ICS 29.045

CCS H83

YS

中华人民共和国半导体行业标准

YS/T XXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

半绝缘砷化镓单晶衬底片

Semi-insulated gallium arsenide single crystal substrate

|  |
| --- |
| （送审稿）  在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。 |
|  |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

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。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）、全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分技术委员会（SAC/TC203/SC2）提出并归口。

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。

本文件起草单位：广东先导微电子科技有限公司、云南鑫耀半导体材料有限公司、中国电子科技集团第十三研究所、有研国晶辉新材料有限公司。

本文件主要起草人： ......。

半绝缘砷化镓单晶衬底片

1. 范围

本文件规定了半绝缘砷化镓单晶衬底片（以下简称“衬底片”）的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、随行文件及订货单内容。

本文件为液封直拉法、垂直梯度凝固法、垂直布里奇曼法生长的，用于射频、太阳能电池领域的衬底片的生产、检验和质量评价。

1. 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（包括所有的修改版）适用于本文件。

GB/T 1555 半导体单晶晶向测定方法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 6618 硅片厚度和总厚度变化测试方法

GB/T 6619 硅片弯曲度测试方法

GB/T 6620 硅片翘曲度非接触式测试方法

GB/T 6621 硅片表面平整度测试方法

GB/T 6624 硅抛光片表面质量目测检验方法

GB/T 8760 砷化镓单晶位错密度的测量方法

GB/T 13387 硅及其他电子材料晶片参考面长度测量方法

GB/T 14140 硅片直径测量方法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 14844 半导体材料牌号表示方法

GB/T 17170 非掺杂半绝缘砷化镓单晶深能级EL2浓度红外吸收测试方法

GB/T 19199 半绝缘砷化镓单晶中碳浓度的红外吸收测试方法

GB/T 19921 硅抛光片表面颗粒测试方法

GB/T 26067 硅片切口尺寸测试方法

SJ/T 11488  半绝缘砷化镓电阻率、霍尔系数和迁移率测试方法

1. 术语和定义

GB/T 14264界定的术语和定义适用于本文件。

1. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AQL:接收质量限（Acceptable Quality Limit）

LEC：液封直拉法（Liquid Encapsulated Czochralski）

LLS：局部光散射体 (Localized Light Scatterer)

TIR：总指示读数（Total Indicator Reading）

TTV：总厚度变化（Total Thickness Variation）

VB：垂直布里奇曼法（Vertical Bridgman）

VGF：垂直梯度凝固法（Vertical Gradient Freeze）

1. 分类
   1. 牌号

衬底片的牌号表示方法按照GB/T 14844的规定执行。

* 1. 规格

衬底片按直径分为φ50.8mm、φ76.2mm、φ100.0mm、φ150.0mm、φ200.0mm 5种规格，或由供需双方商定。

1. 技术要求
   1. 电学性能

衬底片电学性能应符合表1的规定，电学性能分为：非掺和掺碳两种。

表 1 电学性能

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 掺杂剂 | 项 目 | 要 求 | |
| I | II |
| 非掺 | 电阻率  Ω·cm | ≥2×107 | - |
| 截面电阻率不均匀性  % | ≤15 | - |
| 霍尔迁移率  cm2/(V·s) | ≥5500 | - |
| 掺碳 | 电阻率  Ω·cm | ≥1×108 | ≥1×107 |
| 截面电阻率不均匀性  % | ≤15 | ≤15 |

表 1 电学性能（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 掺杂剂 | 项 目 | 要 求 | |
| I | II |
| 掺碳 | 霍尔迁移率  cm2/(V·s) | ≥5000 | ≥4000 |

* 1. 表面晶向及晶向偏离

衬底片的表面晶向为＜100＞，晶向偏离不大于0.5°。

* 1. 位错密度

衬底片的位错密度级别及要求应符合表2的规定。

表 2 位错密度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 直径  mm | 位错密度等级及要求  cm-2 | | |
| I | II | III |
| Ф50.8 | [0,1500] | （1500,3000] | （3000,5000] |
| Ф76.2 | [0,1500] | （1500,3000] | （3000,5000] |
| Ф100.0 | [0,1500] | （1500,3000] | （3000,5000] |
| Ф150.0 | [0,2000] | （2000,5000] | （5000,10000] |
| Ф200.0 | [0,5000] | （5000,8000] | （8000,12000] |

