



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 蓝宝石图形化衬底片

Patterned sapphire substrate

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2022年4月20日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 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：广东中图半导体科技股份有限公司、有色金属经济技术研究院、华灿光电（浙江）有限公司、北京大学东莞光电研究院、云南蓝晶科技有限公司等。

本文件主要起草人：张能、贺东江、张小琼、肖桂明、康凯、丁晓民、朱广敏、吴龙强等。

# 蓝宝石图形化衬底片

## 1 范围

本文件规定了蓝宝石图形化衬底片（以下简称“衬底”）的产品分类、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。

本文件适用于蓝宝石图形化衬底片的研发、生产制备、测试分析、检验鉴定及其性能质量评价。

## 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 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 8758 砷化镓外延层厚度红外干涉测量方法

GB/T 14140 硅片直径测量方法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 25915.1 洁净室及相关受控环境 第1部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级

GB/T 30854 LED发光用氮化镓基外延片

## 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

**图形化衬底** patterned substrate

衬底表面通过黄光光刻或压印图形掩膜工艺再经等离子体刻蚀技术制成的具有一系列圆锥形突起的周期性阵列排布的微纳米图形结构。

注：产品用于氮化镓基的材料外延生长模板，并显著提升发光二极管的光电性能。

### 3.2

**图形排布** pattern arrangement

衬底表面图形按最密堆积原则进行位置及方向上的阵列分布。

### 3.3

**图形底部** pattern bottom

衬底表面图形与无图形区域相交的位置。

### 3.4

**图形周期** pattern pitch

$D$

衬底表面图形排布中，任意二个相邻图形结构几何中心点之间的距离。

### 3.5

**图形高度** pattern height

$H$

以衬底平面为基准面，图形底部平面至图形顶点之间的垂直距离。

### 3.6

**图形底宽** pattern bottom width

$W$

在图形底部区域的平面上，图形圆周的直径。

### 3.7

**图形间距** pattern space

$S$

在图形底部区域的平面上，任意二个相邻图形边缘之间的最短距离。

### 3.8

**图形底部夹角** pattern bottom angle

$\theta$

图形侧边弧线底部切线和蚀刻区域底部的平面基部之间的夹角。

### 3.9

**图形的弧度** pattern profile

$R$

图形三角锥侧边和图形侧边弧中心点的切线间的距离。

### 3.10

**边缘去除区** edge exclusion area

图形化衬底上，从衬底边缘到质量控制区域间的径向宽度。

[来源：GB/T 14264—2009，3.74，有修改]

### 3.11

**图形缺失** pattern loss

图形化衬底上，周期性阵列排布的图形在局部区域出现无图形或图形被破坏的区域。

### 3.12

**格线** grid line

步进式投影光刻机制备的图形化衬底，外观呈现网格状色差。

### 3.13

**拼接** mis-alignment

步进式投影光刻机制备的图形化衬底，图形结合不完整或移位的现象。

### 3.14

**图形均匀性** pattern uniformity

在图形化衬底上，图形结构之间尺寸的离散程度。

## 4 分类

### 4.1 按衬底尺寸

按衬底直径分为：

- a) 50.8 mm (2 英寸)，以“2”表示；
- b) 100 mm (4 英寸)，以“4”表示；
- c) 150 mm (6 英寸)，以“6”表示；
- d) 200 mm (8 英寸)，以“8”表示。

## 4.2 按衬底导向边

按衬底导向边分为：

- a) 参考边（如图1）；
- b) 参考槽（如图2）。

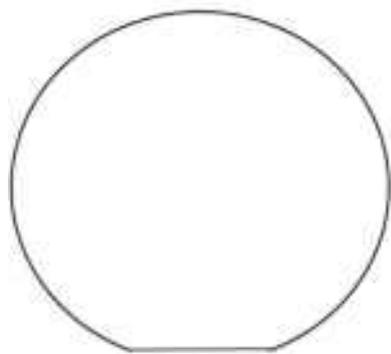


图1 参考边导向边

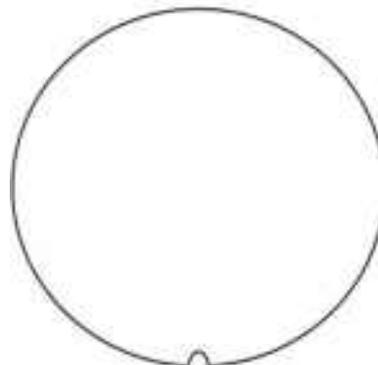


图2 参考槽导向边

## 5 要求

### 5.1 尺寸

衬底直径与厚度应符合表1的规定。

表1 直径及允许偏差

衬底类别	2	4	6	8
直径及允许偏差	50.8 mm±0.1 mm	100 mm±0.1 mm	150 mm±0.2 mm	200 mm±0.2 mm
厚度及允许偏差	430 μm±10 μm	650 μm±20 μm 800 μm±20 μm	1000 μm±20 μm 1300 μm±20 μm	1300 μm±20 μm 1600 μm±20 μm

