



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 碳化硅外延片表面缺陷的测试 显微可见光法

Test method for surface defects on silicon carbide epitaxial wafers— Microscopic  
method of visible light

（讨论稿）

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 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技术委员会（SAC/TC203/SC2）共同提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 碳化硅外延片表面缺陷的测试 显微可见光法

## 1 范围

本文件规定了功率器件用碳化硅外延片表面缺陷的无损光学测量方法。

本文件适用于同质的超过（含）2  $\mu\text{m}$  厚的碳化硅外延层。

## 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。

ASTM F1621 对扫描表面检查系统的定位准确性能能力测定的标准规程

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 19921 硅抛光片表面颗粒测试方法

GB/T 30656 碳化硅单晶抛光片

SEMI M35-0299 使用自动检查系统探测硅片表面特性的发展中的规范指南

SEMI M50-1101 使用覆盖的方法确定扫描表面检查系统捕获率和虚假计数率的测试方法

## 3 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

### 3.1

#### 掉落物 downfall

掉落物是一种小颗粒物，一般为从生长室内壁上掉落下来的 3C-SiC 颗粒，外延生长过程中被外延层所包裹，通常会以颗粒物所在位置为起点，诱发三角形缺陷。在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈三角形头部有顶点的形状；

### 3.2

#### 三角形缺陷 triangle

在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现三角形形状，第三条边与主参考边几近成 90 度。三角形头部有时有一明显的小三角形凹痕，内含 3C-SiC 晶型层。

### 3.3

### 浅三角形缺陷 Shallow Triangle

在 ScN、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现三角形形状, 在 ZrO 通道呈现一条或者两条或者三条边, 第三条边与主参考边几近成 90 度。三角形头部有时有一明显的小三角形凹痕, 内含 3C-SiC 晶型层。

## 3.4

### 胡萝卜缺陷 carrot

在 ScN、ZrO 和 NUV-PL 呈胡萝卜形状, 长条形线状缺陷, 其中一端较粗。胡萝卜缺陷具有方向性, 方向沿水平方向, 与主参考边几近平行。

## 3.5

### 梯形缺陷 obtuse triangle

在 ZrO 和 ScN 梯形形状, 其中第三条边一般较长, 但在 PL 通道没有信号。梯形有方向性, 第三条边与主参考边几近垂直。

## 3.6

### 表面台阶聚集 step bunching

台阶具有方向性, 沿竖直方向, 与主参考边几近垂直, 在 ScN 和 ZrO 通道呈现条状信号, 但在 PL 通道没有信号。碳化硅外延生长过程中, 表面原子级台阶容易发生聚集的现象, 严重时会在表面形成细长型的三角形凸起, 凸起的高度可达数微米。另外, 在晶片划伤处台阶聚集现象往往更加严重, 形成细长型三角形的密集排列。

## 3.7

### 颗粒 particle

颗粒在 ZrO 通道里表现为上亮下黑, 在 ScN、ZrO、NUV-PL 和 VIS-PL 信号中均有信号。

## 3.8

### 扫描表面检查系统 Scanning surface inspection system

参考 GB/T 19921 硅抛光片表面颗粒测试方法。

## 4 方法原理

本方法利用扫描表面检查系统产生的激光束在待测碳化硅外延片表面进行整面扫描, 并收集和确定来自表面的散射光、反射光的信号强度和位置, 与预设的已知缺陷的散射光、反射光的信号相比较, 得到碳化硅外延片表面的一系列不同直径尺寸和方向的缺陷总数和分布。具体测试原理图见图 1。

