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

|  |
| --- |
| （征求意见稿） |
|  |

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、有研光电新材料有限责任公司。

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。

本文件适用液封直拉法（LEC）、垂直梯度冷凝法（VGF）、垂直布里奇曼法（VB）生长的，用于于射频、太阳能电池领域的半绝缘砷化镓单晶衬底片。

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（包括所有的修改单）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 20228 砷化镓单晶

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。

局部光散射体：晶片表面上的一种孤立的离散特征，如颗粒或凹坑等，将导致相对于周围晶圆片表面的光散射强度增加。

1. 分类
	1. 牌号

半绝缘砷化镓的牌号表示方法参照GB/T 14844的规定执行。

* 1. 规格

半绝缘砷化镓按直径分为Ф50.8mm、Ф76.2mm、Ф100.0mm、Ф150.0mm、Ф200.0mm 5种规格，或由供需双方商定。

1. 技术要求
	1. 电学性能

半绝缘砷化镓单晶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C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 | - |
| C | 电阻率 Ω·cm | ≥1×108 | ≥1×107 |
| 截面电阻率不均匀性% | ≤15 | ≤15 |
| 霍尔迁移率 cm2/(V·s) | ≥5000 | ≥4000 |

* 1. 表面晶向及晶向偏离

半绝缘砷化镓单晶衬底片的表面晶向为＜100＞，晶向偏离不大于0.5°。

* 1. 位错密度

半绝缘砷化镓单晶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 |
| 50.8 | ≤1500 | （1500,2000]  | （2000,5000] |
| 76.2 | ≤1500 | （1500,2000]  | （2000,5000] |
| 100.0 | ≤1500 | （1500,2000]  | （2000,5000] |
| 150.0 | ≤2000 | （2000,3000]  | （3000,10000] |
| 200.0 | ≤5000 | （5000,8000]  | （8000,12000] |

* 1. 参考面的取向、形状和尺寸
		1. 以主副参考面为标准时，Ф50.8mm、Ф76.2mm、Ф100.0mm、Ф150.0mm半绝缘砷化镓单晶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 $\overline{1}$］±0.5属于1个砷面，主参考面垂直于V型槽 | ［0$ \overline{1}$ $\overline{1}$］±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 |
| 副参考面长度mm | 8±1 | 11±1 | 18±1 | 30±2 |

* + 1. 以V型切口（Notch）为标准时，Ф150.0mm、Ф200.0mm半绝缘砷化镓单晶衬底片参考面的取向、形状和尺寸应符合表4的规定。

表 4 参考面的取向、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 |

* 1. 外形几何尺寸

半绝缘砷化镓单晶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 |
| Ф50.8mm | Ф76.2mm | Ф100.0mm | Ф150.0mm | Ф200.0mm |
| 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 um | (350~500）±25 | (350~600) ±25 | (375~675) ±25 | （525~675）±25 | 675±25 |
| 总厚度变化（TTV）um | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤20 |
| 总指示读数（TIR）um | ≤6 | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤20 |
| 弯曲度（BOW）um | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤15 |
| 翘曲度（Warp）um | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤15 | ≤15 |

注： TTV、TIR、BOW 、Warp需将单晶衬底片边缘去除3mm计算。

* 1. 碳原子浓度和深能级缺陷EL2浓度

掺C半绝缘砷化镓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

半绝缘砷化镓单晶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 |
| 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 | 衬底直径mm | 50.8 | 76.2 | 100.0 | 150.0 | 200.0 |
| 数量（Φ≥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 |

注：局部光散射体数量计数需将单晶衬底片边缘去除3mm计算。

* 1. 其他

需方如对半绝缘砷化镓单晶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

半绝缘砷化镓单晶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

半绝缘砷化镓单晶衬底片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。

砷化镓单晶平均电阻率按公式（1）计算：

…………………………………………… (1)

$$\overbar{ρ} = \frac{1}{n} \sum\_{i=1}^{n}ρi$$

式中：

$\overbar{ρ} $ ——平均电阻率，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

*ρi*——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。

截面电阻率不均匀性按公式（2）计算：

 *ρd*  = $\frac{ ρ\_{max}−ρ\_{min} }{\overbar{ρ}}$ ×100%

……………………………… (2)

