

半导体材料标准汇编

方法标准 行标分册

(2014版)

全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会

中国标准出版社

编

半导体材料标准汇编(2014 版)

方法标准 行标分册

全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会 编
中 国 标 准 出 版 社

中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

半导体材料标准汇编(2014 版) 方法标准 行标分册/全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会, 中国标准出版社编. —北京:中国标准出版社,2014. 11
ISBN 978-7-5066-7753-0

I. ①半… II. ①全…②中… III. ①半导体材料-材料标准-汇编-中国 IV. ①TN304-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 243586 号

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)
网址:www. spc. net. cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 28.75 字数 890 千字
2014 年 11 月第一版 2014 年 11 月第一次印刷

*

定价 170.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

编 委 会

策 划：全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会

主 编：贺东江

副 主 编：蒋文武 包文东 张果虎 银 波

范德胜 黄笑容 李振国 詹 科

编 委(以姓氏笔画为序)：

万 烨 邓良平 邓 浩 王振国 卢立延

孙 燕 刘新军 刘淑萍 刘晓霞 严大洲

李西良 杨素心 邱艳梅 张耀平 种 娜

柯尊斌 徐一俊 郭兵健 蒋立民 惠 峰

普世坤 蒋建国 鲁文锋

主 编 单 位：中国有色金属工业标准计量质量研究所

副主编单位：江苏中能硅业科技发展有限公司

云南临沧鑫圆锑业股份有限公司

北京有色金属研究总院

新特能源股份有限公司

南京中锓科技股份有限公司

浙江中晶科技股份有限公司

西安隆基硅材料股份有限公司

峨嵋半导体材料研究所

参 编 单 位：内蒙古神舟硅业有限责任公司

洛阳中硅高科科技有限公司

洛阳鸿泰半导体有限公司

前 言

半导体材料是指介于金属和绝缘体之间的电导率为 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} \sim 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 的一种具有极大影响力的功能材料,广泛应用于制作晶体管、集成电路、电力电子器件、光电子器件等领域,支撑着通信、计算机、信息家电、网络技术、国防军工以及近年来兴起的光伏、LED 等行业的发展。半导体材料及其应用已成为现代社会各个领域的核心和基础。

始于 20 世纪 50 年代的半导体产业在其发展的历程中,一般将硅、锗称为第一代半导体材料,将砷化镓、磷化铟、磷化镓等称为第二代半导体材料,将宽禁带的氮化镓、碳化硅、氧化锌等称为第三代半导体材料。近十年来,随着光伏和 LED 行业的迅速发展,又逐步形成了以集成电路、光伏、平板显示和 LED 等领域为主的大半导体产业概念,使得以硅材料为代表的半导体材料再次得到跨越式的发展。标准作为沟通各个行业供应链的关键环节,在市场经济中起着重要的作用。2004 年我们出版过《国内外半导体材料标准汇编》,但距今已有 11 年时间,在此期间,标准制修订速度明显加快,标龄大大缩短,标准适用性大大增强;同时与国家产业政策相结合,还制定了一大批如《太阳能级多晶硅》等新材料标准以及配套的能耗限额、再生材料标准等,出版发行的半导体材料标准数量将近翻了一番。半导体材料不断向着高集成度、微型化和低成本的方向发展,在经济社会可持续发展和国家安全中的战略地位越来越重要。为此,编辑出版《半导体材料标准汇编(2014 版)》势在必行。

本书共分三册,分别为《半导体材料标准汇编(2014 版) 基础、产品和管理标准分册》《半导体材料标准汇编(2014 版) 方法标准 国标分册》《半导体材料标准汇编(2014 版) 方法标准 行标分册》。内容包括截至 2014 年 10 月国内出版的半导体材料国家标准、行业标准文本以及 SEMI 和国外发布的半导体材料标准目录。其中,基础、产品和管理标准共计 65 项,方法标准中,国家标准共计 75 项,行业标准共计 68 项。本书收集的国内标准属性已在目录上标明(如 GB 或 GB/T),每部分均按标准顺序号排列。本书由全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会策划,编委会由各编辑单位人员组成。中国有色金属工业标准计量质量研究所任主编单位,各相关企事业单位任副主编和参编单位。

