



# 团 体 标 准

T/CASAS 053—2025

---

## 氮化铝抛光片位错密度的测试 腐蚀坑法

Test method for dislocation density of polished AlN wafer—Etching  
pit method

2025 - 05 - 20 发布

2025 - 05 - 20 实施

---

第三代半导体产业技术创新战略联盟 发布

## 目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 原理.....	1
5 化学试剂.....	1
6 仪器设备.....	1
7 样品制备.....	2
8 测试环境.....	2
9 测试程序.....	2
9.1 选择显微镜视场面积.....	2
9.2 选取测量点位.....	2
9.3 读取测试点位错腐蚀坑的数目.....	3
10 试验数据处理.....	3
10.1 单点位错密度的计算.....	3
10.2 平均位错密度的计算.....	3
11 精密度和测量不确定度.....	3
12 试验报告.....	4
附录 A （参考性） 氮化铝抛光片腐蚀形貌随腐蚀时长的示例.....	5

## 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。

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。

本文件由第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA）制定发布，版权归CASA所有，未经CASA许可不得随意复制；其他机构采用本文件的技术内容制定标准需经CASA允许；任何单位或个人引用本文件的内容需指明本文件的标准号。

本文件主要起草单位：奥趋光电技术（杭州）有限公司、北京中材人工晶体研究院有限公司、北京大学、中国电子科技集团公司第四十六研究所、深圳大学、中国科学院半导体研究所、山东大学、中国人民解放军国防科技大学、山西中科潞安紫外光电科技有限公司、至芯半导体（杭州）有限公司、苏州紫灿科技有限公司、北京大学东莞光电研究院、山东力冠微电子装备有限公司、北京第三代半导体产业技术创新战略联盟。

本文件主要起草人：王琦琨、吴亮、周振翔、于彤军、程红娟、武红磊、刘志彬、张雷、王广、张童、倪逸舟、岳金顺、王新强、宋德鹏、高伟。

## 引 言

氮化铝（这里指2H-AlN）作为重要的超宽禁带半导体材料，具有高临界击穿场强、高热导率、高电子饱和漂移速率、优越的机械特性和物理、化学稳定性等特点，在紫外光电器件、高温/高频功率电子及射频微波器件等领域具有巨大应用前景。

氮化铝晶体中的位错主要有三种类型：螺位错（TSD）、刃位错（TED）和基平面位错（BPD），其典型位错密度为 $10^3$ - $10^6$ 个/cm<sup>2</sup>。基于氮化铝抛光片进行同质外延时，抛光片中的部分位错会向外延层中延伸，导致外延层中存在大量扩展型位错缺陷。这些位错缺陷的存在严重影响了氮化铝基器件的性能、可靠性和寿命。因此，氮化铝抛光片中位错密度的有效测试对单晶生长及其外延工艺优化、提升器件性能至关重要。目前我国缺乏氮化铝抛光片位错密度的测试标准，因此特制定本标准。

# 氮化铝抛光片位错密度的测试 腐蚀坑法

## 1 范围

本文件描述了用择优腐蚀技术测试氮化铝抛光片中位错密度的方法。

本文件适用于抛光加工后位错密度小于 $10^7$ 个/cm<sup>2</sup>的氮化铝抛光片位错密度的测试，适用于1 inch、2 inch、3 inch、4 inch直径氮化铝抛光片的测试。氮化铝外延片可参照使用。

## 2 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 14264 半导体材料术语

## 3 术语和定义

GB/T 14264界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 原理

氮化铝晶体在碱性腐蚀剂中容易发生各向异性的腐蚀特性，也就是不同晶向的腐蚀速度有所差异，称之为择优腐蚀。择优腐蚀技术是表征晶体质量的一个快速、有效的方法。特别是对于半导体单晶而言，腐蚀坑的形状和分布呈现出晶体中的缺陷类型以及缺陷密度。

择优腐蚀技术应用于氮化铝抛光片，选择在其(0001)取向面（即Al面）进行腐蚀，显示出位错后统计位错密度。由于晶体中位错线周围的晶格存在畸变，当用碱腐蚀剂腐蚀晶体表面时，位错线露头处的腐蚀速率较快，因而容易形成由某些低指数面组成的具有特定形状的腐蚀坑。用单位面积的腐蚀坑数量表示位错密度 $N_d$  (/cm<sup>2</sup>)，按式（1）计算：

$$N_d = n/S \dots \dots \dots (1)$$

式中：

S——视场面积，单位为平方厘米（cm<sup>2</sup>）；

n——视场面积S内的腐蚀坑数量。

## 5 化学试剂

- a) 氢氧化钾（ $\rho \approx 2.04 \text{ g/cm}^3$ ），分析纯。
- b) 氢氧化钠（ $\rho \approx 2.13 \text{ g/cm}^3$ ），分析纯。
- c) 稀盐酸， $\rho \approx 1.047 \text{ g/mL}$ 。
- d) 去离子水，电阻率大于 $10 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 。

