

集成电路开发与测试

职业技能等级标准

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 对应院校专业.....	3
5 面向工作岗位（群）.....	4
6 职业技能要求.....	4
参考文献.....	25

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准起草单位：杭州朗迅科技有限公司。

本标准主要起草人：徐振、黄庆红、徐守政、江斌、周文清、夏敏磊、卓婧、陆慧玲、沈品英。

声明：本标准的知识产权归属于杭州朗迅科技有限公司，未经杭州朗迅科技有限公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了集成电路开发与测试职业技能等级对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适用于集成电路开发与测试职业技能培训、考核与评价，相关用人单位的人员聘用、培训与考核可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 4377-2018 半导体集成电路 电压调整器测试方法

GB/T 14028-2018 半导体集成电路 模拟开关测试方法

GB/T 15876-2015 半导体集成电路 塑料四面引线扁平封装引线框架规范

JJG 1015-2006 通用数字集成电路测试系统检定规程

SJ/T 11702-2018 半导体集成电路 串行外设接口测试方法

SJT10152-1991 集成电路主要工艺设备术语

SJ/Z 11354-2006 集成电路模拟/混合信号IP核规范

3 术语和定义

国家、行业标准界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 介质层 Dielectric layer

介质层是晶圆制造工艺中介于晶粒上电路各层之间的夹层，用于保持线路及各层之间的绝缘性。

3.2 飞边 Burrs

飞边又称溢边、披锋、毛刺等，大多发生在模具的分合位置上。塑封时塑封料树脂溢出、贴带毛边、引线毛刺等统称为飞边毛刺现象。

3.3 氧化速率 Oxidation rate

氧化速率是指氧化过程中对象被氧化的速度，即单位时间内所氧化的量。

3.4 正负胶 Cositive/negative photoresist

正负胶即正性的光刻胶和负性的光刻胶，是微电子技术中微细图形加工的关键材料之一。光照后形成不可溶物质的是负性胶；反之，对某些溶剂是不可溶的，经光照后变成可溶物质的即为正性胶。

3.5 刻蚀速率 Etching rate

刻蚀速率是指在刻蚀过程中去除硅片表面材料的速度。

3.6 点胶头 Dispenser needle

点胶头属于自动装片机的配件产品，是在引线框架的芯片座上点银浆的部件，芯片座大小相差不大时可选取一种针头，但是当芯片座大小相差悬殊时，需要选取不同针头。

3.7 杂质 Impurity

杂质是单元素半导体中的其他元素原子，化合物半导体中的其他元素的原子或与化合物半导体晶理想配比成分相比多出或缺少的原子。

3.8 电镀 Electroplating

电镀是利用电解原理在某些金属表面上镀上一薄层其它金属或合金的过程，可以起到防止金属氧化，提高耐磨性、导电性、反光性、抗腐蚀性以及增进美观等作用。

3.9 测试夹具 Test fixture

测试夹具由众多金黄色的导电触片组成，因其表面镀金而且导电触片排列如手指状，所以又称为“金手指”。

3.10 集成电路版图设计 Integrated Circuit Mask Design

集成电路版图设计是指将前端设计产生的门级网表通过EDA设计工具进行布局布线和进行物理验证并最终产生供制造用的GDSII数据。

3.11 电路原理图 Electronic circuit diagram

电路原理图是指按照统一的符号用导线将电源、开关（电键）、用电器、电流表、电压表等连接起来组成电路表示的图，是一种反映电子产品和电子设备中各元器件的电气连接情况的图纸。

3.12 PCB Printed Circuit Board

印制电路板是重要的电子部件，是电子元器件的支撑体，是电子元器件电气连接的载体。

3.13 嵌入式系统 Embedded system

嵌入式系统，是以应用为中心，以现代计算机技术为基础，能够根据用户需求（功能、可靠性、成本、体积、功耗、环境等）灵活裁剪软硬件模块的专用计算机系统。

4 对应院校专业

中等职业学校：微电子技术与器件制造、电子与信息技术、电子技术应用、计算机应用、物联网技术应用、电气技术应用、机电技术应用、电子电器应用与维修、电子材料与元器件制造、机电产品检测技术应用等。

高等职业学校：集成电路技术应用、微电子技术、电子信息工程技术、应用电子技术、智能产品开发、智能终端技术与应用、电子产品质量检测、电子电路设计与工艺、电子制造技术与设备、电子测量技术与仪器、电子工艺与管理、物联网应用技术、计算机应用技术、嵌入式技术与应用、通信技术、物联网工程技术等。

应用型本科学校：微电子科学与工程、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、计算机科学与技术、物联网工程等。

5 面向工作岗位（群）

【集成电路开发与测试】(初级): 主要针对集成电路相关科研机构及企事业单位，面向见习工艺工程师、见习设备工程师、见习软件工程师、见习外观检验员、见习测试员、见习生产保障技术员等岗位，从事日常工艺维护、设备的周期性保养、设备维护和简单维修、电子产品装配等基础技术工作。

【集成电路开发与测试】(中级): 主要针对集成电路相关科研机构及企事业单位，面向工艺工程师、设备工程师、软件工程师、外观检验员、测试员、生产保障技术员等岗位，从事常规工艺优化及工艺程序修改、现场设备的安装调试和定期维护、软件程序维护、版图辅助设计、电子产品装调等工作。

【集成电路开发与测试】(高级): 主要针对集成电路相关科研机构及企事业单位，面向工艺工程师、设备工程师、软件工程师、外观检验工程师、测试工程师、生产保障工程师等岗位，从事工艺监控的检测标准制定、工艺参数监控与管理、新的设备调试及导入、软件程序设计、版图设计、电子产品设计等工作。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

