

MOS 集成电路工艺规范

上海元件五厂 上海半导体研究所



上海科学技术文献出版社

是完全相容的。

书中还提供了几种配制腐蚀剂的规范。这些腐蚀剂是工艺所要求并经常使用的。此外,还包括另一种程式规范,这种规范用于监控栅氧化炉的沾污情况。虽然这个程式特别讲明是监控栅氧化的,并且其监控晶片又来自各个栅氧化规范,但并不局限于栅氧化。它能用于工艺过程中的任何氧化和再氧化工序,而事实上应当是,假如在制好的成品中发现沾污水平超过容许的限度,而栅氧化又是清洁的话,就从中找到了沾污的来源。

虽然本卷详细地给出了工艺程式,但在许多情况下,为了适应设备,还需要“精细调整”生产工艺。例如扩散炉气体流量值得注意。甚至在同一个制造场所,使用类似的设备,在执行相同任务的两个炉子之间,也往往需要有稍微不同的流量。其它工序也类似地需要适应它们各自的特殊环境。

在有特殊要求的地方,也可以修改这些工艺。例如,以 N-沟硅栅工艺代替金属栅工艺会更令人满意。虽然这样的修改不是典型的,但 P-沟硅栅工艺的原理能够容易地应用于 N-沟工艺。同样,如果需要比较简单的 P-沟工艺,也很容易利用 N-沟金属栅工艺的基本概念得到 P-沟金属栅工艺。

每种工艺都有设计规则,以便利用这些工艺来帮助进行电路布设。所列的电参数是本工艺在过去的应用中得到的,这些电参数应当作为工艺准备的一个目标。在生产实践中得到的实际数值,应当用作以后进行设计的实际数值。

本手册由上海元件五厂黄汉祥、徐元龙、王福奎、朱介炎,上海半导体器件研究所苏明哲、高融、黄提多、王琦、周绍杰等同志翻译,由王儒全同志校核。对原书中一些明显的技术错误,在译校中已作了改正。同时根据我国的具体情况,对一些专业性名词术语,在“译后注”中给予说明。限于译编者水平,如有不妥之处,请读者批评指出。

编 者

一九七九年五月

序 言

本书叙述了几种 MOS 工艺,并以详细的技术规范形式提供了这几种工艺的说明。这些技术规范无须修正或很少修正就可应用到生产实践中去。在大多数情况下,这些工艺程式是为手控设备设计的,在使用自动设备时则会更好,而且操作也更简单。

主要的工艺设备可以认为是相同的。有关设备及其制造厂商的详细说明,可在这套书的第一卷中查到。

本卷叙述的第一种 MOS 工艺是 P-沟硅栅生产工艺。它适用于产量大的标准产品的生产,例如计算器, P-沟随机存取存储器以及许多常用的 P-沟电路。

第二种 MOS 工艺是高掺杂离子注入金属栅互补 MOS 工艺。不选硅栅而选金属栅是为了减少工艺的复杂性和使生产过程比较简单。这种工艺适合于对低功耗是特别重要的那些应用,例如电子手表。也可应用在把备用功耗低视为重要考虑因素的自动化方面。此外,还可以用于空间技术系统。

第三种工艺是离子注入金属栅 N-沟 MOS 工艺。这种工艺正广泛地应用于微处理机、高功能的 ROM 和 RAM。它包括高性能的耗尽型和增强型晶体管。由于 N-沟器件的固有性能比相应的 P-沟器件优越,所以,最新的常规设计正在采用 N-沟工艺。这种工艺的另一个优点是信号电平和电源电压与 TTL 电路

通用工艺规范

产品类别：MOS

工艺名称：通用工艺规范

通用工艺名称	通用工艺规范编号
氧化层厚度的测量	GS-118010
4:1氟化铵-氢氟酸(NH ₄ F-HF)腐蚀液配制规范	GS-118020
铝腐蚀液的配制规范	GS-118030
栅氧化炉的监控程序	GS-118040
设备和工作场所的清洁管理	GS-118050

工艺名称：氧化层厚度的测量

工艺规范编号

GS-118010

工艺概要(最基本的规范)

