

Analysis on Maintenance and Quality Control of Special Gas System in Large 12-inch Wafer Plant

Yu Wu

Hefei Changxin Integrated Circuit Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230031, China

Abstract

The construction of a large 12-inch wafer fab has provided a wealth of wafer products in various fields of Chinese society to meet the needs of semiconductor chip production. Especially with the improvement of China's scientific and technological level, traditional small-scale 6-inch fabs have shown certain limitations. Only by accelerating the construction of large-scale 12-inch fabs can we gradually expand the production scale and promote the improvement of production efficiency and quality. The special gas system is an important part of the fab, and ensuring its safe and stable operation is of great significance for production work. Therefore, maintenance management and operation quality control should be strengthened in the work. The paper explores the maintenance and quality control measures of the large-scale 12-inch fab special gas system by analyzing the composition of the large-scale 12-inch fab special gas system.

Keywords

large 12-inch wafer plant; special gas system; maintenance; quality control

试析大型 12 英寸晶圆厂特气系统的维护与质量控制

吴语

合肥长鑫集成电路有限责任公司, 中国·安徽 合肥 230031

摘要

大型 12 英寸晶圆厂的建设, 为中国社会各领域提供了丰富的晶圆产品, 满足了半导体芯片的制作需求。尤其是随着中国科学技术水平的提升, 传统小规模 6 英寸晶圆厂体现出一定的局限性, 只有加快大型 12 英寸晶圆厂的建设, 才能逐步扩大生产规模, 促进生产效率与质量的提升。特气系统是晶圆厂中的重要组成部分, 确保其安全、稳定运行, 对于生产工作而言具有重要意义。因此, 应该在工作中加强维护管理与运行质量控制。论文通过分析大型 12 英寸晶圆厂特气系统的构成, 探索大型 12 英寸晶圆厂特气系统的维护与质量控制措施。

关键词

大型 12 英寸晶圆厂; 特气系统; 维护; 质量控制

1 引言

现阶段, 集成电路产业蓬勃发展, 中国纷纷开建集成电路项目, 其中又以 12 英寸大型晶圆厂的建设数量增长最快。近 4 年, 中国已有 10 条 12 英寸新产线项目投产, 总投资 3200 亿元; 同时在建的 12 英寸集成电路项目多达 14 条, 总投资 5100 亿元; 另有 23 条规划待建, 规划投资约 5000 亿元。

12 英寸晶圆厂是目前较为先进的集成电路产线, 相对于 6 寸或者 8 寸产线, 绝大多数的芯片代工厂会把最先进的制程研发和生产工艺放在 12 寸产线上。现在的大型半导体厂家的工艺设备种类多样, 而各厂家在生产工艺气体的选择上也有很大的不同。一条 12 英寸工艺产线中, 工艺气体的种类可达

40 至 50 多种。这其中不仅包含了 N_2 、 O_2 、 H_2 、CDA 等常用的大宗气体, 还包括了毒腐蚀性气体 HCL、HBr、 Cl_2 、 N_2O ; 可燃性气体 PH_3 、 ASH_3 、 SiH_4 ; 惰性气体 SF_6 、 CF_4 、 CO_2 、 N_2 、HE、AR 等特种气体种类。气体选择的种类多, 其中的特殊气体又具有易燃易爆、带毒性、腐蚀性的特点, 这给工厂安全和生产人员的生命健康带来了一定风险, 对单位的安全生产管理水平也提出了挑战。因此, 维护好半导体厂特气系统的平稳运行, 加强对特气系统的供气质量控制, 在生产运营中显得尤为重要。

鉴于该系统具有一定的复杂性, 工作人员应非常熟悉特气系统, 并对供气系统的构成、系统特性等进行仔细的分析, 同时理解大型 12 英寸晶圆厂的要求, 制定出针对性的运维与

