

洁净室准备

实验简介

对于大规模集成电路的生产，污染会对器件工艺生产、器件性能和器件的可靠性产生重大影响。污染还会改变器件的尺寸，改变表面的洁净度，并且造成有凹痕的表面。在晶片生产的过程中，有一系列的质量检验和检测，它们是为检测出被污染的晶片而特殊设计的。高度的污染使得仅有少量的晶片能够完成全工艺过程，从而导致成本升高。

由于特征图形尺寸越来越小，膜层越来越薄，所允许存在的微粒尺寸也必须被控制在更小的尺度上。目前，大规模的复杂的洁净室辅助工业已经形成，洁净室技术也与芯片的设计及线宽技术同步发展。通过不断地解决在各个芯片技术时代所存在的污染问题，这一工业自身也得到了发展。

实验原理

1. 洁净室

为了保护晶片在生产的过程中免于污染和外来伤害，所有半导体制程设备，都必须安置在隔绝粉尘进入的密闭空间中，这就是洁净室的来由。洁净室的洁净等级，有一个公认的标准，以 class10 为例，意味在单位立方英尺的洁净室空间内，平均只有粒径 0.5 微米以上的粉尘 10 粒。所以 class 后头数字越小，洁净度越佳，当然其造价也越昂贵。

为营造洁净室的环境，需要专业的建造厂家，其相关的技术与使用管理办法如下：

1) 内部要保持大于大气压的环境，以确保粉尘只出不进。所以需要大型鼓风机，将经滤网的空气源源不绝地打入洁净室中。

2) 为保持温度与湿度的恒定，大型空调设备须搭配于前述鼓风加压系统中，鼓风机加压多久，冷气空调也开多久。

3) 所有气流方向均以由上往下为主，室内空间设计或机台摆放调配应尽量减少突兀，使粉尘在洁净室内回旋停滞的机会与时间减至最低程度。

4) 所有建材均尽可能选用不易产生静电吸附的材质。

5) 所有人、物进出，都必须经过空气吹浴(air shower)的程序，将表面粉尘先行去除。

6) 人体及衣物上的毛屑是粉尘主要来源，为此务必严格要求进出人员穿戴无尘衣，除了眼睛部位外，均需与外界隔绝接触(在次微米制程技术的工厂内，

工作人员几乎穿戴得像航天员一样)。当然，化妆是在禁绝之内，铅笔等也禁止使用。

7) 除了空气外，水的使用也只能限用去离子水(DI water, de-ionized water)。一则防止水中粉粒污染晶圆，二则防止水中重金属离子，如钾、钠离子污染金氧半(MOS)晶体管结构之带电载子信道(carrier channel)，影响半导体组件的工作特性。去离子水以电阻率(resistivity)来定义好坏，一般要求至 $17.5\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上才算合格；为此需动用多重离子交换树脂、RO 逆渗透、与 UV 紫外线杀菌等重重关卡，才能放心使用。由于去离子水是最佳的溶剂与清洁剂，其在半导体工业之使用量极为惊人。

8) 洁净室所有用得到的气源，包括吹干晶圆及机台空压所需要的，都得使用氮气(98%)，吹干晶圆的氮气甚至要求 99.8% 以上的高纯氮,典型的加工工艺区域的规划如图 2-1 所示。

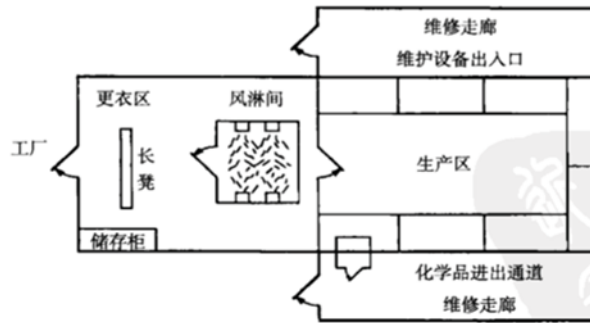


图 2-1 典型的加工工艺区域的规划图

有九种控制外界污染的技术，包括：①粘着地板垫；②更衣区；③空气压力；④空气淋浴器；⑤维修区；⑥双层门进出通道；⑦静电控制；⑧净鞋器；⑨手套清洗器。

1) 粘着地板垫。

在每个洁净室入口处放置一块带有粘性地板垫，它可把鞋底的脏物粘住，并保留下来。在有些洁净室里，整片地板的表面都被处理过，以收集脏物。大多数地板垫都分许多层，当上一层变脏后，可撕掉而露出下一层。

