

半导体光刻制版技术交流会

资料汇编

(内部刊物 注意保存)

半导体光刻制版技术交流会资料汇编组

一九七二年

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

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。

团结起来，争取更大的胜利。

说 明

在伟大领袖毛主席无产阶级革命路线指引下，在四机部直接领导下，在上海市革命委员会的关怀与支持下，京、津、宁、沪地区光刻、制版技术交流会于一九七一年九月在沪召开。

会议期间，各地代表广泛地交流了学习毛主席著作的收获和抓革命、促生产的经验，狠批了刘少奇一类骗子所散布的“唯心论的先验论”、“地主资产阶级人性论”、“唯生产力论”、“阶级斗争熄灭论”，进一步提高了阶级斗争与路线斗争觉悟。在交流过程中，代表们发扬了共产主义风格，各自畅谈工作中的实践经验，讨论了当前光刻、制版工艺中共同存在的问题。通过交流活动，与会代表一致认为收获甚大。为了更好地推广交流先进思想、先进技术，因此，委托上海地区将会议期间的交流资料汇编成册，供各单位作参考。

由于我们水平有限，如有不当之处，请广大读者批评指出。

目 录

光 刻 部 分

毛泽东思想使我们摆脱了光刻工序中常见的脱胶现象·····	北京综合元件厂	1
421 光刻会战小组思想小结·····	上海元件五厂	3
超高频低噪声晶体管光刻工艺实验·····	天津半导体器件厂	6
硅高频低噪声管细线条光刻工艺小结·····	北京电子管厂	9
光刻细线条工艺小结·····	上海元件五厂	11
光刻工艺点滴·····	南京晶体管厂	15
场效应晶体管光刻中的一些体会·····	上海无线电十四厂	17
400 兆系列晶体管光刻工艺小结·····	天津半导体器件厂	26
50W 低频大功率高压管光刻工艺·····	上海光明电器厂	29
硅低频大功率管光刻工艺过程中的几点初浅体会·····	南京金星标牌厂	32
谈谈我厂的光刻工艺·····	南京工艺雕刻厂	36
我厂光刻工艺简介·····	南京江南光学仪器厂	38
关于光刻过程中防止浮胶问题的几点体会·····	南京东方红服装厂	41
光刻工艺小结·····	南京水利电力仪表厂	42
毛主席的光辉哲学思想指导我们光刻工艺·····	华东电子管厂	44
光刻工艺的点滴体会·····	上海无线电十三厂	47
光致抗蚀剂的性能和使用·····	北京化工厂	49
GYT-1 型投影式光刻机简介·····	天津市投影显示器厂	55

制 版 部 分

举旗抓纲攻难关, 自力更生创新路·····	上海光明电器厂	56
土法上马搞制版·····	上海烽火板箱厂	61
永远保持自力更生, 艰苦奋斗的光荣传统·····	南京雨具厂	65
集成电路掩模制造工艺·····	北京无线电器件厂	69
制版工艺小结·····	南京水利电力仪表厂	101
超高频集成电路光刻掩模版的制造工艺·····	上海无线电十九厂	105
制作光刻掩模的体会·····	北京电子管厂	110
关于超微粒干版的制备·····	中国人民解放军南字九〇七部队	116
反转显影在半导体制版中的应用·····	中国人民解放军南字九〇七部队	119
试制超微粒干版点滴体会·····	南京晶体管厂	121
铬掩模制备中的一些尝试·····	南开大学物理系半导体厂	122

用铬版直接做重复负版试验小结.....北京电子管厂 125

我们是怎样制出铬版的.....北京无线电综合元件厂 128

关于在成品铬版上再复印工作的粗浅体会.....南京无线电元件厂 131

制版工艺小结.....华东电子管厂 134

小线条图形的铬版制造工艺小结.....上海无线电十七厂 137

捌头分步重复紧缩机的控制器简介.....南京无线电研究所 147

关于捌头精缩机制版的套准精度问题的讨论.....上海冶金研究所 150

国外半导体器件光刻制版动向.....上海科学技术情报研究所 154

毛泽东思想使我们摆脱了光刻 工序中常见的脱胶现象

光刻是三极管制造工艺中比较主要的工序，光刻质量的好坏对三极管的影响很大。比如：一个小小的针孔就会影响管子的性能，还会影响硼、磷扩散的正常进行，尤其是此工序中常见的脱胶现象对整个三极管的制造影响更大，它能使我们辛辛苦苦做过的片子整个或整批报废，给我们整个生产线带来重大的损失，使我们不能很好的完成党交给我们的生产任务。因此，如何解决光刻工序中存在的脱胶现象，历来是光刻工序急待解决的生产实际问题。

