|  |
| --- |
| YS |

中华人民共和国有色金属行业标准

|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 29.045 |
| CCS | H 83 |

氮化镓衬底片

Gallium Nitride Substrates

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

（完成时间：2021年11月30日）

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

1. 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》给出的规则起草。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)与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/SC 2)共同提出并归口。

本文件起草单位：东莞市中镓半导体科技有限公司、北京大学东莞光电研究院、苏州纳维科技有限公司、南京大学、镓特半导体科技（铜陵）有限公司。

本文件主要起草人：王帅、陈润、颜建锋、刘南柳、王建峰、丁晓民、徐科、修向前、罗晓菊、张国义。

氮化镓衬底片

* 1. 范围

本文件规定了氮化镓衬底片的分类和牌号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、随行文件和订货单内容。

本文件适用于半导体光电器件与电子器件的氮化镓衬底片的研发生产、测试检验等相关领域的从业者。

* 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 4326　非本征半导体单晶霍尔迁移率和霍尔系数测量方法

GB/T 6620　硅片翘曲度非接触式测试方法

GB/T 6624　硅抛光片表面质量目测检验方法

GB/T 14140　硅片直径测量方法

GB/T 14264　半导体材料术语

GB/T 30867　[碳化硅单晶片厚度和总厚度变化测试方法](http://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=71F772D7F2FED3A7E05397BE0A0AB82A)

GB/T 32188　氮化镓单晶衬底片X射线双晶摇摆曲线　半高宽测试方法

GB/T 32189　氮化镓单晶衬底表面粗糙度的原子力显微镜检验法

GB/T 32282　氮化镓单晶位错密度的测量　阴极荧光显微镜法

GB/T 37031—2018　半导体照明术语

* 1. 术语和定义

GB/T 14264界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

复合衬底　template

由多种异质单晶材料构成的用于外延沉积、扩散、离子注入等后续工艺操作的基片。

氮化镓复合衬底　GaN template

由氮化镓单晶薄膜材料与其支撑基底构成的复合结构，用于外延沉积、扩散、离子注入等后续工艺操作的氮化镓基片。

[来源：GB/T 37031—2018，2.2.2.8]

氮化镓自支撑衬底　free-standing GaN substrate

半导体工艺中的基底，具有特定晶面和相应电学、光学和机械特性的用于外延沉积、扩散、离子注入等后续工艺操作的氮化镓基片。

[来源：GB/T 37031—2018，2.2.2.9]

半绝缘型衬底　semi-insulating GaN substrate

通过本征控制或掺杂工艺使半导体材料的费米能级固定在能带中央，电阻率大于106 Ω.cm的衬底片。

* 1. 分类和牌号
     1. 分类
        1. 产品按结构分类

产品按结构分为：

1. 氮化镓复合衬底片；
2. 氮化镓自支撑衬底片。
   * + 1. 产品按功能层导电类型分类

产品按功能层的导电类型分为：

1. 电子型衬底片（n）；
2. 空穴型衬底片（p）；
3. 半绝缘型衬底片（s）。
   * 1. 牌号

产品牌号表示为图1。

□□🞨a-□□□b-□🞨🞨🞨c□d

派生产品代号（以大写英文字母表示顺序）

尺寸代码（mm）

特征代号

产品代号

1. 氮化镓衬底片产品牌号

注：“□”表示字母；“🞨”表示数字。

1. 产品代号：由三位大写英文字母表示，其中：
   1. 氮化镓复合衬底片分为氮化镓/蓝宝石基复合衬底片、氮化镓/硅基复合衬底片、氮化镓/碳化硅基复合衬底片。产品代号分别为：

