

S/N:1580177·963



9 781580 177963 >



统一书号: 1580177·963

定 价: 18.00元

硅集成电路芯片工厂设计规范

中国计划出版社



UDC

P

中华人民共和国国家标准

GB 50809 - 2012

硅集成电路芯片工厂设计规范

Code for design of silicon integrated circuits wafer fab

2012 - 10 - 11 发布

2012 - 12 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

2013.3.27
GB

中华人民共和国国家标准

硅集成电路芯片工厂设计规范

Code for design of silicon integrated circuits wafer fab

GB 50809 - 2012

主编部门：中华人民共和国工业和信息化部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 2 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2012 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1497 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《硅集成电路芯片工厂设计规范》的公告

现批准《硅集成电路芯片工厂设计规范》为国家标准,编号为 GB 50809—2012,自 2012 年 12 月 1 日起实施。其中,第 5.2.1、5.3.1、8.2.4、8.3.11 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2012 年 10 月 11 日

中华人民共和国国家标准 硅集成电路芯片工厂设计规范

GB 50809-2012

☆

中国计划出版社出版

网址:www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层

邮政编码:100038 电话:(010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

北京世知印务有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 3 印张 76 千字
2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

☆

统一书号:1580177·963

定价:18.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010) 63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

前 言

· 本规范是根据原建设部《关于印发〈2008 年工程建设标准规范制定、修订计划〉的通知(第二批)》(建标[2008]105 号)的要求,由信息产业电子第十一研究院科技工程股份有限公司会同有关单位共同编制完成。

在规范编制过程中,编写组根据我国硅集成电路芯片工厂的设计、建造和运行的实际情况,进行了大量调查研究,同时考虑我国目前集成电路生产的现状,对国外的有关规范进行深入的研读,广泛征求了全国有关单位与个人的意见,并反复修改,最后经审查定稿。

本规范共分 12 章,主要内容包括:总则、术语、工艺设计、总体设计、建筑与结构、防微振、冷热源、给排水及消防、电气、工艺相关系统、空间管理、环境安全卫生等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由工业和信息化部负责日常管理,由信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改和补充之处,请将意见和建议寄至信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司《硅集成电路芯片工厂设计规范》管理组(地址:四川省成都市双林路 251 号,邮政编码:610021,传真:028-84333172),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司

信息产业部电子工程标准定额站

参编单位:中国电子工程设计院

中芯国际集成电路制造有限公司

上海华虹 NEC 微电子有限公司

主要起草人:王毅勃 王明云 李 骥 肖劲戈 江元升

黄华敬 何 武 夏双兵 陆 崎 谢志雯

朱 琳 刘 娟 刘序忠 高艳敏 朱海英

徐小诚 刘姍宏

主要审查人:陈霖新 薛长立 韩方俊 王天龙 刘志弘

彭 力 刘嵘侃 李东升 毛煜林 杨 琦

周礼誉

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	工艺设计	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	技术选择	(4)
3.3	工艺布局	(4)
4	总体设计	(7)
4.1	厂址选择	(7)
4.2	总体规划及布局	(7)
5	建筑与结构	(8)
5.1	建筑	(8)
5.2	结构	(8)
5.3	防火疏散	(9)
6	防微振	(10)
6.1	一般规定	(10)
6.2	结构	(10)
6.3	机械	(11)
7	冷热源	(12)
8	给排水及消防	(14)
8.1	一般规定	(14)
8.2	给排水	(14)
8.3	消防	(15)
8.4	灭火器	(17)
9	电 气	(18)

9.1 供配电	(18)
9.2 照明	(18)
9.3 接地	(19)
9.4 防静电	(19)
9.5 通信与安全保护	(20)
9.6 电磁屏蔽	(21)
10 工艺相关系统	(23)
10.1 净化区	(23)
10.2 工艺排风	(24)
10.3 纯水	(25)
10.4 废水	(27)
10.5 工艺循环冷却水	(27)
10.6 大宗气体	(28)
10.7 干燥压缩空气	(29)
10.8 真空	(30)
10.9 特种气体	(31)
10.10 化学品	(32)
11 空间管理	(35)
12 环境安全卫生	(37)
本规范用词说明	(38)
引用标准名录	(39)
附:条文说明	(41)

Contents

1 General provisions	(1)
2 Terms	(2)
3 Process design	(4)
3.1 General requirement	(4)
3.2 Technology selection	(4)
3.3 Process layout	(4)
4 Site master design	(7)
4.1 Site selection	(7)
4.2 Overall planning and plan layout	(7)
5 Architecture and structure	(8)
5.1 Architecture	(8)
5.2 Structure	(8)
5.3 Fire evacuation	(9)
6 Microvibration	(10)
6.1 General requirement	(10)
6.2 Structure	(10)
6.3 Machinery	(11)
7 Utilities	(12)
8 Plumbing and fire protection	(14)
8.1 General requirement	(14)
8.2 Water supply and drainage	(14)
8.3 Fire protection	(15)
8.4 Fire hydrant	(17)
9 Electrical	(18)

9.1	Power supply and distribution	(18)
9.2	Lighting	(18)
9.3	Grounding	(19)
9.4	Protection of electrostatic discharge	(19)
9.5	Telecommunication and safety	(20)
9.6	Electro magnetic compatibility	(21)
10	Process-related systems	(23)
10.1	Clean room	(23)
10.2	Process exhaust	(24)
10.3	Pure water	(25)
10.4	Waste water	(27)
10.5	Process recirculated cooling water	(27)
10.6	Bulk gases	(28)
10.7	Compressed dry air	(29)
10.8	Vacuum	(30)
10.9	Specialty gases	(31)
10.10	Chemicals	(32)
11	Space management	(35)
12	Environment, safety and health	(37)
	Explanation of wording in this code	(38)
	List of quoted standards	(39)
	Addition: Explanation of provisions	(41)

1 总 则

1.0.1 为在硅集成电路芯片工厂设计中贯彻执行国家现行法律、法规,满足硅集成电路芯片生产要求,确保人身和财产安全,做到安全适用、技术先进、经济合理、环境友好,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建的硅集成电路芯片工厂的工程设计。

1.0.3 硅集成电路芯片工厂的设计应满足硅集成电路芯片生产工艺要求,同时应为施工安装、调试检测、安全运行、维护管理提供必要条件。

1.0.4 硅集成电路芯片工厂的设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 硅片 wafer

从拉伸长出的高纯度单晶硅的晶锭经滚圆、切片及抛光等工序加工后所形成的硅单晶薄片。

2.0.2 线宽 critical dimension

为所加工的集成电路电路图形中最小线条宽度,也称为特征尺寸。

2.0.3 洁净室 clean room

空气悬浮粒子浓度受控的房间。

2.0.4 空气分子污染 airborne molecular contaminant

空气中所含的对集成电路芯片制造产生有害影响的分子污染物。

2.0.5 标准机械接口 standard mechanical interface

适用于不同生产设备的一种通用型接口装置,可将硅片自动载入设备,并在加工结束后将硅片送出,同时保护硅片不受外界环境污染。

2.0.6 港湾式布置 bay and chase

生产工艺设备按不同的洁净等级进行布置,并以隔墙分隔生产区和维修区。

2.0.7 大空间式布置 ball room

生产工艺设备布置在同一个区域,全区采用同一洁净等级,未划分生产区和维修区。

2.0.8 自动物料处理系统 automatic material handling system (AMHS)

在硅集成电路芯片工厂内部将硅片和掩模板在不同的工艺设

备或不同的存储区域之间进行传输、存储和分发的自动化系统。

2.0.9 纯水 pure water

根据生产需要,去除生产所不希望保留的各种离子以及其他杂质的水。

2.0.10 紧急应变中心 emergency response center

内设各种安全报警系统和救灾设备的安全值班室,为 24h 事故处理中心和指挥中心。

3 工艺设计

3.1 一般规定

3.1.1 硅集成电路芯片工厂的工艺设计应符合下列要求:

- 1 满足产品生产的成品率的要求;
- 2 满足工厂产能的要求;
- 3 具有工厂今后扩展的灵活性;
- 4 满足节能、环保、职业卫生与安全方面的要求。

3.1.2 硅集成电路芯片工厂设计时应合理设置各种生产条件,在满足硅集成电路生产要求的前提下,宜投资少、运行费用低、生产效率。

3.2 技术选择

3.2.1 生产的工艺技术和配套的设备应按硅集成电路芯片工厂的产品类型、月最大产能、生产制造周期、投资金额、长期发展进程等因素确定。

3.2.2 对于线宽在 $0.35\mu\text{m}$ 及以上工艺的硅集成电路的研发和生产,宜采用 4 英寸~6 英寸芯片生产设备进行加工。

3.2.3 对于线宽在 $0.13\mu\text{m}$ 及以上工艺的硅集成电路的研发和生产,宜采用 8 英寸芯片生产设备进行加工。

3.2.4 对于线宽在 20nm ~ 90nm 工艺及以下的硅集成电路的研发和生产,宜采用 12 英寸芯片生产设备进行加工。

3.3 工艺布局

3.3.1 工艺布置应满足产品类型、规划和产能目标的要求。

3.3.2 工艺布局应根据生产工序分为包含光刻、刻蚀、清洗、

氧化/扩散、溅射、化学气相淀积、离子注入等工序在内的核心生产区,以及包括更衣、物料净化、测试等工序在内的生产支持区。

3.3.3 核心生产区的布局应围绕光刻工序为中心进行布置(图 3.3.3),工艺布局应缩短硅片传送距离,并应避免硅片发生工序间交叉污染。

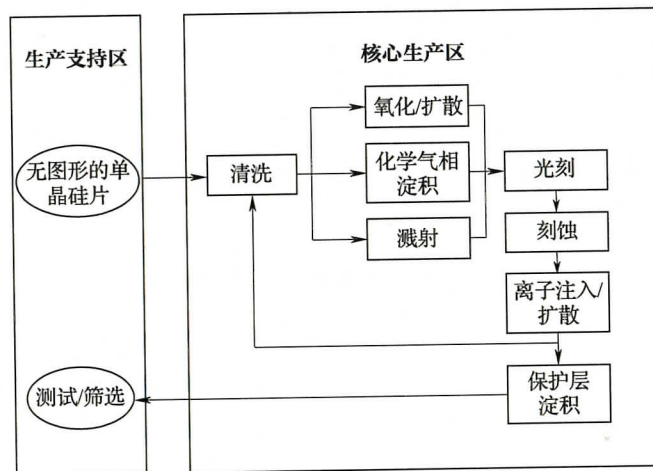


图 3.3.3 硅集成电路芯片生产工艺流程

3.3.4 4 英寸~6 英寸芯片核心生产区宜采用港湾式布局。

3.3.5 8 英寸~12 英寸芯片核心生产区宜采用微环境和标准机械接口系统,并宜采用大空间式布局。

3.3.6 8 英寸~12 英寸芯片核心生产区宜将生产辅助设备布置在下技术夹层。

3.3.7 工艺设备的间隔应满足相邻设备的维修和操作需求。

3.3.8 操作人员走道的宽度应符合下列原则:

- 1 应满足设备正常操作的需要;
- 2 应满足人员通行和材料搬运的需要;
- 3 应满足材料暂存的需要。

3.3.9 生产厂房宜设置参观走道,并应避免影响生产的人流和物流路线以及应急疏散。

3.3.10 8英寸~12英寸芯片生产宜根据生产规模设置自动物料处理系统(AMHS)。

4 总体设计

4.1 厂址选择

4.1.1 厂址选择应符合国家及地方的总体规划、技术经济指标、环境保护等要求,并应符合企业自身发展的需要,基础设施优良。

4.1.2 厂址所在区域应大气含尘量低,并应无洪水、潮水、内涝、飓风、雷暴威胁。

4.1.3 厂址场地应相对平整,距外界强振动源及强电磁干扰源较远。

4.2 总体规划及布局

4.2.1 工厂厂区应包括办公、生产、动力、仓储等功能区域,并应以生产区为核心进行布置。

4.2.2 厂区宜结合工厂发展情况预留发展用地。

4.2.3 厂区的人流、物流出入口应分开设置。

4.2.4 工厂的动力设施宜集中布置并靠近工厂的负荷中心。

4.2.5 厂区内车辆停放场地应满足当地规划要求。

4.2.6 动力设施主要噪声源宜集中布置,并确保场区边界的噪声强度分别符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GBJ 87及《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的限值规定。

4.2.7 厂区内应设置消防车道。

4.2.8 工厂厂区内宜规划设备临时存储场地。

4.2.9 厂区道路面层应选用整体性能好、发尘少的材料。

4.2.10 厂区绿化不应种植易产生花粉及飞絮的植物。

5 建筑与结构

5.1 建 筑

5.1.1 硅集成电路芯片工厂的建筑平面和空间布局应适应工厂发展及技术升级。

5.1.2 硅集成电路芯片工厂应包括芯片生产厂房、动力厂房、办公楼和仓库等建筑。生产厂房、办公楼、动力厂房之间的人流宜采用连廊进行联系。

5.1.3 生产厂房的外墙应采用满足硅集成电路芯片生产对环境的气密、保温、隔热、防火、防潮、防尘、耐久、易清洗等要求的材料。

5.1.4 生产厂房外墙应设有设备搬入的吊装口及吊装平台。

5.1.5 生产厂房建筑及装修应避免采用含挥发性有机物的材料和溶剂。

5.1.6 生产厂房应设置与生产设备尺寸和重量匹配的货运电梯。

5.1.7 生产厂房内应设有工艺设备、动力设备的运输安装通道；搬运通道区域的高架地板应满足搬入设备荷载要求。

5.1.8 生产厂房中技术夹层、技术夹道的建筑设计，应满足各种风管和各种动力管线安装、维修要求。

5.1.9 生产厂房外墙和室内装修材料的选择应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 和《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472 的规定。

5.2 结 构

5.2.1 抗震设防区的硅集成电路芯片工厂建筑物应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定确定抗震设防类别及抗震设防标准。

5.2.2 生产厂房的主体结构宜采用钢筋混凝土结构、钢结构或钢筋混凝土结构和钢结构的组合，并应具有防微振、防火、密闭、防水、控制温度变形和不均匀沉降性能。

5.2.3 生产厂房宜采用大柱网大空间结构形式，柱网尺寸宜为600mm的模数。

5.2.4 生产厂房变形缝不宜穿越洁净生产区。

5.3 防 火 疏 散

5.3.1 硅集成电路芯片厂房的火灾危险性分类应为丙类，耐火等级不应低于二级。

5.3.2 芯片生产厂房内防火分区的划分应满足工艺生产的要求，并应符合现行国家标准《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472 的规定。

5.3.3 洁净区的上技术夹层、下技术夹层和洁净生产层，当按其构造特点和用途作为同一防火分区时，上、下技术夹层的面积可不计入防火分区的建筑面积，但应分别采取相应的消防措施。

5.3.4 每一生产层、每个防火分区或每一洁净区的安全出口设计，应符合下列规定：

1 安全出口数量应符合现行国家标准《洁净厂房设计规范》GB 50073 的相关规定；

2 安全出口应分散布置，并应设有明显的疏散标志；

3 安全疏散距离可根据生产工艺确定，但应符合现行国家标准《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472 的规定。

6 防 微 振

6.1 一 般 规 定

- 6.1.1 硅集成电路芯片厂房应满足光刻及测试设备的防微振要求。
- 6.1.2 硅集成电路芯片厂房的选址应对场地周围的振源进行充分的调查与评估。
- 6.1.3 厂址选择除既有环境的振源外,尚应计及在未来可能产生的振源对拟建厂房的影响。
- 6.1.4 振动大的动力设备和运输工具等应远离对振动敏感的净化生产区域,动力厂房与生产厂房不宜贴近布置。
- 6.1.5 硅集成电路芯片厂房宜在下列阶段进行微振测试和评价:
 - 1 在建设前,对场地素地进行测试和评价;
 - 2 生产厂房结构体完工后,对于布置光刻及测试设备的区域进行测试;
 - 3 生产厂房竣工时,对布置光刻及测试设备的区域进行测试。