在生产分析会上，我们认真学习毛主席著作，从中吸取营养，决心从多方面找原因。

解决了许多思想问题后，我们干劲倍增，连续作战，做了多次试验，终于找出了影响硅片脱胶的几种原因。1. 环境湿度的影响；2. 片子表面清洁度的影响；3. 坚膜时间和扩散的影响；4. 胶的配制的影响。

伟大领袖毛主席教导我们说：“我们一定要坚持下去，一定要不断地工作，我们也会感动上帝的。这个上帝不是别人，就是全中国的人民大众。”在主席光辉思想的指导下我们终于发现由于天气由冬到夏，由冷到热，室内操作由暗到较亮，胶的配制应跟着作相应的变化。

经过连续十几个昼夜的奋战，配制了几种比例的感光胶，经过试用：8:1.1:0.072的感光胶能使我们摆脱长期没法解决的脱胶的困境，这种胶比我们过去用的8:1.25:0.08的胶稀，增感剂少，曝光时间长不致皱胶，使感光胶膜与 SiO_2 粘得更加牢固。

虽然找出了影响脱胶的原因是感光胶，但其他几种因素，只要稍不注意，就仍然会出现反复，仍然会有脱胶现象。在这种情况下，我们必须把在试验中的工艺稳定下来，使以后的生产能正常进行。送来的硅片我们先检验表面的清洁度，然后把干净的氧化片放在 100°C 的低温烘箱中烘烤20分钟以上，方可涂胶。甩胶台内安置一个毛发湿度计，专用来测量室内的湿度。如果湿度在80%以上就不能涂胶，应该用红外线灯烘烤，湿度下降后再涂复感光胶。把涂完胶的硅片在 100°C 的低温烘箱中烘烤10分钟，使感光胶与 SiO_2 粘牢，预防起胶现象，再对位曝光。对位时要十分细心，一定要对得准，版与硅片压紧，防止图形变形或缩小。图形的变形或缩小也会使硅片发生腐蚀现象，影响光刻质量。

曝光光的片子在具有通风设备的显影台中显影，显影后要求图形清晰，边缘整齐。检查之后放入 $180\sim 200^\circ\text{C}$ 的高温烘箱中坚膜。坚膜时间不宜太短，温度不宜过高和过低，坚膜时间短、温度高和低都不能使 SiO_2 与胶膜粘牢，仍有脱胶的可能。坚膜完毕就是腐蚀的开始，我们先从整批的硅片中取出一片作为试验片，看腐蚀的结果怎样，会不会脱胶，图形好不好，腐蚀时间要多长，比如是4分钟，图形窗内的氧化层被腐蚀掉，呈现白色，那么我们就可以把整批的硅片放在氢氟酸:氟化铵:水为3:7:10的氢氟酸腐蚀液中腐蚀4分钟取出，在显微镜中观察，图形整齐、无毛刺、无针孔、无小岛的为好。

一年多来，我们认真学习毛泽东思想，以革命带动生产，注意每一个生产环节。比如冬天的胶配得稠些，夏天的胶稀一些，冬天的氢氟酸腐蚀液用 3:6:10 的，夏天用 3:7:10 的。长期来没有出现脱胶现象，胜利地完成了上级下达的生产任务。今年比去年同时期的生产量增加了一倍半。

光刻会战小组思想小结

我们小组承担中功率高速开关晶体管 3DK4 和中功率高频晶体管 3DG12 的生产任务。从今年二月份开始,在厂党委和革委会直接领导下,组织了一次思想会战。

在这次思想会战中,我们坚持了群众路线,召开以工人为主体的,三结合的,群众性质量分析会。找出与光刻质量有关的原因,立即采取措施,改进了光刻版子,提高了光刻质量,使合格率大幅度的上升。事实证明,只有工人群众参加科学实验,才能取得这些成果。

发射区套刻工艺就是群众性科学实验的结果。我们光刻小组在生产实践中发现,凡是套刻的片子,合格率总是比较高。因此有意识地进行批量的试验,发现光刻的质量确实对二极管、三极管特性有很大影响。然而目前的光刻工艺要完全避免针孔等缺陷是不现实的,因此附加低温淀积和套刻工艺对提高产品合格率是行之有效的途径。发射区套刻固然要增加我们的工作量,但是我们自豪地说:只要对提高合格率有好处,最大的工作量也由我们来承担,多生产一只管子,就是多打击帝、修、反的一颗炮弹。我们在不增加人的基础上,把发射区套刻列入了工艺之中,初测合格率可以提高 10%~20%。

