ICS 77.040

H21



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

氮化镓单晶衬底片晶面曲率半径测试方法

Test method for radius of curvature of crystal plane in GaN single crystal substrate

|  |
| --- |
| （讨论稿） |
|  |

201X - XX - XX发布

201X - XX - XX实施



前  言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会 (SAC/TC203)与全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会(SAC/TC203/SC2)共同提出并归口。

本标准起草单位：中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、苏州纳维科技有限公司

本标准主要起草人：

氮化镓单晶衬底片晶面曲率半径测试方法

范围

本标准规定了利用高分辨X射线衍射仪测试氮化镓单晶衬底片晶面曲率半径的方法。

本标准适用于化学气相沉积及其他方法生长制备的氮化镓单晶衬底片晶面曲率半径的测试。

1. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 14264 半导体材料术语

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。

衍射平面 the diffraction plane

X射线入射束、衍射束构成的平面。

晶面曲率 curvature of crystal plane

衬底片名义晶面与通过衬底片中心点的垂面的交线可近似的看做一段圆弧，其所对应的圆半径的倒数定义为晶面曲率。

χ轴 χ axis

倾斜样品的轴, 由样品台表面和衍射平面相交而成。

φ角 φ angle

样品台绕样品表面旋转的角度。

ω角及ω扫描 ω angle，ω scan

ω角为入射x射线与样品台表面夹角，连续改变ω角并记录衍射强度的测量模式称为ω扫描。

1. 方法提要
	1. 单晶的原子以三维周期性结构排列，其晶体可以看做原子排列于空间垂直距离为d的一系列平行平面所形成，当一束平行的单色X射线射入该平面上，且X射线照在相邻平面之间的光程差为其波长的整数倍即n倍时，就会产生衍射（反射）。即当入射光束与反射平面间的夹角*θ*、X射线波长*λ*、晶面间距*d*及衍射级数n同时满足布拉格定理****时，X射线衍射光束强度将达到最大值，此时的*θ*被称为布拉格角，记作*θB*，如图1所示。氮化镓晶体部分晶面布拉格角及与晶面夹角见附录A。



图1 X射线衍射原理图

* 1. 当入射X射线照射到样品P1时，进行摇摆曲线测试，当入射角为$w1$时发生衍射。样品沿衍射平面移动距离L后，照射到P2点。因为样品表面晶面发生弯曲，进行摇摆曲线测试时，在入射角为$w2$时发生衍射，如图2所示。

$$∆w$$

$$w2$$

$$w1$$

P2

P1

L

R

图2 晶面曲率半径测试原理图

此时，入射角、移动距离L和晶面曲率半径R之间满足关系式：

$$R=\frac{L}{∆w}=\frac{L}{w2-w1} （1）$$

晶面曲率 $ k=\frac{1}{R} （2） $

1. 仪器及校准

光路配置

* + 1. X射线衍射仪一般使用Cu靶，也可以使用其他靶材。
		2. 光源发出的X射线束经狭缝系统和单色器成为一束单色的平行射线。

样品台

* + 1. 样品台应有足够的自由度，使X射线入射束、衍射束、衍射晶面法线及探测器窗口在同一平面内。
		2. 样品台应能使样品围绕其表面法线旋转，并且能沿平行（X轴）和垂直于（Y轴）衍射平面的方向进行移动。常用X射线衍射仪样品台旋转轴示意图如图3所示。

仪器校准

 按照仪器厂商说明书进行仪器校准。

2**

**

*θ*

*B*

*θ*

*B*

**

X

射线入射束

X

射线衍射束

**

*θ*

*B*

*θ*

*B*

**

**

X

射线入射束

X

射线衍射束

X

Y

**图3 X射线衍射仪旋转轴示意图**

1. 干扰因素
	1. 如果样品弯曲较严重，X射线光束尺寸过大会引起摇摆曲线半高宽的异常加宽，此时应采用较小X射线光束尺寸以准确确定衍射峰峰位。
	2. 测试时测试步长的选取应使在半高宽范围内的衍射强度取样点不少于5个。
2. 测试环境

温度范围18℃-28℃，湿度20%-80%。

1. 测试步骤
	1. 样品放置在样品台上，调整探测器位置到2*θB*，样品台位置到ω=*θB*。
	2. 首先使样品主参考面（M面）平行于衍射平面，在20mm到-20mm范围内，以5mm为间隔，移动样品，进行ω扫描，绘制摇摆曲线，记录各点摇摆曲线峰位$w\_{M}$。
	3. 样品沿逆时针旋转90°，此时样品的副参考面（A面）平行于衍射平面。在20mm到-20mm范围内，以5mm为间隔，移动样品，进行ω扫描，绘制摇摆曲线，记录各点摇摆曲线峰位$w\_{A}$。

数据处理

* 1. 两点间晶面曲率半径计算

在M方向和A方向，按照式（1）分别计算相邻2点间的晶面曲率半径。

* 1. 晶面平均曲率半径计算

在M方向和A方向，以样品台位置为横坐标，衍射峰峰位为纵坐标，以最小二乘法对曲线进行回归分析，求得其曲线的斜率*k*。样品晶面平均曲率半径按照式（3）计算；

$R=\frac{180}{πk}$……………………………………………（3）

图4 平均曲率半径数据分析

测试报告

测试报告应包括以下内容：

1. 测试日期、时间；
2. 测试人员；
3. 测量环境温度和湿度；
4. 样品的详细描述，包括送样单位、样品编号、表面取向等；
5. 所使用的x射线衍射仪的品牌、型号及光路配置；
6. 所使用的衍射仪光路配置（包括靶材、狭缝系统、单色器等）
7. 样品的被测晶面；
8. 相邻2点间晶面曲率半径和平均曲率半径；
9. 本标准编号。
10. （资料性附录）
氮化镓晶体部分晶面布拉格角及晶面夹角

A.1 氮化镓晶体部分晶面布拉格角及与晶面夹角见表A.1。

表A.1 单位为度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 衍射晶面 | 布拉格角θB | 与002面夹角 | 与100面夹角 | 与110面夹角 |
| 002 | 17.285 | 0 | 90 | 90 |
| 004 | 34.459 | 0 | 90 | 90 |
| 006 | 63.047 | 0 | 90 | 90 |
| 100 | 16.196 | 90 | 0 | 90 |
| 110 | 18.422 | 90 | 90 | 0 |
| 102 | 24.048 | 43.19 | 46.81 | 53.65 |
| 103 | 31.717 | 32.04 | 57.96 | 62.65 |
| 104 | 41.026 | 25.14 | 64.86 | 64.81 |
| 105 | 52.503 | 20.58 | 69.42 | 72.28 |
| 注1：氮化镓晶格常数：a=0.3185nm c=0.5189nm；注2：表中布拉格角为Cu靶Kα1线（λ=0.15406nm）所对应的值。 |

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