## 6 仪器设备

- a) 金相显微镜：放大倍数为50倍～600倍。
- b) 容器：材质耐高温且性能稳定，如镍坩埚；直径大于待测样品直径。
- c) 加热器：能将氢氧化钾和氢氧化钠加热为熔融态，并在设定温度下维持一定时间。

## 7 样品制备

对待测氮化铝抛光片用X射线衍射法定向出晶体学Al面，即{0001}面。按正交径向偏离角，即偏向 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向 $0^\circ \sim 8^\circ$ ，切取氮化铝晶片作为试样。将切割好的氮化铝晶片粘接在载片盘上进行研磨、抛光等流程制备成镜面状态、无划伤的抛光片。将氢氧化钾和氢氧化钠固体（重量配比1:1）混合放入容器内，用加热器加热至 $320^\circ\text{C} \sim 380^\circ\text{C}$ 使氢氧化钾和氢氧化钠呈熔融态，将待腐蚀的氮化铝抛光片放入，完全浸入并腐蚀 $3 \text{ min} \sim 10 \text{ min}$ 。腐蚀后取出样品，冷却至室温后，先用稀盐酸浸泡，再用去离子水冲洗，去除样品表面的腐蚀残留物，并干燥。

若出现腐蚀坑模糊的腐蚀过度情况，重新加工晶片表面，适当降低腐蚀温度和缩短腐蚀时长；若出现腐蚀坑尺寸过小难以观测的情况，再次腐蚀，允许调整腐蚀温度和腐蚀时长。

## 8 测试环境

测试的环境要求如下：

- a) 环境温度： $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $\leq 75\%$ 。

## 9 测试程序

### 9.1 选择显微镜视场面积

将测试样品置于金相显微镜的载物台上，选择放大倍数为400倍，扫描样品表面，根据位错密度 $N_d$ 选取视场面积：

- a)  $N_d \leq 5000 \text{ 个}/\text{cm}^2$ ，选用视场面积 $S \geq 0.001 \text{ cm}^2$ ；
- b)  $5000 \text{ 个}/\text{cm}^2 < N_d \leq 10000 \text{ 个}/\text{cm}^2$ ，选用视场面积 $S \geq 0.0005 \text{ cm}^2$ ；
- c)  $N_d > 10000 \text{ 个}/\text{cm}^2$ ，选用视场面积 $S \geq 0.0001 \text{ cm}^2$ 。

### 9.2 选取测量点位

采用光学显微镜或带数字相机的显微镜人工识别位错，不同直径氮化铝单晶位错测试点的位置分布如图1所示，具体晶片边缘去除和测定点位数量应符合表1的规定，并在选定圆周上均匀取点。

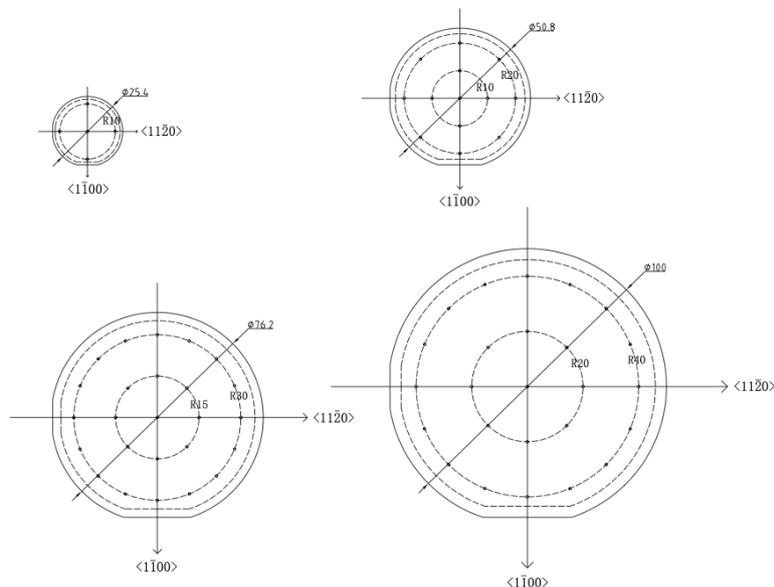


图1 选点位置图

表1 不同直径氧化铝抛光片的标称边缘去除、测试点数目

直径 mm	标称边缘去除 mm	测试点数目
25.4	1	5
50.8	2	13
76.2	3	25
100.0	4	25

### 9.3 读取测试点位错腐蚀坑的数目

视场边界上的位错腐蚀坑，其面积应有一半以上在视场内才予以计数。不符合特征的坑、平地坑或其他形状的图形不计数；在位错腐蚀坑较多且有重叠时，位错腐蚀坑按能看到的坑底个数计数，见图2。若发现视场内污染点或其他不确定形状的图形很多，如图形背景无法区分位错、不规则图纹或图形背景杂乱等，应考虑重新制样。