集成电路开发与测试职业技能等级分为三个等级：初级、中级、高级，三个级别依次递进，高级别涵盖低级别职业技能要求。

6.2 职业技能等级要求描述

表 1 集成电路开发与测试职业技能等级要求（初级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 晶圆制程	1.1 单晶硅制备	<p>1.1.1 能确认单晶炉的温度参数是否满足拉单晶的要求。</p> <p>1.1.2 能识别单晶硅制备工艺的工艺参数。</p> <p>1.1.3 能按选定的工艺菜单完成单晶硅制备的操作。</p> <p>1.1.4 能识读单晶炉、切割机的运行参数。</p> <p>1.1.5 能根据单晶硅锭确认切割方式。</p> <p>1.1.6 能确认切割机的工艺参数是否满足工艺需求。</p> <p>1.1.7 能根据指导手册完成切割工艺。</p> <p>1.1.8 能够测量单晶硅的导电类型、电阻率等参数。</p> <p>1.1.9 能够判断测量参数是否符合要求。</p> <p>1.1.10 能够判断硅片的厚度等参数能否满足要求。</p> <p>1.1.11 能填写单晶硅制备工艺随件单。</p> <p>1.1.12 能保存单晶硅制备工艺过程形成的电子文档。</p>
	1.2 氧化扩散	<p>1.2.1 能识别氧化扩散工艺相关的材料。</p> <p>1.2.2 能选择氧化扩散的工艺方式。</p> <p>1.2.3 能选择氧化扩散的工艺菜单或工作流程。</p> <p>1.2.4 能完成晶圆的无损、无沾污传送。</p> <p>1.2.5 能按选定的工作菜单或工作流程完成氧化扩散的操作。</p> <p>1.2.6 能核对氧化扩散设备工艺菜单是否满足操作要求。</p> <p>1.2.7 能识读氧化扩散炉的运行参数。</p> <p>1.2.8 能进行氧化扩散的工艺检查。</p> <p>1.2.9 能检测氧化层厚度，目测氧化后介质层颜色是否均匀。</p> <p>1.2.10 能进行氧化扩散后的晶圆外观检查，识别缺陷。</p> <p>1.2.11 能填写氧化扩散工艺随件单。</p> <p>1.2.12 能保存氧化扩散工艺过程形成的电子文档。</p>

工作领域	工作任务	职业技能要求
	1.3 薄膜淀积	1.3.1 能识别薄膜淀积工艺相关的材料。 1.3.2 能选择薄膜淀积的工艺方式和菜单。 1.3.3 能确认薄膜淀积所需材料是否有效。 1.3.4 能识读薄膜淀积设备的运行参数。 1.3.5 能按选定的工作程序完成薄膜淀积工艺操作。 1.3.6 能完成晶圆薄膜淀积过程中的无损、无沾污传送。 1.3.7 能核对薄膜淀积设备工艺菜单是否满足操作指导书要求。 1.3.8 能进行薄膜淀积后的晶圆外观检查,识别缺陷。 1.3.9 能目测薄膜淀积、气相淀积的介质层颜色是否均匀并测量薄膜厚度。 1.3.10 能填写薄膜淀积工艺随件单。 1.3.11 能保存薄膜淀积工艺过程形成的电子文档。
	1.4 光刻	1.4.1 能判断所采用掩膜版是否符合光刻要求。 1.4.2 能根据光刻工艺指导书的要求选择光刻设备的工作菜单。 1.4.3 能识读光刻机的运行参数。 1.4.4 能按选定的工艺菜单或工作流程完成光刻工艺操作。 1.4.5 能完成晶圆的无损、无污染传送。 1.4.6 能识读光刻胶。 1.4.7 能对前一道工序送来的晶圆表面进行目检。 1.4.8 能完成涂胶、显影、光刻后的晶圆外观检查,识别缺陷。 1.4.9 能填写光刻工艺随件单。 1.4.10 能保存光刻工艺过程形成的电子文档。

工作领域	工作任务	职业技能要求
	1.5 刻蚀	<p>1.5.1 能识别需刻蚀的晶圆。</p> <p>1.5.2 能够选择正确的刻蚀方式。</p> <p>1.5.3 能完成刻蚀前的预处理操作。</p> <p>1.5.4 能完成刻蚀后去胶及去掩蔽层等晶圆表面处理工作。</p> <p>1.5.5 能完成晶圆的完整运送。</p> <p>1.5.6 能识读刻蚀设备的运行参数。</p> <p>1.5.7 能监视刻蚀温度、时间等关键因素是否正常。</p> <p>1.5.8 能对刻蚀前后的晶圆表面状况进行目检，识别缺陷。</p> <p>1.5.9 能检查刻蚀掩蔽层的均匀性、完整性。</p> <p>1.5.10 能填写刻蚀工艺随件单。</p> <p>1.5.11 能保存刻蚀工艺过程形成的电子文档。</p>
	1.6 注入	<p>1.6.1 能识别离子注入的晶圆类型。</p> <p>1.6.2 能确认掺杂离子种类是否与工艺要求相符。</p> <p>1.6.3 能确认离子注入的能量等是否满足工艺要求。</p> <p>1.6.4 能根据工艺要求设置工艺参数。</p> <p>1.6.5 能完成晶圆注入过程中的无损、无沾污传送。</p> <p>1.6.6 能识读注入设备的运行参数。</p> <p>1.6.7 能识别注入晶圆的外观质量。</p> <p>1.6.8 能判断注入后晶圆是否存在明显缺陷。</p> <p>1.6.9 能完成注入后的晶圆外观检查，识别缺陷。</p>
2. 晶圆测试	2.1 晶圆检测	<p>2.1.1 能根据测试机操作规范完成测试工艺参数设置。</p> <p>2.1.2 能正确连接测试机、测试卡和探针台。</p> <p>2.1.3 能识读测试机的运行参数。</p> <p>2.1.4 能根据版图设计选择对应的墨管规格。</p> <p>2.1.5 能识读探针台的运行参数。</p> <p>2.1.6 能完成装取片操作。</p>
	2.2 晶圆目检	<p>2.2.1 能使用显微镜对扎针后晶圆进行检查。</p> <p>2.2.2 能判断扎针不合格情况。</p> <p>2.2.3 能使用显微镜对打点后晶圆进行检查。</p> <p>2.2.4 能判断打点不合格情况。</p> <p>2.2.5 能填写晶圆检测工艺随件单。</p> <p>2.2.6 能保存晶圆检测工艺过程形成的电子文档。</p>