2) 更衣区。

洁净室的重要部分是更衣区或前庭。这个区域是洁净室与厂区的缓冲部位，这个区域通常通过天花板中的 HEPA 过滤器提供空气。在这个区域，工作人员的洁净服存储在贮衣箱内，并且工作人员在此区域换上洁净服。这个区域的洁净度控制应依据不同的洁净室的洁净度而不同。但大多数工厂采用与洁净室相同的要求。此区域利用长凳分为两部分，工作人员在一侧穿上洁净服，而在长凳上穿戴鞋套，这样做的目的是保持长凳与洁净室的区域更干净。一个好的洁净室的管理

程序要求厂区和洁净室之间的门永远不能同时打开，原因是洁净室不能暴露于厂区的污染环境中。洁净室的管理还包括洁净室物品与衣物的管理，包括进入物与禁入物清单，而有些区域还在走廊提供更衣柜，等等。

3) 空气压力。

平衡洁净室、更衣间和厂区之间的压力也是设计中主要的部分。优秀的厂房设计要求三个区域的空气压力要平衡，以达到洁净室的空气压力最高，更衣间次之，而厂区和走廊最低。当洁净室的门打开时，相对的高压可防止空气中的灰尘进入。

4) 空气淋浴器。

洁净室设计的最后部分是在洁净室与更衣间之间建造一个风淋室。洁净室工作人员进入风淋间，高速流动的空气吹掉洁净服外面的颗粒。并且风淋间装有互锁系统，防止前后门同时打开。

5) 维修区。

洁净室实际上是一系列房间，每一间都作为洁净室的维修区域。中央是工艺洁净室，周围是维修区，按照指定的洁净级别维护，一般来讲要求它的洁净级别数高于洁净室。通常维修区域的级别为 1000 或 10000 级，这里包括工艺化学品传输管道、电缆和洁净室物品。主要工艺设备装于墙后的维修区内，面对洁净室，这样可使技术员在洁净室外维护设备，而不必进入洁净室。

6) 双层门进出通道。

维修区还可作为洁净室来贮存物料和供给，它们通过双层进出通道进入洁净室，这可保持洁净室的洁净度。进出通道可以是一个双层门的盒子，或者是供给正压过滤空气，并有防止进出门同时打开的互锁装置。通常进出通道装有 HEPA 过滤器，所有进入洁净室的物品与设备都须在进入前经过净化。

7) 静电控制。

次微米级晶圆集成电路越密，就越容易受到静电吸附到晶圆表面的较小微粒的影响。静电可产生于晶圆、存储盒、工作台表面与设备上。这些物体表面可产生高达 50000 伏的静电电压，它可从空气和工作服中吸附尘埃。这些尘埃会污染到晶圆，而且静电吸附的颗粒很难用标准的刷或湿洗的方法去除。

8) 净鞋器。

在所有的污染控制区，最脏的是地板。在进入洁净室的门口，净鞋器利用旋转的毛刷来去除鞋侧与鞋套的灰尘。一般的净鞋器带有内置的真空系统，用来收集刷落的颗粒，还有收集袋来收集灰尘。

9) 手套清洗器。

在加工区保持手套的洁净也是一个问题。有一种方法是当手套被污染时，应

要求操作员立即废弃手套。但是有些污染无法用肉眼看到，所以操作员何时废弃手套就因人而异。另外也可规定在每次换班时必须换手套，但这就增加了费用。有些加工厂使用手套清洗器，在密闭的空间内清洗并烘干手套。

实验内容

进入洁净室之前的准备流程：

- 1) 洗手、烘干；
- 2) 戴头套；
- 3) 穿净化服；
- 4) 穿净化鞋；
- 5) 戴口罩；
- 6) 戴手套；
- 7) 刷门禁卡；
- 8) 踩过粘性地板垫；
- 9) 进入风淋间，原地展开双臂，转身一周，然后通过风淋间进入洁净室。

