

# T/SICA

团 体 标 准

T/SICA 008—2025

## 半导体 IBO 套刻设备验收规范

Acceptance specification for semiconductor IBO overlay equipment

2025 - 6- 03 发布

2025 - 7-03 实施



## 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	1
5 套刻设备图形测试的结构和原理 .....	2
6 设备验收主要参数 .....	7
7 设备验收 .....	8
附录 A（规范性） 套刻设备的重要指标及测试计算 .....	10
附录 B（资料性） 套刻量测设备标准片制作 .....	12

## 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。

本文件由上海市集成电路行业协会提出。

本文件由上海市集成电路行业协会归口。

本文件起草单位：魅杰光电科技（上海）有限公司、上海市集成电路行业协会、国家集成电路创新中心、上海泛腾半导体技术有限公司、上海隐冠半导体技术有限公司、上海积塔半导体有限公司、上海芯上微装科技股份有限公司、卡尔蔡司（上海）管理有限公司、上海市质量和标准化研究院、上海新微技术研发中心有限公司、拓荆键科（海宁）半导体设备有限公司、复旦大学微电子学院、电子科技大学集成电路学院、浙江大学光电科学与工程学院、浙江驰拓科技有限公司、杭州立昂东芯微电子有限公司。

本文件主要起草人：闫波、夏雷云、尹睿、温任华、胡伟雄、杨波、江旭初、蔡洪涛、周钰颖、卢姝、龚燕飞、吴茹茹、陈鲲、张正敏、朱婕、王晨、卢红亮、李正国、孟凡涛、刘柳、赵强、张奇、吴造成

# 半导体 IBO 套刻设备验收规范

## 1 范围

本文件规定了套刻量测设备验收的技术要求,包括图形测试的结构和原理、设备验收主要参数设备验收等。

本文件适用于以硅(Si)和锗(Ge)等为代表的第一代半导体、以砷化镓(GaAs)和磷化铟(InP)等为代表的第二代化合物半导体、以碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)等为代表的第三代半导体。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**套刻量测 overlay measure**

套刻量测(overlay measure)是指在当层光刻工艺完成后,测量套刻监控图形中当层图形和前层图形的相对位置偏差。

### 3.2

**技术节点 technology node**

技术节点(technology node)通常是指晶体管最小特征的尺寸,半导体或芯片的90 nm、65 nm、0.25 μm、0.18 μm 这些数字表示制作半导体芯片的最小线宽,也称作工艺节点。

### 3.3

**场 shot**

光刻机每一次曝光在晶圆上形成的一个图形区域叫做一个shot区域,也成称为场。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AIM: 先进成像计量(Advanced Imaging Metrology)

BIB: 条形图形/方框图形(bar in bar or BOX IN BOX)

FIF: 环形图形(Frame-in-Frame)

IBO: 图像套刻(Image Based Overlay)

MAM: 一个点测试完毕移动到下一点的时间(Move Acquire Measurement)

MTBA: 平均辅助时间(Mean Time Between Assistance)

MTBF: 平均故障间隔时间(Mean Time Between Failure)

MTTF: 设备平均无故障运行时间(Mean Time to Failure)

MTTR:故障修复完成的平均时间(Mean Time to Repair)

OVL: 套刻精度(Overlay)

TMU: 总测量不确定度 (Total Measurement Uncertainty)

TIS: 测量系统引起的位移(Tool Induced Shift)

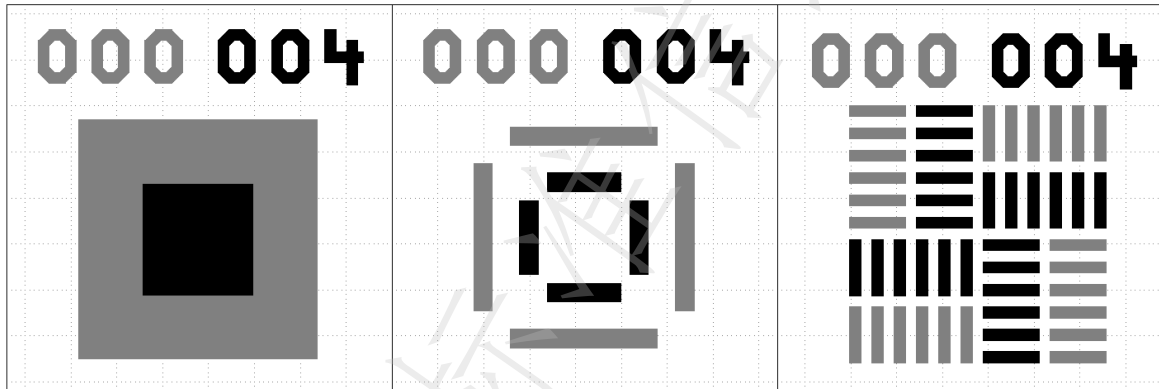
WPH: 一小时测试的晶圆片数 (Wafer per hour)