本书是半导体材料研究、生产和使用的企事业单位以及大专院校等各类从事科研、设计、生产、检测、销售及管理人员的必备工具书。本书的出版得到了行业内相关企事业单位的大力支持,在此,我们对各相关单位特别是各编辑单位表示衷心的感谢。相信本书的出版不仅能满足半导体产业发展的需求,而且将为我国半导体材料的技术进步提供强大的技术基础和支撑。

编 者

2014 年 10 月

目 录

YS/T 15—1991	硅外延层和扩散层厚度测定	磨角染色法	1
YS/T 23—1992	硅外延层厚度测定	堆垛层错尺寸法	6
YS/T 24—1992	外延钉缺陷的检验方法		9
YS/T 26—1992	硅片边缘轮廓检验方法		11
YS/T 34.1—2011	高纯砷化学分析方法	电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定高纯砷中杂质含量	15
YS/T 34.2—2011	高纯砷化学分析方法	极谱法测定硒量	23
YS/T 34.3—2011	高纯砷化学分析方法	极谱法测定硫量	27
YS/T 35—2012	高纯锑化学分析方法	镁、锌、镍、铜、银、镉、铁、硫、砷、金、锰、铅、铋、硅、硒含量的测定 高质量分辨率辉光放电质谱法	33
YS/T 37.1—2007	高纯二氧化锗化学分析方法	硫氰酸汞分光光度法测定氯量	43
YS/T 37.2—2007	高纯二氧化锗化学分析方法	钼蓝分光光度法测定硅量	47
YS/T 37.3—2007	高纯二氧化锗化学分析方法	石墨炉原子吸收光谱法测定砷量	53
YS/T 37.4—2007	高纯二氧化锗化学分析方法	电感耦合等离子体质谱法测定镁、铝、钴、镍、铜、锌、镉、铅、钙、铁和砷量	59
YS/T 37.5—2007	高纯二氧化锗化学分析方法	石墨炉原子吸收光谱法测定铁量	67
YS/T 38.1—2009	高纯镓化学分析方法	第1部分:硅量的测定 钼蓝分光光度法	73
YS/T 38.2—2009	高纯镓化学分析方法	第2部分:镁、钛、铬、锰、镍、钴、铜、锌、镉、锡、铅、铋量的测定 电感耦合等离子体质谱法	79
YS/T 226.1—2009	硒化学分析方法	第1部分:铋量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法	89
YS/T 226.2—2009	硒化学分析方法	第2部分:锑量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法	95
YS/T 226.3—2009	硒化学分析方法	第3部分:铝量的测定 铬天青 S-溴代十六烷基吡啶分光光度法	101
YS/T 226.4—2009	硒化学分析方法	第4部分:汞量的测定 双硫脲-四氯化碳滴定比色法	107
YS/T 226.5—2009	硒化学分析方法	第5部分:硅量的测定 硅钼蓝分光光度法	113
YS/T 226.6—2009	硒化学分析方法	第6部分:硫量的测定 对称二苯氨基脲分光光度法	119
YS/T 226.7—2009	硒化学分析方法	第7部分:镁量的测定 火焰原子吸收光谱法	125
YS/T 226.8—2009	硒化学分析方法	第8部分:铜量的测定 火焰原子吸收光谱法	131
YS/T 226.9—2009	硒化学分析方法	第9部分:铁量的测定 火焰原子吸收光谱法	137
YS/T 226.10—2009	硒化学分析方法	第10部分:镍量的测定 火焰原子吸收光谱法	143
YS/T 226.11—2009	硒化学分析方法	第11部分:铅量的测定 火焰原子吸收光谱法	149
YS/T 226.12—2009	硒化学分析方法	第12部分:硒量的测定 硫代硫酸钠容量法	155
YS/T 226.13—2009	硒化学分析方法	第13部分:银、铝、砷、硼、汞、铋、铜、镉、铁、镓、铟、镁、镍、铅、硅、锑、锡、碲、钛、锌量的测定 电感耦合等离子体质谱法	161
YS/T 227.1—2010	碲化学分析方法	第1部分:铋量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法	171
YS/T 227.2—2010	碲化学分析方法	第2部分:铝量的测定 铬天青 S-溴代十四烷基吡啶胶束	

