

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 43662—2024

## 蓝宝石图形化衬底片

Patterned sapphire substrate



2024-03-15 发布

2024-10-01 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。

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。

本文件由全国半导体设备和材料标准化技术委员会(SAC/TC 203)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/TC 203/SC 2)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、有色金属技术经济研究院有限责任公司、华灿光电(浙江)有限公司、黄山博蓝特半导体科技有限公司、北京大学东莞光电研究院、云南蓝晶科技有限公司、南京理工宇龙新材料科技股份有限公司、通辽精工蓝宝石有限公司、苏州恒嘉晶体材料有限公司。

本文件主要起草人：张能、贺东江、张小琼、李素青、肖桂明、王子荣、朱广敏、康凯、刘建哲、丁晓民、王新强、何永杰、戴生伢、闫殿军、徐永亮。





# 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。

本文件适用于蓝宝石图形化衬底片的研发、生产、测试、检验及性能质量的评价。

## 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—2012 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 20307 纳米级长度的扫描电镜测量方法通则

GB/T 25915.1—2021 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

## 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

通过光刻或压印图形掩膜工艺,再经等离子体刻蚀技术,制成的表面具有一系列类圆锥体的周期性阵列排布的微纳米图形结构的衬底。

注:图形化衬底用于提升氮化镓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。 $0^{\circ}$ 排布如图1所示, $90^{\circ}$ 排布如图2所示。

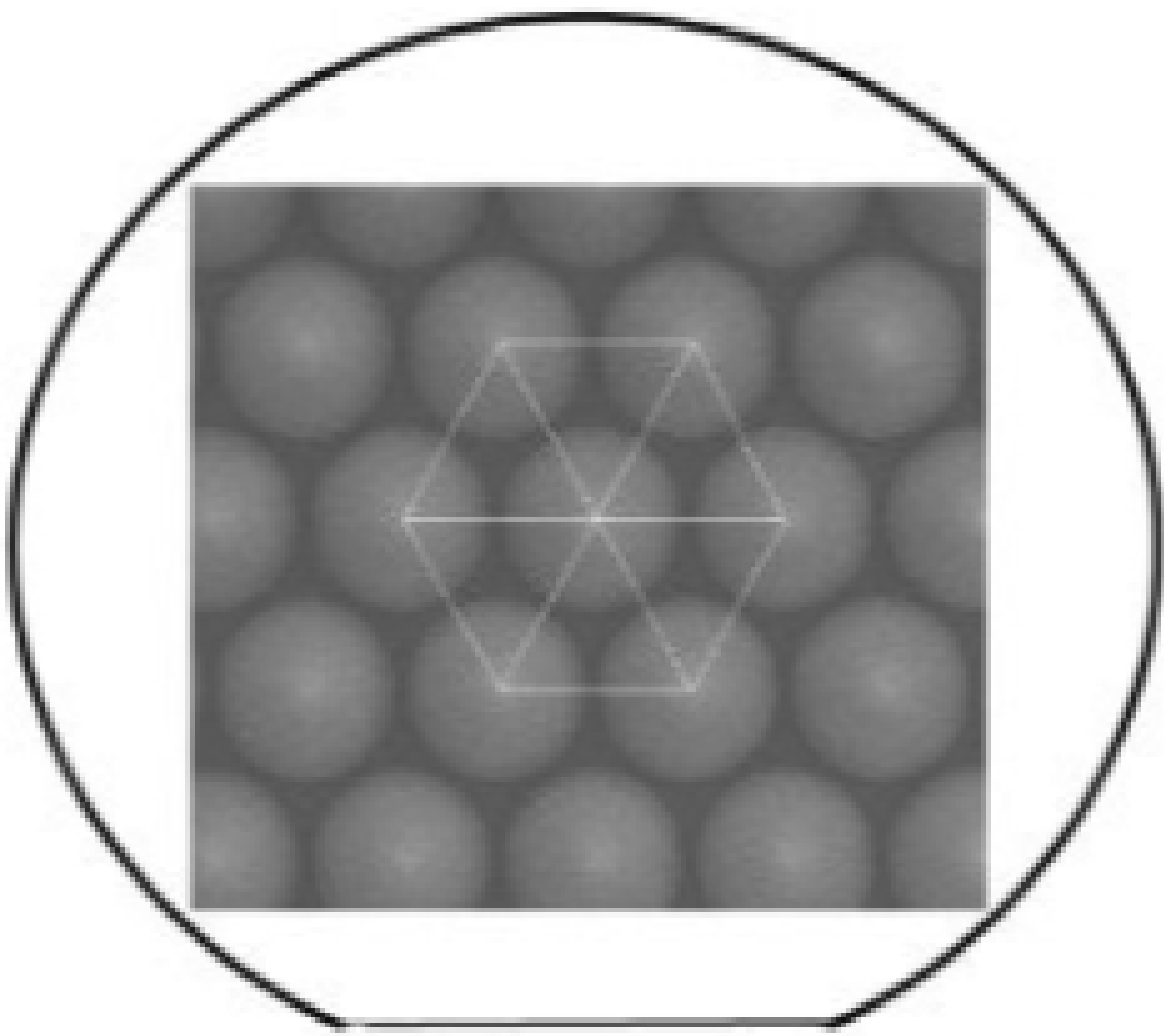


图1  $0^{\circ}$ 排布

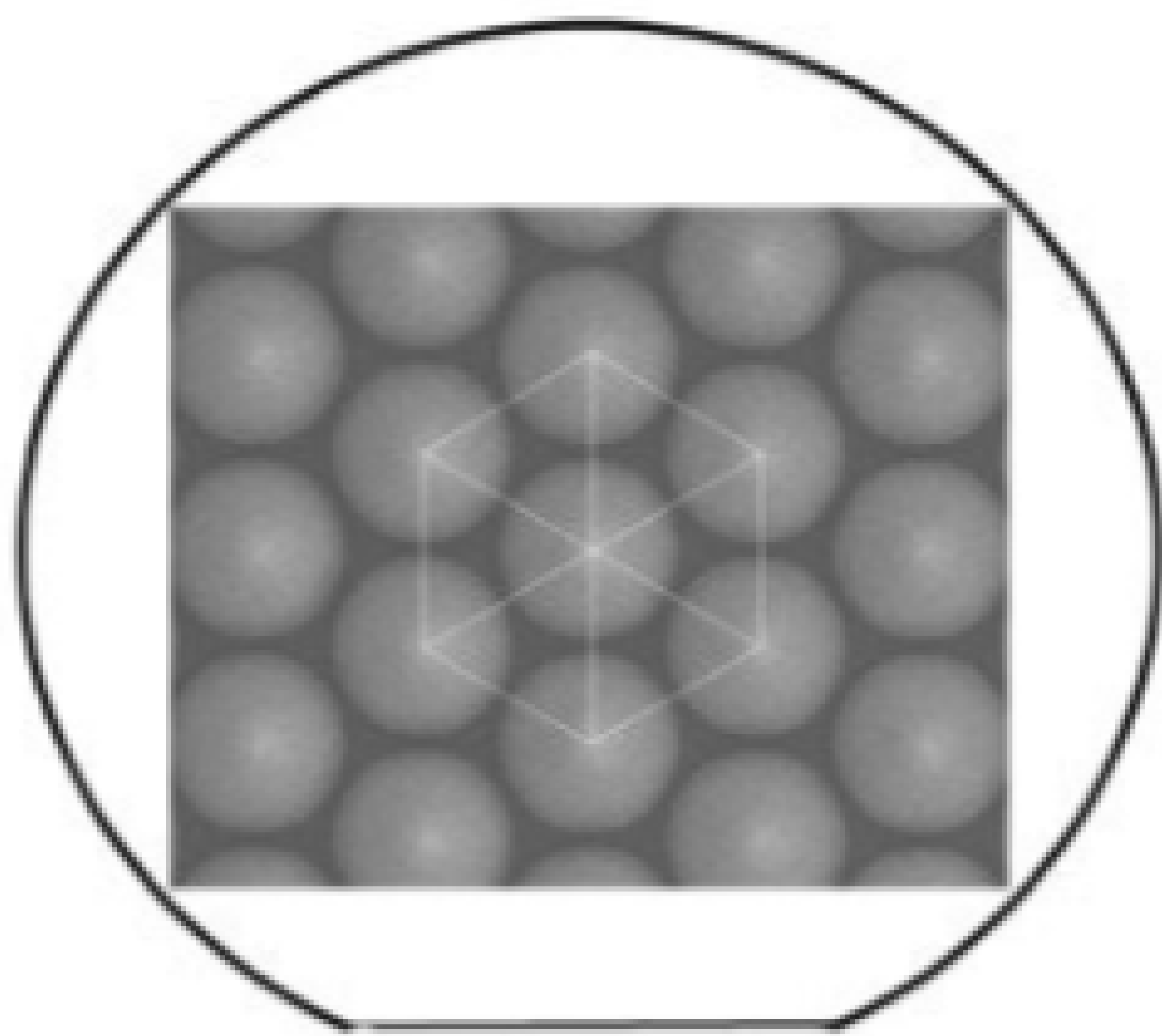


图 2 90°排布

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**  
 $P$   
衬底表面重复出现的相同图形排布中,任意两个相邻图形几何中心点之间的距离,如图 3 所示。