6.4参考面的取向、形状和尺寸

6.4.1以主副参考面为标准时，Ф50.8 mm、Ф76.2 mm、Ф100.0 mm、Ф150.0 mm衬底片参考面的取向、形状和长度符合表3的要求。

表 3 参考面的取向、形状和尺寸

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数项目 | 要求 | | | |
| 参考面选择 | V型槽 | | 燕尾槽 | |
| 主参考面取向  ° | ［0 1 ］±0.5属于1个砷面，  主参考面垂直于V型槽 | | ［0 ］±0.5属于1个镓面，  主参考面垂直于燕尾槽 | |
| 副参考面取向  ° | 主面朝上时，从主参考面逆时针转90±0.5 | | 从主参考面顺时针转90±0.5 | |
| 规格 | Ф50.8 mm | Ф76.2 mm | Ф100.0 mm | Ф150.0 mm |
| 主参考面长度  mm | 16±1 | 22±1 | 32±1 | 47.5±2.5 |

表 3 参考面的取向、形状和尺寸 （续）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数项目 | 要求 | | | |
| 参考面选择 | V型槽 | | 燕尾槽 | |
| 规格 | Ф50.8 mm | Ф76.2 mm | Ф100.0 mm | Ф150.0 mm |
| 副参考面长度  mm | 8±1 | 11±1 | 18±1 | 30±2 |

6.4.2以V型切口（Notch）为标准时，Ф150.0 mm、Ф200.0 mm衬底片V型切口的取向、形状和尺寸应符合表4的规定。

表 4 V型切口的取向、形状和尺寸

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 直径  mm | 要求 | | |
| 取向  ° | 深度  mm | 开角  ° |
| Ф150.0 | ［010］±2 | 1+0.25/-0 | 90+5/-1 |
| Ф200.0 | ［010］±2 | 1+0.25/-0 | 90+5/-1 |

6.5外形几何尺寸

衬底片的外形几何尺寸应符合表5的要求。

表 5 外形几何尺寸

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 要求 | | | | |
| Ф50.8 mm | Ф76.2 mm | Ф100.0 mm | Ф150.0 mm | Ф200.0 mm |
| 直径及允许偏差  mm | 50.8±0.2 | 76.2±0.2 | 100.0±0.2 | 150.0±0.2 | 200.0±0.2 |
| 厚度及允许偏差  μm | (350～500）±25 | (350～600) ±25 | (375～675) ±25 | （525～675）±25 | 675±25 |
| 总厚度变化  μm | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤20 |
| 总指示读数  μm | ≤6 | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤20 |
| 弯曲度（BOW）  μm | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤15 |
| 翘曲度（Warp）  μm | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤15 | ≤15 |

* 1. 碳原子浓度和深能级缺陷EL2浓度

掺碳衬底片代位碳原子浓度和单晶深能级EL2浓度的要求应符合表6的规定。

表 6 碳原子浓度和深能级缺陷EL2浓度

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 要求 |
| 碳原子浓度  cm-3 | （0.5～20）×1015 |
| 深能级缺陷EL2浓度  cm-3 | ≤2.0×1016 |

* 1. 表面质量

衬底片表面质量应符合表7的要求。

表 7 表面质量

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 要求 | | | | |
| 50.8  mm | 76.2  mm | 100.0  mm | 150.0  mm | 200.0  mm |
| 正表面 | 划伤 | 无 | | | | |
| 浅蚀坑 | 无 | | | | |
| 雾 | 无 | | | | |
| 空洞/孔隙 | 无 | | | | |
| 沾污 | 无 | | | | |
| 局部光散射体数量（Ф≥0.3μm）个/片 | ≤50 | ≤50 | ≤100 | ≤100 | ≤200 |
| 崩边（≥0.3mm ×0.3mm） | 无 | | | | |
| 裂纹 | 无 | | | | |
| 凹坑 | 无 | | | | |
| 镓夹杂/沉淀 | 无 | | | | |
| 橘皮 | 无 | | | | |
| 线痕 | 无 | | | | |
| 条纹 | 无 | | | | |
| 孪晶 | 无 | | | | |
| 背面 | 线痕 | 无 | | | | |
| 裂纹 | 无 | | | | |
| 孪晶 | 无 | | | | |
| 镓夹杂/沉淀 | 无 | | | | |
| 崩边（≥0.3mm ×0.3mm） | 无 | | | | |