	增溶分光光度法	177
YS/T 227.3—2010	砷化学分析方法 第3部分:铅量的测定 火焰原子吸收光谱法	183
YS/T 227.4—2010	砷化学分析方法 第4部分:铁量的测定 邻菲罗啉分光光度法	189
YS/T 227.5—2010	砷化学分析方法 第5部分:硒量的测定 2,3-二氨基萘分光光度法	195
YS/T 227.6—2010	砷化学分析方法 第6部分:铜量的测定 固液分离-火焰原子吸收光谱法	201
YS/T 227.7—2010	砷化学分析方法 第7部分:硫量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法	207
YS/T 227.8—2010	砷化学分析方法 第8部分:镁、钠量的测定 火焰原子吸收光谱法	213
YS/T 227.9—2010	砷化学分析方法 第9部分:砷量的测定 重铬酸钾-硫酸亚铁铵容量法	219
YS/T 227.10—2010	砷化学分析方法 第10部分:砷量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法	225
YS/T 227.11—2010	砷化学分析方法 第11部分:硅量的测定 正丁醇萃取硅钼蓝分光光度法	231
YS/T 227.12—2011	砷化学分析方法 第12部分:铋、铝、铅、铁、硒、铜、镁、钠、砷量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法	237
YS/T 229.1—2013	高纯铅化学分析方法 第1部分:银、铜、铋、铝、镍、锡、镁和铁量的测定 化学光谱法	245
YS/T 229.2—2013	高纯铅化学分析方法 第2部分:砷量的测定 原子荧光光谱法	251
YS/T 229.3—2013	高纯铅化学分析方法 第3部分:铋量的测定 原子荧光光谱法	257
YS/T 229.4—2013	高纯铅化学分析方法 第4部分:痕量杂质元素含量的测定 辉光放电质谱法	263
YS/T 276.1—2011	铟化学分析方法 第1部分:砷量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法	269
YS/T 276.2—2011	铟化学分析方法 第2部分:锡量的测定 苯基荧光酮-溴代十六烷基三甲胺分光光度法	275
YS/T 276.3—2011	铟化学分析方法 第3部分:铊量的测定 甲基绿分光光度法	281
YS/T 276.4—2011	铟化学分析方法 第4部分:铝量的测定 铬天青S分光光度法	287
YS/T 276.5—2011	铟化学分析方法 第5部分:铁量的测定 方法1:电热原子吸收光谱法 方法2:火焰原子吸收光谱法	293
YS/T 276.6—2011	铟化学分析方法 第6部分:铜、镉、锌量的测定 火焰原子吸收光谱法	301
YS/T 276.7—2011	铟化学分析方法 第7部分:铅量的测定 火焰原子吸收光谱法	309
YS/T 276.8—2011	铟化学分析方法 第8部分:铋量的测定 方法1:氢化物发生-原子荧光光谱法 方法2:火焰原子吸收光谱法	315
YS/T 276.9—2011	铟化学分析方法 第9部分:铟量的测定 Na ₂ EDTA 滴定法	325
YS/T 276.10—2011	铟化学分析方法 第10部分:铋、铝、铅、铁、铜、镉、锡、铊量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法	331
YS/T 276.11—2011	铟化学分析方法 第11部分:砷、铝、铅、铁、铜、镉、锡、铊、铊、铊、铊量的测定 电感耦合等离子体质谱法	339
YS/T 519.1—2009	砷化学分析方法 第1部分:砷量的测定 溴酸钾滴定法	347
YS/T 519.2—2009	砷化学分析方法 第2部分:铋量的测定 孔雀绿分光光度法	353
YS/T 519.3—2009	砷化学分析方法 第3部分:硫量的测定 硫酸钡重量法	359
YS/T 519.4—2009	砷化学分析方法 第4部分:铋、铋、硫量的测定 电感耦合等离子体原子发	