“ST1”——氮化镓/蓝宝石基复合衬底片；

“ST2”——氮化镓/硅基复合衬底片；

“ST3”——氮化镓/碳化硅基复合衬底片。

* 1. 氮化镓自支撑衬底片分为圆形氮化镓自支撑衬底片与方形氮化镓自支撑衬底片。产品代号分别为：

“SF1”——圆形自支撑衬底片；

“SF2”——方形自支撑衬底片。

1. 特征代号：由三位英文字母表示，第一位与第二位小写，第三位大写，具体如下：
   1. 第一位小写字母表示功能层的导电类型，其中：

“n”——电子型（n型）；

“p”——空穴型（p型）；

“s”——半绝缘型。

* 1. 第二位小写字母表示功能层的晶面，其中：

“c”——(0001)面；

“m”——(10-10)面；

“a”——(11-20)面；

“r”——(1-102)面；

“s”——(10-13)面；

“e”——(11-22)面；

“f”——(20-21)面。

* 1. 第三位大写字母表示功能层的厚度，其中：

“Y”——厚度不超过20微米（含）的氮化镓复合衬底片；

“Z”——厚度超过20微米但不超过50微米（含）的氮化镓复合衬底片；

“H”——厚度超过50微米的氮化镓复合衬底片。

“A”——厚度为330微米的氮化镓自支撑衬底片；

“B”——厚度为430微米的氮化镓自支撑衬底片；

“C”——厚度为525微米的氮化镓自支撑衬底片。

1. 尺寸代码：由一位字母和三位数字表示，其中：
   1. 圆形产品用字母“Φ”表示，其直径尺寸取整数值，不足三位数字时在前面用零填充足三位即可；
   2. 方形产品用大写字母“L”表示，其对角线数值取整数，不足三位数字时在前面用零填充足三位即可。
2. 派生产品代号为生产厂家产品系列号，需要时增设。

a）以直径为50.8mm，氮化镓外延层厚度为15μm，(0001)面的n型氮化镓/硅基复合衬底片为例，其牌号为：

ST2－ncY－Φ050

牌号中各要素的含义如下：

ST2 ——产品代号（氮化镓/硅基复合衬底片）；

ncY ——特征代号（n型、(0001)面、氮化镓外延层厚度为15μm）；

Φ050——尺寸代码（直径为50.8mm）。

b）以对角线为15.6mm，厚度为330μm，(0001)面的n型方形氮化镓自支撑衬底片为例，其牌号为：

SF2－ncA－L015

牌号中各要素的含义如下：

SF2 ——产品代号（方形自支撑衬底片）；

ncA ——特征代号（n型、(0001)面、厚度为330μm）；

L015 ——尺寸代码（对角线为15.6mm）。

* 1. 技术要求
     1. 氮化镓自支撑衬底片
        1. 几何参数
           1. 尺寸

氮化镓自支撑衬底片的尺寸及偏差按表1的规定。

表1　氮化镓自支撑衬底片尺寸及偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 规格属性 | 衬底直径  mm | 尺寸偏差  mm |
| 2英寸 | 50.8 | ±0.3 |
| 3英寸 | 76.2 | ±0.3 |
| 4英寸 | 100 | ±0.3 |

* + - * 1. 厚度

氮化镓自支撑衬底片外延层厚度偏差及总厚度变化应符合表2的要求。

表2　氮化镓自支撑衬底片外延层厚度及总厚度变化

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 规格属性 | 衬底直径  mm | 厚度特征代号 | 厚度偏差  μm | 总厚度变化  μm |
| 2英寸 | 50.8 | A(330μm) | ±25 | ≤15 |
| B(430μm) | ±25 | ≤15 |
| 3英寸 | 76.2 | A(330μm) | ±25 | ≤15 |
| B(430μm) | ±25 | ≤15 |
| 4英寸 | 100 | B(430μm) | ±25 | ≤30 |
| C(525μm) | ±25 | ≤30 |
| 方形衬底 | - | A(330μm) | ±25 | ≤5 |
| B(430μm) | ±25 | ≤5 |
| 注：厚度测试按GB/T 30867规定方法测量。 | | | | |

* + - * 1. 翘曲度

氮化镓自支撑衬底片的翘曲度应符合表3的要求。

表3　氮化镓自支撑衬底片翘曲度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 规格属性 | 衬底直径  mm | 翘曲度（Warp）  μm |
| 2英寸 | 50.8 | ≤20 |
| 3英寸 | 76.2 | ≤40 |
| 4英寸 | 100 | ≤40 |