目前,3DK4、3DG12 工艺流程,总共包括六次光刻工序,即:

1. 基区光刻;
2. 发射区光刻;
3. 发射区套刻;
4. 基极引线孔光刻;
5. 发射极引线孔光刻和基极引线孔套刻;
6. 电极反刻。

在群众性科学实验基础上,我们基本上建立了中功率管生产的光刻工艺。下面简单介绍,目前我们大量生产中所采用的光刻工艺规范和对一些光刻中出现的弊病的认识。

一、3DK4 和 3DG12 光刻工艺

同一般平面晶体管制造流程一样,3DK4 和 3DG12 光刻工序由硅片清洁处理、涂复抗蚀剂、对准与曝光、显影、坚膜、腐蚀和去胶等步骤所组成。

1. 硅片清洁处理

为了保证抗蚀剂与硅片表面的良好粘附,必须保证硅片表面极为清洁干燥,并具有疏水性的氧化层结构。

基区光刻:由氧化炉中取出,直接可进行涂胶,若空气中停留时间过久,则必须进行高温烘焙或干氧高温处理。

发射区光刻,发射区套刻,发射极引线孔光刻和基极引线孔套刻:浓硫酸煮沸后用热去离子水冲洗,然后通干氧(800~850°C)半小时。

基极引线孔光刻:浓硝酸煮沸后用热去离子水冲洗,然后通过干氧高温处理半小时。

电极反刻:蒸铝硅电表面用丙酮棉球擦洗,在 200°C 下烘焙 20 分钟。

发射极和基极引线孔光刻(套刻)前的干氧高温处理,温度和时间要严格控制,过高的温

度将导致结的推进,降低产品合格率。

2. 涂复抗蚀剂

抗蚀剂的配比:

聚乙烯醇肉桂酸脂(北京化工厂)	10 克
5-硝基苄	0.5 克
环己酮	95 毫升

按比例称量,环己酮倒入,玻棒搅拌,静置一昼夜,最后用 3* 或 4* 细菌漏斗过滤。

用旋转涂复法,将胶均匀涂布于硅片表面,控制转速,获得较宽的、并有规则排列的干涉条纹。

3. 对准与曝光

涂胶后硅片若与掩膜不发生粘连,则可直接进行对准曝光,以利于显影。

用劳动牌光刻机曝光时间一般为 20 秒左右,电极反刻曝光时间约为其二分之一。

曝光时间以显影后硅片表面光亮,图形边缘清晰为适中。

4. 显影

用丁酮显影,再用热去离子水漂洗。

在大量生产中,为加速显影周期,采用电磁振动显影装置(由牵引磁铁加调压变压器所组成)。

5. 坚膜

为提高胶的抗蚀能力,在 200°C 高温烘箱内烘焙 45 分钟(铝电极反刻时为 15 分钟)。

6. 腐蚀

二氧化硅的腐蚀液配比:

氢氟酸	3 毫升
氟化铵	6 克
水	10 毫升

腐蚀温度恒定在 35~40°C。

腐蚀时间大致为:

基区光刻	3 分钟
发射区光刻	2 分 30 秒
发射区套刻	1 分~1 分 30 秒
基极引线孔光刻	2 分 30 秒~3 分
发射极引线孔光刻和基极引线孔套刻	1 分~1 分 30 秒

为了保证硅片良好的欧姆接触,发射极引线孔光刻和基极引线孔套刻以后,必须进行背面腐蚀,以去除由于腐蚀气泡所造成的残留氧化层。

铝的腐蚀液为 85% 的磷酸。

腐蚀温度在 70~80°C。

腐蚀时间大致为 1 分钟。

7. 去胶

二氧化硅光刻时用热硫酸去胶。

铝光刻时用发烟硝酸冷浸 1 分钟,然后用丙酮棉球擦净胶层。

二、光刻常见弊病及解决方法

1. 钻蚀和毛刺

钻蚀和毛刺是由于抗蚀剂与硅片粘附不良所致。涂胶前硅片表面不净,或干氧高温处理不当,环境湿度过高,涂胶后暴露在空气中时间过久,曝光不足,显影时间过长,坚膜时间过短,腐蚀时间过份是造成钻蚀和毛刺的诸因素。