射光谱法	365
YS/T 602—2007 区熔锗电阻率测试方法 两探针法	371
YS/T 679—2008 非本征半导体中少数载流子扩散长度的稳态表面光电压测试方法	377
YS/T 715.1—2009 二氧化硒化学分析方法 第1部分:二氧化硒量的测定 硫代硫酸钠滴定法	391
YS/T 715.2—2009 二氧化硒化学分析方法 第2部分:砷、镉、铁、汞、铅量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法	397
YS/T 715.3—2009 二氧化硒化学分析方法 第3部分:氯量的测定 氯化银浊度法	405
YS/T 715.4—2009 二氧化硒化学分析方法 第4部分:灼烧残渣的测定 重量法	411
YS/T 715.5—2009 二氧化硒化学分析方法 第5部分:水不溶物含量的测定 重量法	415
YS/T 839—2012 硅衬底上绝缘体薄膜厚度及折射率的椭圆偏振测试方法	419
YS/T 917—2013 高纯镉化学分析方法 痕量杂质元素含量的测定 辉光放电质谱法	429
附录1 SEMI 标准目录	435
附录2 国外标准目录	447

硅外延层和扩散层厚度测定 磨角染色法

1 主题内容与适用范围

本标准规定了硅外延层和扩散层厚度 磨角染色法测试方法。

本标准适用于薄层与衬底导电类型不同或两层电阻率相差至少一个数量级的任意电阻率的薄层厚度测量。测量范围:1~25 μm 。

2 引用标准

GB 1550 硅单晶导电类型测量方法

3 方法提要

试样经研磨获得一个与原始表面有很小倾角的斜面,通过化学染色在斜面上显露出薄层与衬底的界面。用单色光照射,透过部分镀银光学玻璃产生干涉条纹。摄取试样干涉条纹的显微照片,根据干涉条纹数计算薄层厚度。

4 试剂与材料

- 4.1 氢氟酸: ρ 1.15 g/mL,分析纯。
- 4.2 硝酸: ρ 1.42 g/mL,分析纯。
- 4.3 过氧化氢:30%,分析纯。
- 4.4 硝酸银:分析纯。
- 4.5 高纯水:电阻率大于 $2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ (23 $^{\circ}\text{C}$)。
- 4.6 硝酸银溶液:称取 2 g 硝酸银(4.4),溶于水,并用水稀释至 100 mL。
- 4.7 腐蚀液 A:50 mL 氢氟酸(4.1)中滴加 8 滴硝酸(4.2)。
- 4.8 腐蚀液 B:30 mL 氢氟酸(4.1)与 15 mL 过氧化氢(4.3)的混和液。
- 4.9 腐蚀液 C:10 mL 氢氟酸(4.1)中滴加 4 滴硝酸(4.2)和 2 滴硝酸银溶液(4.6)。
- 4.10 腐蚀液 D:20 mL 氢氟酸(4.1)中滴加 1~3 滴硝酸(4.2)。
- 4.11 研磨料:粒度 1~3 μm 的刚玉粉或碳化硅粉。
- 4.12 抛光料:平均粒度为 0.3 μm 的刚玉粉。
- 4.13 压缩空气或氮气(干燥无油)。
- 4.14 粘片蜡。
- 4.15 甘油。
- 4.16 若干块部分镀银光学平板玻璃或具有不同透明度的显微载物玻璃片。