* + - 1. 表面质量

氮化镓自支撑衬底片表面呈镜面状，应无发黄、发黑等色差，其表面缺陷与粗糙度所允许的最大值应符合表4的规定。

表4　表面缺陷与表面粗糙度的最大允许值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 最大允许值 | | | |
| 2英寸氮化镓自支撑衬底片 | 3英寸氮化镓自支撑衬底片 | 4英寸氮化镓自支撑衬底片 | 方形氮化镓自支撑衬底片 |
| 沾污 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 刮伤、划痕（总长度，单位：mm） | 无 | 2 | 2 | 1 |
| 裂纹，鸭爪，波纹，桔皮，雾，崩边 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 点状缺陷（小丘、坑，径度大于1mm，单位：个/cm2） | 无 | 1 | 1 | 1 |
| 点状缺陷（小丘、坑，径度小于1mm，单位：个/cm2） | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 表面粗糙度（均方根RMS，5μm ×5μm区域，单位：nm） | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 1. 表面缺陷区域是指衬底表面去除边缘1mm环状区域的整个表面。 | | | | |

* + - 1. 晶体的质量
         1. 表面取向

氮化镓自支撑衬底片的表面取向应符合表5的规定。

表5　氮化镓自支撑衬底片的表面取向

|  |  |
| --- | --- |
| 表面取向 | 角度（°） |
| C面(0002)偏向M[10-10]轴 | 0.35°±0.15°（中心点） |
| 0.55°±0.15°（中心点） |

* + - * 1. 峰位与半峰宽

氮化镓自支撑衬底片的峰位及半峰宽允许值应符合表6的要求。

表6　氮化镓自支撑衬底片的峰位与半峰宽

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 晶面 | 峰位（Bragg角）/° | 半峰宽（FWHM）/arcsec |
| c面：(0002)±0.5° | 17.28±0.1 | ≤100 |
| r面：(1-102)±0.5° | 24.04±0.1 | ≤100 |

* + - * 1. 位错密度

氮化镓自支撑衬底片的位错密度应不大于3×106cm-2。

* + - 1. 电学参数

氮化镓自支撑衬底片的电学参数应符合表7的要求。

表7　氮化镓自支撑衬底片的电学参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 导电类型 | 载流子浓度  cm-3 | 迁移率  cm2/v1·s1 | 电阻率  Ω·cm |
| n型 | ＞1×1018 | ≥150 | ≤0.02 |
| p型 | ＞1×1017 | ≥5 | ＜1 |
| s型 | - | - | ≥106 |

* + - 1. 特殊要求

如客户对某些项目有特殊需求，由供需双方协商决定。

* + 1. 氮化镓复合衬底片
       1. 几何参数
          1. 尺寸

氮化镓复合衬底片的尺寸及偏差按下表8规定执行。

表8　氮化镓复合衬底片尺寸及偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 规格属性 | 衬底直径  mm | 尺寸偏差  mm |
| 2英寸 | 50.8 | ±0.3 |
| 3英寸 | 76.2 | ±0.3 |
| 4英寸 | 100 | ±0.3 |

* + - * 1. 厚度

氮化镓复合衬底片外延层厚度偏差及总厚度变化应符合表9的要求。

表9　氮化镓复合衬底片外延层厚度及总厚度变化

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 厚度规格代号 | 厚度范围  μm | 厚度偏差  μm | 总厚度变化  μm |
| Y | 厚度≤20 | ±2 | ≤2 |
| Z | 20<厚度≤50 | ±5 | ≤5 |
| H | 厚度≥50 | ±5 | ≤5 |
| 1. 厚度测试按GB/T 30867规定方法测量。 | | | |

* + - * 1. 翘曲度

氮化镓复合衬底片的翘曲度应符合表10的要求。

表10　氮化镓复合衬底片翘曲度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 厚度规格代号 | 厚度范围  μm | 翘曲度（Warp）  μm |
| Y | 厚度≤20 | ≤200 |
| Z | 20<厚度≤50 | ≤300 |
| H | 厚度>50 | ≤500 |

