

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51198 – 2016

微组装生产线工艺设计规范

Code for micro-assembling production line process design

2016 – 10 – 25 发布

2017 – 07 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1347 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《微组装生产线工艺设计规范》的公告

现批准《微组装生产线工艺设计规范》为国家标准,编号为 GB/T 51198—2016,自 2017 年 7 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 10 月 25 日

前 言

本规范是根据住房城乡建设部《关于印发〈2012 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2012〕5 号)的要求,由工业和信息化部电子工业标准化研究院电子工程标准定额站和中国电子科技集团公司第二研究所会同有关单位共同编制完成。

本规范在编制过程中,编制组在调查研究的基础上,总结国内实践经验、吸收近年来的科研成果、借鉴符合我国国情的国外先进经验,并广泛征求了国内有关设计、生产、研究等单位的意见,最后经审查定稿。

本规范共分 6 章和 1 个附录,主要内容包括:总则、术语、微组装基本工艺、工艺设备配置、工艺设计、厂房设施及环境等。

本规范由住房城乡建设部负责管理,工业和信息化部负责日常管理,中国电子科技集团公司第二研究所负责具体技术内容的解释。本规范在执行中,请各单位注意总结经验,积累资料,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄至中国电子科技集团公司第二研究所(地址:山西省太原市和平南路 115 号;邮政编码:030024),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:工业和信息化部电子工业标准化研究院电子工程标准定额站

中国电子科技集团公司第二研究所

参 编 单 位:信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司

中国电子科技集团公司第二十九研究所

中国航天科工集团公司二院第二十三研究所

中国电子科技集团公司第十四研究所

中国兵器工业集团公司第二一四研究所

中国电子科技集团公司第四十三研究所

主要起草人:晁宇晴 薛长立 郑秉孝 李悦 余春雷

何中伟 闫诗源 李孝轩 高能武 何长奉

姜伟卓 王正义 王贵平 乔海灵

主要审查人:沈先锋 万铜良 程凯 王开源 黄文胜

邱颖霞 常青松 崔洪波 丁晓杰

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	微组装基本工艺	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	环氧贴装	(4)
3.3	再流焊	(5)
3.4	共晶焊	(6)
3.5	引线键合	(7)
3.6	倒装焊	(8)
3.7	钎焊	(9)
3.8	平行缝焊	(11)
3.9	激光焊	(13)
3.10	涂覆	(14)
3.11	真空烘焙	(15)
3.12	清洗	(15)
3.13	测试	(17)
4	工艺设备配置	(18)
4.1	一般规定	(18)
4.2	环氧贴装工艺设备	(18)
4.3	再流焊工艺设备	(19)
4.4	共晶焊工艺设备	(19)
4.5	引线键合工艺设备	(20)
4.6	倒装焊工艺设备	(21)
4.7	钎焊工艺设备	(21)

4.8	平行缝焊工艺设备	(22)
4.9	激光焊工艺设备	(23)
4.10	涂覆工艺设备	(23)
4.11	真空烘焙工艺设备	(23)
4.12	清洗工艺设备	(24)
4.13	测试设备	(24)
5	工艺设计	(26)
5.1	总体规划	(26)
5.2	工艺区划	(26)
5.3	工艺设备布置	(27)
6	厂房设施及环境	(28)
6.1	一般规定	(28)
6.2	厂房土建	(28)
6.3	消防给水及灭火设施	(29)
6.4	供配电系统	(29)
6.5	照明	(29)
6.6	空气净化系统	(30)
6.7	信息与安全保护	(30)
6.8	压缩空气系统	(31)
6.9	纯水系统	(31)
6.10	大宗气体系统	(31)
附录 A	微组装基本工艺流程	(33)
	本规范用词说明	(35)
	引用标准名录	(36)
	附:条文说明	(37)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Micro-assembling basic processes	(4)
3.1	General requirements	(4)
3.2	Epoxy die attaching	(4)
3.3	Reflow soldering	(5)
3.4	Eutectic soldering	(6)
3.5	Wire bonding	(7)
3.6	Flip chip bonding	(8)
3.7	Braze welding	(9)
3.8	Parallel seam sealing	(11)
3.9	Laser welding	(13)
3.10	Coating	(14)
3.11	Vacuum baking	(15)
3.12	Cleaning	(15)
3.13	Testing	(17)
4	Process equipment disposition	(18)
4.1	General requirements	(18)
4.2	Epoxy die attaching process equipment disposition	(18)
4.3	Reflow soldering process equipment disposition	(19)
4.4	Eutectic soldering process equipment disposition	(19)
4.5	Wire bonding process equipment disposition	(20)
4.6	Flip chip bonding process equipment disposition	(21)
4.7	Braze welding process equipment disposition	(21)

