

硅片生产工艺

班级:10 光伏

姓名:刘惟星

学号:10366034

CZ 法生长出的单晶硅，用在生产低功率的集成电路元件。而 FZ 法生长出的单晶硅则主要用在高功率的电子元件。CZ 法所以比 FZ 法更普遍被半导体工业采用，主要在于它的高氧含量提供了晶片强化的优点。另外一个原因是 CZ 法比 FZ 法更容易生产出大尺寸的单晶硅棒。

目前国内主要采用 CZ 法

CZ 法主要设备：CZ 生长炉

CZ 法生长炉的组成元件可分成四部分

- (1) 炉体：包括石英坩埚，石墨坩埚，加热及绝热元件，炉壁
- (2) 晶棒及坩埚拉升旋转机构：包括籽晶夹头，吊线及拉升旋转元件
- (3) 气氛压力控制：包括气体流量控制，真空系统及压力控制阀
- (4) 控制系统：包括侦测感应器及电脑控制系统

加工工艺：

加料→熔化→缩颈生长→放肩生长→等径生长→尾部生长

(1) 加料：将多晶硅原料及杂质放入石英坩埚内，杂质的种类依电阻的 N 或 P 型而定。杂质种类有硼，磷，锑，砷。

(2) 熔化：加完多晶硅原料于石英坩埚内后，长晶炉必须关闭并抽成真空后充入高纯氩气使之维持一定压力范围内，然后打开石墨加热器电源，加热至熔化温度（1420℃）以上，将多晶硅原料熔化。

(3) 缩颈生长：当硅熔体的温度稳定之后，将籽晶慢慢浸入硅熔体中。由于籽晶与硅熔体接触时的热应力，会使籽晶产生位错，这些位错必须利用缩颈生长使之消失掉。缩颈生长是将籽晶快速向上提升，使长出的籽晶的直径缩小到一定大小（4-6mm）由于位错线与生长轴成一个交角，只要缩颈够长，位错便能长出晶体表面，产生零位错的晶体。

(4) 放肩生长：长完细颈之后，须降低温度与拉速，使得晶体的直径渐渐增大到所需的大小。

(5) 等径生长：长完细颈和肩部之后，借着拉速与温度的不断调整，可使晶棒直径维持在正负 2mm 之间，这段直径固定的部分即称为等径部分。单晶硅片取自于等径部分。

(6) 尾部生长：在长完等径部分之后，如果立刻将晶棒与液面分开，那么效应力将使得晶棒出现位错与滑移线。于是为了避免此问题的发生，必须将晶棒的直径慢慢缩小，直到成一尖点而与液面分开。这一过程称之为尾部生长。长完的晶棒被升至炉室冷却一段时间后取出，即完成一次生长周期。

