

贈閱

半导体硅材料与可控硅 情报资料

六、可控硅制造工艺

(内部参考)

4
5

铁道部科学技术情报研究所

1970·12

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

编 者 的 话

我国工人阶级，遵循伟大领袖毛主席“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的伟大教导，正在三大革命运动中创造人间奇迹。其中，为适应七十年代电子工业飞速发展形势的需要，一个研制与采用半导体硅材料和可控硅的革命群众运动正在蓬蓬勃勃地兴起。现代化电子工业的发展，将促进我们工业的大跃进，将是在我国进行人类历史上一次新的工业革命的出发点。

遵照毛主席“互通情报”的指示办事，为新的工业革命服务，我们编写了《半导体硅材料与可控硅情报资料》。

《半导体硅材料与可控硅情报资料》，将分专题汇编有关资料，供工人、领导干部和技术人员参考。

当前在可控硅发展中要注意产品质量，发展新品种，尽量采用新的双扩散工艺、塑料封装等工艺，做到少用或不用黄金，并代用钼片，大搞综合利用。为此，本册汇编了有关这方面的一些资料，供参考。

由于我们毛泽东思想水平不高，又缺乏实践经验，这一工作一定有不少缺点、错误，恳切地希望同志们批评、指正。

目 录

自力更生、土法上马、攻克新工艺

- 200A 双扩散法可控硅元件的试制 (1)
- 500A 可控硅双扩散工艺规程 (7)
- 200A 双向可控元件工艺小结 (25)
- 50A 可控硅塑料封装工艺 (37)
- 环氧树脂封装可控硅元件管壳 (41)
- 勤俭办厂闹革命 破除迷信节约用金 (46)

综 述 } 国外可控硅元件发展动向 (50)

可控硅一次双扩散新工艺；可控硅冷却新途径——水冷却 (49)

简
讯

“蜂窝扩散法”提高了效率；塑料外壳封装新工艺；废管芯、废有机溶剂及王水中金的回收；液态氨制氢气；气相钝化代替二氧化硅溅射；硅片复活；充氩气保护石英管和凹球面磨角；可控硅测试仪试制成功；晶体管少子寿命测试仪试制成功 (54)

讲 座

可控硅有哪些新品种？ (57)

征求意见和稿件启事 (60)

自力更生 土法上马 攻克新工艺

200A双扩散法可控硅元件的试制

—— 西安电力整流器厂 ——

伟大领袖毛主席教导我们：“我们一定要有无产阶级的雄心壮志，敢于走前人所没有走过的道路，敢于攀登前人所没有攀登过的高峰。”我厂为了进一步贯彻落实毛主席的这一伟大号召，组织了以工人为主体的双扩散试制小组。工人直接参与科研试制我们还是第一次，一开始有的人对此产生怀疑，我们组织了大家学习毛主席的“最聪明、最有才能的，是最有实践经验的战士”的伟大教导，树立起必胜的信心。在整个试制过程中始终贯穿着两种思想和两条路线的斗争，在这场斗争中，广大工人群众努力活学活用毛主席著作，不断用毛泽东思想来战胜各种错误思想。例如一开始，既无资料，也无设备，如何开始工作，是等待厂里购买设备，有了设备再干呢？还是自己动手先作设备？工人们遵照毛主席的“独立自主、自力更生”的伟大教导，一致表示自己动手作设备，于是经过短时间的努力，很快作成了试验中必需的主要设备。在喷涂控制极图形时，一开始没有喷涂模具，工人们就用手涂进行试验。在试制过程中每当遇到问题和困难的时候，工人们就学习毛主席的教导：“我们的同志在困难的时候，要看到成绩，要看到光明，要提高我们的勇气。”“任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。在社会主义事业中，要想不经过艰难曲折，不付出极大努力，总是一帆风顺，容易得到成功，这种想法，只是幻想。”鼓足勇气“下定决心，不怕牺牲，排除万难，去争取胜利。”为了及时解决试制中出现的问题，工人们遵照伟大领袖毛主席的教导“发扬勇敢战斗、不怕牺牲、不怕疲劳和连续作战（即在短期内不休息地接连打几仗）的作风。”经常连续二、三十小时不休息地工作，有的带病坚持工作，工人同志说得好“为了打击帝、修、反，为了和帝、修、反争时间，争速度，就是不吃饭，不睡觉，我们也要尽快地把国家急需的200A可控硅元件搞出来。”在工人们的这种刻苦努力下，使试制中出现的问题都一个一个地解决了。现已试制出200A双扩散法可控硅元件，并已开始投入小批生产。

目前我们试制的200A双扩散法可控硅元件均采用螺旋式结构，散热器采用200A硅整流元件散热器，即散热面积为1200CM²，经过测试，正向额定电流能达到200A的元件在最初几批试验中约占40~50%，后来在工艺经过适当改进后，正向额定电流能达到200A的元件有所提高。如1970年7月30日测试的19只元件中，正向额定电流达到200A的有14只，占74%；1970年8月4日测试的14只元件，全部达到200A；1970年8月22日测试的56只元件中，正向额定电流达到200A的元件40只，占71.2%。在200A元件中，正向压降95%以上是0.50~0.65V