工作领域	工作任务	职业技能要求
3. 集成电路封装	3.1 晶圆划片	3.1.1 能识读划片操作要求, 识别待划片的晶圆。 3.1.2 能正确启动与关闭划片机。 3.1.3 能完成划片机的上下料操作。 3.1.4 能识别并调用划片机的工艺菜单。 3.1.5 能完成划片机的常规检查。 3.1.6 能完成划片机的自检操作。 3.1.7 能完成划片机各部件的日常调整与保养。 3.1.8 能判断划片深度及划片步进是否达到操作要求。 3.1.9 能检查划片质量, 判断是否有崩边、划伤等不合格情况。
	3.2 芯片粘接与键合	3.2.1 能识读装片操作要求, 识别装片操作的原材料。 3.2.2 能正确启动与关闭装片机和引线键合机。 3.2.3 能完成装片机和引线键合机的上下料操作, 能够正确读取工艺随件单上的芯片型号、批号、封装材料、机台编号等信息。 3.2.4 能识别并调用装片机的工艺菜单。 3.2.5 能识读引线键合操作要求, 识别引线键合操作的原材料。 3.2.6 能识别并调用引线键合机的工艺菜单。 3.2.7 能完成装片机和引线键合机的常规检查。 3.2.8 能完成装片机和引线键合机的自检操作。 3.2.9 能够完成氢气管道泄漏检测。 3.2.10 能完成装片机和引线键合机的日常清理工作。 3.2.11 能完成装片机和引线键合机各部件的日常调整与保养。 3.2.12 能检查粘接质量, 判断是否有粘偏、焊接不牢固、溢胶、打点芯片误焊接等不合格情况。 3.2.13 能检查键合质量, 判断是否有漏键、断裂、弹坑等不合格情况。 3.2.14 能对键合操作的对准情况进行判断。 3.2.15 能够进行键合拉力实验。

工作领域	工作任务	职业技能要求
	3.3 塑料封装	<p>3.3.1 能识读注塑操作要求,识别注塑操作的原材料。</p> <p>3.3.2 能够完成塑封料的预热、填充工作。</p> <p>3.3.3 能正确启动与关闭注塑机。</p> <p>3.3.4 能完成注塑机的上下料操作。</p> <p>3.3.5 能识别并调用注塑机的工艺菜单。</p> <p>3.3.6 能完成注塑模具的常规检查。</p> <p>3.3.7 能完成注塑机的自检操作。</p> <p>3.3.8 能完成注塑机的日常清理工作。</p> <p>3.3.9 能完成注塑机各部件的日常调整与保养。</p> <p>3.3.10 能检查塑封质量,判断是否有塑封缺损、划痕、气孔等不合格情况。</p> <p>3.3.11 能判断飞边毛刺长度是否超出标准。</p>
	3.4 切筋成型	<p>3.4.1 能识读切筋操作要求,识别切筋成型的原材料。</p> <p>3.4.2 能正确启动与关闭切筋机。</p> <p>3.4.3 能完成切筋机的上下料操作,能够正确读取工艺随件单上的芯片型号、批号、封装材料、机台编号等信息。</p> <p>3.4.4 能识别并调用切筋机的工艺菜单。</p> <p>3.4.5 能完成切筋模具的常规检查。</p> <p>3.4.6 能完成切筋机的自检操作。</p> <p>3.4.7 能完成切筋机的日常清理工作。</p> <p>3.4.8 能完成切筋机各部件的日常调整与保养。</p> <p>3.4.9 能检查切筋成型质量,判断是否有断脚、歪曲等不合格情况。</p> <p>3.4.10 能检查芯片储存容器质量,判断料管、料盘或包装袋等是否有破损。</p>
4. 集成电路测试	4.1 芯片检测	<p>4.1.1 能正确开启或关闭测试机。</p> <p>4.1.2 能识读测试程序。</p> <p>4.1.3 能完成调用测试程序。</p> <p>4.1.4 能辨别重力式分选机、平移式分选机和重力式分选机。</p> <p>4.1.5 能正确开启或关闭分选机。</p> <p>4.1.6 能完成分选机的上料和下料操作。</p>
	4.2 芯片目检	<p>4.2.1 能区分不同封装形式的芯片。</p> <p>4.2.2 能识读芯片检测随件单。</p> <p>4.2.3 能判断芯片成品的不合格情况。</p> <p>4.2.4 能正确选择抽真空的铝箔袋型号。</p> <p>4.2.5 能完成料管、料盘和编带包装的芯片的抽真空操作。</p>

工作领域	工作任务	职业技能要求
5. 集成电路应用	5.1 电子电路元器件辨识	5.1.1 能正确识读电阻、电容、电感的参数。 5.1.2 能正确选择电阻、电容、电感等常用元器件。 5.1.3 能正确区分二极管、三极管、场效应管等半导体元器件。 5.1.4 能识别二极管、三极管、场效应管的型号、参数和封装。 5.1.5 能识读元器件参数手册。 5.1.6 能正确识别元器件,并准确进行物料的分拣和分类。 5.1.7 能识读集成电路参数手册。 5.1.8 能正确区分 SOP、DIP 等集成电路常见封装。 5.1.9 能根据集成电路的外形辨识其封装形式。 5.1.10 能正确分析常用数字集成电路逻辑特性。 5.1.11 能准确区分常用数字集成电路。 5.1.12 能准确区分集成运算放大器和功率放大器。 5.1.13 能正确识别常见电源及驱动等类型模拟集成电路。
	5.2 电子电路识图	5.2.1 能根据符号正确识别元器件类型。 5.2.2 能通过电路原理图准确识读元器件型号、参数等信息。 5.2.3 能了解电子电路的基本组成。 5.2.4 能正确识读电子电路原理图。 5.2.5 能区分 DIP 直插式和 SMD 贴片式封装。 5.2.6 能识读元器件封装的尺寸数据。 5.2.7 能根据元器件封装特征区分不同元器件。 5.2.8 能准确识读元器件的连接方法。 5.2.9 能正确识读电子电路外形尺寸数据。
	5.3 电子电路焊接	5.3.1 能正确识别位号图中的元器件属性。 5.3.2 能正确识读元器件连接方法。 5.3.3 能根据图纸列出元件清单。 5.3.4 能根据 BOM 表准备物料。 5.3.5 能准确进行物料的分类。 5.3.6 能根据被焊物选择焊接工具。 5.3.7 能正确设置焊接温度。 5.3.8 能根据原理图和位号图进行电子电路焊接与装配。