控制方案。避免运行中可能出现的严重故障，才能防止意外安全事故的出现，才能提升系统的运行水平。

2 大型 12 英寸晶圆厂特气系统的基本组成

高纯特气系统的供应方式多种多样，包括了 VHF 槽车输送系统、Bundle 钢瓶组供气系统、BSGS 大流量特气供应系统、Blender 混气系统、管道输送、外购气体瓶等等。应根据大型 12 英寸晶圆厂的生产工艺特性、规模大小、量产需求，选择合理的特气供应系统。同一个厂的同种气体可能有多种供气方式，在生产实际中，可以根据量产的供气需求切换合适的供气方式，确保在系统运行中具有较强的便捷性。运行管理中，一方面需保障供气质量，提高供气的安全性与高效性^[1]，另一方面也应注意运维成本，讲究经济性。外购气体钢瓶的应用具有较强的灵活性，能够降低生产成本，不过仍存在可能出现气体污染的风险，因而应该对使用的设备进行有效维护。一般的特气系统主要由 GC 气瓶柜、DVB/DVP 主分配箱、MVMB/MVMP 主气体阀箱、VMB/VMP 分阀箱、输送管道和尾气处理装置（Scrubber\Burn-tube 设备）等构成。

3 大型 12 英寸晶圆厂特气系统的维护

特气系统的运维工作主要分为日常运行和设备维护。

日常运行通常为来料接收、钢瓶更换、空瓶退运、日常巡检、监控值班、特气使用工作记录、特气区域空间管理等。

设备维护需制定完善的设备维护计划、年底提交明年维护保养方案并做好设备运维记录。针对现场设备制定安全操作规程，如：BSGS 系统来料检查作业指导书、BSGS 系统操作作业指导书、VMB 操作作业指导书、全自动气柜操作作业指导书、设备维修保养指导书、应急处理程序作业指导书、劳防用品及安全设备的使用及管理作业指导书等，使得现场运维工作有据可依。如下简述一下 GC 设备和特气管路的维护。

3.1 GC 气柜设备的维护

特气系统作为一种供应系统，在运行中具有较高的风险，应由专门的技术人员检查系统性能，加强维护，防止意外事故的发生。GC 气柜是特气系统的重要且常用的设备，市面上有半自动特气柜（Semi-Auto GC）和全自动特气柜（Auto GC）两大类。对于不同类型的 GC 气柜，维护工作中的标准与要求是有所差异的^[2]。全自动特气柜（Auto GC）具有较高

的自动化程度，安全、可靠且易操作。它不仅可以让用户通过触控屏上看到设备的运行状态、传感器数值、报警信息等，还提供了钢瓶自动切换，自动吹扫、面板自动吹扫、管线吹扫等自动化操作，同时还配有毒性气体泄漏检测、火焰探测、可联动远程停机等功能。全自动特气柜（Auto GC）在实际中更受欢迎，新建的各大型晶圆厂中也更为常见。

特气系统的运维人员应实行分级管理。一般的 GC 设备运维人员的维修工作内容仅限于零部件更换，如压力传感器 PT 更换、气柜普通阀门更换、文丘里抽真空器更换、过滤器更换、Pigtail 更换和调压阀更换。除以上正常维修以外的其他维修，应由运维部门及时通报业主，并联系设备原厂的技术工程师到场检修。

同时，GC 气柜设备的操作应以分级密码进行管理。一级密码员工对应日常操作、中英文切换、历史趋势图、设备报警记录；二级密码员工可对系统硬件配置、报警参数配置、条形码信息等进行设置；三级密码员工可对设备传感器进行归零调整和进行设备初始化操作。需要注意的是，传感器归零调整（PT Zeroing）和系统初始化（System Initialization）并不常用。此功能通常用于设备有故障或传感器的数值有较大偏移量时才会使用。此项功能的使用仅限于原设备厂经培训考核合格的设备维护人员。

气体钢瓶的更换时，运维人员应对 GC 设备的管路和设备面板进行 Purge 吹扫。一般气体，应确保至少吹扫 40 次，负压保压时间不低于 20 分钟；容易粘滞或有毒腐性的气体，应确保至少吹扫 60 次，负压保压时间不低于 30 分钟。吹扫干净各个阀门和管道后，气体柜的维护完成。

3.2 管路的维护

在对特气系统的管路进行维护时，也应该考虑到不同气体性质的影响，采取有针对性的维护措施。高纯氮气在气体管道维护中常用，对气体管路吹扫时应保证吹扫质量后才上线。当管路中存在易吸附性质的液态气体时，容易引起管道的堵塞问题^[3]。维护时应多次抽真空，抽完后对阀门关闭，但在完成上述操作后会出现压力表回表，进而引起管道的泄漏。为了能够保障特气系统的运行安全，防止气体泄漏对人身安全造成的威胁，应打开真空发生器继续抽取吸附性气体，直至完全处理干净。也应对管路进行正压和负压的保压测试，在此过程中需要对压力进行控制。通常情况下，正压保压压