6.2 结 构

- 6.2.1 生产厂房防微振除应计及场地振动外,尚应计及动力设备、洁净区机电系统、物料传输系统运行中产生的振动,以及人员走动的影响。
- 6.2.2 生产厂房结构宜采用在下夹层实施小柱距柱网或在下夹层设置防振墙或柱间支撑等有利于微振控制的措施。
- 6.2.3 生产厂房结构分析时应计及由于防微振需要所设的支撑或防振墙等抗侧力构件的影响。

6.2.4 生产厂房的地面宜采用厚板型钢筋混凝土地面。布置微振敏感设备区域的建筑地坪厚度不宜小于 300mm。当钢筋混凝土地面兼作上部结构的筏板基础时,厚度不宜小于 600mm。

6.3 机 械

- 6.3.1 动力设备应采取动平衡好、运行平稳、低噪声的产品。
- 6.3.2 对于易产生振动的动力设备及管道应采取隔振、减振措施。
- 6.3.3 对于靠近振动敏感区的管道应控制管道内介质的流速。
- 6.3.4 精密设备和仪器的防微振宜采用专用防振基座,其基座平台的基本频率应避开其下支承结构的共振频率和其他振源的共振频率。

7 冷 热 源

7.0.1 硅集成电路芯片厂房的冷热源设置应满足当地气候、能源结构、技术经济指标及环保规定,并应符合下列要求:

1 宜采用集中设置的冷热水机组和供热、换热设备,供应应连续可靠;

2 应采用城市、区域供热和当地工厂余热;

3 可采用燃气锅炉、燃气热水机组供热或燃气溴化锂吸收式冷热水机组供冷、供热;

4 可采用燃煤锅炉、燃油锅炉供热,电动压缩式冷水机组供冷和吸收式冷热水机组供冷、供热。

7.0.2 在需要同时供冷和供热的工况下,冷水机组宜根据负荷要求选用热回收机组,并应采用自动控制的方式调节机组的供热量。

7.0.3 冷热源设备台数和单台容量应根据全年冷热负荷工况合理选择,并应保证设备在高、低负荷工况下均能安全、高效运行,冷热源设备不宜少于2台。

7.0.4 过渡季节或冬季需用一定量的供冷负荷时,可利用冷却塔作为冷源设备。

7.0.5 冷水机组的冷冻水供、回水温差不应小于 5°C ,在满足工艺及空调用冷冻水温度的前提下,应加大冷冻水供、回水温差和提高冷水机组的出水温度。

7.0.6 非热回收水冷式冷水机组的常温冷却水的热量宜回收利用。

7.0.7 当冷负荷变化较大时,冷源系统设备宜采用变频调速控制。

7.0.8 电动压缩式制冷机组的制冷剂应符合有关环保的要求,采

用过渡制冷剂时,其使用年限应符合国家禁用时间。

7.0.9 燃油燃气锅炉应选用带比例调节燃烧器的全自动锅炉,且每台锅炉宜独立设置烟囱,烟囱的高度应符合相关国家标准及当地环保要求的规定。

7.0.10 锅炉房排放的大气污染物,应符合现行国家标准《锅炉大气污染物排放标准》GB 13271 和《大气污染物综合排放标准》GB 16297的规定,以及所在地区有关大气污染物排放的规定。

8 给排水及消防

8.1 一般规定

8.1.1 给排水系统应满足生产、生活、消防以及环保等要求,应在水量平衡的基础上提高节约用水和循环用水的水平,并应做到技术先进、经济合理、节水节能、减少排污。

8.1.2 给排水系统应在满足使用要求的同时为施工安装、操作管理、维修检测和安全保护提供基础条件。

8.1.3 给排水管道穿过房间墙壁、楼板和顶棚时应设套管,管道和套管之间应采取密封措施。无法设置套管的部位也应采取密封措施。

8.1.4 给排水管道在可能冻结的区域应采取防冻措施,外表面可能产生结露的管道应采取防结露措施。洁净区内给排水管道绝热结构的最外层应采用不发声材料。

8.2 给排水

8.2.1 给水系统应按生产、生活、消防等对水质、水压、水温的不同要求分别设置。

8.2.2 生产和生活给水系统宜利用市政给水管网的水压直接供水。

8.2.3 当市政给水管网的水压、水量不足时,生产、生活给水系统应设置贮水装置和加压装置进行调节。贮水装置不得影响水质并设有水位指示。加压装置宜采用变频调速设备,并应设置备用泵,备用泵供水能力不应小于供水泵中最大一台的供水能力。

8.2.4 不同水源、水质的用水应分系统供水。严禁将城市自来水管与自备水源或回用水源的给水管直接连接。

8.2.5 生产废水的排水系统应根据废水的污染因子、废水浓度、产水流量以及废水处理的工艺确定,宜采用重力流的方式自流至废水处理站。

8.2.6 生产废水干管宜设置在地沟或生产厂房下夹层内,严寒地区的室外管沟内的排水管应采取保温防冻措施。

8.2.7 排放腐蚀性废水的架空管道应采用双层管道,不宜采用法兰连接。如必须采用时,法兰处应采取防渗漏措施。

8.2.8 洁净区内工艺设备的生产排水宜采用接管排水,设备附近宜设置事故地漏。排水干管宜设置透气系统。

8.2.9 洁净区内应采用不易积存污物、易于清洗的卫生设备、管道、管架及其附件。

8.2.10 有害化学品贮存间和配送间应设置用于输送事故泄漏的化学药剂和消防排水至安全场所的排水措施。

8.2.11 用于贮存事故泄漏的化学药剂及消防排水的室内地沟等设施的贮存容积不应小于最大罐化学药剂容积。

8.3 消防

8.3.1 硅集成电路芯片工厂除应采取防火措施以外,还应结合我国当前的技术、经济条件,配置必要的灭火设施。

8.3.2 洁净区内除应设置室内消火栓系统、自动喷水灭火系统和灭火器系统外,还应根据生产工艺或设备的具体条件和要求,有针对性的设置其他消防设备。

8.3.3 消防水泵应设备用泵,消防泵房应设置备用动力源。

8.3.4 厂房室外消防给水可采用高压、临时高压或低压给水系统,并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

8.3.5 生产厂房洁净生产层及上、下技术夹层除不通行的技术夹层外,应根据面积大小、设备台数等设置室内消火栓。

8.3.6 设置于生产厂房内的室内消火栓宜设单独隔断阀门。

8.3.7 生产厂房洁净生产层及洁净区吊顶或技术夹层内,均应设置自动喷水灭火系统,设计参数宜按表 8.3.7 规定确定。

表 8.3.7 自动喷水灭火系统设计参数

设计区域	设计喷水强度	设计作用面积	单个喷头保护面积	喷头动作温度	灭火作用时间
洁净区域	8.0L/min·m ²	280m ²	13m ²	57℃~77℃	60min

8.3.8 洁净区的建筑构造材料为非可燃物且该区域内也无其他可燃物的存在时,该区域可不设自动喷水灭火系统。

8.3.9 垂直单向流的洁净区和洁净区域应使用快速响应喷头。

8.3.10 洁净区吊顶下喷头宜采用不锈钢柔性接管与自动喷水灭火系统供水管道相连接。

8.3.11 存放易燃易爆的特种气体气瓶柜间内应设置自动喷水灭火系统喷头。

8.3.12 在硅烷配送区域应设置直接作用于各气瓶的水喷雾系统,系统的动作信号应来自火灾探测器,且火灾探测器应与气瓶上的自动关断阀联动。

8.3.13 工艺排风管道的消防保护应符合下列要求:

1 设置于厂房内,用于输送可燃气体且最大等效内径大于或等于 250mm 的金属或其他非可燃材质的排风管道,应在风管内设置喷头;

2 风管内自动喷水灭火系统的设计喷水强度不得小于 1.9L/min·m²,风管内自动喷水灭火系统设计流量应满足最远端 5 个喷头的出水量,单个喷头实际出水量不应小于 76L/min,水平风管内喷头距离不得大于 6.1m,垂直风管内喷头最大间距不得大于 3.7m;

3 为风管内喷头供水的干管上应设置独立的信号控制阀;

4 设置喷头保护的排风管应设置避免消防喷水蓄积的排水措施;

5 安装在腐蚀性气体风管内的喷头及管件应采取防腐蚀材

质或衬涂合适的防腐材料;

6 风管内喷头的安装应便于定期维护检修。

8.4 灭 火 器

8.4.1 在洁净区内应设置灭火器。

8.4.2 洁净区内宜选用二氧化碳等对工艺设备和洁净区环境不产生污染和腐蚀作用的灭火剂。

8.4.3 在洁净区内的通道上宜设置推车式二氧化碳灭火器。

8.4.4 其他灭火剂的选择应计及配置场所的火灾类型、灭火能力、污损程度、使用的环境温度以及与可燃物的相容性。

9 电 气

9.1 供 配 电

9.1.1 硅集成电路芯片工厂应根据当地电网结构以及工厂负荷容量确定合理的供电电压。

9.1.2 硅集成电路芯片工厂用电负荷等级应为一級,其供电品质应满足芯片生产工艺及设备的要求,并应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052、《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 及《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472 的规定。

9.1.3 硅集成电路芯片厂房配电电压等级应符合生产工艺设备及动力设备的要求。

9.1.4 硅集成电路芯片厂房的供电系统应将生产工艺设备与动力设备的供电分设,生产工艺设备宜采用独立的变压器供电并采取抑制浪涌的措施。带电导体系统的形式宜采用单相二线制、三相三线制、三相四线制,系统接地型式宜采用 TN-S 或 TN-C-S 系统。

9.1.5 对于有特殊要求的工艺设备,应设不间断电源(UPS)或备用发电装置。

9.2 照 明

9.2.1 硅集成电路芯片工厂生产区域照明的照度值应根据工艺生产的要求确定。

9.2.2 生产厂房技术夹层内宜设置检修照明。

9.2.3 生产厂房内应设置供人员疏散用应急照明,其照度不应低于 5.0 lx。在安全出入口、疏散通道或疏散通道转角处应设置疏散标志。在专用消防口应设置红色应急照明指示灯。

9.2.4 生产厂房洁净区宜选用吸顶明装、不易积尘、便于清洁的灯具。当采用嵌入式灯具时,其安装缝隙应采取密封措施。

9.2.5 生产厂房的光刻区应采用黄色光源,黄光的波长应根据生产工艺要求确定。

9.2.6 生产厂房备用照明的设置应符合下列规定:

1 洁净区内应设计备用照明;

2 备用照明宜作为正常照明的一部分,且不应低于该场所一般照明照度值的 20%。

9.3 接 地

9.3.1 生产设备的功能性接地应小于 $1\ \Omega$,有特殊接地要求的设备,应按设备要求的电阻值设计接地系统。

9.3.2 功能性接地、保护性接地、电磁兼容性接地、建筑防雷接地,宜采用共用接地系统,接地电阻值应按其中最小值确定。

9.3.3 生产设备的功能性接地与其他接地分开设置时,应采取防止雷电反击措施。分开设置的接地系统接地极宜与共用接地系统接地极保持 20m 以上的间距。

9.4 防 静 电

9.4.1 硅集成电路芯片厂房生产区应为一級防静电工作区。

9.4.2 防静电工作区的地面和墙面、柱面应采用导静电型材料。导静电型地面、墙面、柱面的表面电阻、对地电阻应为 $2.5 \times 10^4\ \Omega \sim 1 \times 10^6\ \Omega$,摩擦起电电压不应大于 100V,静电半衰期不应大于 0.1s。

9.4.3 防静电工作区内不得选用短效型静电材料及制品,应根据生产工艺的需要设置静电消除器、防静电安全工作台。

9.4.4 防静电环境的门窗选择应符合下列要求:

1 应选用静电耗散材料制作门窗或采用静电耗散型材料贴面;

2 金属门窗表面应涂刷静电耗散型涂层,并应接地;

3 室内隔断和观察窗安装大面积玻璃时,其表面应粘贴静电耗散型透明薄膜或喷涂静电耗散型涂层。

9.4.5 防静电环境的净化空调系统送风口和风管,应选用导电材料制作,并应接地。

9.4.6 防静电环境的净化空调系统、各种配管使用部分绝缘性材质时,应在其表面安装紧密结合的金属网并将其接地。当使用导电性橡胶软管时,应在软管上安装与其紧密结合的金属导体,并应用接地引线与其可靠接地。

9.4.7 生产厂房内金属物体包括洁净室的墙面、门窗、吊顶的金属骨架应与接地系统做可靠连接;导静电地面、防静电活动地板、工作台面、座椅等应做防静电接地。

9.4.8 生产厂房防静电接地设计及其他要求,应按现行国家标准《电子工程防静电设计规范》GB 50611 的有关规定执行。

9.5 通信与安全保护

9.5.1 硅集成电路芯片工厂内应设通信设施,并应符合下列要求:

1 厂房内电话/数据布线应采用综合布线系统,综合布线系统的配线间或配线柜不应设置在布置工艺设备的洁净区内;

2 应设置生产、办公及动力区之间联系的语音通信系统;

3 应根据管理及工艺的需要设置数据通信局域网及与因特网连接的接入网;

4 宜设置集中式数据中心。

9.5.2 生产厂房应设置火灾自动报警系统,其防护对象的等级不应低于一级,火灾自动报警系统形式应采用控制中心报警系统,并应符合下列要求:

1 应设有消防控制中心,并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定;

2 生产厂房内火灾探测应采用智能型探测器。在封闭房间

内使用或存储易燃、易爆气体及有机溶剂时,房间内应设置火焰探测器;

3 生产厂房洁净区内净化空调系统混入新风前的回风气流中,宜设置高灵敏度早期报警火灾探测器;

4 在洁净区空气处理设备的新风或循环风的回风口处,宜设风管型火灾探测器。

9.5.3 生产厂房应设置火灾自动报警及消防联动控制。控制设备的控制及显示功能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 及《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472 的规定。

9.5.4 生产厂房应设置气体泄漏报警装置,并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 及《特种气体系统工程技术规范》GB 50646 的规定。

9.5.5 生产厂房应设化学品液体泄漏报警装置,并应符合现行国家标准《电子工厂化学品系统工程技术规范》GB 50781 的规定。

9.5.6 生产厂房应设置广播系统,洁净区内应采用洁净室型扬声器。当广播系统兼事故应急广播系统时,应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的有关规定。

9.5.7 芯片工厂内应设置闭路电视监控系统,监控摄像机宜采用彩色摄像机,闭路电视监控系统监控图像存储时间不应少于 15d。

9.5.8 芯片工厂内宜设置门禁系统,所有进入洁净区的通道均应设置通道控制,洁净区内门禁读卡器宜采用非接触型。

9.6 电磁屏蔽

9.6.1 硅集成电路芯片生产相关工序的房间和测量、仪表计量房间,凡属下列情况之一,应采取电磁屏蔽措施:

1 环境的电磁场强度超过生产设备和仪器正常使用的允许值;

2 生产设备及仪器产生的电磁泄漏超过干扰相邻区域所允许的环境电磁场强度值;