工作领域	工作任务	职业技能要求
		5.3.9 能够利用肉眼进行焊接质量的检查。 5.3.10 能够利用万用表进行焊接质量的检查。
	5.4 电子产品装配调试	5.4.1 能正确识读接线端子的连接方式。 5.4.2 能正确识读尺寸数据,确定电子产品结构。 5.4.3 能准备装配用工具和相关材料。 5.4.4 能根据产品结构图进行电子产品装配。 5.4.5 能正确选择测量仪器仪表。 5.4.6 会使用万用表、信号发生器、示波器等仪器仪表。 5.4.7 能选择正确的程序下载工具下载单片机程序。 5.4.8 能正确使用程序下载工具进行单片机程序的装载。 5.4.9 能正确搭建测试环境。 5.4.10 能正确读取测试点的测量数据。 5.4.11 能正确记录测量数据。 5.4.12 能根据测量数据判断电子产品性能好坏。

表 2 集成电路开发与测试职业技能等级要求（中级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 版图辅助设计	1.1 版图提取	1.1.1 能利用工业显微镜分析集成电路版图的平面图。 1.1.2 能识读常见集成电路工艺剖面图。 1.1.3 能识读常见集成电路版图。 1.1.4 能进行常用集成电路设计工具的初始化设置。 1.1.5 能利用常用集成电路设计工具进行集成电路版图逻辑分析。 1.1.6 能利用常用集成电路设计工具进行常见集成电路版图设计。
	1.2 逻辑电路版图绘图	1.2.1 能正确区分集成电路中各类电阻和电容。 1.2.2 能进行集成电路中电阻和电容的设计。 1.2.3 能正确绘制电阻、电容、二极管、三极管、MOS 场效应管等常用元器件。 1.2.4 能利用基本元器件进行简单逻辑电路搭建。 1.2.5 能利用集成电路设计工具进行简单逻辑电路的连线及电路图绘制。 1.2.6 能正确完成仿真环境的初始化设置。

工作领域	工作任务	职业技能要求
		1.2.7 能正确分析仿真逻辑结果。 1.2.8 能正确设置版图的设计规则。 1.2.9 能正确建立版图文件。 1.2.10 能正确绘制集成电路版图。
2. 晶圆制程	2.1 单晶硅制备	2.1.1 能够利用直拉、区熔的方法生长晶体。 2.1.2 能够利用不同掺杂物质对应生成的单晶硅锭。 2.1.3 能够设置单晶炉运行条件。 2.1.4 能进行单晶硅锭的质量评估。 2.1.5 能够根据单晶硅锭的直径选择对应的切割方式。 2.1.6 能够操作多线切割设备进行切割作业。 2.1.7 能检验硅片的切割质量。 2.1.8 能够进行单晶硅锭切割的标准化操作。 2.1.9 能熟悉单晶炉、切割机的日常保养规范。 2.1.10 能够对单晶炉、切割机的电气线路及机械结构进行保养。 2.1.11 能够检查单晶炉、切割机设备的运行状态是否良好。 2.1.12 能够判断运行过程发生的故障现象。
	2.2 氧化扩散	2.2.1 能够根据工艺设置氧化扩散炉的工作温度范围。 2.2.2 能根据晶圆的状态及工艺要求完成氧化、扩散工艺操作。 2.2.3 能根据要求的氧化层厚度估算氧化所需要的工艺时间。 2.2.4 能进行氧化层的均匀性检测。 2.2.5 能完成晶圆表面缺陷或沾污的镜检并判断是否合格。 2.2.6 能通过以往工艺数据统计或控制图判断目前的氧化扩散工艺是否受控。 2.2.7 能识读氧化、扩散工艺统计过程数据或控制图。 2.2.8 能进行氧化扩散炉设备的日常保养。 2.2.9 能够对氧化扩散设备的电气线路及机械结构进行保养。 2.2.10 能够检查氧化扩散设备的运行状态是否良好。 2.2.11 能够判断运行过程发生的故障现象。

工作领域	工作任务	职业技能要求
	2.3 薄膜淀积	2.3.1 能根据工艺条件确定淀积介质的致密程度。 2.3.2 能确认薄膜淀积的工艺温度及淀积设备是否满足工艺需求。 2.3.3 能根据淀积的介质层厚度要求估算淀积工艺所需的时间。 2.3.4 能根据晶圆放入类型选择薄膜淀积的方式。 2.3.5 能检测薄膜淀积介质层厚度即均匀性。 2.3.6 能检测介质层厚度的质量问题。 2.3.7 能对以往的工艺记录数据进行分析判断以便为目前淀积工艺条件的确定提供参考。 2.3.8 能通过以往工艺数据统计或控制图判断目前的薄膜淀积工艺是否受控。 2.3.9 能够完成不同类型的薄膜淀积设备的操作。 2.3.10 能对淀积设备进行日常维护。 2.3.11 能够检查薄膜淀积设备的运行状态是否良好。 2.3.12 能够判断运行过程发生的故障现象。
	2.4 光刻	2.4.1 能根据不同类型的光刻胶与工艺要求判断涂胶后的光刻胶厚度范围。 2.4.2 能确认显影液类型工艺温度是否符合要求。 2.4.3 能确认光刻工艺要求的关键参数。 2.4.4 能完成不同类型光刻胶、不同类型晶圆的的光刻操作。 2.4.5 根据设备、晶圆及光刻胶等状况确认工艺参数。 2.4.6 能根据不同的光刻方式及工艺要求选择对应的光刻胶、掩模版。 2.4.7 能完成光刻工艺各工序的质量检查。 2.4.8 能镜检光刻后的各工序是否满足工艺要求。 2.4.9 能对以往的光刻工艺记录数据进行分析判断。 2.4.10 能排除光刻机传输系统常见故障。 2.4.11 能够判断光刻机的异常情况。 2.4.12 能够排除光刻机的常见故障。
	2.5 刻蚀	2.5.1 能根据不同的要求来确定相应的刻蚀方式。 2.5.2 能确定清洗、刻蚀功率、真空度、气体