4.8	Parallel seam sealing process equipment disposition	(22)
4.9	Laser welding process equipment disposition	(23)
4.10	Coating process equipment disposition	(23)
4.11	Vacuum baking process equipment disposition	(23)
4.12	Cleaning process equipment disposition	(24)
4.13	Testing equipment disposition	(24)
5	Process design	(26)
5.1	Entire programming	(26)
5.2	Process compartments	(26)
5.3	Process equipment arrangement	(27)
6	Plant facilities and environment	(28)
6.1	General requirements	(28)
6.2	Plant building	(28)
6.3	Fire fighting water-supply and fire extinguisher system	(29)
6.4	Power-supply and distribution system	(29)
6.5	Lighting	(29)
6.6	Air purification system	(30)
6.7	Information and safeguard	(30)
6.8	Compressed air system	(31)
6.9	Pure water system	(31)
6.10	Bulk gas system	(31)
	Appendix A Micro-assembling basic process flow	(33)
	Explanation of wording in this code	(35)
	List of quoted standards	(36)
	Addition;Explanation of provisions	(37)

1 总 则

1.0.1 为规范微组装生产线工程建设中工艺设计内容、范围、厂房设施要求及动力供应,保证微组装生产线工程建设做到技术先进、安全适用、经济合理、节能环保,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于混合集成电路组装封装工艺的微组装生产线新建、扩建和技术改造。

1.0.3 微组装生产线工艺设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 微组装 micro-assembling

在密度基板上,采用表面贴装和互连工艺将构成电子电路的集成电路芯片、片式元件及各种微型元器件组装,并封装在同一外壳内,形成高密度、高速度、高可靠性的高级微电子组件。

2.0.2 环氧贴装 epoxy die attaching

用导电或绝缘环氧树脂胶将裸芯片和(或)片式阻容元件贴装在基板上,并通过加热固化环氧树脂实现芯片(元件)与基板间的物理连接。

2.0.3 再流焊 reflow soldering

在电路板的焊盘上预涂的焊锡膏经过干燥、预热、熔化、润湿、冷却,将元器件焊接到印制板上的工艺。

2.0.4 共晶焊 eutectic soldering

将二元或三元合金焊料加热到不小于其共熔温度(也即共晶温度)而熔融,并经冷却直接从液态共熔合金凝固形成固态共晶合金,实现芯片等元件的焊接的工艺。

2.0.5 倒装焊 flip chip bonding,FCB

一种 IC 裸芯片与基板直接安装的互连方法,将芯片面朝下放置,通过加热、加压、超声等方法使芯片电极或基板焊区上预先制作的凸点变形(或熔融塌陷),实现芯片电极与基板焊区间的对应互连焊接的工艺。