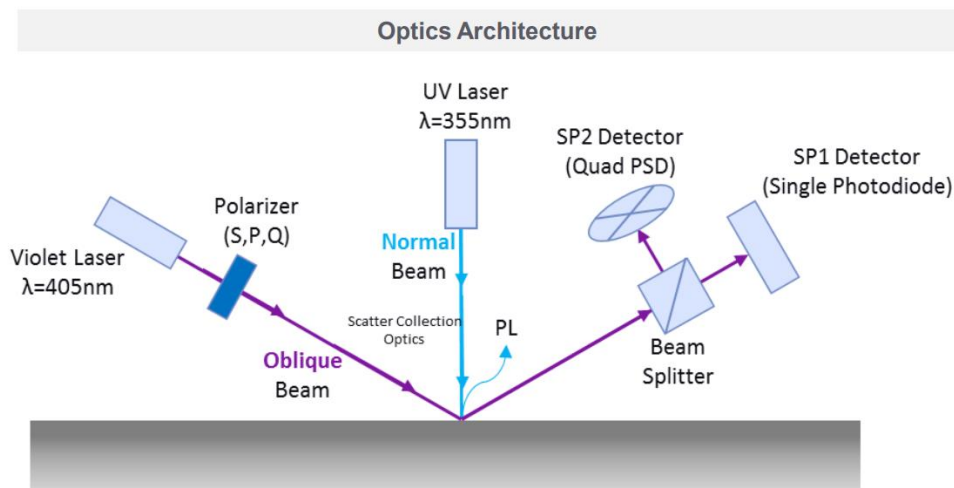


图1 扫描表面检查系统测试原理图

注：本标准涉及的方法通常选用波长(355–700)nm的激光光源，最常用的是355\405nm的激光器

## 5 干扰因素

5.1 在测量范围内，颗粒尺寸和激光散射信号强度并非完全线性关系，颗粒尺寸越大，散射信号越趋于饱和。

5.2 使用参考样片进行校准时，如果校准点处于接近发生共振的地方，将造成颗粒尺寸的校准误差，为避免这一误差，应保证每一标称尺寸校准曲线的单值性。

5.3 表面扫描设备对激光散射信号的处理上的差异会带来测数据的偏差。5.6 表面扫描设备灵敏度取决于最小缺陷的信噪比。通常，信噪比大于等于3可判定为真实缺陷。

5.4 当很多缺陷聚集在一起发生重叠时，由于信号叠加，会给计数带来一定误差。比如，环境的污染可能覆盖特定缺陷，影响计数。

5.5 不同厚度的碳化硅外延层表面缺陷的大小和形状会有变化。建议一定厚度范围的外延片使用相同的程式扫描计数。比如，10um及以下外延厚度可以使用同一个程式。

5.6 边缘去除：建议设备数据采集时采用无去边扫描，可以检查到晶片边缘处理状况、有无裂纹等。在缺陷统计时，可以根据需要去除边缘2-3毫米（4/6英寸），以忽略边缘高缺陷密度区。

## 6 试验条件

除另有规定外，应在以下环境下进行：

温度  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度  $45\% \pm 5\%$ 。

洁净度 100 级或以上。

## 7 仪器设备

表面缺陷检查系统应具备：

a) 设备应具备激光散射信号收集；

- b) 设备应具备激光反射信号收集;
  - c) 能够对晶片进行全表面扫描;
  - d) 对扫描后的散射信号和反射信号进行处理, 信号阈值可调节;
  - e) 对高于阈值的缺陷进行分类和计数;
  - f) 分类规则可调节, 由分类规则产生整个晶片的缺陷分布图和数目;
- b) 6.8 每个缺陷有位置坐标对应, 并输出整个晶片缺陷的位置坐标文件。