* + - 1. 表面质量

氮化镓复合衬底片表面呈镜面状，应无发黄、发黑等色差，其表面缺陷与粗糙度所允许的最大值应符合表11的规定。

表11　表面缺陷与表面粗糙度的最大允许值

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 最大允许值 |
| 沾污 | 无 |
| 刮伤、划痕（总长度，单位：mm） | 无 |
| 裂纹，鸭爪，波纹，桔皮，雾，崩边 | 无 |
| 点状缺陷（小丘、坑，径度大于1mm，单位：个/cm2） | 无 |
| 点状缺陷（小丘、坑，径度小于1mm，单位：个/cm2） | 1 |
| 表面粗糙度（均方根RMS，5μm ×5μm区域，单位：nm） | 0.6 |
| 注： 表面缺陷区域是指衬底表面去除边缘1 mm环状区域的整个表面。 | |

* + - 1. 晶体的质量
         1. 表面取向

氮化镓复合衬底片的表面取向应符合表12的要求。

表12　氮化镓复合衬底片的表面取向

|  |  |
| --- | --- |
| 表面取向 | 角度（°） |
| C面(0002)偏向M[10-10]轴 | 0.35°±0.15°（中心点） |
| 0.55°±0.15°（中心点） |
| C面(0002)偏向A[11-20]轴 | 0.20°±0.15°（中心点） |

* + - * 1. 峰位与半峰宽

氮化镓复合衬底片的峰位及半峰宽允许值应符合表13的要求。

表13　氮化镓复合衬底片的峰位与半峰宽

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 晶面 | 峰位（Bragg角）/° | 半峰宽（FWHM）/arcsec |
| c面：(0002)±0.5° | 17.28±0.1 | ≤200 |
| r面：(1-102)±0.5° | 24.04±0.1 | ≤400 |

* + - * 1. 位错密度

氮化镓复合衬底片的位错密度应不大于5×108 cm-2 。

* + - 1. 电学参数

氮化镓复合衬底片的电学参数应符合表14的要求。

表14　氮化镓复合衬底片的电学参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 导电类型 | 载流子浓度  cm-3 | 迁移率  cm2/v1·s1 | 电阻率  Ω·cm |
| n型 | ＞1×1018 | ≥150 | ≤0.02 |
| p型 | ＞1×1017 | ≥5 | ＜1 |
| s型 | - | - | ≥106 |

* + - 1. 特殊要求

如客户对某些项目有特殊需求，由供需双方协商决定。

* 1. 试验方法
     1. 几何参数
        1. 尺寸
           1. 氮化镓复合衬底片

氮化镓复合衬底片直径按GB/T 14140规定的方法测量。

* + - * 1. 圆形氮化镓自支撑衬底片

圆形氮化镓自支撑衬底片直径按GB/T 14140规定的方法测量。

* + - * 1. 方形氮化镓自支撑衬底片

方形氮化镓自支撑衬底片长宽边尺寸采用千分尺法测量。

1. 测量工具：千分尺，精度为0.01mm；
2. 测试方法与步骤：分别在长、宽边线上取三个等距点，分别做三条与边平行的直线；测量这些衬底表面线段的长度。平行长边线段长度的平均值即为衬底的长，平行宽边线段长度的平均值即为衬底的宽；最后测量方形氮化镓自支撑衬底的对角线长度数值。
   * + 1. 厚度

