

# T/ZOIA

## 中关村光电产业协会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

### 探针卡技术规范

Technical specification for probe cards

(征求意见稿)

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

中关村光电产业协会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 探针卡的分类和组成 .....	4
5 技术要求 .....	5
6 试验方法 .....	7
7 验收规则 .....	7
8 标志、包装、运输、贮存 .....	8
参 考 文 献 .....	8

## 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这些专利的责任。

本文件由中关村光电产业协会提出。

本文件由中关村光电协会归口。

本文件起草单位：中国科学院微电子研究所、苏州矽利康测试系统有限公司、浙江微针半导体有限公司、北京冠中集创科技有限公司，中关村光电产业协会。

本文件主要起草人：李冠楠 郭兆国 曲扬 周维虎 林隆 沈军涛 周岚

# 探针卡技术规范

## 1 范围

本文件规定了半导体测试用探针卡的分类、技术要求、试验方法、验收规则、标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于半导体晶圆测试中使用的探针卡的制造。

## 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 191-2008 包装储运图示标志；

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义；

GB/T 19067.1-2003 产品几何量技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 测量标准 第1部分：实物测量标准；

GB/T 10610-2009 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法；

GB/T 3505-2009 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 术语，定义及表面结构参数；

GB/T 38762.1-2020 产品几何技术规范（GPS） 尺寸公差 第一部分：线性尺寸；

GB/T 38762.3-2020 产品几何技术规范（GPS） 尺寸公差 第三部分：角度尺寸；

GB/T 6388 运输包装收发货标志

## 3 术语和定义

请选择适当的引导语

### 3.1 探针卡 Probe card

探针卡是在半导体集成电路 IC 制造过程中用于测试晶圆上单个芯片或多个芯片的电学性能的组件。是测试机与晶圆之间的接口，主要用于对芯片进行功能和电学性能参数的测试，筛选不良芯片。属于半导体核心检测耗材。探针卡的主要功能是通过其探针(Probe)与晶圆上的金属焊盘(Pad)或凸块(Bump)接触，实现电性连接，从而将测试信号传递给芯片，并从芯片收集响应信号。在晶圆上制造的每个 IC 芯片都通过布置在 PCB 上的多个探针针尖的同时接触进行电气检查。探针卡可以检测开路和短路，还可以测量电流和高频。

### 3.2 探针间距 Pitch

指探针之间的距离（单位通常为 $\mu\text{m}$ ），需与晶圆上焊盘的间距相匹配，以确保每个探针都能准确接触到相应的焊盘。

### 3.3 针位 Tip Alignment

指探针尖端与晶圆上特定焊盘水平面（X-Y平面）上的对齐偏差（单位通常为 $\mu\text{m}$ ），确保探针尖端能够在接触焊盘时实现最佳的电气连接。

### 3.4 平坦度 Planarity

指探针卡表面的水平度或平整度（单位通常为 $\mu\text{m}$ ），描述了探针卡在Z轴方向上的高度一致性，影响到所有探针与焊盘之间的接触均匀性和信号的一致性，通常为所有探针在Z方向上的最大水平差。

### 3.5 接触电阻 Contact Resistance

指探针与焊盘接触时的电阻值，影响信号传输质量。

### 3.6 漏电流 Leakage Current

指两个或更多信号之间产生的漏电电流。探针卡设计需最小化漏电流，避免影响测试结果的准确性。

### 3.7 针压 Tip Force/Contact Force

指探针卡上的探针在接触半导体晶圆的焊盘或凸块时施加的压力。单位通常为g/mil，其中g即为重量单位克，mil（密尔）为美国单位（1mil=25.4 $\mu$ m），含义为每mil移动距离而带来的重量g。其中压力是通过探针台Z轴高度上升来提供，具体体现是在上升OD值之后，针尖受到的压力。

### 3.8 过驱动 Over Drive, OD

在探针卡的使用中，OD指的是探针在接触焊盘后，为了确保电气连接的稳定性，探针台Z轴高度上升的距离（单位通常为 $\mu$ m）。OD设置需要根据不同的产品和探针卡来确定，以保证所有探针施加的接触力均匀一致。