力应该在使用压力的1.2倍左右,负压保压压力应该在-12PSI,确保保压时间超过120分钟^[4]。温度会对保压数值产生影响,出现正负2PSI的波动都属于正常。

4 大型12英寸晶圆厂特气系统的质量控制措施

特气系统管路的质量控制措施主要有5项测试,分别为保压测试、氦泄漏检查、水分测试、氧分测试、颗粒测试,一般管线正式上线前完成测试。

4.1 压力测试

输送系统是大型12英寸晶圆厂特气系统的主要构成,应该对其密封性进行严格检查,同时保障管道材质符合生产规范与要求,在施工中严格遵循设计标准,这是特气系统质量控制中的主要方式。提升系统的密封性,可以有效保障气体的纯度不受污染,同时增强了输送的安全性,防止危险事故的发生。对于中间过程的气体纯度的控制,需依赖于管道的材质,同时通过控制作业过程防止污染物的混入。正压测试和负压测试是特气系统压力测试的两个主要内容,将正压控制在使用压力的1.2-1.5倍左右,测试时间要超过24h。气体压力会受到温度变化的影响,因此也会导致压力在一定范围内变化^[5]。在实践工作当中,应明确真空发生器的负压值,以此为依据确定压力测试中的负压值,通常在-15~-20PSI之间。

4.2 氦泄漏检查

对管道的氦泄漏检查,通常需要使用专门的氦气检漏仪,漏率应该超过 $1E10^{-9}$ cc/sec以上。无论是在内漏还是外漏的检测当中,都能够起到良好的检测效果。与正压保压相比较而言,其灵敏度要更高,能够有效防止在系统运行中出现微漏现象,提升生产安全性。

4.3 颗粒测试

微小杂质会存在于管道的内部,这也会对气体的质量产生影响,因此应该对其开展颗粒测试。在测试工作当中,应该确保粒径在0.1 μ m以上的颗粒数不超过1颗/立方英尺。在工作中应该对管材的质量进行控制,坚决杜绝使用假冒伪

劣产品,同时对施工过程予以规范,严格控制吹扫气体的纯度。通常情况下,吹扫氮气的纯度应该在99.999%。

4.4 水分与氧分分析

在开展水分分析时,主要是针对管道内部的水分含量进行检测,测试指标应该控制在10ppbv以内。气体的纯度和工艺制程等,都会受到管道内部水分含量的直接影响。因此,为了促进气体质量的提升,应该严格做好水分测试与分析工作,确保其满足生产规定与标准。在氧分分析时,主要是测试管道内部的氧分子含量,需要控制在10ppbv以内^[6]。在工作当中,还应该加强对运维人员与管理专业的专业培训,使其掌握特气系统的运行原理与特点,明确大型12英寸晶圆厂的建设要求,在工作中能够严格遵循工作标准。建立完善的责任机制,明确运维人员和质量控制管理人员的职责,从而保障各个工作环节的有序实施。

5 结语

在大型12英寸晶圆厂特气系统的运行当中,应该做好相应的运维与质量控制措施,从而增强实际运行效果,保障生产效率与质量的提升。在维护工作当中,主要是通过气体设备和管路维护,防止意外事故的发生。而在质量控制工作当中,则需要从压力测试、氦泄漏检查、颗粒测试、水分与氧分分析角度入手,消除其中存在的安全隐患。

参考文献

- [1] 赵华亮,孙江龙,张涛,马伟,李北文,胡继勇.南京台积电12英寸晶圆厂逆作法施工关键技术[J].施工技术,2019,48(10):36-39.
- [2] 李全朕.特殊气体供应系统概述[J].电子世界,2017(23):69-70.
- [3] 唐代飞,刘扬洪.小规模6英寸晶圆厂特气系统的维护与质量控制[J].科技创新与应用,2017(11):71.
- [4] 李建辉,张宁,李爽,许浩宾.浅谈特气的安全运行与管理[J].中国新技术新产品,2017(06):145-147.
- [5] 付春霞.半导体晶圆厂气体监控系统设计[D].大连理工大学,2014.
- [6] 杨敏杰.特种气体输送系统安全运行探讨[J].广州化工,2012,40(11):239-241.