



团 体 标 准

T/CASAS 073—2026

碳化硅晶锭激光剥离设备通用技术规范

General technical specifications of laser-induced slicing equipment
for silicon carbide ingot

2026 – 09 – 28 发布

2026 – 09 – 28 实施

目 次

前言..... IV

引言..... V

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 分类与标记..... 2

 4.1 晶锭上下料方式..... 2

 4.2 剥离分片方式..... 2

5 组成和功能..... 3

 5.1 组成架构..... 3

 5.2 功能定位..... 3

 5.2.1 激光改质系统..... 3

 5.2.2 剥离分片系统..... 3

6 工作条件..... 3

 6.1 电源..... 3

 6.2 环境温度..... 3

 6.3 相对湿度..... 3

 6.4 洁净室等级..... 3

 6.5 电磁干扰..... 3

 6.6 地基振动要求..... 3

 6.7 压缩空气供应要求..... 4

 6.8 水供应要求..... 4

 6.8.1 冷却水供应要求..... 4

 6.8.2 加工用水供应要求..... 4

7 加工对象..... 4

 7.1 晶体类型..... 4

 7.2 晶体尺寸..... 4

 7.3 晶体面型..... 4

 7.4 多晶占比..... 4

 7.5 晶体电学特性..... 4

8 技术要求..... 4

 8.1 一般要求..... 4

 8.1.1 外观要求..... 4

 8.1.2 电气要求..... 4

 8.1.3 安全要求..... 5

 8.1.4 软件要求..... 5

 8.1.4.1 软件功能..... 5

8.1.4.2 权限等级	5
8.2 激光改质系统	5
8.2.1 激光器	5
8.2.2 光路模块	6
8.2.3 多轴运动平台	6
8.2.4 晶锭承载装置	6
8.2.5 其他模块	6
8.3 剥离分片系统	6
8.3.1 超声振动方式	6
8.3.1.1 液体容器模块	6
8.3.1.2 超声振动模块	6
8.3.1.3 其他模块	6
8.3.2 机械拉伸方式	6
8.3.2.1 夹持固定模块	6
8.3.2.2 机械拉伸模块	6
8.3.2.3 其他模块	7
8.3.3 其他方式	7
8.4 整机性能	7
8.4.1 单片损耗	7
8.4.2 加工节拍	7
8.4.3 加工良率	7
9 证实方法	7
9.1 一般要求	7
9.1.1 外观	7
9.1.2 电气性能	7
9.1.3 安全性能	7
9.1.4 软件	7
9.1.4.1 软件功能	7
9.1.4.2 软件权限	7
9.2 激光改质系统	8
9.2.1 激光器	8
9.2.2 光路模块	8
9.2.3 多轴运动平台	8
9.2.4 晶锭承载装置	8
9.2.5 其他模块	8
9.3 剥离分片系统	8
9.3.1 超声振动方式	8
9.3.1.1 液体容器模块	8
9.3.1.2 超声振动模块	8
9.3.1.3 其他模块	8
9.3.2 机械拉伸方式	9

9.3.2.1 夹持固定模块..... 9

9.3.2.2 机械拉伸模块..... 9

9.3.2.3 其他模块..... 9

9.3.3 其他方式..... 9

9.4 整机性能..... 9

9.4.1 单片损耗..... 9

9.4.2 加工节拍..... 9

9.4.3 加工良率..... 9

10 标志、包装、运输和贮存..... 9

10.1 标志..... 9

10.1.1 设备标牌..... 9

10.1.2 包装箱标志..... 9

10.1.2.1 信息标志..... 9

10.1.2.2 图示标志..... 10

10.2 包装..... 10

10.3 运输..... 10

10.4 贮存..... 10

参考文献..... 11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA）制定发布，版权归CASA所有，未经CASA许可不得随意复制；其他机构采用本文件的技术内容制定标准需经CASA允许；任何单位或个人引用本文件的内容需指明本文件的标准号。