### 5.2 图形规格

#### 5.2.1 图形排布

图形排布以导向边为参考，图形有0°排布、90°排布，如图3和图4所示（无特殊注明，导向边的类别皆以“参考边”为基准）。

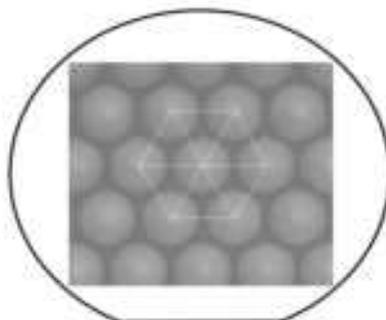


图3 0°排布

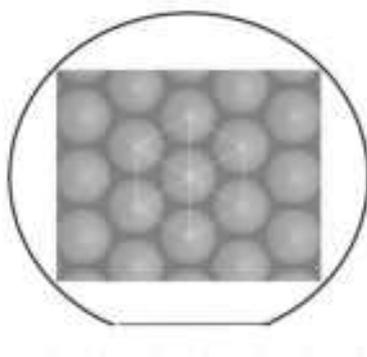


图 4 90° 排图形尺寸参数

衬底的周期、底宽、高度如图5、图6所示；沿图形底部平面基部画出底宽BC、高AO，连接图形顶角A点与底部B、C点，用三角形侧边AB、AC和图形相应侧边弧线中心的位置切线的距离R值来定义图形弧度大小，如图7所示。底部角度如图8所示。