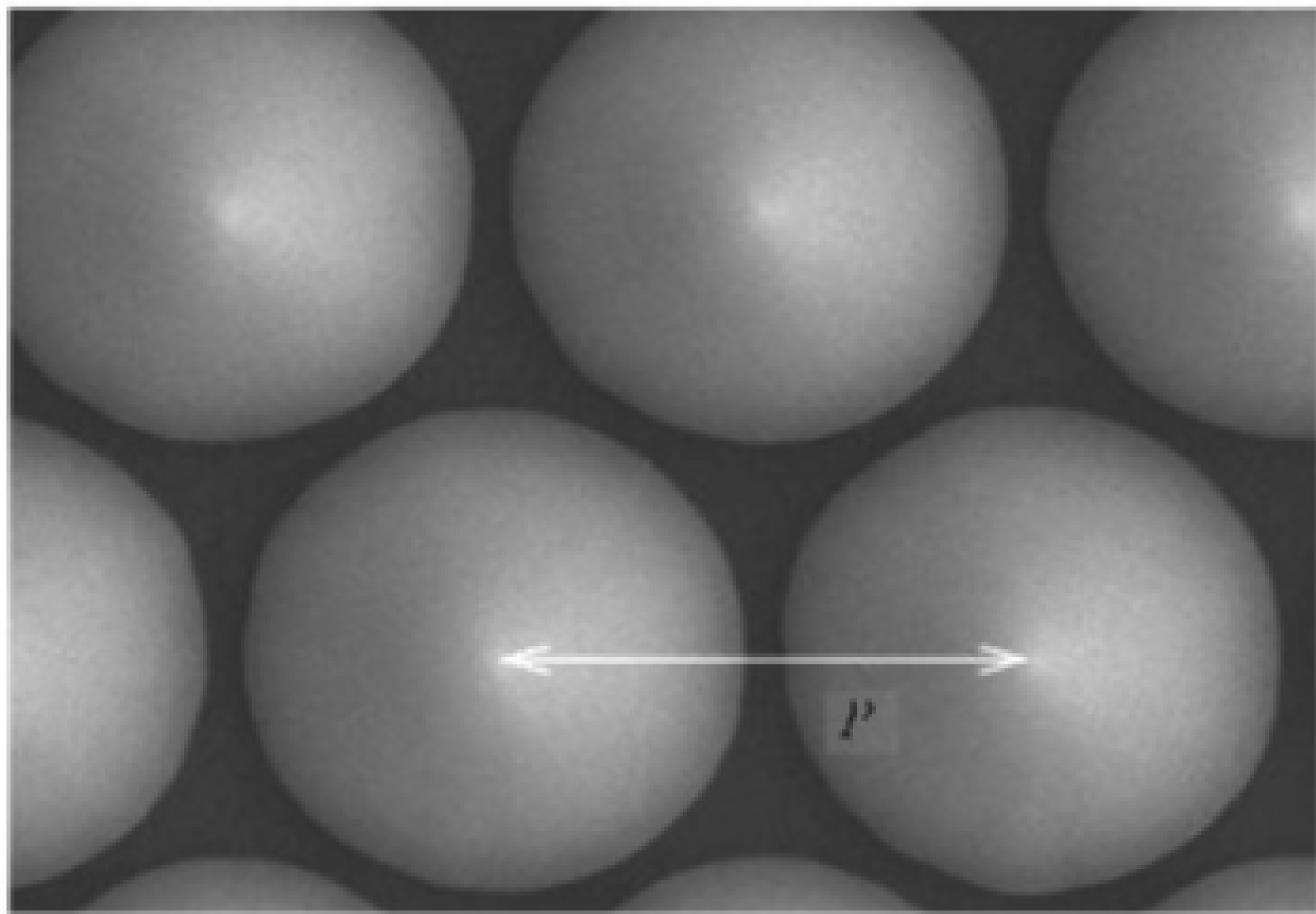


图 3 图形周期

3.5 **图形高度 pattern height**  
 $H$   
图形底部平面至图形顶点之间的垂直距离,如图 4 所示。



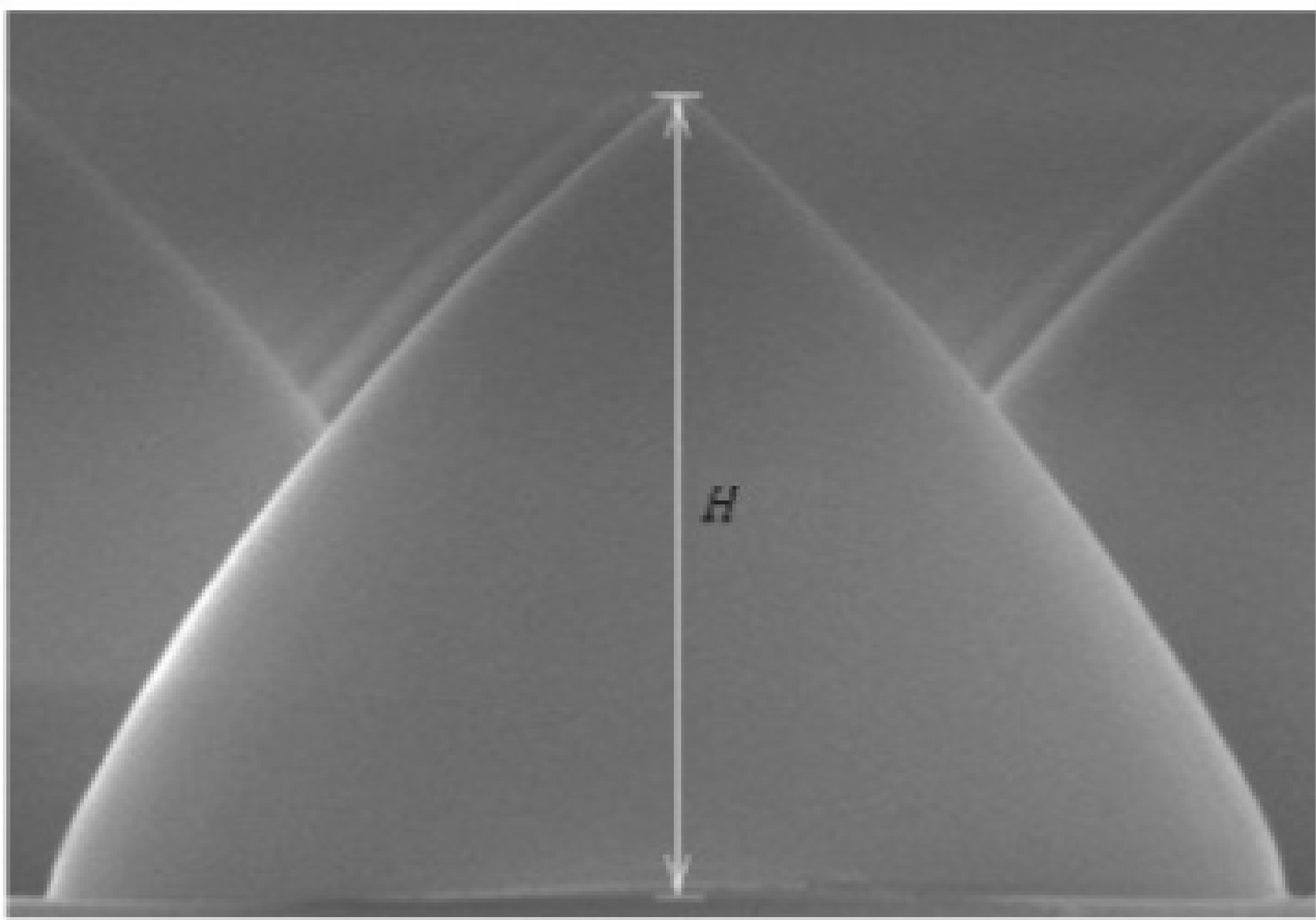


图 4 图形高度

3.6

图形底宽 pattern bottom width

$W$

在图形底部区域的平面上,图形区域的最大宽度,如图 5 所示。

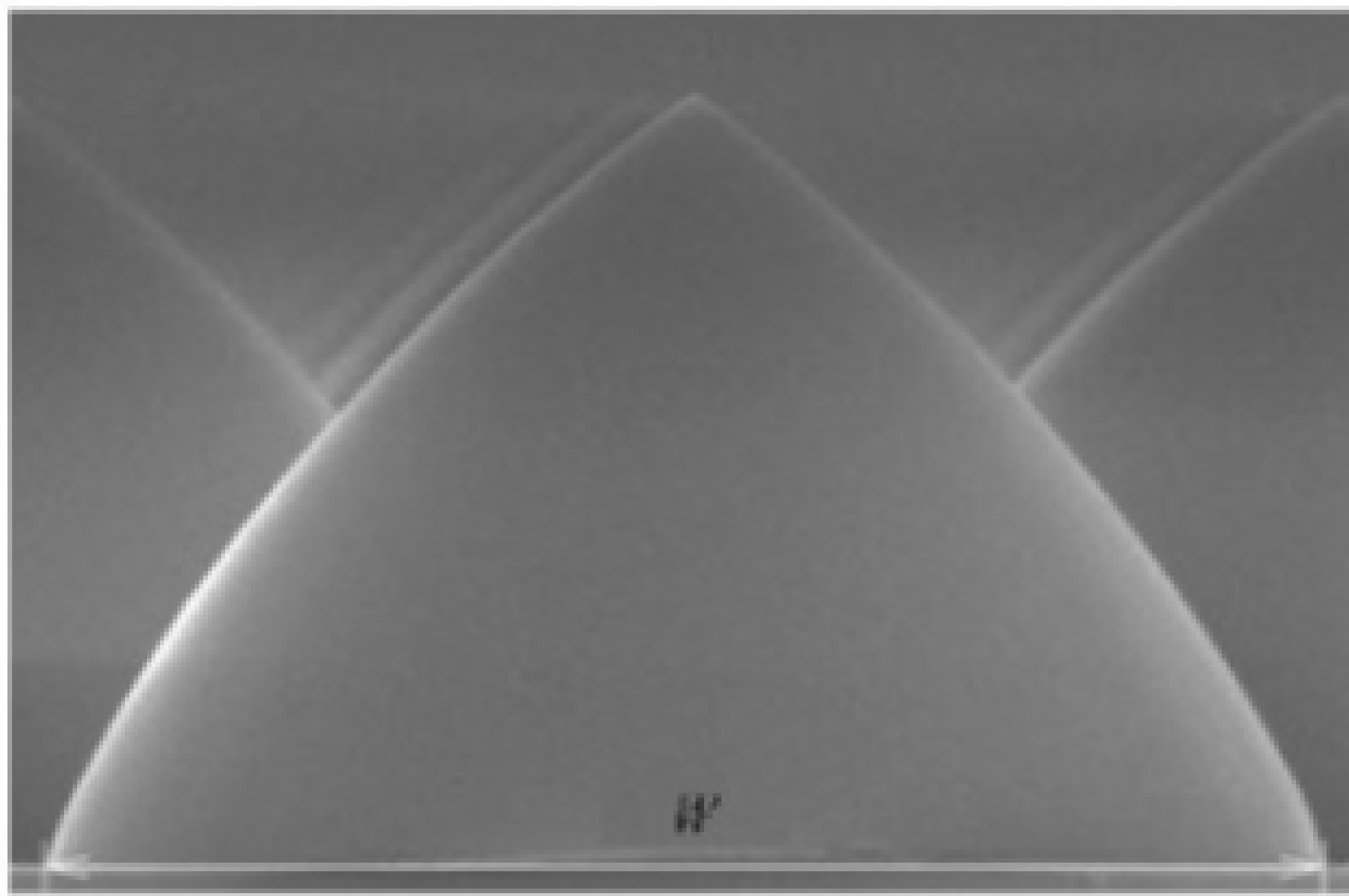


图 5 图形底宽

3.7

图形间距 pattern space

$S$

在图形底部区域的平面上,任意两个相邻图形边缘之间的最短距离,如图 6 所示。

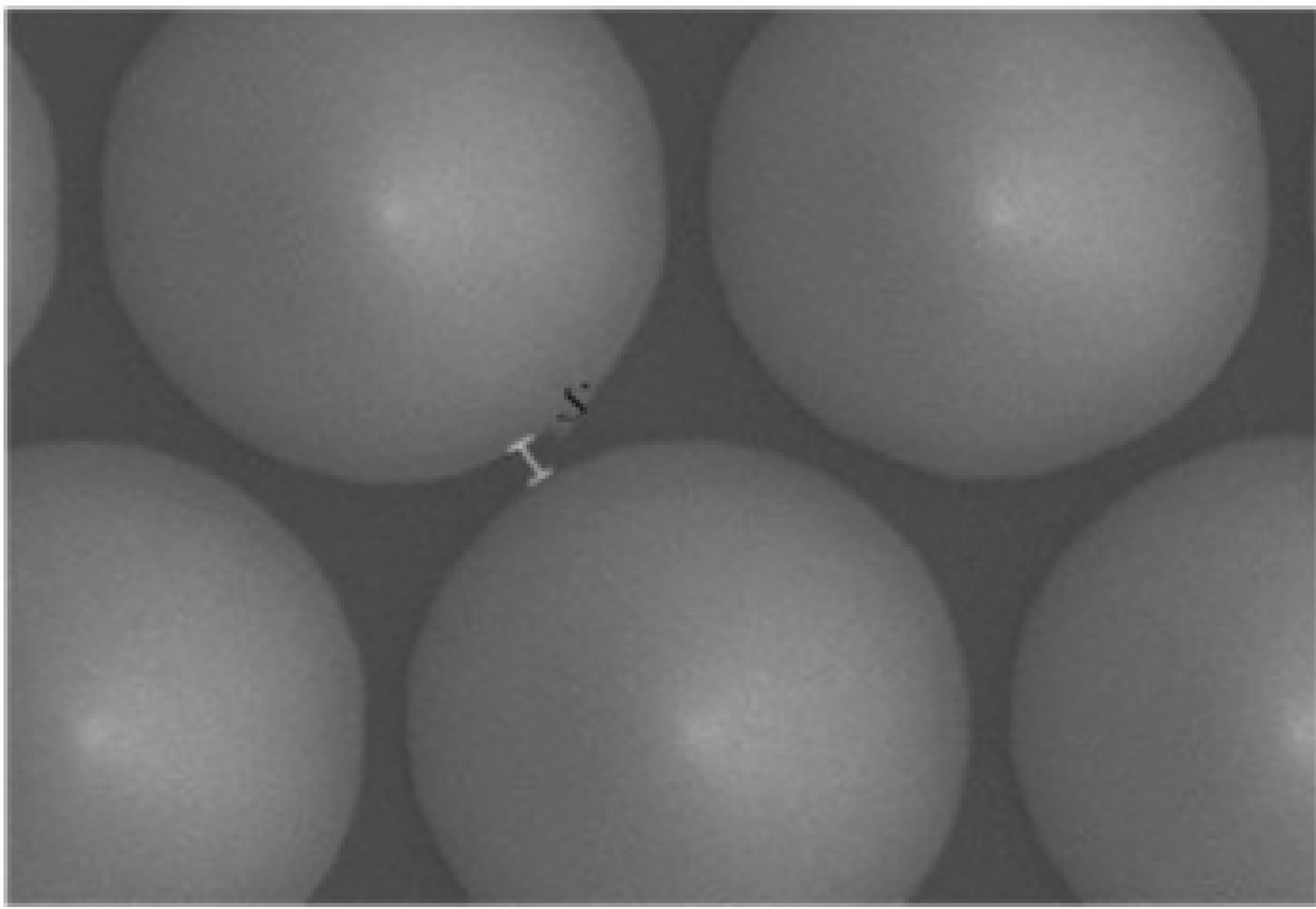


图 6 图形间距

3.8

图形底部夹角 pattern bottom angle

$\theta$

图形底部平面与图形侧壁之间的夹角,如图 7 所示。

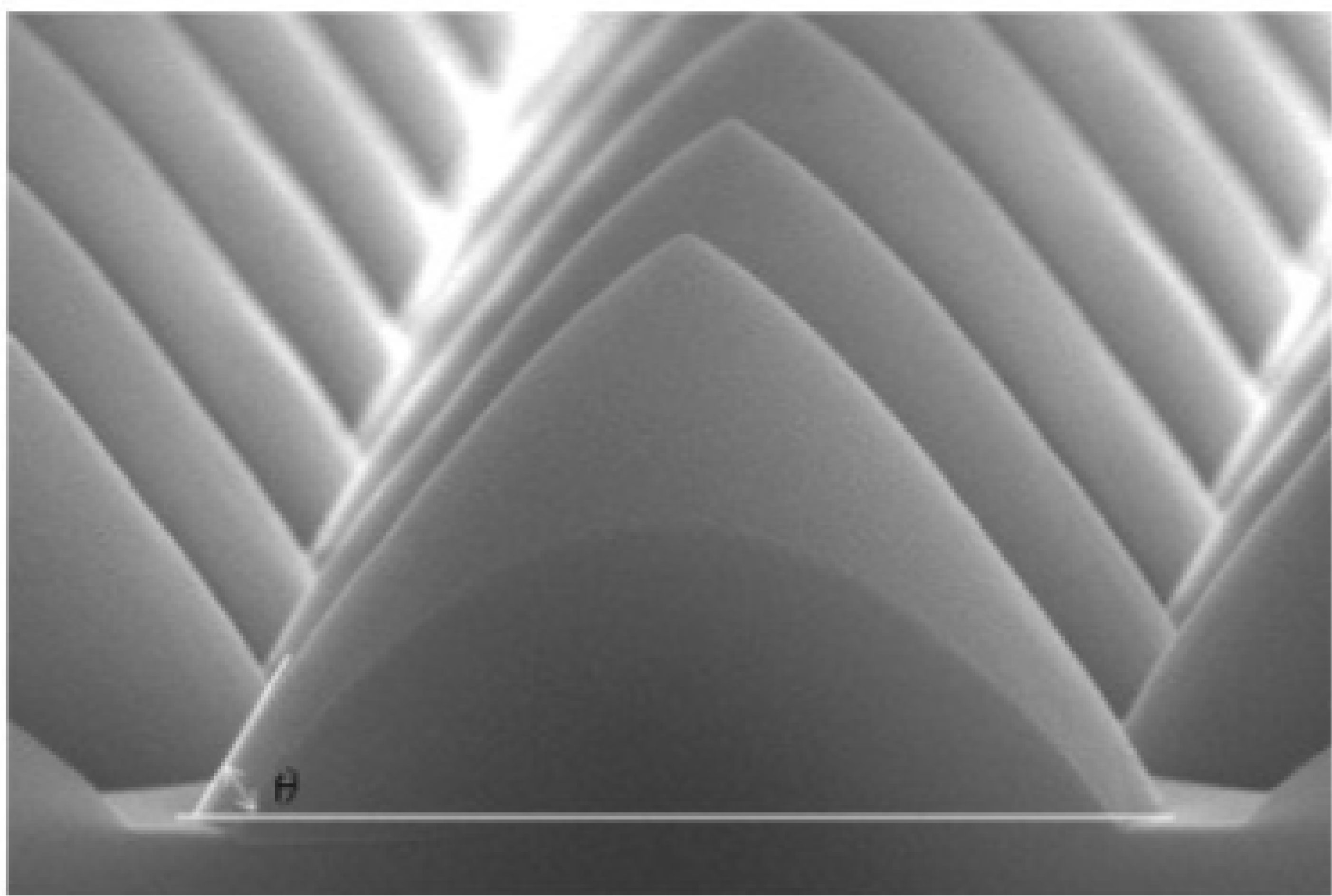


图 7 图形底部夹角

3.9

图形间距 pattern arc spacing

*R*

图形侧壁到图形侧壁底部端点与顶点之间连线的最大垂直距离,如图 8 所示。

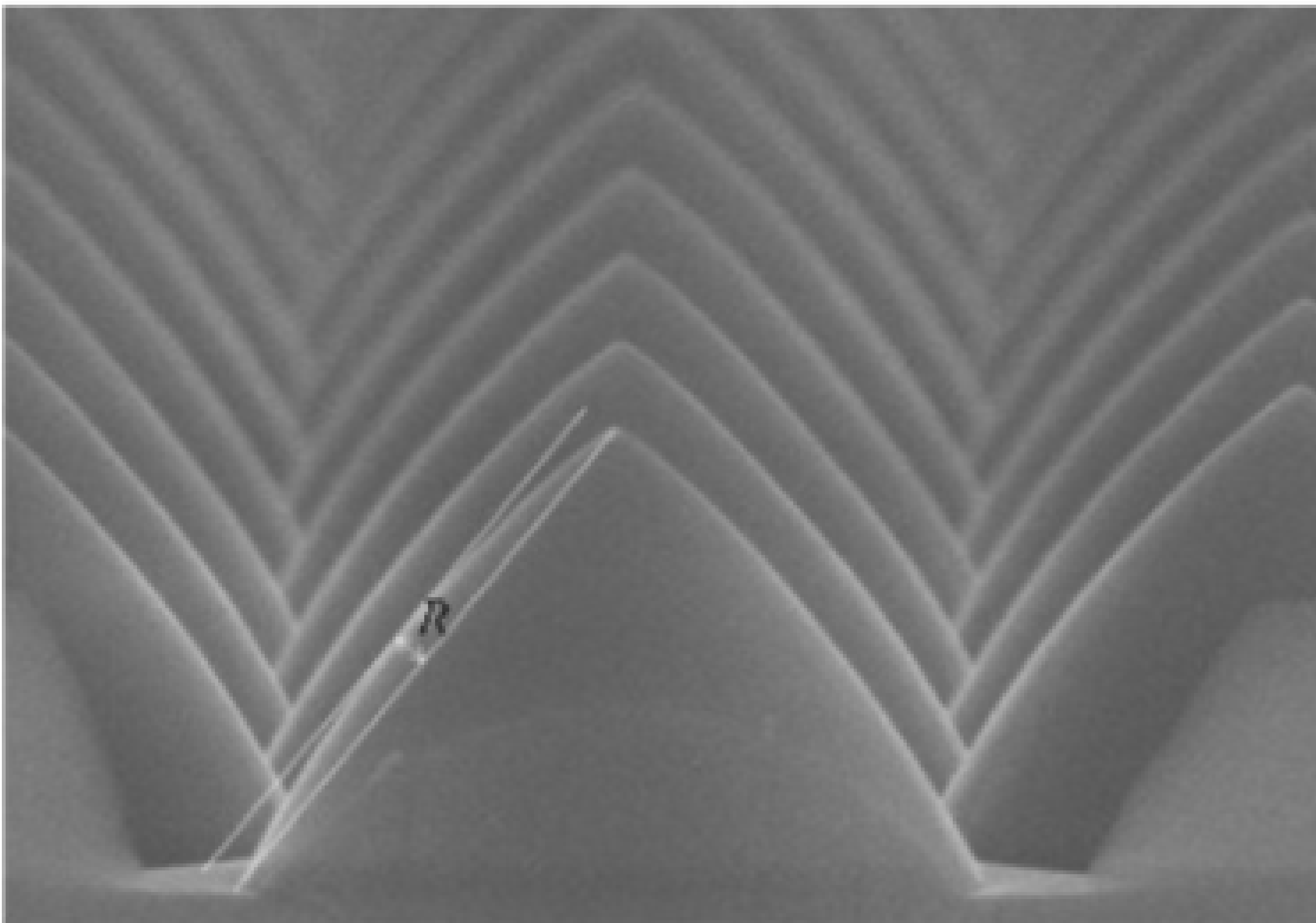


图 8 图形间距

3.10

图形均匀性 pattern uniformity

*U*

在图形化衬底上,图形尺寸参数的离散程度。

3.11

压爪 pin

图形化衬底上,为保持刻蚀过程中晶片的稳定,在边缘圆周上采用的固定治具痕迹。

3.12

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现象。

3.13

格线 grid line

步进式投影光刻机制备图形化衬底时,由光刻版拼接导致的外观呈现网格状的现象。



3.14

拼接不良 mis-alignment

步进式投影光刻机制备图形化衬底时,图形结合不完整或移位的现象。

4 分类

4.1 衬底按直径分为 50.8 mm(2 in)、100 mm(4 in)、150 mm(6 in)、200 mm(8 in)四种规格。

4.2 衬底按导向边分为参考边导向边(如图 9 所示)和参考槽导向边(如图 10 所示)。

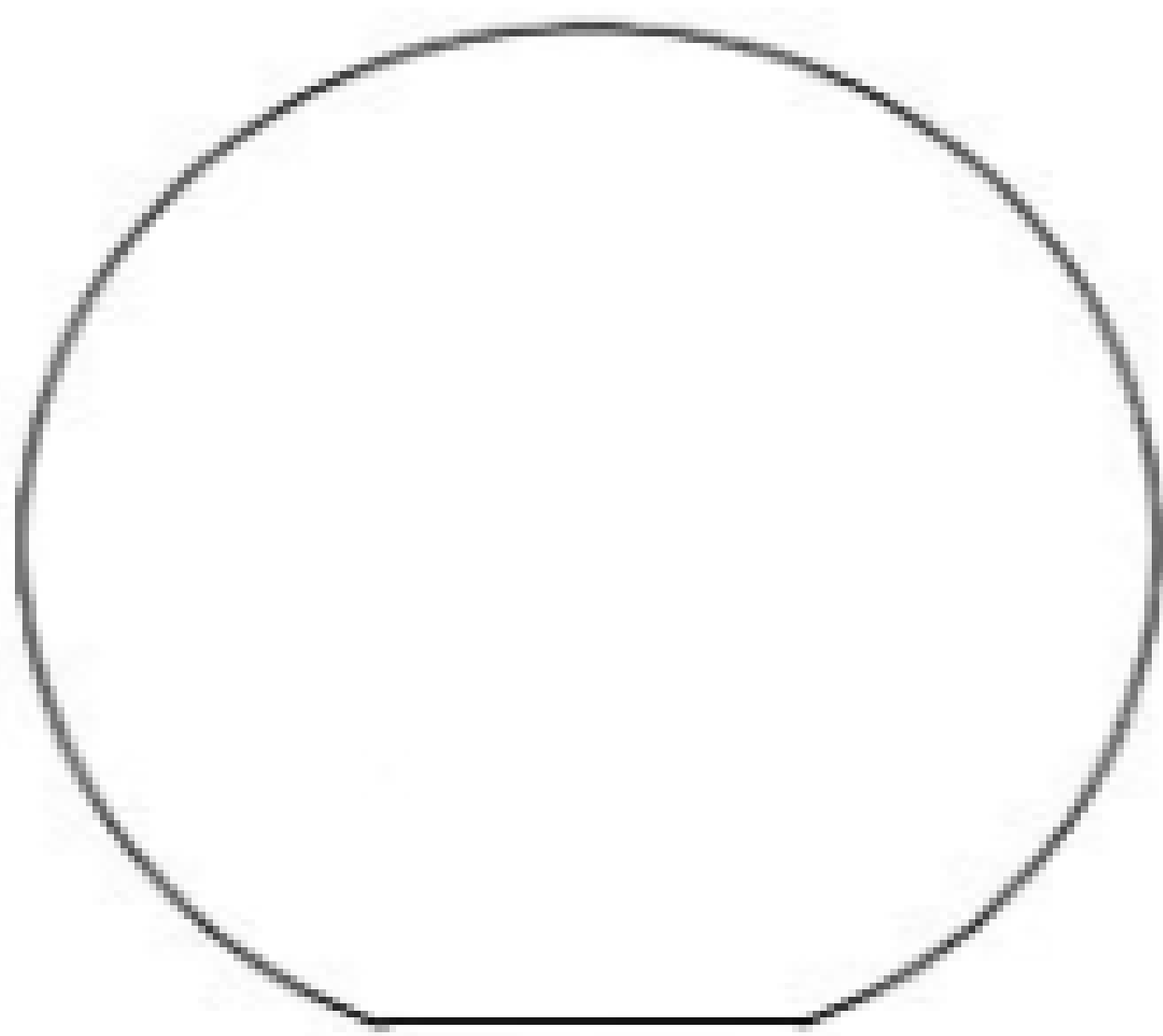


图 9 参考边导向边

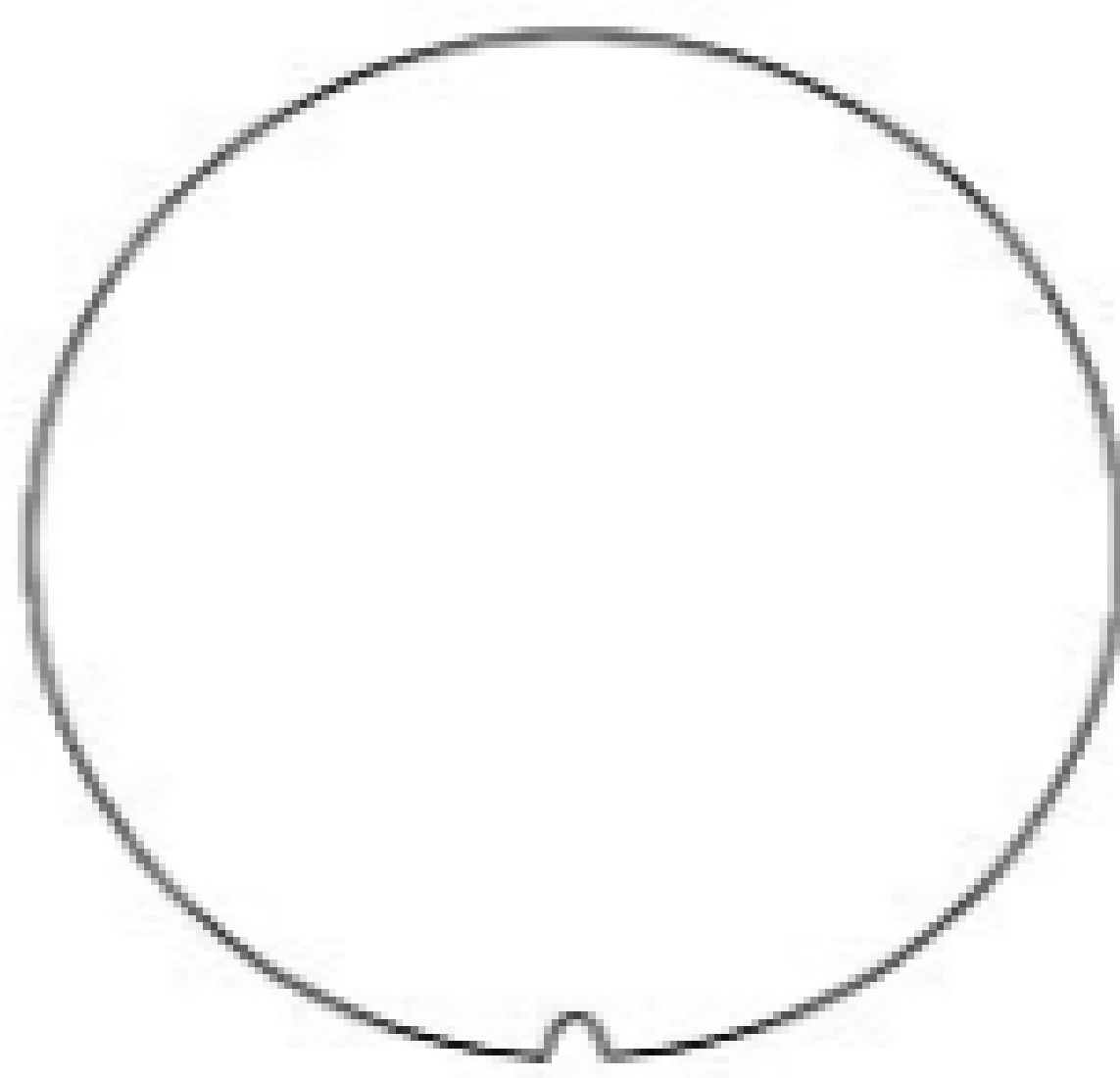


图 10 参考槽导向边

5 技术要求

5.1 衬底尺寸

衬底尺寸应符合表 1 的规定。

表 1 衬底尺寸

规格	50.8 mm(2 in)	100 mm(4 in)	150 mm(6 in)	200 mm(8 in)
直径及其允许偏差	50.8 mm±0.1 mm	100 mm±0.1 mm	150 mm±0.2 mm	200 mm±0.2 mm
