

硅片的化学减薄

一四二五 五〇八组

1. 引言

硅衬底的质量直接影响外延层质量和器件的性能。一般要求外延前的衬底具备：
(1) 无或极少量机械损伤；(2) 小的弯曲度；(3) 高度平整光洁的抛光表面，且抛光表面的损伤应力尽量小。这三者是相互制约的。

众所周知，晶体经切割、研磨之后会引入大量的机械损伤。据报道，损伤层的厚度在 50μ 以上，其中多晶层为 $2\sim 3\mu$ ，裂纹层 20μ ，弹性畸变层为 30μ 左右。

其中弹性畸变是由应力引起的，较深。单用抛光方法去除 50μ 以上的损伤层，需要6小时，难以达到良好的平整度，也是不经济的。化学减薄既能除去衬底原有的表面损伤，又不引入新的损伤。因而是一种好的方法，但腐蚀后表面不易平整，因而采用化学腐蚀和抛光相结合的方法来达到去除切、磨损伤要求。用化学腐蚀去除大部或全部损伤层，然后抛光去除少量损伤局或抛平，这样既能达到节省时间，又使表面平整光洁，塌边少，且去除了晶片表面损伤层，达到了外延前衬底的要求。

2. 腐蚀剂的选择

选择腐蚀剂要考虑以下几点要求：

1. 化学减薄后，硅片表面要光亮平整，使在以后的工艺中不易吸附其他杂质。
2. 对硅片表面去层一致性要好，能保持一定的腐蚀速率。
3. 工艺要简便可靠。

比较了几种腐蚀剂后，决定采用 HF 、 HNO_3 和 H_3PO_4 体系。其中， HNO_3 是对硅片起氧化作用； HF 是络合剂，起剥离氧化层的作用； H_3PO_4 是一种缓冲剂，起控制作用。

3. 腐蚀剂配比的确定

环境温度： $16\sim 20^\circ C$
硅片规格： 重掺 Sb （也有 B 、 As 的）
电阻率： $3\sim 6\times 10^{-2}$ 上角 $\Omega\cdot cm$
晶向： $\langle 111\rangle$ 、 $\langle 100\rangle$ 及 $\langle 110\rangle$
尺寸： $8\times 10\times 0.5$ （也有 10×10 或园片）
数量： 45片（ $\phi 30$ 园片：8片）
试剂：
 HF 分析纯 含量 $\geq 40\%$
 HNO_3 分析纯 含量 $65\sim 68\%$
 H_3PO_4 优级纯含量 $\geq 85\%$

在上述条件下,做了大量改变腐蚀液成份的试验,以观察腐蚀速率及硅片的表面状况,最后选优确定配方为:

$$HF:HNO_3:H_3PO_4=3.5:4.5:8$$

每次腐蚀液为160ml,腐蚀速率约10~16 μ /分。

4. 腐蚀液配比确定后的实验

用上述配方作了腐蚀速率和温度、晶片的晶向及时间的关系实验和腐蚀后表面状况与单晶电阻率的关系实验,这些实验结果见表1~5。

表1 腐蚀速率和温度的关系

温 度 $^{\circ}C$	平均腐蚀速率 μ /分	表 面 状 况
0	5	良
9	8	良
18	12	好
39	15	良
50	18	差

注:腐蚀6分钟后。

表2 腐蚀速率和晶片的晶向关系

晶 向	μ /分 (平均)	表面状况	去层一致性
$\langle 111 \rangle$	$\sim 15 \mu$ /分	光亮平整	好
$\langle 100 \rangle$	$\sim 10 \mu$ /分	"	好
$\langle 110 \rangle$	$\sim 9 \mu$ /分	"	良

注:在18 $^{\circ}C$ 时腐蚀6分钟后。

表3 去层量和腐蚀时间的关系

时 间 t (分)	去 层 量 (μ)
1	20*
2	40*
4	45
6	65
8	90

注:*开始时表面损伤严重,化学减薄时速率提高,去层快(18 $^{\circ}C$,晶向 $\langle 111 \rangle$)。

表4 腐蚀速率和电阻率的关系

单 晶 电 阻 率	平均速率(μ /分)
N型 $\geq 1000 \Omega \cdot cm$ $\langle 111 \rangle$	12
N型 $7 \sim 12 \Omega \cdot cm$ $\langle 111 \rangle$	14
N型 $3 \sim 6 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ $\langle 111 \rangle$	12

表5 腐蚀后表面状况与晶片电阻率、导电类型的关系

单晶电阻率和导电类型		表面光洁度	一 致 性	平 整 度	重 复 性
N 型	$\geq 1000 \Omega \cdot cm$, $\langle 111 \rangle$	优	优	优	优
P 型	$7 \sim 12 \Omega \cdot cm$, $\langle 111 \rangle$	良	良	优	良
N 型	$14 \sim 28 \Omega \cdot cm$, $\langle 111 \rangle$	良	良	良	良
N 型	$3 \sim 6 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$, $\langle 111 \rangle$	优	优	良	优
P 型	$3 \sim 6 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$, $\langle 111 \rangle$	优	优	良	优

注:腐蚀5分钟以后。

由此可以看出:

1. 温度对腐蚀速率的影响是大的,所以腐蚀环境温度必须控制在16~20 $^{\circ}C$,腐蚀时必须加强搅拌。
2. 腐蚀速率对晶片的晶向、电阻率、腐蚀后表面状况、晶片电阻率及导电类型无明显影响。