### 3.9 针径参数：

- a) 针径 Tip Diameter: 指探针尖端的直径，单位微米（ $\mu$ m），
  - b) 针长 Tip Length: 指从探针的尖端到探针的弯曲处的长度，单位微米（ $\mu$ m）；
  - c) 弯曲角度 Bending Angle: 是探头弯曲后的内角，单位度（ $^{\circ}$ ）；。
  - d) 尖端形状 Tip Shape: 指探针尖端的形状，通常为扁平/锋利/圆形等。
- 针径参数的设计应根据具体的需求定制，符合对应产品的详细技术规范。

## 4 探针卡的分类和组成

### 4.1 探针卡的分类

探针卡按照其结构类型，主流种类有三种：

悬臂式探针卡（Cantilever Probe Card）；

垂直式探针卡（Vertical Probe Card）；

MEMS探针卡（MEMS Probe Card）。

其他还包括刀片探针卡（Blade Probe Card）、膜式探针卡（Membrane Probe Card）等。

#### a) 悬臂式探针卡 Cantilever Probe Card

悬臂式探针卡如图1所示，是依靠弹性悬臂结构的探针来实现与晶圆表面焊盘的电性接触的一种探针卡。这种探针卡的探针通常固定在基板上，并且自由端向下延伸，形成一个悬空的梁结构。其结构相对简单，易于制造，成本较低。适用于焊盘或凸块尺寸较大、间距较宽的芯片测试，如模拟芯片、驱动芯片、逻辑芯片等。悬臂式探针卡要求探针间距不能太小，否则在测试过程中可能会发生短路。并且，悬臂梁结构可能导致探针在高频率或高压测试中出现共振现象。探针的维护和更换相对复杂。

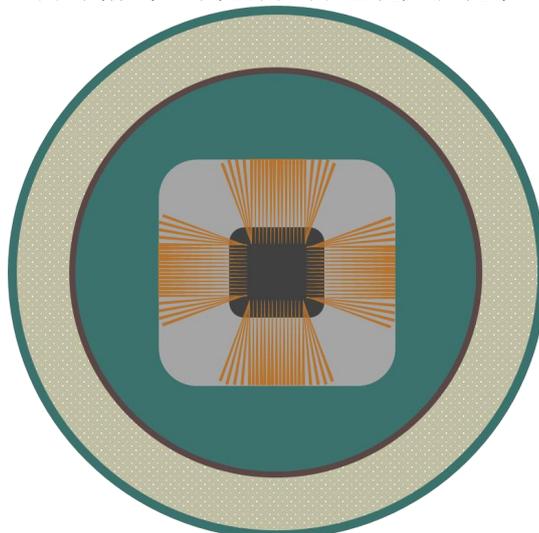


图1 悬臂式探针卡示意图

#### b) 垂直式探针卡 Vertical Probe Card

垂直式探针卡如图2所示，是利用垂直安装的探针来进行晶圆电学测试的一种探针卡。这种设计允许探针以垂直方向对准并接触到晶圆上的测试点，适用于高密度的I/O（输入/输出）布局 and 细间距的焊盘或凸块。具有体积小、探针直径小、易更换、易维护等优点。适用于高阶封装制成芯片，如智能手机处理器、GPU芯片、射频芯片等。特别适用于需要高密度探针接触的晶圆测试。但由于探针需

