



团 体 标 准

T/CEATEC XXXX—XXXX

半导体封装自动光学检测（AOI）设备通用
技术要求

General Technical Requirements for Semiconductor Packaging Automatic Optical
Inspection (AOI) Equipment

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 技术要求 2

 4.1 总体要求 2

 4.2 载体与机械系统 2

 4.3 光学、量测与缺陷检测能力 2

 4.4 软件、通讯和追溯 3

 4.5 洁净、ESD、安全和公用工程 3

5 试验方法 3

 5.1 外观、结构和洁净兼容性检查 3

 5.2 定位精度试验 3

 5.3 光学分辨率试验 4

 5.4 三维量测试验 4

 5.5 GR&R 试验 4

 5.6 缺陷检出试验 4

 5.7 吞吐量试验 4

 5.8 SECS/GEM 通讯试验 4

 5.9 稳定性试验 4

6 检验规则 4

7 标志、包装、运输和贮存 4

附录 A（资料性） 验收资料清单 6

 A.1 验收资料 6

参考文献 7

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

本文件的主要技术内容包括载体兼容、光学检测、三维量测、洁净与ESD控制、SECS/GEM通讯、数据追溯以及检验方法。

本文件面向半导体先进封装制造和封装测试环节中的高精度二维/三维自动光学检测设备，覆盖晶圆级封装、倒装芯片、扇出型封装、BGA/CSP、引线框架和Tray载体产品的可见缺陷检测与几何量测。

半导体封装自动光学检测（AOI）设备通用技术要求

1 范围

本文件规定了半导体先进封装高精度二维/三维自动光学检测（AOI）设备的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于 WLP、Fan-out、Flip-Chip、BGA/CSP、SiP、引线框架、Wafer Ring、JEDEC Tray、FOUP/FOSB等产品或载体形态的二维/三维AOI设备。

本文件覆盖的检测对象为半导体先进封装制程及封装测试环节中的晶圆、芯粒、封装单元、引线框架和托盘载体产品，检测项目包括表面缺陷、崩边、裂纹、污染、划伤、异物、字符识别、RDL/线路缺陷、Bump/锡球/铜柱缺陷、高度、共面性、翘曲和关键尺寸量测等。

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。

ANSI/ESD S20.20 保护电气和电子零件、组件和设备（不包括电引发爆炸装置）（Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)）

SEMI S2 半导体制造设备环境、健康与安全指南（SEMI S2 – Environmental, Health and Safety Guidelines for Semiconductor Manufacturing Equipment）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半导体先进封装 AOI 设备 semiconductor advanced packaging AOI equipment

用于先进封装制程或封装测试环节，对晶圆、单颗封装、载板、引线框架或 Tray 中产品进行图像检测、缺陷分类、几何量测和结果输出的自动光学检测设备。

3.2

二维检测 two-dimensional detection

基于灰度、彩色、明暗场、同轴光或多角度光源成像，对表面形貌、边缘、字符和缺陷进行识别的检测方式。

3.3

三维检测 three-dimensional detection

通过结构光、白光干涉、共焦、激光位移、相移或等效方法获取高度、轮廓、共面性和翘曲信息的检测方式。

3.4

Wafer Map/Tray Map

按晶圆坐标或托盘位置记录每个 Die/Unit 检测结果、缺陷类型、图像路径和判定状态的数据文件或数据结构。

3.5

Critical Defect

可能导致产品功能失效、可靠性风险或采购方强制报废的关键缺陷。

3.6

GR&R

量具重复性与再现性分析，用于评价设备作为测量系统时的稳定性和人员/程序影响。

4 技术要求

4.1 总体要求

应符合以下要求：

- a) 设备应根据应用场景明确声明适用对象：晶圆级、Strip/Leadframe、单颗封装、Tray 或混合载体。不同对象的精度、速度和缺陷库不应混用；
- b) 设备应具备高分辨率二维成像能力；用于 Bump、锡球、铜柱、共面性或翘曲量测的设备应配置三维测量模块；
- c) 设备应支持 Recipe 管理、产品 ID 识别、批次追溯、缺陷图像保存和检测结果回传。用于自动化产线时，应支持 SECS/GEM 或等效主机通讯；
- d) 设备结构、材料、气路和排风设计应适应洁净室与 ESD 管控要求，不应对产品造成颗粒、静电或机械损伤。