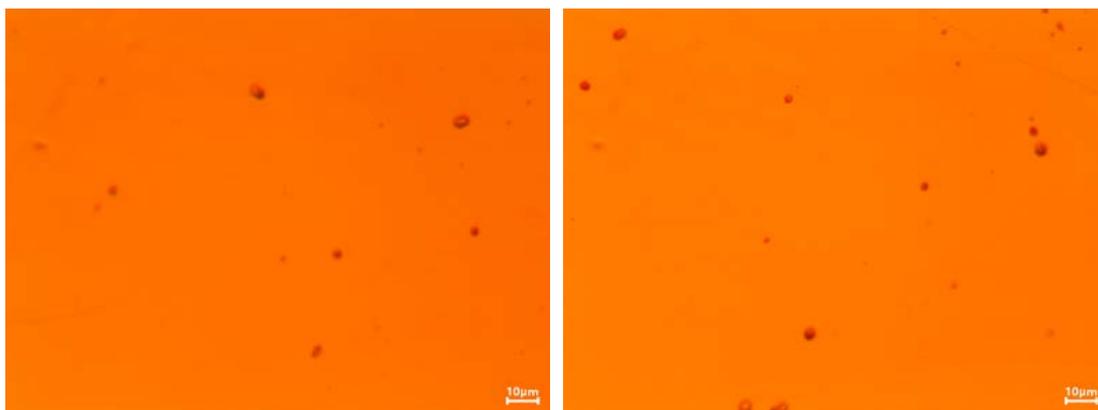


图2 氧化铝单晶位错腐蚀坑×400

## 10 试验数据处理

### 10.1 单点位错密度的计算

单点位错密度 $N_d$ 的计算按式（1）进行。

### 10.2 平均位错密度的计算

平均位错密度 $\overline{N}_d$ 的计算按式（2）进行：

$$\overline{N}_d = \frac{1}{nS} \sum_i^n N_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$N_i$ ——第*i*点腐蚀坑数目，单位为个；

$S$ ——视场面积，单位为平方厘米（ $\text{cm}^2$ ）。

## 11 精密度和测量不确定度

在重复性条件下，本方法测量位错缺陷密度的相对标准偏差不大于20%。

## 12 试验报告

报告至少应包括以下内容：

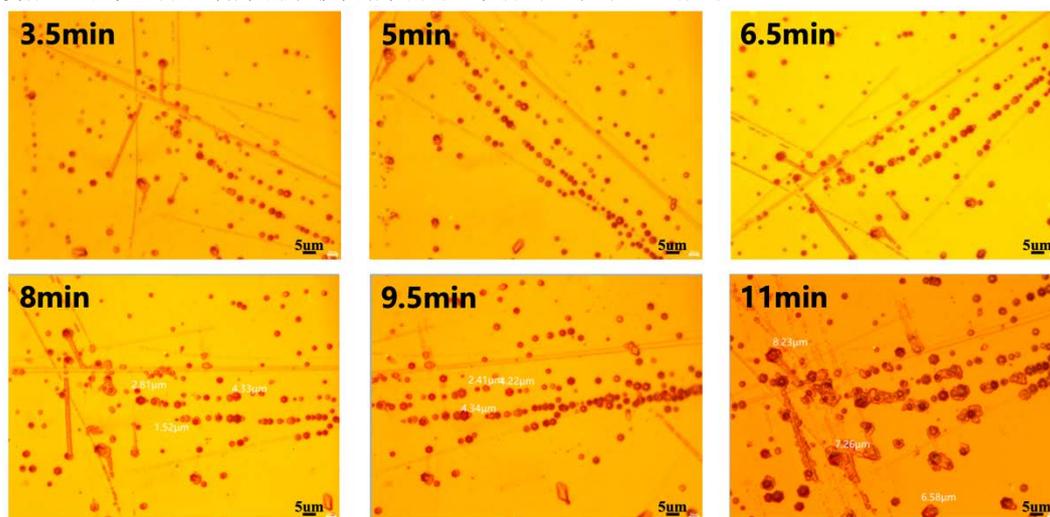
- a) 本文件编号；
- b) 送样单位和送样日期；
- c) 样品名称、规格、编号；
- d) 样品状态描述；
- e) 具体表述须用到的试验方法（一个或多个）；
- f) 测试仪器；
- g) 位错密度测试结果；
- h) 位错数目或者位错密度分布结果；
- i) 操作者、测试日期、测试单。

## 附录 A

(参考性)

## 氮化铝抛光片腐蚀形貌随腐蚀时长的示例

氮化铝抛光片局部腐蚀形貌随腐蚀时长变化图 如图A.1所示



注：腐蚀温度350 °C，腐蚀时长3.5 min、5 min、6.5 min、8 min、9.5 min、11 min

图A.1 氮化铝抛光片局部腐蚀形貌随腐蚀时长变化图 X500 倍

---