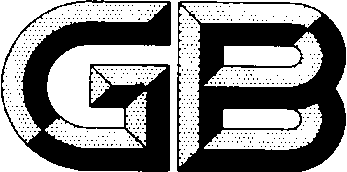
ICS 29.045

CCS H 83



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

碳化硅外延片

Silicon carbide epitaxial wafers

|  |
| --- |
|  |
| 送审稿 |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施



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。

本文件由全国半导体设备和材料标准化技术委员会（SAC/TC203）和全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会（SAC/TC 203/SC2）共同提出并归口。

本文件起草单位：南京国盛电子有限公司、南京盛鑫半导体材料有限公司。。。

本文件主要起草人：……

碳化硅外延片

1. 范围

本文件规定了碳化硅外延片的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输与贮存、随行文件和订货单内容。

本文件适用于在n型4H<0001>导电型碳化硅衬底上，生长碳化硅同质外延层的外延片，产品用于碳化硅电子电力器件制作。

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 6624 硅抛光片表面质量目测检验方法

GB/T 14146 硅外延层载流子浓度测定 电容-电压法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 29505 硅片平坦表面的表面粗糙度测量方法

GB/T 30656 碳化硅单晶抛光片

GB/T 30867 碳化硅单晶片厚度和总厚度变化测试方法

GB/T 31351 碳化硅单晶抛光片微管密度无损检测方法

GB/T 32278 碳化硅单晶片平整度测试方法

GB/T 39145 硅片表面金属元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法

GB/T 42902 碳化硅外延片表面缺陷的测试 激光散射法

GB/T 42905 碳化硅外延层厚度的测试 红外反射法

YS/T 28 硅片包装

1. 术语和定义

GB/T 14264界定的术语和定义适用于本文件。

1. 产品分类
   1. 碳化硅外延片按外延层导电类型分为n型和p型。
   2. 碳化硅外延片按直径尺寸分为76.2 mm、100 mm、150 mm、200 mm等类型。
2. 技术要求
   1. 碳化硅外延片用衬底材料

碳化硅单晶衬底片的电阻率应符合表1的规定，其它参数包括合格质量区要求、几何参数、表面取向及偏离、基准标记、缺陷密度、表面质量均应符合GB/T 30656中工业级（P级）的规定。衬底片的技术要求由供方保证，如有需求可由供方提供检测值。

1. 碳化硅单晶衬底片的电阻率

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 导电类型 | 晶型 | 电阻率(Ω•cm) | 径向电阻率变化 | | | |
| 直径 76.2 mm | 直径 100 mm | 直径 150 mm | 直径 200 mm |
| n型 | 4H | 0.015~0.028 | ≤ 5% | ≤ 10% | ≤ 10% | ≤ 15% |

* 1. 外延层参数
     1. 导电类型

碳化硅外延层的导电类型为n型、p型。n型外延层掺杂元素为氮，p型外延层掺杂元素为铝。

* + 1. 载流子浓度

碳化硅外延层载流子浓度及其允许偏差、径向载流子浓度变化应符合表2的规定。碳化硅外延层载流子浓度值为中心点和至少一条半径上多点载流子浓度测量值的平均值。

1. 外延层载流子浓度允许偏差及其径向浓度变化

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 导电类型 | 载流子浓度  （cm-3） | 外延厚度  （μm） | 要求 | 直径76.2mm | 直径100mm | 直径150mm | 直径200mm |
| n型 | 5E13～1E19 | ≥0.2μm，≤20μm | 载流子浓度允许偏差 | ±10% | ±10% | ±15% | ±15% |
| ＞20μm，≤50μm | ±15% | ±15% | ±20% | ±20% |
| ＞50μm，≤100μm | ±25% | ±25% | ±30% | ±30% |
| ≥0.2μm，≤20μm | 径向载流子浓度变化（CV） | ≤5% | ≤5% | ≤8% | ≤10% |
| ＞20μm，≤50μm | ≤7% | ≤7% | ≤10 | ≤15% |
| ＞50μm，≤100μm | ≤10% | ≤10% | ≤15% | ≤15% |
| P型 | 5E13～1E19 | ≥0.2μm，≤100μm | 载流子浓度允许偏差 | ±50% | | | |
| 径向载流子浓度变化（CV） | ≤25% | | | |
| 多层外延层 | / | ≥0.2μm，≤100μm | 载流子浓度允许偏差 | ±50% | | | |
| 径向载流子浓度变化（CV） | ≤25% | | | |

* + 1. 外延层厚度

碳化硅外延层厚度及其允许偏差、径向厚度变化应符合表3的规定。碳化硅外延层厚度值为中心点和至少一条半径上多点厚度测量值的平均值。

1. 外延层厚度允许偏差及其径向厚度变化

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 外延厚度 （μm） | 要求 | 直径76.2mm | 直径100mm | 直径 150 mm | 直径200mm |
| 1-150 | 厚度允许偏差 | ±5% | ±5% | ±10% | ±10% |
| 径向厚度变化（TV） | ≤2% | ≤2% | ≤5% | ≤8% |