厚度及其允许偏差	430 μm±10 μm	650 μm±20 μm 800 μm±20 μm	1 000 μm±20 μm 1 300 μm±20 μm	1 300 μm±20 μm 1 600 μm±20 μm

5.2 图形规格

5.2.1 图形尺寸

衬底图形尺寸应符合表 2 的规定。

表 2 图形尺寸

项目	图形尺寸
图形周期	$3.0\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}, 1.8\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$
图形高度	$1.80\text{ }\mu\text{m}\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}, 0.9\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$
图形底宽	$2.80\text{ }\mu\text{m}\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}, 1.6\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$
图形间距	$0.20\text{ }\mu\text{m}\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}, 0.2\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$
图形间距	$100\text{ nm}\sim 200\text{ nm}, 40\text{ nm}\sim 90\text{ nm}$
图形底部夹角	$60^{\circ}\pm 10^{\circ}, 50^{\circ}\pm 10^{\circ}$

5.2.2 反射率

衬底的反射率通过单点反射率、反射率均值、反射率分布的标准偏差、反射率极差进行评价，应符合表 3 的规定。

表 3 衬底反射率相关参数

项目	取值范围
单点反射率	0~255
反射率均值	70~140
反射率分布的标准偏差	0~10
反射率极差	0~30

5.2.3 图形均匀性

5.2.3.1 以衬底导向边为参考，取衬底上、中、下、左、右共 5 点，距边缘 5 mm 位置测量图形高度和图形底宽，片内均匀性应不超过 5%。

5.2.3.2 高度均匀性按公式(1)进行计算。

$$U_h = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max} + H_{\min}} \times 100\%$$

.....( 1 )

式中：

- $U_h$  ——衬底高度均匀性；
- $H_{\max}$  ——图形高度最大值；
- $H_{\min}$  ——图形高度最小值。

5.2.3.3 底宽均匀性按公式(2)进行计算。

$$U_w = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{W_{\max} + W_{\min}} \times 100\%$$