局部图形钻蚀或有规则形状毛刺还可能与氧化层结构有关,涂胶前干氧高温处理对改善表面状况有益。

具有高浓度磷的氧化层,同抗蚀剂粘附最差,用浓硝酸洗涤能获得一定程度的改善。

2. 针孔

针孔是由于涂复胶层抗蚀能力过弱所致,同样与抗蚀剂同硅片粘附有关。

除了造成钻蚀、毛刺的同样原因以外,环境清洁卫生差(尘埃多),硅片表面亮点多,涂胶层过薄(主要是胶配比中环己酮成分增加)氧化层过厚引起腐蚀时间增加,以及光刻掩膜缺陷亦是造成针孔的诸因素。

3DK4 和 3DG12 图形几何尺寸较大(最小线条为 10μ),允许配置较厚的抗蚀剂。用旋转法涂胶,靠近中心轴一端的硅片具有较薄的胶层。因此在腐蚀时该端特别容易产生针孔。

为了减少针孔,发射区套刻原则上应该换版。但当光刻掩膜图形上面缺陷多于图形以外缺陷时,则为了减少小岛的产生,应该用同一块版子套刻。

当低温淀积次数过多,氧化层过厚,从而腐蚀时间大于胶的抗蚀能力时,应该在腐蚀到一定程度后,加以坚膜或重新涂胶光刻。

适当增加曝光时间,使胶膜反应充分,对减少针孔有利。

3. “鸡脚爪”和反刻连条

“鸡脚爪”是小岛的一种,是由于显影后图形内留有残余胶薄层所致,在显影后检查往往不易发现,然而在腐蚀以后,图形内留有氧化层。

在涂胶后不加前烘,适当加长显影时间,并在纯净的丁酮溶液中显影后用热去离子水漂洗,对避免“鸡脚爪”的产生都是有效的。但热去离子水温度不宜过高,以 $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ 为适合。

反刻连条也是由于图形内留有薄胶层所致,除上述措施外,可配置更稀的抗蚀剂涂复,(例如环己酮由 95 毫升增加到 130 毫升)坚膜时间要缩短。在硅片边缘由于抛光所引起弧度也会造成版子与硅片不能紧贴而造成连条。由于铝比二氧化硅对光更敏感,所以反刻时更要避免光的直接照射。

4. 图形畸变,图形锯齿或图形缩小是由于显影后光刻胶畸变所致

硅片表面有凸起异物,使版子与硅片不能直接压紧,将造成图形缩小;

涂胶层过厚,曝光时间过份,使胶表面呈桔皮状,同时图形边缘呈锯齿状畸变。

这些弊病,应在显影后检查拣出返工。

以上是我们光刻小组通过四个多月的思想会战,在政治思想和业务技术方面的收获。然而我们感到,我们尽管做了些工作,比起以往有了一点进步,但是同兄弟单位和兄弟小组相比我们还有很大差距,自力更生,勤俭办企业精神也很差。我们一定要虚心向兄弟单位和兄弟小组学习,戒骄戒躁,不断前进。

超高频低噪声晶体管光刻工艺的实验

在党的九届二中全会精神的鼓舞下，遵照伟大领袖毛主席“抓革命，促生产，促工作，促战备”和“备战、备荒、为人民”的伟大教导，我们接受了超高频低噪声晶体管的试制任务。尽管这个任务对我们来说是很很艰巨的，但是本着毛主席“我们是为着解决困难去工作、去斗争的”教导，经过实践——认识——再实践——再认识的多次反复，终于在试制工作上取得一定的成绩。光刻工艺是其中一重要的环节，下面就我们工作中所获得的一些初步体会向同志们做简单的汇报。

一、光刻工艺

目前我们搞的是超高频低噪声晶体管，频率要求较高，因此我们在工艺上采用浅结扩散和梳状结构，发射极条宽为5微米，条距为4微米，这样就给准确套刻发射极带来了困难，我们采用了泡发射极氧化层工艺，来制做发射极，满足制管要求。

氧化层光刻工序过程：

在晶体管制作过程中，共分为五次光刻，第一次光刻基区窗口、高硼扩散窗口，第二次光刻低硼扩散区，第三次光刻发射区。四次光刻前进行泡发射极，四次光刻为刻引线孔，五次光刻为反刻铝。