## 5 套刻设备图形测试的结构和原理

### 5.1 图形式样

在设计流片时，在晶圆的划片槽内放入各种监控工艺的监控图形，OVL 的监控 mark 宜选用常用的 BIB、FIF、AIM 三种设计图形见图1。当层和前层两个图形都是正方形或者四边都是同样的尺寸，当层和前层图形的几何中心是重叠的同心结构。

晶圆上的真实结构图形有两种见图2。



注：灰色代表前层图案（外框图形），黑色代表当层图案（内框图形）。

图1 常见的 3 种 OVL 式样



图2 晶圆上的真实结构图形

### 5.2 图形尺寸的定义

#### 5.2.1 标准套刻图形

标准套刻图形单个图形的外框的大小应在 $25\ \mu\text{m} \pm 5\ \mu\text{m}$ 范围内，每个mark的Frame大小应在 $40\ \mu\text{m} \pm 5\ \mu\text{m}$ ，Frame距离OVL mark边界尺寸大于 $3\ \mu\text{m}$ 。三种图形参考尺寸见图3、图4、图5。

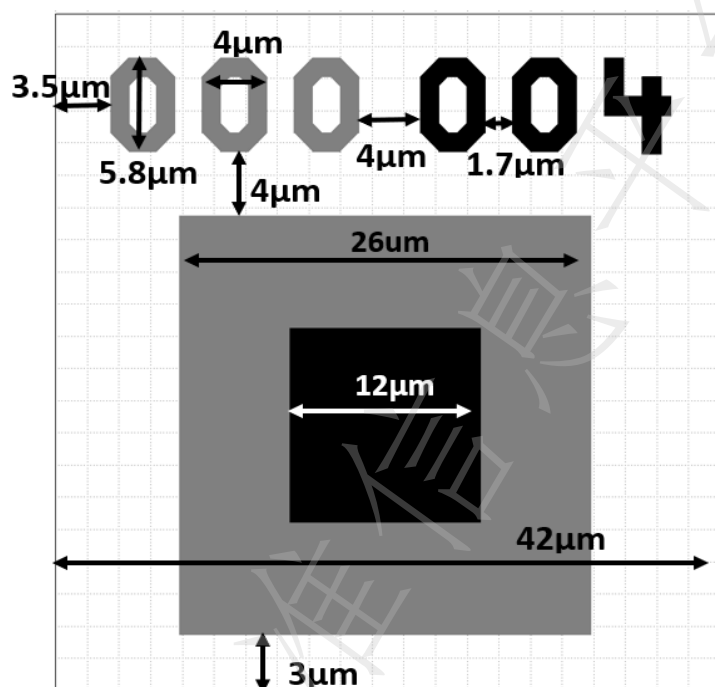


图3 Box in box 图形尺寸

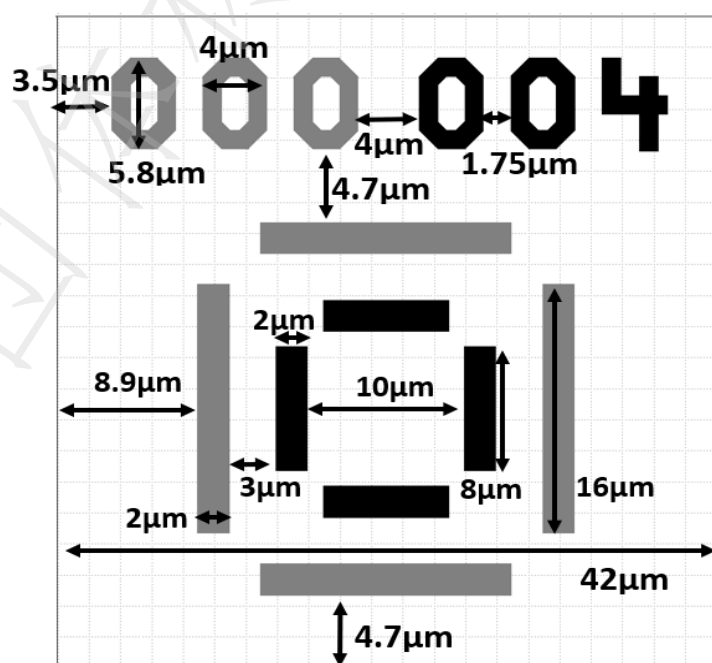


图4 Bar in bar 图形尺寸

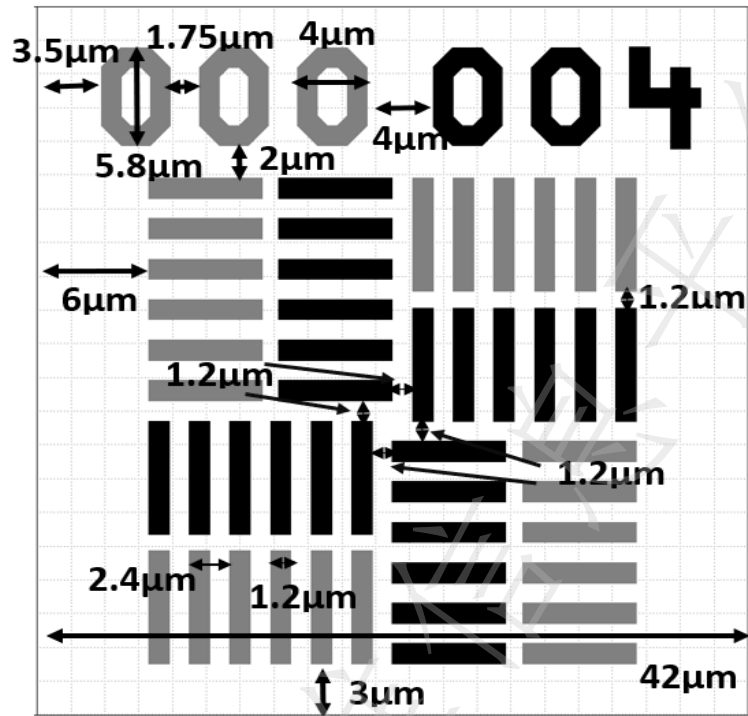


图5 AIM 图形尺寸

5.2.2 非标准套刻图形

套刻图形进一步的缩小，出现了小AIM和 $\mu$ AIM两种非标准套刻图形，小AIM图形尺寸见图6，大小为 $15\mu\text{m}\times 15\mu\text{m}$ ， $\mu$ AIM图形尺寸见图7，大小为 $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ 。

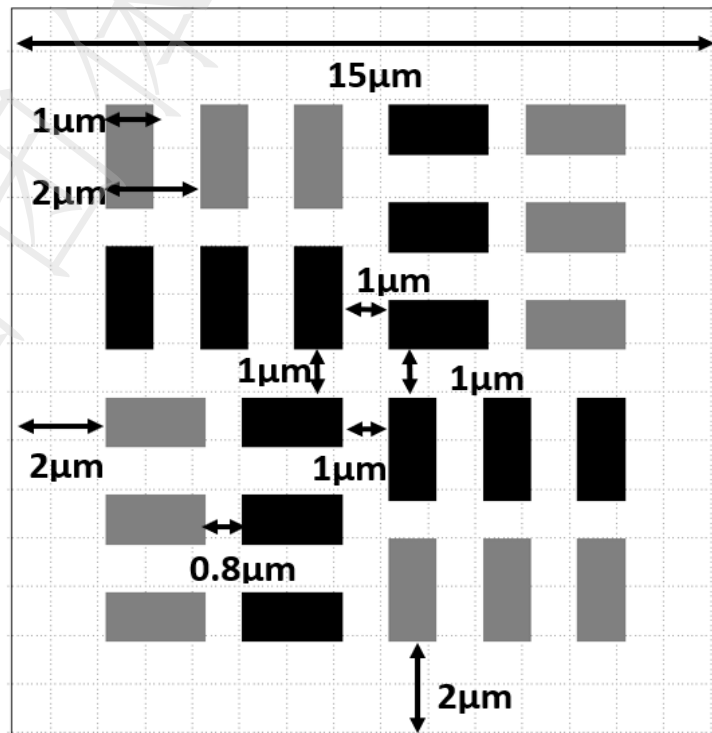
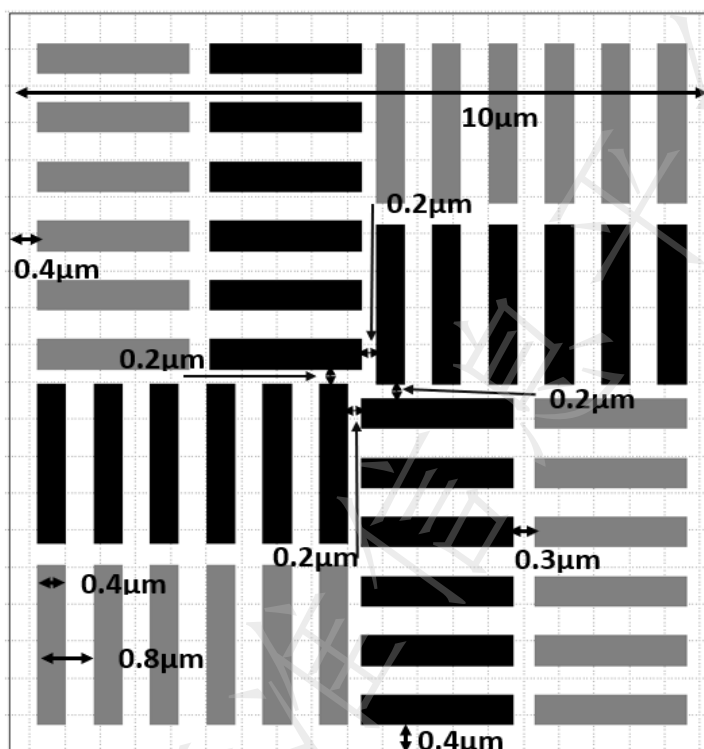