氮化镓衬底片厚度按GB/T 30867规定的方法测量。

* + - 1. 翘曲度

氮化镓衬底片翘曲度按GB/T 6620规定的方法测量。

* + 1. 表面质量
       1. 表面污染及划痕

氮化镓衬底片的表面颜色、表面的沾污及刮伤、划痕按GB/T 6624规定的方法检测。

* + - 1. 表面坑洞及颗粒

氮化镓衬底片的表面坑洞及颗粒用光学显微镜测试，放大倍数物镜10×，目镜为5×，采用五点法取样，测试区域及位置应符合附录A的规定。

* + - 1. 表面粗糙度

氮化镓衬底片表面粗糙度按GB/T 32189规定的方法测量。

* + 1. 晶体质量
       1. 表面取向

氮化镓衬底片表面取向按GB/T 1555的规定的方法测量。

* + - 1. 峰位与半峰宽

氮化镓衬底片峰位与半峰宽按GB/T 32188的规定的方法测量。

* + - 1. 位错密度
         1. 阴极荧光显微镜法

氮化镓自支撑衬底片按GB/T 32282规定的方法测量。

* + - * 1. X射线衍射法

氮化镓复合衬底片采用X射线衍射的方法测试，见附录B。

* + 1. 电学参数

氮化镓自支撑衬底片的电学参数（包括导电类型、载流子浓度、迁移率、以及电阻率）按GB/T 4326规定的方法测试。

氮化镓复合衬底片的电学参数（包括导电类型、载流子浓度、迁移率、以及电阻率）按附录C规定的方法测试。

* 1. 检验规则
     1. 交付条件

每一批氮化镓衬底片需经承制方的质量检验部门检验合格并附上合格证，方能交货。

* + 1. 检验分类

氮化镓衬底片采用交付检验对产品进行检验。

* + 1. 检验项目

氮化镓衬底片交付检验的检验项目按表15的规定。

表15 氮化镓衬底片交付检验的检验项目

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | | 频度 | 要求 | | 检验方法 |
| 氮化镓自支撑  衬底片 | 氮化镓复合  衬底片 |
| 衬底几何参数 | 尺寸 | 按7.4.1 | 按5.1.1.1 | 按5.2.1.1 | 按6.1.1 |
| 厚度 | 按7.4.1 | 按5.1.1.2 | 按5.2.1.2 | 按6.1.2 |
| 翘曲度 | 按7.4.1 | 按5.1.1.3 | 按5.2.1.3 | 按6.1.3 |

表15 （续）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | | 频度 | 要求 | | 检验方法 |
| 氮化镓自支撑  衬底片 | 氮化镓复合  衬底片 |
| 衬底表面质量 | 表面缺陷 | 按7.5.2 | 按5.1.2 | 按5.2.2 | 按6.2.1，6.2.2 |
| 表面粗糙度 | 按7.5.2 | 按5.1.2 | 按5.2.2 | 按6.2.3 |
| 晶体质量 | 表面取向 | 按7.5.1 | 按5.1.3.1 | 按5.2.3.1 | 按6.3.1 |
| 峰位与半峰宽 | 按7.5.1 | 按5.1.3.2 | 按5.2.3.2 | 按6.3.2 |
| 位错密度 | 按7.5.2 | 按5.1.3.3 | 按5.2.3.3 | 按6.3.3 |
| 电学参数 | 载流子浓度 | 按7.5.3 | 按5.1.4 | 按5.2.4 | 按6.4 |
| 迁移率 | 按7.5.3 | 按5.1.4 | 按5.2.4 | 按6.4 |
| 电阻率 | 按7.5.3 | 按5.1.4 | 按5.2.4 | 按6.4 |

* + 1. 组批

由同系列、同规格的氮化镓衬底片为一批。

* + 1. 取样

7.5.1 对衬底几何参数（包括尺寸、翘曲度、厚度）及晶体质量中的表面曲线、峰位与半峰宽每批次的100%检验，对不合格品进行剔除。

7.5.2 对衬底表面质量（包括表面缺陷、表面粗糙度）及晶体质量中的位错密度每批次的5%检验，对不合格品进行剔除。

7.5.3 对电学参数（包括载流子浓度、迁移率、电阻率）每批次的1%检验，对不合格品进行剔除。

* + 1. 检验结果的判定

检测项目结果如果有一项或一项以上不合格则该片判为不合格，从该批中剔除不合格片。

对于实施二次检验的项目，首次检验有一项或一项以上不合格则允许重新提交一次，若二次检验仍有一项或一项以上不合格，则该检验批被判为不合格批。

* 1. 标志、包装、运输、贮存、随行文件
     1. 标志
        1. 产品的标志

产品的标志，至少有如下内容：

1. 氮化镓复合衬底片的标志以其基底的标志为准，不再另加标志；
2. 氮化镓自支撑衬底片的背面应有激光打印标记，具体位置和内容参见附录D。
   * + 1. 包装袋上的标志