## 8 样品

测试晶片应是同质结外延生长后的碳化硅晶片, 碳化硅外延层厚度大于或等于 2 微米厚度, 外延层表面法线方向为 (0001) 晶向, 其偏离角度在 8 度以内。

## 9 试验步骤

### 9.1 测量点的位置

测量点位置应均匀的分布在晶片的表面, 并应去除样品表面的边缘部分。

### 9.2 测量区的面积

测量区的面积不应小于晶片总面积的 2/3。

### 9.3 测量系统的准备

正式测量前, 应详细检查测试系统各部分的运行处于良好的状态, 确定无式样情况下, 系统产生的激光束能进行整面扫描, 并收集和确定来自表面的散射光。

### 9.4 测试

#### 9.4.1 确认扫描表面检查系统处于正常工作状态;

#### 9.4.2 根据测试要求设定相应的测试程序, 包括缺陷的阈值、分类、边缘去除量等设置;

#### 9.4.3 将待测样片放置在指定位置, 由机械传输将样片移到激光扫描区域;

#### 9.4.4 激光束对样片进行扫描和信号探测;

#### 9.4.5 缺陷信号处理如下:

- a) 对收集到的整个晶片的每个信号通道分别设定信号阈值, 每个通道中高于阈值的信号皆为潜在缺陷, 低于阈值的为噪声。缺陷数目按照信号方式对应统计。
- b) 根据不同缺陷在不同信号通道的敏感, 结合缺陷图谱, 从缺陷检查通道、缺陷形状、缺陷大小、长宽比、面积占比、方向性、信号强度、不同通道信号比值等进行分类。