.....( 2 )

式中：

- $U_w$  ——衬底底宽均匀性；
- $W_{\max}$  ——图形底宽最大值；
- $W_{\min}$  ——图形底宽最小值。

5.2.4 无效图形区域宽度

衬底边缘无图形圆环区域宽度(图 11 所示 A)应小于 0.5 mm,衬底的压爪从边缘延伸到晶片内部的距离(图 11 所示 B)应小于 0.9 mm,衬底的合格质量区到衬底边缘之间的圆环区域(图 11 所示 C)宽度应小于 1.5 mm。

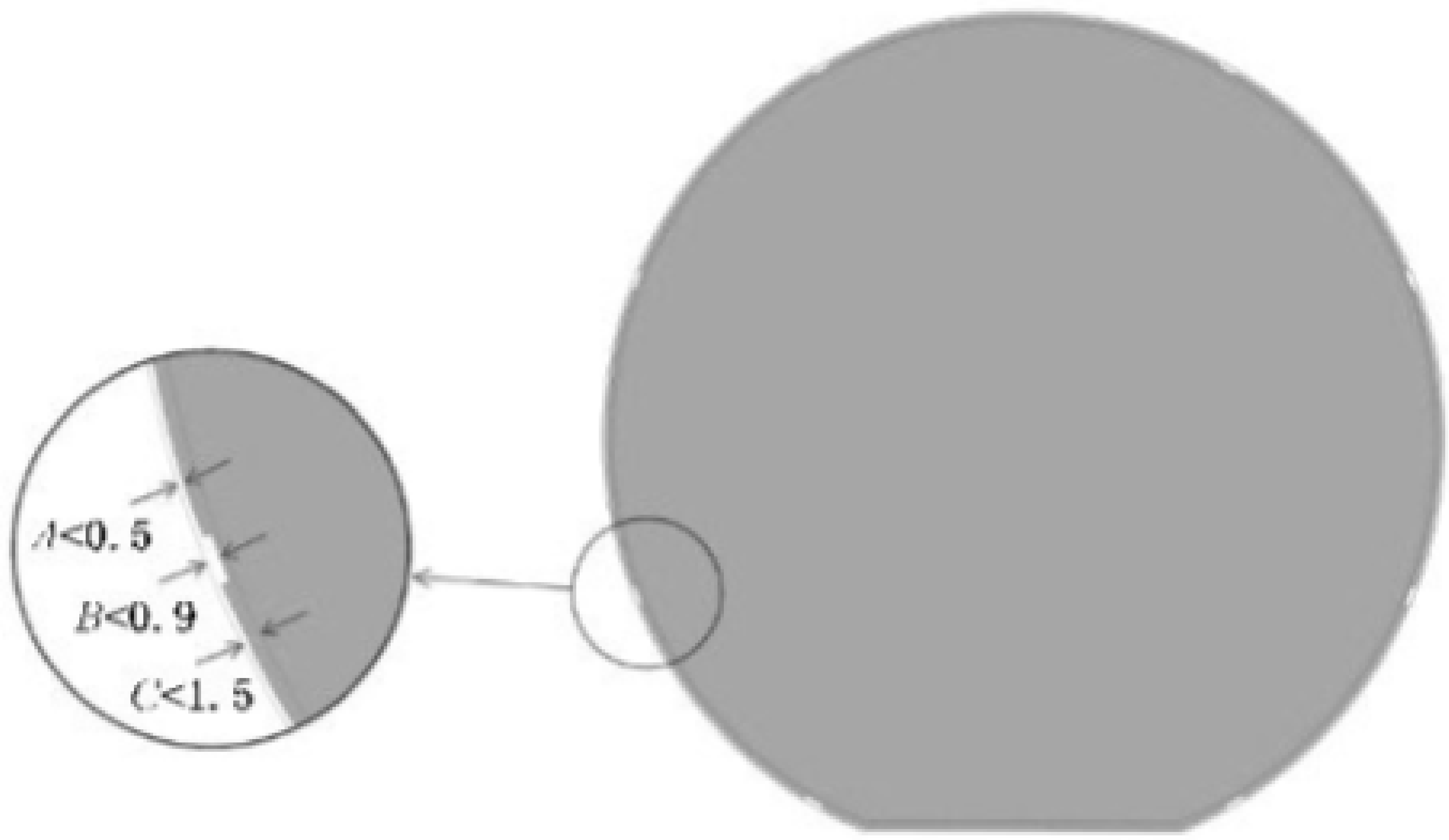


图 11 衬底无效图形区域宽度

5.3 外观

衬底的外观应符合附录 A 的规定。

5.4 其他

需方如对衬底有其他要求,由供需双方协商确定。

6 试验方法

6.1 衬底尺寸

6.1.1 衬底直径及其允许偏差的测试按 GB/T 14140 的规定进行。

6.1.2 衬底厚度及其允许偏差的测试按 GB/T 8758 的规定进行。

6.2 图形规格

6.2.1 衬底图形尺寸的测试按附录 B 的规定进行。

6.2.2 衬底反射率的测试按附录 C 的规定进行。

6.2.3 衬底均匀性的测试按附录 D 的规定进行。

6.2.4 衬底无效图形区域的测试按附录 E 的规定进行。

6.3 外观

6.3.1 衬底外观的宏观检验在光照度为(350 ± 50)lx、色温为(5 000 ± 1 000)K、视距为(300 ± 50)mm 的条件下目视检验,目视检验有缺陷后使用金相显微镜进行测量判定。

6.3.2 衬底外观的微观检验按附录 C 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检查和验收

- 7.1.1 产品应进行检验,保证产品质量符合本文件及订货单的规定。
- 7.1.2 需方可对收到的产品按本文件的规定进行检验,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,每批应由相同尺寸、相同图形规格的衬底组成。

7.3 检验项目

每批产品应对衬底尺寸、图形尺寸、反射率、均匀性和外观进行检验。无效图形区域宽度由供需双方协商确定是否检验。

7.4 取样

产品的取样应符合表 4 的规定。

表 4 取样

检验项目		取样	接收质量限 (AQL)	技术要求的章条号	试验方法的章条号
衬底尺寸	直径及允许偏差	每 10 000 片中抽取 15 片, 不足 10 000 片时抽取 15 片	—	5.1	6.1.1
	厚度及允许偏差	GB/T 2828.1—2012 中特殊检验 水平 S-4,正常检验一次抽样方案	0.25	5.1	6.1.2
图形规格	图形尺寸	由供需双方协商确定	—	5.2	6.2
	反射率	全检	—	5.2	6.2
	均匀性	由供需双方协商确定	—	5.2	6.2
外观	宏观	GB/T 2828.1—2012 中一般检验 水平 II,正常检验一次抽样方案	0.4	5.3	6.3
	微观	全检	—		

7.5 检验结果的判定

- 7.5.1 直径、厚度、外观的检验结果中如有任一试样的任一检验项目不合格时,判该批产品不合格。
- 7.5.2 图形尺寸、反射率和均匀性的检验结果中如有任一试样的任一检验项目不合格时,允许加倍抽样对不合格项进行重复检验,重复检验仍不合格时,判该批产品不合格。

8 标志、包装、运输、贮存和随行文件

8.1 标志

- 8.1.1 衬底的正面或者背面应有唯一的激光码标志,具体位置和规格,可由供需双方协商确定。



8.1.2 衬底包装盒应贴有产品标签,标签至少包括以下内容:

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

8.1.3 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) 产品规格;
- d) 产品数量;
- e) 合格标志。

8.2 包装

衬底应在洁净等级不低于 GB/T 25915.1—2021 中 ISO 5 级洁净间内完成真空包装。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。

8.3 运输和贮存

8.3.1 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。

8.3.2 真空包装后的产品,不同尺寸规格、批号的产品应分开存放,产品在使用前保证真空包装完好,并应在洁净车间内打开包装盒。

8.3.3 产品保存期限为一年。

8.3.4 产品保存条件:

- a) 温度范围为 5℃~40℃;
- b) 湿度范围为 30%RH~70%RH;
- c) 禁止重压,堆高限制为最高四层。

8.4 随行文件

每批产品应附有随行文件,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) 产品规格;
- c) 产品数量;
- d) 本文件编号;
- e) 其他。