* 1. 其他

需方如对衬底片的技术指标有其他要求，应由供需双方协商确定。

1. 试验方法
   1. 电学性能
      1. 电阻率

衬底片的电阻率检测按SJ/T 11488规定的方法测量。

* + 1. 截面电阻率不均匀性

半绝缘砷化镓单晶截面电阻率不均匀性根据电阻率测试结果按公式（1）、（2）进行计算，电阻率测试点在砷化镓单晶截面沿直径方向均匀取5点，即中心取1点，左右各取2点，如图1所示。

半绝缘砷化镓单晶截面电阻率不均匀性按如下公式计算：   
 *ρ*d = ×100 %

式中：

*ρ*d ——截面平均电阻率不均匀性；

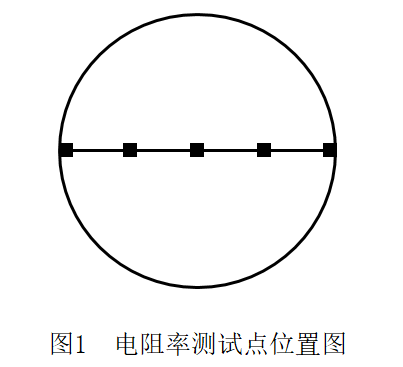
*ρ*max ——截面电阻率最大值，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

*ρ*min——截面电阻率最小值，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

*ρ*i ——第i个测量点电阻率，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

i——测试点数目，i=1~5 ；

—— 平均电阻率，单位为欧姆厘米（Ω·cm）。



* + 1. 霍尔迁移率

衬底片的霍尔迁移率检测按SJ/T 11488规定的方法测定。

* 1. 表面晶向及晶向偏离

衬底片表面晶向及晶向偏离检测按GB/T 1555规定的方法测量。

* 1. 位错密度

衬底片位错密度检测按GB/T 8760规定的方法测量。

* 1. 参考面取向、形状和尺寸

7.4.1 衬底片的主、副参考面取向的检测按GB/T 13388规定的测量方法测量。

7.4.2 衬底片的参考面V型切口（Notch）形状及尺寸按GB/T 26067规定的方法测量。

7.4.3 衬底片的参考面长度测量按GB/T 13387规定的方法测量。

* 1. 外形几何尺寸

7.5.1 衬底片的直径及允许偏差按GB/T 14140规定的方法测量。

7.5.2 衬底片的厚度及允许偏差按GB/T 6618规定的方法测量。

7.5.3 衬底片的总厚度变化按GB/T 6618规定的方法测量。

7.5.4 衬底片的总指示读数按GB/T 6621规定的方法测量。

7.5.5 衬底片的弯曲度GB/T 6619规定的方法测量。

7.5.6 衬底片的翘曲度按GB/T 6620规定的方法测量。

* 1. 碳原子浓度和深能级缺陷EL2浓度
     1. 衬底片中碳浓度GB/T 19199规定的方法测量。
     2. 非掺杂衬底片单晶深能级EL2浓度GB/T 17170规定的方法测量。
  2. 表面质量
     1. 衬底片表面质量检测参考GB/T 6624规定的方法测量。
     2. 衬底片的局部光散射体数量按GB/T 19921规定的方法测量。

1. 检验规则
   1. 检查和验收
      1. 产品应由供方质量监督部门进行检验，保证产品质量符合本标准和订货单的规定，并填写产品质量证明书。
      2. 需方可对收到的产品按本标准的规定进行检验，若检验结果与本标准或订货单的规定不符时，应在收到产品之日起3个月内向供方提出，由供需双方协商解决。
   2. 组批

衬底片应成批提交验收，每批应由同一根砷化镓单晶晶锭加工而成的、具有相同规格的产品组成。

* 1. 检验项目及规则
     1. 衬底片的电学性能、表面晶向及晶向偏离、位错密度、碳原子浓度和深能级缺陷EL2浓度应符合表8的要求。

表8 检验项目及规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 抽样方法 | 技术要求条款号 | 检验方法条款号 |
| 1 | 电阻率 | 6片（指由1根晶锭头和尾部所切各1片，晶片的圆心点、1/2半径点和1/3半径点上所取得共6个测试样片，其中截面电阻率不均匀性头尾片分别测5点） | 6.1 | 7.1.1 |
| 2 | 截面电阻率不均匀性 | 6.1 | 7.1.2 |
| 3 | 霍尔迁移率 | 6.1 | 7.1.3 |
| 4 | 表面晶向及晶向偏离 | 2片（指1根晶锭头部所切的、进行电性能测量后晶片剩余所取的测试样块） | 6.2 | 7.2 |
| 5 | 位错密度 | 6.3 | 7.3 |
| 6 | 碳原子浓度和深能级缺陷EL2浓度 | 6.6 | 7.6 |