本文件主要起草单位：中国电子科技集团公司第二研究所、河北同光半导体股份有限公司、北京中电科电子装备有限公司、广东国志激光技术有限公司、西湖仪器（杭州）技术有限公司、江苏第三代半导体研究院有限公司、深圳平湖实验室、南京大学、北京大学东莞光电研究院、山东大学、中国科学院西安光学精密机械研究所、西北工业大学、广州南砂晶圆半导体技术有限公司、山东芯光光电科技有限公司、北京晶飞半导体科技有限公司、北京第三代半导体产业技术创新战略联盟。

本文件主要起草人：胡北辰、张彩云、崔景光、李青璇、张志耀、郭东、张文斌、张红梅、刘东立、周国清、王映德、修向前、吴载炎、陈秋、王力锋、范志强、张木青、姚爽、韩世飞、刘峰江、陈秀芳、俞小英、邹兴、王荣堃、朱宏伟、高伟、杨兰芳、徐瑞鹏。

引 言

碳化硅（SiC）作为宽禁带半导体材料的典型代表，具有宽禁带、高击穿电场强度、高热导率及优异的化学稳定性，在高温、高频、高功率电子器件领域展现出不可替代的优势，广泛应用于新能源汽车、轨道交通、智能电网、卫星通信、光伏发电等高端领域。随着宽禁带半导体产业的快速发展，产业界对大尺寸SiC晶圆衬底低成本、高效率、高质量加工制造的需求日益增长，而SiC材料极高的硬度和脆性特性，给晶体加工带来了巨大挑战。

传统SiC晶锭切片主要采用金刚石线锯切割技术，该技术存在材料损耗大、加工效率低、切割表面/亚表面损伤层深等技术痛点。激光剥离技术凭借非接触式加工、高灵活性、低材料损耗、高加工效率等优势，逐渐成为SiC晶体切片领域的重要技术方向，其通过高能激光在晶体内部形成深度可控的改质层，诱导材料分离，可显著降低材料损耗、提升加工效率与产品质量，为SiC晶体加工提供了高效可行的解决方案。

目前，我国SiC晶锭激光剥离设备已实现从原理验证到工程化应用的技术跨越，但行业内仍存在设备名称及技术术语不统一、核心技术参数定义不规范、性能评价指标不一致、设备功能及测试方面不完善、安全与可靠性要求缺失等问题，不同厂家生产的设备存在较大差异，不仅影响了SiC晶圆加工的稳定性和一致性，也不利于行业的规范化、高质量发展，制约了激光剥离技术在SiC加工领域的规模化推广应用。

为规范SiC晶体激光剥离设备的设计制造与检验应用，统一设备的技术要求、检测方法及安全、环境等相关要求，解决行业发展中的标准化瓶颈，保障设备质量的稳定性和可靠性，提升我国SiC晶锭激光剥离设备的产业化水平和市场竞争力，推动宽禁带半导体产业健康有序发展。

碳化硅晶锭激光剥离设备通用技术规范

1 范围

本文件规定了碳化硅（SiC）晶锭激光剥离设备（以下简称“设备”）的分类与标记、组成和功能、工作条件、加工对象、技术要求、证实方法、标志、包装、运输和贮存。
本文件对设备的设计、制造、检验、验收及使用维护提供技术依据。金刚石、氮化镓、氮化铝、氧化镓等材料激光剥离设备可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储存图示标志
- GB/T 2894 安全色和安全标志
- GB/T 2893.2 图形符号 安全色和安全标志 第2部分：产品安全标签的设计原则
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求
- GB/T 15175 固体激光器主要参数测量方法
- GB/T 17421.2 机床检验通则 第2部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定
- GB 50073 洁净厂房设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

激光剥离工艺 laser induced slicing process

激光剥离工艺由激光改质、剥离分片、晶锭磨削减薄、晶圆磨削减薄等工序组成。

注：激光剥离工艺是首先对晶锭采用磨削减薄方式将表面加工至平整光滑（满足激光改质要求），然后进行激光改质，进而将晶片从晶锭上剥离分片的过程。剥离后的晶锭再次采用磨削减薄方式将表面加工至平整光滑，而后进行下一轮激光改质与剥离分片。剥离后的晶片采用磨削减薄方式将表面加工至平整光滑，而后进行倒角、抛光、清洗等加工过程，最终形成SiC衬底晶圆片。