实验仪器

洁净服

又叫无菌服，无尘服，净化服。采用专用涤纶长丝，经向或经向、纬向嵌织导电纤维，具有优良的防静电防尘性能，如图 2-2 所示。



图 2-2 洁净服

实验指导

1.选择实验内容

鼠标点击相关实验内容，进入到该实验操作设备前，实验选择界面如图 2-3 所示。



图 2-3 实验选择界面

2.选择实验模式

选择学习模式操作者可以从左侧实验步骤中任意模块进行操作。选择考核模式操作者可以从实际工艺流程往下一步一步操作。在考核模式下记录学生考核的问题及操作步骤分数，选择实验模式界面如图 2-4 所示。



图 2-4 实验模式

3.进洁净室之前的准备流程

1) 洗手。

人走到洗手池边，鼠标点击水龙头区域，进行洗手及自动烘干，如图 2-5 所

示。

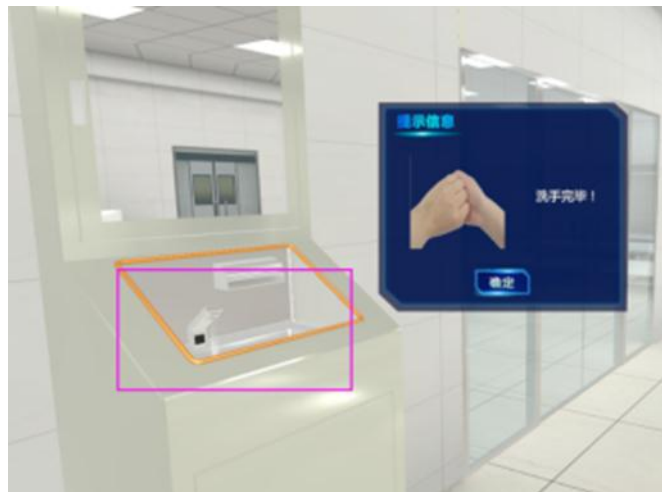


图 2-5 洗手

2) 戴头套。

人物走到头套柜子边上, 鼠标点击头套区域, 弹出戴头套窗口, 点击“确定”, 如图 2-6 所示。



图 2-6 戴头套

3) 穿净化服。

鼠标点击净化服柜子区域的净化服, 弹出穿净化服窗口, 点击“确定”, 如图 2-7 所示。



图 2-7 穿净化服

4) 穿净化鞋。

鼠标点击净化鞋柜子区域的净化鞋，弹出穿净化鞋窗口，点击确定；如图 2-8 所示。



图 2-8 穿净化鞋

5) 戴口罩。

鼠标点击口罩柜子区域的口罩，弹出戴口罩窗口，点击“确定”，如图 2-9 所示。



图 2-9 戴口罩

6) 戴手套。

鼠标点击手套柜子区域的手套，弹出戴手套窗口，点击“确定”，如图 2-10 所示。



图 2-10 戴手套

7) 刷门禁卡。

走过门禁时，弹出门禁刷卡窗口，点击“确定”，门禁门自动打开，如图 2-11 所示。



图 2-11 刷门禁卡

8) 踩过粘性地板垫。

进入门禁门以后，弹出注意脚下粘性地板垫窗口，它可把鞋底的脏物粘住，点击“确定”，如图 2-12 所示。



图 2-12 踩过粘性地板垫

9) 进入风淋间。

进入风淋间，原地展开双臂，转身一周，然后通过风淋间进入洁净室，风淋间如图 2-13 所示。



图 2-13 风淋间

10) 实验操作结束。

请继续进行其他实验项目。退出实验时，保存该实验数据记录，如图 2-14 所示。



图 2-14 实验操作结束

思考题

- 1.描述无尘服的穿戴顺序。
- 2.风淋间的作用是什么？
- 3.洁净室污染的来源有哪些？
- 4.超净间的净化级别是如何定义的?如何实现超净环境？

参考资料

- 1.《微电子制造科学原理与工程技术》，第二版，Stephen A.Campbell 著；
- 2.《芯片制造》，第六版，Peter Van Zant 著；
- 3.《硅集成电路芯片工厂设计规范》，GB50809-2012；
- 4.《半导体制造技术》，Michael Quirk,Julian Serda 著；
- 5.《半导体器件基础》，Robert F.Pierret 著；