1. 上蜡。
2. 腐蚀氧化层——氢氟酸。
3. 清洗和干燥。
4. 去蜡。
5. 测量氧化层厚度。
6. 记录氧化层厚度。

注意：氧化监控晶片在去除氧化层后还可反复使用，即再一次

• | •

氧化。

1.0 工艺说明

1.1 氧化层厚度的测量是把监控晶片的部分表面上的氧化层腐蚀掉,在显微镜下数干涉条纹,再对照氧化层的颜色厚度对照表来确定氧化层的厚度。

2.0 设备

2.1 物镜为 20 倍、目镜为 15 倍的显微镜。

2.2 盛酸器(有出口)。

2.3 溶剂贮存器(有出口)。

2.4 电炉^[1]。

2.5 聚四氟乙烯硅片舟。

2.6 聚四氟乙烯烧杯。

2.7 聚乙烯注射筒。

2.8 多级清洗器(三级)。

2.9 氮气吹气嘴。

2.10 镊子。

2.11 橡皮手套。

2.12 防护眼镜。

2.13 氧化层厚度对照表。

3.0 材料

3.1 氧化后待测监控晶片。

3.2 浓氢氟酸(49%氢氟酸)。

3.3 三氯乙烯。

3.4 真空黑胶(即阿皮松黑胶或黑蜡^[2])。

3.5 去离子水。

3.6 干氮。

4.0 安全注意事项

- 4.1 在配制和使用化学药品时应始终使用橡皮手套, 塑料围裙, 脸和眼睛的防护罩。
- 4.2 勿使酸和溶剂混和。
- 4.3 不能把溶剂倒入贮酸器中。
- 4.4 把使用后的溶剂保存在溶剂贮存器中或安全罐中。
- 4.5 把酸倒入贮酸器中时应用大量的自来水或去离子水稀释。
- 5.0 上蜡(即涂黑胶)
 - 5.1 用镊子把片子以正面朝上放在电热板上加热。
 - 5.2 在硅片表面上加一些真空黑胶, 当加热时胶就熔化。
 - 5.3 从电热板上拿下硅片冷却。
- 6.0 腐蚀氧化层
 - 6.1 把足量的浓氢氟酸倒入聚四氟乙烯烧杯中。
 - 6.2 把片子放入聚四氟乙烯腐蚀舟中, 随后浸入氢氟酸中腐蚀直到硅片表面不沾水。
- 7.0 冲洗和干燥
 - 7.1 把硅片和舟放到去离子水多级清洗器中清洗:
 - 最低级——5 分钟(至少),
 - 中间级——5 分钟(至少),
 - 最高级——10 分钟(至少)。
 - 7.2 用氮气吹嘴把硅片吹干。
- 8.0 去蜡
 - 8.1 用三氯乙烯(TCE)把蜡去除干净
 - 8.1.1 把三氯乙烯喷射到硅片表面直至表面上的蜡完全去除为止。
 - 8.2 用氮气吹嘴把硅片吹干。
- 9.0 氧化层厚度的测量

- 9.1 把片子放在显微镜下。
- 9.2 开亮显微镜照明。
- 9.3 把显微镜聚焦在余留在片子上的氧化层边缘。
- 9.4 观察一组明暗交替的线条,即干涉条纹。
- 9.5 数出暗条数目。
- 9.6 观察氧化层顶部表面的氧化层颜色。
- 9.7 使用对照表,根据氧化层顶部的颜色和暗线条数决定出氧化层的厚度。
- 10.0 把读出的氧化层厚度记录在转移单上

氧化层厚度颜色对照表

颜 色	厚度(埃)	颜 色	厚度(埃)
白	0	黄绿	1870
黄褐	280	黄(淡)	1930
棕	560	黄	2000亮线2000
棕(深)	630	白	2050
褐紫	705	黄(金)	2180
褐蓝	845	琥珀色	2230
紫	985	黄橙	2270
紫蓝	1125暗线1000	粉红带褐	2340
蓝	1265	粉红带橙	2380
蓝(中)	1310	橙	2500
蓝(深)	1400	粉红(深)	2605
蓝(淡)	1450	粉红	2750
蓝(很淡)	1690	紫红(深)	3000暗线3000
黄蓝	1750	紫(深)	3100
黄绿(淡)	1810	蓝红(深)	3250
蓝(深)	3300	粉红白	6160
蓝绿(深)	3500	洋红(淡)	6600

(续表)