图1 SiC 晶体激光剥离工艺流程图

3.2

激光改质 laser modification

激光穿透SiC晶体表面聚焦于预设深度的晶体内部，使晶体内发生熔融、分解、相变、断裂等状态改变，在晶体内部产生微裂纹，形成改质层的过程。

3.3

剥离分片 wafer lift-off

对激光改质后的SiC晶锭施加包括但不限于超声振动、机械拉伸的外部载荷，使晶锭改质层的裂纹发生延伸扩展，形成平直分离缝，进而实现晶片与晶锭分离的过程。

3.4

碳化硅晶锭激光剥离设备 laser induced slicing equipment for SiC ingot

用于SiC晶锭切片加工的设备，由激光改质系统、剥离分片系统构成。

注1：激光改质系统用于控制激光与晶锭相互运动实现扫描，在晶锭内部产生微裂纹，形成改质层。

注2：剥离分片系统用于对激光改质后的SiC晶锭施加外部载荷，将晶片从晶锭上分离。

3.5

单片损耗 kerf loss

使用激光剥离工艺获得一片质量合格的磨削减薄后晶片，加工过程所消耗的SiC晶体材料总厚度，即将激光剥离后晶锭、晶片均加工至平整光滑、无激光改质痕迹后，加工前晶锭厚度（X0）减去剥片减薄后晶锭厚度（X1），再减去剥片减薄后晶片厚度（Y1）的剩余部分。如图2所示，单片损耗 $L=X0-X1-Y1$ 。

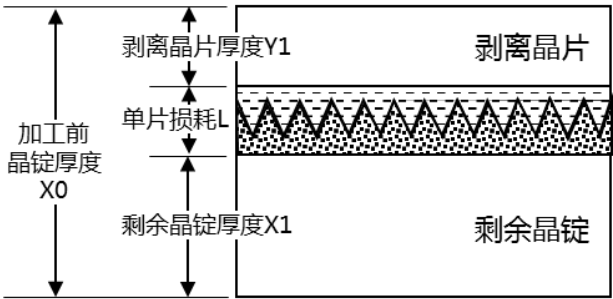


图2 激光剥离单片损耗示意图

3.6

加工节拍 manufacturing duration

激光剥离过程中激光改质、剥离分片工序的加工时间的最大值。

3.7

加工良率 manufacturing yield

激光剥离设备批量加工制造SiC晶片，合格晶片数量与总产出晶片数量的比值。合格晶片需满足剥离并磨削减薄后无径向长度 $\geq 100\mu\text{m}$ 的崩边、无激光烧蚀痕迹、无表面及内部裂纹的条件。

4 分类与标记

4.1 晶锭上下料方式

激光剥离设备按晶锭装载方式分为手动上下料、全自动上下料。

a) 手动上下料方式：

在晶锭加工过程中，人工将晶锭搬运至激光改质设备的加工工位上，激光改质完成后再人工搬运至剥离分片系统的加工工位上，最终由人工操作取出剥离后的晶片与晶锭的上下料方式。

b) 自动上下料方式：

人工搬运晶锭至激光剥离设备的上下料缓存库，而后晶锭按需自动传输至激光改质、剥离分片工位，剥离后晶片自动放入晶片料盒，再由人工取出整盒剥离后晶片的上下料方式。

4.2 剥离分片方式

激光剥离设备按剥离分片的原理方法，主流类型包括但不限于超声振动式、机械拉伸式，亦可根据技术发展采用其他新型剥离方式。

a) 超声振动式剥离方式：

将激光改质后的 SiC 晶锭置于液体介质中，对液体介质施加超声振动，超声振动能量由液体介质传导至 SiC 晶锭的改质层实现裂纹扩展与剥离分片。

b) 机械拉伸式剥离方式:

通过胶粘固化、真空吸附等夹持形式对激光改质后的 SiC 晶锭端面进行固定,对晶锭改质裂纹界面施加轴向拉伸载荷,促使晶锭内部裂纹完全贯通,实现晶片与晶锭分离,最终通过后处理工序获得 SiC 晶片。

c) 其他剥离方式:

随着激光剥离技术发展,可采用除超声振动、机械拉伸以外的其他方式对激光改质后的晶锭施力,促使晶片从晶锭上分离,本文件不对具体剥离方式作统一限定。

5 组成和功能

5.1 组成架构

SiC晶锭激光剥离设备主要由激光改质系统、剥离分片系统构成。

激光改质系统的典型组成包括但不限于激光器、光路模块、多轴运动平台、晶锭承载装置等模块,具体配置可根据工艺需求调整。

剥离分片系统的组成根据剥离分片方式确定,不同工艺路线可配置不同的功能模块:

——超声振动式剥离分片系统的典型组成包括但不限于液体容器模块、超声振动模块等;

——机械拉伸式剥离分片系统的典型组成包括但不限于夹持固定模块、加压固化模块、机械拉伸模块等;

——其他方式的剥离分片系统组成由相应工艺原理确定,本文件不作统一规定。

5.2 功能定位

5.2.1 激光改质系统

将表面磨削减薄至光滑镜面后的晶锭放置在激光改质系统中,设置激光改质参数将激光聚焦于晶锭内部预设位置,实现激光连续扫描,形成由裂纹与改质点组成的垂直于激光入射方向的改质层。

5.2.2 剥离分片系统

将激光改质后的晶锭放置在剥离分片系统中,设置剥离分片参数,施加载荷使改质层的裂纹扩展贯通,从而使晶片从晶锭上完整分离。

6 工作条件

6.1 电源

电源为三相五线交流电(电压为 $380 \times (93 \sim 107)\%$ V)或单相三线交流电($220 \times (90 \sim 107)\%$ V),频率为 $50 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$ 。

6.2 环境温度

环境温度为 $20^\circ\text{C} \sim 26^\circ\text{C}$,24小时内温度变化 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ 。

6.3 相对湿度

相对湿度小于60%,且无凝露。

6.4 洁净室等级

洁净室应符合GB 50073中的规定,洁净度等级优于4级。不含腐蚀性、易燃性和有毒气体。

6.5 电磁干扰

设备安装处附近应无强烈电磁干扰,远离无线电发射站或中继站。

6.6 地基振动要求

地基振幅应 $< 50 \mu\text{m}$,振动加速度应 $< 0.05 \text{ g}$ 。

6.7 压缩空气供应要求

如设备工作需供应压缩空气,则要求压力0.5 MPa~0.8 MPa,压力波动 ≤ 0.03 MPa,残油率 ≤ 0.1 ppm,露点温度 ≤ -15 °C。

6.8 水供应要求

6.8.1 冷却水供应要求

设备冷却水应使用去离子水或蒸馏水,可添加防冻液等添加剂。冷却水通常由循环或非循环的压缩制冷机及水路供应。根据设备不同部件的恒温控制需求,需向各部件提供不同流量、不同温度的恒温冷却水。