图6 小 AIM 图形尺寸

图7  $\mu$ AIM 图形尺寸

### 5.3 套刻标准片中图形偏差矩阵值定义

制作不同偏差的OVL mark图形验证设备测量的准确度，OVL图形内框和外框做X/Y偏移，偏移量条件从-150 nm~+150 nm，每个图形的偏差条件应与图8 相符合，包含了0 nm、2 nm、4 nm、6 nm、8 nm、10 nm、20 nm、40 nm、60 nm、80 nm、100 nm、150 nm。以BIB mark为例的矩阵分布见图9。OVL图形尺寸参考图3~图5，OVL图形左右上下pitch 50  $\mu$ m。



图8 矩阵偏差 mark 条件

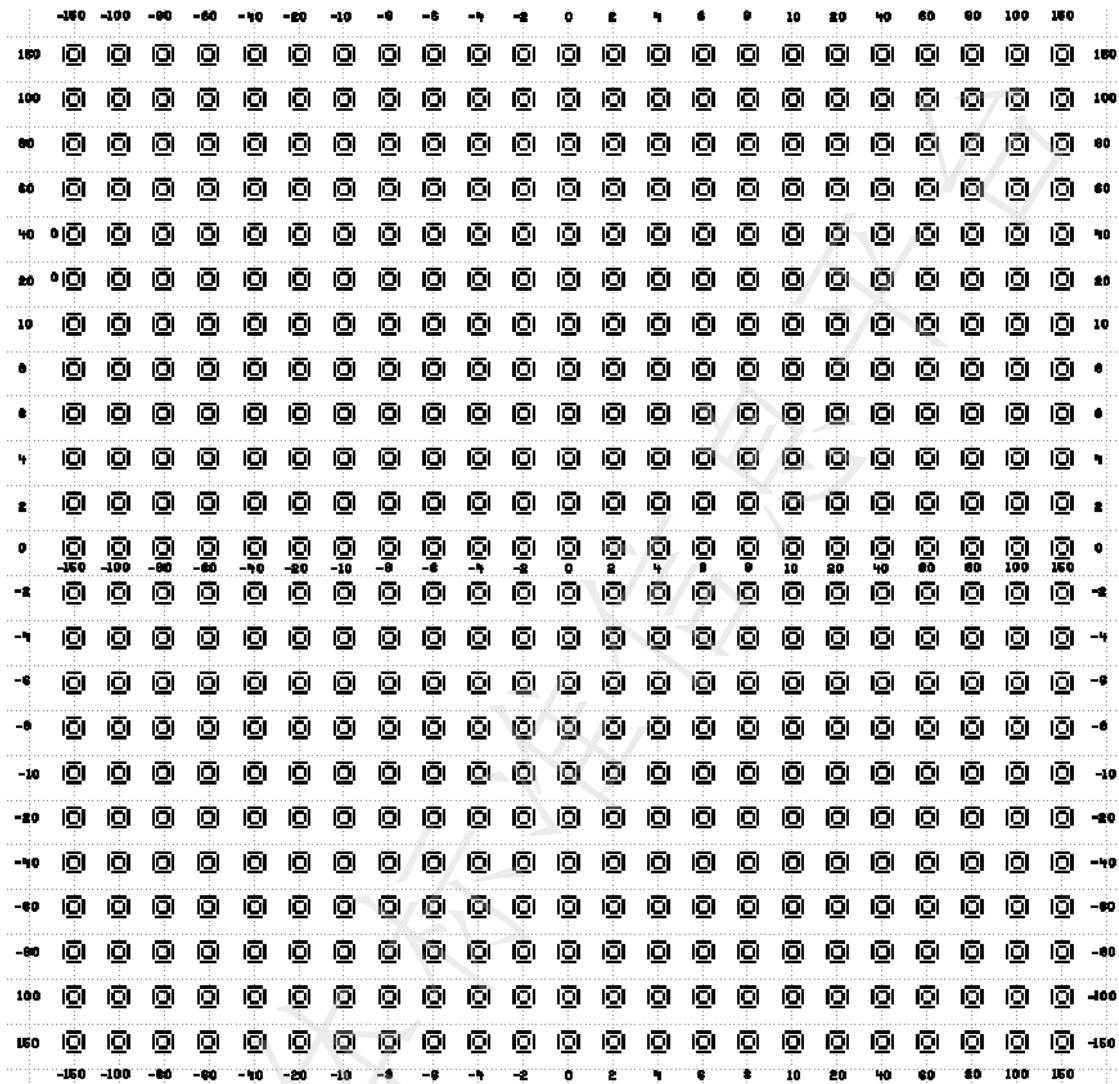


图9 矩阵偏差 mark 分布图

#### 5.4 套刻设备针对半导体工艺节点的分类和使用建议

集成电路对芯片加工过程中给到overlay量测设备的量测误差约为工艺套刻误差的5%。根据工艺指标给出如下（表1）国产套刻设备能力指标分类以及工艺节点对设备能力的使用建议。

表1 设备型号分类建议

型号定义	OVL1 型号	OVL2 型号	OVL3 型号	OVL4 型号	OVL5 型号
晶圆尺寸	4' /5' /6' /8'	6' /8'	12'	12'	12'
Technology Node	0.35-0.25(um)	0.18-0.11(um)	90 nm-55 nm	45 nm-22 nm	14 nm
Precision (nm)	4	1	0.6	0.3	0.25
TIS (nm)	5	2	0.8	0.35	0.2
TIS 3Sigma (nm)	6	4	0.8	0.4	0.25
Match mean (nm)	7	2	1	0.5	0.3

TMU	10	4.6	1.4	0.7	0.46
-----	----	-----	-----	-----	------

## 6 设备验收主要参数

### 6.1 TIS

6.1.1 TIS 是由于设备成像相关部件导致的成像不对称问题引起的测量误差。通常用于测试计量设备的精度。OVL 测量误差通常是由透镜像差、透镜对准、光照对准和被测 OVL 的 mark 工艺带来的不对称引起的。TIS 会影响 TMU 以及不同机台的匹配。