附录 A  
(规范性)  
衬底外观

A.1 衬底的宏观外观应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 衬底宏观外观

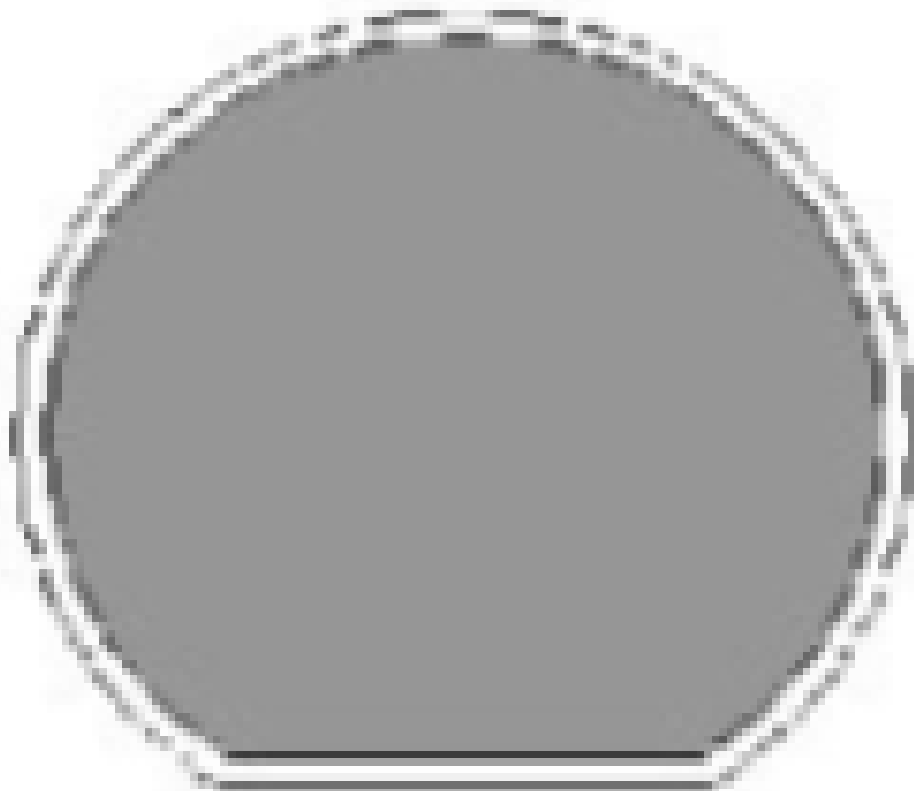
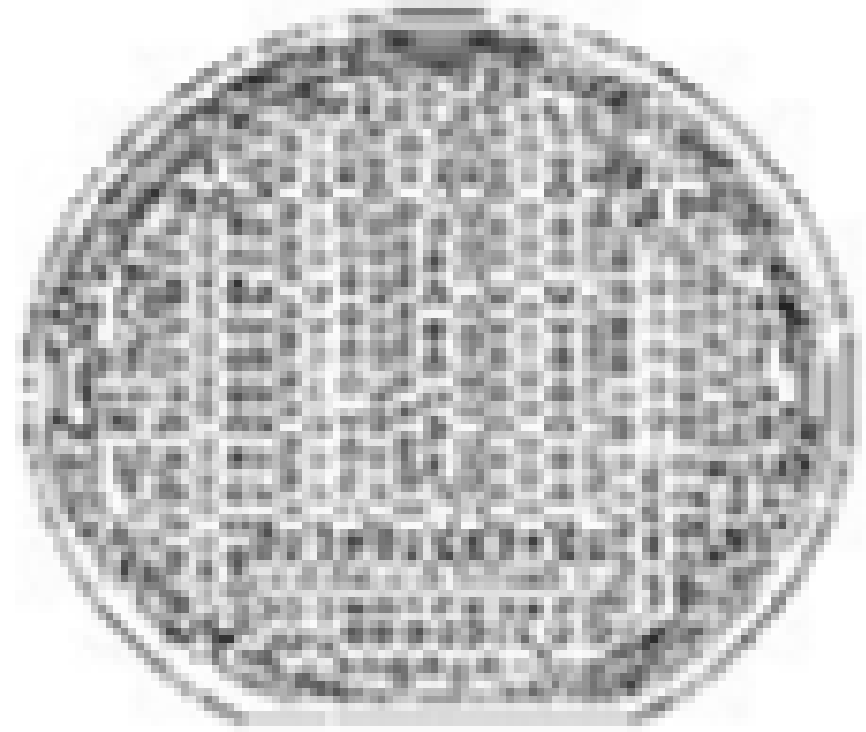
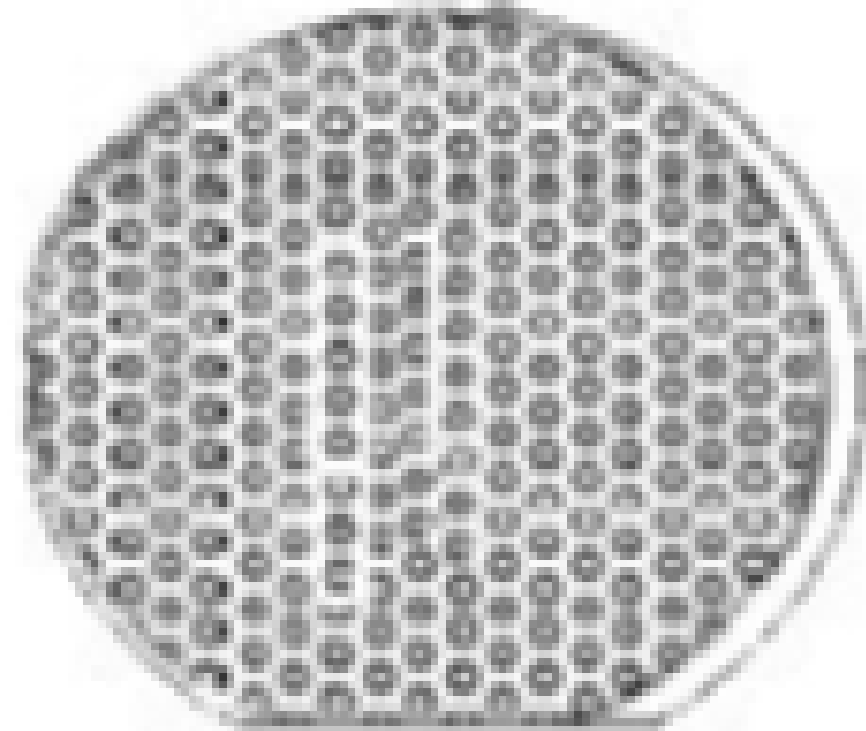
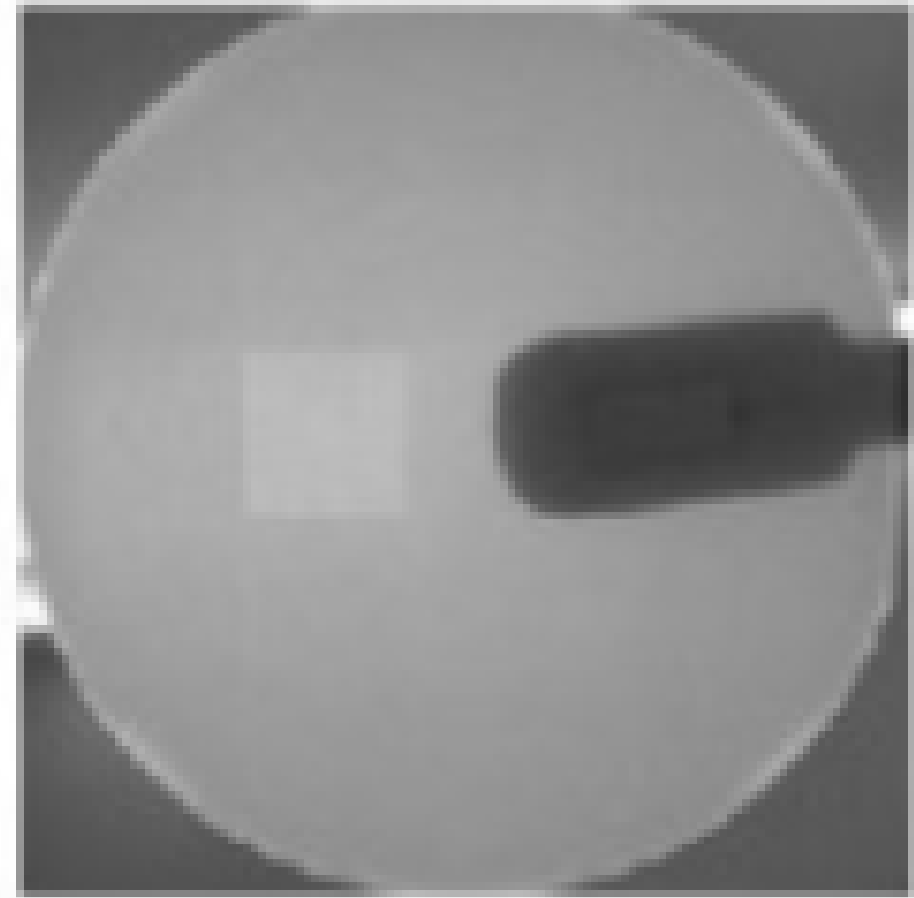
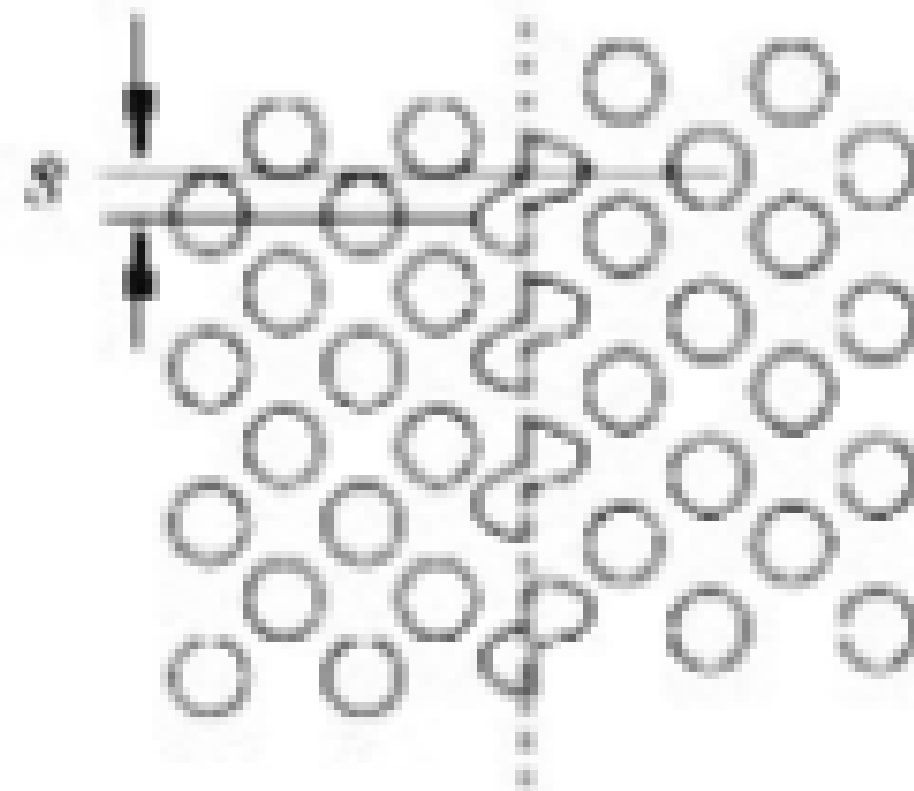
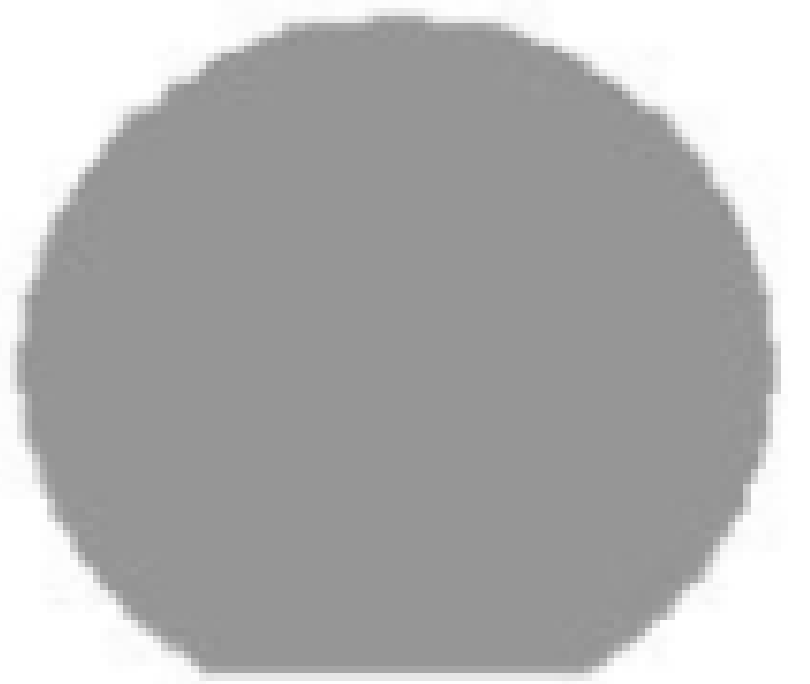
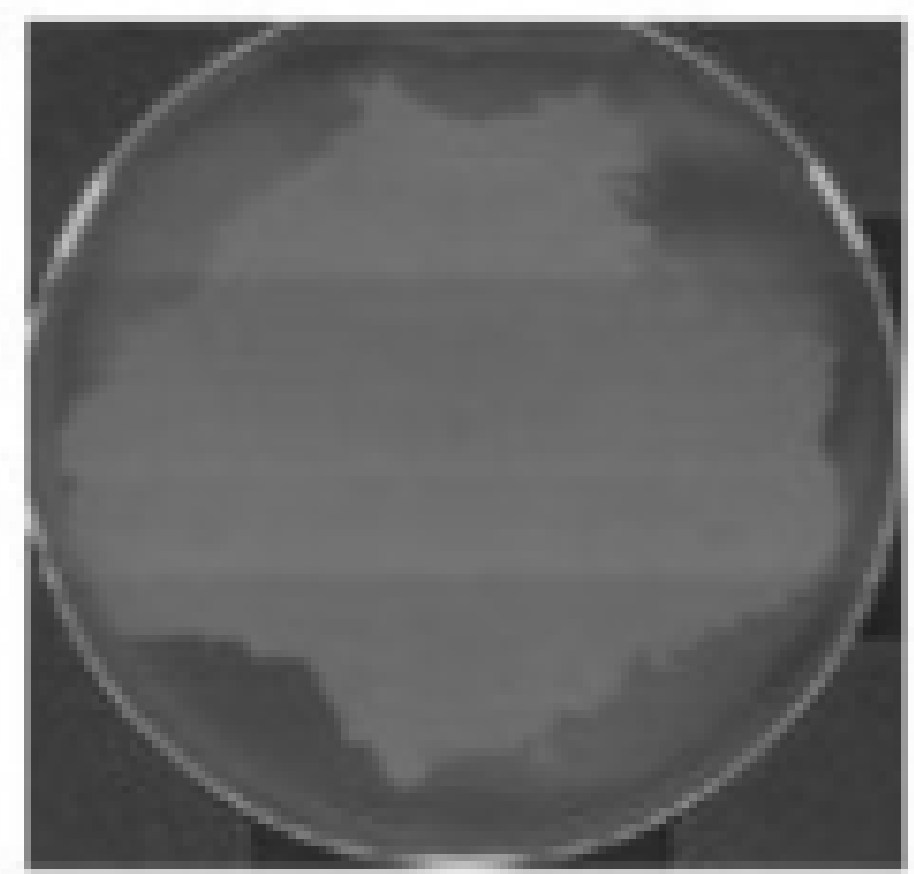
序号	项目	示意图	要求
1	边缘去除区		50.8 mm(2 in)衬底≤1.5 mm 100 mm(4 in)衬底≤1.5 mm 150 mm(6 in)衬底≤2 mm 200 mm(8 in)衬底≤2 mm
2	彩纹 白边 黑边		50.8 mm(2 in)衬底≤1.5 mm 100 mm(4 in)衬底≤1.5 mm 150 mm(6 in)衬底≤2 mm 200 mm(8 in)衬底≤2 mm
3	边不对称		无
4	格线		灯光下看应无曝光场区域差异
5	拼接不良		目测时拼接处不应明显发黑， 1 000 倍显微镜下检查图形， 应无严重的图形畸变
6	色差		无
7	水印		无