3 有特殊电磁兼容要求时。

9.6.2 环境电磁场场强宜以实测值为设计依据。缺少实测数据时,可采用理论计算值再加上 6dB~8dB 的环境电平值作为干扰场强。

9.6.3 生产设备和仪器所允许的环境电磁场强度值,应以产品技术说明要求为依据。

9.6.4 对需要采取电磁屏蔽措施的生产工序,在满足生产操作和屏蔽结构体易于实现的前提下,宜直接对生产工序中的设备工作地环境进行屏蔽。

9.6.5 对需要采取电磁屏蔽措施的区域,屏蔽结构的屏蔽效能应在工作频段有不小于 10dB 的余量。屏蔽室的电磁屏蔽效能,可按表 9.6.5 的数值确定。

表 9.6.5 屏蔽室的电磁屏蔽效能

频段	简易屏蔽	一般屏蔽	高性能屏蔽	特殊屏蔽
10kHz~1GHz	<30dB	30dB~60dB	60dB~80dB	≥80dB
>1GHz	<40dB	40dB~80dB	≥80dB	≥100dB

9.6.6 屏蔽措施可选择下列方式:

1 直接对生产设备工作地环境进行屏蔽时,宜选择装配式的商品屏蔽室;

2 对生产工序整体环境进行屏蔽时,宜选择非标设计和施工安装的屏蔽体;

3 对仪表计量房间的电磁进行屏蔽时,装配式的商品屏蔽室与非标设计和施工安装的屏蔽体均可采用。

9.6.7 屏蔽效果验收测量应符合现行国家标准《电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法》GB/T 12190 的规定。

10 工艺相关系统

10.1 净化区

10.1.1 生产环境的洁净度等级应符合下列要求:

1 芯片生产厂房内各洁净区的空气洁净度等级应根据芯片生产工艺及所使用的生产设备的要求确定;

2 洁净度等级的划分应符合现行国家标准《洁净厂房设计规范》GB 50073 的规定;

3 洁净区设计时,空气洁净度等级所处状态应根据生产条件确定。

10.1.2 生产环境的温度、相对湿度指标应按芯片生产工序分别制定。一般洁净区温度应控制在 $22^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C} \sim 22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度应控制在 $43\% \pm 3\% \sim 45\% \pm 10\%$ 。

10.1.3 洁净区内的新鲜空气量应取下列最大值:

1 补偿室内排风量和保持室内正压值所需新鲜空气量之和;

2 保证供给洁净区内人员所需的新鲜空气量。

10.1.4 洁净区与周围的空间应按工艺要求,保持一定的正压值,并应符合下列规定:

1 不同等级的洁净区之间压差不应小于 5Pa;

2 洁净区与非洁净区之间压差不应小于 5Pa;

3 洁净区与室外的压差不应小于 5Pa。

10.1.5 气流流型的设计,应符合下列要求:

1 气流流型应满足空气洁净度等级的要求;

2 空气洁净度等级要求为 1 级~4 级时,应采用垂直单向流;

3 空气洁净度等级要求为 5 级时,宜采用垂直单向流;

4 空气洁净度等级要求 6 级~9 级时,宜采用非单向流。

10.1.6 洁净区的送风量,应取下列最大值:

- 1 为保证空气洁净度等级的送风量;
- 2 消除洁净区内热、湿负荷所需的送风量;
- 3 向洁净区内供给的新鲜空气量。

10.1.7 净化系统的型式应根据洁净区面积、空气洁净度等级和产品生产工艺特点确定。

10.1.8 洁净区的送风宜采用下列方式:

1 洁净区面积较小、洁净度等级较低且洁净区可扩展性不高时,宜采用集中送风方式;

2 洁净区面积大、洁净度等级较高时,宜采用风机过滤器机组(FFU)送风。

10.1.9 对于面积较大的洁净厂房宜设置集中新风处理系统,新风处理系统送风机应采取变频措施。

10.1.10 对于有空气分子污染控制要求的区域,可采取在新风机组及该区域风机过滤器机组上加装化学过滤器的措施。

10.1.11 干盘管的设置应符合下列要求:

- 1 应根据生产工艺和洁净区布局确定合理的安装位置;
- 2 应根据处理风量、室内冷负荷、风机过滤器特性确定干盘管迎风面速度和结构参数;
- 3 应采取保证进入干盘管的冷冻水温度高于洁净区内空气露点温度的措施;
- 4 应设置检修排水设施。

10.2 工 艺 排 风

10.2.1 硅集成电路芯片工厂的工艺排风系统设计,应按工艺设备排风性质的不同分别设置独立的排风系统。

10.2.2 凡属下列情况之一时,应分别设置独立的排风系统:

- 1 两种或两种以上的气体有害物混合后能引起燃烧或爆

炸时;

2 混合后发生反应,形成危害性更大或腐蚀性的混合物、化合物时;

3 混合后形成粉尘时。

10.2.3 洁净区事故排风系统的设计应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的规定。

10.2.4 使用有毒有害物质的房间排风量应满足最小通风量 6 次/h。

10.2.5 生产厂房工艺排风系统应设置备用排风机,并应设置不间断电源(UPS)。当正常电力供应中断情况下,应保证工艺排风系统的排风量不小于正常排风量的 50%。

10.2.6 生产厂房工艺排风系统宜设置变频调节系统。

10.2.7 易燃易爆工艺排风管道上不应设置熔断式防火阀。工艺排风管道不宜穿越防火分区的防火墙。

10.2.8 工艺排风管道穿越有耐火时限要求的建筑构件处,紧邻建筑构件的风管管道应采用与建筑构件耐火时限相同的防火构造进行封闭或保护,每侧长度不应小于 2m 或风管直径的两倍,并应以其中较大者为准。

10.2.9 工艺排风管道应采用不燃材料。

10.2.10 工艺排风系统管道及设备应设置防静电接地装置。

10.2.11 工艺排风系统不应兼作排烟系统使用。

10.3 纯 水

10.3.1 硅集成电路芯片工厂纯水系统设计应根据生产工艺要求,合理确定纯水制备系统的规模、供水水质。

10.3.2 纯水的制备、储存和输送的设备和材料,除应满足所需水量和水质要求外,尚应符合下列规定:

1 纯水的制备、储存和输送设备的配置应确保系统满足运行安全可靠、技术先进、经济适用、便于操作维护等要求;

2 纯水的制备、储存和输送设备材料的选择应与其接触的水质相匹配,设备内表面应满足光洁、平整等物理性能,同时应化学性质稳定、耐腐蚀、易清洗。

10.3.3 纯水系统应采用循环供水方式。纯水输配系统应根据水质、水量、用水点数量、管道材质以及使用点对水压稳定性等要求确定,可选择采用单管式循环供水系统、直接回水的循环供水系统或逆向回水的循环供水系统,并应符合下列规定:

1 纯水输配系统的附加循环水量宜为额定耗用水量的 25%~50%;

2 纯水管道流速的选择应能有效地防止水质降低和微生物的滋生,并应兼顾压力损失,供、回水管流速分别不宜低于 1.5m/s 和 0.5m/s;

3 纯水输配管路系统应根据系统运行维护的需要设置必要的采样口;

4 工艺设备二次配管,且截止阀离设备较远时,宜安装回水管。

10.3.4 用于纯水系统的水质检测设备及仪表,其安装不应使纯水水质降低,其检测范围和精度应符合纯水生产和检验的要求。

10.3.5 纯水精处理或终端处理装置宜靠近主要用水工艺设备设置。

10.3.6 纯水系统管道材质的选用,应符合下列要求:

- 1 应满足纯水水质指标的要求;
- 2 材料的化学稳定性应高;
- 3 管道物理性能应好,内壁光洁度应高;
- 4 不得有渗气现象。

10.3.7 纯水管道的阀门和附件的选用应符合下列规定:

- 1 应选择与管道相同的材质;
- 2 应选用密封好、结构合理、无渗气现象的阀门。

10.3.8 纯水废水回收设计应与硅集成电路芯片生产工艺设计密

切配合,并应根据工程实际情况、回收水质、水量,结合当前的技术、经济条件等合理确定回收率。

10.3.9 回收水处理系统流程的拟定和设备的选择,应根据工程的具体情况、回收水水质、水量以及处理后的用途等因素综合确定。当不能取得回收水水质资料时,可按已建同类工程经验或科学实验确定。

10.4 废 水

10.4.1 硅集成电路芯片工厂生产废水处理系统应根据废水污染因子种类、水量、当地废水排放要求等设置分类收集、处理的废水处理系统。

10.4.2 生产废水处理系统应设置应急废水收集池。

10.4.3 连续处理的生产废水系统应设置调节池,调节池的大小应根据废水水量及水质变化规律确定。

10.4.4 废水处理系统的设备及构筑物应设置放空设施。

10.4.5 生产废水系统污泥脱水设备应根据污泥脱水性能和脱水要求确定。

10.4.6 沉淀池所排出的污泥在进行机械脱水前宜先进行浓缩,污泥进入脱水设备前的含水率不宜大于 98%。

10.4.7 污泥脱水间应预留脱水后泥饼的贮存或堆放的空间,并应根据外运条件设置运输设施和通道。

10.4.8 废水处理系统的设备及构筑物应根据所接触的水质采取防腐措施。

10.4.9 废水处理应遵循节水优先、分质处理、优先回用的原则。

10.5 工艺循环冷却水

10.5.1 工艺循环冷却水系统的水温、水压及水质要求,应根据生产工艺条件确定。对于水温、水压、运行等要求差别较大的设备,工艺循环冷却水系统宜分开设置。

10.5.2 工艺循环冷却水系统的循环水泵宜采用变频调速控制,应设置备用泵,备用泵供水能力不应小于最大一台运行水泵的额定供水能力。

10.5.3 工艺循环冷却水系统的循环水泵供电形式,宜采用双回路供电或采用大功率不间断电源(UPS)装置供电。

15.5.4 工艺循环冷却水系统应设置过滤器,过滤器宜设置备用。过滤器的过滤精度应根据工艺设备对水质的要求确定。

10.5.5 工艺循环冷却水系统的换热设备宜设置备用机组。

10.5.6 循环水箱的有效容积不应小于总循环水量的10%,且应设置低位报警装置和大流量自动补水系统。

10.5.7 工艺循环冷却水系统的管路应符合下列规定:

1 配水管路应满足水力平衡的要求;

2 应设置泄水阀或泄水口、排气阀或排气口和排污口;

3 工艺冷却水管道的材质,应根据生产工艺的水质要求确定,宜采用不锈钢管、给水UPVC管或PP管,管道附件与阀门宜采用与管道相同的材质;

4 非保温的不锈钢管与碳钢支吊架之间的隔垫应采用绝缘材料,保温不锈钢管应采用带绝热块的保温专用管卡。

10.5.8 工艺循环冷却水系统应结合工艺用水设备、工艺循环冷却水系统的设备及管路、冷却水水质情况,合理设置水质稳定处理装置。

10.6 大宗气体

10.6.1 大宗气体供应系统宜在工厂厂区内或邻近处设置制气装置或采用外购液态气储罐或瓶装气体。

10.6.2 氢气、氧气管道的终端或最高点应设置放散管。氢气放散管口应设置阻火器。

10.6.3 气体纯化装置的设置,应符合下列要求:

1 气体纯化装置应根据气源和生产工艺对气体纯度、容许杂

质含量要求选择;

2 气体纯化装置应设置在其专用的房间内,氢气纯化器应设置在独立的房间内;

3 气体终端纯化装置宜设置在邻近用气点处。

10.6.4 生产厂房内的大宗气体管道等应采取下列安全技术措施:

1 管道及阀门附件应经脱脂处理;

2 应设置导除静电的接地设施;

3 氧气引入管道上应设置自动切断阀。

10.6.5 气体管道和阀门应根据产品生产工艺要求选择,应符合下列规定:

1 气体纯度大于或等于99.9999%时,应采用内壁电抛光的低碳不锈钢管,阀门应采用隔膜阀;

2 气体纯度大于或等于99.999%、露点低于 -76°C 时,宜采用内壁电抛光的低碳不锈钢管或内壁电抛光的不锈钢管,阀门宜采用不锈钢隔膜阀或波纹管阀;

3 气体纯度大于或等于99.99%、露点低于 -60°C 时,宜采用内壁抛光的不锈钢管,阀门宜采用球阀;

4 气体管道阀门、附件的材质宜与相连接的管道材质一致。

10.6.6 气体管道连接,应符合下列规定:

1 管道连接应采用焊接;

2 不锈钢管应采用氩弧焊,宜采用自动氩弧焊或等离子熔融对接焊;

3 管道与设备或阀门的连接,宜采用表面密封的接头或双卡套,接头或双卡套的密封材料宜采用金属垫或聚四氟乙烯垫。

10.7 干燥压缩空气

10.7.1 洁净厂房内的干燥压缩空气系统应根据各类产品生产工艺要求、供气量和供气品质等因素确定,并应符合下列规定:

1 干燥压缩空气系统的供气规模应按生产工艺所需实际用

气量及系统损耗量确定;

2 供气设备可集中布置在生产厂房内的供气站或生产厂房外的综合动力站;

3 供气品质应根据生产工艺对含水量、含油量、微粒粒径要求确定;

4 应选用能耗少、噪声低的无油润滑空气压缩机。

10.7.2 风冷式空气压缩机及风冷式干燥装置的设备布置,应防止冷却空气发生短路现象。

10.7.3 干燥压缩空气管道内输送露点低于 -76°C 时,宜采用内壁电抛光不锈钢管;露点低于 -40°C 时,可采用不锈钢管或热镀锌碳钢管。阀门宜采用波纹管阀或球阀。

10.7.4 压缩空气系统的管道设计应符合下列规定:

1 压缩空气主管道的直径应按全系统实际用气量进行设计;主支管道的直径应按局部系统实际用气量进行设计;支管道的直径应按设备最大用气量进行设计;

2 干燥压缩空气输送露点低于 -40°C 时,用于管道连接的密封材料宜选用金属垫片或聚四氟乙烯垫片;

3 当设计软管连接时,宜选用金属软管;

4 管道连接宜采用焊接,不锈钢管应采用氩弧焊。

10.8 真 空

10.8.1 生产厂房工艺真空系统的设计,应符合下列规定:

1 工艺真空系统的抽气能力应按生产工艺所需实际用气量及系统损耗量确定;

2 供气设备应布置在生产厂房内的一个或多个供气站内;

3 工艺真空设备应选用能耗少、噪声低的设备;

4 工艺真空设备应根据工艺系统的实际情况选用水环式或干式真空泵;

5 工艺真空系统宜设置真空压力过低保护装置。

10.8.2 工艺真空系统的管道设计应符合下列规定:

1 工艺真空管路设计应布置成树枝状形式;

2 工艺真空主管道的直径应按全系统实际抽气量进行设计;主支管道的直径应按局部系统实际抽气量进行设计;支管道的直径应按设备最大抽气量进行设计;

3 工艺真空系统的管道材料宜根据工艺真空系统的真空压力及真空特性选用不锈钢管或厚壁聚氯乙烯管道;

4 当设计软管连接时,应选用金属软管。

10.8.3 生产厂房清扫真空系统应符合下列规定:

1 清扫真空系统的抽气能力应按同时使用清扫真空点的数量及每个使用点的抽气量确定;

2 供气设备应布置在生产厂房内的一个或多个供气站内,末端清扫设备应设有过滤器;

3 清扫真空管路设计应布置成树枝状形式,支管路应采用成Y形接头沿抽气方向进入主管路;

4 在净化区面积较小时,可采用移动式清扫真空系统。

10.9 特 种 气 体

10.9.1 特种气体宜采用外购钢瓶气体供应,在厂区内应设置储存、分配系统。

10.9.2 特种气体宜根据危险性质和存储数量设置独立的气瓶间。

10.9.3 洁净区内自燃、易燃、腐蚀性或有毒的特种气体分配系统的设置,应符合下列规定:

1 危险气体钢瓶应设置在具有连续机械排风的特种气体柜中;

2 排风机、泄漏报警、自动切断阀均应设置应急电源;

3 一个特种气体分配系统供多台生产设备使用时,应设置多路阀门箱。

10.9.4 特种气体分配系统应符合下列规定:

- 1 应设置吹扫盘;
- 2 应设置应急切断装置;
- 3 应设置过流量控制装置;
- 4 应设置手动隔离阀;
- 5 运行过程中的吹扫气源不应使用厂区内大宗气体系统;
- 6 不相容特种气体不得共用同一吹扫盘。

10.10 化 学 品

10.10.1 生产厂房内化学品的储存、输送方式,应根据生产工艺所使用化学品用量及其物理化学特性等确定。

10.10.2 生产厂房内使用的各类化学品应按各自的物理化学特性分类和储存,并应符合现行国家标准《化学品分类和危险性公示通则》GB 13690 的有关规定。

10.10.3 在洁净区内使用危险化学品的生产设备、化学品储存区(设备),应采取相应的安全保护措施。

10.10.4 洁净厂房内各种化学品储存间(区)的设置,应符合下列规定:

- 1 易燃易爆化学品储存、分配间应靠外墙布置;
- 2 危险化学品储存区域(间)和分配区(间),不得设置人员密集房间和疏散走廊的上方、下方或贴邻;
- 3 各类化学品储存、分配间应设置机械排风。机械排风系统应提供紧急电源;
- 4 易燃易爆化学品储存间、分配间应采用不发生火花的防静电地面;腐蚀性化学品应采用防腐蚀地面。

10.10.5 当设置集中分配间通过管道输送化学品时,应符合下列规定:

- 1 输送系统设备、管道的化学稳定性应与所输送的化学品性质相容;
- 2 分配间以及设备排风应根据化学品的性质分类处理达到

国家标准后排至大气;

3 应设置液位监控和自动关闭装置,并应设置溢流应设设施;

4 有机溶剂分配间应设置相应的泄漏浓度报警探头,并应与紧急排风系统连锁;

5 输送易燃、易爆化学品的管道,应设置静电泄放的接地设施;

6 输送易燃、易爆、腐蚀性化学品总管上应设自动和手动切断阀。

10.10.6 危险化学品的储存、分配间,应设置废液收集系统,并应符合下列规定:

- 1 应按化学品废液成分和性质分类收集;
- 2 物理化学特性不相容的化学品,不得排入同一种废液收集系统。

10.10.7 液态危险化学品的储存、分配间,应设置溢出保护设施,并应符合下列规定:

- 1 防护堤形成的有效容积应大于最大储罐的容积;
- 2 两种化学品混合将引起化学反应时,不同化学品储罐或罐组之间,应设置防护隔堤;
- 3 应设置液体泄漏报警和废液收集系统。

10.10.8 根据化学品性质在储存间和分配间应设置紧急淋浴器。

10.10.9 管道、阀门设计应符合下列要求:

- 1 化学品系统管道材质选用,应按所输送的化学品物理化学性质和品质要求确定,应选择化学稳定性和相容性能良好的材料;
- 2 化学品输送管路系统,对多台生产设备供应同一种化学品时,应设置分配阀箱,并应设置泄漏检测报警系统;
- 3 输送非腐蚀性有机溶剂的管道材质,宜采用低碳不锈钢管;输送酸、碱类和腐蚀性有机溶剂管道材质,宜采用 PFA 或

PTFE管,并应设置防泄漏保护透明 PVC 套管;用于管道系统的垫片,宜采用与所输送化学品相容的氟橡胶、聚四氟乙烯或其他与所输送化学品相容的材料;

4 阀门和附件的材质应与管道材质一致。

11 空间管理

11.0.1 硅集成电路芯片工厂室外空间管理,应符合下列规定:

- 1 室外管线宜采用架空敷设的方式集中布置;
- 2 室外管架不应影响道路的正常通行;
- 3 室外管架与邻近的建筑物的间距应满足管道安装及维护的要求;
- 4 室外管架宜设置检修马道;
- 5 室外管架的空间和荷载应为扩展留有余量。

11.0.2 生产厂房内的空间管理应符合下列规定:

- 1 应满足设备的正常生产空间;
- 2 不应影响设备维修以及搬入的空间;
- 3 应满足辅助设备的维修、安装以及搬入;
- 4 应满足设备检修的空间;
- 5 管线之间以及管线与建筑物之间应预留足够的安装维修空间;
- 6 应计及管道入口的空间及管道井的位置;
- 7 应为今后扩展预留管道空间和荷载。

11.0.3 生产厂房内的管道应利用净化区上、下技术夹层的空间进行布置。

11.0.4 净化区上技术夹层内除消防管道外,不宜设置水管及其他液体输送管道。

11.0.5 主要管线在上技术夹层布置时,应计及气流组织的空间、排风管道和大宗气体以及特种气体管道敷设的空间高度。

11.0.6 在上技术夹层内宜设置检修通道。

11.0.7 主要管线在下技术夹层布置时,应计及辅助设备、主管、

支管、二次配管和消防喷淋管道的空间高度。

11.0.8 在管道种类多,空间有限的区域宜设置公共管架,并应符合下列规定:

- 1 在华夫板下和净化区高架地板下应留有二次配管配线的空间;
- 2 尺寸较大的管道宜布置在公共管架的上层;
- 3 有坡度要求的管道宜布置在管道的下层;
- 4 管道改变方式时宜同时改变管道的标高;
- 5 应为今后扩展预留管道空间和荷载;
- 6 由梁、柱承重的公共管架宜在结构施工时预埋承重构件。

12 环境安全卫生

12.0.1 硅集成电路芯片工厂应具有对环境、安全及卫生进行监控的设施。

12.0.2 8英寸~12英寸硅集成电路芯片工厂宜设置健康中心,并应具备工伤急救及一般医疗、转诊及咨询的设施。

12.0.3 8英寸~12英寸硅集成电路芯片工厂宜在靠近生产区入口处设置专人全天职守的紧急应变中心(ERC),并应符合下列要求:

- 1 应制定紧急应变程序;
- 2 应设置防灾及生命安全监控系统;
- 3 应配备紧急应变器材。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 《供配电系统设计规范》GB 50052
- 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058
- 《洁净厂房设计规范》GB 50073
- 《工业企业噪声控制设计规范》GBJ 87
- 《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116
- 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
- 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472
- 《电子工程防静电设计规范》GB 50611
- 《特种气体系统工程技术规范》GB 50646
- 《电子工厂化学品系统工程技术规范》GB 50781
- 《电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法》GB/T 12190
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348
- 《锅炉大气污染物排放标准》GB 13271
- 《化学品分类和危险性公示 通则》GB 13690
- 《大气污染物综合排放标准》GB 16297

中华人民共和国国家标准

硅集成电路芯片工厂设计规范

GB 50809 - 2012

条文说明

制 定 说 明

《硅集成电路芯片工厂设计规范》GB 50809—2012,经住房和城乡建设部 2012 年 10 月 1 日以第 1497 号公告批准发布。

本规范紧密结合当前我国电子信息产品制造业对硅集成电路芯片的需求,切实体现了我国集成电路芯片工厂工程建设中新技术、新工艺、新设备和新材料的应用成果和先进经验;特别是参考和借鉴了国内已建成的数十条集成电路芯片生产线工程的先进技术和运行经验,做到了既结合国情又与国际同类标准接轨。

本规范编制经过了准备、征求意见、送审和报批四个阶段。编制工作主要遵循了以下原则:

1. 遵循先进性、科学性、协调性和可操作性等原则。
2. 严格执行国家住房和城乡建设部标准定额司发布的《工程建设标准编写规定》(建标〔2008〕182 号)。
3. 将直接涉及人民生命财产安全、人体健康、环境保护、能源资源节约和其他公共利益等条文列为必须严格执行的强制性条文。

本规范于 2011 年 12 月在上海召开了规范审查会。审查会专家一致认为规范条文涵盖了硅集成电路芯片工厂工程设计的主要内容,具有较强的实用性、科学性、协调性和可操作性。该规范的发布和实施,将对我国硅集成电路芯片工厂工程设计水平的提高发挥积极作用,同时将推动硅集成电路芯片工厂工程建设的技术进步。

审查会后,编制组根据审查意见对规范进行了认真的修改、补充和完善,并于 2012 年 4 月 6 日形成了最终的《硅集成电路芯片工厂设计规范》报批稿报住房和城乡建设部。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《硅集成电路芯片工厂设计规范》编写组按章、节、条、款、项的顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1 总 则	(47)
3 工艺设计	(48)
3.1 一般规定	(48)
3.2 技术选择	(48)
3.3 工艺布局	(49)
4 总体设计	(54)
4.1 厂址选择	(54)
4.2 总体规划及布局	(54)
5 建筑与结构	(55)
5.1 建筑	(55)
5.2 结构	(55)
5.3 防火疏散	(56)
6 防微振	(57)
6.1 一般规定	(57)
6.2 结构	(60)
6.3 机械	(60)
7 冷热源	(61)
8 给排水及消防	(62)
8.1 一般规定	(62)
8.2 给排水	(63)
8.3 消防	(64)
8.4 灭火器	(66)
9 电 气	(67)
9.1 供配电	(67)

9.2	照明	(67)
9.5	通信与安全保护	(67)
10	工艺相关系统	(69)
10.1	净化区	(69)
10.2	工艺排风	(73)
10.3	纯水	(76)
10.4	废水	(78)
10.5	工艺循环冷却水	(79)
10.6	大宗气体	(80)
10.7	干燥压缩空气	(81)
10.9	特种气体	(81)
10.10	化学品	(82)
11	空间管理	(85)
12	环境安全卫生	(86)

1 总 则

本规范为硅集成电路芯片工厂设计的国家标准,适用于各种类型硅集成电路芯片工厂的新建、扩建和改建设计。

由于硅集成电路芯片产品种类较多,技术发展迅速。为适应不同技术水平芯片生产对于环境的需要,本规范对于工艺、总体、建筑与结构、防微振、冷热源、给排水与消防、电气、工艺相关系统、空间管理和环境安全卫生等方面制定工程设计中应遵循的相关规定,确保工程设计做到安全适用、技术先进、经济合理、环境友好。

3 工艺设计

3.1 一般规定

3.1.1、3.1.2 硅集成电路产品发展十分迅速,按照摩尔定律每个集成电路上可容纳的晶体管数目,约每隔 18 个月增加一倍,性能也将提升一倍。近年来,虽然集成电路发展的速度有所减缓,但变化依然十分巨大。同时集成电路生产所需的水、电的耗量较多,各种原材料和排放物的种类繁多,其中不乏对环境和安全等有较大影响的,因此硅集成电路的厂房设计、建造必须适应这种快速的发展与变化,提高生产效率,减少能耗,同时必须考虑到环保以及职业卫生和安全方面的要求。

3.2 技术选择

3.2.1 硅集成电路产品分为数字电路和模拟电路两大类。数字电路包括存储器、微处理器和逻辑电路,模拟电路主要包括标准模拟电路和特殊模拟电路。产品的品种和技术要求不同产生不同的生产工艺,从线宽来区分从较早的 $5\mu\text{m}$ 到最新的 20nm 工艺,从加工硅片直径来区分从 3 英寸、4 英寸、5 英寸、6 英寸、8 英寸、12 英寸以及今后的 18 英寸,工程投资金额存在数千万元至近百亿美元的巨大差异,净化区面积也从数百平方米到最新的数万平方米不等,因此选择适合的工艺技术及配套设备是工厂设计的基础。表 1 是 ITRS 公布的 2011 年国际半导体技术蓝图的预测,集成电路产业的发展更新依然十分迅速。

3.2.2 对于品种多、产量较少、更新较慢的模拟类产品以及对线宽要求不高的部分数字类产品,宜采用 4 英寸~6 英寸芯片生产设备进行加工,可节省项目投资,降低成本。

表 1 2011 年国际半导体技术蓝图

项目 \ 年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
FLASH 线宽(nm)	22	20	18	17	15	14.2	13	11.9	10.9	10
DRAM 线宽(nm)	36	32	28	25	23	20	17.9	15.9	14.2	12.6
MPU/ASIC 线宽(nm)	38	32	27	24	21	18.9	16.9	15	13.4	11.9
最大光刻场面积(mm^2)	858	858	858	858	858	858	858	858	858	858
最大硅片尺寸(mm)	300	300	300	450	450	450	450	450	450	450

3.2.3 对于产量较大的模拟类产品和数字类产品,可采用 8 英寸芯片生产设备进行加工,可做到规模生产以降低成本。

3.2.4 对于主流存储器、微处理器以及逻辑电路等产品,由于产品的产量较大、技术更新快,通常采用最新的 12 英寸芯片生产设备进行加工,同时也能满足产品对与线宽的要求。

3.3 工艺布局

3.3.1、3.3.2 集成电路芯片工艺十分复杂,复杂电路的工艺步骤可高达 500 多步,一般可概分为前段工艺及后段工艺。硅片下线后,在其清洗过后的表面上,通过氧化或化学气相淀积的方法形成各种薄膜,经由光刻成型与刻蚀工艺形成各类图形,采用离子注入或扩散方法掺杂形成所需的电学特性,再通过溅射形成多重导线,如此多次循环重复,最终形成电路图形。

1 清洗工艺。

清洗工艺主要用来去除金属杂质、有机物污染、微尘。一般情况下,使用高纯度的化学品来清洗,高纯度的去离子纯水来洗濯,最后在高纯度的气体环境下高速脱水甩干,或采用高挥发性的有机溶剂除湿干化。按照清洗方式的不同,一般可分为湿法化学法、物理洗净法和干法洗净法。

2 氧化工艺。

氧化工艺由硅的氧化形成氧化层,作为性能良好的绝缘材料。一般可分为湿法氧化法和干法氧化法;而常见的氧化设备有水平

式与直立式炉管。

3 扩散工艺。

扩散工艺是指物质(气、固、液)中的原子或分子在高温状态下,因高温激化作用,由高浓度区域移至低浓度区域。

4 化学气相淀积工艺。

化学气相淀积工艺利用气态的化学材料在硅片表面产生化学反应,并在硅片表面上淀积形成一层固体薄膜,如二氧化硅、各种硅玻璃、多晶硅、氮化硅、钨与硅化钨等。因反应压力的不同一般可分为:常压化学气相淀积法、低压化学气相淀积法(相关设备有批量加工形式的炉管,也有单一硅片加工形式的设备)、亚大气压化学气相淀积法、等离子体增强型化学气相淀积法、高密度等离子体增强型化学气相淀积法。

5 离子注入工艺。

离子注入工艺是通过将选定的离子加速,射入硅片的特定区域而改变其电学特性的一种工艺。一般可以分为大电流型、低能型、中低电流型、高能型。

6 溅射工艺。

溅射工艺通过靶材来提供镀膜的金属材料,利用其重力作用,使靶材产生的金属晶粒掉落至硅片表面,从而形成金属薄膜。

7 刻蚀工艺。

刻蚀工艺用于将形成在硅片表面的薄膜,被全部或依照特定图形部分地去除至必要的厚度。一般可以分为湿法刻蚀和干法刻蚀。湿法刻蚀利用液体酸液或溶剂,将不要的薄膜去除。干法刻蚀利用带电粒子以及具有高度活性化学的中性原子和自由基的等离子体,将不要的薄膜去除。

8 光刻工艺。

光刻工艺是掩膜板上的图形在感光材料光刻胶上成像的过程。流程一般分为气相成底膜、旋转涂胶、软烘、对准和曝光、曝光后烘焙、显影、坚膜烘焙等。曝光设备一般又可依波长之不同分为