6.1.2 使用标片测试固定 shot（4 寸 6 寸晶圆测试 5 个 shot，8 寸 12 寸晶圆测试 9 个 shot），一个 shot 选一个 mark 测试一次，每个点测试 10 次，取每个点 0 度 10 次测试值的平均值作为该点 0 度的测试值，取每个点 180 度 10 次测试值的平均作为该点 180 度的测试值，用这两个测试值计算该点的 TIS，所有选取点 TIS 取平均作为最终的 TIS 值，TIS 应满足对应型号设备验收技术协议规范的要求。

注：TIS 计算公式见附录 A.1。

### 6.2 TIS 3Sigma

使用标片测试标片固定 shot（4 寸 6 寸晶圆测试 5 个 shot，8 寸 12 寸晶圆测试 9 个 shot），一个 shot 选一个 mark 测试一次，每个点测试 10 次，取每个点 0 度 10 次测试值的平均值作为该点 0 度的测试值，取每个点 180 度 10 次测试值的平均值作为该点 180 度的测试值，用这两个测试值计算该点的 TIS，用所有选取点的 TIS 计算 3 倍西格玛，TIS 3 倍西格玛应满足对应型号设备验收技术协议规范的要求。

### 6.3 测量值的重复性

使用标片测试固定 shot（4 寸 6 寸晶圆测试 5 个 shot，8 寸 12 寸晶圆测试 9 个 shot）测试 10 次，一个 shot 选一个 mark 测试，每个点计算测试值 3 倍西格玛，取所有点的最大值作为测试量的重复性结果，3 倍西格玛应满足对应型号设备验收技术协议规范的要求。

### 6.4 Precision

标片上固定 shot 不同点的测试值的重复性得到后，所有点测试值的重复性值在计算 3 倍西格玛，该值定义为 precision。

### 6.5 TMU

使用标片测试 TMU，TMU 应满足对应型号设备验收技术协议规范的要求。

注：TMU 计算公式见附录 A.2。

### 6.6 WPH

使用标片测试验收合同规定的测试点数，统计 MAM WPH，应满足对应型号设备验收技术协议规范的要求。

注：WPH 计算公式见附录 A.3。

### 6.7 Match mean

同型机台测试标片固定 shot（4 寸 6 寸晶圆测试 5 个 shot，8 寸 12 寸晶圆测试 9 个 shot），wafer 测试值取平均，两个机台该平均值的匹配程度。