光刻工序包括涂胶、干燥、对准、曝光、显影、坚膜、腐蚀、除胶等过程。

涂胶及干燥：

五次光刻均用同一种光刻抗蚀剂，其配方如下：

聚乙烯醇桂皮酸树脂	1 克
环己酮	200 毫升
5-硝基苕	0.07 克

我们采用的是自转涂胶法，转速一般在800转/分，旋转时间为2分钟。

一般一次光刻刻氧化层，拿来后可以直接上胶，上胶时转速一般不要太快，转的时间为2分钟，这样可以减少针孔。

二次光刻时用1:9的氢氟酸泡2分钟后，将硅片用热去离子水冲洗，放入氧化炉中烘后，再进行上胶，转速也不宜太快，旋转时间为2分钟，因为这次是高硼扩散，硼硅玻璃的腐蚀速度慢，而我们的胶又不太耐腐蚀。

三次光刻：一般和一次光刻情形一样，拿来就可以直接涂胶，但是因为刻发射区，图形的条比较小，要求涂胶的速度一定要快一些这样胶比较薄，才不使其刻不出来。

为了除去多余的溶剂并增加抗蚀剂与硅片的粘附力，将上胶后的硅片放在有250瓦的红外线灯的小烘箱内烘7分钟。

对准、曝光：

掩膜对准的精度，是很重要的问题，除要求制版的精度高外，还要求掩膜对准设备的精度进一步提高，我们用的曝光机不太好用。遵照伟大领袖毛主席“武器是战争的重要因素，但不是决定的因素，决定的因素是人不是物”的伟大教导，我们适当地克服了曝光机的顶碎

版的缺点和曝光后有虚的现象,基本上能达到我们的要求。

曝光用的是 300 瓦高压水银灯,对准后一定要把底版和硅片压紧,曝光时间是自动控制的,氧化层的曝光时间一般在 10~15 秒内为宜。

显影、坚膜:

曝光后,立刻放入盛有丁酮的烧杯皿内显影,我们使用二杯丁酮,一杯丙酮;显影 3~4 分钟,在 100 倍的双目显微镜下仔细观察,如果合乎要求,可放入培养皿内,在 180°C 左右的烘箱内坚膜 45 分钟。

腐蚀去胶:

二氧化硅腐蚀液的配方如下:

NH ₄ F (氟化铵)	6 克
HF (氢氟酸)	3 毫升
H ₂ O (去离子水)	10 毫升

一次光刻时,二氧化硅层厚度约 2400 埃左右,需在 38°C 下腐蚀 2 分 30 秒;

二次光刻时,二氧化硅层厚度约 2000 埃左右,需在 38°C 下腐蚀 2~2.5 分钟;

二次套刻时,二氧化硅层厚度约 1000 埃左右,腐蚀 1 分钟;

三次光刻时,二氧化硅层厚度就比较厚,腐蚀时间约 2.5~3 分钟;

四次光刻时,二氧化硅层厚度在 2000 埃左右,腐蚀时间 2 分钟左右。

去胶是将腐蚀好的硅片放在烧杯内,倒入浓硫酸,在电炉上加热到冒浓烟为止。然后倒净硫酸放凉后用去离子水洗干净即可。

一次、二次、三次光刻过程一般比较顺利,四次光刻时比较难腐蚀,因为泡发射极以后,可能有时处理得不干净,或磷扩散后,由于磷硅玻璃层使光刻胶与硅表面粘附不好,和磷硅玻璃层腐蚀速度比二氧化硅快,所引起的侧向腐蚀是比较严重的,造成侵蚀、扩张、脱胶等现象。我们分析了主要矛盾,就在泡发射极以后认真处理,使片子表面高度清洁,再进高温炉烘烤,增强上胶时的沾润,但是我们还没有完全彻底解决。

泡发射极时使用的腐蚀液是把光刻腐蚀液冲稀 1/20,其比例如下:

NH ₄ F	6 克
去离子水	200 毫升
HF	3 毫升

一般在室温的情况下泡 15~20 秒。腐蚀时间长,影响 FT,腐蚀时间如果不足,就更容易造成上述的脱胶、浸蚀、扩散等现象。为了把磷硅玻璃除净,而不影响特性,可适当稍加几秒腐蚀时间,以保证其良好。

