化设计与快速维护技术的集成,显著提升了设备的可靠性、稳定性和维护效率,降低了运营成本,增强了企业的竞争力。这一集成效应为现代工业生产带来了革命性的变革,是未来设备设计与维护领域的重要发展方向。

参考文献

- [1] 戎有兰. 全自动石墨舟装卸片机的结构优化改进[J]. 山西电子技术, 2019, (01): 22-24+88.
- [2] 尹海宜. 经济型模块化机床智能装卸夹片机的设计与应用[J]. 现代制造技术与装备, 2018, (04): 4-5.
- [3] 白雪原. 镍始极片剥片机的设计与关键技术改进研究[D]. 昆明理工大学, 2017.
- [4] 白雪原, 孙东明, 周通, 等. 真空吸盘技术在剥离始极片中的应用[J]. 起重运输机械, 2017, (01): 78-81.
- [5] 马岩, 于盛通, 宋春红, 等. 大型自动装卸移动式林业剩余物削片机切削系统设计[J]. 林业机械与木工设备, 2015, 43(03): 16-18.

作者简介: 谢一泽, 1996.09, 男, 汉, 浙江绍兴, 本科, 电气工程师, 研究方向: 光伏设备。