5 试验装置

- 5.1 磨角装置:由一个使试样倾斜 1° ~ 5° 的柱塞和柱塞套组成,见图 1。

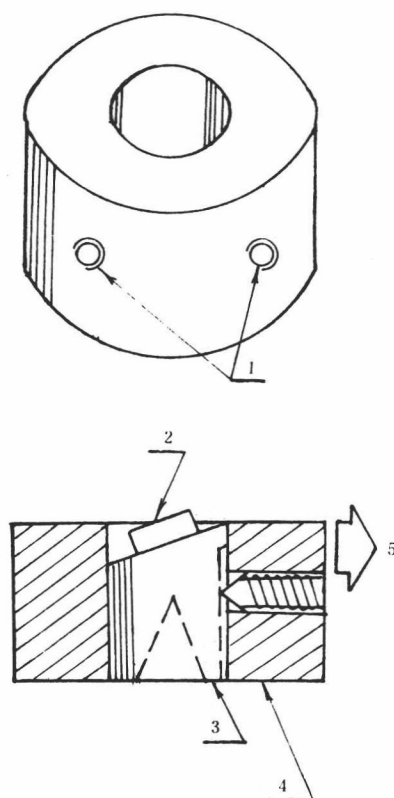


图 1 磨角装置示意图

1—调节螺丝；2—试样；3—柱塞；

4—柱塞套；5—研磨方向

5.2 测量装置：备有专用双束干涉仪或带有照相装置的光学显微镜（放大倍数 200 倍），光源为汞蒸气灯或钠光灯。测量装置原理图，见图 2。

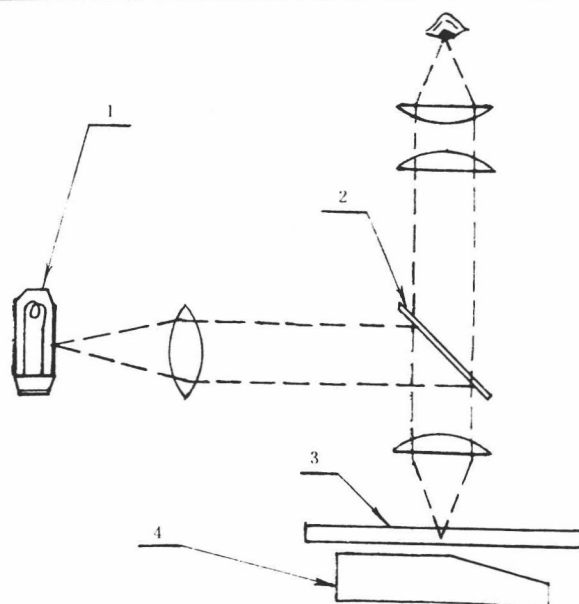


图 2 测量装置原理图

1—单色光源；2—半镀银反射镜；3—部分镀银光学
平板玻璃片；4—经抛光的镜面试样

5.3 低倍立体显微镜，放大倍数约 40 倍。

5.4 聚乙烯容器、金刚石划片刀、加热电炉和钢化平板玻璃。

6 试样制备

6.1 粘片

6.1.1 在试样待测部位，通过划片将其分割成至少为长 6 mm 宽 3 mm 的小片试样。

6.1.2 在电炉板上加热柱塞，在柱塞的粘片区域均匀涂一层薄的蜡膜。

6.1.3 将小片试样的背面贴在蜡膜上，压紧，使待测截面的边缘平行于柱塞斜面的顶端线。

6.1.4 将柱塞急速水冷至室温。

6.2 研磨与抛光

6.2.1 将甘油倒在钢化平板玻璃上，与研磨料配成膏状物。

6.2.2 层厚为 1~5 μm 的试样适宜用粒度 1 μm 的刚玉粉，层厚大于 5 μm 的试样，可选用粒度 2~3 μm 的刚玉粉。

6.2.3 将柱塞插入柱塞套内，按图 1 所示的方向平稳地研磨，直到试样磨面宽度约为 1 mm 为止。

6.2.4 试样研磨后必须用甘油与抛光料配成的膏状物进行抛光。其操作与研磨相同。抛光程度的控制以染色后衬底与薄层之间得到清晰的界面为准。

6.2.5 用水洗净装有试样的磨角器，吹干。

6.3 染色

6.3.1 根据 GB 1550 确定薄层和衬底的导电类型，按表 1 选择腐蚀液。

表 1 腐蚀液选择

试样导电类型	推荐腐蚀液	可代用的腐蚀液
n/p 或 p/n	A	氢氟酸
n/n ⁺ 或 p/p ⁺	B 或 C	D

- 6.3.2 将柱塞放在低倍显微镜下,用显微镜光源照射试样,调整柱塞位置,使抛光面获得最大亮度。
- 6.3.3 用一塑料管,在抛光面上滴一滴所选定的腐蚀液,通过低倍显微镜观察试样染色情况。在染色发生时,继续用显微镜光源照射试样,直到显示出清晰的界面时,立即把柱塞和试样浸入水中。
- 6.3.4 用水洗净试样,吹干。如果界面清晰,则进行厚度测量,否则按 6.2.2~6.2.5 条重新处理。