2.0.6 引线键合 wire bonding

使极细金属丝的两端分别附着在芯片、基板或外壳引脚上,从而在它们之间形成电气连接的工艺。

2.0.7 平行缝焊 parallel seam sealing

借助于平行缝焊系统,由通过计算机程序控制的高频大电流脉冲使外壳底座与盖板在封装界面缝隙处产生局部高热而熔合,从而形成气密性封装的一种工艺手段。

2.0.8 激光焊 laser welding

以聚焦的激光束作为能源轰击焊件所产生的热量进行焊接的工艺。

2.0.9 钎焊 braze welding

采用熔点或液相线温度比母材低的填充材料(钎料),在加热温度低于母材熔点的条件下实现金属间冶金结合的工艺。

2.0.10 涂覆 coating

在电路板特定区域运用机械的、化学的、电化学的、物理的方法施加塑性的或非塑性的非导电薄层涂料,起环境保护和(或)机械保护作用。

3 微组装基本工艺

3.1 一般规定

3.1.1 微组装主要生产工艺应包括芯片和基板贴装、互连、密封工艺；辅助工艺包括真空烘焙、清洗、涂覆、测试工艺。

3.1.2 微组装生产线加工工艺应根据混合集成电路、多芯片组件等微组装产品的性能指标与质量要求确定。

3.1.3 微组装工艺流程设计应符合下列规定：

1 微组装工艺应按温度从高逐步到低进行操作，各工艺应按共晶焊、再流焊（表面组装）、倒装焊、粘片、引线键合、密封的次序降序排列。

2 半导体器件的贴装，应采取防静电措施。

3 微组装工艺应符合电子元器件常规组装顺序规定：

1) 先粘片后引线键合；

2) 先进行内引线键合后进行外引线键合；

3) 完成器件装连后应进行产品电性能测试。

4 共晶焊、再流焊、表面组装、芯片倒装焊后，当有助焊剂残留时应进行清洗，芯片倒装焊后应进行下填充。

5 每一种微组装工艺完成后，应完成相应的工序检验。

3.2 环氧贴装

3.2.1 采用环氧贴装工艺应符合下列规定：

1 贴装发热量不高、对湿气含量无严格要求的中小功率器件、无引线倒装器件、片式元器件以及将基板贴装到封装外壳中时，宜采用环氧贴装工艺；

2 有欧姆接触要求的器件应采用掺银或金的导电环氧胶进

行贴装；

- 3 无欧姆接触要求的器件宜采用绝缘环氧胶贴装；
- 4 有散热要求的器件应采用导热环氧胶贴装。

3.2.2 环氧贴装工艺的主要工序应符合下列规定：

1 应按规定方法配制多组分浆料型环氧胶，环氧胶使用前应充分搅拌均匀并静置或真空除泡；环氧胶在冷冻环境下贮存时，使用前应在室温下放置，充分解冻；

2 环氧贴装前待贴装件应保持洁净；

3 可采用滴注点涂、丝网印刷、模板印刷等方法将环氧胶涂布在基板上元器件待安装位置，手工或采用贴装设备将环氧膜片排布在外壳底座上；

4 将待安装的元器件准确放置在基板的环氧胶上，或将基板或电路功能衬底压着在外壳底座上已排布好的环氧膜上，应按粘接剂的使用要求完成粘接固化；

- 5 宜采用加热、热压、紫外光照射等方法将粘接剂固化；
- 6 固化后应清除多余的环氧胶；
- 7 应用显微镜检查芯片、器件的外观和环氧贴装质量；
- 8 应对完成贴装后的元器件进行端头通断测试。

3.2.3 环氧贴装的工艺运行条件应符合下列规定：

- 1 贴装元器件工艺宜在等于或优于 8 级净化区中完成；
- 2 固化过程应有排风系统；
- 3 称量、混合、配胶、清洗工序应在通风柜内进行。

3.3 再流焊

3.3.1 再流焊工艺宜适用于元器件在基板上的表面组装或将基板焊接在外壳底座中。

3.3.2 再流焊工艺的主要工序应符合下列规定：

- 1 应采用软合金焊料膏，使用前应充分搅拌均匀并静置排泡；
- 2 宜采用模板印刷、滴注点涂方法将适量的焊料膏涂布在基

板(外壳)底座上;

3 应采用贴片机或采用手工方式将待安装的各元器件(基板)准确地放置在焊膏图形层上;

4 应使用再流焊炉或热板,通过适当的“温度-时间”曲线完成焊膏再流过程;

5 应采用清洗工艺除净已焊接产品中的助焊剂、锡渣等多余物,并应烘干产品;

6 应用显微镜检查芯片、器件的外观和再流焊贴装质量;

7 应对完成贴装后的元器件进行无损检测和破坏性试验。

3.3.3 再流焊的工艺运行条件宜符合下列规定:

1 再流焊工艺宜在等于或优于 8 级净化区中完成;

2 再流焊宜在氮气或氮氢混合的保护气氛中进行。

3.4 共 晶 焊

3.4.1 共晶焊工艺应适用于要求散热好的大功率电路芯片或芯片、要求接触电阻小的高频电路芯片,以及要求湿气含量非常低的混合电路的贴装或封帽。

3.4.2 共晶焊的主要工序应符合下列规定:

1 共晶焊前,应对基板和载体进行清洗并烘干;

2 应选择共晶焊料和焊接母体表面粗糙度;

3 应将裁剪好的合金预制焊片置于基板(外壳)底座上,将待安装的各元器件(基板)准确放置在对应的焊片上,通过温度、时间、气氛要求完成共晶;

4 采用含金的合金焊料时,芯片背面应淀积金层;采用以锡、银为主要成分的低共熔温度软合金焊料时,芯片背面应淀积镍、银层或镍金层;

5 当共晶焊料中含有助焊剂时,焊接后的器件应清洗去除焊料、焊剂的残渣;