包装袋标志内容如下：

1. 产品名称；
2. 产品牌号；
3. 生产日期；
4. 承制方名称、地址和商标；
5. 产品标准号。
   * + 1. 外包装标志

外包装标志应包括防雨淋、防震动、防挤压以及温度、湿度范围的要求内容。

* + 1. 包装
       1. 包装材料和方法
          1. 包装材料

包装材料至少包括：

1. 包装盒采用专用防腐、防酸的聚四氟乙烯材料。
2. 包装袋应使用有防擦伤、防玷污、防碎裂措施的专用材料。
3. N2环境下优于100级超净环境中包装。
   * + - 1. 包装方法

采用如下办法进行包装：

* + - * 1. 在100级洁净室内，将清洗干净的氮化镓衬底片放在特制的聚乙烯圆形包装盒里，用塑料袋充氮气密封；
        2. 封装好的晶片连同质量证明书一起装入“物流盒”里（每盒里的晶片数量依据晶片直径而定）；
        3. 再将“物流盒”放入包装箱内，周围用塑料泡沫填充，防止移动或相互挤压；
        4. 最后用胶带将包装箱整体封好。
      1. 包装附件

氮化镓衬底片出厂时必须附有合格证，合格证上应标明：

1. 承制方名称；
2. 产品名称、牌号；
3. 产品至少包括如下主要技术指标：导电类型和位错密度；
4. 产品数量；
5. 尺寸；
6. 检验员签章及检验日期。
   * 1. 运输

产品运输过程中不能同酸、碱等腐蚀性物资混装。

* + 1. 储存

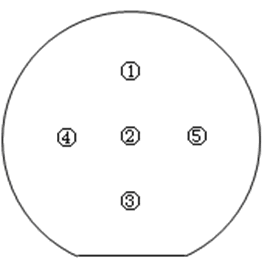
产品储存至少满足如下环境及条件：

1. 产品应保存在无腐蚀气体的清洁仓库内。
2. 储存环境温度应为20℃~25℃，湿度为40%~60%，储存过程中的检查、储存期限等内容由相关的详细规范中规定。
   1. 订货单内容

订货单内容至少包括但不限于：

1. 产品名称；
2. 产品型号；
3. 产品数量；
4. 规格、技术要求；
5. 本文件编号。
7. （资料性）  
   氮化镓衬底片表面质量检测取样区域及位置
   1. 氮化镓复合衬底片与圆形氮化镓衬底片表面质量检测取样区域