6.8.2 加工用水供应要求

若采用超声剥离分片方式,应供应去离子水或蒸馏水作为加工用水,可根据工艺需求添加不同作用的添加剂。

设备工作需供应冷却水;若采用超声剥离方式,则需供应定期排放加工用水。

7 加工对象

7.1 晶体类型

SiC晶锭激光剥离设备主要用于SiC单晶的晶锭切片加工,适用的晶体类型包括导电型SiC单晶、半绝缘型SiC单晶、光学应用型SiC单晶。

7.2 晶体尺寸

SiC晶锭激光剥离设备可加工晶体最大厚度应大于等于30 mm,可加工晶体最大直径由供需双方协商确定。

7.3 晶体面型

SiC晶锭激光剥离设备适用晶体的激光入射面需经过晶锭磨削减薄机加工,厚度偏差小于等于15 μm 、粗糙度小于等于15 nm。

7.4 多晶占比

SiC晶锭激光剥离设备适用晶体的激光入射面多晶面积占比应小于等于5 %。

7.5 晶体电学特性

若SiC晶锭激光剥离设备的加工对象为导电型SiC单晶,则其激光入射面的电阻率应大于等于0.015 $\Omega\cdot\text{cm}$ 。

8 技术要求

8.1 一般要求

8.1.1 外观要求

8.1.1.1 设备外观应无明显缺陷,表面涂层均匀,标识清晰、规范。

8.1.1.2 设备结构设计合理、刚性充足,易磨损、易更换部件应具有通用性和互换性,便于操作、维护和升级。

8.1.1.3 设备冷却水等液体管道和接口无漏液现象。

8.1.2 电气要求

- 8.1.2.1 电控模块应符合相关标准规范要求，应设有急停及故障报警指示灯。
- 8.1.2.2 所有电气模块应与设备壳体可靠连接。
- 8.1.2.3 激光剥离设备壳体接地电阻应不大于 4 Ω。
- 8.1.2.4 激光剥离设备电气控制模块应具有过载、漏电、短路的保护功能。

8.1.3 安全要求

- 8.1.3.1 机械防护应设置必要的防护栏、防护罩，对运动部件、易接触危险部件进行有效防护，满足相关安全标准要求。
- 8.1.3.2 激光剥离设备扫描区外应由安全罩层或防护窗保护，设备外部不可泄露激光。
- 8.1.3.3 激光剥离设备应具有下述醒目警告标志，标志的颜色应符合 GB/T 2893.2 的规定，标志的图形和尺寸应符合 GB/T 2894 的规定。
 - a) 电气危险，即当心触电标志；
 - b) 激光辐射危害和必要的防护措施警示或提醒，即激光辐射警告标志、激光辐射窗口标志。

8.1.4 软件要求

8.1.4.1 软件功能

软件应包括以下功能:

- a) 具备良好的人机交互性，操作界面简洁易懂；
- b) 可建立、编辑、存储、删除激光改质系统、剥离分片系统的工艺配方，支持工艺参数的灵活设置与存储，适配不同工艺方案的参数调整需求；
- c) 可显示、记录设备核心工艺参数和运行状态参数；
- d) 具备设备状态日志记录、存储、导出功能，存储周期满足追溯要求；
- e) 可根据定位、调试、加工等需求控制设备各部件运行，包括激光改质系统的激光参数控制、焦点形态调整、多轴运动平台扫描路径与速度控制，超声式剥离分片系统的超声振动参数控制、液体介质加入与排出，机械拉伸式剥离分片系统的涂胶、加压、拉伸等；
- f) 可包含激光改质、剥离分片加工效果观察判断、晶锭与晶片编码读取记录等功能。

8.1.4.2 权限等级

软件应按照不同的用户设定不同的权限，权限至少对应以下三级操作界面:

- a) 一级操作界面(初级权限)；
 - b) 二级操作界面(中级权限)；
 - c) 三级操作界面(高级权限)。
- 各级权限说明见表1。

表1 软件权限等级说明

操作界面	使用对象	权限
一级操作界面	操作员	只可执行程序，不可更改工艺参数
二级操作界面	工艺工程师	可执行程序，可更改工艺参数，可读取、存储工艺数据
三级操作界面	管理员	可执行程序，可更改工艺参数，可读取、存储工艺数据，可更改位置参数，可控制各运动部件独立运动，可读取设备日志

8.2 激光改质系统

8.2.1 激光器

- 8.2.1.1 激光器应根据激光改质工艺需求，具备激光功率、重复频率等参数的调节控制功能。

8.2.1.2 激光输出性能稳定,在额定工作条件下,脉冲能量峰峰值不稳定度应不大于 1%,重复频率不稳定度应不大于 1%,光束指向不稳定度应不大于 5 μrad 。(不稳定度定义参考 GB/T 15175)

8.2.1.3 在额定工作条件下,激光器输出功率应具备长期稳定性。

8.2.1.4 激光器应具备过热、过电流、冷却水异常、光路异常等报警及保护功能。

8.2.2 光路模块

8.2.2.1 光路模块将激光光束传递至待改质加工位置,通常具备光束整形功能。

8.2.2.2 光路模块应具有一定的稳定性,7 天内激光改质加工处光斑漂移不超过 0.5 mm。

8.2.3 多轴运动平台

8.2.3.1 多轴运动平台用于控制激光焦点与 SiC 晶锭的相对运动,将激光焦点在晶锭内部预设深度精确定位并完成整个晶锭的扫描。多轴运动平台至少具有 X、Y、Z 轴。