6 焊接完成后,应无损检测芯片、基板外观和焊接的空洞率。

3.4.3 共晶焊的工艺运行条件应符合下列规定：

- 1 共晶焊工艺宜在等于或优于 8 级净化区中完成；
- 2 共晶焊应在氮气或氮氢混合气体的保护气氛中进行；
- 3 当共晶焊与环氧贴装用于同一电路时，应先完成操作温度高的共晶焊再进行环氧贴装；
- 4 手动共晶焊工艺可使用压缩空气；
- 5 多个工序采用共晶焊工艺时，前道工序选用焊料的共晶温度应高于后道工序。

3.5 引线键合

3.5.1 采用引线键合工艺应符合下列规定：

- 1 引线键合工艺适用于将电路内部的芯片、基板、外壳引脚上的金属化键合区一一对应互连形成电气连接；
- 2 按所施加能量方式的不同，引线键合工艺可分为热压键合、超声波键合、热压超声波键合；
- 3 按引线键合形式的不同，引线键合工艺可分为球形键合和楔形键合；
- 4 按键合材料的不同，引线键合工艺可分为金丝键合、铝丝键合、铝硅丝键合、铜丝键合。

3.5.2 引线键合的主要工序应符合下列规定：

- 1 引线键合前宜先校验引线键合规范，确认工艺参数的稳定性，并检查基板材料可键合性；
- 2 键合前应保证键合区域清洁；
- 3 应根据装配图纸要求确定引线材料、型号和尺寸，引线安置在键合工具的过程中应保证引线表面的清洁；
- 4 应按装配图纸要求，并按正确的位置与方向要求将待键合的引线准确键合在相应的焊盘上；
- 5 进行热超声金丝球形键合时，应调整好 EFO 打火强度及丝尾端与打火杆的间隙大小，成球的直径宜为金丝直径的 2 倍~3 倍；

6 采用金丝进行铝键合区 IC 芯片的引线键合时,键合加热温度不宜高于 150℃;

7 应控制超声功率、超声时间、键合压力和键合温度,并确保不损伤芯片、有较大的键合强度和好的焊点形态;

8 应选择劈刀规格,楔形劈刀的刀尖宽度、针形劈刀(焊针)的轴孔直径宜为引线直径的 1.3 倍~1.6 倍;

9 焊点应落在焊盘中心,牢固、无虚焊、无短路;

10 引线键合后应在显微镜下目检引线和键合质量,并进行键合拉力测试。

3.5.3 引线键合的工艺运行条件应符合下列规定:

1 引线键合工艺宜在等于或优于 7 级净化区中进行;

2 手动引线键合工艺可使用压缩空气;

3 选用铜线进行引线键合时,宜在氮气或氮氢混合气体的保护气氛中进行。

3.6 倒装焊

3.6.1 采用倒装焊工艺应符合下列规定:

1 芯片有源面朝下,以凸点阵列结构与基板直接安装互连实现电气连接时,应采用倒装焊工艺;

2 倒装焊工艺应包括再流焊、超声热压、聚合物互连粘接等工序;

3 应针对不同的凸点材料采用不同的倒装焊工艺;

4 下填充材料填充方式应包括毛细管底部填充、助焊(非流动)型底部填充和四角(角)-点底部填充;

5 宜根据芯片尺寸与凸点密度选择填充方法。

3.6.2 倒装焊工艺的主要工序应符合下列规定:

1 原芯片电极焊区应制作金属过渡层,在金属过渡层上可制作金凸点、铜凸点、镀金镍凸点、锡铅凸点和无铅凸点;

2 金凸点、镀金焊盘的组合,可采用超声热压焊实现焊接

互连；

3 双组分粘接剂使用前应按比例配制、搅拌均匀并静置排气,单组分粘接剂宜贮存在 -40°C 的冷冻环境中,使用前应在室温下充分解冻并搅拌均匀、静置或真空排气；

4 由焊料构成的凸点,可在焊盘或凸点上涂敷助焊剂,然后将待安装的芯片面朝下放置在基板上,按要求固化后通过“温度-时间”曲线进行焊料再流,完成芯片与基板的倒装焊接；