颜 色	厚度(埃)	颜 色	厚度(埃)
绿黄(淡)	3800	洋红(深)	7000暗线7000
黄(淡)	4000	蓝绿	7500
粉红绿	4200亮线4000	蓝绿(淡)	7750
洋红	4400		亮线8000
洋红蓝	4500	白	8240
洋红紫	4550	琥珀色(淡棕)	8650
紫蓝	4890	洋红(淡)	9000暗线9000
紫(深)	5000暗线5000	琥珀色(很淡)	12000
蓝绿	5230	灰(深)	13000
绿	5500	粉红(很淡)	14300
绿黄	5700	灰(很淡)	16900
绿(淡)	6000亮线6000	灰(中等)	17500

工艺名称：4:1 氟化铵-氢氟酸(NH₄F:HF) 工艺规范编号
118020

腐蚀液配制规范

1.0 工 艺

配制 4:1 氟化铵-氢氟酸腐蚀液。

2.0 目 的

配制腐蚀二氧化硅的 4:1 氟化铵-氢氟酸光刻腐蚀液。

3.0 设 备

- 3.1 1 磅瓶装结晶氟化铵。
- 3.2 浓氢氟酸(49%)。
- 3.3 500 毫升聚乙烯量筒。
- 3.4 2,000 毫升硼硅酸玻璃烧杯。
- 3.5 2,000 毫升带盖的聚乙烯瓶。