表 A.1 衬底宏观外观（续）

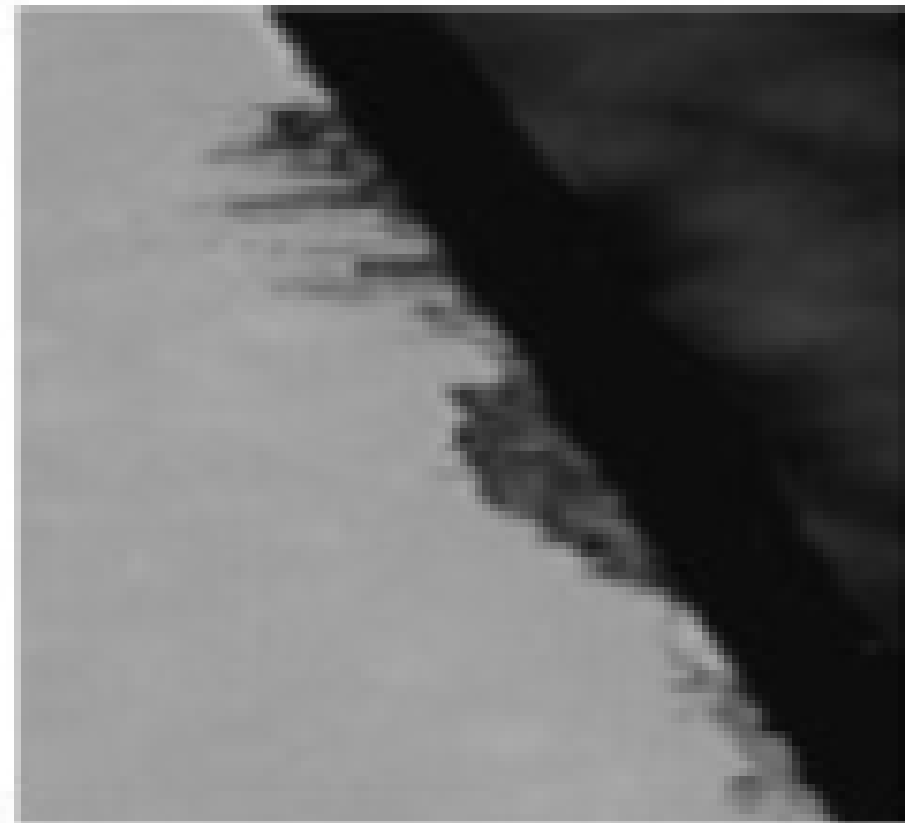
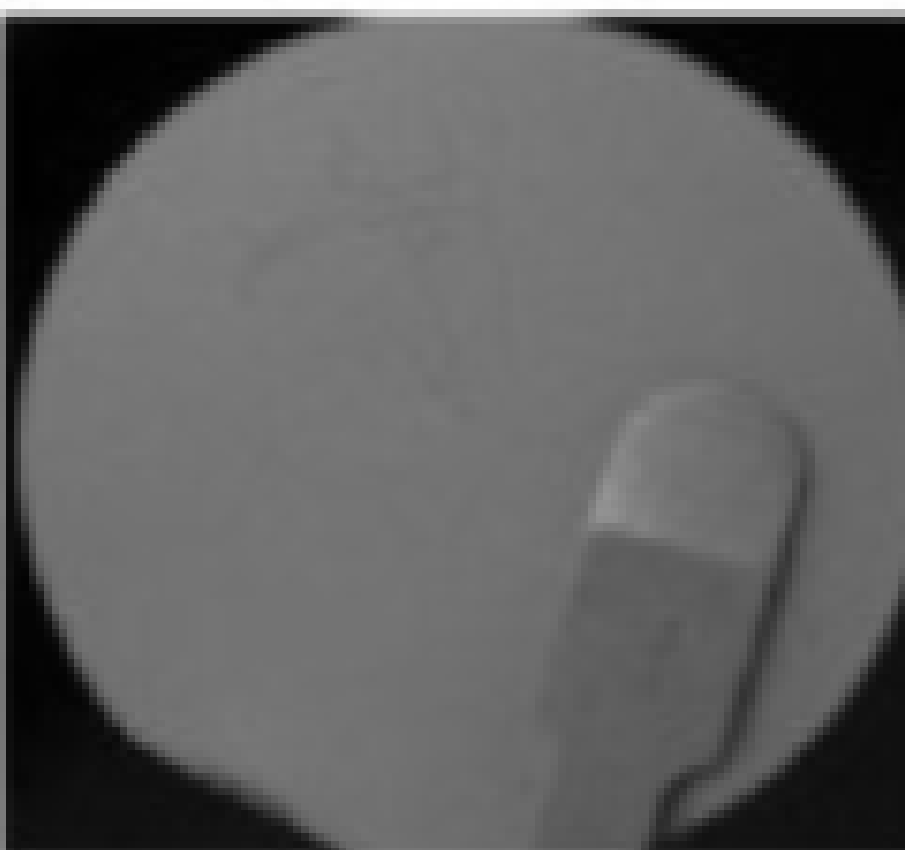
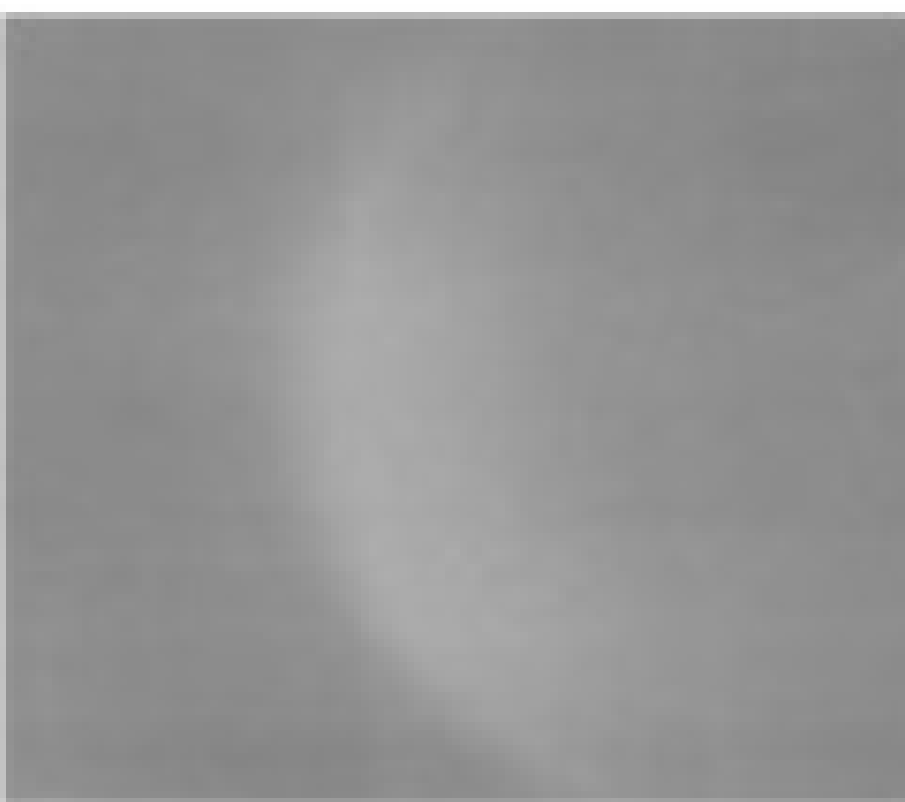
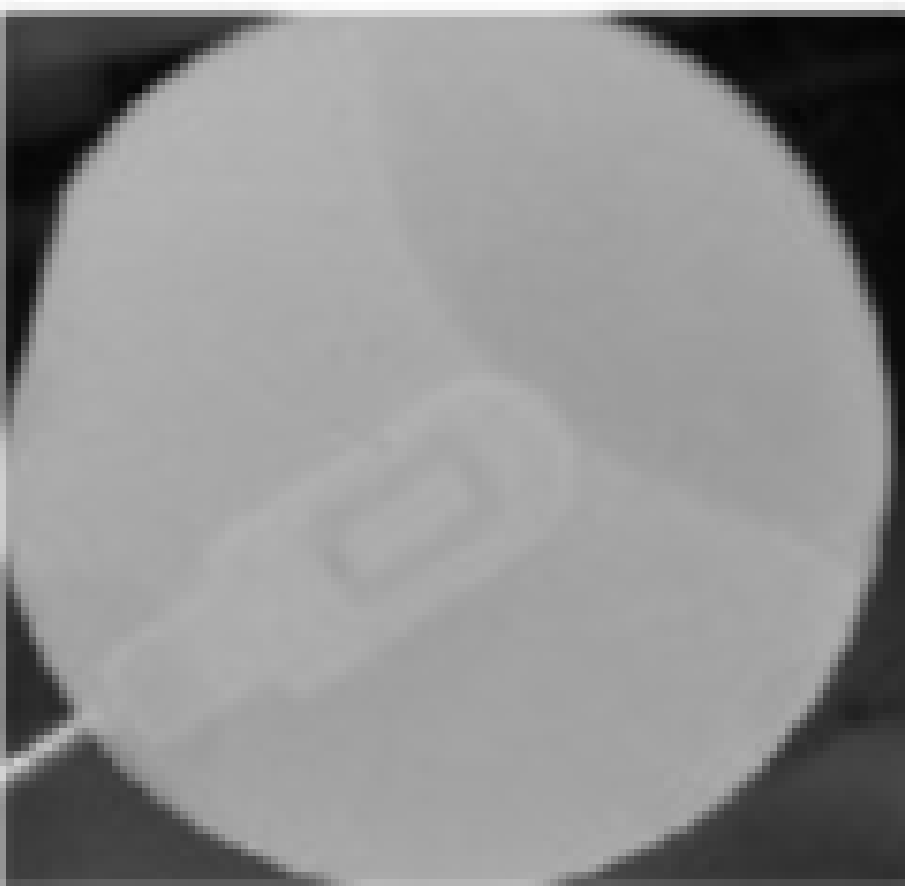
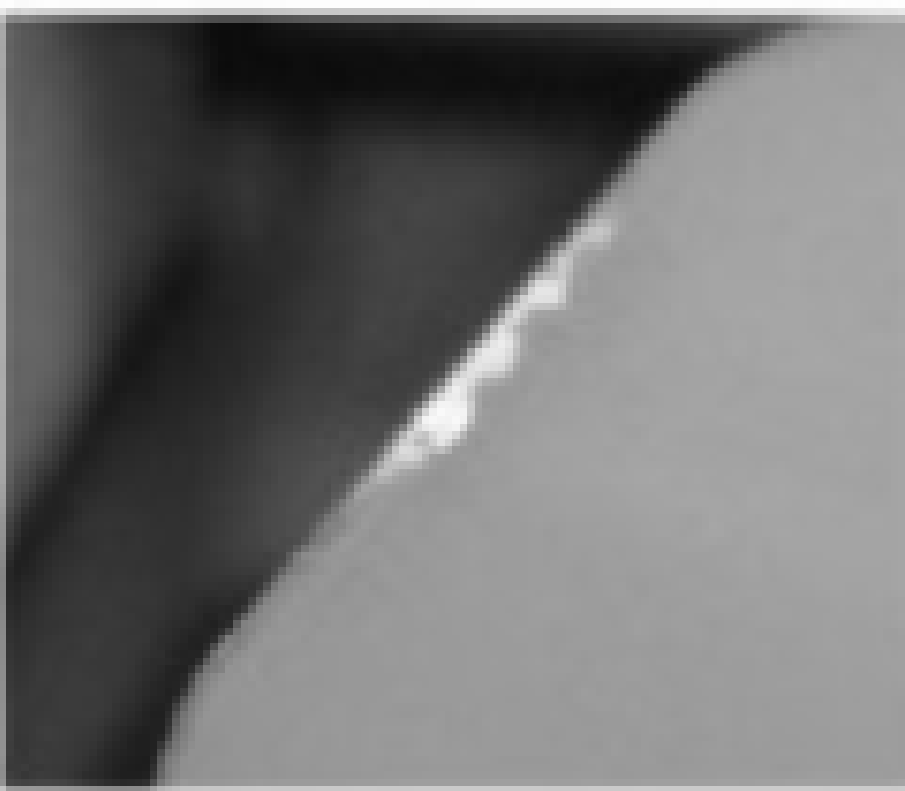