工作领域	工作任务	职业技能要求
		<p>组份与流量是否满足工艺要求。</p> <p>2.5.3 能根据掩蔽层厚度、刻蚀选择比和刻蚀深度等要求确定掩蔽层是否满足刻蚀要求。</p> <p>2.5.4 能核实工艺菜单或工作流程是否满足刻蚀要求。</p> <p>2.5.5 能够检查刻蚀前后线条的变化。</p> <p>2.5.6 能镜检刻蚀后的图形尺寸及形貌是否满足工艺要求。</p> <p>2.5.7 能对以往的刻蚀工艺记录数据进行分析判断以便为目前刻蚀工艺条件的确定提供参考。</p> <p>2.5.8 能通过以往数据或控制图判断目前的刻蚀工艺是否受控。</p> <p>2.5.9 能够进行不同刻蚀设备的保养。</p> <p>2.5.10 熟悉刻蚀机电气线路及机械结构的保养。</p> <p>2.5.11 能够对刻蚀设备进行开机前后的检查。</p> <p>2.5.12 能够判断运行过程发生的故障现象。</p>
	2.6 注入	<p>2.6.1 能根据晶圆大小和注入要求确认注入方式。</p> <p>2.6.2 能根据工艺参数要求确定注入操作时注入机的真空度等设备运行参数。</p> <p>2.6.3 能监测注入过程中束流大小与变化。</p> <p>2.6.4 能根据注入情况及离子注入机的性能确定离子注入的参数。</p> <p>2.6.5 能判断不同杂质离子注入能量等条件是否与工艺要求相符。</p> <p>2.6.6 能镜检注入后的晶圆图形是否沾污、变形，是否有破坏点或破坏区域。</p> <p>2.6.7 能对以往的记录数据进行分析判断以便为目前离子注入条件的确定提供参考。</p> <p>2.6.8 能通过数据或控制图判断目前的注入工艺是否受控。</p> <p>2.6.9 能够对注入设备进行维护。</p> <p>2.6.10 能够对工装夹具进行维护。</p> <p>2.6.11 能够进行离子注入设备的点检。</p> <p>2.6.12 能够判断运行过程发生的故障现象。</p>

工作领域	工作任务	职业技能要求
3. 晶圆测试	3.1 晶圆检测	<p>3.1.1 能掌握测试机、探针台的程序加载及参数设置。</p> <p>3.1.2 能够根据要求加载测试、打点程序。</p> <p>3.1.3 能够根据测试要求更换针卡。</p> <p>3.1.4 能够更换不同的针卡。</p> <p>3.1.5 能够对测试机和探针台进行日常保养。</p> <p>3.1.6 能够进行测试机、探针台设备的异常维修。</p> <p>3.1.7 能进行测试针卡的焊接和维护保养。</p> <p>3.1.8 能进行针卡的更换。</p>
	3.2 晶圆目检	<p>3.2.1 能对打点使用的墨盒进行灌墨操作。</p> <p>3.2.2 能判断扎针不合格的情况。</p> <p>3.2.3 能根据晶粒的大小选择合适的打点墨盒。</p> <p>3.2.4 能熟练操作探针台打点参数设置。</p> <p>3.2.5 能熟练操作目检的晶圆进行墨点烘烤。</p>
4. 集成电路封装	4.1 晶圆划片	<p>4.1.1 能识读减薄机参数。</p> <p>4.1.2 能判别晶圆的减薄尺寸设置是否符合工艺要求。</p> <p>4.1.3 能完成晶圆的减薄工艺操作。</p> <p>4.1.4 能够判断减薄机运行过程发生的故障现象。</p> <p>4.1.5 熟悉减薄机日常保养。</p> <p>4.1.6 能完成贴膜盘的清理工作。</p> <p>4.1.7 能完成晶圆划片前的贴膜操作。</p> <p>4.1.8 能识读划片机参数。</p> <p>4.1.9 能判别晶圆切割步进的设置是否符合工艺要求。</p> <p>4.1.10 能完成晶圆的划片工艺操作。</p> <p>4.1.11 能够判断划片机运行过程发生的故障现象。</p> <p>4.1.12 熟悉划片机日常保养。</p>
	4.2 芯片粘接与键合	<p>4.2.1 能根据晶粒座的大小选择点胶头尺寸。</p> <p>4.2.2 能识读装片机和键合机参数。</p> <p>4.2.3 能完成芯片粘接工艺操作,能检查本工序材料是否符合要求。</p> <p>4.2.4 能够判断装片机运行过程发生的故障现象。</p> <p>4.2.5 能识别芯片电路图。</p> <p>4.2.6 能根据工艺要求选择键合线的材料与线径。</p> <p>4.2.7 能完成引线键合工艺操作,能检查本工序材料是否符合要求。</p>

工作领域	工作任务	职业技能要求
		4.2.8 能够判断键合机运行过程发生的故障现象。
	4.3 塑料封装	4.3.1 能根据要求的封装外形，选择注塑模具。 4.3.2 能完成塑封料的预热操作。 4.3.3 能识读注塑机参数。 4.3.4 能正确放置模具和塑封料。 4.3.5 能够判断塑封机运行过程发生的故障现象。 4.3.6 能完成注塑机常规保养。 4.3.7 能正确调用打标文件并进行文本编辑。 4.3.8 能完成激光打字工艺操作。 4.3.9 能判断飞边毛刺现象。 4.3.10 能完成去飞边、去溢料操作。 4.3.11 能根据封装的不同外形，选择不同的芯片引脚电镀方式。 4.3.12 能识读电镀设备参数。 4.3.13 能完成电镀工艺操作。
	4.4 切筋成型	4.4.1 能检查判断塑封体缺损、引脚断裂、镀锡漏铜等不合格情况，并进行剔除。 4.4.2 能调整引线框架不平整的部分，并完成上料盒装料。 4.4.3 能根据管脚成型要求选择切筋模具。 4.4.4 能识读切筋机的参数。 4.4.5 能完成切筋成型工艺操作，并检查本工序材料是否符合要求。 4.4.6 能识别切筋机故障报警。 4.4.7 能完成切筋机和切筋模具的故障排除。 4.4.8 能完成切筋机常规保养。
5. 集成电路测试	5.1 芯片检测	5.1.1 能正确连接测试卡、测试机和分选机。 5.1.2 能修改测试程序，完善测试方案。 5.1.3 能设置测试机软硬件参数并与分选机联调。 5.1.4 能完成重力式、平移式和转塔式分选机分选BIN的设置。 5.1.5 能完成重力式、平移式和转塔式分选机测试夹具的更换及调试。 5.1.6 能识别测试机和分选机故障报警。 5.1.7 能完成测试机和分选机故障排除。 5.1.8 能完成测试机和分选机的常规保养。
	5.2 芯片编带	5.2.1 能正确判断需要编带的封装芯片。 5.2.2 能识读编带机的参数。 5.2.3 能完成编带操作，并检查本工序材料是