3.6 去离子水。

3.7 硼硅酸玻璃^[3]或石英搅棒。

3.8 橡皮手套。

3.9 围裙。

安全事项：在取用氟化铵和氢氟酸时应特别小心，若触及皮肤会强烈灼伤。

4.0 操作步骤

4.1 把 200 毫升的去离子水加入 1 磅装的结晶氟化铵的瓶中，并用力摇动(但要小心)使结晶溶解。

4.2 把氟化铵溶液全部倒入 2,000 毫升的烧杯中。

4.3 在 1 磅装氟化铵瓶中再倒入 200 毫升的去离子水，以保证所有的结晶都被溶解。

4.4 把瓶中溶液全部倒入 2,000 毫升的烧杯中。

4.5 再往 2,000 毫升的烧杯中加 450 毫升的去离子水，用硼硅酸玻璃或石英搅棒搅拌使之混和均匀。

4.6 把烧杯中的液体倒入 2,000 毫升聚乙烯瓶中。

4.7 把 325 毫升的浓氢氟酸(49%)倒入 2,000 毫升的聚乙烯瓶并仔细盖紧。

4.8 充分晃动后贮存备用。

注意：在晃动瓶之前应确保瓶盖盖严。

工艺名称：铝腐蚀液的配制规范

工艺规范编号

GS-118030

1.0 设备

1.1 3 升装硼硅酸玻璃烧杯。

1.2 搅棒。

1.3 干净的 1 加仑装贮藏瓶。

1.4 1 升装硼硅酸玻璃烧杯。

2.0 化学试剂

2.1 浓磷酸(H_3PO_4), MOS 级或等效纯度。

2.2 冰醋酸(CH_3COOH), MOS 级或等效纯度。

2.3 浓硝酸(HNO_3), MOS 级或等效纯度。

2.4 98% 浓硫酸(H_2SO_4), MOS 级或等效纯度。

2.5 Acationox^[4] (水剂)。

2.6 去离子水, 纯度大于 15 兆欧-厘米。

3.0 配制过程

3.1 在 3 升装烧杯中混和下列溶液

200 毫升去离子水,

1,600 毫升磷酸,

100 毫升醋酸,

100 毫升硝酸。

3.2 在 1 升装烧杯中混和下列溶液

150 毫升去离子水,

150 毫升硫酸。

注意: 只能把酸加入水中, 不能反过来操作。

3.3 上两种溶液冷却后把硫酸-水混合液加到第一种混合液中, 再在这混合液中加入半杯 Acationox 并充分混和。

3.4 待冷却后, 把溶液倒入 1 加仑装的瓶中贮藏待用。

4.0 使用方法

4.1 铝腐蚀剂应加热至 $60 \pm 5^\circ\text{C}$ 使用。

4.2 新配的腐蚀剂在使用前应用试验片进行试腐蚀。

4.3 每班应更换铝腐蚀剂两次。

工艺名称: 栅氧化炉的监控程序

工艺规范编号

1.0 设备和材料

1.1 来自栅氧化的监控晶片。

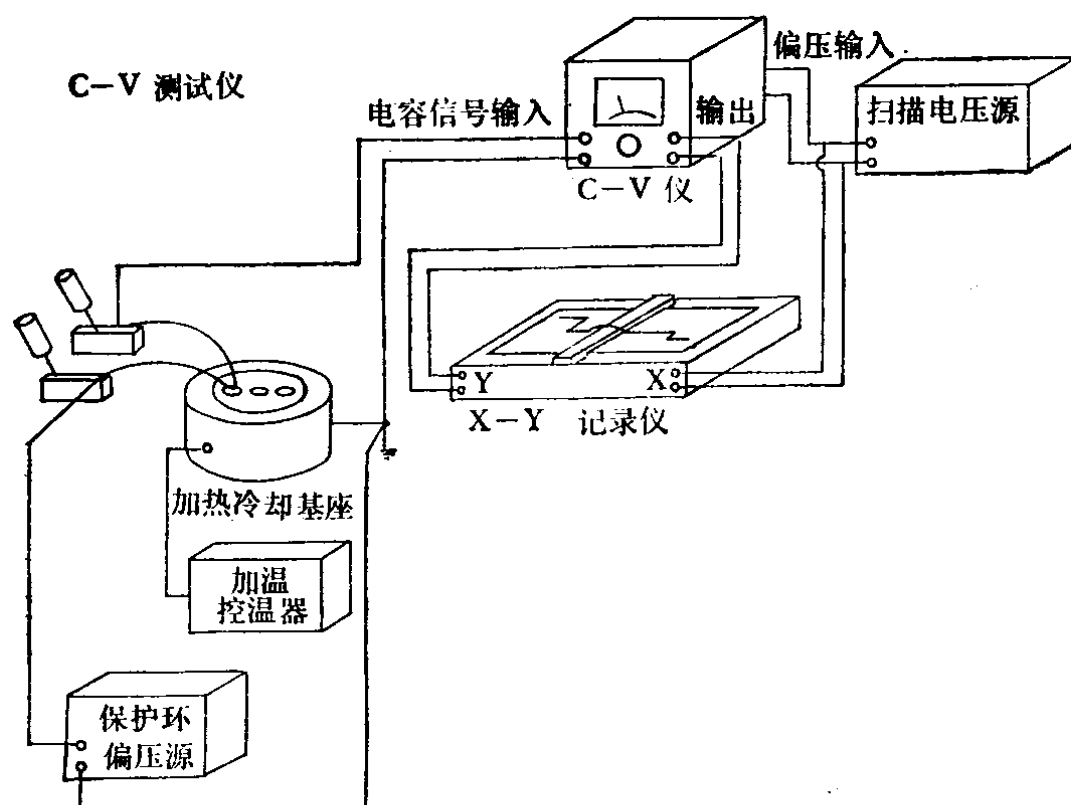
1.2 可以进行漂移测试的、带有加热-冷却基座的 C/V 测试仪。

1.3 电子束铝蒸发器, 见规范 PS-118140。

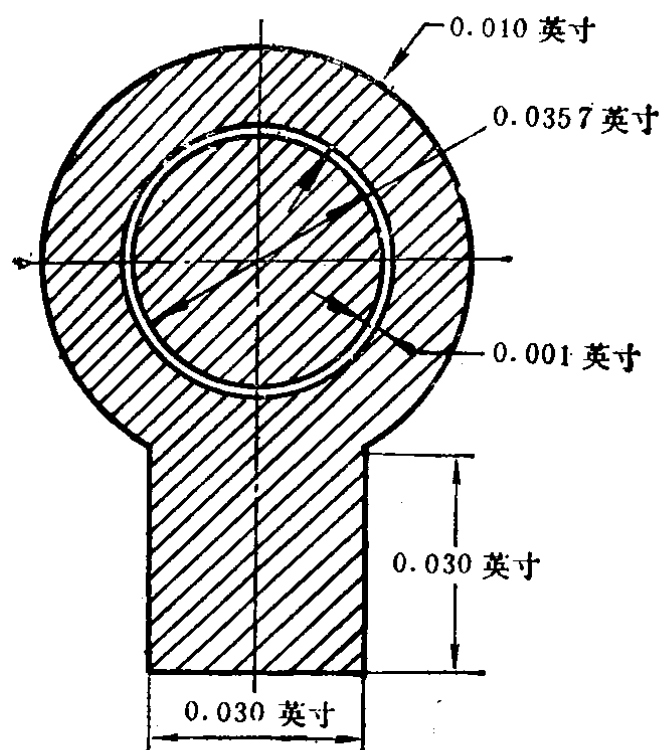
1.4 通以 4 标准立方英尺小时氮的 500°C 铝合金炉, 见规范 PS-118180, PS-118370 和 PS-118660。