单晶硅棒加工成单晶硅抛光硅片

加工流程：

单晶生长→切断→外径滚磨→平边或 V 型槽处理→切片
倒角→研磨 腐蚀→抛光→清洗→包装

切断：目的是切除单晶硅棒的头部、尾部及超出客户规格的部分，将单晶硅棒分段成切片设备可以处理的长度，切取试片测量单晶硅棒的电阻率含氧量。

切断的设备：内园切割机或外园切割机

切断用主要进口材料：刀片

外径磨削：由于单晶硅棒的外径表面并不平整且直径也比最终抛光晶片所规定的直径规格大，通过外径滚磨可以获得较为精确的直径。

外径滚磨的设备：磨床

平边或 V 型槽处理：指方位及指定加工，用以单晶硅棒上的特定结晶方向平边或 V 型。

处理的设备：磨床及 X-RAY 绕射仪。

切片：指将单晶硅棒切成具有精确几何尺寸的薄晶片。

切片的设备：内园切割机或线切割机

倒角：指将切割成的晶片锐利边修整成圆弧形，防止晶片边缘破裂及晶格缺陷产生，增加磊晶层及光阻层的平坦度。

倒角的主要设备：倒角机

研磨：指通过研磨能除去切片和轮磨所造的锯痕及表面损伤层，有效改善单晶硅片的曲度、平坦度与平行度，达到一个抛光过程可以处理的规格。

研磨的设备：研磨机（双面研磨）

主要原料：研磨浆料（主要成份为氧化铝，铬砂，水），滑浮液。

腐蚀：指经切片及研磨等机械加工后，晶片表面受加工应力而形成的损伤层，通常采用化学腐蚀去除。

腐蚀的方式：（A）酸性腐蚀，是最普遍被采用的。酸性腐蚀液由硝酸（HNO₃），氢氟酸（HF），及一些缓冲酸（CH₃COCH，H₃PO₄）组成。

（B）碱性腐蚀，碱性腐蚀液由 KOH 或 NaOH 加纯水组成。

抛光：指单晶硅片表面需要改善微缺陷，从而获得高平坦度晶片的抛光。

抛光的设备：多片式抛光机，单片式抛光机。

抛光的方式：粗抛：主要作用去除损伤层，一般去除量约在 10—20um；

精抛：主要作用改善晶片表面的微粗糙程度，一般去除量 1um 以下

主要原料：抛光液由具有 SiO₂ 的微细悬硅酸胶及 NaOH（或 KOH 或 NH₄OH）组成，分为粗抛浆和精抛浆。

清洗：在单晶硅片加工过程中很多步骤需要用到清洗，这里的清洗主要是抛光后的最终清洗。清洗的目的在于清除晶片表面所有的污染源。

清洗的方式：主要是传统的 RCA 湿式化学洗净技术。

主要原料：H₂SO₄，H₂O₂，HF，NH₄HOH，HCL

导体器件生产中硅片须经严格清洗。微量污染也会导致器件失效。清洗的目的在于清除表面污染杂质，包括有机物和无机物。这些杂质有的以原子状态或离子状态，有的

以薄膜形式或颗粒形式存在于硅片表面。有机污染包括光刻胶、有机溶剂残留物、合成蜡和人接触器件、工具、器皿带来的油脂或纤维。无机污染包括重金属金、铜、铁、铬等，严重影响少数载流子寿命和表面电导；碱金属如钠等，引起严重漏电；颗粒污染包括硅渣、尘埃、细菌、微生物、有机胶体纤维等，会导致各种缺陷。清除污染的方法有物理清洗和化学清洗两种。

分类

物理清洗 物理清洗有三种方法。①刷洗或擦洗:可除去颗粒污染和大多数粘在片子上的薄膜。②高压清洗:是用液体喷射片子表面,喷嘴的压力高达几百个大气压。高压清洗靠喷射作用,片子不易产生划痕和损伤。但高压喷射会产生静电作用,靠调节喷嘴到片子的距离、角度或加入防静电剂加以避免。③超声波清洗:超声波声能传入溶液,靠气蚀作用洗掉片子上的污染。但是,从有图形的片子上除去小于 1 微米颗粒则比较困难。将频率提高到超高频频段,清洗效果更好。

化学清洗 化学清洗是为了除去原子、离子不可见的污染,方法较多,有溶剂萃取、酸洗(硫酸、硝酸、王水、各种混合酸等)和等离子体法等。其中双氧水体系清洗方法效果好,环境污染小。一般方法是将硅片先用成分比为 $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2=5:1$ 或 $4:1$ 的酸性液清洗。清洗液的强氧化性,将有机物分解而除去;用超纯水冲洗后,再用成分比为 $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{NH}_4\text{OH}=5:2:1$ 或 $5:1:1$ 或 $7:2:1$ 的碱性清洗液清洗,由于 H_2O_2 的氧化作用和 NH_4OH 的络合作用,许多金属离子形成稳定的可溶性络合物而溶于水;然后使用成分比为 $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{HCL}=7:2:1$ 或 $5:2:1$ 的酸性清洗液,由于 H_2O_2 的氧化作用和盐酸的溶解,以及氯离子的络合性,许多金属生成溶于水的络离子,从而达到清洗的目的。

放射示踪原子分析和质谱分析表明,采用双氧水体系清洗硅片效果最好,同时所用的全部化学试剂 H_2O_2 、 NH_4OH 、 HCl 能够完全挥发掉。用 H_2SO_4 和 H_2O_2 清洗硅片时,在硅片表面会留下约 2×10^{10} 原子每平方厘米的硫原子,用后一种酸性清洗液时可以完全被清除。用 H_2O_2 体系清洗硅片无残留物,有害性小,也有利于工人健康和环境保护。硅片清洗中用各步清洗液处理后,都要用超纯水彻底冲洗。