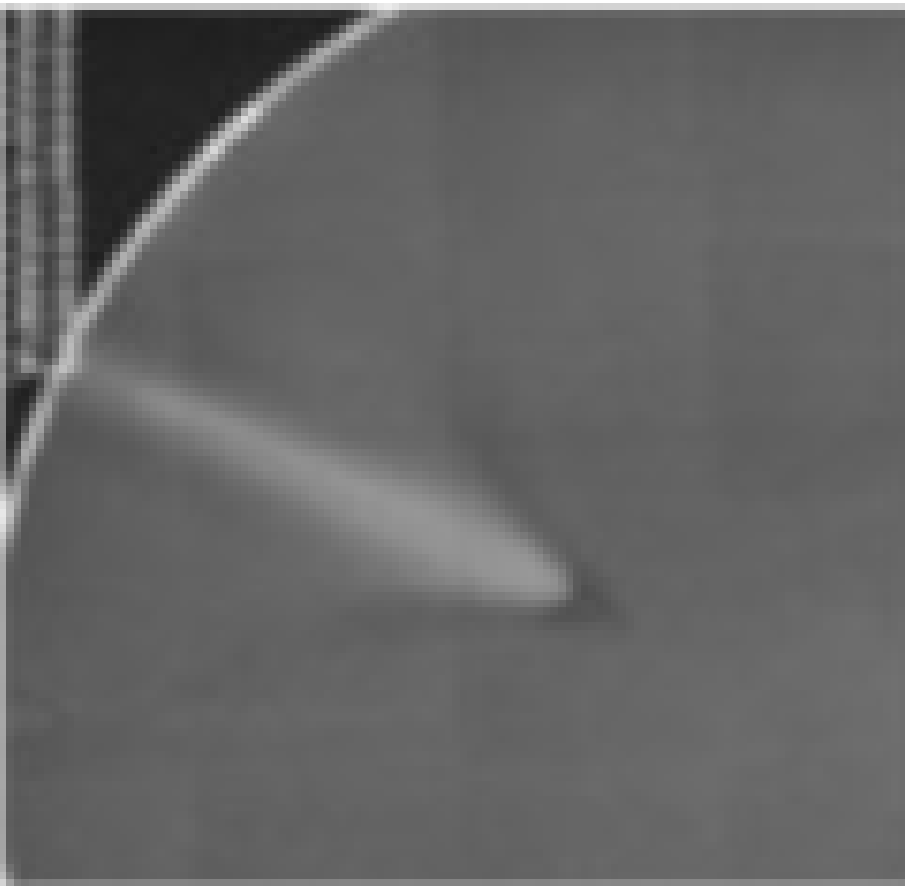
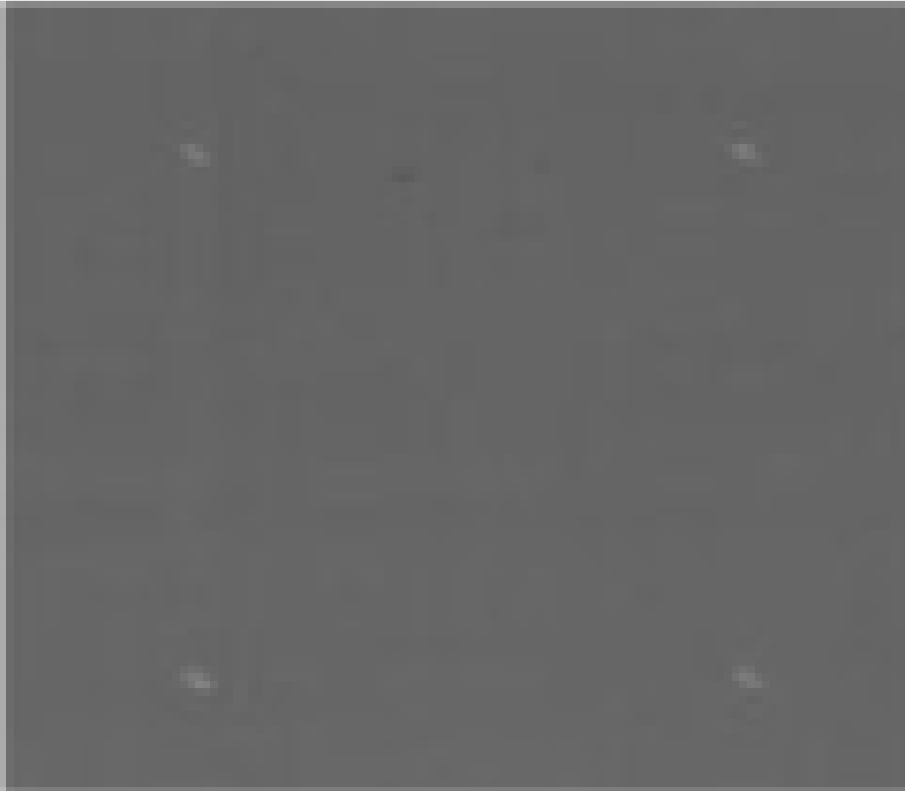
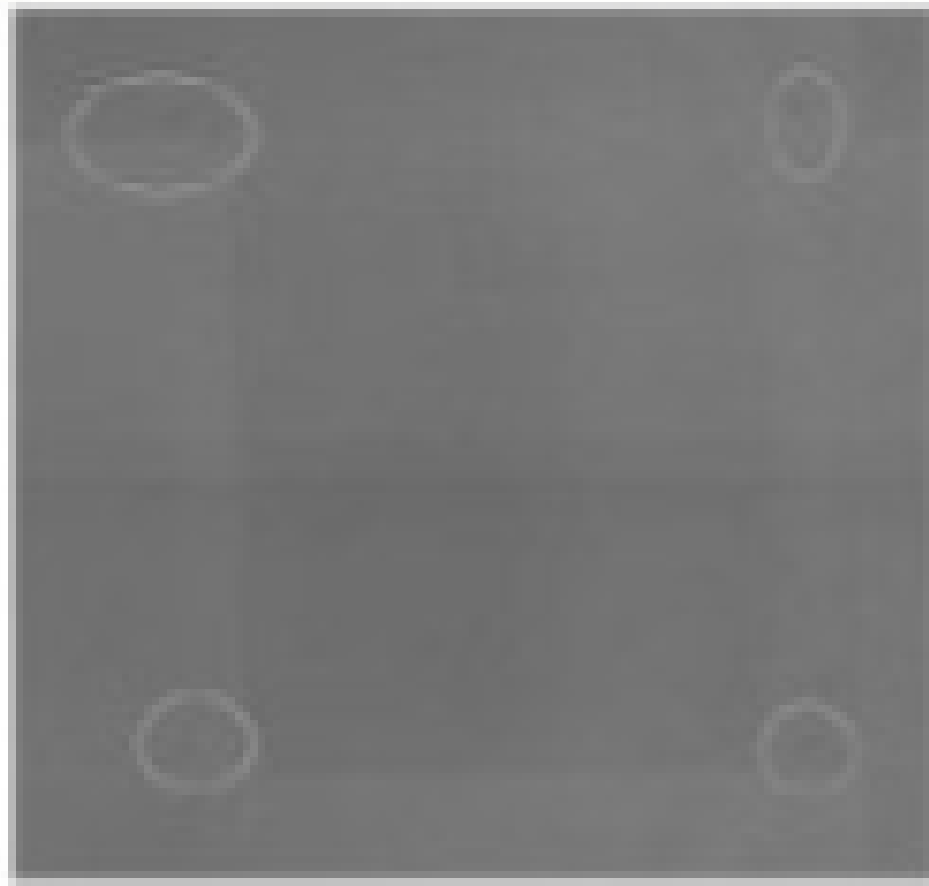
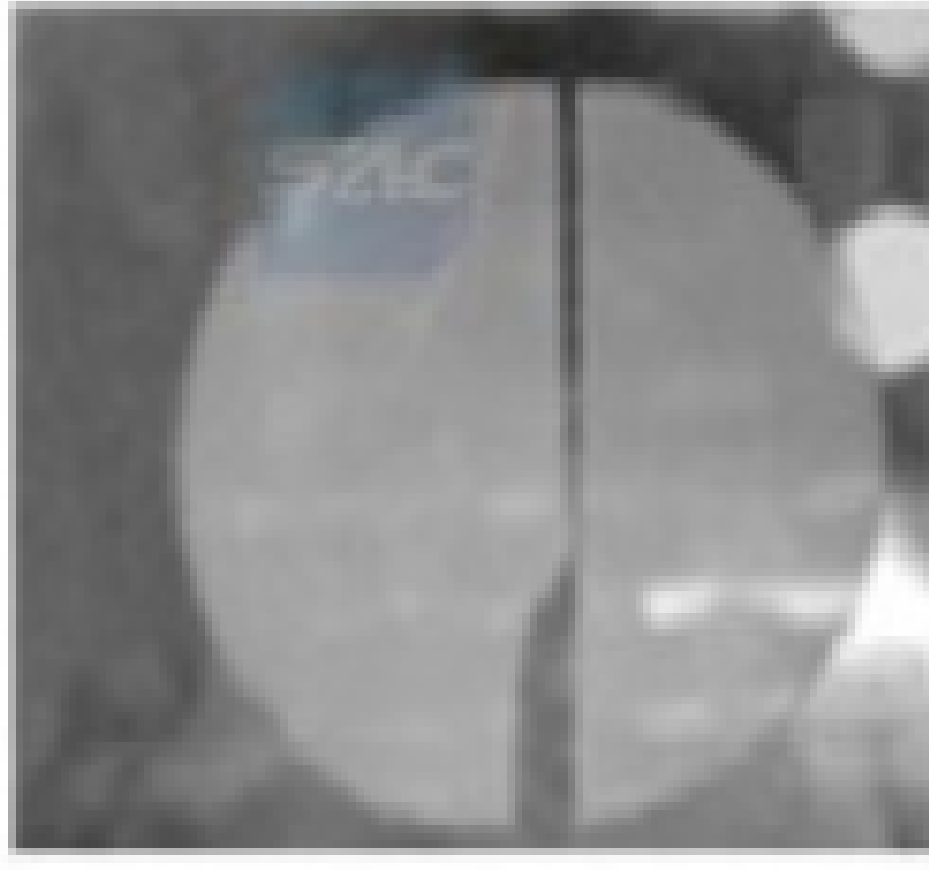
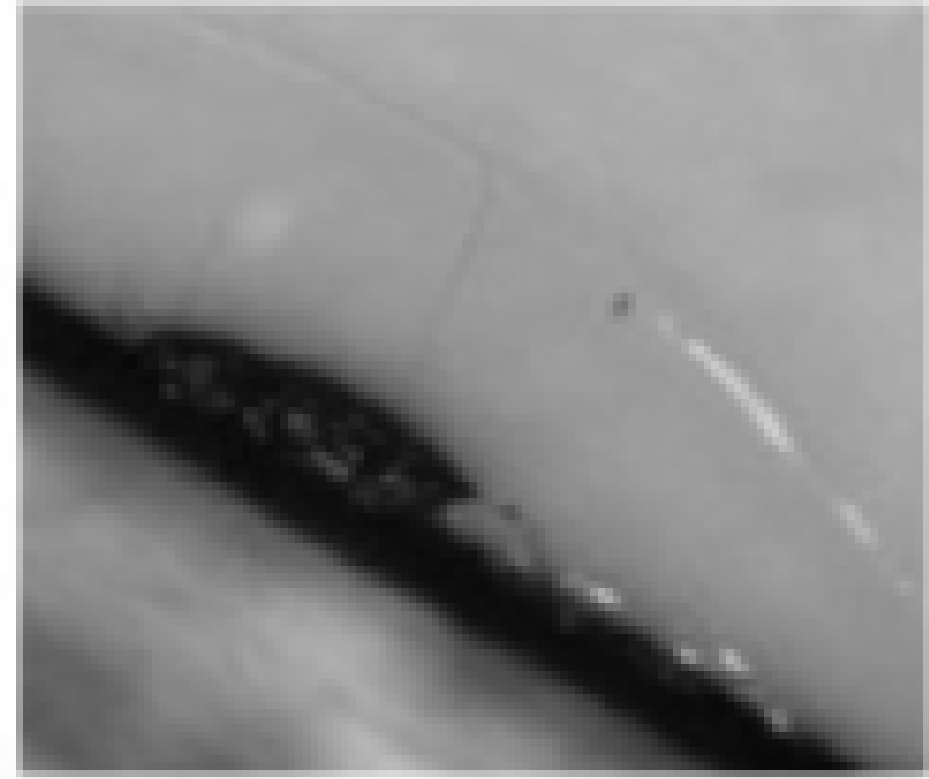
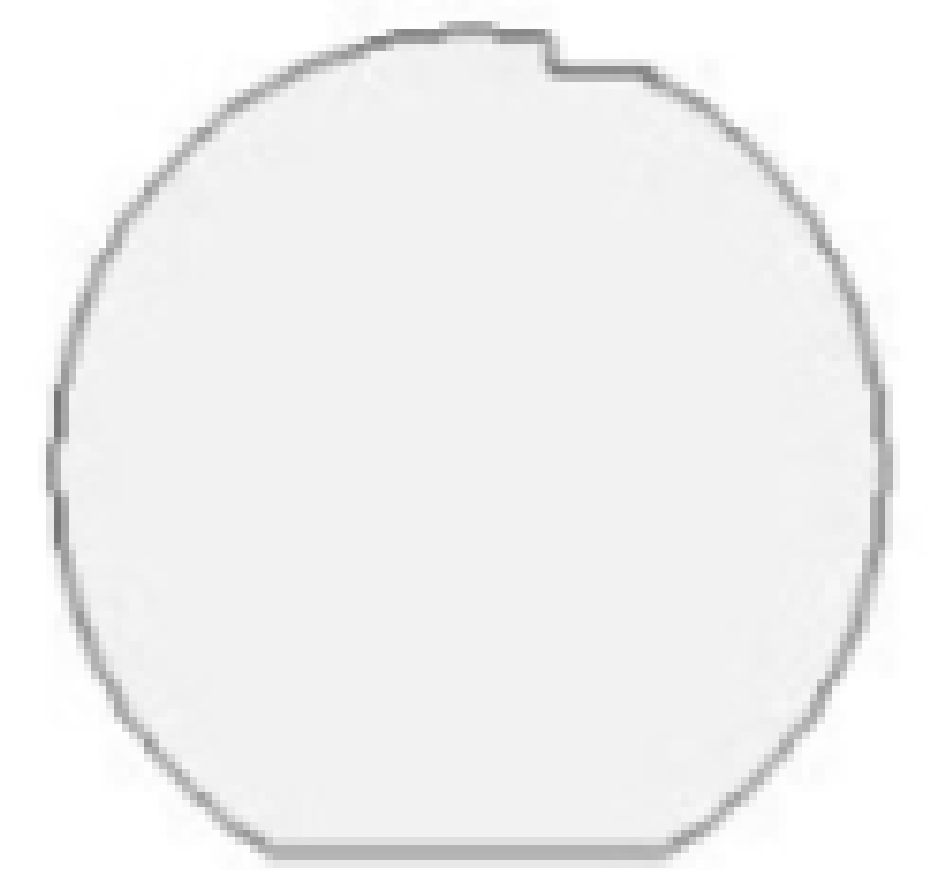
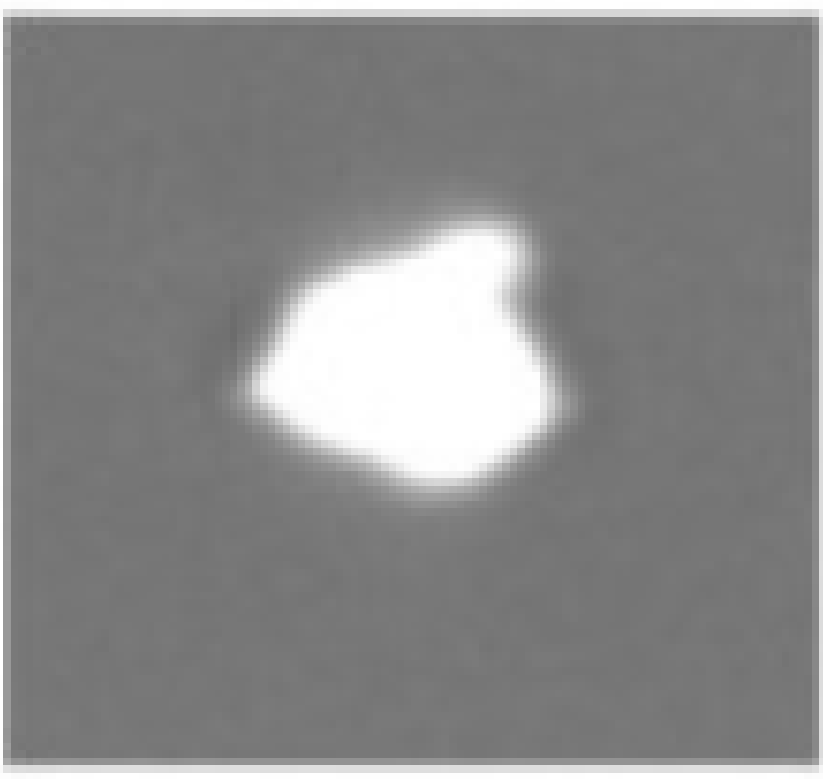
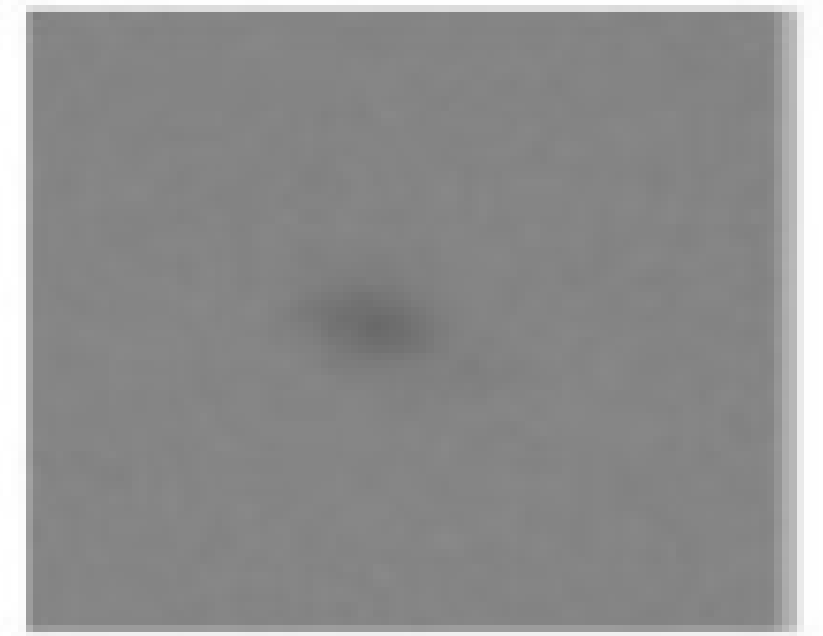
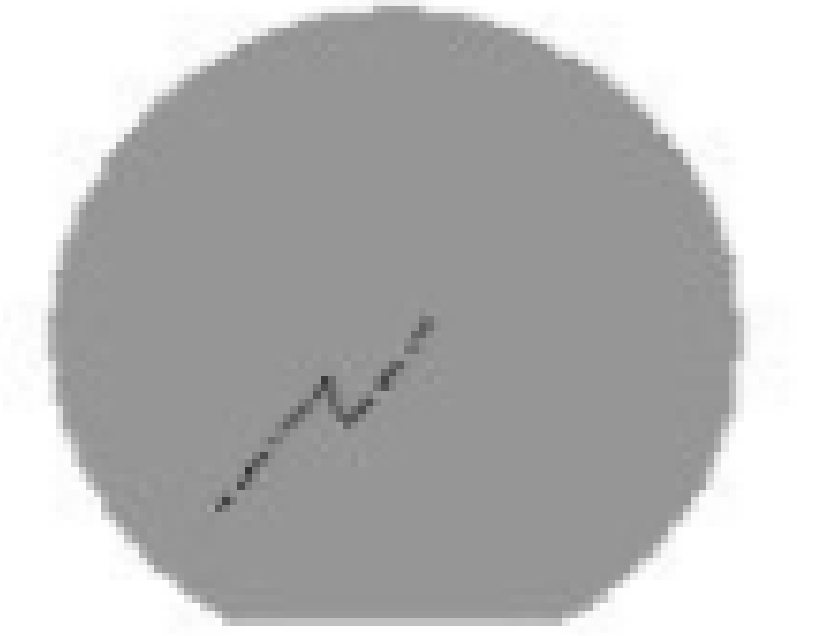
序号	项目	示意图	要求
8	吸笔/镊子污染		无
9	背面污染		无
10	亮点		无
11	印记		无
12	背洗		边缘背洗<0.6 mm 
13	重复蚀刻		无
14	匀胶缺陷		无
15	光刻版污染		无