1.5 涂胶和腐蚀铝设备, 见规范 PS-118050, PS-118160 和 PS-118170, PS-118230, PS-118240 和 PS-118250 以及 PS-118550, PS-118560 和 PS-118570。

2.0 C/V 测试装置



3.0 推荐作 C/V 监控用的铝图形



3.1 选用上图尺寸的目的是使探针定位容易，计算单位面积电容方便（图为 1000 平方密耳的电容），而且面积足够大，这样在加热过程中若发生探针的移动亦不致于滑到压点的外面去。

3.2 保护环起控制边缘电场效应和使电荷的表面迁移降低到最小程度的作用；保护环应该接地或根据衬底是 P 型或 N 型及测试的内容而加上数伏的正或负偏压，即希望保护环下的区域是积累、耗尽或反型（多数情况下保护环是接地或使得其下面的衬底处于积累）状态。

3.3 适用于本监控测试过程的掩模版是中心距为 0.1 英寸的反刻版。

4.0 操作步骤

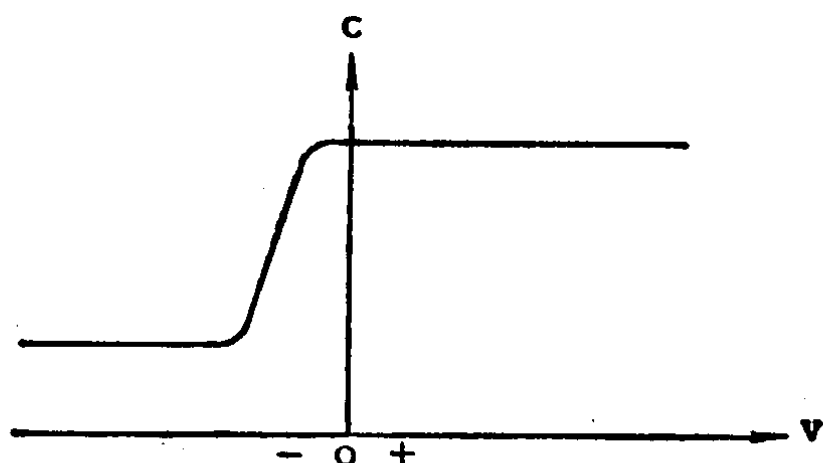
4.1 栅氧化后的监控晶片（可以单独进行；若近期内进行了多批栅氧化的话也可以把监控晶片集中起来进行；或者和标准的片子一起进行监控测试）必须用电子束蒸铝，用

3.0 中画出的版子进行光刻, 然后进行铝腐蚀以及铝膜上的去胶, 再进行铝合金。

4.2 完成了 4.1 步骤后把片子拿到 C/V 测试台上去, 在室温下样片至少测 5 个电容, 电压扫描范围从 $-10 \sim +10$ 伏, 保护环接地。

4.2.1 说明:

对于 P 沟(N 型衬底片子) C/V 曲线形状如下:



4.2.2 所有的曲线彼此几乎重合(在 0.25 伏以内), 若不重合的话说明有水汽漏入炉中, 有钠沾污——这种沾污在以后的测试中也会发现, 或者来自不恰当的清
洁处理和取片子(如直接来自镊子上的)时所造成的其他沾污。

4.2.3 曲线进入耗尽区的
地方应是平滑的“S”曲线(如图
所示), 若在这个区域曲线有较大的偏离或“扭曲”
时, 说明有陷阱, 它可能是因为退火不充分或硅中
有某种缺陷或者氧化层中有金属杂质(非钠)。

4.2.4 若在曲线的“反型”区, 曲线直往下跌, 趋近“零电
容”, 说明电容短路, 应另选一个。短路电容数较
多的话说明来自氧化前清洁处理的沾污显著(非钠)