的范围，因而元件的过载能力较好，如表 1 及 2。

表 1

编 号	正向额定电流 (A)	正向压降 (V)	结 温 升 (°C)
332	200	0.56	60
344	200	0.56	60
395	200	0.54	65
408	200	0.60	70
419	200	0.57	70
415	200	0.63	80
413	200	0.59	80
890	200	0.61	75

表 2

编 号	一 个 周 波			三 个 周 波		六 个 周 波		十 五 个 周 波	
1 温升	4 倍 150°C	4.5 倍 160°C	5 倍 175°C	3 倍 120°C	4 倍 155°C	3 倍 130°C	3.5 倍 160°C	2.5 倍 130°C	3 倍 155°C
242 温升	3 倍 135°C		4 倍 175°C	3 倍 150°C	4 倍 185°C	3 倍 155°C	4 倍 195°C		
432 温升	3 倍 130°C		4 倍 150°C	3 倍 140°C	4 倍 180°C	3 倍 150°C			

元件由于采用控制极短路，所以元件高温特性较好，高温伏安特性60~70%没有变化，如表 3。

表 3

编 号	控制极特性 V/mA	正 向 特 性 (V/mA)		反 向 特 性 (V/mA)	
		室 温	120°C	室 温	120°C
9	0.8/152	800,700/0.9	800,700/1.35	700/0.64	700/1.75
13	0.4/65	600,500/0.26	600,500/1.25	500/0.14	500/0.63
357	0.7/40	800,700/0.36	800,700/1.70	700/0.26	700/0.56
394	0.4/200	1000,900/0.70	1000,900/3.40	900/1.96	900/9.00
753	0.6/44	1000,900/0.60	1000,900/1.9	900/0.7	900/1.7
766	0.5/100	800,700/0.34	800,700/0.84	700/0.6	700/0.8

目前我们试制的元件电压在 500V 以上的占 50% 左右，少数元件也有能达到 1200V 以上的。

下面着重谈谈元件的结构选择，主要工艺，试制过程中遇到的问题以及目前还存在的问题和我们的几点体会：

一、结构选择及主要工艺

为了改善元件的高温特性，我们选择了控制极短路，引出控制极用环形结构，管芯斜边采用反磨角，其结构和主要工艺流程如图1及图2所示

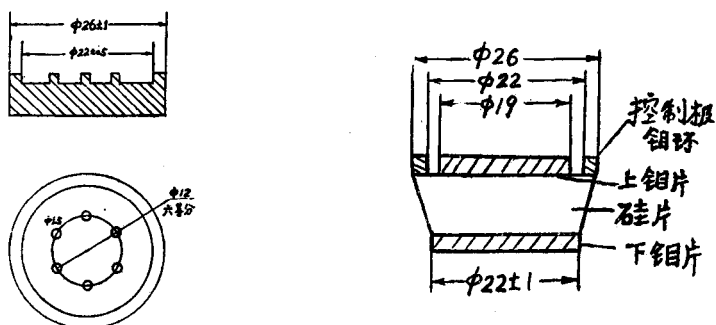


图1. 管芯结构图

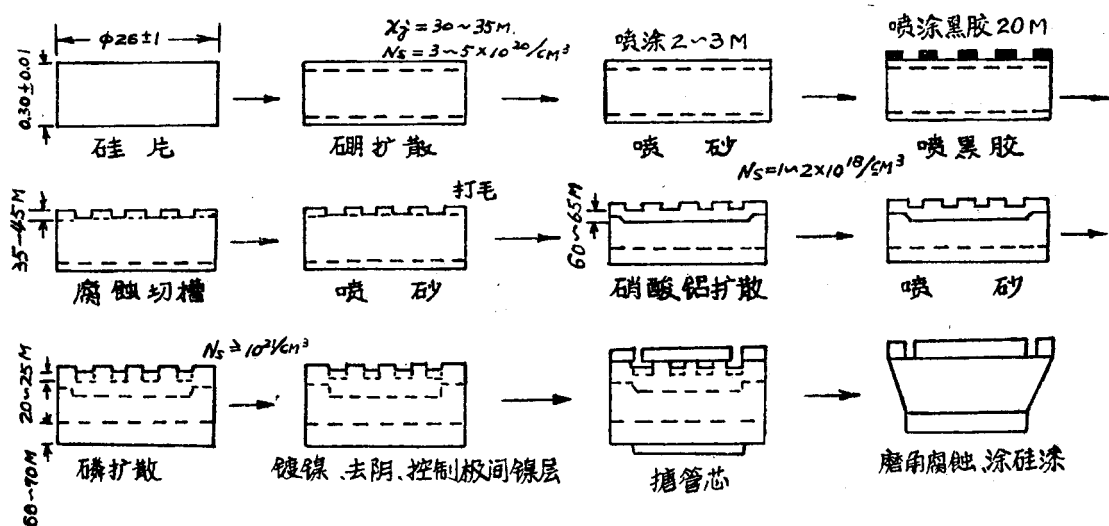


图2. 主要工艺流程

主要工艺

1. 硼扩散：采用开管涂层扩散，杂质源采用 B_2O_3 ，杂质源涂好后在其表面适当地喷上少量 Al_2O_3 粉，以保证扩散后容易泡开，同时使得表面较好。硼扩散目的，主要是为了在阳极面和控制极面形成一个高浓度的表面，以便产生良好的欧姆接触。