7 测量步骤

- 7.1 将制备好的试样放在干涉仪或显微镜的载物台上。
- 7.2 把一块部分镀银光学平板玻璃片放在试样上部,镀银面朝下,然后对试样成像聚焦。
- 7.3 用单色光照射试样,使其产生干涉条纹图形。
- 7.4 移动部分镀银光学平板玻璃片,调节干涉条纹图形,使条纹图形类似于图 3。

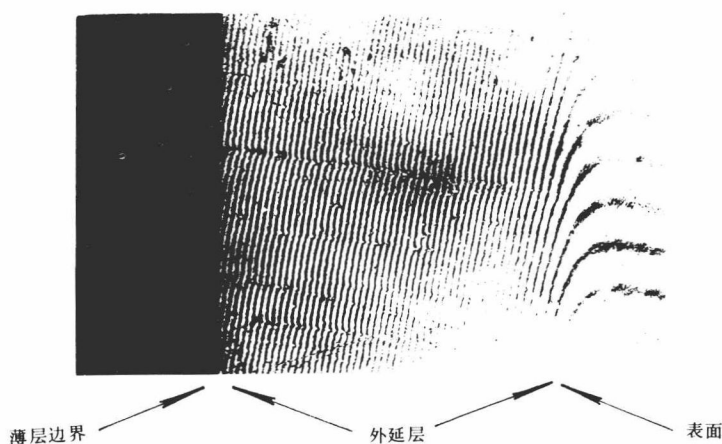


图 3 试样的干涉条纹图形

- 7.5 摄取试样干涉条纹图形的显微照片。
- 7.6 在显微照片上画一条平行于表面干涉条纹的直线并把该直线延长到由染色所显示的被研磨面的薄层界面。
- 7.7 记下研磨区边缘与薄层界面之间和直线相交的干涉条纹级数。

8 测量结果的计算

- 8.1 由下式计算层厚:

$$T = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

式中: T —— 层厚, μm ;

N —— 干涉条纹数;

λ —— 单色光波长, μm 。

9 精密度

对于薄层厚度为 $1 \sim 25 \mu\text{m}$ 的试样,多个实验室的测量精度为 $\pm(0.056 T + 0.8 \mu\text{m})(R3S)$ 。当薄层与衬底异电类型相反时,单个实验室的精密度为 $\pm 0.91 \mu\text{m}(R3S)$;当薄层与衬底导电类型相同时,单个实验室的精密度为 $\pm 0.98 \mu\text{m}(R3S)$ 。

10 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a. 试样编号；
- b. 薄层与衬底的导电类型；
- c. 干涉条纹数；
- d. 外延层或扩散层厚度 T , μm ；
- e. 本标准编号；
- f. 操作者；
- g. 检测日期。

附加说明：

本标准由中国有色金属工业总公司标准计量研究所提出。

本标准由上海有色金属研究所负责起草。

本标准主要起草人张玉芬、夏锦禄。



硅外延层厚度测定 堆垛层错尺寸法

1 主题内容与适用范围

本标准规定了根据堆垛层错尺寸测量硅外延层厚度的方法。

本标准适用于在〈111〉、〈100〉和〈110〉晶向的硅单晶衬底上生长的硅外延层厚度的测量。

外延层中应存在着发育完整的堆垛层错,其大小可用干涉相衬显微镜直接观察(非破坏性的),或经化学腐蚀后用金相显微镜观察(破坏性的)。测量范围为 $2\sim 75\ \mu\text{m}$ 。

2 方法原理

在〈111〉、〈100〉、〈110〉三种低指数晶向的硅单晶衬底上生长的外延层中,发育完全的堆垛层错分别在外延层表面上呈现封闭的等边三角形、正方形和等腰三角形。由于硅单晶衬底有一定的晶向偏离,所以实际观察到的堆垛层错的图形会稍有变形。对上述三种低指数晶向的外延片,外延层厚度 T 和堆垛层错图形边长 L 的关系如下表所述。