365nm 的 I-line、248nm 的 KrF 深紫外线曝光设备,以及 193nm 的 ArF 深紫外线曝光设备和浸润式曝光设备。工艺相关设备需放置在黄光的区域。该区域需要有独立的回风,对洁净度亦有较高的需求,并装置去离子器,对温度、湿度、抗微振性能有最高的要求。

9 化学机械研磨工艺。

化学机械研磨工艺是把芯片放在旋转的研磨垫上,施加一定的压力,用化学研磨液进行研磨的平坦化过程,以完成多层布线所需的平坦度要求。通常应用在 8 英寸及以上的芯片加工工艺中。

10 检测。

透过微分析技术对材料以及工艺品质做鉴定和改善,可概分为在线检测及离线检测。

11 硅片验收测试。

硅片验收测试是在工艺流程结束后对芯片做电性测量,用来检验各段工艺流程是否符合标准。

12 中测。

中测的目的是将硅片中不良的芯片挑选出来,通常包含电压、电流、时序和功能的验证,所用到的设备有测试机、探针卡、探针台以及测试机与探针卡之间的接口等。

3.3.3 在芯片制造过程中,为了降低生产工序中发生的成本,必须设计出最合理的设备布局来缩短搬运的距离和时间,提高设备的利用率。一般会根据由工艺技术确定工艺流程。

通过对工艺流程的步骤分析,计算芯片在生产过程中传送各功能区域的频次,如图 1 范例工艺流程与芯片传送频次参数。

通过分析频次的数量,为了减少硅片传送距离,传送频次较高的区域建议相邻放置,如光刻区要靠近刻蚀区,刻蚀区要靠近去胶清洗区等。

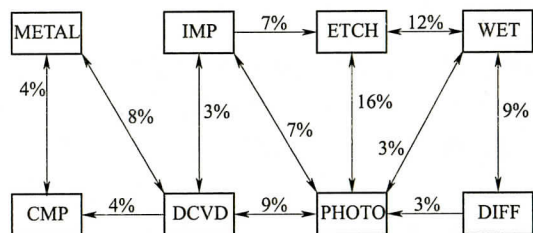


图1 工艺流程与芯片传送频次参数

前段工艺(FEOL)包括硅片下线,浅沟道隔离与有源区的形成,阱区离子注入,栅极形成,源漏极形成,硅化物形成。后段工艺(BEOL)包括器件与金属层间介电层形成,接触孔形成,多层金属层连接,金属层间介电层形成,铝压点保护层形成,硅片验收测试等。进入后段工艺的硅片应避免与前段工艺混用设备,以免金属离子等污染前段工艺中的硅片,造成电气性能异常。

3.3.4,3.3.5 集成电路芯片生产的布局如图2所示的演进趋势。

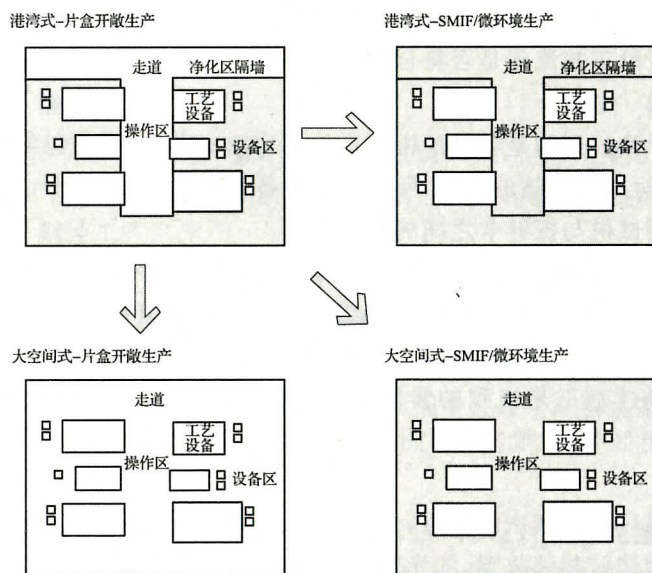


图2 集成电路芯片生产的布局演进趋势

对于4英寸~6英寸芯片生产,由于通常采用片盒开敞式生产,操作区空气中的尘埃会直接影响硅片电路的电气性能,因此对于操作区的净化要求较高。为了节省运行费用,保证净化要求,通常采用壁板将操作区和低洁净度要求的设备区分开。

随着芯片加工尺寸向8英寸及12英寸发展,对于线宽的要求也越来越高,大面积高洁净度净化区的造价和运行成本越发昂贵,因此采用标准机械接口加微环境的生产方式成为8英寸及12英寸芯片生产方式的主流。在这种方式中,硅片放置在密闭的片盒中,在运输和加工过程中不会受到外界环境的污染,因此操作区可以采用较低的净化等级。同时8英寸及12英寸的生产辅助设备通常可以放置在生产区的下技术夹层中,以减少在生产区占用的面积,可以提高净化区的面积利用率,扩大单位面积的产能,因此在生产区中就没有采用隔墙将操作区和设备区隔开,同时可以提高设备布置的灵活性。

3.3.9 由于硅集成电路生产对环境要求很高,参观人员进入生产区参观会对环境及生产产生不利的影响,同时进入洁净区换鞋、更衣等步骤耗时较多,因此通常会在洁净生产区外设置参观走道,参观走道通常布置在厂房的一侧或环形布置。

3.3.10 对于早期的8英寸芯片工厂来说,大部分硅片传送、存储和分发是通过人工操作完成的。目前多数8英寸和12英寸芯片工厂设有自动物料处理系统(AMHS),其优点在于有效利用洁净室空间、有效地管理生产中的芯片、有效地降低操作人员的负担,进而减少在传送硅片时的失误。在一些12英寸生产工厂,运输系统可延伸到不同的生产区域,借助吊挂传输系统(OHT),将芯片直接传递到设备端。今后自动物料处理系统中还要在提高生产速度、缩短生产周期和快速适应芯片制造环境变化等方面进行持续改善,在首次投片到成熟生产期间快速发展起来,同时适应和满足芯片工厂的各种需求。

在计算自动物料处理系统时,应考虑生产周期、生产线成品率、研发和生产工艺验证投片需求、机械手臂的处理能力等因素来决定储位数量和载送距离。

4 总体设计

4.1 厂址选择

4.1.1~4.1.3 厂址应选择在大气含尘量低,远离化工厂、制药厂、垃圾焚烧厂的地区,同时要满足环保要求,避免工厂的危险有害因素对周边人群居住或活动环境造成污染与危害。厂址如不能远离严重空气污染源时,则应位于最大频率风向上风侧或全年最小频率风向下风侧,同时应远离铁路、码头、飞机场、交通要道等有振动或噪声干扰的区域。

4.2 总体规划及布局

4.2.1 硅集成电路芯片工厂的厂区中生产区占地较大,同时也是人流和物流的集中区域,因此在厂区总体规划中,要将生产区作为核心进行布置。

4.2.5 我国机动车拥有量逐年增多,设计时对机动车车位宜有前瞻性安排;同时按照绿色工业建筑评价标准,员工出行优先利用公共交通,非机动车的停放场地应满足 15% 以上员工的需要。

4.2.6 芯片厂房中的柴油发电机、空压机、大容量水泵等动力设备运行中噪声较大,宜远离生产及行政区域,并与厂界保持适当距离,以避免对正常生产及周边的区域环境造成影响。

4.2.8 工厂从试生产到满负荷生产时间较长,工艺设备通常分批购置及到货。而设备在净化区的搬运及安装耗时较多,因此在生产厂房附近宜有面积较大的临时存储场地,用于到货的生产设备临时堆放。

5 建筑与结构

5.1 建筑

5.1.2 对于规模较大、人员较多的工厂,采用连廊作为各建筑间人员联系的通道可以有效地减少人员行走的距离,减少更衣、换鞋的时间以及外界环境的影响,连廊可根据气候条件采用开敞式或封闭式,连廊的高度不得影响厂区车辆通行。

5.1.3 硅集成电路芯片厂房由于常年保持恒温恒湿净化的环境,如果气密、保温和隔热的措施不到位,会增加工厂生产的能源消耗,防潮、防尘、耐久及易清洗也主要是满足工厂净化环境的要求。

5.1.4 在净化等系统的设备安装以及工艺设备搬入初期,由于搬运量较大,通常会采用吊装的方式来搬运。此外,有些超重超宽的设备无法用电梯搬运时,也需要采用吊装的方式来搬运。

5.1.5 挥发性有机物(VOC)对于芯片生产的影响已越来越得到重视,特别是对于 8 英寸~12 英寸集成电路芯片生产,VOC 会直接影响光刻、氧化等工序的成品率。对于外界空气中的 VOC 通常采用在新风处理阶段加装化学过滤器的方式来降低 VOC 的影响。

5.1.6 芯片生产所使用的设备昂贵,从安全角度考虑使用电梯是比较稳妥的搬运方式,对于 8 英寸芯片生产线设备的搬运宜使用 8t 货梯,12 英寸芯片生产设备的搬运宜使用 10t 货梯。

5.2 结构

5.2.1 本条与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的要求是一致的。设计时应考虑各建筑物的用途、是否属于易燃易爆厂房等因素。对于芯片生产厂房,则应根据厂房的投资额、建筑面积和职工人数等确定抗震设防类别。本条为强制性条文,必须严

格执行。

5.2.3 由于常用的 FFU, 风口及高架地板的尺寸均为 600mm 的模数, 为便于净化工程的安装与施工, 有利于降低建造成本, 厂房柱网宜采用 600mm 的模数。

5.2.4 本条主要考虑避免厂房变形缝对洁净生产区的气密性造成的影响。

5.3 防火疏散

5.3.1 硅集成电路生产厂房中使用了丁酮、丙酮、异丙醇等易燃化学品和 H_2 、 SiH_4 、 AsH_3 、 PH_3 等可燃、有毒气体, 这些物品是集成电路生产工艺所必需的原料, 参与过程反应或作为保护性气体使用。随着技术的进步, 各种气体及化学品的输送、控制以及监控报警技术有了很大的进步和提高。调查表明, 集成电路生产所采用的扩散、外延、离子注入等工艺和设备自身都已配有危险气体泄露报警、连锁装置以及灭火系统, 可燃气体及易燃化学品系统设有紧急切断阀, 一旦发生事故、火情时, 自动切断可燃气体及易燃化学品的供应。本规范制定过程中同时借鉴国内外已竣工投产的硅集成电路芯片厂房的成熟经验。本条为强制性条文, 必须严格执行。

6 防微振

6.1 一般规定

6.1.1 集成电路芯片厂房的微振控制归根结底是在生产区楼面提供一个满足振动敏感设备安装要求的微振动环境, 所以微振控制要求是由生产工艺及所选设备决定的。在集成电路芯片生产中, 对微振有较高要求的通常为光刻设备以及扫描电子显微镜, 其容许振动值的物理量表达通常有振幅(μm)、振动速度(mm/s)以及振动加速度(mm/s^2), 这三种物理量可以通过公式换算。在国际上通常以通用振动标准曲线 VC 进行定义, 如图 3 所示。VC 曲线是指一组表示在一定频率范围内振动幅值(用速度表征)的曲线, 按振动速度从高到低依次为 VC-A、VC-B... VC-G。有关 VC 曲线的定义、场地和楼面微振动的测试、数据采集、处理和报告, 可参考美国环境科学与技术协会(IEST)的有关标准(表 2)。

6.1.2、6.1.3 交通运输设施对建设场地的微振动水平有重要影响, 当场地的微振动超过拟建厂房生产工艺的要求时, 依靠结构措施抑制厂房结构的振动响应需付出高昂代价且具有较大技术风险。因此, 调查交通设施(如码头、火车、高铁、城铁、邻近的飞机场等)对所选场地的影响、评价场地是否适宜建设微振敏感厂房是必须进行的前期工作。规划中的交通设施或振动较大的厂房(如建造新厂房、道路变化、新增城铁及地铁等)对场地的振动影响由于尚未实施而难于评价, 对集成电路芯片厂的正常运行具有潜在威胁, 因而了解拟建场地周边的远景规划也是重要的前期工作。

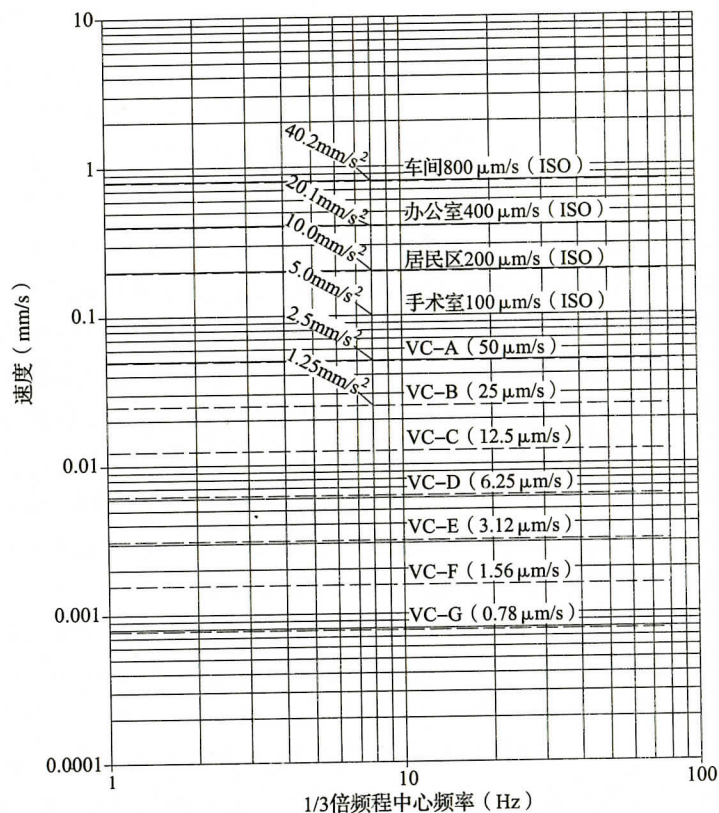


图 3 通用振动标准曲线 VC

表 2 振动标准曲线 VC 的应用及解释

标准曲线	振动速度 ($\mu\text{m/s}$)	特征尺寸 (μm)	适用场合
生产车间 (ISO)	800	未定义	感觉非常明显的微振。适用于车间与非敏感型区域
办公室 (ISO)	400	未定义	感觉明显的微振。适用于办公室与非敏感区域

续表 2

标准曲线	振动速度 ($\mu\text{m/s}$)	特征尺寸 (μm)	适用场合
居住区	200	75	微振很少感觉到。在很多场合下,可以用于睡觉的地方,通常,适用于计算机设备、宾馆、健身房、半导体实验室、低于 40X 显微镜
操作中心	100	25	微振感觉不到。在多数场合下,适用于手术室、100X 显微镜,以及其他低灵敏度的设备
VC-A	50	8	在多数情况下,适用于 400X 光学显微镜、微量天平、投影式光刻机
VC-B	25	3	适用于 $3\mu\text{m}$ 线宽的检验设备与光刻设备(包括单片机)
VC-C	12.5	1~3	至 1000X 光学显微镜、光刻机、检验设备(包括适度灵敏的电子显微镜)(小至 $1\mu\text{m}$)、TFT-LCD 步进光刻系统
VC-D	6.25	0.1~0.3	大多数情况下,适用于要求严格的设备,包括很多电子显微镜与电子束系统
VC-E	3.12	<0.1	具有挑战性的标准,适用于敏感性系统中最敏感的部分,包括激光长距离小目标的系统,纳米级尺寸的电子束光刻系统,以及要求超常动态稳定的其他系统
VC-F	1.56	未定义	适用于极端的研究空间,绝大多数情况下很难达到的,特别是洁净室(作为设计标准不推荐,只用于评估)
VC-G	0.78	未定义	适用于极端的研究空间,绝大多数情况下很难达到的,特别是洁净室(作为设计标准不推荐,只用于评估)