应引起重视。出现这种情况时，应通知主管人员^[8]并把相应批号的片子做上标记。

4.3 C/V 漂移测试

4.3.1 进行了 4.2 测试后，选一个近中心的电容作漂移测试，把探针触上。

4.3.2 保护环必须接地。

4.3.3 在 X-Y 记录仪的记录纸上换一个地方描绘起始 C/V 曲线，这根曲线样子必须正常，否则另选电容。

4.3.4 把电容加上 + 12 伏的偏压。

4.3.5 把温度控制器调到 250°C，接通电源加热。

4.3.6 当温度控制器指示测试基座的温度到达 250°C 后，置定时钟到 5 分钟，通过显微镜注意探针在加热过程中因热膨胀而滑离电容和保护环。

4.3.7 加热 5 分钟后把控温器开关调到“冷却”位置，于是水便流经测试基座使其冷却到室温。象升温时一样，冷却时也应保证探针不滑离电容。

(注：在冷却过程中因某种原因而断掉电压偏置的话，则此试验无效，应重做)。

4.3.8 不变动 X-Y 记录仪的原点重新描绘 C/V 曲线，并把此曲线标上(+)记号，理想情况下这根曲线与在步骤 4.3.3 做的起始曲线完全重合，但实际上由于氧化层中有钠，所以曲线往负方向移动，曲线的形状是不变的，只不过曲线上标志为“耗尽”的那部分往负移动，移动范围在 - 0.25 伏以内可认为合格，若移动范围大于 - 0.25 伏或整个曲线的形状发生改变，应告诉主管人员以便采取适当的措施(见本规范的第 5.0 节)。

- 4.3.9 在电容上加 -12V 偏压重复步骤 4.3.4 到 4.3.7。
- 4.3.10 如前一样再画 C/V 曲线并标上 $(-)$ 记号, 如果沾污完全由钠引起的话, 则 $(-)$ 曲线将漂移到初始曲线正的一边与 $(+)$ 曲线形成对称(然而如果开始时钠是在铝中的话, 则曲线只回到初始曲线位置)。如果 $(-)$ 曲线漂移得比 $(+)$ 曲线更负的话, 说明有陷阱存在, 应报告主管人员采取适当措施。

5.0 改进措施

5.1 如果漂移范围是: $0.25\text{ 伏} < \Delta\text{CV} < 1.0\text{ 伏}$

- 5.1.1 气体供应系统若不备有通氯化氢和水汽(或 H_2) 装置的话, 应做步骤 5.1.2 到 5.1.5, 否则可直接做 5.1.7。
- 5.1.2 用玻璃接头把炉子的供氧系统和水汽发生器连接。
- 5.1.3 往水汽发生器中注入 250 毫升的浓盐酸(电子级, 无钠或 MOS 级)和 500 毫升的去离子水。
- 5.1.4 调节温度控制器使水汽发生器加热到 98°C 。
- 5.1.5 把空的栅氧化舟推入到炉子内的恒温区^[6]。
- 5.1.6 接通通水汽的阀门。
- 5.1.7 使炉管通盐酸-水汽 4 小时(至少)。
- 5.1.8 取出氧化舟, 把供氧系统复原。

5.2 若漂移 $\Delta\text{CV} > 1.0\text{ 伏}$

- 5.2.1 拉出栅氧化炉管, 用 1:1 氢氟酸-水($\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$) 腐蚀清洗, 再用去离子水彻底冲干净后干燥。
- 5.2.2 用 1:1 氢氟酸-水腐蚀栅氧化舟, 彻底冲干净, 并干燥之。
- 5.2.3 做步骤 5.1.1 到 5.1.8。

5.3 如果曲线“打结”, 单边漂移或 C/V 曲线出现其他的反常

- 现象或者 5.1 及 5.2 不解决问题时，
- 5.3.1 首先做 5.2。
 - 5.3.2 用新鲜的监控晶片做栅氧化后重复全部监控测试。
 - 5.3.3 应怀疑铝蒸发台——彻底清洗蒸发台，更换电子束坩埚。
 - 5.3.4 怀疑铝退火不充分：清洗退火炉管，测定炉子的温度曲线以确定正确的退火温度。

工艺名称：设备和工作场所的清洁管理

工艺规范编号
GS-118050

1.0 说明

本规范将概述保持工作场所尽可能清洁的方法。

2.0 目的

半导体工业中硅片的清洁度是提高成品率的基本条件。执行本规范中的规定可避免灰尘、油污等沾污硅片表面。

3.0 设备

- 3.1 层流空气净化台。
- 3.2 硅片腐蚀柜。
- 3.3 扩散炉。
- 3.4 橡皮手套。
- 3.5 玻璃或塑料安全防护眼镜。
- 3.6 塑料围裙。
- 3.7 工作台。
- 3.8 塑料唧筒。
- 3.9 不锈钢镊子。

4.0 材料

- 4.1 揩布。