氮化镓复合衬底片与圆形氮化镓衬底片表面质量检测采用五点法取样，取样区域见图A.1。



* 1. 圆形氮化镓衬底片表面质量检测取样区域示意图
  2. 氮化镓复合衬底片与圆形氮化镓衬底片取样位置

氮化镓复合衬底片与圆形自支撑衬底片取样位置如图A.1所示。“2”表示衬底圆片的圆心区域，其余四个取样区域在圆心与衬底片边沿连线的中点区域。

* 1. 方形氮化镓自支撑衬底片表面质量检测取样区域

方形氮化镓自支撑衬底片表面质量检测取样区域见图A.2。

①

②

③

④

⑤

* 1. 方形氮化镓自支撑衬底片表面质量检测取样区域示意图
  2. 方形氮化镓自支撑衬底片取样位置

方形自支撑衬底片取样位置如图A.2所示。“2”表示方形自支撑衬底片对角线的交点区域，其余四个取样区域在对角线交点与顶点连线的中心区域。

1. （规范性）  
   晶体结构与位错密度测试
   1. 目的

本方法用于晶体结构分析测试与位错密度计算。

* 1. 测试原理

X射线是原子内层电子在高速运动电子的轰击下跃迁而产生的光辐射，主要有连续X射线和特征X射线两种。具有规则微观结构的晶体可被用作X光的光栅，大量的原子或离子/分子所产生的相干散射将会发生光的干涉作用，从而影响散射的X射线的强度增强或减弱。由于大量原子散射波的叠加，互相干涉而产生最大强度的光束称为X射线的衍射线。根据Bragg衍射方程2dsinθ＝nλ，应用已知波长的X射线来测量θ角，从而计算出晶面间距d，进而算出材料晶格常数，得到与晶体结构相对应的衍射图谱。对照数据库中的标准谱线对晶体结构进行判断。

* 1. 测试方法与步骤

采用X射线衍射方法测试。测试步骤如下：

1. 将样品固定在真空吸盘上，先进行（0000）面校正，此时的X射线光斑大小宜选用0.2mm，先后进行Detector Scan、Z Scan与Rocking Curve扫描；
2. 对称面（0002）校正：先进行Rocking Curve扫描，然后进行Detector Scan，得到校正文件并保存后，进行样品（0002）面摇摆曲线（Rocking Curve）扫描；
3. 非对称面（1-102）校正：先进行Phi Scan找到Phi角，然后进行Rocking Curve扫描，接着是Chi Scan和Detector Scan，得到（1-102）校正文件后，进行（1-102）面测试，得到相应的数据。
   1. 数据分析与计算
4. 分析（0002）面与（1-102）面数据，得到相应的半峰宽（FWHM）；
5. 根据（0002）面的半峰宽（β(002)）与（1-102）面的半峰宽（β(102)），按公式（B.1）、（B.2）分别计算出螺型位错的位错密度（Ds）与刃型位错的位错密度（De）。晶体的位错密度（D）是螺型位错（Ds）与刃型位错的位错密度（De）之和。

(B.1)

(B.2)

式中：

bs——螺型位错的伯格矢量长度，取值0.5185nm；

be——刃型位错的伯格矢量长度，取0.3189nm。

1. （规范性）  
   氮化镓复合衬底片电学参数测试
   1. 目的

本方法用于氮化镓复合衬底片的电学参数测试。

* 1. 测试原理

本方法利用范德堡（van der Pauw）技术采用霍尔效应测试系统进行测试。霍尔效应是磁电效应的一种，当[电流](http://baike.baidu.com/view/10897.htm)垂直于外磁场通过导体时，在导体的垂直于磁场和电流方向的两个端面之间会出现[电势差](http://baike.baidu.com/view/529403.htm)，这一现象便是霍尔效应。根据流入样品的电流及电极两端的电势差，结合样品的厚度通过拟合计算便可得到电阻率、迁移率等电学参数。

* 1. 样品制备

在待测样品正表面距离边沿2mm处对称等距放置四小段铟丝，局部高温使其融化得到带有四个电极的待测样品。

* 1. 测试方法与步骤

范德堡（van der Pauw）技术采用在扁平的、任意形状的样品上放置四个隔离的接触点，围绕样品进行八次测量。测试步骤如下：

1. 将待样品置于测试平台上，将接线探针分别置于四个电极上，使其紧密接触；
2. 分别测试两电极之间的电势差及电阻，如果电极间形成了欧姆接触，便开始电学性能测试；
3. 测试中，观察4条IV曲线是否趋于同一直线（理想状态下4条IV曲线场合）；
4. 只有霍尔均匀性与电阻率均匀性大于90%，基于样品形状的几何因子大于0.95时，测试数据才有效。
5. （资料性）  
   氮化镓自支撑衬底片激光打印标记位置示意图
   1. 氮化镓自支撑衬底片背面激光打印标记位置

激光打印标记位置见图D.1。



①

②

③

④

⑤

* 1. 氮化镓自支撑衬底片背面激光打印标记位置示意图
  2. 氮化镓自支撑衬底片背面激光打印标记内容

激光打印标记内容按详细规范执行。

