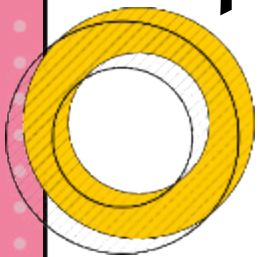


晶圆生成与光刻工



晶圆生成与光刻工艺

目录

1. 晶圆生成

2. 光刻工艺

多晶硅的制备

多晶硅的制备

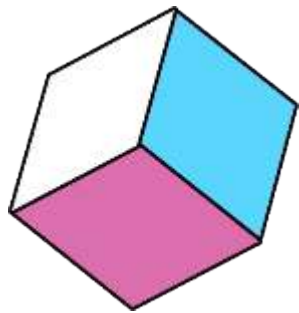
微电子工业使用的硅，是采用地球上最普遍的原料 - - 石英砂（也称硅砂）

石英砂的主要成分是二氧化硅

石英砂通过冶炼得到冶金级硅（ Metallurgical Grade Silicon ， MGSI ）

系列提纯得到电子级硅（ Electronic Grade Silicon ， EGS ） ， 电子级硅

多晶硅



PART 1

1. 冶炼

1. 冶炼



硅的质量分数在
98%~99%，称为冶金
级硅



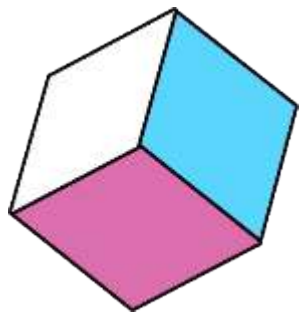
粗硅中主要含有铁、
铝、碳、硼、磷、
铜等杂质

冶炼是将石英砂及
木炭或其他含碳物
质(如煤、焦油等)放
于熔炉加热，发生



冶金级硅也称粗硅
或硅铁





PART 2

2. 提纯

2. 提纯

粗硅的提纯是一系列物理化学过程

因为硅不溶于酸，所以粗硅的初步提纯一般用酸洗的方法

酸洗是一种化学提纯方法，是将冶金级硅至于流床(Fluidized Bed)

图2.18所示，通入 HCl 气体或氯气作为氧化剂将硅转化形成 SiHCl_3 ，铁、铝等主要金属杂质，初步提纯后，硅的纯度可达99.7%以上

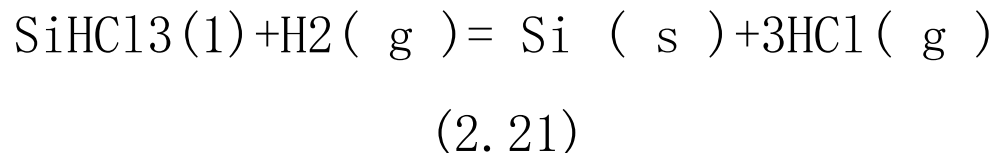
进一步的提纯一般采用蒸馏方法

蒸

馏提纯是一种物理提纯方法，是将低沸点反应物 SiHCl_3 置于蒸馏塔中，和

2. 提纯

上述过程可用下式表示为



另外，还可以采用硅烷还原法作为酸洗硅的进一步提纯方法。首先将酸洗过的硅和氢气反应生成硅烷 SiH_4 ， SiH_4 常温下是气态，易挥发。将 SiH_4 后，加热使其分解，获得电子级高纯度多晶硅。