式中：

*ρd* ——截面电阻率不均匀性；

*ρmax*——截面电阻率最大值，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

*ρmin* ——截面电阻率最小值，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

$\overbar{ρ} $ —— 平均电阻率，单位为欧姆厘米（Ω·cm）。



* + 1. 霍尔迁移率

半绝缘砷化镓单晶衬底片的电子霍尔迁移率检测按SJ/ T 11488 规定的方法测定。

* 1. 表面晶向及晶向偏离

半绝缘砷化镓单晶衬底片表面晶向及晶向偏离检测按GB/T1555 规定的方法测量。

* 1. 位错密度

半绝缘砷化镓单晶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

半绝缘砷化镓单晶衬底片的主、副参考面取向的检测按GB/T 13388 规定的测量方法测量。

半绝缘砷化镓单晶衬底片的参考面V型切口（Notch）形状及尺寸按GB/T26067规定的方法测量。

半绝缘砷化镓单晶衬底片的参考面长度测量按GB/T13387规定的方法测量。

* 1. 外形几何尺寸

半绝缘砷化镓单晶衬底片的直径及允许偏差按GB/T 14140规定的方法测量。

半绝缘砷化镓单晶衬底片的厚度及允许偏差按GB/T 6618规定的方法测量。

半绝缘砷化镓单晶衬底片的总厚度变化按GB/T 6618规定的方法测量。

半绝缘砷化镓单晶衬底片的总指示读数按GB/T 6621规定的方法测量。

半绝缘砷化镓单晶衬底片的弯曲度GB/T 6619规定的方法测量。

半绝缘砷化镓单晶衬底片的翘曲度按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. 半绝缘砷化镓单晶中碳浓度GB/T 19199规定的方法测量。
		2. 非掺杂半绝缘砷化镓单晶深能级EL2浓度GB/T 17170规定的方法测量。
	2. 表面质量
		1. 半绝缘砷化镓单晶衬底片表面质量检测参考GB/T 6624规定的方法测量。
		2. 半绝缘砷化镓单晶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

半绝缘砷化镓单晶衬底片应成批提交验收，每批应由同一砷化镓单晶加工而成的、具有相同几何参数的产品组成。

* 1. 检验项目及规则
		1. 半绝缘砷化镓单晶衬底的电学性能、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） | 5.1 | 6.1.1 |
| 2 | 截面电阻率不均匀性 | 5.1 | 6.1.2 |
| 3 | 霍尔迁移率 | 5.1  | 6.1.3 |
| 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） | 5.2 | 6.2 |
| 5 | 位错密度 | 5.3 | 6.3 |
| 6 | 碳原子浓度和深能级缺陷EL2浓度 | 5.6 | 6.6 |

* + 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. 每个检验批半绝缘砷化镓单晶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GB/T2828.1一次正常抽样方案进行。

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/T2828 IL=II | 5.4 | 6.4.1、6.4.2、6.4.3 |
| 2 | 直径及允许偏差 | 5.5的表中第1项 | 6.5.1 |
| 3 | 厚度及允许偏差和总厚度变化 | 5.5的表中第2、3项 | 6.5.2 |
| 4 | 总指示读数 | 5.5的表中第4项 | 6.5.3 |
| 5 | 弯曲度 | 5.5的表中第5项 | 6.5.5 |
| 6 | 翘曲度 | 5.5的表中第6项 | 6.5.4 |
| 7 | 表面质量 | 5.7 | 6.7 |

* 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，则判定该半绝缘砷化镓单晶衬底片检验批不合格。

表9中的项目按GB/T2828 IL=II AQL=1.0进行抽样检验判定，如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. 在检验合格的半绝缘砷化镓单晶衬底片外包装袋上张贴标签，其上注明：
2. 产品名称；
3. 产品批号；
4. 产品数量；
5. 生产日期；
6. 其他。

8.1.2产品应成箱包装，每箱外侧应注明：

1. 供方名称、地址、电话、商标；
2. 产品名称；
3. 产品数量或净重；
4. “小心轻放”“防潮”“易碎”“堆叠层数”标志或字样；
5. 其他。

8.2包装

8.2.1单片圆盒包装：清洗干净的衬底片正表面朝下放入特制的聚乙烯/PC圆形包装盒里，每盒1片，放置压环合盖后用塑料袋、铝箔袋分别充氮气密封，再将包装盒放入四周有珍珠棉或海绵防护的包装箱中封箱。

8.2.2卡塞盒包装：清洗干净的衬底片依序放入特制的聚乙烯卡塞盒中，每个卡塞放置25片或根据客户要求放置数量，正表面朝U端，背面朝H端，合盖后用塑料袋、铝箔袋分别充氮气密封，然后再将卡塞盒放入四周有珍珠棉或海绵防护的包装箱中封箱。

8.2.3产品的包装也可由供需双方协商确定。

8.3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。

8.4贮存

产品应贮存在清洁、干燥的环境中。

8.5随行文件

每批产品应附有随行文件，其中除应包括供方信息、产品信息、本文件编号、出厂日期或包装日期外，还宜包括：

1. 产品质量证明书，内容如下：
* 产品名称
* 产品的主要性能及技术参数；
* 产品特点；
* 产品批号；
* 产品获得的质量认证或带供方技术监督部门检印的各项分析检验结果。
1. 产品使用说明：正确搬运、使用、贮存方法等。
2. 其他。

9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；
2. 产品技术要求；
3. 产品数量；
4. 本文件编号；
5. 本文件中要求在订货单中注明的内容；
6. 其他。