8.2.3.2 多轴运动平台 Z 轴重复定位精度误差应 $\leq\pm 1\ \mu\text{m}$,X 轴、Y 轴重复定位精度误差应 $\leq\pm 3\ \mu\text{m}$

8.2.4 晶锭承载装置

8.2.4.1 晶锭承载装置用于固定晶锭并带动晶锭运动,通常采用真空吸附式承载台;

8.2.4.2 晶锭承载装置应具备无损承载固定晶锭的能力,且适配不同厚度、规格的 SiC 晶锭。

8.2.5 其他模块

激光改质系统还可具备晶锭定位、加工效果的机器视觉判断、晶锭编码读取、晶锭掺杂浓度检测等模块。

8.3 剥离分片系统

剥离分片系统应具备使激光改质后的晶锭完成晶片完整分离的能力,系统配置根据剥离方式确定。主流剥离方式的典型技术要求如下,包括但不限于所列模块及指标。

8.3.1 超声振动方式

超声振动式剥离分片系统的典型功能模块包括但不限于液体容器模块、超声振动模块等。

8.3.1.1 液体容器模块

应具备容纳液体介质的容器结构,容器尺寸应保证晶锭待剥离部分可完全浸没于液体介质中。

8.3.1.2 超声振动模块

应具备向液体介质施加振动能量、促进晶锭内部裂纹扩展的能力。在设备门关闭状态下,超声振动模块工作时的噪音应低于 85 dB。

8.3.1.3 其他模块

可根据工艺需求配置其他功能模块,包括但不限于加工效果的机器视觉判断、晶锭/晶片编码读取、晶锭晶片干燥清洁等模块。

8.3.2 机械拉伸方式

机械拉伸式剥离分片系统通过施加轴向拉力实现晶片分离,典型功能模块包括但不限于夹持固定模块、加压固化模块、机械拉伸模块等。

8.3.2.1 夹持固定模块

可采用胶粘固化、真空吸附等多种形式,应保证晶锭固定牢固、界面受力均匀,粘结或吸附强度足以支撑晶片剥离过程的力学要求。

8.3.2.2 机械拉伸模块

应具备施加轴向拉力的能力,使晶锭内部裂纹在外加拉力作用下实现横向扩展,保证晶片完整剥离。

8.3.2.3 其他模块

可根据工艺需求配置其他功能模块,包括但不限于晶片除胶清洗、剥离效果机器视觉判断、晶锭/晶片编码读取等模块。

8.3.3 其他方式

采用超声振动、机械拉伸以外的其他剥离方式时,系统组成及技术指标应满足本文件规定的通用要求及整机性能要求,具体配置由供需双方协商确定。

8.4 整机性能

8.4.1 单片损耗

激光剥离设备进行SiC标准晶圆剥离加工时,单片损耗应不超过100 μm 。

8.4.2 加工节拍

激光剥离设备进行6英寸SiC标准晶圆剥离加工时,加工时间应不超过25 min;激光剥离设备进行8英寸SiC标准晶圆剥离加工时,加工时间应不超过40 min。

8.4.3 加工良率

激光剥离设备进行SiC标准晶圆剥离加工时,加工良率应不低于98 %。

9 证实方法

9.1 一般要求

9.1.1 外观

按照8.1.1的要求,采用目视法进行检查设备外观情况。

9.1.2 电气性能

9.1.2.1 试运行启动/停机开关,检查是否能整机上电/断电。试运行停机开关时,能隔离激光光束或使激光器停止产生激光光束。按下急停开关,激光剥离设备能全部断电,同时激光器电源切断。测试设备运行状态,在加工、待机、报错等状态下报警灯可按照相关标准规范亮起。