- c) 满足分类条件的缺陷由软件自动归为某种缺陷类别。缺陷统计是采用从上而下的依次排除方式, 即已经分出的缺陷不会参与后续分类, 以避免重复统计。
- d) 缺陷归类统计与晶片扫描同时进行。缺陷统计方法必须是软件自动统计。
- e) 扫描结束, 得到外延片上一系列缺陷分布图和数目统计, 同时有缺陷密度、缺陷位置坐标

文件、晶片良品率等输出。

## 10 试验数据处理

缺陷密度按公式计算：

$$N=n/S$$

式中：

$N$ ——缺陷密度，单位为个每平方厘米（ $\text{cm}^{-2}$ ）；

$n$ ——缺陷数量，单位为个；

$S$ ——面积，单位为平方厘米（ $\text{cm}^2$ ）

## 11 精密度

测试灵敏度主要由激光散射通道来表征。由于实际晶片上的自然缺陷形状、材质、折射率、和大小都不统一，采用和硅抛光片相同的精密度确认方法和要求，即参见 GB/T 19921 中第 11 章的精密度标准。

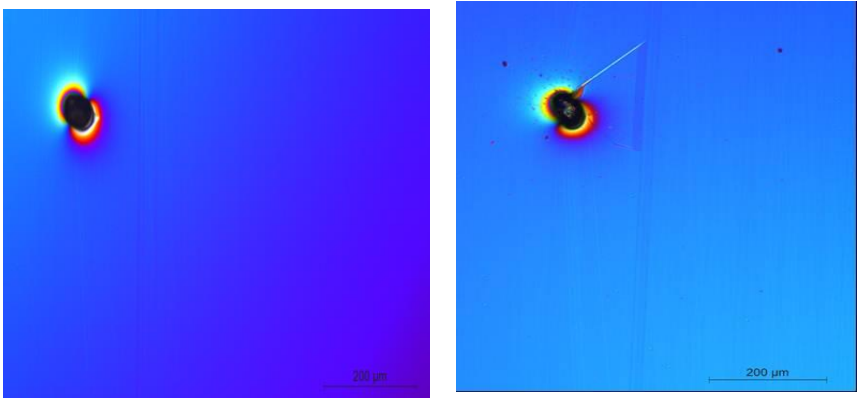
## 12 试验报告

试验报告应包括下列内容：

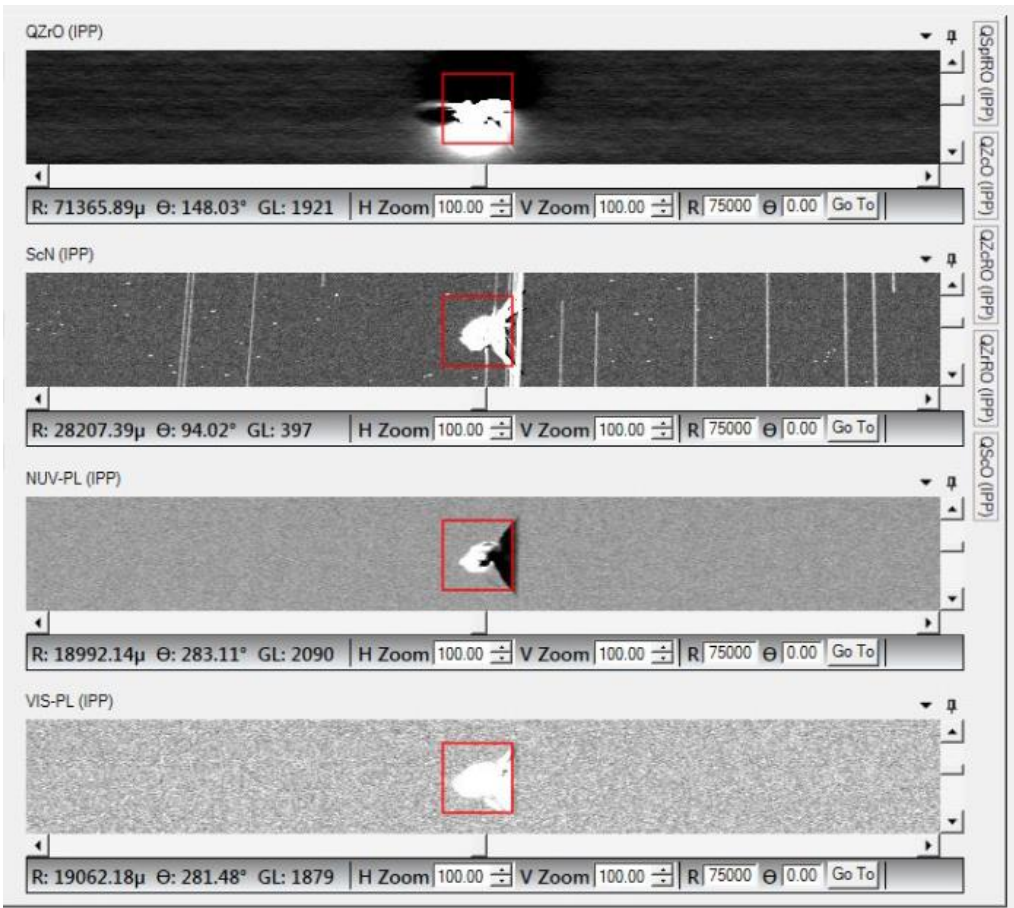
- a) 样品的来源、规格及型号；
- b) 所用的测试系统编号及选用参数；
- c) 被测样品测试缺陷总数量、缺陷密度、分布图；
- d) 被测样品测试缺陷类别，分布区域；
- e) 本文件编号；
- f) 测试单位及检测操作人员签字；
- g) 测试时间。