## 6.8 Uptime

机台正常运行的时间。

注：Uptime计算公式见附录A.4，所有启动时间和停机时间定义将遵循SEMI E10-96标准，时间按月计算。

## 6.9 MTBF

平均故障间隔时间定义为设备停机之间的平均时间，其中“时间”是设备运行时间。

注1：由于缺少客户材料或操作人员原因导致的闲置时间包括在设备运行时间内。

注2：所有启动时间和停机时间定义将遵循SEMI E10-96标准，时间按月计算。

## 6.10 MTRR

平均维修时间定义为每月设备停机和维修的平均时间。

注：所有启动时间和停机时间定义将遵循SEMI E10-96标准，时间按月计算。

## 6.11 MTBA

平均辅助间隔时间定义为操作员辅助机器继续运行所需的平均时间，所需时间应小于5分钟且不需要更换零件。

注：所有启动时间和停机时间定义将遵循SEMI E10-96标准，时间按月计算。

## 6.12 碎片率

设备连续运行测试多少片，出现碎片的片数除以总测试的片数。

## 6.13 金属离子

使用测试片通过机台传输，测试如下11种金属离子的金属含量：Na、Mg、Al、K、Ca、Ti、Cr、Fe、Ni、Cu、Zn。

## 6.14 颗粒度

使用测试片通过机台传输，使用颗粒测试仪测试不同大小颗粒的增加数据。

## 7 设备验收

### 7.1 外观结构检查

验收时应进行外观结构检查，根据合同或双方约定，外观结构检查采用目视，检查内容包括颜色、标识、涂层、面板以及电缆、接口装置等外观良好无损伤。

### 7.2 硬件配置

验收时应进行硬件配置检查，根据合同或双方约定，硬件各个部件无缺失，硬件各个指标满足合同约定的参数。

### 7.3 软件配置

验收时应进行软件配置检查，根据合同或双方约定，操作系统、软件版本、杀毒软件、备份、软件功能等各项指标满足合同约定的内容。

#### 7.4 文档

验收时应进行随机台文档检查, 根据合同或双方约定, 随机附带的设备操作手册、维护手册、培训材料、安全文件等资料齐全。

#### 7.5 参数指标

测试标片和产品片, 以下(表2)参数达到技术协议或合同的约定指标, 设备验证达标。

表2 设备验收参数

验收参数	测试对象	验收合格要求
Precision	标片	技术协议要求指标达到
TIS	标片	技术协议要求指标达到
TIS 3Sigma	标片	技术协议要求指标达到
Match mean	标片	技术协议要求指标达到
TMU	标片	技术协议要求指标达到
WPH	标片	技术协议要求指标达到
MAM	标片	技术协议要求指标达到
Uptime	标片或客户产品	技术协议要求指标达到
MTBF	标片或客户产品	技术协议要求指标达到
MTTR	标片或客户产品	技术协议要求指标达到
MTBA	标片或客户产品	技术协议要求指标达到
碎片率	dummy 片或客户产品	技术协议要求指标达到
金属离子	dummy 片	技术协议要求指标达到
颗粒度	dummy 片	技术协议要求指标达到

附 录 A  
(规范性)  
套刻设备的重要指标及测试计算

A.1 TIS 的计算公式

TIS的计算公式如下:

$$TIS(x) = \frac{X(0^\circ)+X(180^\circ)}{2}, TIS(y) = \frac{Y(0^\circ)+Y(180^\circ)}{2} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $X(0^\circ)$ ——晶圆在 $0^\circ$  时测试套刻图形得到的X方向的偏移量;
- $X(180^\circ)$ ——晶圆在旋转  $180^\circ$  后测试套刻图形得到的 X 方向的偏移量;
- $Y(0^\circ)$ ——晶圆在 $0^\circ$  时测试套刻图形得到的Y方向的偏移量;
- $Y(180^\circ)$ ——晶圆在旋转 $180^\circ$  后测试套刻图形得到的Y方向的偏移量。

A.2 TMU 的计算公式

TMU的计算公式如下:

$$TMU = \sqrt{TIS\ 3Sigma^2 + Precision^2 + Mean\ Matching^2} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- TIS 3Sigma**——同一目标10次测试得到的TIS计算出来的3sigma;
- Precision**——同一目标 10 次测试得到的测量值的 3sigma;
- Mean Matching**——同一目标两个机台测试得到的平均值的差。