5 采用下填充和固化工艺时,下填充操作时应倾斜基板,精确控制填充胶量；

6 倒装焊后应清洗去除焊接产生的污染,再烘干或晾干产品；

7 芯片倒装及下填充完成后,应目检倒装焊质量,无损检测芯片凸点电极与其基板焊区间的对准精度,并应测试所倒装芯片的抗剪切强度。

3.6.3 倒装焊的工艺运行条件应符合下列规定：

1 倒装焊工艺宜在等于或优于7级净化区中进行；

2 倒装焊工艺中芯片的安装、互连应同时完成；

3 倒装焊应在氮气或氮氢混合气体的保护气氛中进行。

3.7 钎 焊

3.7.1 采用钎焊工艺应符合下列规定：

1 电路内部湿气、氧气含量均较低,且有气密性要求的电连接器与壳体组装时应采用钎焊工艺；

2 有大面积接地要求的电路板与载体或壳体的组装,以及接插件与封装壳体不同组成部分之间的高精度拼装时应采用钎焊工艺；

3 在微电子产品的封装过程中,对金属或陶瓷腔体绝缘子、接头或者盖板的焊接时应采用钎焊工艺；

4 钎焊工艺用于小腔体的金属及陶瓷封装的封盖时,芯片及电路应耐高温；

5 待钎焊表面可钎焊性宜采用厚膜、薄膜或镀覆技术进行金属化；

6 钎焊工艺可采用二元或多元共晶焊料合金焊膏的形式，也可采用预制焊片的形式，盖板与壳体热膨胀系数应匹配。

3.7.2 钎焊的主要工序应符合下列规定：

1 应根据工艺要求选择成分稳定、无氧化、表面平整的焊料，根据焊接温度选用焊料及使用量；

2 焊接前应通过真空烘焙，通氧气或湿氢的方法，去除待焊件及焊料片表面的油污及氧化层；

3 放置焊料应牢靠，并使焊料的填缝路程最短，根据工艺规定可涂敷阻焊剂或阻流剂，对钎焊缝外围涂层和透气孔周围微电路线条实施阻焊；

4 根据焊料种类与工艺要求选择保护气氛和温度曲线，前道工艺焊料的熔化温度应高于后道工艺的操作温度，盖板结构设计应合理，封盖焊接过程中应使焊料的流动减至最低限度；

5 在二元或三元合金焊料熔融温度下进行钎焊密封时，钎焊峰值温度应高于焊料合金液相温度 $20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；

6 当组装过程包含多道钎焊工艺时，应采用温度梯度钎焊，相邻两道钎焊工艺焊料的液相温度相差宜大于 30°C ；

7 有焊透率要求的电路基板的组装，需根据基板尺寸选择焊膏进行钎焊，基板应包含透气孔；

8 当组件包含多个部件一体化钎焊时，宜采用工装夹具；

9 钎焊完成后应清洗焊接件，去除焊渣及助焊剂；

10 使用显微镜目检焊缝是否有裂纹、缝隙等缺陷，有缺陷应重新补焊；

11 钎焊密封后应进行粗检漏和细检漏。

3.7.3 钎焊的工艺运行条件应符合下列规定：

1 钎焊工艺宜在等于或优于 8 级净化区中进行；

2 钎焊封盖应在真空或者高纯度、干燥的氮气保护气氛中进行；

3 钎焊工艺可采用红外链式炉实现大批量生产。

3.8 平行缝焊

3.8.1 采用平行缝焊工艺应符合下列规定：

1 对内部湿气、氧气含量要求比较低且有密封性要求的电路，应采用平行缝焊工艺；

2 待焊接材料为阻热高的材料，密封过程中采用局部加热，封装体的升温较低、对温度较敏感的电子器件的封装时，应采用平行缝焊工艺；

3 对可伐合金、10号钢等电阻率较高、导热性能差的金属或合金组件的气密电阻熔焊时，应采用平行缝焊工艺；

4 对边缘为矩形、圆形等规则形状盖板的外壳进行焊接，宜采用平行缝焊工艺。

3.8.2 平行缝焊的主要工序应符合下列规定：

1 应检查被焊件是否满足焊接结构和尺寸要求，并应清洗被焊件表面；

2 应根据腔体与盖板的大小和厚度，散热情况的差异选择或编辑适宜的平行缝焊封盖程序，合理选择电极移动的速率、电流脉冲的强度和持续时间、脉冲之间的时间间隔、电极对盖板的压力、电极移动的距离等平行缝焊工艺参数，盖板焊接部位厚度宜为0.1mm~0.15mm，新程序试封后宜进行检漏实验，合格后方进行正式封装；