2. 喷涂黑胶：对于阴极面我们采用化学腐蚀的方法将阴极面的硼扩散层全部腐蚀掉，然后在腐蚀面上扩散硝酸铝，使得形成一个具有 $1 \sim 2 \times 10^{18}/cm^3$ 表面浓度的一次扩散层，因而在腐蚀前必须对阳极面和控制极面使用黑胶进行保护。喷涂是根据所需图形，使用钢材加工喷涂模具，喷涂时利用磁性模具和喷枪进行喷涂，这样喷涂出来的图形十分完整，同时

效率很高。

3. 化学腐蚀开槽:

按所需图形喷涂好黑胶的胶片使用黑胶将其阳极面粘在涂有黑胶的铝板上, 利用 $\text{HF} : \text{HNO}_3 = 10 : 1$ 的混合溶液腐蚀, 腐蚀时间要根据腐蚀温度而定, 一般如果室温在 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ 时, 1分30秒腐蚀 $30 \sim 35\mu$, 是否将阴极面的硼扩散层全部腐蚀除去, 使用热探针法测量其导电类型来判定。

腐蚀时表面容易产生氧化, 如有这种现象发生时再利用 $\text{HF} : \text{HNO}_3 = 1 : 6$ 溶液腐蚀 1 秒钟即可。

4. 硝酸铝扩散:

对于将硼扩散层全部挖去的阴极面上, 进行含有少量 B_2O_3 的硝酸铝杂质的开管涂层扩散。

杂质源的配比是: 将硝酸铝溶于无水乙醇配成饱和溶液, 将 B_2O_3 和无水乙醇也配成饱和溶液, 并将其饱和溶液: 无水乙醇 = 1 : 10 配成稀释溶液。然后将硝酸铝饱和溶液: B_2O_3 稀释溶液 = 2 : 1, 此混合溶液即作为硝酸铝扩散的杂质源。

硝酸铝扩散 1250°C , 经 16 小时扩散, 结深可以达到 $60 \sim 65\mu$, 表面浓度可以良好地控制在 $1 \sim 3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。

5. 磷扩散:

采用 P_2O_5 涂层扩散, 可以是开管扩散, 也可以用氧化保护扩散, 这样可以减少表面的腐蚀, 表面浓度可以达到 $10^{21}/\text{cm}^3$ 以上。

6. 搪管芯:

硅片, 上下铝片及铝环电镀后分别涂上助焊剂 (硅片的助焊剂使用氯化锌, 氯化铵混合溶液, 铝片助焊剂使用硬脂酸加松香配成)。然后焊料片 (焊料为 95% 的 Pb , 3% Sn , 2% Ag) 使用铝夹子夹在一起浸入已溶化了的焊料锅 30 秒钟后取出, 即管芯搪成。使用这种方法其粘润情况良好, 效率高, 适宜大量生产。

7. 磨角腐蚀:

根据我们的结构和 PN 结边界角度与击穿电压的关系, 我们选择了反磨角, 即使得 J_2 结与低杂质浓度侧的夹角 θ 为锐角, 这样对其正向转折电压有利。

二、试制中出现的问题

1. 由于条件限制, 在工艺路线选择时考虑到不能采用光刻的方法, 于是我们选用了喷涂黑胶保护腐蚀开槽的方法。一开始没有模具就采用手工刻图形, 不仅效率低, 图形也很不规则, 于是后来改用喷涂模具和磁性模具, 这样不仅保证了图形完整, 而且效率很高, 适宜大批生产。

在腐蚀开槽过程中, 由于腐蚀液温度不能很好控制, 在腐蚀过程中往往使得阳极面的黑胶有脱落现象, 因而往往使得阳极面出现腐蚀坑。这种片子扩散后往往正、反向都无电压。于是后来将阴极面喷好图形的硅片用黑胶粘在铝板上 (铝板全部涂上黑胶) 进行腐蚀, 解决了这个问题。