9.1.2.2 按照图纸检查电气模块是否可靠连接。

9.1.2.3 使用接地电阻测量仪测量设备壳体接地电阻。

9.1.2.4 使控制箱分别处于过载、漏电、短路状态,检查保护功能是否启动。

9.1.3 安全性能

9.1.3.1 按照 8.1.3.1 要求,目视检查设备是否配备机械防护装置。

9.1.3.2 按照 8.1.3.2 要求,目视检查设备扫描区是否有安全罩或防护窗。并按照 GB/T 7247.1 检查设备安全罩或防护窗关闭状态下的辐射强度。

9.1.3.3 检查有无警告标识。目测检查是否具有当心触电、激光辐射警告、激光辐射窗口三大标志,标志颜色的色度性能按照 GB/T 2893.2 中 6.1 的规定进行测量,光度性能按照 GB/T 2893.2 中 6.2 的规定进行测量。标志的尺寸利用卷尺和卡尺进行测量,检查标志的图形是否符合 GB/T 2894 的规定。

9.1.4 软件

9.1.4.1 软件功能

按照8.1.4.1的要求,分别验证设备软件是否具备规定的各项功能。

9.1.4.2 软件权限

按照8.1.4.2的要求,通过软件分别登入初级、中级和高级的用户权限级别,检查是否只可对应执行如表1所述的权限内容。

9.2 激光改质系统

9.2.1 激光器

9.2.1.1 使用激光器调试软件,测试是否具备调节控制激光功率、重复频率等参数的功能。

9.2.1.2 参考 GB/T 15175,测试激光器脉冲能量峰峰值不稳定性、重复频率不稳定性、光束指向不稳定性。

9.2.1.3 参考 GB/T 34986 与 GB/T 5080.1,采用加速试验的方法验证激光器的功率长期稳定输出能力。

9.2.1.4 调试激光器电控模块,验证在过热、过电流、冷却水异常、光路异常等情况下可触发报警与保护。

9.2.2 光路模块

9.2.2.1 激光器正常出光情况下,在激光改质焦点前使用激光功率计检测激光功率,验证焦点前功率能否达到加工需求。

9.2.2.2 分别在完成光路调整时、调整后 8 小时、调整后 1 日、调整后 7 日,在光路中固定位置安装带有位置标记与标尺刻度为 0.5 mm 的感光片(例如在物镜上方),观测感光片上的激光光点与位置标记的相对位置,判断光路是否发生 0.5 mm 以上的偏移。

9.2.3 多轴运动平台

9.2.3.1 操作设备软件,验证运动平台能否驱动激光焦点与 SiC 晶锭在 X、Y、Z 方向相对运动。

9.2.3.2 参考 GB/T 17421.2 使用激光干涉仪测试各轴重复定位精度。

9.2.4 晶锭承载装置

9.2.4.1 目视晶锭夹持装置。设定运动平台以激光改质加工时的速度运动,验证晶锭能否被稳定固定于晶锭承载装置上;