要垂直于基材，因此对探针的制造工艺和材料有较高要求。制造成本相对较高，除此之外，需要精确的对准技术，以确保探针与晶圆上的测试点精确对齐。

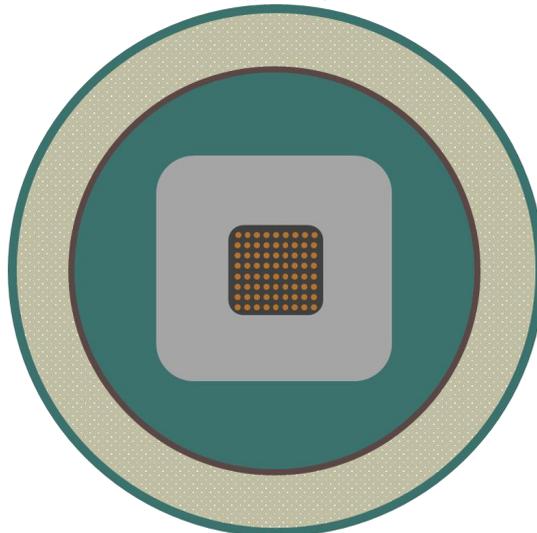


图2 垂直式探针卡示意图

#### c) MEMS 探针卡 MEMS Probe Card

MEMS探针卡如图3所示，是一种采用微电机系统技术精细加工而成的高精密度探针卡，它通过在硅片等材料上构建微小的探针结构，实现了与半导体晶圆上微米级焊盘或凸块的精确接触，具备高密度、高精度、低接触力和优异的一致性，特别适用于高端晶圆测试领域，如先进工艺节点的处理芯片或GPU芯片等。但其制造工艺的复杂性导致成本较高，需要专业的操作和维护，且技术更新迅速，要求持续的研发投入以跟上行业发展。

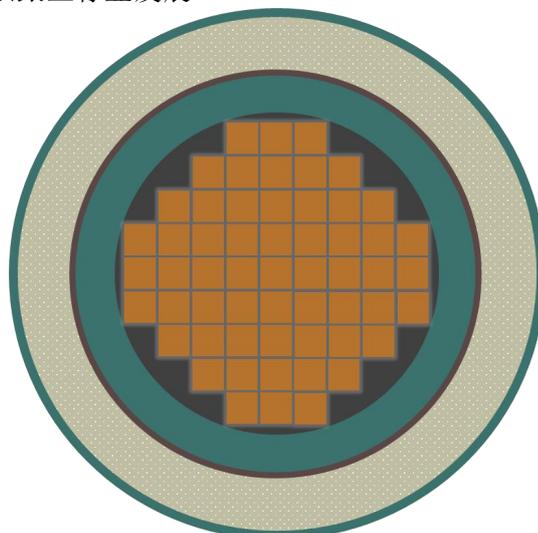


图3 MEMS 探针卡示意图

#### 4.2 探针卡的组成和功能

由PCB板、探针、功能部件、电子元件、补强板等组成。

- PCB板：作为探针卡的基底，主要用于承载探针，提供电路连接和结构支撑。
- 探针：直接与芯片的接触点接触，传输电信号。
- 功能部件：包括用于信号调节和分配的电子元件。
- 电子元件：包括电阻、电容等，用于调整和控制通过探针卡的电信号，以实现特定的测试功能。
- 补强板（Stiffener）：增加探针卡的结构强度，保证其稳定性。

#### 5 技术要求

## 5.1 探针卡设计和制造的主要技术指标

### 5.1.1 探针卡的主要技术指标应符合表 1 的规定。

表1 探针卡主要技术指标要求表

参数		要求
针距 (Pitch)		根据应用需求定制, 间距范围通常 $\leq 150\mu\text{m}$
针位 (Alignment)		$< \pm 5\mu\text{m}$
针压 (Probe Force/Contact Force)		根据应用需求定制
平坦度(Planarity)		根据应用需求定制, 通常 $< 10\mu\text{m}$
针径参数	针径 (Tip Diameter)	根据应用需求定制, $\leq$ 标准值 $\pm 2\mu\text{m}$
	针长 (Tip Length)	根据应用需求定制, $\leq$ 标准值 $+20\mu\text{m}$
	弯曲角度(Bending Angle)	根据应用需求定制, 弯曲式探针标准为 $103^\circ$
	尖端形状 (Tip Shape)	根据应用需求定制, 通常为扁平/锋利/圆形等
漏电流(Leakage Current)		根据应用需求定制, 通常 $\leq 10\text{nA}/5\text{V}$
接触电阻(Contact Resistance)		通常 $< 5\Omega$
外观检查(Appearance Inspection)		无明显损伤、清洁无污染、无腐蚀或氧化