二、金属铝电极的光刻

一般和二氧化硅光刻相同,不进行清洁处理,掩膜对准操作要快,曝光时间要适当,一般在 3~5 秒范围较好,曝光时间长,铝条连通的就会增加。

显影、坚膜:显影也是二杯丁酮,一杯丙酮,时间要求长一些为 5~6 分钟。观察后进行坚膜,180°C 下烘 30 分钟。

腐蚀和去胶:金属铝的腐蚀,我们用磷酸,里面稍加乙醇,在超声波下腐蚀。在腐蚀过程中,要经常拿出来观察,如果一次能腐蚀出来最好。可以先用一个实验片,找出腐蚀时间,然后逐片腐蚀。腐蚀时间接将磷酸加热,使水沸腾为止,腐蚀时间约为 45 秒~1 分钟。去胶

时把腐蚀好的硅片放在烧杯内,放入发烟硝酸中,泡1分钟左右,拿出来用水冲净,再用丙酮棉轻擦就可以了。

上述是超高频低噪声晶体管的制作过程,由于我们正处在试制阶段,工艺还不太稳定,对于发生的问题还没有能及时解决。如四次经常的浸蚀、脱胶、扩张等。由于我们用的是普通国产的胶,有时还不太耐腐蚀,容易出现针孔。

曝光机也不太好使,其缺点比较容易顶碎版,而且有时显出来的图形有虚的现象。如果要顶的太紧就碎版,否则就虚。我们进行了改革,现在基本上能满足我们的要求了。

硅高频低噪声管细线条光刻工艺小结

我国的电子工业在伟大领袖毛主席和党中央的亲切关怀下，近几年来发展很快。微波功率管和超高频低噪声管在许多单位开始研制，这样就遇到细线条小间距光刻版的制作以及光刻细线条的工艺问题。我厂在70年下半年接受了研制低噪声管的任务，现将我们在光刻细线条中的一点初步体会小结如下。

一、细线条铝的光刻如何克服E-B腐蚀不开的现象？

过去我们蒸铝后直接匀胶光刻，但刻细线条时，由于E-B距离很近，只有 2.25μ ，常出现E-B铝条分不开的现象。

我们感到影响E-B分不开的原因主要有以下几点：

1. 蒸铝后直接匀胶，使胶与硅片沾附太牢，显影不容易彻底。形成底膜太厚，不易腐蚀。
2. 匀胶后长时间暴露在红光与绿光的环境中，或者匀胶后过数天再光刻。
3. 曝光时间过长，显影时间不够。
4. 版与硅片接触不紧及版铝条较宽。
5. 蒸发铝层颗粒粗。

我们采取了以下措施使铝的光刻得到了初步解决：

(1) 蒸铝后先在干净的丙酮里浸泡10分钟，然后在 150°C 红外灯下烘烤20分钟后再匀胶光刻。

(2) 选用铝条略细的光刻版。例如光刻 2.25μ 的铝条可选 2μ 条宽的光刻版。

(3) 保证版与硅片贴紧，硅片上发现有突出点要去掉。

(4) 曝光时间要尽量短，显影时间一般为腐蚀 SiO_2 时间的三至四倍。

(5) 高烘温度不宜太高，时间不宜太长。我们采用 180°C 烘10分钟。腐蚀液为磷酸，加超声腐蚀，腐蚀液温度为 $70\sim 75^{\circ}\text{C}$ 。

二、细线条光刻常出现的问题

1. 腐蚀不出图形或者出现断断续续的光刻线条

出现此种现象的原因如下：

① 光刻胶的分辨率低，胶面过厚。目前我们光刻发射区用中国科学院PE-12的光刻胶，其它各次光刻用7%的胶，配方如下：

聚乙烯醇肉桂酸酯:5-硝基茺:环己酮=7克:0.35克:100毫升。

② 版与硅片贴得不紧。

③ 光刻版反差低或者有明显的过渡区。

④ 曝光时间过长。

⑤ 光源散射。

⑥ 氧化层的颜色对细线条光刻亦有影响。实际工作中，我们感到当二氧化硅的颜色呈深兰、深绿、草绿色时，由于对光的干涉往往腐蚀不出图形或图形呈锯齿状。

为了克服此现象，在光刻过程中要注意以下几点：

① 匀胶时转速要控制适当,以保证一定厚度的胶面。我们采用转盘式匀胶,转盘半径为4厘米,转速2000~2500转/分,匀胶1分钟。

② 发现硅片表面有突出点要去掉。光刻台半球型平面要调平,否则会出现半边线条发虚,腐蚀不出图形。

③ 选用比线条略宽的光刻版。例如刻 1.5μ 的条宽可选 $1.7\sim 1.8\mu$ 条宽的光刻版。为了能刻出边缘整齐的细线条。

④ 硼扩散生长氧化层的颜色最好为粉红、桃红、紫罗兰等色。

2. 浸蚀现象

发生浸蚀的原因是光刻胶与硅片沾得不牢,以致在腐蚀到一定的时间后胶开始翘起,结果图形扩大,边缘模糊不清,表面发花,严重影响器件质量。引起浸蚀的因素主要有以下几个方面:

① 硅片表面沾污。清洗不干净或者扩散结束后在外面停留时间过长,均可造成沾污。

② 匀胶台湿度较大。一般要求应小于40%。

③ 泡发射区不充分以及泡发射区后清洗不干净也会造成浸蚀。

④ 曝光不足,显影过长。

解决的办法,最根本的是提高胶与硅片的沾附能力。我们主要注意了以下几点:

① 扩散后的硅片立即匀胶。

② 匀胶台湿度保持低于30%。

③ 滴胶后停留一段时间,使胶与硅片充分沾润。

④ 采用多次腐蚀办法,提高胶的抗蚀能力。

⑤ 高烘采用红外灯从硅片反面烘烤。(目前没有用)

3. 针孔

产生针孔的原因有以下几点:

① 光刻胶中存在不溶物。

② 胶面较薄,抗蚀能力较差。

③ 扩散系统和源较脏,使硅片表面沾污。

④ 曝光不足,显影过渡。

⑤ 操作过程中引进灰尘。

克服针孔是比较困难的,但是在操作中只要对上面几点注意,针孔是可以大大减少的。

4. 套刻不准。

在套刻发射区时常发现发射区往两边靠的现象。我们发现,造成这种现象的原因是第一次光刻时,高烘不注意引起的。因为第一次光刻时二氧化硅表面没有窗口,很平整。光刻胶突然从室温到高温 200°C 以及从高温 200°C 突然遇冷,胶的收缩使图形略有改变,而且收缩率中间与两边是不相同的,所以出现套刻困难。我们采用了缓慢升温和缓慢冷却的办法,使往外靠的现象基本得到解决。另外,光刻台是否调平,对套刻不准也有影响。光刻版的互换性不好,也会造成套刻困难。

5. “染色”现象

我们工作中多次发现,在腐蚀发射区时,窗口发黑,称为“染色”现象。这种现象有时整批硅片会出现,有时一批中仅有一、二片被“染色”。发生“染色”原因目前尚不清楚。

光刻细线条工艺小结

所谓光刻通常解释为照相腐蚀或照相蚀刻,也就是用照相的方法,在被加工物的表面上产生一定图形的抗蚀薄膜,再用化学方法除去薄膜以外的部分。因此,收集结和发射结及金属电极的尺寸都是通过各次光刻来控制的。晶体管的性能在很大程度上取决于光刻掩膜精度和光刻工艺的水平。

线条细、间距小的微波管和高频大功率管给光刻工艺提出了越来越高的要求。

1. 光刻工艺

(1) 涂胶: 我们采用的抗蚀剂是由 KPR、五-硝基萘和环己酮配成的。采用 4000 转/分的高速马达在圆心中涂胶。涂胶后表面应无尘埃、颗粒。

(2) 前烘: 为了增加抗蚀剂和 SiO_2 表面的粘附性及光敏性,使溶剂挥发而不致和掩膜版粘牢,必须采用前烘。前烘温度不宜过高,否则骤热时,因表面干燥而内部溶剂不易挥发,这样容易引起表面汽泡而产生针孔。在过高的温度下前烘也容易使增感剂挥发,引起显影脱胶。

2. 对准与曝光显影

(1) 用劳动牌光刻机: 旋转微动台,使硅片和掩膜版图形套合。套准时用放大 200 倍的镜头进行工作,并尽可能地使硅片和掩膜版压紧。

(2) 曝光: 曝光是为了使光致抗蚀剂得到充分交联。曝光时间长短由显影后的胶面情况和线条的清晰程度而定。

曝光显影后的胶面情况:

曝光适当	光亮,边缘整齐、清晰
稍过头	光亮,表面略有皱纹现象,边缘有绿圈和双圈
过头	胶面严重发皱,线条出不来
稍不足	稍暗,边缘模糊,条宽较粗
不足	暗,边缘严重模糊,线条很宽,甚至有脱胶现象