衬底取向	〈111〉	〈100〉	〈110〉
层错图形	 等边三角形	 正方形	 等腰三角形
T 与 L 关系	$T=0.816\ L$	$T=0.707\ L$	$T=0.577\ L$

注: T ——外延层厚度, μm ;

L ——堆垛层错边长, μm 。

3 试剂

3.1 氢氟酸($\rho 1.15\ \text{g/mL}$):化学纯。

3.2 去离子水:电阻率大于 $2\ \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ (25°C)。

3.3 三氧化铬:化学纯。

3.4 铬酸溶液:50 g 三氧化铬(3.3)溶于 80 mL 水中,稀释到 100 mL。

3.5 腐蚀液:氢氟酸:铬酸溶液=1:1(体积比)。

4 测量仪器

4.1 可读数的全相显微镜:物镜 $30\sim 50\times$,带有刻度的目镜 $10\sim 15\times$ 。

4.2 干涉相衬显微镜:物镜 $30\sim 50\times$,目镜 $10\sim 15\times$ 。

4.3 测微标尺:1 mm,分辨率为 0.01 mm。

- 4.4 耐酸镊子。
4.5 氟塑料容器。

5 试样制备

- 5.1 仅破坏性方法才需制备试样。
5.2 使试样外延层向上,放入氟塑料容器底部,于室温下注入腐蚀液(3.5),使腐蚀液高于试样表面 5 mm。
5.3 试样腐蚀 15~30 s 后,迅速用水稀释腐蚀液,用镊子取出试样,用水洗净,干燥。记下腐蚀时间。

6 测量步骤

- 6.1 用测微标尺校准可读数的金相显微镜,以确定刻度因子 S 。
6.2 将试样放在显微镜载物台上,外延层面垂直于物镜。
6.3 测量应在外延片非边缘部位进行。在所选定位置的视场中,应选择几何尺寸最大、轮廓分明、发育完整的堆垛层错。
6.4 转动载物台或带刻度的目镜,直到被测量的堆垛层错的一边与目镜中可动直线的移动方向平行为止。
6.5 旋转目镜游标尺,直到刻线与堆垛层错左端角顶点重合为止。
6.6 记下游标尺左端读数。
6.7 再次旋转目镜的游标尺,直到刻线与堆垛层错右端角顶点重合为止。
6.8 记下游标尺右端读数。
6.9 对〈111〉和〈100〉晶向的外延层,使多边形所有的边按 6.4~6.8 条的步骤重复进行测量,对〈110〉晶向的外延层,仅测量等腰三角形的底边。

7 测量结果计算

- 7.1 对于测量的每一边,计算游标尺右边和左边的读数之差 D 。
7.2 对于测量的每一边,用公式(1)计算边长。

$$l = D \times S \quad (1)$$

式中: l ——图形边长, μm ;

D ——游标尺读数差值;

S ——刻度因子, $\mu\text{m}/\text{格}$ 。

- 7.3 对于每一个位置,除〈110〉晶向仅测量等腰三角形的底边以外,以图形各边长度的总和除以该图形的边数,计算堆垛层错图形的平均边长 $\bar{L}$ 。

$$\text{对于}\langle 111 \rangle\text{晶向}, \bar{L} = (l_1 + l_2 + l_3) / 3 \quad (2)$$

$$\text{对于}\langle 100 \rangle\text{晶向}, \bar{L} = (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) / 4 \quad (3)$$

$$\text{对于}\langle 110 \rangle\text{晶向}, L = l \quad (4)$$

- 7.4 在第一个位置上,应用关系式(5)、(6)、(7)中相应的公式计算外延层厚度:

$$\text{对}\langle 111 \rangle\text{晶向}, T_1 = 0.816 \bar{L}_1 \quad (5)$$

$$\text{对}\langle 110 \rangle\text{晶向}, T_1 = 0.577 \bar{L}_1 \quad (6)$$

$$\text{对}\langle 100 \rangle\text{晶向}, T_1 = 0.707 \bar{L}_1 \quad (7)$$

式中: T_1 ——在第一个位置上的外延层厚度值, μm ;