9.2.4.2 将不同厚度、规格的 SiC 晶锭放置在夹持装置上固定,测试后取下晶锭,检查有无崩边等损伤。

9.2.5 其他模块

按照设备说明书及功能需求,测试其他模块功能。

9.3 剥离分片系统

剥离分片系统的验证应根据设备采用的剥离方式开展,主流剥离方式的典型验证项目包括但不限于以下内容。

9.3.1 超声振动方式

9.3.1.1 液体容器模块

检查剥离分片系统是否具备液体容器结构。将待加工晶锭放入盛有液体的容器,验证晶锭待剥离部分能否被液体完全浸没。

9.3.1.2 超声振动模块

测试超声振动模块是否具备促进晶锭内部裂纹扩展的能力。使用声级计检测设备门关闭状态下,超声振动模块工作时的噪音值。

9.3.1.3 其他模块

根据设备实际配置及功能需求,对相应模块的功能进行验证。

9.3.2 机械拉伸方式

9.3.2.1 夹持固定模块

验证夹持固定效果,对于胶粘、真空吸附等典型形式,分别检查晶锭固定牢固度、界面受力均匀性,确认无偏移、无晶锭损伤,满足剥离力学要求。

9.3.2.2 机械拉伸模块

检查机械拉伸模块的运行稳定性,验证其拉力输出均匀性,确认可实现晶片完整、无损剥离。

9.3.2.3 其他模块

根据设备实际配置及功能需求,对相应模块的功能进行验证。

9.3.3 其他方式

采用超声振动、机械拉伸以外的其他剥离方式时,应验证设备实现晶片完整无损剥离的能力,满足本文件规定的整机性能要求,具体验证方法可由供需双方协商确定。

9.4 整机性能

9.4.1 单片损耗

对激光剥离后的晶片与晶锭分别进行磨削减薄加工,直至无裂纹与激光烧蚀损伤并且表面平整光滑,采用接触式测厚仪分别检测加工前后SiC晶锭/晶圆中心厚度。加工前SiC晶锭中心厚度记为X0,剥片减薄后SiC晶锭中心厚度记为X1,剥片减薄后SiC晶圆中心厚度记为Y1,则单片损耗 $L=X0-X1-Y1$ 。

9.4.2 加工节拍

使用设备自带计时器或自备秒表,分别测量完成晶锭激光改质、剥离分片过程所需的时间,两个工序耗时的最大值即为加工节拍。

9.4.3 加工良率

使用设备进行6/8英寸SiC标准晶圆剥离加工,采用强光灯下目视、显微镜检查等方式,检查剥离并磨削减薄后晶圆的崩边、激光烧蚀残留、裂纹等情况,统计良品数量A与不良品数量B,加工良率= $A/(A+B)$ 。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 标志

10.1.1 设备标牌

激光剥离标牌应清晰、牢固,至少包含以下内容:

- a) 商标;
- b) 设备名称;
- c) 设备型号;
- d) 制造厂名;
- e) 出厂编号;
- f) 制造日期。

10.1.2 包装箱标志

10.1.2.1 信息标志

包装箱外壁信息标记应符合GB/T 6388的规定，并至少包含以下内容：

- a) 品名规格；
- b) 数量；
- c) 重量(净重与毛重)；
- d) 生产日期；
- e) 生产工厂；
- f) 体积。

10.1.2.2 图示标志

包装箱图示标志应符合GB/T 191的规定。

10.2 包装

10.2.1 应保证产品在运输和贮存过程中不受潮、重压、碰撞，不接触腐蚀性物质和有害气体及溶剂。

10.2.2 产品用木箱包装，包装应符合用户所在地有关包装尺寸、包装标志标准及规范或规定。

10.2.3 随机文件应齐全，并封装在防潮袋内，固定在第一个包装箱内。随机文件包括但不限于：

- a) 产品使用说明书；
- b) 产品合格证或其他产品质量证明文件；
- c) 安装图；
- d) 装箱单。

10.2.4 随机提供的配件及工具应单独包装后置入第一个包装箱内。随机配件及工具应有清单，放入随机文件袋内。

10.3 运输

运输应满足以下要求：

- a) 应适应空运、陆运和水运等方式的运输；
- b) 运输过程中应防止雨雪直接淋袭；
- c) 装车和运输过程中应有防止振动与跌落的紧固措施。

10.4 贮存

激光剥离设备装箱后应贮存在环境温度为10℃~30℃，相对湿度≤65%，通风、清洁、无腐蚀气体的仓库内。贮存期间每半年抽查一次，一年全面检查一次。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4768 防霉包装
- [2] GB/T 4879 防锈包装
- [3] GB/T 5048 防潮包装
- [4] GB/T 5080.1 可靠性试验 第1部分：试验条件和统计检验原理
- [5] GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- [6] GB/T 5226.33 机械电气安全 机械电气设备 第33部分：半导体设备技术条件
- [7] GB/T 7350 防水包装
- [8] GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- [9] GB/T 16471 运输包装件尺寸与质量界限
- [10] GB/T 18490.1 机械安全 激光加工机 第1部分：通用安全要求
- [11] GB/T 18209.2 机械电气安全 指示、标志和操作 第2部分：标志要求
- [12] GB/T 30656 碳化硅单晶抛光片
- [13] GB/T 34986 产品加速试验方法
- [14] SJ/T 142 电子工业专用设备通用规范