* + 1. 缓冲层

p型碳化硅外延层一般无缓冲层要求，n型碳化硅外延层的缓冲层要求见表4。如需方对缓冲层有特殊要求，也可由供需双方协商确定。

1. 缓冲层要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 外延厚度  （μm） | 缓冲层浓度  （cm-3） | 缓冲层厚度  （μm） |
| ＜20 | 1E18±25% | 0.5±10% |
| ≥20 | 1E18±25% | 1.0±10% |

* + 1. 晶格完整性

碳化硅外延层总体缺陷密度应小于每平方厘米2.5个，具体晶格缺陷应符合表5的规定。

1. 晶格缺陷

| 序号 | 检验项目 | 要求 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 直径76.2mm | 直径100mm | 直径150mm | 直径200mm |
| 1 | 微管密度（个/ 平方厘米） | ≤0.2 | ≤0.2 | ≤0.2 | ≤0.2 |
| 2 | 层错/条形层错（个/平方厘米） | ≤5 | ≤5 | ≤5 | ≤10 |
| 3 | 基平面位错（个/ 平方厘米） | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 |
| 4 | 胡萝卜缺陷（个/ 平方厘米） | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 |
| 5 | 三角形缺陷（个/ 平方厘米） | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 |
| 6 | 梯形缺陷（个/片） | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
| 7 | 彗星缺陷（个/片） | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
| 8 | 掉落物（个/ 平方厘米） | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 |
| 9 | 划痕/划伤（mm） | 累计长度≤76.2 | 累计长度≤100.0 | 累计长度≤150.0 | 累计长度≤200.0 |
| 10 | 凹坑/凸起（个/片） | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
| 11 | 3C夹杂物 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 12 | 台阶聚集（nm） | 累计长度≤76.2 | 累计长度≤100.0 | 累计长度≤150.0 | 累计长度≤200.0 |

* 1. 表面质量

碳化硅外延片的正表面质量应符合表6的规定。正表面质量要求的区域为直径76.2 mm边缘去除2 mm，直径100 mm、150 mm、200 mm边缘去除3 mm。

1. 正表面质量

| 序号 | 检验项目 | 要求 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 直径76.2mm | 直径100mm | 直径150mm | 直径200mm |
| 1 | 崩边/缺口/沟槽 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 2 | 橘皮/裂纹/疵点/条纹/多晶型区域 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 3 | 沾污 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 4 | 颗粒（≥1μm） | ≤100个 | ≤200个 | ≤300个 | ≤400个 |

碳化硅外延片的背表面应颜色均匀一致，背表面质量要求由供需双方协商确定。

* 1. 表面粗糙度

碳化硅外延片正面的表面粗糙度应符合表7的规定。

1. 表面粗糙度

| 检验项目 | | 要求 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 直径76.2mm | 直径100mm | 直径150mm | 直径200mm |
| 外延层厚度 | ≥0.2μm，≤20μm | ≤0.2 nm | ≤0.2 nm | ≤0.2 nm | ≤0.2 nm |
| ＜20μm，≤50μm | ≤0.4 nm | ≤0.4 nm | ≤0.4 nm | ≤0.4 nm |
| ＞50μm，≤100μm | ≤0.8 nm | ≤0.8 nm | ≤0.8 nm | ≤0.8 nm |

注1：表面粗糙度扫描范围为10μm×10μm，采用Ra值即平均粗糙度。

注2：外延层厚度在100μm以上和多层结构的表面粗糙度由供需双方协商决定。

* 1. 几何参数

碳化硅外延片的几何参数应符合表8的规定。

表8 几何参数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 要求 | | | |
| 直径76.2mm | 直径100mm | 直径150mm | 直径200mm |
| 1 | 总厚度变化TTV  （μm） | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
| 2 | 局部厚度变化SBIR/LTV  （μm） | ≤3 | ≤3 | ≤3 | ≤3 |
| 3 | 翘曲度WARP  （μm） | ≤50 | ≤50 | ≤50 | ≤50 |
| 4 | 弯曲度（绝对值）BOW  （μm） | ±35 | ±35 | ±35 | ±35 |

* 1. 表面金属

碳化硅外延片表面金属包括不限于钠、铝、钾、钙、钛、铁、镍、铜、锌、铬等金属杂质离子含量均应不高于5×1010atoms/cm2。

* 1. 其他

如需方对产品技术指标有特殊要求，由供需双方协商确定并在订货单中注明。

1. 试验方法
   1. 碳化硅外延层载流子浓度的测试按GB/T 14146的规定进行或按供需双方商定的其他方法进行。
   2. 碳化硅外延层径向载流子浓度变化按公式（1）计算：