4.2 载体与机械系统

载体与机械系统应符合表1的规定。

表 1 载体与机械系统

项目	技术要求	说明
适用载体	JEDEC Tray、Wafer Ring、Leadframe/Strip、FOUP/FOSB或专用载具	设备应声明具体兼容范围
晶圆尺寸	150 mm、200 mm、300 mm；高端设备应支持 300 mm	按设备平台配置
封装尺寸	2 mm x 2 mm 至 60 mm x 60 mm	超小或超大封装按合同约定
上下料方式	人工、Tray堆叠、EFEM、机械手或与前后工序自动对接	自动化设备应具备防呆和防碰撞
X/Y重复定位精度	不大于±1.0 μm；高精度平台不大于 ±0.5 μm	以激光干涉仪或等效方法确认
Z轴或测高重复性	不大于±0.2 μm 至±1.0 μm	按测量原理和量程声明
微振动适应性	应适应VC-A或制造商声明等级；高精度量测设备宜评估VC-B	现场安装需复核

4.3 光学、量测与缺陷检测能力

光学、量测与缺陷检测能力应符合表2的规定。

表 2 光学、量测与缺陷检测能力

项目	技术要求	说明
二维像素分辨率	标准模式不大于2.0 μm/pixel；高分辨率模式不大于0.5 μm/pixel	按视场和镜头声明
最小可检缺陷	一般表面缺陷不大于5 μm；微细线路或 Bump应支持2 μm 级缺陷识别	需用标准样片验证
三维高度重复性	Bump/锡球/铜柱高度重复性不大于±0.2 μm至±0.5 μm	按样本材料和反射率声明
尺寸量测能力	支持宽度、间距、圆度、角度、位置偏差、共面性、翘曲等量测项目	测量不确定度宜不大于公差带的1/3

项目	技术要求	说明
关键缺陷漏检	验证样本中不应出现漏检	以Golden Sample和产品缺陷等级验证
一般缺陷漏检率	宜不大于50 PPM；关键量产项目可约定不大于10 PPM	按检测对象和缺陷等级约定
误报率	不大于100 PPM；高反光、透明或低对比度产品可按工艺窗口另行约定	应同时报告复判规则
单颗封装吞吐量	不低于1500 UPH；高速分选场景可高于3000 UPH	含上下料时间时应单独说明
晶圆检测吞吐量	应按检测Recipe和Die数量声明；300mm晶圆全表面检测典型验收值宜不低于40 WPH	受Die数量和检测层数影响
图像与结果保存	应保存原图或缺陷图、坐标、缺陷类型、判定等级、Recipe版本和操作者记录	存储周期按采购方和法规要求

4.4 软件、通讯和追溯

应符合以下要求：

- 应支持 Product ID、Lot ID、Wafer ID、Strip ID、Tray ID 或 Unit ID 的绑定与追溯；
- 应生成 Wafer Map、Tray Map 或 Strip Map，并能输出坐标、缺陷类型、判定结果和复判状态；
- 应支持 Recipe 版本控制、权限管理、审计日志、离线编程和离线复判；
- 自动化设备应支持 SECS/GEM，至少覆盖远程启动/停止、配方选择、状态上报、报警、数据采集和载体/基板追踪；
- 应提供与 MES、YMS、SPC 或采购方数据库对接的数据接口；接口字段应形成受控文件。

4.5 洁净、ESD、安全和公用工程

洁净、ESD、安全和公用工程应符合表3的规定。

表 3 洁净、ESD、安全和公用工程

项目	技术要求	说明
工作温度	23 °C ±2 °C；量测型设备温度波动宜不大于±1 °C	温控要求应写入安装条件
相对湿度	45% RH 至 55% RH，无凝露	兼顾ESD和颗粒控制
洁净度	设备内部关键区域宜满足ISO Class 5；特殊工艺可要求ISO Class 4	按采样点和粒径报告
ESD	接触产品部件表面电阻宜为 $10^5 \Omega$ 至 $10^9 \Omega$ ；接地连续可靠	按ANSI/ESD S20.20管控
安全	应具备急停、门禁联锁、防夹、防碰撞、真空/气压异常报警和必要的排风监控	参照SEMI S2/S8
噪声	正常运行不大于70 dB (A)	洁净室环境下宜控制更低
公用工程	电源、压缩空气、真空、排风和网络接口应在安装文件中明确	不使用项应说明