A.3 WPH 计算公式

按照一个cassette测试25片计算WPH, 计算公式如下:

$$WPH = \left( \frac{3600 - T1 - T3}{T2 + MAM \times N + T4} \right) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- T1**——晶圆第一片从cassette传输到chuck时间;
- T2**——晶圆在chuck上低倍率下成像水平调整时间;
- N**——一片测量的mark点数;
- T3**——晶圆从chuck传回到cassette时间;
- MAM**——快速的移动-聚焦获取-测量的时间和;
- T4**——chuck切换片时间。

A.4 Uptime 计算公式

$$Up\ time\ (\%) = (Up+Lost+Test) / (Up+Lost+PM+Down+Test+Wait+Monitor) \quad (A.4)$$

式中:

- Up**—— 真正投入生产;
- Lost**—— 机器处于待机状态, 但没有生产晶圆片;
- PM**——预定的停机时间;
- Down**——计划外停机时间, 不包括 Foup down;

Test——工艺开发或新配方测试；

Wait——等待工程师技术支持；

Monitor——工艺稳定性测试。

全国团体标准信息平台

附 录 B  
(资料性)  
套刻量测设备标准片制作

### B.1 套刻标准片图形的制作方法

偏差矩阵图形见图9，内部设计了不同的偏差图形，为了得到精准的不同偏差的OVL图形，应将OVL外框和内框设计到同一层掩膜版上，并通过一次曝光做出需要的不同偏差的图形，宜尽量将OVL图形做到最小的匹配设计值，精度偏差应在1nm以内。

该OVL图形需要经过一次曝光和一次刻蚀成型，该刻蚀层材料建议使用氮化硅材质，厚度宜为1500 A $\pm$ 50 A。

### B.2 套刻标准图形灰度

标准片图形和非图形区域见图B.1，标片放到设备上后采集OVL mark图片，图形灰阶差应在80以上（以0~255灰阶计算），图形颜色均匀。



图 B.1 OVL 标片图形

### B.3 套刻标准片制作及使用图形

使用硅基晶圆，按设备支持的晶圆尺寸选取对应的wafer加工，套刻图形选择图1所示的三种图形，覆盖不同工艺段使用的图形。

### B.4 套刻标准片版图排布方式

建议按图9所示的矩阵偏差mark为一个单元如图B.2，单元与单元间距80 $\mu$ m排布图形，根据晶圆大小按不同大小shot排布，图B.3所示为一个shot内的排布示意图。shot和shot之间间距80 $\mu$ m。晶圆边缘预留1cm以上空间不做图形，保证所有shot都是完整shot，图B.4所示为6英寸晶圆shot排布示意图。