附录 A  
(资料性)  
缺陷图谱

A.1 掉落物 (Downfall) 缺陷图谱



放大倍数为：100 倍

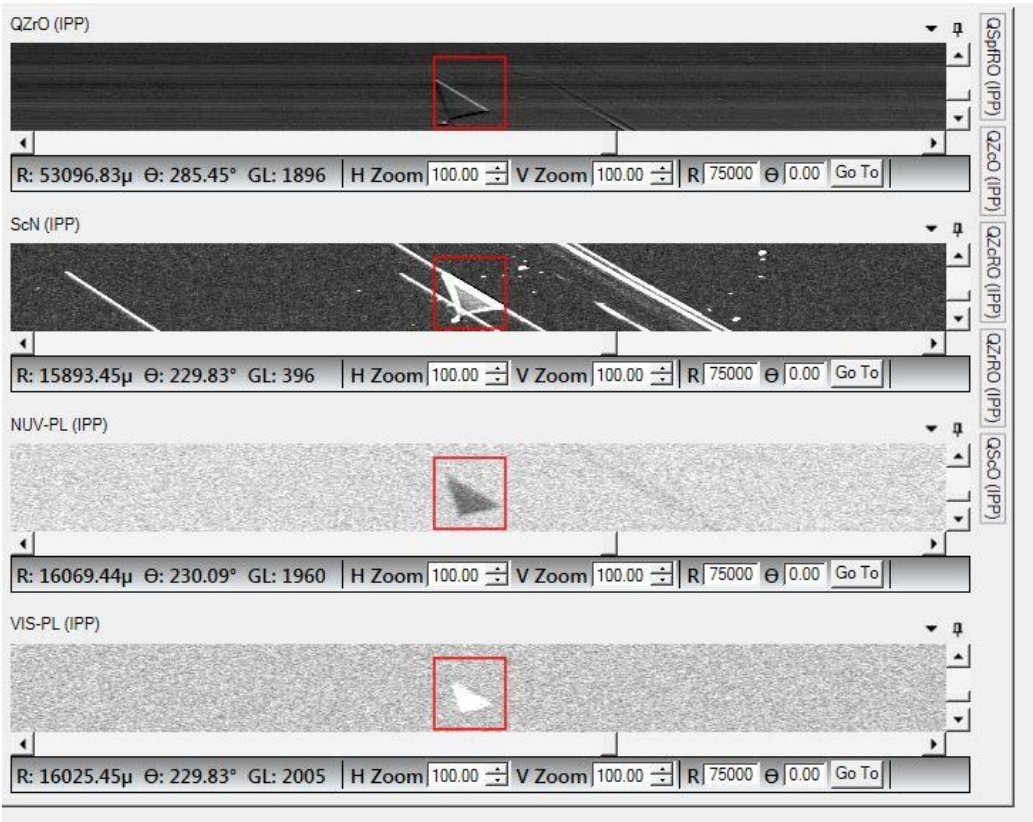


掉落物在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现的形状

A.2 三角形 (Triangle) 缺陷图谱

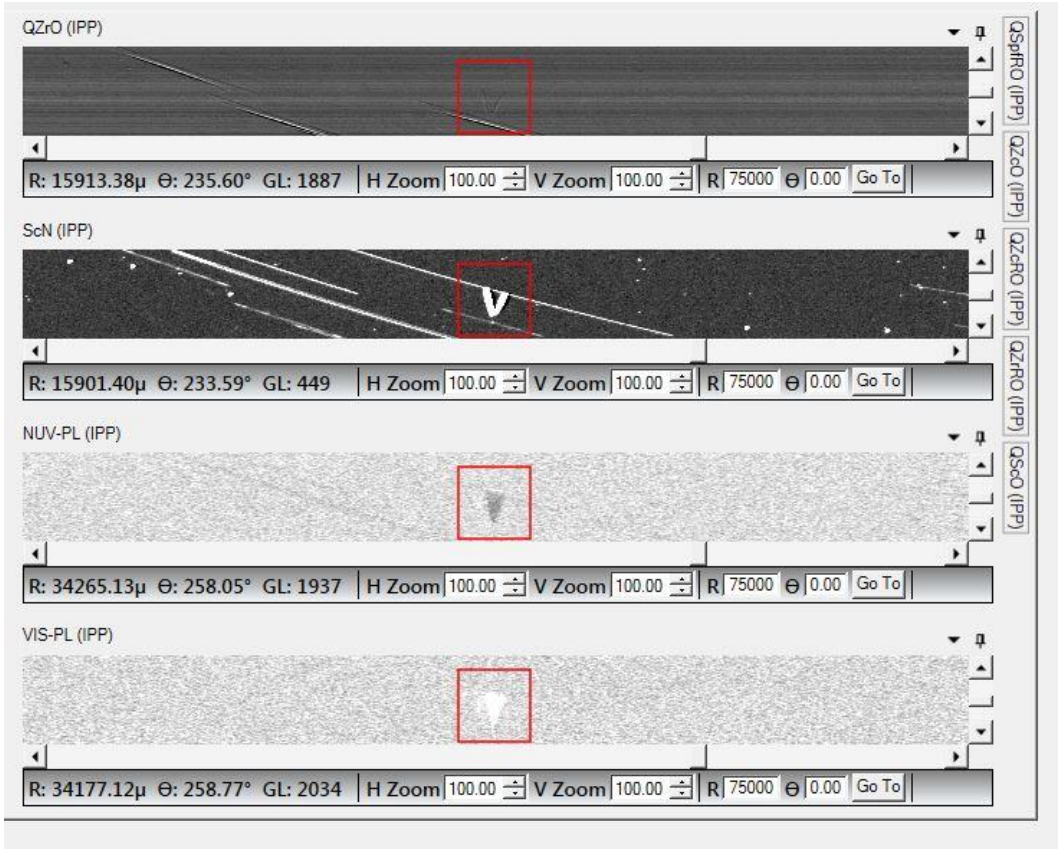


放大倍数为：100倍



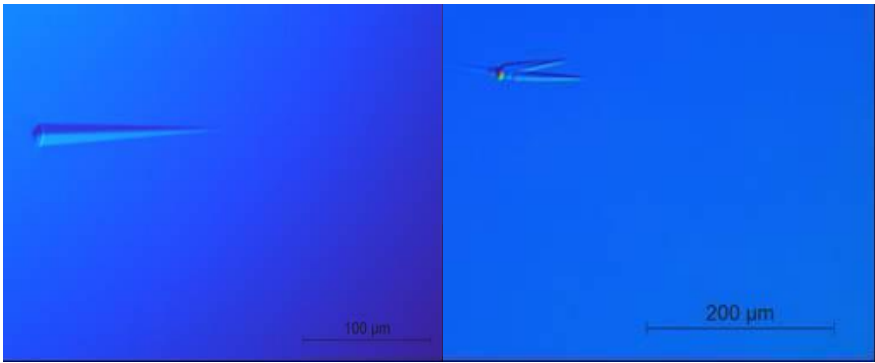
triangle 在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现的形状