3 平行缝焊材料体系的组成要求应根据材料的热膨胀系数决定；

4 组件内部水汽含量要求严格时，应将焊接件及对应的盖板、夹具放入烘箱中，充入氮气并抽真空，真空度达到规定要求时开始加热并应保温一段时间；

5 应确认手套箱内水汽含量达标后，将烘烤后的产品移入缝焊操作箱(手套箱)并关严箱门，宜在4h内完成密封，当产品

在操作箱内滞留 12h 以上未密封时,应重新烘烤后才能进行密封;

6 应将盖板按规定方位压置在外壳底座上且二者边缘精确对准,再启动缝焊程序;应先进行分步封盖操作,确认程序无误后方可进行自动封盖操作,平行缝焊机的运行速度不宜过快;

7 盖板为矩形的外壳,宜先焊好长度方向上两条对边的平行焊道,再使壳体转 90° 后焊好宽度方向上另两条对边的平行焊道,两对焊道在起始点处应相互重叠形成闭合的密封焊道,矩形盖板的长、宽尺寸应对应小于壳体(底座)长、宽 $0.05\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$;

8 盖板为圆形的外壳,应使两个通有连续大电流脉冲的同轴缝焊电极压在盖板顶面的圆周边沿上,相对于壳体与盖板完成不小于 180° 的圆弧运动后实现缝焊密封,圆形盖板直径应小于壳体直径 $0.05\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$;

9 封装的最长尺寸不超过 25mm 时,宜选用厚度 $0.1\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$ 的薄板形盖板;封装的最长尺寸大于 25mm 时,宜选用中心区域厚度 $0.25\text{mm}\sim 0.4\text{mm}$ 、四周边缘区厚度 $0.1\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$ 的台阶形盖板;

10 应将已熔焊密封的产品移入与缝焊操作箱相连的充有正压氮气的密封箱中,关严操作箱侧门,再从密封箱移出;

11 平行缝焊后用显微镜检查焊缝应连续平整,不应有裂纹等缺陷;

12 应进行粗检漏和细检漏,并应测试其漏率。

3.8.3 平行缝焊的工艺运行条件应符合下列规定:

1 平行缝焊工艺宜在等于或优于 8 级净化区中进行;

2 平行缝焊应在湿气含量小于或等于 40ppm 的正压氮气或正压氮氩混合气体环境的手套箱内完成;

3 缝焊操作箱应在氮气或氮氩混合气体吹扫 8h 以上方能投入缝焊操作,且日常应保持正压环境;