工作领域	工作任务	职业技能要求
		<p>否符合要求。</p> <p>5.2.4 能识别编带机故障报警。</p> <p>5.2.5 能完成编带机故障排除。</p> <p>5.2.6 能完成编带机常规保养。</p>
	5.3 芯片目检	<p>5.3.1 能正确完成料管、料盘和编带包装的芯片外观检查操作，并替换不合格芯片。</p> <p>5.3.2 能完成拼零操作。</p> <p>5.3.3 能判断产品是否需要真空包装。</p> <p>5.3.4 能正确使用抽真空机完成抽真空操作。</p> <p>5.3.5 能正确完成贴标签操作。</p> <p>5.3.6 能对抽真空机进行故障排除操作。</p>
6. 集成电路应用	6.1 电子电路设计与制作	<p>6.1.1 能通过技术手册了解集成电路技术参数。</p> <p>6.1.2 能应用常见数字、模拟、数模转换、模数转换、驱动等集成电路进行电路设计。</p> <p>6.1.3 能熟练进行原理图电气规则设置。</p> <p>6.1.4 能根据电路要求创建、调用原理图库。</p> <p>6.1.5 能根据需要绘制原理图库元件。</p> <p>6.1.6 能熟练绘制复杂电子电路原理图。</p> <p>6.1.7 能正确识别常见集成电路封装形式。</p> <p>6.1.8 能熟练进行元件 PCB 封装的绘制。</p> <p>6.1.9 能根据原理图生成 BOM 表。</p> <p>6.1.10 能根据原理图进行 PCB 布局与布线。</p> <p>6.1.11 能导出加工文件，编写加工工艺要求文档。</p> <p>6.1.12 能熟练使用万用表、示波器等仪器仪表进行元器件参数的测量。</p> <p>6.1.13 能进行复杂电子电路的焊接、排故及调试。</p>
	6.2 嵌入式系统程序调试	<p>6.2.1 能区分不同型号的单片。</p> <p>6.2.2 能有效应用单片机硬件资源。</p> <p>6.2.3 能查阅单片机技术手册。</p> <p>6.2.4 能根据不同单片机需求进行编程环境的搭建。</p> <p>6.2.5 能根据产品功能要求进行软件功能分析。</p> <p>6.2.6 能根据产品功能绘制软件流程图。</p> <p>6.2.7 能分析嵌入式系统程序功能。</p> <p>6.2.8 能编制代码，调试完善系统功能。</p>
	6.3 智能电子产品装配	<p>6.3.1 能进行电阻、电容、电感等电子元件的性能检测。</p> <p>6.3.2 能进行集成电路的基本性能参数检测。</p> <p>6.3.3 能识读智能电子产品装配图。</p>

工作领域	工作任务	职业技能要求
		6.3.4 能按照图纸进行智能电子产品的装配。 6.3.5 能进行智能电子产品性能测试。 6.3.6 能进行智能电子产品故障排查。

表 3 集成电路开发与测试职业技能等级要求（高级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 版图设计	1.1 逻辑电路版图设计	1.1.1 能利用基本元器件进行逻辑电路设计。 1.1.2 能利用集成电路设计工具进行电路图优化。 1.1.3 能根据仿真运行错误信息修正设计方案。 1.1.4 能根据逻辑原理图正确建立版图文件。 1.1.5 能根据逻辑原理图正确设计版图的层次。 1.1.6 能根据逻辑原理图进行元器件的摆放和电路布局布线。 1.1.7 能进行逻辑电路版图的优化。
	1.2 设计版图提取与物理验证	1.2.1 能定义版图提取规则。 1.2.2 能根据版图提取规则正确进行版图提取 EXT。 1.2.3 能使用常用版图验证工具进行版图设计规则验证 DRC。 1.2.4 能正确进行电路版图对比 LVS。
2. 晶圆制程	2.1 单晶硅制备	2.1.1 掌握热系统的安装与对中、热场的调整。 2.1.2 掌握直拉、区熔的晶体生长方法。 2.1.3 掌握如何设置单晶炉运行条件。 2.1.4 掌握单晶生长的标准流程。 2.1.5 掌握如何进行多线切割和内圆切割。 2.1.6 掌握如何根据设备性能优化工艺参数。 2.1.7 掌握如何正确的切割单晶硅棒。 2.1.8 掌握影响切割质量的因素条件。 2.1.9 掌握拆装单晶炉、切割机的工序步骤。 2.1.10 能够根据单晶硅锭的质检情况分析设备原因。 2.1.11 能够正确处理单晶炉、切割机的设备异常。 2.1.12 能够正确处理单晶硅制备的工艺异常。
	2.2 氧化扩散	2.2.1 能根据掺杂浓度与结深的要求选择氧化、扩散工艺条件。 2.2.2 能根据芯片结构设计及参数等要求确

工作领域	工作任务	职业技能要求
		定氧化、扩散工艺条件。 2.2.3 能完成新型的氧化扩散方式的工艺操作。 2.2.4 能对氧化扩散工艺的改进提出建议。 2.2.5 能基本看懂芯片设计的参数指标。 2.2.6 掌握如何根据芯片设计优化氧化扩散的质量要求。 2.2.7 能根据芯片检测结果判断氧化扩散炉温、气体流量等是否正常。 2.2.8 能给出更换杂质源后的扩散验证结果并确认其是否满足工艺要求。 2.2.9 能对完成氧化扩散的晶圆进行质量分析，并根据氧化扩散的结果进行参数调整。 2.2.10 能判断扩散及介质层是否存在缺陷或结深是否满足要求。 2.2.11 能处理设备故障情况并对故障产生的原因进行分析。 2.2.12 能根据芯片检测结果判断氧化扩散设备是否正常。
	2.3 薄膜淀积	2.3.1 能根据不同薄膜淀积介质层的生长操作调整参数设置。 2.3.2 能根据芯片结构设计及参数等要求确定薄膜淀积工艺条件。 2.3.3 能解决薄膜淀积过程中出现的工艺与质量问题或提出解决问题的方案与建议。 2.3.4 能完成新结构器件的薄膜淀积工作并跟踪结果反馈进行工艺调整。 2.3.5 能检查介质层回流是否满足工艺要求。 2.3.6 杂质含量与回流温度是否满足工艺条件。 2.3.7 能定量检测采用新薄膜淀积技术后的介质层质量。 2.3.8 能对薄膜淀积后介质层可能存在的孔洞大小进行判断。 2.3.9 能够根据检测结果判断薄膜淀积工艺缺陷。 2.3.10 能够迅速判断薄膜淀积设备有无故障隐患。 2.3.11 能完成薄膜淀积设备的故障维修及点检。 2.3.12 能完成薄膜淀积设备腔体的清洗与设备状态恢复工作。