2. 对于腐蚀开槽的阴极面, 我们采用涂层扩散硝酸铝的方法, 形成一次扩散层。但是

在我们开始使用硝酸铝扩散时，发现腐蚀开槽以后的表面，硝酸铝扩散不进去。后来我们又改变杂质源，分别采用铝硅镓和含镓硅粉进行真空扩散，结果发现阴极面的表面浓度都在 $10^{20}/\text{cm}^3$ 的数量级。这主要是由于真空扩散时控制极面和阳极面的硼扩散层的硼原子产生外扩散而造成。后来我们又详细分析了腐蚀开槽面，硝酸铝扩不进去的原因，发现主要是由于腐蚀面太光亮的原因。因为硝酸铝扩散主要是靠硝酸铝杂质源中混有少量 B_2O_3 杂质，扩散时 B_2O_3 和硅表面产生一层硼硅玻璃，将其硝酸铝原子掩蔽起来，使之不会挥发，从而铝原子往硅中扩散，但由于腐蚀面太光亮，表面吸附杂质能力差，使得其表面不易形成一层硼硅玻璃，扩散时硝酸铝原子很快挥发跑掉，故铝原子扩散不进去。于是后来对腐蚀面进行喷砂打毛，然后再扩散硝酸铝，解决了这个问题。

3. 磷扩散开始时是采用 P_2O_5 开管涂层扩散，发现表面容易产生腐蚀坑，经常容易扩穿，后来采用氧气保护涂层后解决了这个问题。

4. 搪管芯过程中，开始发现硅片很容易炸裂。曾改用在真空炉里烧，但效率太低，不适宜大量生产。又进一步研究在搪管芯前必须保证硅片上的助焊剂一定要完全烘干，同时对搪管芯时焊料锅的温度严格控制后，硅片炸裂现象基本消除。

搪好的管芯解剖后发现有的管芯粘润情况很差，因此有的管芯在正向压降不大的情况下，正向额定电流只能通过50A。后来在搪管芯时，将管芯从焊料锅拿出来，立即使镊子将钼片、硅片动一动，以保证焊料良好粘润，解剖后发现粘润情况有显著改善，并且基本上消灭了正向额定电流只能通过50A的现象。

三、存在的问题

在试制中由于我们的工作还作得不够细致，所以还存在很多问题：

1. 元件电压水平很低，远远不能满足使用的要求。这一方面是由于工艺操作中不够细致，往往造成清洁度不够，以及各层的扩散深度控制还不稳定，使电压受到影响；另一方面我们使用的硅单晶材料电阻率在 $10\sim 25\Omega\text{cm}$ 左右，尤其是位错较大，往往在化学腐蚀开槽后发现腐蚀面有明显的位错线，这也是影响电压的一个重要原因。

2. 结构尺寸不够合理：如下钼片 $\phi 22\text{mm}$ 和控制极环的内径一样大，这样就使得管芯机械强度差，同时硅片为 $\phi 26\text{mm}$ 而下钼片 ϕ 为 22mm ，影响了阳极散热面积。因而我们最近正在研究将下钼片改为 $\phi 26\text{mm}$ ，不用控制极钼环，采用正磨角的结构，正向特性有较大改善，不过现在控制极焊接问题还未解决。

3. 正、反向特性不够对称，甚至个别元件差别很大，有待今后进一步解决。

四、几点体会

1. 我厂工人直接参加科研试制还是第一次。实践证明用战无不胜的毛泽东思想武装起来的工人阶级对伟大领袖毛主席最热爱，最听毛主席的话，因此任何困难都能克服，任何人间奇迹都能创造出来。在整个试制过程中，广大工人群众始终遵循毛主席的“自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想”和“打破洋框框，走自己工业发展道路”的伟大教导，在设备条件差的情况下，尽量采用土法上马，所以整个工艺和设备都十分简单，适宜大量生产。

2. 元件采用螺旋式结构，使用比较方便，尤其是能满足一些特殊应用的要求。

3. 为了适应大量生产，因此考虑到工艺要尽量简单，全部扩散均采用开管涂层扩散，

不仅可以节省大量石英材料，而且在沒有石英加工条件下也可以进行。

4. 控制极短路点是采用喷涂黑胶保护，化学腐蚀开窗的方法形成，因而不需要抛光氧化、光刻，不仅简化了设备，而且工艺也很简单，效率很高，适宜于大量生产。

5. 欧姆接触是采用喷砂镀镍的方法，上、下电极的焊接是采用上、下钼片、硅片镀镍后夹在一起，在焊锡锅里搪锡的方法，其粘润良好，不仅不需要特殊设备，而且效率很高，适宜于大量生产，还可以给国家节约大量黄金。

我们的工作还作得很不够，还存在有很多缺点和问题。

目前我们正在进一步掀起活学活用毛主席著作的新高潮，进一步贯彻落实毛主席的一系列最新指示，不断改进我们的工作，以适应当前形势的需要，并向高电压、大电流方向努力，为我国电子工业的发展贡献出我们的一份力量。