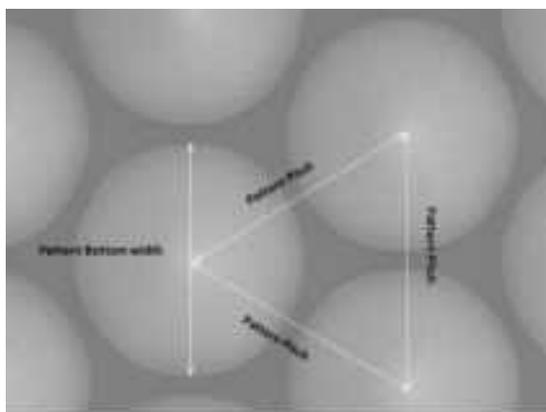


图 5 图形周期与底宽

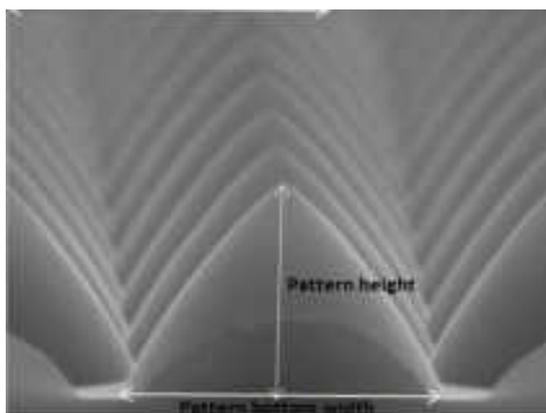


图 6 图形高度

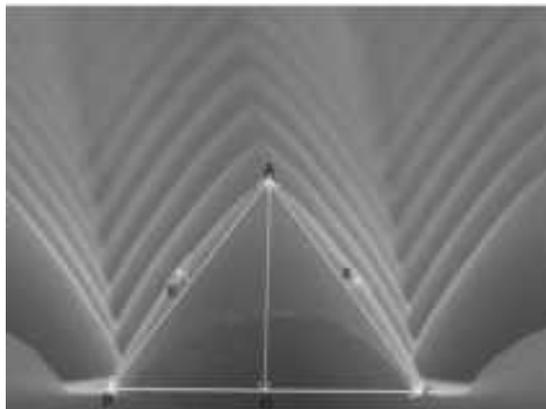


图7 图形弧度

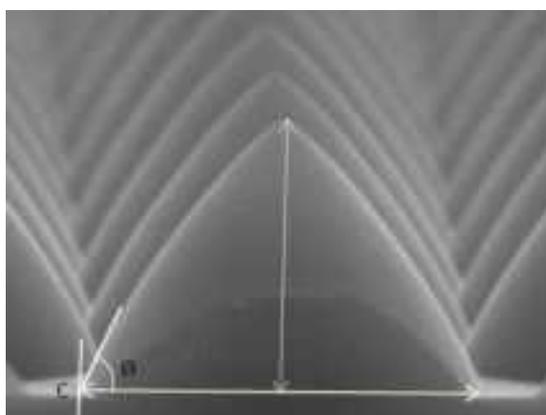


图8 图形底部夹角

衬底图形尺寸参数的要求参照表2，需方如有特殊要求，由供需双方协商确定。

表2 图形尺寸参数

项目	图形化衬底（类别：2、4、6、8）
图形周期	$3\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$ , $1.8\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$
图形形貌	六角密排圆锥形图案
图形高度	$1.80\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$ , $0.9\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$
图形底宽	$2.80\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$ , $1.6\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$
图形间距	$0.20\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$ , $0.2\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$
图形弧度	100 nm~200 nm, 40 nm~90 nm
底部夹角	$60^\circ \pm 10^\circ$ , $50^\circ \pm 10^\circ$

### 5.2.2 图形均匀性

以衬底导向边为参考，取衬底片上、中、下、左、右共5点，距边缘5 mm位置测量高度、底宽，按公式(1)计算对应数值的均匀性，片内均匀性不超过5%。

$$\text{片内均匀性} = \frac{\text{片内最大值} - \text{片内最小值}}{\text{片内最大值} + \text{片内最小值}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

### 5.2.3 衬底有效图形区域

通过测量衬底边缘往中心位置的图形形貌，来指定或提高衬底的正常图形可用范围，提高衬底可用率。有效区域是排除下图9所示C区域之外的范围，另外晶片的压爪（Pin角）深度B区域，与A区域无图形区域按使用方要求进行协商确定。

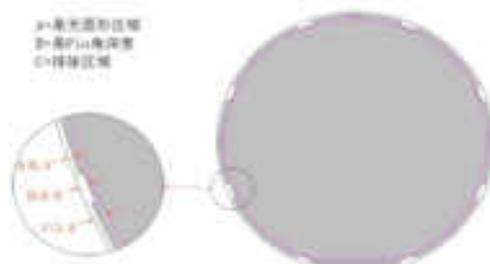


图9 衬底图形量测位置

### 5.3 外观

衬底外观参照附录A的规定。需方对产品有不同要求时，可由供需双方协商确定。

### 5.4 反射率

不同图形规格产品，对量测工具反射率强度响应存在差异，间接反应衬底不同区域图形形貌、尺寸，通过工艺的调整和控制，提升衬底图形一致性，反射率为相对评价基本参数见表3。

表3 衬底反射率相关参数

项目	最小值	最大值
单点反射率 (Mean)	√	√
反射率均值 (Uni-mean)	-	-
反射率分布的标准偏差 (CV)	-	√
反射率极差 (C-Range)	-	√

注1. 根据不同产品规格、检测机台原理，来对应相关参数的大值、最小值。  
注2. “√”表示有相应产品对应参数；“-”表示无参数规定

### 5.5 其他

5.5.1 衬底的外观、图形规格，除了满足图形化衬底片的相应规定外，部分指标还可参考下游客户端相关参数，按 GB/T 30854 规定执行。

5.5.2 需方如对衬底的技术指标有其他要求，由供需双方协商确定。

## 6 试验方法

### 6.1 尺寸

直径按GB/T 14140规定的方法测量。

厚度按GB/T 8758规定的方法测量。

### 6.2 衬底图形规格

#### 6.2.1 测试方法

测试方法分为扫描电镜测试法、原子力显微镜测试法和金相显微镜测试法。

- a) 扫描电镜测试法：  
利用高能的入射电子轰击样品表面，入射电子与样品的原子核和核外电子将产生弹性或非弹性散射作用，使得被激发的区域将产生二次电子获取样品的形貌特征，可以测试所有的图形规格尺寸。
- b) 原子力显微镜测试法：  
利用原子间距离减小到一定程度以后，原子间的作用力将迅速上升的原理，基于显微探针受力的大小就可以直接换算出样品表面的高度，从而获得样品表面形貌的信息。计算标定图形规格。
- c) 金相显微镜测试法：  
根据观察试样所需的放大倍数要求，正确选配物镜和目镜；利用边界调节合适的焦距，再对各区域进行扫描检查，可量测二维面的样品图形规格。

## 6.3 衬底外观

### 6.3.1 测试方法

测试方法包括宏观表面检验和微观表面检验。

- a) 宏观表面检验：  
在  $350 \text{ LUX} \pm 50 \text{ LUX}$  光照度、 $5000 \text{ K} \pm 1000 \text{ K}$ ，视距  $300 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$  目测检验，发现缺陷后使用金相显微镜进行测量判定。
- b) 微观表面检验：  
用全自动光学检测仪（AOI）进行全检。