A. 3 浅三角形（Shallow Triangle）缺陷图谱



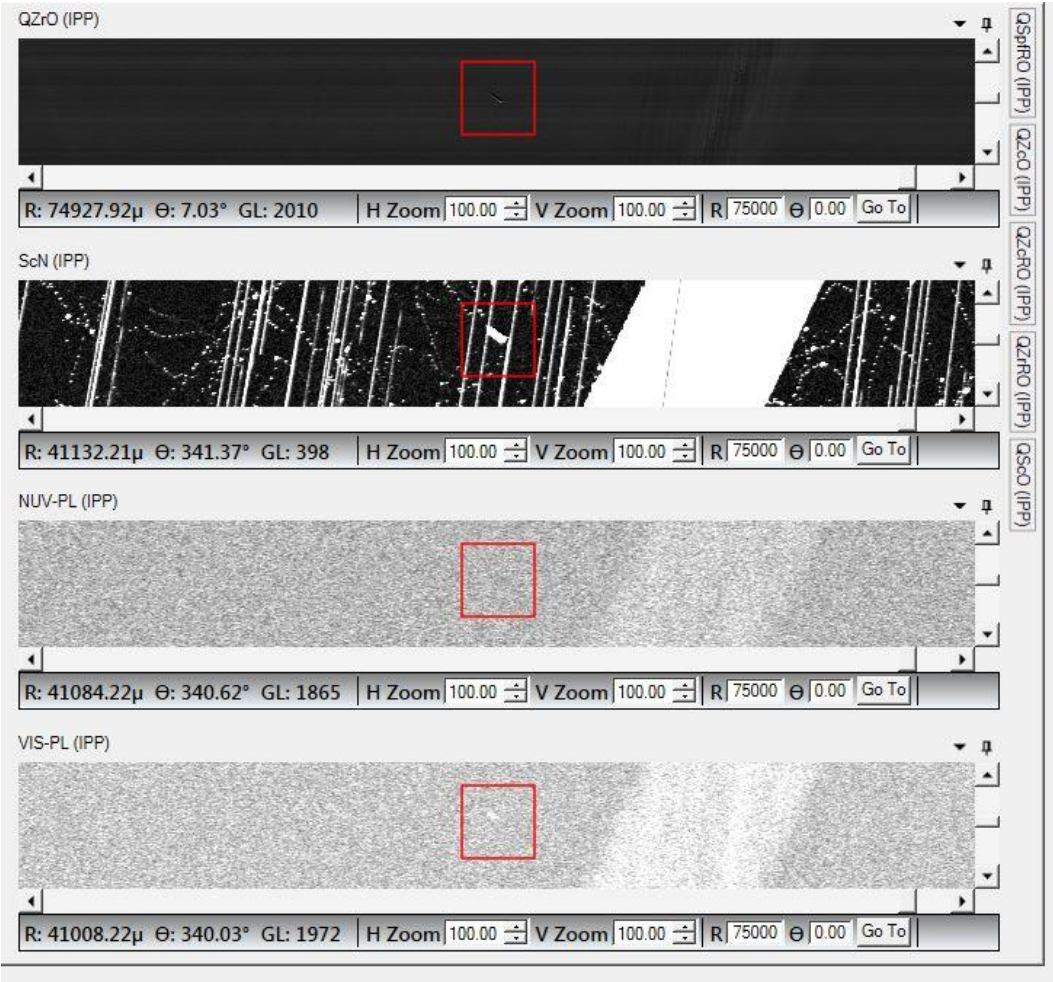
Shallow triangle 在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现的形状