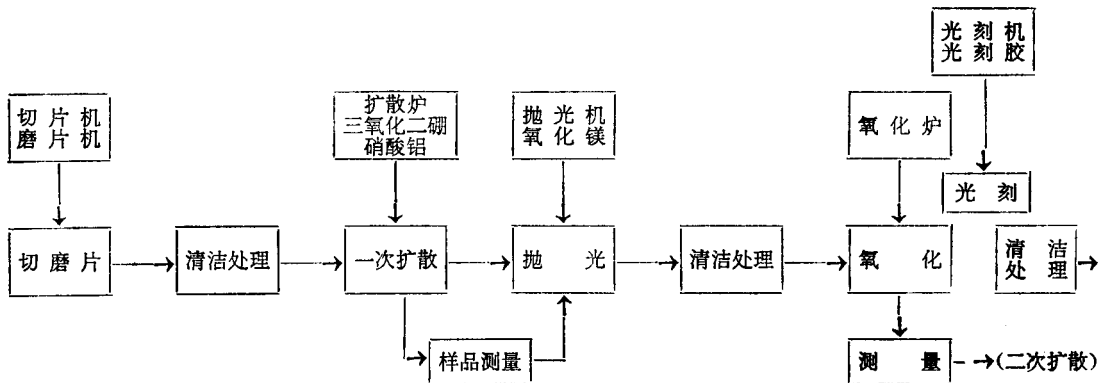
500A可控硅双扩散工艺规程

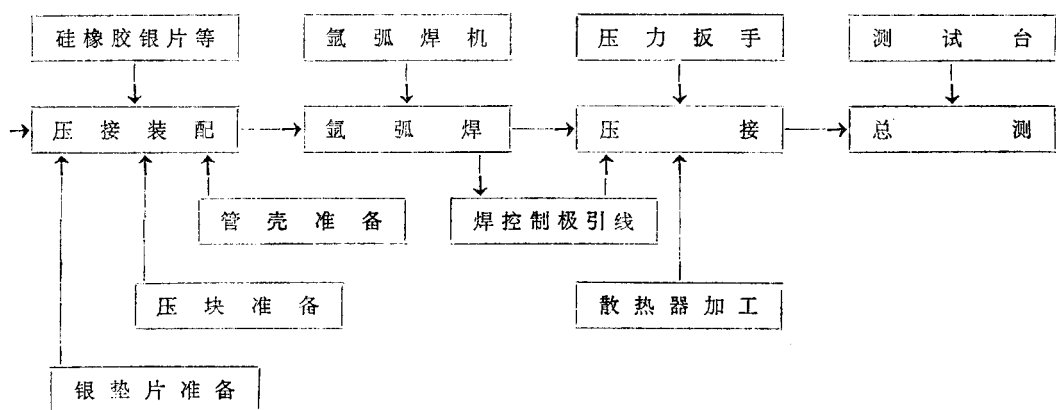
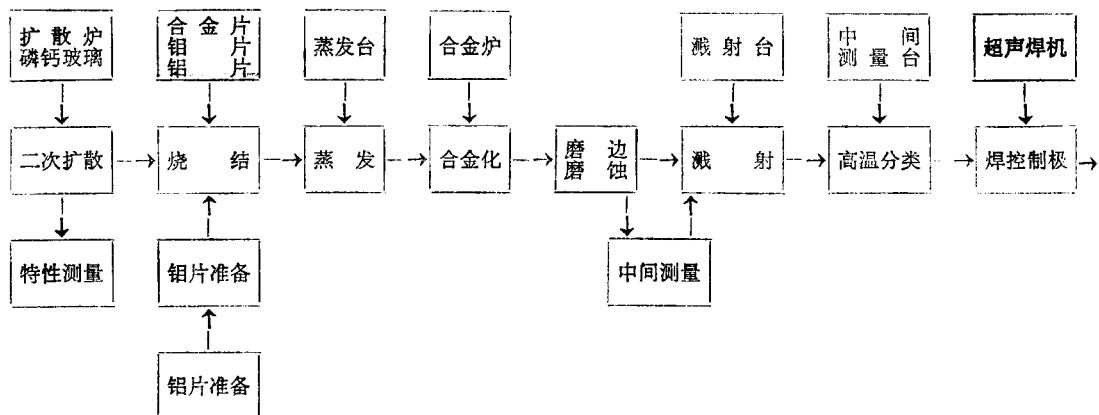
第一机械工业部整流器研究所

材料和结构参数

- 材料:** 电阻率: $15 \sim 35 \Omega \text{cm}$
寿命: 大于 $60 \mu\text{s}$
位错密度: 小于 10000, 分布均匀
直径: $34 \sim 36 \text{mm}$
型号: N型
- 结构:** 硅片直径: 32mm
硅片厚度: $300 \pm 10 \mu\text{m}$
阴极直径: 28mm
控制极直径: 3mm
短路点直径: 1mm
短路点间隔: 2.8mm
阴极和控制极间距: 1.5mm