## 5.2 探针卡的寿命 (life time)

探针卡以探针与晶圆上芯片的接触次数 (touch down, TD) 作为探针卡寿命衡量的标准, 通常为十万级到百万级 TD。使用寿命相对较长一般在三个月至一年。探针卡的使用寿命受多种因素影响, 包括被测物材料、探针材料、制造工艺、使用频率、测试条件、维护保养等。其寿命应依据探针卡实际使用中的技术要求及厂家报废标准进行综合评估。

## 5.3 正常工作条件

探针卡正常工作环境条件:

- 温度: 应符合具体产品详细技术规范, 通常范围在 $-45^\circ\text{C}\sim 185^\circ\text{C}$ ;
- 湿度:  $\leq 65\%RH$ ;
- 周围无明显的振动及气流;
- 无腐蚀性环境;
- 减少周围电磁干扰, 确保探针卡在测试过程中信号的稳定性和准确性;

## 5.4 环境适应性

根据被测晶圆的制造和测试的特殊要求, 应规定温度、湿度和存储环境条件的要求。

## 5.5 外观

探针卡的外观要求:

- 损伤检查: 探针卡表面应无任何形式的机械损伤, 如裂纹、划痕或凹陷。
- 清洁与污染: 必须保持清洁, 无尘埃、指纹、油渍等污染物, 确保探针和接触点无腐蚀或氧化。
- 标记与识别: 所有标记, 包括型号、序列号、生产日期等, 应清晰可辨, 颜色均匀一致, 无色差或褪色。
- 结构完整性: 探针应完整无损, 排列整齐, 焊接点牢固, 无虚焊或冷焊, 尺寸和形状符合设计规范。
- 包装与储存: 探针卡的包装应完好无损, 确保在运输和储存过程中提供足够的保护, 且有适当的环境适应性标记。

## 5.6 安全与防护

### 5.6.1 探针扎伤安全与防护

为了保障工作人员的安全, 在探针卡和相关设备上设置明显的安全警示标识, 提醒操作人员注意安全, 正确穿戴或使用个人防护装备, 如手套、安全眼镜等, 并对探针扎伤等应有防护措施。

### 5.6.2 电气与高压安全与防护

为了保障工作人员的安全，对高压应有保护措施，定期维护和检查，应遵守有关安全防护标准。

## 6 试验方法

### 6.1 外观检验

直观法的检验：适用于5.5 a)、5.5 b)、5.5 c)、5.5 d)、5.5 e)的检验

### 6.2 探针卡主要技术指标的检验

探针卡的检验通常涉及一系列精密的测试流程，以确保其满足设计规格和性能要求。以下是检验探针卡各项指标的推荐方式：

#### 6.2.1. 针位检验

使用高精度的光学显微镜或激光对准系统来测量探针与晶圆焊盘的对准精度。自动影像测量系统可以提供更快速、准确的测量结果。

#### 6.2.2. 针距和针径参数检验

通常使用高精度的卡尺或激光测量设备进行针距的测量。利用高精度的显微镜或自动影像测量系统来测量探针的针径参数。

#### 6.2.3. 针压检验

通过专门的探针力测试设备来测量探针施加在焊盘上的压力，测试中探针卡被放置在测试设备上，通过精确的机械装置控制探针与测试板或模拟焊盘的接触，调整探针卡的Z轴位置，保证测试的准确性。探针力的测量通常以克(g)为单位，这是探针尖端施加在焊盘上的压力。测试结果需要符合设计规格，以确保探针卡在实际使用中的性能。

#### 6.2.4. 接触电阻检验

使用四探针法或单探针法来测量探针与焊盘接触时的电阻。这种方法可以消除布线和探针接触电阻的阻抗，从而获得更准确的电阻值。

#### 6.2.5. 平坦度检验

使用高精度激光测量系统、三坐标测量机(CMM)、自动影像测量系统、白光干涉仪测量。测量方法主要有Peak-to-Valley(P-V)方法：测量探针卡上所有探针尖端在Z轴方向上的最大高度值与最小高度值之间的差值；标准差方法：计算探针卡上所有探针尖端高度值的标准差，以评估高度的一致性。