(3) 曝光时间的长短随胶的配比浓度和涂胶厚度的变化而变化。在采用光刻胶 7%,涂胶盘转速加 200V 电压 1 分(马达转速 4000 转/分),用 80W 紫外灯曝光情况下,曝光时间一般都在 18 秒左右。在采用光刻胶 5%,涂胶盘转速加 240V 电压 1 分(马达转速 4000 转/分),涂胶两次,用 80W 紫外灯曝光情况下,一般在 8 秒左右。反刻则时间较短一些。

(4) 显影: 采用丁酮作显影剂,分阶段显影较好,再用干净的去离子水漂洗。显影时间一般在 2' 左右,然后进行第二阶段显影,时间仍 2' 左右。

3. 坚膜

目的是为了在更热的状态下,使膜进一步进行交联增加粘附性和抗蚀性能。一般在 200°C 下焙烘 45 分钟。温度太高,容易使胶膜碳化以及使去胶困难。

4. 腐蚀

(1) 腐蚀液配方: $\text{HF}:\text{NH}_4\text{F}:\text{H}_2\text{O}=3:6:10$, 配好的溶液保持在常温下。

(2) 腐蚀: 在腐蚀前如果发现胶面出现金黄色, 则停止腐蚀须进行返工。腐蚀后发现严重钻蚀、浮胶、针孔, 停止腐蚀, 须进行返工。

(3) 腐蚀时间与温度: 这是光刻质量好坏的重要保证。腐蚀温度太高腐蚀速度就快, 会引起脱胶。腐蚀温度太低, 速度变慢, 线条随时间增长而引起横向扩张, 也容易引起钻蚀。一般采用的温度是 $30\sim 35^\circ\text{C}$ 左右。腐蚀时间随氧化层的厚度而定。

(4) 检查: 因为目前光刻的图形很小, 所以腐蚀后须在 675 倍的金相显微镜下观察。

(5) 去胶: 用加热的浓硫酸和浓硝酸的混合液使之碳化, 再用去离子水冲洗干净。

(6) 腐蚀液发现脏和有 NH_4F 析出时须及时换掉。

5. 发射区氧化层的腐蚀

因为在 1.5μ 宽的发射区内刻上发射极用目前光刻工艺是很困难的。因此, 利用了磷原子在硅中有横向扩散的性质, 采用 $\text{HF}:\text{NH}_4\text{F}:\text{H}_2\text{O}=3:6:10$ 的腐蚀液再稀释 10 倍左右进行泡发射区的工作来代替光刻发射极(不使 P-N 结暴露出来)。由于采用了此种工艺, 就不要再刻发射极了, 同时也给刻基区引线带来了极大的方便。因为磷硅玻璃层的存在使光刻基极引线时容易钻蚀。另外, 由于采用泡发射区方法所以也容易产生 BV_{EBO} 击穿特性软或穿通的现象。所以, 在泡发射区工作时应特别注意控制时间和温度。

6. 金属铝的刻蚀

(1) 由于铝表面的反射能力强, 曝光不适当(过长或过短)会引起连条、钻蚀。如果硅片表面有尘埃或颗粒, 使掩膜与硅片接触不良, 容易产生连条。

(2) 铝电极的不良现象的产生和解决办法:

不良现象	产生原因	处 理 办 法
连 条	曝光过长 硅片表面有尘埃、颗粒 漏 光 铝层过厚 腐蚀液温度过低	减少曝光时间 涂胶时应注意涂胶机内的清洁度 涂胶时尽量避免光的照射 适当减薄铝层厚度 适当增高温度
断 条 (钻 蚀)	曝光时间过短 坚膜时间过短 腐蚀液温度过高 铝层过薄 铝层表面有油状与胶粘附不良	适当增加 适当增加 减少温度 增加铝层厚度 把蒸好铝的硅片置于四氯化碳内浸 15', 然后焙烘 10' 涂胶
针 孔	胶存放时间久 胶太厚, 引起曝光不足 曝光时间不足	勤 换 适当减薄, 使胶面充分曝光 适当增加曝光时间, 使充分曝光交联

7. 711 型光刻胶

此种胶 (η 在 $0.3\sim 0.45$ 左右) 分辨率极高, 但抗蚀能力较差。一般适用于氧化层较薄的细线条光刻, 腐蚀时间一般在 $2'30''$ 左右较保险。711 型胶的抗蚀力较差, 目前还尚待提高。

我们小组同志以前从未刻过小尺寸的图形。在我们接到新产品任务后, 由于它的质量要求很高, 因此, 版子作了很大改动, 尺寸变小了, 最细的条仅 1.5μ 。这对光刻来说一定要