工艺流程和主要设备材料





一次扩散工艺

一、设备和用具：

扩散炉、真空烘箱、操作箱、工业天平。

石英钟罩、石英片、石英舟、石英钩、磨口滴瓶、吸管、量筒、带槽石英（或玻璃）盘、不锈钢镊子、塑料杯、硅垫片、烧杯。

二、材料：

三氧化二硼（高纯）、硝酸铝（指定高纯）、无水乙醇（优级纯）、氢氟酸（分析纯）、M10金刚砂、N型硅单晶（电阻率 $15\sim 35\Omega\text{cm}$ ，寿命愈长愈好，割圆后直径 $\phi 32\text{mm}$ ，机器粗磨到厚度为 $300\pm 10\mu$ 左右）、四氯化碳（分析纯）、甲苯（分析纯）、丙酮（分析纯）、无水乙醇（分析纯）、硝酸（优级纯）、盐酸（优级纯）。

滤纸、去离子水（纯度5兆欧以上）。

三、操作规程：

1. 扩散前硅片的清洁处理：

(1) 将粗磨好的硅片用超声波清洗去砂后，用M10金刚砂手磨至表面无划道。再清洗

去细砂，取出用滤纸吸干。

(2) 把硅片放入干净的专用烧杯，用超声波清洗器去油。顺序：用四氯化碳、甲苯、丙酮、无水乙醇各清洗两次，每次约五分钟。

(3) 把去好油的硅片用镊子一片片夹入另一干净烧杯，倒入王水，在电炉上煮，直至王水颜色变淡。从电炉上取下烧杯，倒去王水，另倒入新王水，这样煮两次后用去离子水冲洗，先用冷的去离子水冲，再用热的冲，直至干净为止。注意，王水煮时，不能太久，以免崩边。

(4) 把硅片从杯中用干净的不锈钢镊子一片片夹出，分开立在真空烘箱的石英槽内，抽气、加热至 140°C 左右，烘干约一小时。

2. 扩散前石英舟的清洁处理：

(1) 把石英舟、石英片及硅垫片放入塑料杯中，用稀释成约 $1/10$ 的稀氢氟酸浸泡15分钟左右。用去离子水冲净。

(2) 放入烧杯中用王水煮后，用冷的去离子水冲，再用热的冲，直至干净为止。

(3) 把处理干净的石英舟、石英片及硅垫片与处理好的硅片一起放入真空烘箱烘干。

3. 杂质源溶液的配制：

(1) 按每100毫升无水乙醇，加入8克三氧化二硼的比例，配制饱和溶液装入磨口瓶内，使三氧化二硼几乎全溶后待用。

(2) 按每100毫升无水乙醇加入10克硝酸铝的比例配制饱和溶液装入磨口瓶内，使硝酸铝几乎全溶后待用。

(3) 从(1)中取出一个体积的三氧化二硼饱和溶液加入20个体积的无水乙醇，即把三氧化二硼饱和溶液稀释成 $1/20$ ，装入磨口瓶中待用。

(4) 从(3)中取1份，(2)中取2份的比例配制成三氧化二硼和硝酸铝的混合溶液，即得所需之杂质溶液，装入磨口瓶中待用。

4. 涂层：

(1) 把硅片从真空烘箱中取出，一片片放在带槽的石英盘上。

(2) 用吸管把杂质滴到硅片上，每面滴两滴。滴完一面，溶液将干时，就可翻过来，滴另一面。注意，滴杂质时，硅片要稍微摆动，使杂质溶液在硅面上完全摊开。

(3) 涂完层的硅片一片片放入石英舟内，舟底放一硅垫片，上面加一硅盖片，石英舟用石英片盖住。

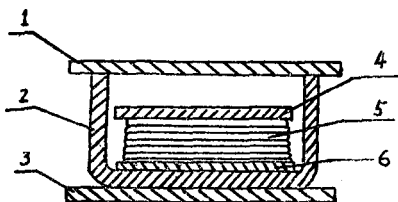


图1. 一次扩散示意图

1. 石英盖（方形）；
2. 石英舟；
3. 石英垫片（方形）；
4. 硅上垫片；
5. 被扩散片；
6. 硅下垫片。

5. 装炉：

将清洁处理好的扩散用的石英钟罩放入扩散炉内，把盛有硅片的石英舟放在石英片上，

先在炉口把硅片上的溶液稍微烘干，然后用石英钩把舟推至恒温区中心，使之水平。

6. 扩散：

(1) 扩散温度 1300°C ，时间九个半小时（结深约65微米）。

(2) 到恒温时间后，立即关断电源，炉温自然冷却，至低于 200°C 即可取出。

(3) 取出硅片用氢氟酸浸泡约一小时左右，使其完全泡开。

注：表面浓度和结深测量方法见《硅可控整流器与硅整流器设计工艺手册》。

硅片抛光工艺

一、材料：氧化镁粉（化学纯）、抛光布、石蜡、四氯化碳。

二、设备：抛光机、抛光头、电炉。

三、操作规程：

1. 把抛光头放在电炉上加热，用滤纸擦去上面的灰尘，把石蜡少许放在抛光头上使其溶化。

2. 把一次扩散好的硅片，沾到抛光头上，从电炉上取下，上面用另一抛光头（或铁块）压平，待温度降到石蜡凝固时取下压块。注意，硅片上的氧化层要彻底去净，硅片沾的要平坦。