- 6英寸wafer shot 数宜大于30个。
- 8英寸wafer shot 数宜大于40个。
- 12英寸wafer shot 数宜大于50个。

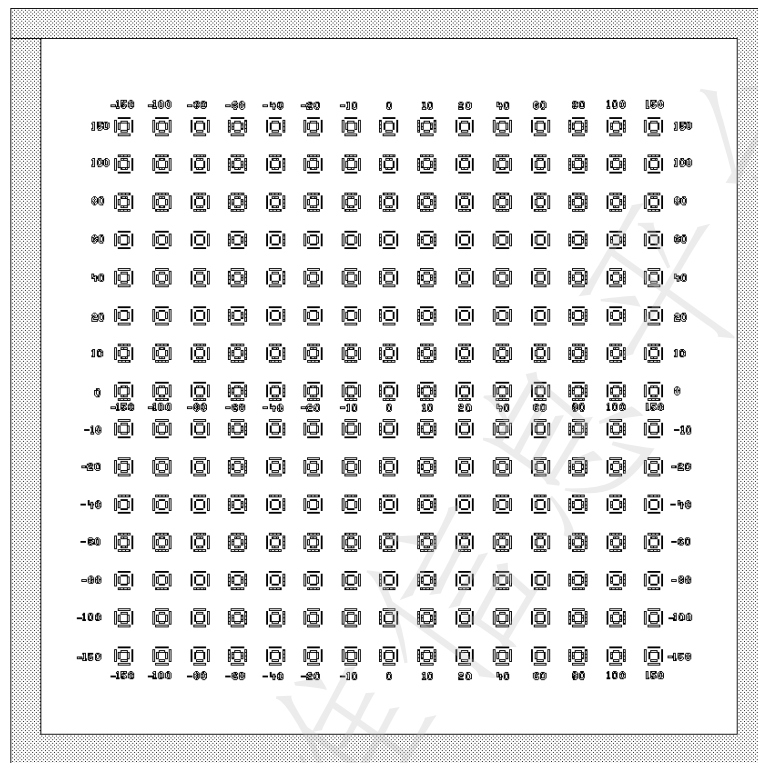


图 B.2 一个矩阵 cell 单元版图

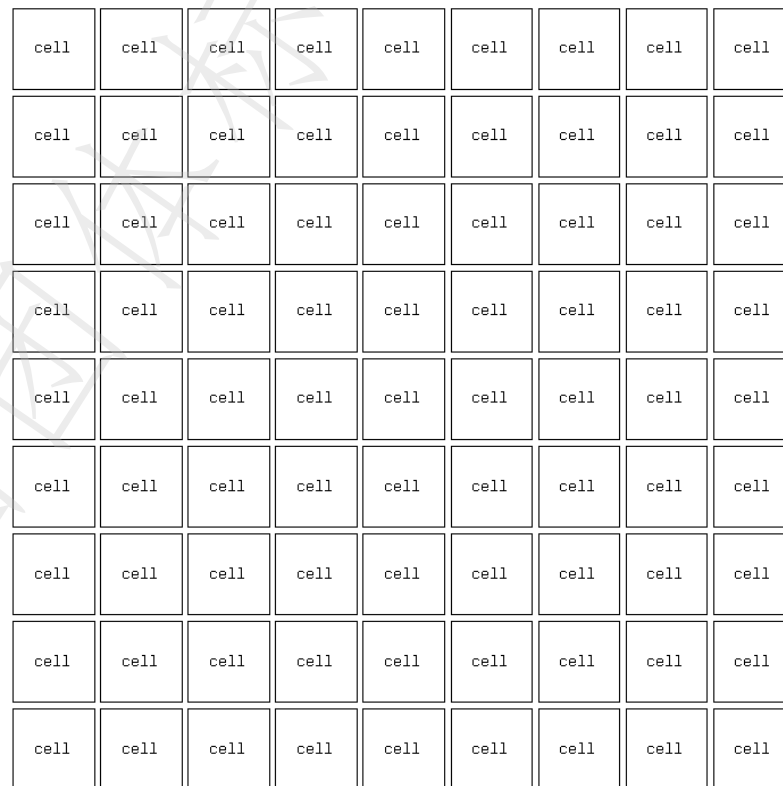


图 B.3 一个 shot 排布示意图

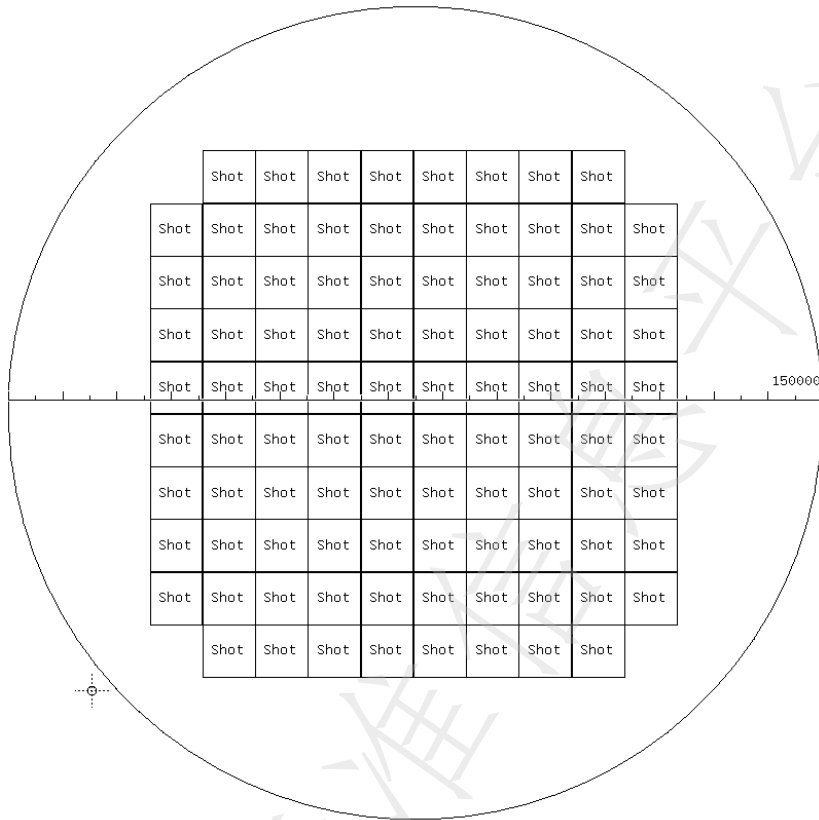


图 B.4 6 英寸晶圆 shot 排布示意图