制备出的电子级高纯度多晶硅中仍然含有十亿分之几的杂质。微电子制造工艺最为关注的杂质是受主杂质硼和施主杂质磷，以及含

硼和磷的存在，降低了硅的电阻率。用来制备本征单晶硅时一定

2. 提纯

电子级纯度硅中，硼杂质含量小于十亿分之一，磷杂质含量小于十亿分之一，杂质含量越少，制备的单晶硅锭的纯度就越高，晶格才能越完整

单晶硅生长

单晶材料的制备主要有三种方式：第一种是由固态多晶或非晶材料经高温高压转变为单晶材料，如用石墨制造人工金刚石

第二种是用过饱和溶液制备单晶材料，溶质过饱和结晶析出为单晶材料，如从过饱和的晶体氯化钠颗粒

第三种是熔融体冷凝固晶形成单晶材料

单晶硅的制备采取第三种方式

直拉法

早在1918年，切克劳斯基(J . Czochralski)从熔融金属中拉制出了金属细

2. 提纯

受此启发，在20世纪50年代初期，蒂尔(G . K . Teal)和里特尔()采用类似的方法从熔融硅中拉制出了单晶硅锭，开发出直拉法生长单

目前，微电子工业使用的单晶硅绝大多数是采用直拉法制备的

在单晶炉内通入惰性气体(如 Ar)，可以避免拉制出的单晶硅被氧化、沾污，并可通过在惰性气体中掺入杂质气体的方法来给单晶硅锭掺杂

将电子级的多晶硅放入坩埚中，加热使其熔融，用一个卡具夹住一块适当晶向的籽晶，悬浮在坩埚上



2. 提纯

然后，缓慢地向上提拉，硅锭的熔体 / 晶体界面处，熔体冷凝结晶转变成硅锭被拉出时，边旋转边提拉，而坩埚则是向相反方向旋转

(1) 单晶生长原理

直拉法生长单晶硅的原理实际上是相变过程

将坩埚内的熔体和拉出的晶体看作一个热力学系统，单晶生长过程就是熔体方向的推移过程

(2) 单晶生长工艺

直拉法生长单晶硅的主要工艺流程为：①准备：②开炉

2. 提纯

①准备阶段

先清洗和腐蚀多晶硅，去除表面的污物和氧化层，放入坩埚内

再准备籽晶，籽晶作为晶核，必须挑选晶格完整性好的单晶，其晶向应与将要生长的多晶硅锭的晶向一致，籽晶表面应无氧化层、无划伤

最后将籽晶卡在拉杆卡具上

②开炉阶段

是先开启真空设备将单晶生长室的真空度抽吸至高真空（一般低于 10^{-2} pa），并通入惰性气体（如 Ar）及所需的掺杂气体，至一定真空度

然后，打开加热器升温，同时打开水冷装置，通入冷却循环水

逐渐增加加热功率，使坩埚温度达到 1420°C ，硅的熔点是 1417°C ，多晶硅开始熔化过程中一直保持 1420°C 左右，直到多晶硅完全熔融

③生长过程

2. 提纯

可分解为五个步骤：引晶、缩颈、放肩、等径生长、收尾

引晶又称为下种，是将籽晶与熔体很好地接触

缩颈是在籽晶与生长的单晶硅锭之间先收缩出晶颈，晶颈最细部分直径

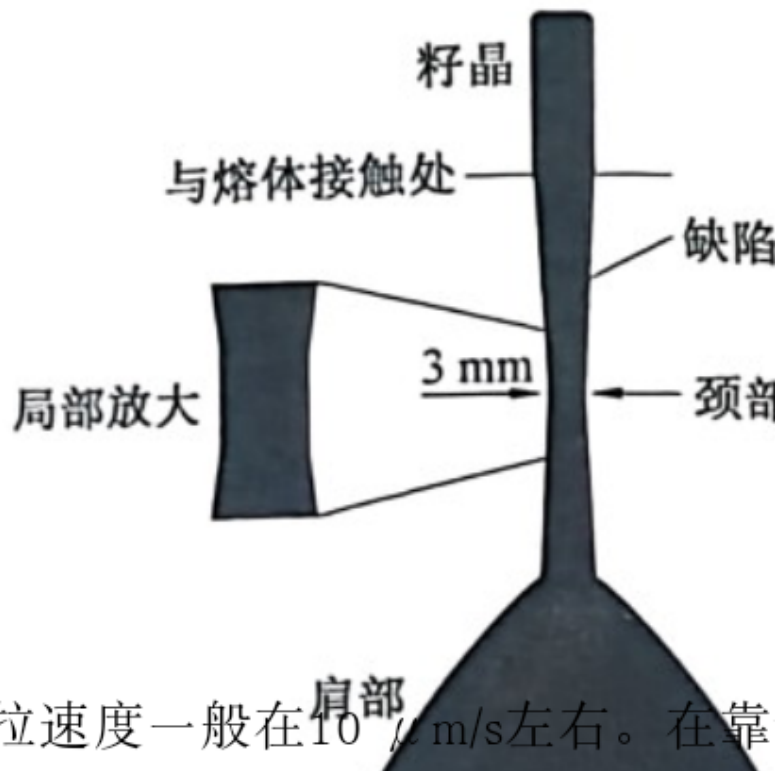
放肩是将晶颈放大至所拉制品锭的直径尺寸，再等径生长硅锭，直至耗尽晶硅

2. 提纯

最后收尾结束单晶生长

籽晶在拉单品时是必不可少的种子，一方面，籽晶作为复制样本，可使拉制出的硅锭和籽晶有相同的晶向

另一方面，籽晶是作为晶核，有较大晶核的存在可以减小熔体向晶体转化时必须克服的能垒（即界面热垒）



拉速度一般在 10^{-4} m/s左右。在靠

2. 提纯

籽晶缺陷延伸到只有 $2\sim 3\text{mm}$ 的颈部表面时就终止

为保证拉制的硅锭晶格完整，可以进行多次缩颈

晶体生长中，控制拉杆提拉速度和转速、坩埚温度及坩埚反向转速是很重要的因素，坩埚直径和生长速度与上述因素有关

在坩埚温度、坩埚反向转速一定时，主要通过控制拉杆速度来控制硅锭的直径

即籽晶熔接好后先快速提拉进行缩颈，再渐渐放慢提拉速度进行放肩至所需直径，最后以恒定速度拉出等径硅锭

晶体的质量对拉杆提拉速度很敏感

典型的拉杆提拉速度一般在 $10\sim 2\text{m/s}$ 左右

2. 提纯

④停炉阶段

应先降温，然后再停止通气，停止抽真空，停止通入冷却循环水，最终得到单晶硅锭，这样可以避免单晶硅锭在较高温度就被暴露在空气中，带来氧化。

从大的方面来讲，硅片制备包括单晶硅锭生长和切片工艺两大步骤

前文已经介绍了单晶硅锭的生长，制备好的单晶硅锭经切片工艺加工得到硅片

切片工艺流程：①裁切与检测

②外径滚磨

③定晶向

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/715103022334011213>