工作领域	工作任务	职业技能要求
	2.4 光刻	2.4.1 能根据版图结构设计及工艺现状等要求确定光刻工艺条件。 2.4.2 能完成新结构器件的光刻工作并根据光刻结果对参数进行调整。 2.4.3 能优化调整选用光刻胶等材料的品种与类型。 2.4.4 能对光刻设备改造、采购预验收提出操作类建议。 2.4.5 能判断多层光刻胶形貌结构是否满足工艺要求。 2.4.6 能发现光刻工艺统计数据或控制图的异常。 2.4.7 能够分析光刻操作过程中的质量问题并对暂时无法解决的问题进行跟踪。 2.4.8 能够核实光刻工艺的质量问题, 根据需求状况提出光刻工艺能力提升的建议。 2.4.9 能够根据检测结果判断光刻工艺缺陷。 2.4.10 能够迅速判断光刻设备有无故障隐患。 2.4.11 能完成光刻设备的故障维修及点检。 2.4.12 能完成光刻设备状态恢复工作。
	2.5 刻蚀	2.5.1 能根据刻蚀深度、刻蚀台阶形貌、刻蚀损伤等要求确定刻蚀设备及刻蚀工艺条件。 2.5.2 能根据版图结构、掩膜层性质及工艺现状等要求选择刻蚀方法。 2.5.3 能完成新结构芯片的刻蚀操作并根据结果反馈改进刻蚀工艺。 2.5.4 能解决刻蚀残留、刻蚀钻蚀、刻蚀均匀性差等工艺质量问题。 2.5.5 能够判断刻蚀工艺是否满足加工要求。 2.5.6 能够控制各项同性、各项异性的刻蚀, 并能判断是否满足工艺要求。 2.5.7 能够根据统计数据或控制图发现工艺的变异并分析产生原因。 2.5.8 能分析刻蚀操作过程中出现的质量问题并跟踪暂时无法解决的问题。 2.5.9 能够根据检测结果判断刻蚀工艺缺陷。 2.5.10 能够迅速判断刻蚀设备有无故障隐患。 2.5.11 能完成刻蚀设备的故障维修及点检。 2.5.12 能完成刻蚀设备状态恢复工作。

工作领域	工作任务	职业技能要求
	2.6 注入	2.6.1 能根据芯片结构设计及参数等要求确定离子注入工艺条件。 2.6.2 能完成离子注入的安全操作与工艺状态的确认。 2.6.3 能对离子注入改进提出建议。 2.6.4 能解决离子注入操作过程中出现的工艺及质量问题或对问题的解决提出方案与建议。 2.6.5 能判断芯片设计与离子注入工艺能力是否相符。 2.6.6 能确认离子注入晶圆的角度是否满足加工要求。 2.6.7 能实现不同形貌杂质分布的离子注入。 2.6.8 能进行离子注入工艺控制参数的检测并分析判断工艺条件是否达到设计要求。 2.6.9 能根据统计数据或控制图发现过程变异并分析产生变异的主要原因。 2.6.10 能够根据检测结果判断注入工艺缺陷。 2.6.11 能够迅速判断注入设备有无故障隐患。 2.6.12 能完成注入设备的故障维修及点检。 2.6.13 能完成注入设备状态恢复工作。
3. 晶圆测试	3.1 晶圆检测	3.1.1 能够根据晶圆进行针对性测试程序的编制。 3.1.2 能够进行测试程序的调试。 3.1.3 能够进行测试板卡设计。 3.1.4 能够进行测试针卡的调试。 3.1.5 能够根据测试结果判断测试环节缺陷。 3.1.6 能够迅速判断测试机和探针台有无故障缺陷的能力。 3.1.7 能够迅速判断针卡有无问题。
	3.2 晶圆目检	3.2.1 能对墨点不合格的晶圆进行清洗。 3.2.2 能根据晶圆上的不良针印修复对应测试针卡的能力。 3.2.3 能对打点不合格晶圆修复的能力。 3.2.4 能够根据测试结果判断测试环节缺陷。 3.2.5 能够根据测试或打点情况判断测试或打点缺陷。
4. 集成电路封装	4.1 晶圆划片	4.1.1 能正确设置晶圆的减薄尺寸和切割步进。 4.1.2 能分析减薄不良情况产生原因, 并做调

工作领域	工作任务	职业技能要求
		整。 4.1.3 能提出减薄和划片的工艺技术的改进建议。 4.1.4 能分析减薄机、划片机的故障原因。 4.1.5 能完成减薄机和划片机的故障的维修与硬件装调。 4.1.6 能完成划片机的对刀操作。 4.1.7 能分析划片不良情况产生原因, 并做调整。 4.1.8 能编写工艺随件单。
	4.2 芯片粘接与键合	4.2.1 能正确安装点胶头。 4.2.2 能正确设置装片机参数。 4.2.3 能分析粘接不良情况产生原因, 并做调整。 4.2.4 能提出芯片粘接工艺技术的改进建议。 4.2.5 能分析装片机和键合机的故障原因。 4.2.6 能完成装片机和键合机故障的维修与硬件装调。 4.2.7 能正确安装键合金属线。 4.2.8 能正确设置引线键合机参数。 4.2.9 能分析键合不良情况产生原因, 并做调整。 4.2.10 能提出引线键合工艺技术的改进建议。
	4.3 塑料封装	4.3.1 能正确设置注塑机参数。 4.3.2 能分析塑封不良情况产生原因, 并做调整。 4.3.3 能提出塑封工艺技术的改进建议。 4.3.4 能分析注塑机故障原因。 4.3.5 能完成注塑机和注塑模具故障的维修与硬件装调。 4.3.6 能正确设置激光打字机参数。 4.3.7 能分析打标不良情况产生原因, 并做调整。 4.3.8 能提出激光打字工艺技术的改进建议。 4.3.9 能分析飞边产生的原因, 减少飞边产生。 4.3.10 能提出去飞边工艺技术的改进建议。 4.3.11 能正确设置电镀设备参数。 4.3.12 能分析电镀不良情况产生原因, 并做调整。 4.3.13 能提出电镀工艺技术的改进建议。
	4.4 切筋成型	4.4.1 能正确安装切筋成型模具。