## 6.4 衬底反射率

用AOI进行衬底反射率全检。试样表面存在各种不均匀性，反射光束的波面将发生畸变，畸变波面空间折叠，用一定的接收装置收集光信号，经光电转换计算机信息处理系统成反射数据与图像，可完成试样表面的状态分析，测得图形样品规格。因不同产品规格反射率数值差异，设置相应的检测参数可以进行卡控，分类产品。

## 6.5 测试要求

### 6.5.1 测试环境

测试环境条件如下：

- a) 温度： $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ；  
b) 相对湿度： $50 \% \pm 10 \%$ ；  
c) 洁净度：按 GB/T 25915.1 界定 ISO 6 级（必要时）；  
d) 气压： $86 \text{ KPa} \sim 106 \text{ KPa}$ ；  
e) 无影响测试准确度的机械振动、电磁和光照等干扰。

### 6.5.2 测试设备

测试设备需满足如下条件：

- a) 量程、偏移、稳定性、分辨率和不确定度应符合相关标准的规定；  
b) 应按规定间隔进行检定或校准，并有检定或校准证书，有明确的标志；  
c) 有以标准形式发布的计量检定规程和校准规范。

## 7 检验规则

## 7.1 检查和验收

7.1.1 产品应由供方质量监督部门进行检验，保证产品质量符合本文件和订货单的规定。

7.1.2 需方可对收到的产品按本标准的规定进行检验，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个月内向供方提出，由供需双方协商解决。

## 7.2 组批

产品应成批提交验收，每批应由同尺寸、同图形规格的衬底片组成。

## 7.3 检验项目及取样

7.3.1 检验项目按表4的规定。

表4 检验项目

检验项目	检验要求	检验方法	抽检频率	判定
直径	5.1	6.1	15片/10000片	Ac0, Re1
厚度	5.2	6.2	GB/T 2828.1 特殊检查水平 S-4	AQL=0.25
衬底图形规格	5.3	6.3	GB/T 2828.1 特殊检查水平 S-2	AQL=0.4
衬底外观	5.4	6.4	宏观：GB/T 2828.1 的规定一般检查水平 II 微观：全检	AQL=0.4 Ac0, Re1
衬底反射率	5.5	6.4	全检	Ac0, Re1

7.3.2 其他项目如需检验，由供需双方协商抽样方案进行。

## 7.4 检验结果的判定

7.4.1 直径、厚度、外观检验若有一项不合格，则判定该批衬底片不合格，该批产品不得进入后续的检验与交付，依据产品分类要求进行分类处理，除去不合格品后重新组批。

7.4.2 图形尺寸检验如有不合格的，允许加倍抽样对不合格项进行复检，复检仍有不合格项，则判该批不合格。供方可对不合格项进行逐片检验，除去不合格品后，合格品重新组批。

## 8 标志、包装、运输、贮存和随行文件

### 8.1 衬底标志

图形化衬底片的正面或者背面应有激光码打印标志，具体位置和规格标准，可由供需双方协商确定。

### 8.2 包装标志

8.2.1 衬底包装盒应贴有产品标签，标签内容至少包括以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品片数；
- c) 产品规格；
- d) 产品盒号；
- e) 生产日期。

8.2.2 衬底的外箱上应附有标签并至少包含以下内容：

- a) 供方名称；

- b) 产品名称;
- c) 需方名称、地址;
- d) 产品规格等一系列标示;
- e) 产品件数及数量;
- f) 合格标志。

### 8.3 包装

衬底包装应在洁净等级按GB/T 25915.1中ISO 5级洁净间完成。包装过程不应在衬底表面引入二次脏污和划伤等缺陷。包装盒采用专用防腐、防酸的聚四氟乙烯材料。衬底包装宜采用25片盒式包装，需方如有特殊要求，由供需双方协商确定。

### 8.4 运输和贮存

8.4.1 产品在运输过程中，应在包装纸箱中填充缓冲材料，防震、防损。

8.4.2 产品应贮存放置在氮气柜中，并应在洁净车间内打开包装盒。

8.4.3 保存期限：一年。

8.4.4 保存条件：

- a) 温度控制范围为 5 °C~40 °C;
- b) 湿度控制范围为 30 %RH~70 %RH;
- c) 空间限制：禁止重压，堆高的限制为最高四层。

### 8.5 随行文件

每批产品应随箱附有随行文件，其上至少注明：

- a) 供方名称;
- b) 产品规格及数量;
- c) 出货日期;
- d) 主要技术指标;
- e) 检验结果及检验部门的印记。

## 9 订货单内容

订购本文件所列产品的订货单应至少包含下列内容：

- a) 产品名称;
- b) 产品要求;
- c) 数量;
- d) 本标准编号;
- e) 供需双方协商确定的其他要求。

## 附录 A

(规范性)