6.1.5 场地的测试和评价是指在建设开始前,对拟建场地的微振基本情况进行测试。作为设计的基础;结构完工时的测试和评价主要为验证施工完的结构体是否符合防微振设计的要求;竣工时的测试和评价是指在建筑完工,洁净室安装完成、机电设备就位且运行,洁净室空调系统平稳运行,但工艺设备以及工艺支持系统尚未安装的情况下进行的测试和评价,可最终确定环境是否满足设备防微振的要求。这个阶段的测试有时也由工艺设备提供商负责,用于确定生产环境的微振影响是否能保证设备正常工作。

6.2 结 构

6.2.2、6.2.3 工艺生产需要大空间,而微振控制需要结构具有较大刚度,通常做法是生产层楼面以上采用大柱网,而在下夹层采用小柱网,甚至设置防振墙以取得较大的结构刚度。但这些措施易造成厂房结构在生产楼面处发生突变,对抗震不利,结构设计时应充分注意。

6.2.4 本条关于地坪和筏板的厚度,来源于已有的工程实例。实际采用的厚度,除满足承载力要求外,尚应在防微振控制设计时评估确定。

6.3 机 械

6.3.1 对于动力设备尽量采用直接驱动或变频驱动的系统。在周围有振动敏感型的设备时,不推荐采用皮带驱动的系统。

6.3.2、6.3.3 管道(特别是大直径管道)内流体的流动引起的管道振动,或者与管道连接的各种泵的振动,不可避免地会通过管道支架传递到建筑结构上。对这种振动如不加以控制,可能引起微振控制达不到预定目标。通常建议风管内的空气流速限定在9m/s以内,管道内的液体流速控制在2.5m/s以内。

7 冷 热 源

7.0.1 考虑管理、操作、维修的方便性,人工冷热源设备一般采用集中设置的方式,如在工厂建立独立的锅炉房、冷冻站、热交换站等冷、热源供应设施。工厂所在地区的气候条件、能源结构、政策、价格及环保规定也是选择动力设施的必需条件。城市、区域供热系统效率较高、污染小,且符合国家政策鼓励范围,应该是首选;空气源热泵使用与安装较为方便,可用于生活区、办公楼等建筑;地源热泵、水源热泵具有较高的效率,也可用于生活区、办公楼等设施。

7.0.2 热回收冷水机组具有较高的能效比,所以在同时提供冷源与热源的情况下,宜选用热回收机组。

7.0.4 在春、秋过渡季节或冬季,由于室外干球温度较低,冷却塔可以提供10℃~15℃的冷却水,该温度一般可以满足工艺冷却水的需求,且冷却塔制取相同冷量的耗电量远低于冷冻机所需的耗电量,因此,在条件许可时,应利用冷却塔作为冷源设备。

7.0.5 为减少冷冻水泵的电能消耗和冷冻机组单位冷量的耗电量,宜加大冷冻水供、回水温差和提高冷水机组的出水温度。

7.0.7 当冷负荷变化较大时,规定空调系统部分或全部设备宜采用变频空调是为了节约单位冷量的能源消耗。

7.0.8 制冷剂的选取应符合环保的要求,过渡制冷剂的使用年限也应符合国家禁用时间表的规定,因为现代工程设计必须考虑环保的规定。

7.0.9 选用比例调节燃烧器的全自动锅炉是为了在全负荷范围内保持较高的燃烧与运行效率,工厂在实际运行时,不同季节的热负荷变化较大,锅炉运行台数也处于不断变化之中,因此,规定每台锅炉设置独立的烟囱,有利于烟囱内烟气的排放,防止空气倒灌。

7.0.10 锅炉房排放的大气污染物浓度除了应符合国家标准外,还应符合项目所在地区的地方标准的规定。

8 给排水及消防

8.1 一般规定

8.1.1 硅集成电路芯片工厂的给排水系统通常包括一般生产给水系统(主要用于就地洗涤塔给水)、一般生活给水系统、超纯水系统、工艺冷却水系统、生产废水系统、一般生活排水系统、消防给水系统等。各个系统对水温、水质和水压的要求都不一样,因此应根据安全合理、经济适用的要求分别设置系统。此外随着国民经济的发展和城市生活水平的提高,我国很多地区特别在北方和某些沿海城市发生水资源短缺和污染问题。水资源本身不足和水源的污染已成为我国国民经济发展的一个制约因素。因此很多地方实行水资源的统一规划与管理,把用水问题,特别是将节水工作纳入社会经济发展规划,建立与健全相应的规章制度,认真贯彻开源节流并重方针,加强节水的科学管理。

集成电路芯片生产是消耗水资源较大的行业之一,水资源的合理使用和节水技术措施成了企业必须重点考虑的一个方面。这不仅关系到生产成本的降低,同时也是节约资源,实施经济可持续发展的重要战略措施。企业还必须在项目建设过程中落实节水工程、节水设施建设的“三同时、四到位”。

要做到节约用水,通常需要对全厂的给排水系统进行通盘考虑,在完成全厂水量平衡图的基础上,分析该类项目的用水特点,通过各用水系统用水量、水质要求、节水措施及节水潜力进行比较分析,提高节约用水和循环用水的水平,实现节水节能,减少排污。

8.1.3 洁净室的洁净度是受控的,任何可能造成洁净环境受到影响的动作都应有必要措施进行控制。管道穿越洁净室,其穿管处的处理就是关键一环。总的说来,穿越处采用套管方式是

行之有效的,一方面它保证了洁净室内的正压风不会大量泄漏造成能量浪费,另一方面也杜绝了非洁净空气顺着管道缝隙进入洁净空间。对于无法设置套管的部位,也应该有必要的技术措施。

8.1.4 洁净室的温度、湿度和压力都是受控的,基本处于恒温恒湿的状态。因此给排水管表面温度高于洁净室环境温度时,应该进行隔热保温处理。同时,当给排水管道表面温度低于环境湿球温度时,为避免由于管道表面结露影响洁净环境的温度、湿度和洁净度,也应该对管道进行防结露保温处理。对于在可能冻结区域架空敷设的给排水管道应尽量避免死端、盲肠、袋状管段。对于难以避免的袋状管段,应考虑设低点排液阀。对于难以避免的盲肠管段或设备间断操作的管道,应考虑保温、伴热等防冻措施。

用于洁净室内给排水管道保温需要的保温材料应确保保温材料脱落的粉尘对环境的影响最小。

8.2 给排水

8.2.4 硅集成电路芯片生产工艺复杂,加工精度高,大多数工序都要使用超纯水清洗硅片,水资源消耗量较高。虽然城市自来水作为芯片工厂水源已经很安全,为了保证用水更安全,很多企业都加大了水回用的力度,同时在可能的情况下还自备水源(如地下水)。所以无论回用水还是自备水源水质是否优于城市自来水水质,均不得用管道直接连接在城市自来水管上(即使加装倒流防止器也不允许),这也是国际上通行的规定。本条为强制性条文,必须严格执行。

8.2.8 由于管道法兰处容易泄漏,所以输送有毒、有害、腐蚀性介质的管道,不得在人行通道和机泵上方设置法兰,以免法兰渗漏时介质落于人体上而发生工伤事故。如果在管道与法兰连接的设备、阀门、特殊管件连接处必须采用法兰连接时,连接法兰处应采取有效的防护措施。

8.2.10、8.2.11 硅集成电路芯片厂房根据生产需要,通常使用较多的化学药品。这些化学药品性质各不相同,分别表现为可燃、易燃、自燃、有毒、腐蚀或氧化性。针对不同化学特性,这些化学品通常都应分门别类储存,同时不得和禁忌物品混合储存。作为贮存和配送化学药剂的房间,必须要有可靠的排水措施将泄漏的化学药剂和消防排水有组织收集并临时贮存,避免因为化学药剂和被化学药剂污染的消防排水因无组织四处漫流而导致人员伤害和环境污染。就地通过地沟等设施贮存泄漏的化学药剂和消防排水是一种常见的简单易行的技术措施。

8.3 消 防

8.3.1 硅集成电路芯片生产厂房是一个相对封闭的建筑物,室内设备众多,通道狭长而曲折,一旦发生火灾,人员的疏散和灭火都非常困难。为了确保生产操作人员和设备财产的安全,设计中应贯彻“预防为主,防消结合”的消防工作方针。因此硅集成电路芯片生产厂房除了设计有效的防火措施外,还必须根据消防安全、经济高效、合理统一的原则设计有效的灭火设施,预防火灾的发生和蔓延。

8.3.2 硅集成电路芯片生产过程中使用大量的特种气体和化学品,这些特种气体和化学品通常具有不同的化学性质,如可燃、易燃、自燃、腐蚀、氧化或惰性,因此硅集成电路芯片厂房需要根据不同物品的火灾危险性有针对性的设置不同的消防措施。如 ClF_3 遇水会发生爆炸,就需要根据其特性采用非水消防的消防措施。

8.3.3 消防加压水泵是消防给水系统的关键设备,直接关系消防给水系统是否完善,决定了火灾扑救的效果。根据火灾扑救效果统计,在扑救失利的火灾案例中,81.5%的火场消防供水不足,导致火势失控。

8.3.4、8.3.5 此规定是根据我国的有关方针政策、具体工程实际情况并结合消防施救能力和扑救习惯而制定的。

8.3.6 硅集成电路芯片生产厂房通常根据生产需要,调整房间布置或设备布置,有时需要调整消火栓的位置,室内消火栓设置单独的隔断阀门,可以使消火栓位置的调整变得快捷方便。

8.3.7 自动喷水灭火系统是硅集成电路芯片生产厂房的最为有效的灭火设施。一旦发生火情,喷头及时开启出水,可以有效地控制火情并扑灭火灾。硅集成电路芯片生产厂房自动喷水灭火系统设计参数的确定是根据国内外集成电路芯片生产厂房的常规实践所规定的。

8.3.9 在硅集成电路芯片生产厂房洁净空调系统的运行过程中,送风自上而下,即使发生火灾,部分风机过滤单元仍旧送风,使得喷头不能及时感受到热气流的热量。为了让喷头能及时动作,应采用快速响应喷头,其动作速度远快于标准喷头。

8.3.10 软管用于硅集成电路芯片生产厂房的喷头连接,可以避免地震时由于吊顶与消防管路的相对位移造成的管路和喷头的破损而引发的水渍损害。同时由于软管具有一定的长度,在喷头位置需要根据房间分隔变化时,可以带水作业,便于快捷方便调整喷头布置。而且软管安装简单快捷,还可有效地降低硬管安装误差所造成的吊顶与消防管道间的应力。采用不锈钢材质,是为了减少腐蚀并降低粉尘污染。

8.3.11 本条规定是参照国内外类似项目的设计实践,目的是为了自动喷水灭火系统能够及时开启,迅速控制并扑灭火灾,避免火势蔓延。本条为强制性条文,必须严格执行。

8.3.12 硅烷具有自燃性,一旦泄漏,容易发生自燃。如果采用普通的湿式灭火系统或雨淋系统,火势扑灭后,泄漏的气体容易发生爆炸。所以该类火灾的灭火要求是首先及时关断自动关断阀,切断气源,防止事故扩大,同时做好气瓶的防护。

8.3.13 本条是根据国内外集成电路厂房的工程实践和借鉴美国防火协会标准《半导体制造设施保护标准》NFPA 318 的相关规定而制定的。

8.4 灭 火 器

8.4.1~8.4.3 灭火器是扑灭初期火灾的有效手段,考虑到洁净室为防止灭火器误喷而污染洁净环境,洁净室内所用灭火器通常采用二氧化碳作为灭火剂。但是按相关规范设置级别所布置的手提式二氧化碳灭火器通常较重,不便于使用,所以通道上宜设置推车式二氧化碳灭火器以方便使用。

9 电 气

9.1 供 配 电

9.1.3 硅集成电路芯片生产的工艺设备大多数为进口设备,其用电电压可能是 208V/120V、380V/220V、415V/240V、480V/277V 等。应根据各种电压等级设备的用电需求量,确定合理的变压器配置方案。

9.2 照 明

9.2.1 净化生产区照明的照度值宜为 500 lx,光刻区的照度值宜为 600 lx,辅助设备区的照度宜为 300 lx,实验室的照度值宜为 600 lx,辅助工作室、人员净化和物料净化用室、气闸室、走廊等照明的照度值宜为 200 lx~300 lx。

9.2.5 光刻区照明使用黄光,由于波长较长,能量较低,不会影响到感光胶;外界照明光线是白光,含有多种波长的组合,其短波长的成分足以使感光胶曝光。

9.5 通信与安全保护

9.5.1 一个完整的硅集成电路芯片工厂通常组织严密、内部分工细致,各工段相互联系紧密,对外需随时保持联系,因而通常需在厂内靠近办公区设一电话站,装设程控数字电话交换机,生产厂房洁净区电话由程控交换机引来。洁净区内通常采用综合布线系统,设置电话插座(单孔)和电话/数据插座(两孔或三孔)两种信息插座。

9.5.2 硅集成电路芯片厂房设置火灾自动报警系统主要目的为保障贵重工艺设备以及及早发现火灾隐患,同时根据洁净厂房的

特点,一旦火灾发生,人员进入较困难,因而火灾自动报警系统必须设置。设置火灾自动报警系统的区域根据生产工艺布置和公用动力系统的装设情况,包括洁净生产区、技术夹层、机房、站房等均应设火灾探测器,全面保护。

硅集成电路芯片厂房内设备、仪器较为昂贵且厂房建造费用较高,一旦着火,损失巨大。同时洁净厂房内人员进出迂回曲折,人员疏散困难,不易发现火情,消防人员难以接近,防火有一定的困难。为达到室内净化级别,洁净室内对气流、空间大小、换气率都有较高的要求。火灾发生后,若一旦关闭净化空调系统,即使再恢复也会影响洁净度,使其达不到工艺生产要求而造成损失,而且中断生产和烟雾对设备的影响所造成的损失很难弥补。洁净室内一般空间较大、气流速度高(换气次数 40 次/h~120 次/h),普通的感烟探测器对烟雾探测有很大的困难。所以,洁净室内的烟雾探测既重要又困难,常规的火灾探测器系统往往不能有效地发挥作用,采用早期火灾探测及报警技术可以克服洁净室内高气流、大空间的探测难度以达到火灾极早期报警,使火灾损失最小。

9.5.6 硅集成电路芯片厂广播应满足应急广播最低声压级的要求,即洁净室内扬声器的额定功率不应小于 3W,在环境噪声大于 60dB 的场所,在其播放范围内最远点的播放声压级应高于背景噪声 15dB。

10 工艺相关系统

10.1 净 化 区

10.1.1 集成电路技术从最初在同一块衬底材料上只能集成屈指可数的几个半导体器件和无源元件的水平,已经发展到今天的在一个平方厘米的硅晶片上就可以集成几千万个元件水平。随着时代的发展,单个元器件的尺寸越来越小,单个集成电路芯片的面积越来越大,这就使得集成电路的集成度越来越高。集成电路芯片加工精度和生产环境的洁净度密不可分。