* + 1. 每批衬底如属非破坏性检验项目的检测取样按GB/T 2828.1一般检查水平Ⅱ，正常检查一次抽样方案进行，或由供需双方协商确定的抽样方案进行。
    2. 每个检验批衬底片的参考面取向、形状和尺寸及外形几何尺寸、表面质量的检验项目及规则据应符合表9的规定。抽样方案按一次正常抽样方案IL=II AQL=1.0进行，或由供需双方协商确定的抽样方案进行。

表9 检验项目及规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 抽样方法 | 要求条款号 | 检验方法 |
|
| 1 | 参考面取向、形状和尺寸 | GB/T 2828.1 IL=II  AQL=1.0 | 6.4 | 7.4.1、7.4.2、7.4.3 |
| 2 | 直径及允许偏差 | 6.5 | 7.5.1 |
| 3 | 厚度及允许偏差 | 6.5 | 7.5.2 |
| 4 | 总厚度变化 | 6.5 | 7.5.3 |
| 5 | 总指示读数 | 6.5 | 7.5.4 |

表9 检验项目及规则 （续）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 抽样方法 | 要求条款号 | 检验方法 |
|
| 6 | 弯曲度（BOW） | GB/T 2828.1 IL=II  AQL=1.0 | 6.5 | 7.5.5 |
| 7 | 翘曲度（Warp） | 6.5 | 7.5.6 |
| 8 | 表面质量 | 6.7 | 7.7 |

* 1. 检验结果的判定

若表8中的6项检验中有一项检验不合格，则判定该衬底片检验批不合格。

表9中的项目按GB/T 2828.1进行抽样检验判定，如其中有任何一项检验不合格，供方可对非破坏性检验项目中的不合格项进行逐片检验，除去不合格品后，合格品可以重新组批。

1. 标志、包装、运输、贮存和随行文件
   1. 标志
      1. 检验合格的衬底片外包装袋上应至少有如下标志：
2. 产品名称、规格；
3. 产品批号；
4. 产品数量；
5. 生产日期；
   * 1. 衬底片的外包装箱上应至少有如下标志：
6. 供方名称、地址、电话；
7. 产品名称、规格；
8. 产品数量或净重；
9. “小心轻放”“防潮”“易碎”“堆叠层数”标志或字样；

9.2包装

9.2.1 单片圆盒

检验合格的衬底片应放置在专用的单片圆盒内。单片圆盒由聚四氟乙烯材料制成。衬底片清洗干净后，正表面朝下放入专用单片圆盒内，每盒1片，放置压环合盖后用塑料袋、铝箔袋分别抽真空充高纯氮气（≥5N）密封。

9.2.2 卡塞盒

检验合格的衬底片亦可放置在专用的卡塞盒内，每个卡塞放置多片清洗干净的衬底片（根据客户需求，一般放置25片）。卡塞盒由聚乙烯材料制成。衬底片清洗干净后，正表面朝Ｕ端，背面朝Ｈ端，合盖后用塑料袋、铝箔袋分别抽真空充高纯氮气（≥5N）密封。

9.2.3　外包装箱

将完成真空包装的单片圆盒或卡塞盒成品放入四周有珍珠棉或海绵防护的包装箱中封箱。

9.2.4　其他外包装

成品的外包装也可由供需双方协商确定。

9.3运输

产品在运输过程中应轻装轻卸，勿压勿挤，并采取防震、防潮措施。

9.4贮存

产品应贮存在清洁、干燥的环境中。

9.5随行文件

每批产品应附有随行文件，内容至少包括：

1. 产品质量证明书：

• 产品名称、规格

• 产品的主要性能及技术参数

• 产品特点

• 产品批号

• 产品各项参数检验结果和检验员印章及检验日期；

1. 同一技术要求产品首批提交SDS报告；
2. 出厂日期。

10订货单内容

需方可根据自身的需要，在订购本文件所列产品的订货单内，列出以下内容：

1. 产品名称、规格；
2. 产品技术要求；
3. 产品数量；
4. 其他。