………………………………（1）

式中：

ρσ——中心点和至少一条半径上多点载流子浓度测量值的标准方差，单位为每立方厘米（cm-3）；

ρmean——中心点和至少一条半径上多点载流子浓度测量值的平均值，单位为每立方厘米（cm-3）。

* 1. 碳化硅外延层厚度的测试按GB/T 42905的规定进行或按供需双方商定的其他方法进行。
  2. 碳化硅外延层径向厚度变化按公式（2）计算：

………………………………………（2）

式中：

Tσ——中心点和至少一条半径上多点厚度测量值的标准方差，单位为微米（μm）；

Tmean——中心点和至少一条半径上多点厚度测量值的平均值，单位为微米（μm）。

* 1. 碳化硅外延片缓冲层载流子浓度的测试按GB/T 14146的规定进行，碳化硅外延片缓冲层厚度的测试按GB/T 42905的规定进行，或按供需双方商定的其他方法进行。
  2. 碳化硅外延层晶格完整性的检测按GB/T 42902的规定进行。
  3. 碳化硅外延片表面质量（不包括颗粒）的检验按GB/T 6624的规定进行，经供需双方协商可用显微镜检验确认。
  4. 碳化硅外延片表面颗粒的检测按GB/T 42902的规定进行。
  5. 碳化硅外延片表面粗糙度的检测按GB/T 29505的规定进行。
  6. 碳化硅外延片几何参数的检测按GB/T 32278的规定进行。
  7. 碳化硅外延片表面金属的检测按GB/T 39145的规定进行。

1. 检验规则
   1. 检查和验收
      1. 产品应由供方或第三方进行检验,保证产品质量符合本文件及订货单的规定。
      2. 需方可对收到的产品进行检验。若检验结果与本文件或订货单的规定不符时，应在收到产品之日起3个月内以书面形式向供方提出，由供需双方协商确定。
   2. 组批

产品应成批提交验收，每批应由相同技术指标的碳化硅外延片组成。

* 1. 检验项目
     1. 每批碳化硅外延片应对外延层载流子浓度、径向载流子浓度变化、厚度、径向厚度变化、缓冲层、晶格完整性以及外延片的表面质量、表面粗糙度、几何参数、表面金属进行检验。
  2. 取样

每批碳化硅外延片的检验按照GB/T 2828.1抽样检查，或按供需双方商定的方法抽样。

* 1. 检验结果的判定

导电类型、晶向由供方保证，如需方抽检有任一不合格，判该批产品为不合格。

其他检验项目的接收质量限（AQL）应符合表9的规定。

表9　合格质量水平

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | | | 接收质量限AQL |
|  | 外延层载流子浓度 | | | 1.0 |
|  | 外延层径向载流子浓度变化 | | | 1.0 |
|  | 外延层厚度 | | | 1.0 |
|  | 外延层径向厚度变化 | | | 1.0 |
|  | 缓冲层 | | | 1.0 |
|  | 晶格完整性 | | 微管 | 1.0 |
| 层错/条形层错 | 1.0 |
| 基平面位错 | 1.0 |
| 胡萝卜缺陷 | 1.0 |
| 三角形缺陷 | 1.0 |
| 梯形缺陷 | 1.0 |
| 彗星缺陷 | 1.0 |
| 掉落物 | 1.0 |
| 划痕/划伤 | 1.0 |
| 凹坑/凸起 | 1.0 |
| 3C夹杂物 | 1.0 |
| 台阶聚集 | 1.0 |
| 累计 | 2.5 |
|  | 表面质量 | 正表面 | 崩边/缺口/沟槽 | 1.0 |
| 橘皮/裂纹/疵点/条纹/多晶型区域 | 1.0 |
| 沾污 | 1.0 |
| 颗粒 | 1.0 |
| 累计 | 2.5 |
| 背表面 | 背面颜色一致性 | 1.0 |
| 背面缺陷 | 1.0 |
| 表面粗糙度 | | | 1.0 |
|  | 几何参数 | | 总厚度变化 | 1.0 |
| 局部厚度变化 | 1.0 |
| 翘曲度 | 1.0 |
| 弯曲度 | 1.0 |
| 累计 | 2.5 |
| 9 | 表面金属 | | | 1.0 |

1. 标志、包装、运输、贮存和随行文件
   1. 包装和标志

包装箱外应有“小心轻放”、“防腐防潮”、“易碎”字样或标记，并注明：

1. 需方名称；
2. 产品名称；
3. 产品数量；
4. 供方名称。

碳化硅外延片的包装可参照YS/T 28的相关内容执行，或由供需双方协商确定。

* 1. 运输和贮存

产品在运输过程中应轻装轻卸、勿挤勿压，并有防震措施。

产品应贮存在洁净、干燥的环境中。

* 1. 随行文件

每批产品应附随行文件，其上注明：

1. 供方名称；
2. 产品名称和产品规格；
3. 产品批号；
4. 产品数量；
5. 碳化硅衬底片生产厂家及主要技术参数；
6. 各项检验结果及检验部门印记；
7. 检验和审核人员的签字；
8. 生产日期；
9. 本文件编号；
10. 其他。
11. 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：

a) 产品名称；

b) 产品规格；

c) 数量；

d) 本文件编号；

e) 其他。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_