#### 6.2.6. 漏电流检验

漏电流的测量需要使用高灵敏度的电流测量设备，如参数分析仪、数字源表源测量单元(SMU)仪器、高灵敏度电流探头等，这些设备能够测量pA(皮安)到nA(纳安)级别的漏电流。可以采用四点探针法、两点探针法、表面电阻率法、体积电阻率法或传输线法等，具体方法取决于被测试材料的类型、尺寸和所需的精度。在无外部激励信号的情况下，测量流经探针卡的电流，以评估其绝缘性能。

## 7 验收规则

### 7.1 一般要求

探针卡应由制造企业检验部门进行检验，符合采购订单或技术协议中规定的规格和性能要求后方可提交验收。

### 7.2 出厂检验

#### 7.2.1 出厂检验方式

出厂检验采用逐台检验方式，必检项目应包括：

- a) 外观检查，确认无物理损伤、变形或污染；
- b) 尺寸检验，确保探针卡尺寸符合设计规格。
- c) 电气性能测试，测试探针卡的接触电阻、信号传输质量等电气性能；
- d) 机械性能测试，评估探针卡的稳定性和耐用性。
- e) 对准精度检测，确保探针与晶圆上的焊盘或凸块精确对齐。

#### 7.2.2 检验项目及抽样方法

检验项目及抽样方法由探针卡实际应用中的要求和(或)供货方和收货方协商规定。

#### 7.2.3 抽样检验项目

当检验项目为抽样检验项目时，采用探针卡生产厂的规定。

#### 7.2.4 对不合格判定的处理

检验结果被判定为不合格品，应根据情况采取返工、报废或降级使用等措施。

### 8 标志、包装、运输、贮存

#### 8.1 产品标志

探针卡应有以下标志：

- 1) 型号；
- 2) 出厂编号；
- 3) 生产日期；
- 4) 生产单位名称或商标。

#### 8.2 包装、运输及贮存

##### 8.2.1 随机文件

随机文件包括：

- a) 产品合格证书；
- b) 产品使用说明书；
- c) 装箱单；
- d) 随机备用附件清单；
- e) 安装图；
- f) 其他相关文件资料。

##### 9.2.2 探针卡包装

探针卡的包装应符合设计文件要求，包装的图示标志应符合 GB/T 191—2008 的规定。产品应使用真空包装出厂，并使用定制的防震盒或箱子，确保探针卡在运输过程中不受冲击和振动的影响。包装应密封良好，防止灰尘、水分和其他污染物进入。产品包装上应有清晰的标签，包括产品信息、型号、序列号、生产日期和任何特殊处理说明。如探针卡对运输方向有特殊要求，应在包装上明确指示。技术文件如使用说明书、合格证明书和保修单等应进行密封防潮包装，固定在包装箱内部明显的位置。

##### 9.2.3 运输

探针卡的运输必须严格遵照包装箱上注明的条件，避免粗暴处理和剧烈震动，确保探针卡在运输工具中安全固定，防止移位或倾倒。严禁日晒、雨淋，保持运输过程中的温度和湿度在产品规定范围内。运输方式按订货合同上载明的要求执行。

##### 9.2.4 贮存

探针卡的存储条件应包括维持适宜的温度(通常室温 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ )和湿度(45%~55%相对湿度)，确保环境的清洁度以防尘，使用防静电材料以防电荷损害，避免直射阳光和化学污染，以及在稳定的环境中存放，闲置探针卡最好存放氮气柜，湿度在 $25\% \pm 2$ 。

### 参 考 文 献

- [1] 蔡瑾. 晶圆探针卡的分类及设计参数[J]. 卷宗, 2014, 4(1):1.
- [2] 黄荣堂, 赖文雄. 晶圆级探针卡简介. 台北科技大学机电整合 研究所2010.
- [3] 李明远, 董亚宁, 王威, 等. 基于晶圆测试的探针卡设计及测试方法研究[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7(7):7-11. DOI:10.19772/j.cnki.2096-4455.2023.7.002.
- [4] 杨跃胜, 武岳山. 探针卡在芯片产业化中的应用分析 [J]. 中国集成电路, 2017, 26(4):58-61+75.