## 蓝宝石图形化衬底片的外观要求

表 A.1 宏观外观要求

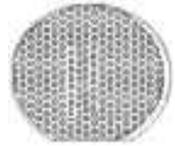
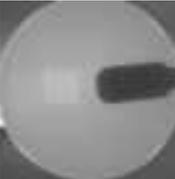
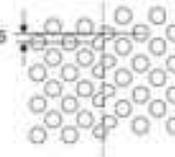
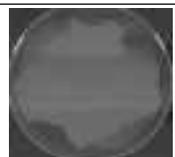
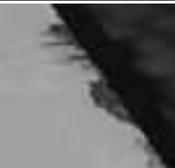
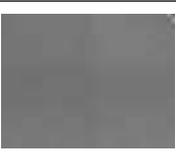
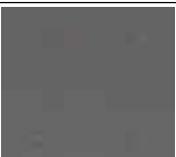
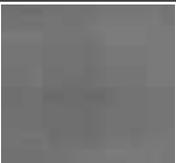
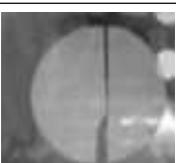
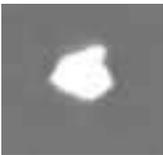
项目	示意图	要求
边缘排除区		衬底片类别 2、4 $\leq 1.5$ mm, 衬底片类别 6、8 $\leq 2$ mm
彩纹 白边 黑边		衬底片类别 2、4 $\leq 1.5$ mm, 衬底片类别 6、8 $\leq 2$ mm
边不对称		不应有压边现象
格线		不应透过灯光看到曝光场区域差异
拼接		1. 1000 倍显微镜下检查图形之间未重叠, 2. 曝光场拼接线图形间距不超过一个图形重复间距
色差		无颜色差异
水印		无水印现象
吸笔/镊子污染		无
背面污染		无

表 A.1 宏观外观要求 (续)

项目	示意图	要求
亮点		目检可见轻微的亮点, 显微镜下图形差异不大 (差异在 100 nm 内), 图形无变形, 偏小, 平顶等现象
印记		无
背洗		边缘背洗 < 0.6 mm
重复蚀刻		无
匀胶缺陷		目检可见轻微的匀胶缺陷, 显微镜下图形无异常
光刻板污染		显微镜下检查有轻微的光刻板污染, 图形无差异
镜头污染		显微镜下检查有轻微的镜头污染, 图形无差异
碎片		无
裂纹		无
崩边		无

## A.1 微观外观要求

表 A.2 微观外观要求

不良项目	示意图	类别 2	类别 4	类别 6	类别 8
图形缺失		<100 μm, ≤30 ea 100-200 μm, ≤5 ea 200-300 μm, ≤1 ea >300 μm, ≤0 ea	<100 μm, ≤80 ea 100-200 μm, ≤10 ea 200-300 μm, ≤4 ea >300 μm, ≤0 ea	<100 μm, ≤180 ea 100-200 μm, ≤25 ea 200-300 μm, ≤10 ea >300 μm, ≤0 ea	<100 μm, ≤300 ea 100-200 μm, ≤50 ea 200-300 μm, ≤20 ea 300-400 μm, ≤2 ea >400 μm, ≤0 ea
颗粒		<100 μm, ≤30 ea 100-200 μm, ≤5 ea 200-300 μm, ≤1 ea >300 μm, ≤0 ea	<100 μm, ≤80 ea 100-200 μm, ≤10 ea 200-300 μm, ≤4 ea >300 μm, ≤0 ea	<100 μm, ≤180 ea 100-200 μm, ≤25 ea 200-300 μm, ≤10 ea >300 μm, ≤0 ea	<100 μm, ≤300 ea 100-200 μm, ≤50 ea 200-300 μm, ≤20 ea 300-400 μm, ≤2 ea >400 μm, ≤0 ea
刮伤		长度 200-1000 μm, ≤2 ea 长度 1000-2000 μm, ≤0 ea	长度 200-1000 μm, ≤6 ea 长度 1000-2000 μm, ≤2 ea	长度 200-1000 μm, ≤6 ea 长度 1000-2000 μm, ≤2 ea	长度 200-1000 μm, ≤8 ea 长度 1000-2000 μm, ≤3 ea