A. 4 胡萝卜（Carrot）缺陷图谱



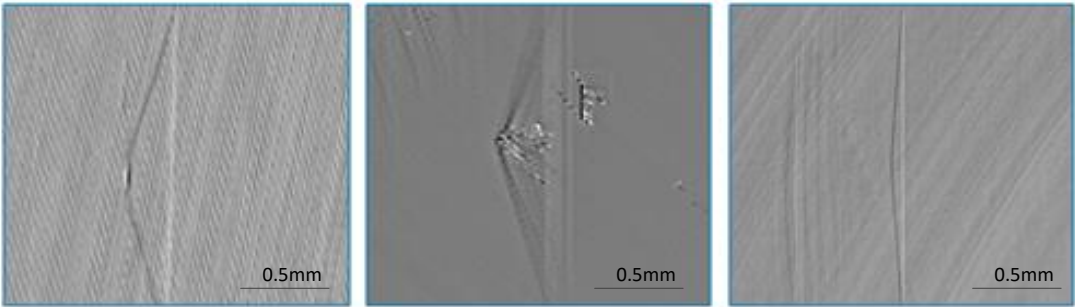
放大倍数为：200 倍

放大倍数为：100 倍

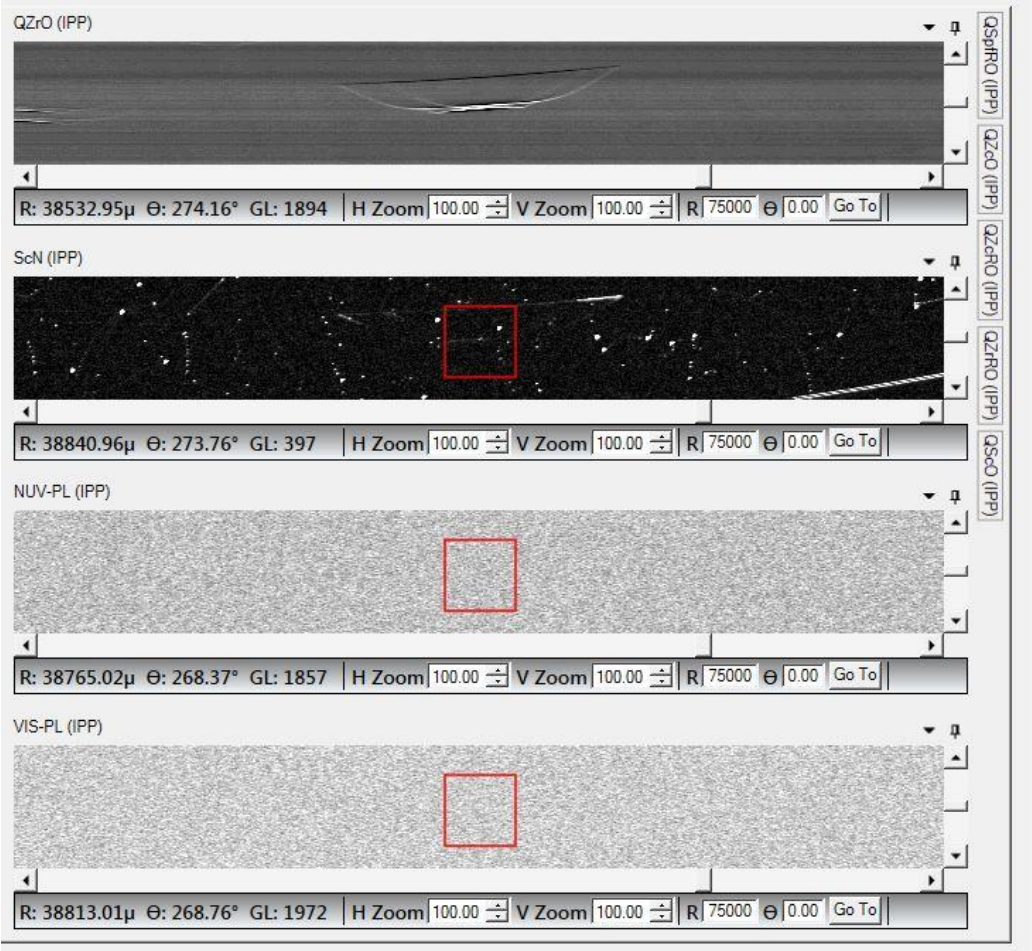


carrot 在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现的形状

A.5 梯形缺陷 (Obtuse Triangle):