洁净区空气中的尘埃会直接影响芯片的品质。表 3 为美国半导体工业联合会(SIA)制定的有关半导体技术发展路线图中的数据。

表 3 半导体工业芯片面积与特征尺寸、临界缺陷尺寸

项 目 \ 年 份	1997	1999	2003	2006	2009
最小特征尺寸(nm)	250	180	130	100	70
晶圆片直径(mm)	200	300	300	300	450
DRAM 芯片位数	256M	1G	4G	16G	64G
DRAM 芯片面积(mm ²)	280	400	560	790	1120
微处理器芯片晶体管数量	11M	21M	76M	200M	520M
最大布线层数	6	6~7	7	7~8	8~9
最小掩模数量	22	22/24	24	24/26	26/28
临界缺陷尺寸(nm)	125	90	65	50	35
原始硅片总的颗粒密度(个/cm ²)	0.60	0.29	0.14	0.06	0.03
DRAM GOI 缺陷密度(个/cm ²)	0.06	0.03	0.014	0.006	0.003
逻辑电路 GOI 缺陷(个/cm ²)	0.15	0.15	0.08	0.05	0.04

从表 3 中的临界缺陷尺寸一栏清楚地表明了晶圆片表面多大尺寸的随机缺陷或颗粒就会引起集成电路芯片功能的失败。由于临界缺陷尺寸应小于最小特征尺寸的一半,对于当今 20nm 的最小特征尺寸,临界缺陷尺寸只能小于 10nm。例如,在光刻胶的曝光过程中,如果晶圆片表面存在一个尘埃颗粒,则这个小颗粒就会影响到其下方光刻胶的曝光,假如由此引起的缺陷尺寸已经接近了所要光刻图形的特征尺寸且该缺陷恰好又处在芯片上的某个关键区域,那么就极有可能导致该处的器件功能失效;当处在栅氧化工艺步骤时,一个位于 MOSFET 栅氧化层区域的颗粒就很可能引起器件失效。对于一个现代的硅集成电路芯片制造厂来说,据统计,大约 75% 的成品率损失都是由于晶圆上的尘埃颗粒而直接引起。

由于产品和工艺设备不同,对洁净室内空气洁净度等级和被控粒子粒径、温度、相对湿度控制要求也不相同。因此,生产区域的洁净度等级应根据工艺要求确定。为了有效地保证产品合格率,避免概念混淆,应采用现行国家标准《洁净厂房设计规范》GB 50073 表 3.0.1 作为统一标准,如表 4 所示。该表等同于国际标准 ISO 14644-1《洁净室及相关控制环境 第 1 部分:空气洁净度等级的分类》,也便于与国际接轨。确定空气洁净度等级所处状态的目的是便于设计、施工和项目验收,更主要的是满足产品生产要求。

表 4 洁净室及洁净区空气中悬浮粒子洁净度等级

空气洁净度等级	大于或等于表中粒径的最大浓度限值(pc/m ³)					
	0.1μm	0.2μm	0.3μm	0.5μm	1μm	5μm
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4	10000	2370	1020	352	83	
5	100000	23700	10200	3520	832	29

续表 4

空气洁净度等级	大于或等于表中粒径的最大浓度限值(pc/m ³)					
	0.1μm	0.2μm	0.3μm	0.5μm	1μm	5μm
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7				352000	83200	2930
8				3520000	832000	29300
9				35200000	8320000	293000

10.1.3 为保证洁净室空气平衡和洁净室内的正压值,新鲜空气量应等于补偿室内排风量和保持室内正压值所需新鲜空气量之和,同时新鲜空气量应满足人员新鲜空气需求量。因此,取两者之中的最大值。现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 规定:“工业建筑应保证每人不小于 30m³/h 的新风量。”《洁净厂房设计规范》GB 50073 规定:“保证供给洁净室内每人每小时的新鲜空气量不小于 40m³/h。”芯片厂房内使用化学品、特种气体等原料,这些物品具有有毒有害、易燃、易爆等特性,因此在本条第 2 款制定了“保证供给洁净区内人员所需的新鲜空气量”的规定。

10.1.4 洁净室与相邻的房间应保持一定压差,确保洁净室在正常状态或空气平衡暂时受到破坏时,气流只能从空气洁净度等级高的房间流向空气洁净度等级低的房间,使洁净室内的洁净度不会受到污染空气的影响。渗漏空气量与压差值有关,压差值选择应适当。若压差值过小,洁净室正压很容易被破坏,洁净室的洁净度会受到影响。若压差值过大,渗漏风量会较大,补充新风量就相应增加,新风空调冷热负荷也会相应增加,新风空调器容量也会增大,过滤器负荷也会增加,过滤器使用寿命也会缩短。试验结果表明:洁净室内正压值小于 5Pa 时,洁净室外的污染空气就有可能渗入洁净室内。室外空气在洁净厂房的迎风面上产生正压,在背风面上产生负压,因此,洁净室相对于室外的压差参照点应位于迎风面,洁净室与室外的相对压力应大于或等于 5Pa。

10.1.5 近年来,国内外集成电路芯片洁净室大多数采用大空间(Ballroom)与微环境相结合型式,主要工艺生产区域洁净度等级为 ISO5、ISO6 级,气流流型为非单向流,一般采用顶布 FFU 送风,架空地板下回风,满布率为 17%~25%,主要生产设备操作区域布置在微环境内,微环境洁净度等级为 ISO2、ISO3、ISO4 级。辅助区域洁净度等级一般为 ISO5、ISO6 级,通常采用非单向流。光刻、电子束曝光等区域洁净度等级为 ISO4 级或者更高,通常采用顶部满布 FFU 送风,架空地板下回风。国际标准化组织 ISO/TC209 技术委员会发布的 ISO 14644-4《洁净室及相关控制环境 第 4 部分:设计、建造和试运行》中的表 B.2 微电子洁净室的实例,列出了空气洁净度等级、气流流型、洁净送风量的数据,如表 5 所示。

表 5 微电子洁净室的实例

空气洁净度等级 工作状态	气流 型式	平均气流速度 (m/s)	换气次数 (次/h)	应用 举 例
2	U	0.3~0.5	未定义	光刻、半导体加工区
3	U	0.3~0.5	未定义	光刻、半导体加工区
4	U	0.3~0.5	未定义	工作区、多层掩膜加工、光盘制造、半导体服务区、公用设施
5	U	0.2~0.5	未定义	工作区、多层掩膜加工、光盘制造、半导体服务区、公用设施区
6	N/M	未定义	70~160	共用设施区、多层掩膜加工、半导体服务区
7	N/M	未定义	30~70	服务区、表面处理
8	N/M	未定义	10~20	服务区

10.1.7、10.1.8 洁净区的送风方式有集中送风、风机过滤器机组(FFU)形式。目前,大规模集成电路厂房,洁净区面积大、洁净度等级高、送风量很大,通常采用 FFU 送风方式。对于规模较小的

实验室,由于面积小,洁净度等级较低,送风量较小,可采用集中送风方式或 FFU 送风方式。FFU 送风方式,由于空气循环路径短,气流速度低,阻力损失小,风机送风压头低,单位送风量电耗较集中送风方式低。对于洁净度等级高的洁净室,推荐采用风机过滤器机组(FFU)送风。

10.1.9 硅集成电路芯片厂房洁净室规模较大,新风量很大,通常采用多台新风机组集中处理新风,集中处理新风具有以下优点:

1 新风集中处理可以去除新风中绝大部分的灰尘,有效延长了末级高效空气过滤器(HEPA)、超高效空气过滤器(ULPA)的使用寿命;

2 新风集中处理有利于去除新风中的水溶性化学污染物,降低了末级化学过滤器的负荷;

3 新风集中处理有利于洁净室湿度控制,避免冷热抵消,节约能耗;

4 通常芯片厂房新风机组有多台,并设置备用机组,宜并联运行。由于工艺设备分期安装,且生产技术发展升级速度迅速,设备更新升级快,工艺设备排风量会随运行设备数量和运行负荷率的变化而变化,新风量也是变化的,因此建议新风系统送风机采用变频措施,以适应新风需求量的变化。

10.1.11 干盘管是采用中温冷冻水作为冷媒的空气换热设备,安装洁净室回风通路上,消除洁净室内余热,因其表面温度高于洁净室内空气露点温度,不会产生冷凝水。干盘管应用于洁净室,一般迎风面速度控制在 2m/s 以下,以降低盘管空气阻力。干盘管正常运行时,不会产生冷凝水,不需要设置集水盘,但考虑到设备和管道检修,建议设置检修排水设施。

10.2 工 艺 排 风

10.2.1 硅集成电路芯片厂房在生产过程中使用酸、碱、溶剂等化学品和特种气体,一些气体和化学品属于易燃、易爆、有毒、有害物

质,因此,必须设置工艺排风系统,排出这些有害物,保证洁净室内的设备、环境、人员安全。工艺排风根据排风性质一般可分为酸排风、碱排风、溶剂排风、热排风,以便按照排风性质分别设置排风系统,进行分类处理。

当工艺排风中有害物含量超出国家排放标准时,应采取相应处理措施达标后,才能排放至室外。当工艺排风中含有剧毒、易燃、易爆等危险物质时,应设置备用排风机和处理设备,并配置应急电源,以维持排风系统连续可靠运行,消除中毒、爆炸、火灾危险,保证洁净室内设备、环境、人员安全。排风管道内可能集聚爆炸危险气体和粉尘而引起爆炸危险。美国防火协会标准《净化间防护标准》NFPA 318 第 3.4 条规定,洁净室排风系统应设计成保证风管内气流被稀释,而不形成可燃蒸汽。

NFPA 定义的 HPM 气态化学品(参考美国防火协会标准《危险品紧急处理系统鉴别标准》NFPA704)如排放浓度大于 TLV 值或 20%LEL,需经过局部处理设备的处理。局部处理设备的选择从安全、卫生和环保方面考量,基本要求如下:

1 可燃性气体,如 H_2 (氢气),较低浓度的 PH_3 (磷烷),较低浓度的 AsH_3 (砷烷)等,一般采用电热/燃烧水洗式的局部处理设备;

2 自燃性的气体,如 SiH_4 (硅烷),一般采用电热/燃烧式的局部处理设备;

3 易溶于水的气体,如 HCl (氯化氢), HBr (溴化氢)等,一般采用填充水洗式的局部处理设备;

4 PFC(全氟化物)气体,如 CHF_3 (三氟甲烷)、 C_4F_6 (六氟丁二烯)、 C_5F_8 (八氟戊烷)等,一般采用干式吸附式、燃烧式的局部处理设备;

5 毒性气体,且不能燃烧,也不能湿洗的,如 ClF_3 (三氟化氯)等,采用干式吸附式的局部处理设备;

6 沸点较接近常温的物质,如 TEOS(正硅酸乙酯),采用简

单的冷却就可以处理,采用冷凝收集器。

10.2.2 排风系统划分原则。

1 防止不同种类和性质的有害物质混合后引起燃烧或爆炸事故;

2 避免形成毒性更大的混合物或化合物,对人体造成危害或对设备和管道的腐蚀;

3 防止在风管中积聚粉尘,从而增加风管阻力或造成风管堵塞,影响通风系统的正常运行。

10.2.4 使用有毒有害物质的房间应通风良好。根据国际规范委员会(ICC)发布的《国际建筑规范》ICC-IBC—2009 第 415.9.2.6 条规定,半导体生产厂房和相当的研发区域应设置机械通风,应按整个生产区面积计算,每平方英尺面积的通风量应不小于 1 立方英尺/min(折合每平方米面积 $18.3m^3/h$),据此,本条作出了使用有毒有害物质的房间排风量应满足最小通风量每小时 6 次的规定。

10.2.5 硅集成电路芯片厂房在生产过程中使用酸碱、溶剂等化学品和特种气体,一些气体和化学品属于易燃、易爆、有毒有害物质,设置备用排风机目的是提高排风系统的可靠性,当一台排风机发生故障时,其余排风机仍能够提供足够的排风量,满足工艺设备正常排风需求。工艺排风系统设置不间断电源的意图是保持工艺排风系统运行,当芯片厂房发生电源故障时,大多数工艺设备停止运行,有害物释放量减少,为保证工艺设备和人员安全,排除工艺设备内残余有害物质,建议至少维持正常排风量的 50%。美国防火协会标准《净化间防护标准》NFPA 318 第 3.5.2 条也规定应急电源应维持不小于 50%容量的排风系统运行,排风浓度可维持在安全范围内。

10.2.6 集成电路产品种类很多,产品不同,生产工艺也不同,加工设备的利用率也不同,不同种类的工艺排风量也是变化的。同时,随着加工技术的进步和设备升级,不同种类的工艺排风量也会

变化,因此,芯片厂房工艺排风系统宜设置变频调节系统,根据工艺设备对排风的要求调节工艺排风系统的运行状态,也起到了节能效果。

10.2.7、10.2.8 芯片厂房在生产过程中使用酸、碱、溶剂等化学品和特种气体,属于具有腐蚀性、易燃、易爆、毒性物质,工艺排风系统起到了有效捕集有害物,阻止有害物向厂房内扩散,通过排风管道输送到处理设备,处理达标后排放至室外。如果在工艺排风管道上安装防火阀,防火阀关闭,将会造成排风中斷,工艺设备释放的有害物就会扩散到室内,造成洁净室内环境污染和人员伤害,因此,芯片厂房工艺排风管道上不应安装防火阀。由于工艺排风中具有腐蚀性、易燃、易爆、毒性物质,防火分区是被动式防火措施,如果工艺排风管道穿越防火分区的防火墙,容易造成火灾穿过防火墙扩散到另一个防火分区,因此,工艺排风管道不应穿越防火分区的防火墙。工艺排风管道穿越有耐火时限要求的建筑构件处,采用必要的防火构造可以阻止火灾从一个房间蔓延到另一个房间。

10.2.9 工艺排风中具有腐蚀性、易燃、易爆、毒性物质,发生火灾的潜在危险大。因此,工艺排风管道应采用不燃材料。

10.2.11 即使在火灾时,工艺排风系统仍有必要保持运行,不可能切断各排风管路。如果采用工艺排风系统兼作排烟系统,工艺设备排风量将会减少,增加了有害物扩散到室内的可能性,同时,也无法保证所需要的排烟量,影响到排烟效果。高温排烟与工艺排风混合,也增加了产生火灾、爆炸危险性。因此,芯片厂房洁净区的工艺排风系统不应兼作排烟系统使用。

10.3 纯 水

10.3.1 芯片生产过程中需大量使用超纯水作为清洗用水。我国水资源短缺、淡水资源总量约每年 26200 亿 m^3 ,人均占有量为每年 2392 m^3 ,为世界人均占有量的 1/4,名列第 110 位,由于各地区处于不同的水文带及受季风气候影响,水资源与土地、矿产资源分

布和工业用水结构不相适应。水污染严重,水质型缺水更加剧了水资源的短缺。高速扩张的产能和日益匮乏的水资源的尖锐对立,如何合理的制水、用水并综合利用水资源是硅集成电路芯片工厂纯水系统设计的基础。纯水制备系统需根据生产工艺的要求合理制定制备系统规模和供水水质。超纯水制备可利用水源,包括自来水以外的再生水、甚至废水处理站处理后的水,体现面对水资源匮乏,设计中不能只考虑自来水,而忽略其他水源。

10.3.3 实践证明采用循环供水方式是行之有效的。主要是基于保证输水管道内的流速和尽量减少不循环段的死水区,以减少纯水在管道内的停留时间,减少管道材料微量溶出物(即使目前质量最好的管道也会有微量溶出物)对超纯水水质的影响,同时,较高的流速还可以防止细菌微生物的滋生。

10.3.6 纯水系统管材的选择方面,主要应考虑三方面的因素:

材料的化学稳定性:纯水是一种极好的溶剂,为了保证在输送过程中纯水水质下降最小,必须选择化学稳定性极好的管材,也就是在所要求的纯水水中的溶出物最小。溶出物的多少应由材料的溶出试验确定,其中包括金属离子、有机物的溶出等。

管道内壁的光洁度:若管道内壁有微小的凹凸,会造成微粒的沉积和微生物的繁殖,导致微粒和细菌两项指标的不合格。目前聚偏氟乙烯(PVDF)管道内壁粗糙度可达小于 1 μm 的水平,而不锈钢管约为几十微米。

管道及管件接头处的平整度对于防止产生流水的涡流区是非常重要的。

10.3.8、10.3.9 纯水作为清洗用水经过工艺生产设备使用后,应尽可能做到“清污分流”,选择收集低污染度的清洗废水作为纯水制备的原水或其他次级用水的原水,促进水的循环利用和重复使用,实现高效率的一水多用,是实现纯水系统和全厂高回用率的关键所在。用后纯水的重复利用,既要达到高的回用率,同时也必须保证工艺设备的用水安全,因此确定回收水水质对纯水系统设计

影响很大。回收水水质必须根据回收系统的处理工艺和处理能力来确定。在设计初期必须结合目前成熟可靠的工程技术和经济条件,做好相关的技术评估工作,既要确定可供安全回收的回收水水质,也必须考虑到回收水水质变化对纯水系统的影响和冲击。根据国内硅集成电路芯片工厂运行经验以及国外同类工厂的技术水平,6英寸硅集成电路芯片工厂的工艺废水的回用率不应低于50%,8英寸~12英寸硅集成电路芯片工厂的工艺废水的回用率不应低于75%。

10.4 废 水

10.4.1 硅集成电路芯片生产废水通常包括可回用废水、含氟废水、化学机械抛光废水、一般酸碱废水、高浓度含氨废水等。分类收集既是提高废水处理效率的需要,也是提高全厂水系统回用率的需要。

10.4.3 硅集成电路芯片生产排放的废水,其水质和水量在一天24h内均存在波动。水量、水质波动越大,过程参数越难以控制,处理效果越不稳定。因此为了保证废水处理系统的平稳运行,设计大小合适的调节池对废水进行均质均量的调整是非常重要的。同时,合理地设计调节池,对后续处理设施的处理能力、基建投资、运转费用等均有较大影响。

10.4.5 硅集成电路芯片生产废水种类较多,且污染物特性各不相同,如何处置脱水后的泥饼直接影响废水和污泥系统的分类和处置技术。

目前国内较为成熟的污泥脱水设备有压滤机和离心脱水机等。脱水设备的选择应充分考虑污泥的脱水性质和脱水要求,结合设备的供货情况经技术经济比较后确定。污泥脱水性质的指标有比阻、黏滞度、粒度等。脱水要求通常是指泥饼的含水率。

10.4.6 进入脱水设备的污泥含水率直接影响泥饼的产率。在一定条件下,泥饼的产率与进入脱水设备的污泥含水率成反比关系,

因此当污泥含水率大于98%时,应该考虑适当的浓缩处理以降低其含水率。

10.4.7 硅集成电路芯片生产废水处理后生成的污泥需要根据其是否是危险废物分别进行外运处置。外运的频度往往取决于委外处置厂商的处理能力和外运条件,所以废水处理站通常都需要考虑污泥暂存的污泥料仓或堆场。

10.4.9 硅集成电路芯片工厂要达到高效用水通常采取两种途径:循环使用和回收利用。循环使用通常在生产工艺设备的设计制造过程中加以考虑,而回收利用则是水系统工程师必须要考虑的问题。如何保证不同水质和水量的用后纯水有效回收和利用,离不开对全厂用水系统的水量平衡。水量平衡是指在一个确定的用水系统内,输入水量之和等于输出水量之和。硅集成电路芯片工厂的水量平衡是以硅集成电路芯片生产为主要考核对象,通过对各用水系统的用水水质和消耗水量的分析,根据水量的平衡关系分析用水的合理程度。

10.5 工艺循环冷却水

10.5.1 工艺循环冷却水系统是硅集成电路芯片生产的重要生产支持系统,工艺循环冷却水系统循环水量大,运行能耗高,如何根据工艺生产设备需求合理设计工艺循环冷却水系统是该系统能否正常运行的关键,所以工艺循环冷却水系统的设计应充分考虑工艺生产设备对水温、水压和水质的需求,经技术经济比较后合理设置。

10.5.2 工艺循环冷却水系统的实际使用负荷往往随着生产设备的实际运行而变化波动,为了满足水压、水量的要求,工艺循环冷却水系统的加压水泵通常都按变频恒压变流量的模式运行。设置备用泵是考虑工艺循环冷却水系统的运行安全。

10.5.4、10.5.5 工艺循环冷却水系统过滤器和换热器设置备用是根据工艺循环冷却水系统的重要性和运行安全考虑。

10.5.7 本条规定了工艺循环冷却水系统输送管路设置的常规

要求。

10.5.8 水质对工艺循环冷却水系统非常重要,它不仅关系到系统本身的运行安全和稳定,也直接关系到与冷却水直接接触的工艺生产设备的运行安全和稳定。因此水质稳定装置的合理选择和设置必须充分考虑工艺循环冷却水系统的形式、系统中各设备和管道材料的材质以及工艺生产设备过水部分的材质,并结合防腐、阻垢和灭菌的需要。

10.6 大宗气体

10.6.1 大宗气体供应系统宜在工厂内或邻近处设置制气装置是为了便于输送,外购液态气储罐或瓶装气体是目前许多工厂的实际状况。

10.6.2 硅集成电路芯片工厂用大宗气体包括氮气、氢气、氧气、氩气、氦气五种气体,本条对大宗气体的使用作了一般规定。考虑到大宗气体系统在工程完工、检修后要对系统进行吹扫,同时考虑氢气、氧气的气体特性,规定氢气、氧气管道的终端或最高点应设置放散管,放散管应引至室外并高出建筑的屋脊 1m,氢气放散管道上应设置阻火器。

10.6.3 气体纯化装置是保证气体品质的重要设备,气体气源参数和使用参数是确定纯化装置的重要数据;同时纯化装置的布置既要考虑气体的特性,又要便于操作,所以,规定气体依据性质布置在一个或几个房间内。但是,氢气纯化器因为氢气的爆炸特性应布置在独立的房间内;终端纯化器靠近工艺设备是为了保证气体的品质。

10.6.4 为防止由于管道及阀门附件的油脂与管内氧气因管道静电导致的燃烧,规定氧气管道及阀门附件应经严格的脱脂处理;氧气管道应设置静电泄放的接地设施是为了防止静电产生,设置自动切断阀是安全设计的要求。

10.6.5 大宗气体管道和阀门的选择与工艺对气体品质的要求

关联度较大,因此规定根据气体的纯度确定管道材料和阀门类型,同时规定气体管道阀门、附件的材质宜与相连接的管道材质一致。

10.6.6 根据大宗气体的性质,规定管道连接除与设备或阀门连接采用卡套连接或阀门连接外,管道连接应采用焊接,考虑大宗气体管道的高纯性质,规定当采用软管连接时,应采用金属软管。

10.7 干燥压缩空气

10.7.1 干燥压缩空气系统的设计必须考虑供气量、供气品质和压缩空气系统的损耗,从产品的工艺要求考虑,硅集成电路芯片工厂应该选用无油润滑空气压缩机。

10.7.3 工程实践表明,当干燥压缩空气输送露点低于 -76°C 时,采用内壁电抛光不锈钢管;当干燥压缩空气输送露点低于 -40°C 时,采用不锈钢管或镀锌碳钢管是较为经济合理的选择。

10.7.4 工程实践表明,干燥压缩空气输送露点低于 -40°C 时,用于管道连接的密封材料宜选用金属垫片或聚四氟乙烯垫片。

10.9 特种气体

10.9.3 从安全的角度考虑,规定自燃性、可燃性、毒性、腐蚀性气瓶柜设置在具有连续机械排风的特种气体柜中,规定排风机、泄漏报警、自动切断阀设置应急电源是为了防止在电源故障时,保证系统与操作人员的安全。

多路阀门箱的设计是为了把泄漏点放置在封闭的装置内,防止外泄且便于操作。

10.9.4 特种气体分配系统吹扫盘设置,应设置应急切断装置,过流量控制装置,设置手动隔离阀是工艺运行与安全的考虑;为防止特种气体的本质气体在吹扫系统运行故障时污染大宗气体系统及不相容特种气体混合后发生化学事故,规定吹扫气源不应使用工厂大宗气体系统,不相容特种气体的吹扫盘不得共用

同一吹扫盘。

10.10 化 学 品

10.10.1~10.10.3 硅集成电路芯片工厂的化学品的用量及物理化学特性与其储存及输送方式是相关的,如大宗化学品一般会在独立的建(构)筑物中存放,而硅集成电路芯片工厂的许多化学品往往放置在主生产厂房的一楼靠外墙的位置。考虑化学品的易燃、腐蚀、毒性的特点,为防止化学品使用不当造成的人身与生产事故,条文规定其储存应符合现行国家标准《化学品分类和危险性公示 通则》GB 13690 的规定。设计相应的安全保护措施也是为了保护人身安全,一旦发生事故,也可以将事故损失降至最低。

10.10.4 洁净厂房化学品储存间设置的规定既是安全的需要,也是技术的需要。

1 对所有工程上使用的易燃易爆物质在储存、分配间设计的通用规定,都与现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定一致,靠外墙是为了有足够的泄爆面积。

2 规定危险化学品储存区域(间)和分配区(间)不得设置人员密集房间(如办公区等)和疏散走廊的上方、下方或贴邻,是为了化学品一旦发生事故,工厂能将事故对人身损失降到最低。

3 规定化学品储存、分配间应设置机械排风,机械排风系统应提供紧急电源;这是为了泄漏化学品在室内的聚集事故造成工厂财产损失和人员伤害,是一种防止化学品泄漏措施失灵后的补救措施。

10.10.5 集中分配间通过管道输送化学品时:

1 规定输送系统设备、管道化学稳定性应与所输送的化学品性质相容,是说明化学品输送设备与管道性质应该与化学品的性质相容;

2 本款规定是为了防止泄漏化学品排放不达标造成对环境的破坏;

3 本款规定化学品设备应设置液位监控和自动关闭装置,并应设置溢流应对设施,是为了防止化学品操作失误而酿成事故,保护生产环境和人身安全;

4 本款规定是因为有机溶剂属于易燃易爆物质,其分配间设置相应的泄漏浓度报警探头,并应与紧急排风系统连锁是为了防止事故扩大,保护生命安全与工厂财产;

5 输送易燃、易爆化学品的管道,应设置静电泄放的接地设施,是为了防止易燃易爆化学品产生火灾或爆炸事故,防止腐蚀性化学品泄漏后对地面的损害;

6 本款规定是为了在易燃、易爆、腐蚀性等危险性化学品或工厂其他设备发生事故时,能够将其紧急切断,防止事故扩大化。

10.10.6 危险化学品的储存、分配间应设置废液收集系统是为了将化学品废液集中收集与处置,这既是环境保护的需要,也是生产的需要;物理化学特性不相容的化学品,不得排入同一种废液收集系统,是为了防止不当的化学品收集手段造成事故发生。

10.10.7 液态危险化学品的储存、分配间设置溢出保护设施是考虑安全的需要。

1 本款规定防护堤有效容积大于最大储罐的容积是为了一旦发生泄漏,且补救不及时,也会将化学品控制在其设计的防护堤内,不至于造成事故蔓延;

2 规定两种化学品混合将引起化学反应的不同化学品储罐或罐组之间,应设置防护隔堤,是为了防止不相容化学品泄漏造成次生事故的发生;

3 规定危险化学品储存、分配间应设置液体泄漏报警是为了在化学品泄漏时提醒工作人员及时进行处理、废液收集系统设置是为了将化学品废液集中收集与处理,是环境保护的需要。

10.10.8 化学品的储存间和分配间设置紧急淋浴器是为了在化学品事故伤及工作人员时,能够在现场进行自我救援,赢得宝贵的抢救时间,将事故减少到最小。

具体设置可参考 ANSI(American National Standards Institute)Z358.1。

1 紧急淋浴器应位于从危害物操作区步行 10s 可到达或者小于 20m 的范围内,或者危害物操作区周围 20m 的半径之内;

2 紧急淋浴器应和危害物操作区位于同一平面内,两者之间不能通过楼梯或斜面连接;

3 通往紧急淋浴器的通道应保持通畅,尽量没有转弯,不能有障碍物阻挡。

10.10.9 化学品系统管路、阀门材质的选用主要是考虑与其输送介质的良好相容性能。

1 化学品与其接触的管道材料的性能必须是相容的。

2 规定化学品输送管路系统,对多台生产设备供应同一种化学品时,应设置分配阀箱,是为了管理和操作方便;设置泄漏检测报警系统,是安全生产的考虑。

11 空间管理

11.0.1 硅集成电路芯片工厂室外管线通常包括冷热水管、蒸汽、大宗气体等。根据管线的特性及当地的自然条件,可采用架空敷设、埋地或管沟敷设等方式,在目前大多数的集成电路芯片工厂都采用在公共管桥上架空敷设方式。主要是基于成本和维护管理以及今后扩展的便利性方面的考虑。

11.0.3~11.0.6 上技术夹层不宜敷设水管及其他液体输送管道,主要为避免管道漏损后,对下方的净化间及工艺设备造成较大的损失。在上技术夹层确定管道敷设时,首先考虑 FFU 自身的高度以及吸入空气所需的空間。此高度上再考虑排风管道以及大宗气体及特种气体等管道高度。由于上技术夹层通常为金属壁板,承载有限,同时各种吊架较多,如果没有专门的检修通道,日常巡检和维护会较为困难。

11.0.7 目前产能较大的 6 英寸、8 英寸及 12 英寸硅集成电路芯片工厂由于生产辅助设备布置在下技术夹层,主要管线也布置在下技术夹层。在下技术夹层的空間管理中首先考虑辅助设备搬运和操作的高度范围,之上按高度分别划分为主管、支管以及二次配管和消防喷淋管道的范围,在设计中可以遵循此原则来规划各系统的管线走向和标高。

11.0.8 硅集成电路芯片厂房内的管道种类繁多,十分密集,如各自独立设置的吊杆和支架,会造成空間吊杆密集,严重影响管道的通行。因此在主要管道通行的区域,宜集中布置公共管架,支、吊架水平间距应根据所有管线最小间距及材料成本统一考虑。

12 · 环境安全卫生

12.0.1 硅集成电路行业发展十分迅速,特别在美国、日本、韩国、台湾等国家和地区,在硅集成电路芯片工厂的规模和技术上都处于领先地位,而且有数十年的经验,对于环境安全卫生方面的法律更加严格和完善,因此在设计中参考行业国际安全标准,可促进工厂运行过程中的保障措施更加完善。相关国际标准包括美国防火协会标准 NFPA、国际半导体设备与材料协会标准 SEMI、美国工厂联合保险协会标准 FM 等。

12.0.3 紧急应变中心应同时兼具消防系统、气体侦测系统、广播系统、门禁系统、闭路电视系统等紧急应变相关系统的监视与操作功能,相关系统报警后在紧急应变同时应有声光报警显示;应配备完整的紧急应变设施,包括消防系统的应急手动操作设备、便携式气体浓度侦测设备、紧急应变救灾设备、医疗救助设备等;应有直接通向生产厂房及安全出口的通道;应有备用的第二紧急应变中心,且应与日常使用的紧急应变中心分别在不同的建筑物内设置。

S/N:1580177·963



统一书号: 1580177·963

定 价: 18.00元