5. 结果与讨论

1. 节约了抛光时间,提高了工效。化学减薄去除了切割、研磨损伤的全部或大

部。未经化学减薄的晶片需抛5个小时以上,才能去除损伤,且平整度差(晶片表面呈球面),而化学减薄后的硅片只需抛平(2小时),就可以交付使用。

2. 提高了硅片平整度和平行度,平整度主要体现在塌边方面,未经化学减薄,单用抛光去除损伤,得抛6个小时,去除近 60μ 的硅晶片情况如图1所示。

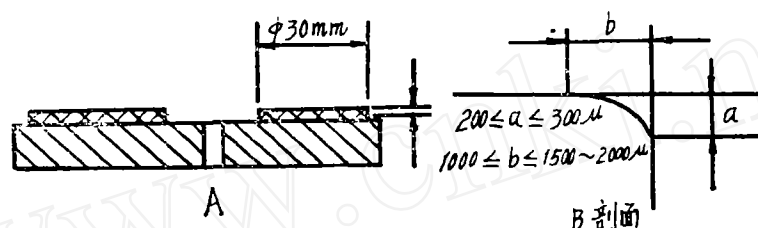


图 1

经化学减薄,再抛光3小时,硅晶片表面去除 30μ 后晶片剖面尺寸如图2所示。

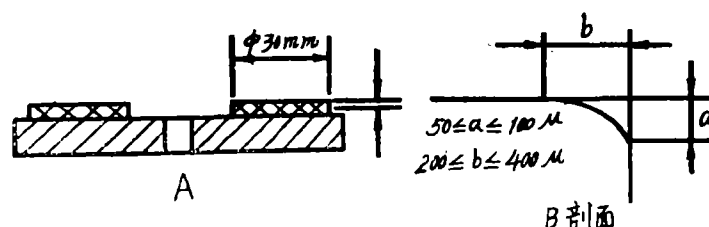


图 2

从图1和图2的尺寸比较,显然化学减薄后的片子优于未经化学减薄的晶片,而且经化学减薄后片子边缘锐角整圆,在以后的各道工艺中不缺裂,有利于工艺。

3. 一致性:在同一次的腐蚀中,片与片之间去层量的一致性,大量的实验结果误差仅 $\pm 5\mu$ 。

4. 表面光洁度:表面光洁度和腐蚀速率有密切关系,而和塌边度相互制约,所以我们在选择腐蚀液和确定腐蚀液配比中,考虑的主要因素是晶片经化学减薄后有好的表面光洁度,塌边度小,又能保证一定腐蚀速率。加强搅拌非常重要,搅拌不充分会使温度升高,进而提高腐蚀速率,这时会出现表面光洁度不好,起毛无光泽等现象,所以在上述配比下,同时注意加强搅拌,表面光洁度一定会良好。

5. 塌边度:晶片边缘机械损伤比较严重,且边缘的溶解扩散大于中间,因此边缘的腐蚀速率大于中间,使边缘塌边。从实验中看,塌边是不可避免的,但力求小些是可能的。且存在一定的塌边度,可避免边缘碎裂,有利于以后的各道工艺。此腐蚀液和配方,基本上使边缘呈园弧形,曲率半径为 $20 \sim 45\mu$ 。

6. 化学减薄后晶片表面状况的好坏,也取决于化学减薄前的表面状况和清洁度。如切割、研磨后片子表面有严重刀痕或划伤,或有沾污(未洗净的火漆)。那么化学腐蚀时,有刀痕和划伤处,因损伤重,腐蚀速率快,化学腐蚀后会产生 5μ 以上的起伏;沾污处化学腐蚀时因被保护,会形成凸起使平整度变坏。化学减薄前片子表面应没有严重划伤、刀痕和沾污现象。

6. 结束语

化学减薄工艺在我所自76年在衬底制备中采用以来,经几年来的使用,基本上稳定可靠,已成为我所衬底制备中不可缺少的工艺,缩短了抛光时间,提高了工效,在切片质量好的情况下,还可直接进行化学减薄,省去磨片工艺。由于我们水平有限,工作不够深入,有不当之处,请批评指正。

下期主要目录预告

1. 集成电路制备中金属杂质与微缺陷自吸除
2. 片状磷源的扩散
3. 探讨研制精细光刻掩模的途径
4. 晶体管环氧树脂封装质量探讨
5. 薄膜混合集成电路失效分析
6. 制做集成电路芯片的工艺技术(四)
7. 晶体管黑白电视接收机的原理与维修(三)

欢迎订阅1981年《半导体技术》

《半导体技术》1981年仍为邮局限国内发行。报导内容为半导体技术方面的科研成果、科研和生产中的经验、技术革新、器件应用(重点为电视、收音机方面的应用)以及国内外科研生产和会议的动态。并愿承办各类广告业务:刊登产品销售、公告、启事、书刊资料、出版介绍等等。

读者对象为从事半导体专业的科研和生产的工人、技术人员、教师、学生以及技术管理人员、领导干部等。

本刊为双月刊(逢单月出版),从81年起将由通栏改为双栏,适当增加应用的文章。每期约10万字,定价每本为0.50元,全年为3.00元。需要者请在今年10~11月份到所在邮局办理预订手续,本刊代号为18-65。本刊编辑部不预办理。

《半导体技术》编辑部

1980.11