3. 取下抛光盘上的铁箍，放上抛光布，再用铁箍固定紧，不能滑动，把沾好硅片的抛光头放在抛光盘上（硅片面向抛光布）。注意，抛光布不能有折。

4. 打开盛有抛光液瓶的活塞，使抛光液均匀地流到盘上。打开电源，让抛光盘和抛光头均匀地转动。抛光30分钟后把抛光液换成水，继续抛光5~10分钟。

5. 抛光液即5~10%氧化镁悬浊液（比例不严）。

6. 抛光到时间后，取下抛光头，立即用自来水冲洗，然后用滤纸吸干，再放在电炉上，待石蜡溶化后，取下硅片，放在四氯化碳中去腊。注意，自来水冲洗一定要快，不然硅表面有白斑。

此抛光是用转动式抛光机步骤，如果用其他抛光方式，可不按此步骤。

氧化工艺

一、设备：氧化炉、氧化水瓶、电炉、氧气表、真空干燥箱。

二、材料：氧气、流量计、温度计、培养皿、烧杯、滤纸、镊子、石英舟、去离子水（5M Ω 以上）、四氯化碳、甲苯、丙酮、乙醇、王水。

三、操作规程：

1. 把抛光好的硅片放在培养皿中，倒入四氯化碳，用棉球擦洗干净。

2. 依次把硅片放在甲苯、丙酮、乙醇中，超声清洗，每次约五分钟。

3. 清洗后的硅片，用去离子水冲洗数次，然后用王水煮两次，每冲煮到王水变淡为止。

4. 倒掉王水，用热去离子水冲洗干净，用干净镊子把硅片夹住，用滤纸吸干片上的水，放在烘箱内石英架上抽真空，加热 140°C 烘干待用。注意，片子上的水尽量吸干，否则

氧化后有水迹。

5. 烘干的片子立放在石英舟内，片子之间用石英棒隔开（装舟最好在操作箱内）。

6. 把装好片子的石英舟推入炉子的恒温区中，在 1200°C 下通干氧 30 分，湿氧 2 小时，再通干氧 30 分。氧的流量 $100\text{ml}/\text{分}$ ，氧化瓶中的水温保持在 $95\sim 98^{\circ}\text{C}$ 之间。氧化后自然降温， 200°C 时可取出。通湿氧时管道上往往凝结水滴，注意不要让氧把水滴吹进石英管内，否则片子上要生成水斑。

7. 氧化后厚度的测量：把有氧化层的硅片，部分涂上黑胶，在 HF 中浸泡 $3\sim 5$ 分钟（到氧化层全泡掉为止）取出，用水冲去 HF，再用甲苯洗去黑胶（黑胶下的氧化层保留）。把此片放在金相显微镜上，在有氧化层的交界线上就会看到如彩虹颜色的干涉纹。干涉纹的颜色是循环的，可以一种颜色为准（如绿色）数出其条数。氧化层的厚度为 $2400\text{\AA} \times$ 干涉纹条数。

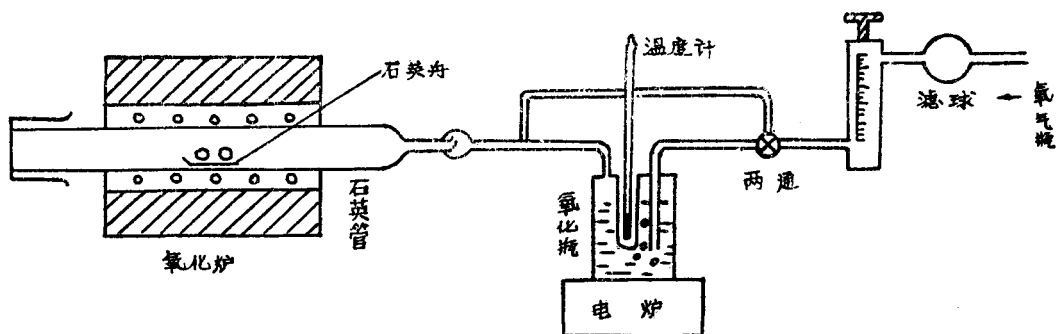


图2. 氧化示意图

光 刻 工 艺

一、目的：

用双扩散制造可控硅元件时，为了在硅片上进行选择性扩散，一般采用氧化层掩蔽扩散。光刻就是在已生成 SiO_2 层的硅片上涂一种光刻胶（光致抗蚀剂）和已设计好的几何图形的掩膜版接触。经曝光、显影，形成图形。再经腐蚀形成“窗口”，从“窗口”可以进行扩散，其他部分因有氧化层的掩蔽作用阻止杂质扩散。同时还可一起形成一定数量和大小短路点提高器件性能。

要求：光刻好的片子，图形边缘应清晰，该去掉氧化层的地方，氧化层要去除干净。

二、设备：

1. 光刻机（自制），主要有爆光灯及对准系统组成。对于大功率可控硅器件的光刻只要有一个强的紫外线光源及简单的对准定位装置即可（不用显微镜）。

2. 甩胶机（自制），主要由操作箱， 0.5KV 调压器，单相小转动马达，甩胶盘等组成。

3. 烘箱。

4. 红外灯干燥箱（自制）。

三、材料:

聚乙烯醇肉桂酸酯 (抗蚀剂)

5-硝基卮 (增感剂)

环己酮 (溶剂, II级或III级)

氢氟酸 (I级或II级)

氟化铵、甲乙酮 (丁酮)、硫酸, 均为三级 (化学纯)

定性滤纸

甲苯、丙酮、真空黑封腊, 均为II级

四、工具:

不锈钢镊子、培养皿、烧杯、称量瓶、普通天平、G-3号过滤漏斗、抽滤瓶、抽滤垫、温度计、水泵、滴管、磨口瓶、毛笔。

五、配制溶液:

1. 光刻胶配制

配 方	1	2	3
聚乙烯醇肉桂酸酯	1克	1克	1克
5-硝基卮	0.05	0.06	0.06
环己酮	10毫升	15毫升	20毫升

注意:

(1) 将三种成分混合搅拌, 使其充分溶解后, 用G-3号过滤漏斗, 进行抽滤。

(2) 配时在暗室红灯下进行。

(3) 所用器具一定要干燥, 严禁有水。

(4) 我们目前常采用的是配方1

2. 二氧化硅腐蚀液配制

配 方	1	2	3
氢 氟 酸	9毫升	22毫升	30毫升
氟 化 铵	40克	40克	60克
去 离 子 水	60毫升	60毫升	100毫升

目前主要是采用配方2。

六、光刻工艺规程:

1. 从氧化炉中直接取出硅片, 放在清洁干燥的培养皿中 (可不清洗), 在红外灯烘箱中烘干30分钟。

2. 甩胶, 把硅片放入甩胶盘中用滴管将胶滴到硅片上, 利用离心力作用在硅片上形成一层均匀的胶质。约一分钟左右。

注意：

(1) 甩胶时一定要注意转速，转速太慢，胶层太厚，容易使胶层起皱（在显影时会发现）。

(2) 甩胶的操作箱中的相对湿度要小，不超过40%。

3. 重复2再甩一次。

4. 用镊子取下已甩好胶的硅片放在滤纸上，稍停一会再移到清洁干燥的培养皿中。

5. 烘干。将培养皿放入80°C的烘箱中烘30分钟。

注意，烘干的湿度不能过高，时间不要过长。

6. 将硅片从烘箱中取出，逐片在光刻机中进行对准曝光。曝光时间由光源强弱而定。如80瓦的爆光灯约2分左右；250瓦的约10秒左右。注意，图形一定要对准在硅片中心。

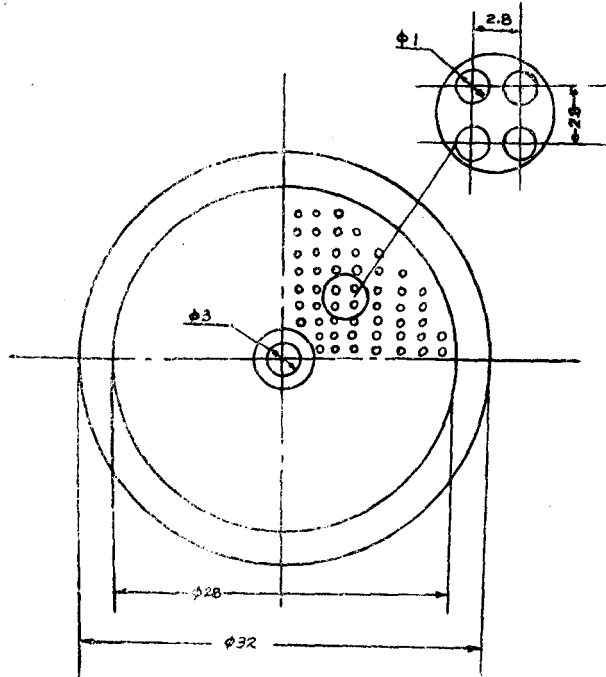


图3. 光刻板图形

(短路点应遍布阴极面上，只画出四分之一)

7. 显影。将曝光好的硅片在甲乙酮（丁酮）中来回摇动显影，时间约1分左右。显影完后取出硅片，在滤纸上晾干。注意，显影检查一定要显干净，图形要清晰。

8. 二次曝光。取下掩膜版，将已显影好的硅片，在光刻机上进行二次曝光，时间约为一次曝光的一倍以上。二次曝光的目的是使硅片上已感光过的光刻胶进一步在光照下聚合牢固。注意，一定要取下掩膜版。

9. 坚膜。将二次曝光后的硅片放在培养皿中，把培养皿放入160°~180°C的烘箱中，坚膜一小时。注意，坚膜时间和湿度要适当。

10. 涂黑胶。将真空黑封腊（黑胶）溶在甲苯中，用毛笔将黑胶涂在硅片的背面及正面