工作领域	工作任务	职业技能要求
		<p>4.4.2 能正确设置切筋机参数。</p> <p>4.4.3 能分析切筋成型不良情况产生原因, 并做调整。</p> <p>4.4.4 能提出切筋成型工艺技术的改进建议。</p> <p>4.4.5 能分析切筋机故障原因。</p> <p>4.4.6 能完成切筋机和切筋模具故障的维修与硬件装调。</p>
5. 集成电路测试	5.1 芯片检测	<p>5.1.1 能分析测试卡的故障原因、并进行维修和调试。</p> <p>5.1.2 能设计测试卡。</p> <p>5.1.3 能编写测试程序、定制测试方案。</p> <p>5.1.4 能完成测试机故障的维修与硬件装调。</p> <p>5.1.5 能正确设置重力式、平移式和转塔式分选机参数并优化。</p> <p>5.1.6 能分析测试良率低的原因, 并做调整。</p> <p>5.1.7 能设计重力式、平移式和转塔式分选机对应的测试夹具。</p> <p>5.1.8 能分析测试机和分选机故障原因。</p> <p>5.1.9 能完成测试机和分选机故障的维修与硬件装调。</p>
	5.2 芯片编带	<p>5.2.1 能正确设置编带机参数并优化。</p> <p>5.2.2 能分析编带良率低的原因, 并做调整。</p> <p>5.2.3 能定制编带方案。</p> <p>5.2.4 能分析编带机故障原因。</p> <p>5.2.5 能完成编带机故障的维修与硬件装调。</p>
	5.3 芯片目检	<p>5.3.1 能对检查不合格的芯片进行修复, 无法修复的进行报废处理。</p> <p>5.3.2 能完成外观检查时芯片信息的调取与录入。</p> <p>5.3.3 能对外检工艺提出改进意见。</p> <p>5.3.4 能正确设置抽真空机参数并优化。</p> <p>5.3.5 能分析包装不良情况产生原因, 并做调整。</p> <p>5.3.6 能分析抽真空机故障原因。</p> <p>5.3.7 能完成抽真空机故障的维修与硬件装调。</p>
6. 集成电路应用	6.1 智能电子产品硬件设计与制作	<p>6.1.1 能根据功能要求和参数要求正确选择集成电路。</p> <p>6.1.2 能应用数字集成电路、模拟集成电路、模数混合集成电路实现智能电子产品硬件设计。</p> <p>6.1.3 能正确识别 QFP、QFN 等特殊集成电路</p>

工作领域	工作任务	职业技能要求
		封装。 6.1.4 能根据特殊集成电路封装进行细间距、高密度、高速及高工作频率等高性能 PCB 布局与布线。 6.1.5 能进行简单智能电子产品外观设计。 6.1.6 能进行智能电子产品装配结构设计。 6.1.7 能编制智能电子产品生产工艺流程图。 6.1.8 能编制智能电子产品生产质量管理流程图。
	6.2 嵌入式系统程序设计	6.2.1 能进行复杂嵌入式系统程序结构分析。 6.2.2 能拆分功能模块程序代码。 6.2.3 能按照功能要求进行代码的编写。 6.2.4 能按照功能要求进行程序调试。 6.2.5 能根据系统功能编制软件测试流程。 6.2.6 能熟练进行系统软件功能测试。 6.2.7 能进行系统软件优化设计。 6.2.8 能进行系统软件优化效果比较。
	6.3 智能电子产品成品设计	6.3.1 能进行智能电子产品的硬件调试。 6.3.2 能进行智能电子产品的软件调试。 6.3.3 能进行智能电子产品的软硬件联调。 6.3.4 能排除智能电子产品软硬件联合调试中出现的故障。 6.3.5 能撰写智能电子产品调试报告。 6.3.6 能正确读取产品性能参数。 6.3.7 能根据故障原因进行智能电子产品设计方案的优化。 6.3.8 能正确进行智能电子产品性能评测。 6.3.9 能根据功能要求和性能参数对电子产品设计方案进行优化。

参考文献

- [1] 中等职业学校专业目录（征求意见稿）
- [2] 《中等职业学校专业目录》增补专业
- [3] 普通高等学校高等职业教育（专科）专业目录及专业简介（截至2019年）
- [4] 普通高等学校本科专业目录（2012年）
- [5] 中等职业学校专业教学标准（试行）
- [6] 高等职业学校专业教学标准（2019年）
- [7] 本科专业类教学质量国家标准
- [8] 2019年全国职业院校技能大赛 GZ-2019020集成电路开发及应用赛项规程
- [9] 国家职业技能标准编制技术规程（2018年版）
- [10] 中华人民共和国职业分类大典
- [11] 战略性新兴产业分类（2018）
- [12] 国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见，国办发〔2017〕95号
- [13] GB/T 4754-2017 国民经济行业分类
- [14] GB/T 1.1-2009 标准化工作导则
- [15] GZB 6-25-02-05 国家职业技能标准 半导体芯片制造工
- [16] GZB 6-25-02-06 国家职业技能标准 半导体分立器件和集成电路装调工（2018版）
- [17] GB/T 4377-2018 半导体集成电路 电压调整器测试方法
- [18] GB/T 14028-2018 半导体集成电路 模拟开关测试方法
- [19] GB/T 15876-2015 半导体集成电路 塑料四面引线扁平封装引线框架规范

[20] JJG 1015-2006 通用数字集成电路测试系统检定规程

[21] SJ/T 11702-2018 半导体集成电路 串行外设接口测试方法

[22] SJ/T10152-1991 集成电路主要工艺设备术语

[23] SJ/Z 11354-2006 集成电路模拟/混合信号IP核规范