5 试验方法

5.1 外观、结构和洁净兼容性检查

检查外观、密封、材料、标识、运动防护、气路、排风和产品接触部位。使用粒子计数器对关键区域进行洁净度确认。

5.2 定位精度试验

使用激光干涉仪、光栅尺或经校准标准件，对X/Y/Z轴进行不少于50次重复定位测试，报告最大偏差、均值和 3σ 。

5.3 光学分辨率试验

使用分辨率靶、微米级线宽样片或经采购方或第三方确认的标准片，验证二维像素分辨率、视场畸变和边缘识别能力。

5.4 三维量测试验

使用台阶高度标准件、Bump高度样片、锡球或铜柱标准样品进行重复测量，并给出重复性、偏差和量测不确定度。

5.5 GR&R 试验

选取不少于10个样本，由3名操作者或3套等效程序各测量3次；用于量测放行的项目%GR&R宜小于10%。

5.6 缺陷检出试验

使用Golden Sample或经SEM/显微镜/轮廓仪确认的缺陷样本，缺陷类型应覆盖裂纹、崩边、污染、划伤、Bump缺失、高度异常、RDL开短路等。

5.7 吞吐量试验

使用量产Recipe对满载Wafer、Tray或Strip连续检测3批次，分别报告含上下料和不含上下料的UPH/WPH。

5.8 SECS/GEM 通讯试验

使用Host模拟器或采购方主机验证远程命令、配方管理、状态、报警、数据采集、载体管理和检测结果上传。

5.9 稳定性试验

在规定温湿度和洁净环境下连续满载运行72 h，设备不得出现非外部原因停机，关键量测漂移不得超过声明允许值。

6 检验规则

设备检验分为出厂检验、安装验收检验和型式检验，应符合表4的规定。用于采购方现场自动化产线的设备，安装验收应结合现场洁净度、微振动、主机通讯和产品样本共同完成。

表 4 检验规则

检验项目	出厂检验	安装验收	型式检验
外观、结构和安全	必检	必检	必检
载体兼容和上下料	必检	必检	必检
定位精度	必检	必检	必检
二维分辨率和成像	必检	抽检	必检
三维量测和 GR&R	按配置必检	按产品验证	必检
缺陷检出和误报	抽检	按采购方样本验证	必检
SECS/GEM和数据追溯	必检	必检	必检
72 h稳定性	可选	推荐	必检

7 标志、包装、运输和贮存

应符合以下要求：

- a) 设备铭牌应标明产品名称、型号、序列号、制造商、生产日期、电源和公用工程要求、执行标准及安全警示；
- b) 关键光学部件、运动平台、EFEM、机械手、测高模块和防振部件应采用防震、防尘、防潮和限位固定包装；

- c) 运输应避免冲击、倾倒、雨淋、凝露和长时间高温暴晒；精密平台运输后应重新进行水平、振动和定位精度确认；
- d) 贮存环境宜为 10 ℃至 35 ℃，相对湿度不大于 70% RH，无腐蚀性气体、无强振动和颗粒污染。长期贮存应按制造商要求进行防潮、通电和运动轴维护。

附 录 A
(资料性)
验收资料清单

A.1 验收资料

设备交付、安装验收或型式检验时，宜至少提供以下资料，作为量测能力确认和采购方现场导入的依据，应符合以下要求：

- a) 设备规格书、载体兼容清单、关键光学和运动部件清单；
- b) 二维分辨率、三维高度重复性、定位精度和量测不确定度报告；
- c) Golden Sample 说明、缺陷等级定义、复判规则和缺陷图像样例；
- d) GR&R 报告、标准样件溯源证书和推荐校准周期；
- e) SECS/GEM 通讯矩阵、数据采集项、Alarm/Status 列表和 Recipe 管理说明；
- f) 洁净度、ESD、接地、公用工程和安装环境确认记录。

参 考 文 献

- [1] GB/T 191 包装储运图形符号标志
 - [2] GB 2894 安全色和安全标志
 - [3] GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
 - [4] GB/T 2423 电工电子产品环境试验
 - [5] GB/T 17626 电磁兼容 试验和测量技术
 - [6] ISO 14644 洁净室及相关受控环境 (Cleanrooms and associated controlled environments)
 - [7] JESD22 半导体器件环境与可靠性试验方法标准 (JEDEC Standard for Environmental and Reliability Test Methods for Semiconductor Devices)
 - [8] JEDEC JEP95 半导体封装外形标准相关文件 (JEDEC Registered and Standard Outlines for Solid State and Related Products)
 - [9] ISO Class 4 十级
 - [10] ISO Class 5 百级
 - [11] SEMI S8 半导体制造设备人因工程/人机工程学安全指南 (SEMI S8 - Safety Guideline for Ergonomics/Human Factors Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment)
 - [12] SEMI E30 制造设备通信与控制的通用模型 (Generic Model for Communications and Control of Manufacturing Equipment)
 - [13] SEMI E37 高速 SECS 消息服务 (High-Speed SECS Message Services)
 - [14] SEMI E40 处理管理 (Standard for Processing Management)
 - [15] SEMI E87 载体管理 (Specification for Carrier Management)
 - [16] SEMI E90 基板跟踪 (Specification for Substrate Tracking)
 - [17] SEMI E95 半导体设备人机界面标准 (Specification for Human Interface for Semiconductor Manufacturing Equipment)
 - [18] SEMI E139 配方与参数管理规范 (Specification for Recipe and Parameter Management)
-