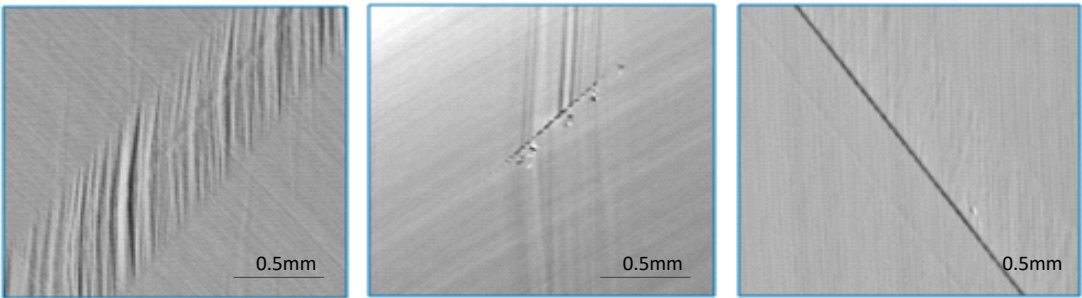


放大倍数为：20 倍

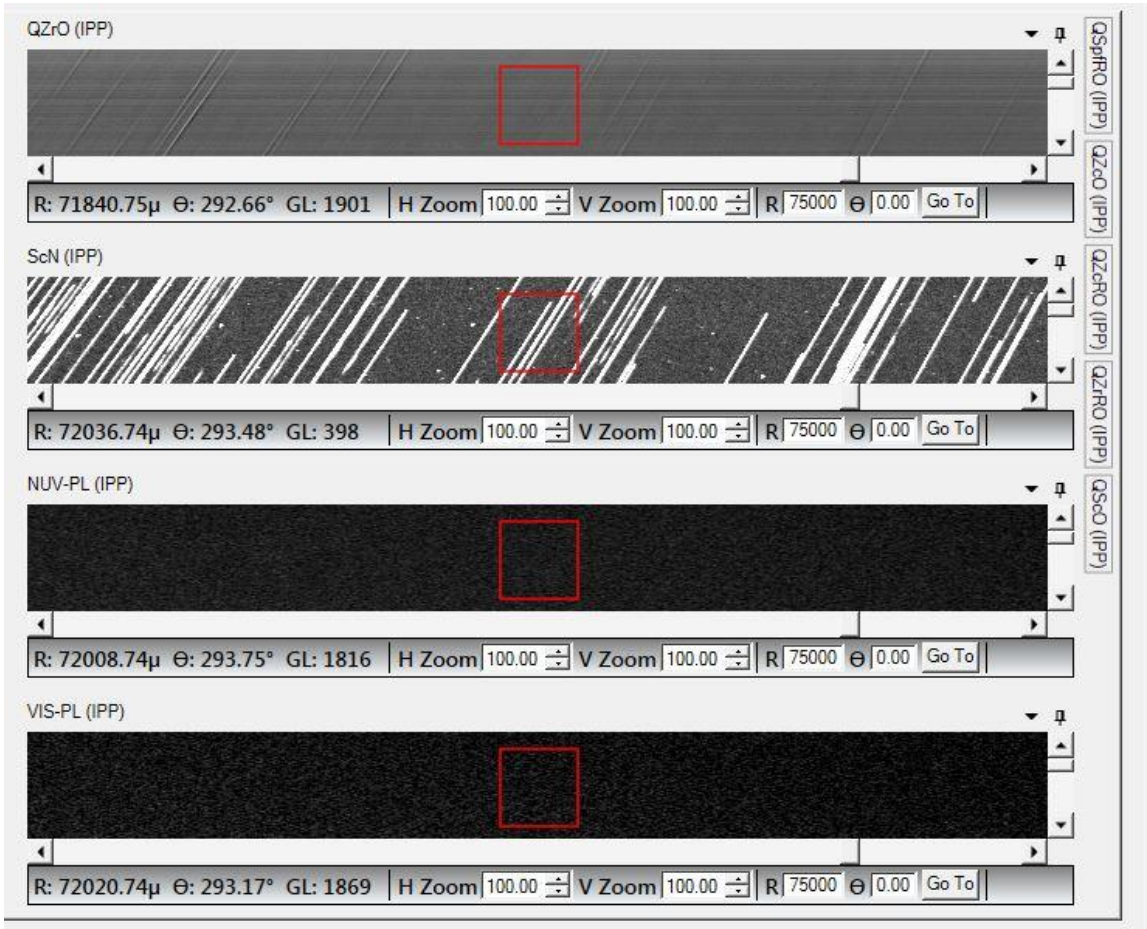


梯形缺陷 在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现的形状

A. 6 表面台阶聚集 (Step Bunching):



放大倍数为: 20 倍



台阶聚集 在 ScN、ZrO、Vis-PL 和 NUV-PL 通道呈现的形状

A. 7 颗粒（particle）