表 A.1 衬底宏观外观（续）

序号	项目	示意图	要求
16	光刻机镜头污染		无
17	碎片		无
18	裂纹		无
19	崩边		无

A.2 衬底的微观外观应符合表 A.2 的规定。

表 A.2 微观外观

序号	缺陷	示意图	长度 $\mu\text{m}$			
			50.8 mm(2 in)	100 mm(4 in)	150 mm(6 in)	200 mm(8 in)
1	图形缺失		$<100, \leq 30$ 个 $100 \sim 200, \leq 5$ 个 $<200 \sim 300, \leq 1$ 个 $>300$ , 无	$<100, \leq 80$ 个 $100 \sim 200, \leq 10$ 个 $<200 \sim 300, \leq 4$ 个 $>300$ , 无	$<100, \leq 180$ 个 $100 \sim 200, \leq 25$ 个 $<200 \sim 300, \leq 10$ 个 $>300$ , 无	$<100, \leq 300$ 个 $100 \sim 200, \leq 50$ 个 $<200 \sim 300, \leq 20$ 个 $<300 \sim 400, \leq 2$ 个 $>400$ , 无
2	颗粒		$<100, \leq 30$ 个 $100 \sim 200, \leq 5$ 个 $<200 \sim 300, \leq 1$ 个 $>300$ , 无	$<100, \leq 80$ 个 $100 \sim 200, \leq 10$ 个 $<200 \sim 300, \leq 4$ 个 $>300$ , 无	$<100, \leq 180$ 个 $100 \sim 200, \leq 25$ 个 $<200 \sim 300, \leq 10$ 个 $>300$ , 无	$<100, \leq 300$ 个 $100 \sim 200, \leq 50$ 个 $<200 \sim 300, \leq 20$ 个 $<300 \sim 400, \leq 2$ 个 $>400$ , 无
3	刮伤		$200 \sim 1\,000, \leq 2$ 个 $<1\,000 \sim 2\,000$ , 无	$200 \sim 1\,000, \leq 6$ 个 $1\,000 \sim 2\,000, \leq 2$ 个	$200 \sim 1\,000, \leq 6$ 个 $1\,000 \sim 2\,000, \leq 2$ 个	$200 \sim 1\,000, \leq 8$ 个 $1\,000 \sim 2\,000, \leq 3$ 个
注：长度为缺陷任意方向的最大长度。						

附录 B  
(规范性)  
衬底图形尺寸的测试

B.1 方法原理

扫描电子显微镜(SEM)是利用高能入射电子轰击样品表面时,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、俄歇电子、特征 X 射线和连续谱 X 射线、背散射电子、透射电子,以及在可见、紫外、红外光区域产生的电磁辐射。可获取被测样品本身的各种物理、化学性质的信息,如形貌、组成、晶体结构、电子结构和内部电场或磁场等。

B.2 试验条件

SEM 应满足以下条件:

- a) 仪器的分辨率大于 10 nm;
- b) 放大倍数不低于 5 000 倍,获得样品表面的二次电子像;
- c) 取样时保持样品的洁净度;
- d) 若样品不导电则需在样品表面喷镀 1 nm~2 nm 的金层;
- e) 测试时,对设备的标尺进行校正。

B.3 试验步骤

测试时,按 GB/T 20307 获取被测样品的二次电子信号,通过解析成像,观察样品表面形貌,并用设备的标尺对样品进行结构数据测试。

B.4 测量规则

从衬底中心对称位置处裂片,如图 B.1 所示,在衬底与平边垂直的中心线上的中心位置选取一点,另两点在该中心线上距离衬底边缘 5 mm 位置。

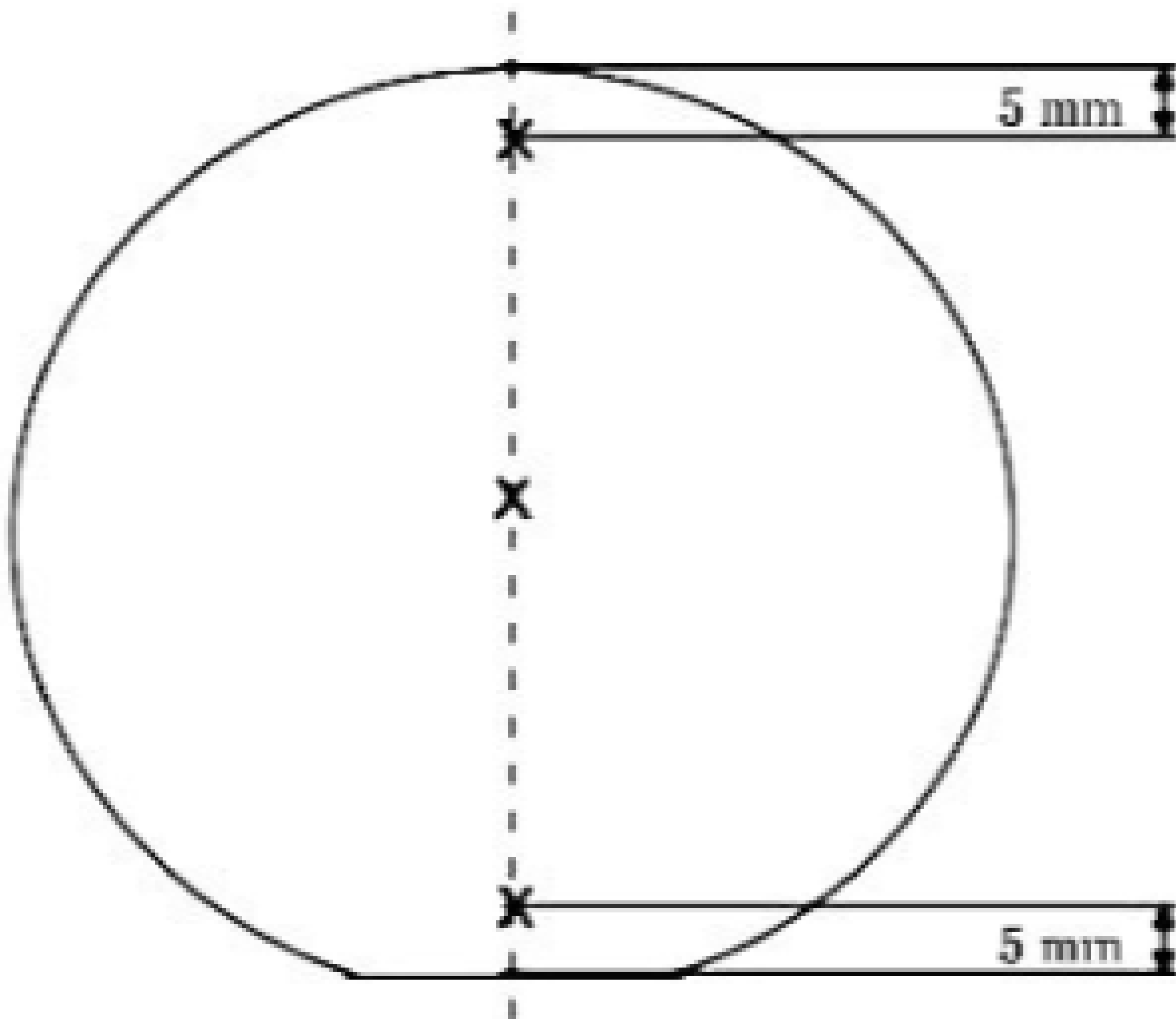


图 B.1 衬底图形测量 3 点示意图

附 录 C  
(规范性)  
衬底反射率和微观缺陷的测试

C.1 方法原理

自动光学检查设备通过人工光源灯光代替自然光,把从光源反射回来的量与标准进行比较、分析和判断。目前最常用的图像识别算法为灰度相关算法,通过计算归一化的灰度相关来量化检测图像和标准图像之间的相似程度可获得微观缺陷数量。因不同样品规格反射率数值差异,设置相应的检测参数可利用反射率进行卡控,分类产品。

C.2 仪器

自动光学检查设备应满足以下条件:

- a) 光源可设定,根据缺陷的大小和面积,预先对光源强弱设定;
- b) 位置可设定,取像位置能调整与设定,设置自动对焦。

C.3 试验步骤

按以下步骤进行测试:

- a) 放上待检品及收料晶片盒;
- b) 载入参数;
- c) 按确认进行机台初始化;
- d) 执行扫描;
- e) 检验结束依规格收料;
- f) 软件分析测试结果,自动生成结果。



附录 D  
(规范性)  
衬底均匀性的测试

D.1 方法原理

原子力显微镜(AFM)是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。

D.2 仪器

AFM 应满足以下条件:

- a) 探针针尖的材质、形状、尺度根据探测图形的深度及间隙来选取;
- b) Z 方向的分辨率达到 0.5 nm,XY 的分辨率达到 10 nm;
- c) 可在大气和液体环境下对各种材料和样品进行纳米区域的物理性质包括形貌进行探测。

D.3 试验步骤

按以下步骤进行测试:

- a) AFM 测试模式选择轻敲模式,进行探针安装;
- b) 开启 AFM,预热至仪器稳定;
- c) 打开激光器,调节 AFM 的光路和光电转换器位置;
- d) 装载所要测试的样品,调节探针共振峰频率和振幅(轻敲模式),设置好参考点,设置反馈参数、扫描速率、扫描范围、逼近探针,进行样品扫描、提针、卸载样品等;
- e) 利用 AFM 数据分析软件进行数据分析,测试相关图形形貌及结构参数数据。

D.4 测量规则

在衬底与平边垂直的中心线上的中心位置选取一点,另外两点在该中心线上距离衬底边缘 5 mm (或 10 mm)位置。与中心线垂直的位置左右 5 mm 处再各取一点,具体见图 D.1。

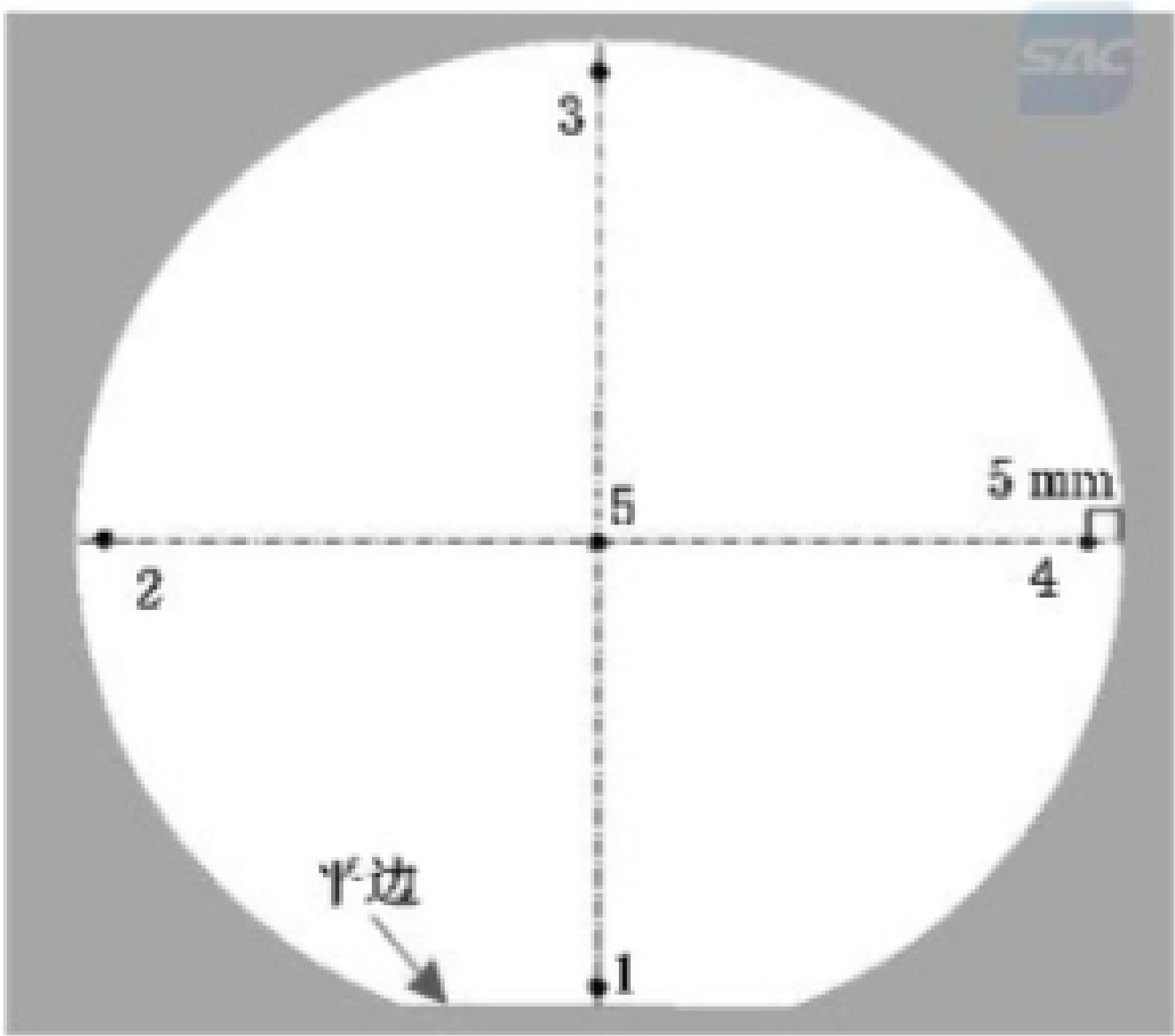


图 D.1 AFM 5 点测试示意图

附 录 E  
(规范性)  
无效图形区域的测试

E.1 方法原理

光源发射的光线经反射后,通过聚光透镜进入垂直照明器,由孔径光圈和视场光阑控制再穿过垂直照明器,接着光线被倾斜角度为 45°的分束器反射通过物镜,以照亮样品,从样品表面反射的光线通过物镜后再进入目镜筒,然后被引导至目镜或显微摄影端口,从而得到样品表面图像信息。

E.2 仪器

金相显微镜应满足以下条件:

- a) 放大倍率可在 50 倍~1 000 倍间变换;
- b) 光源的强弱及对比度等能根据环境进行设定;
- c) 能调节载物台的位置;
- d) 采集的样本视场内形貌可度量相关的尺度。

E.3 试验步骤

按以下步骤进行测试:

- a) 用真空吸笔取晶片放置;
- b) 根据观察试样所需的放大倍数要求,正确选配物镜和目镜;
- c) 利用边界调节合适的焦距,再对各区域进行用低倍镜扫描检查,用高倍镜确认具体缺陷项目;
- d) 按定义的表面缺陷的标准对各项进行检查。