$\bar{L}_1$ ——在第一个位置上的堆垛层错图形边长的平均值, μm 。

- 7.5 按照 7.1~7.4 条,对试样的第二个、第三个等顺序位置测量,计算 T_2 、 T_3 ……。
7.6 应用公式(8)计算外延层厚度的平均值:

$$\bar{T} = (T_1 + T_2 + T_3 + \cdots + T_n)/n \quad \cdots \cdots (8)$$

式中： n ——测量的位置数。

7.7 由公式(9)、(10)确定外延层厚度：

$$7.7.1 \text{ 对于非破坏性测量: } T = \bar{T} \quad \cdots \cdots (9)$$

$$7.7.2 \text{ 对于破坏性测量: } T = \bar{T} + W \quad \cdots \cdots (10)$$

(9)、(10)式中： W 为被腐蚀的外延层厚度， μm 。

7.7.3 W 由式(11)计算：

$$W = r \cdot t \quad \cdots \cdots (11)$$

式中： r ——腐蚀速率， $\mu\text{m/s}$ ；

t ——腐蚀时间， s 。

注：若不知道腐蚀速率，则必须在一块与所研究的试样具有相同导电类型、电阻率和晶向的外延材料上另做实验测定。

8 精密度

本方法对于厚度为 $2 \sim 75 \mu\text{m}$ 的硅外延片，多个实验室测量精密度的精度为 $\pm(0.17T \pm 0.51 \mu\text{m})(R3S)$ 。

9 试验报告

报告应包括下列内容：

- a. 样品编号；
- b. 衬底晶向；
- c. 外延层厚度；
- d. 当材料验收需要时，可报出测量位置及分布和以微米表示的刻度因子 S ；
- e. 本标准编号；
- f. 检验单位、检验者和检验日期。

附加说明：

本标准由中国有色金属工业总公司标准计量研究所提出。

本标准由上海市有色金属总公司半导体材料厂负责起草。

本标准主要起草人吴耀芬、姚保纲、周康权。

外延钉缺陷的检验方法

1 主题内容与适用范围

本标准规定了外延钉缺陷的检验方法。

本标准适用于任何直径与晶向的硅外延片上高度不小于 $4\text{ }\mu\text{m}$ 的钉缺陷存在与否的判断。如果钉缺陷比较少且彼此不相连,本标准可用于钉缺陷的计数。

本标准不能测量钉缺陷的高度。

2 方法提要

将一片聚酯塑料薄膜以特殊方式沿三个不同方向推过试样表面,在两个或两个以上方向碰到的表面突起物被判定为钉缺陷。

3 器具与材料

3.1 真空吸片装置或镊子。

3.2 聚酯塑料薄膜,厚度为 $25\text{ }\mu\text{m}$,面积为 $50\text{ mm}\times 50\text{ mm}$ 。

4 试验样品

抽样方案及试样数量由供需双方商定。

5 检验步骤

5.1 将真空吸片装置吸住试样背面,或用镊子夹持住试样。对于仲裁检测,也可将试样外延面朝上置于清洁表面上。

5.2 拇指和食指夹住聚酯塑料薄膜,使薄膜在拇指下延伸约 25 mm ,并与试样表面成 45° 倾斜。

5.3 于参考面对面,将薄膜与试样接触,见图 1。

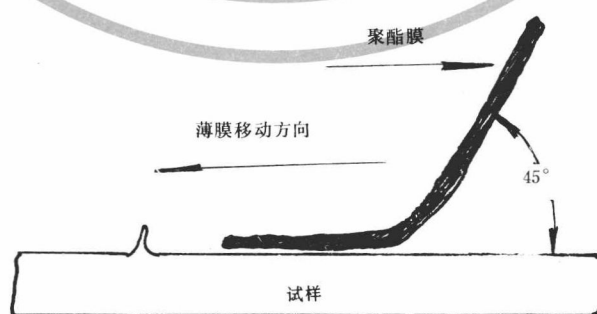


图 1 试样和聚酯膜放置方向

5.4 推动薄膜至主参考面(见图 2 中方向①)。