4 封盖时干燥箱内气体环境的压力不应高于常压。

3.9 激 光 焊

3.9.1 采用激光焊工艺应符合下列规定：

1 对有密封要求的电路,且焊接面为钢、镍、锌、铝等材料时,应采用激光焊工艺；

2 内部气氛要求严格的金属或金属基复合材料组件的气密封装时,应采用激光焊工艺；

3 激光焊可分为脉冲激光焊和连续激光焊；

4 待焊接材料为金、银时,不应采用激光焊接。

3.9.2 激光焊的主要工序应符合下列规定：

1 焊接前应对焊件及焊接材料表面做除锈、脱脂处理,并进行酸洗、有机溶剂清洗或物理方法打磨去除表面杂质；

2 对焊件真空烘焙,应排除焊件内部的水汽；

3 运行焊接程序前,应先用激光打点进行焊件定位,焊接过程中焊件应夹紧,激光光斑应落在待焊件中间位置,光斑在垂直于焊接运动方向对焊缝中心的偏离量应小于光斑直径；

4 脉冲激光焊时,应设置脉冲能量、脉冲宽度、功率密度、离焦量等工艺参数；

5 连续激光焊时,应设置激光功率、焊接速度、光斑直径、离焦量、保护气氛等工艺参数；

6 有气密要求的电路,其壳体与盖板之间的配合应控制在0.1mm内；

7 可添加金属做辅助材料,焊接过程被焊金属部位应有充分的熔深,焊接能量不宜过大；

8 激光焊接后应清除飞溅物落在焊件上形成的瘤状物；

9 应在显微镜下观察焊缝,焊缝应光滑连续,无气孔、裂纹等缺陷；

10 激光焊接后应进行粗检漏和细检漏。

3.9.3 激光焊工艺运行条件应符合下列规定：

- 1 激光焊工艺宜在等于或优于 8 级净化区中进行；
- 2 激光焊应在氮气、氩气等气氛中进行。

3.10 涂 覆

3.10.1 对有表面焊接性能要求及表面有非导电组分的封装材料，在使用前可采用涂覆工艺，使其表面形成可焊性的金属化涂覆层。

3.10.2 涂覆的主要工序应符合下列规定：

1 进行超声清洗处理电路板表面的助焊剂、离子污染，不应损伤已经装配好的敏感元件；

2 应对所要涂覆材料进行微蚀处理和活化处理；

3 应对所要涂覆材料沉积适当的金属膜层；

4 电路中不需要涂覆的地方，应使用压敏胶带等进行掩模保护并烘干；

5 应选择与电路浸润性良好，能够承受在涂覆工艺之后高温存储、温度循环等后续的其他工艺所带来的高温条件的涂覆漆；按照合理的比例配方涂覆漆与二甲苯，配好后充分搅拌并静置 20min；

6 应按涂覆漆厂家提供的焙烤参数设置烘箱的焙烤温度和焙烤时间，使电路充分固化，涂层应均匀致密、无针孔、水汽透过率低、对基板附着力良好且收缩或张应力较小；

7 涂覆后应进行热处理去除应力；

8 应根据焊接温度对涂覆层进行相应的温度考核。

3.10.3 涂覆工艺运行条件应符合下列规定：

1 涂覆工艺宜在等于或优于 8 级净化区中进行；

2 涂覆工作室应保持洁净干燥，温度应在 20℃～25℃，相对湿度应在 40%～60%；

3 涂覆宜采用涂覆机自动完成；

4 涂覆应布置在单独房间内；

5 涂覆间应设置强制排风措施；

6 涂覆间送回风系统应单独设置。

3.11 真空烘焙

3.11.1 采用真空烘焙工艺应符合下列规定：

- 1 对分子污染高度敏感的器件焊接封装时,应采用真空烘焙工艺;
- 2 在惰性气体中进行微波器件焊接封装时,应采用真空烘焙工艺;
- 3 在惰性气体中进行混合电路盒体焊接封装时,应采用真空烘焙工艺;
- 4 模块进行密封或者真空焊接前去除内部的水汽或其他吸附性气体成分时,可采用真空烘焙工艺。

3.11.2 真空烘焙主要工序应符合下列规定：

- 1 真空焙烘系统在烘烤组件前应进行烘烤,确认系统正常;
- 2 抽真空至 100Pa,根据需要设定一定的除气温度和时间,开始加热除气,加热温度不应超过组件、器件的最高耐受温度,但应高于组件工作温度 10℃ 以上;
- 3 系统回温,热沉温度应低于组件和烘烤温度;
- 4 应根据组件内部水汽及氧气含量要求,设置时间、温度、烘焙压力等工艺参数;
- 5 根据组件封盖后内部保护气氛的要求,真空烘焙后应进行相应保护气体的回充。

3.11.3 真空烘焙工艺运行条件应符合下列规定：

- 1 真空烘焙工艺宜在等于或优于 8 级净化区中进行;
- 2 真空烘焙工艺的回充气体应为氮气或其他惰性气体。

3.12 清洗

3.12.1 采用清洗工艺应符合下列规定：

- 1 微组装工艺宜采用气相清洗、超声清洗、等离子清洗方式;
- 2 对微组装中基板、金属腔体、组件、电路片上需要清除的颗

粒、油污、助焊剂、氧化物、多余物去除时,应采用清洗工艺;

3 电路上、焊料上等残留氧化物、引线键合焊盘上氧化物、多余的环氧粘接剂的清除宜采用等离子清洗;

4 焊接后残余的助焊剂、毛发、油污、油脂等污染物的清除,在超声振动不影响待清洗件可靠性及使用性的情况下宜采用超声清洗;否则宜采用溶剂清洗或气相清洗;

5 含有晶体器件、陶瓷器件的组件的清洗,有裸芯片的、键合金丝后的清洗不宜采用超声清洗;

6 微组装清洗工艺的工作媒介宜为化学溶剂、等离子体气体、紫外臭氧气氛、水。

3.12.2 清洗主要工序应符合下列规定:

1 清洗过程宜包括初洗、漂洗、烘干,按清洗介质不同可采用水洗、半水洗和溶剂洗,清洗应在焊后及时进行;

2 应根据助焊剂的成分选择清洗剂;

3 清洗电路片时,应加热清洗或在异丙醇中超声清洗脱水,然后烘干或用氮气吹干;

4 金属腔体、盖板及绝缘子的清洗可采用超声气相清洗,在加热的清洗剂中超声清洗,接着冷却漂洗,然后蒸汽清洗,最后氮气吹干;表面污染严重或去除氧化物时,应加入抛光剂;

5 等离子清洗工艺应根据应用范围合理选用等离子气体,设置等离子清洗的气体的激发功率、清洗时间、真空度、温度;

6 清洗完成后,应按要求晾干或烘干洗后元器件及在制品,并应在 10 倍~30 倍放大的体视显微镜下目检产品质量。

3.12.3 清洗工艺运行条件应符合下列规定:

1 清洗工艺应在 7 级净化区中进行;

2 清洗工艺中的水洗宜配置纯水系统;

3 清洗工位应建立强制排风环境;

4 清洗后的废液处理应符合现行国家标准《电子工程环境保护设计规范》GB 50814 的有关规定。

5 进行清洗工艺时应严格遵守化学品、危险品的安全使用操作规范。

3.13 测 试

3.13.1 微组装各阶段测试方案选择应符合下列规定：

1 贴装工艺后的测试应包括显微镜检、万用表测试接地电阻，是否短路、无损检查共晶界面的空洞以及芯片剪切强度测试；

2 引线键合后的测试应包括显微镜检、破坏性以及非破坏性引线键合强度的键合拉力测试；

3 倒装焊后可进行高温和热循环实验，然后采用电测试、边界扫描或功能测试的方法，检查芯片的短路和开路；或者采用自动光学检测、自动无损检测、声学检测方法检测芯片焊接界面的微观特性；

4 基板钎焊后应采用无损方法进行空洞率测试；

5 钎焊、平行缝焊、激光焊等工艺后应进行外观检查和腔体气密性测试，有特殊要求的产品还应进行无损检查。

3.13.2 测试过程的主要工序应符合下列规定：

1 测试前应按照图纸及技术要求对待测件进行状态检查，检查测试设备状态，并按技术要求对测试设备相关参数进行设置；

2 应记录各项测试项目测试参数；

3 测试之后应对所测参数进行核对；

4 用显微镜进行外观检查时，一般电路可使用 30 倍~60 倍显微镜，芯片检查应根据特征尺寸采用高倍显微镜；

5 芯片剪切强度测试、键合拉力测试、高温和热循环试验宜采用抽样测试；

6 引线表面、引线下或引线周围有用于增加键合强度的任何粘接剂、密封剂或其他材料时，应在使用这些材料以前进行试验；

7 有气密性要求的产品中，腔体上焊接有绝缘子或接头的，应在绝缘子钎焊清洗后先进行检漏测试，检验合格的产品方可进行之后的组装操作。

4 工艺设备配置

4.1 一般规定

4.1.1 微组装生产线工艺设备应包括环氧贴装设备、共晶焊设备、引线键合设备、密封设备、涂覆设备、清洗设备、测试设备。

4.1.2 微组装生产线加工设备与检测仪器应根据生产线组线方式、加工产品、生产规模、生产效率、运行管理与成本控制目标、节能环保要求等因素配置。

4.1.3 微组装设备选型应符合下列规定：

1 应按照产品的结构型式、工艺途径、所用材料、加工流程、加工精度确定工艺设备种类，根据生产线的产能和产量需求，均衡配置各工艺的设备数量；

2 需保证高产能、高生产效率时，应选用具有图形自动识别、产品数据文件接收、编程控制、学后认知等能力的自动化设备；

3 研制与小批量生产加工、依靠操作人员技能水平保障加工质量时，可选用性能价格比高、投资较少的手动型微组装设备。

4.2 环氧贴装工艺设备

4.2.1 环氧贴装工艺可选用点胶机、蘸胶机、丝网印刷机和粘片机，少量的元器件粘接可采用手动点胶，批量生产可采用丝网印刷或半自动和全自动粘片。

4.2.2 环氧贴装工艺设备配置应符合下列规定：

1 点胶机应配置承片台、显微镜、照明装置和滴针，压力控制点胶的设备应配置压缩空气系统实现环氧树脂胶的滴注，通过调节点胶压力、点胶时间、滴针口径、环氧粘度与触变性等参数，控制所滴注的胶量；

2 丝网印刷机应配置承片台、视觉系统、刮板、网版或模板，通过改变网版目数、膜厚或模板厚度、刮板压力、速度和硬度、环氧粘度与触变性等参数，控制所印涂的胶层厚度；

3 粘片机应配置承片台、视觉与操作随动系统、显微镜、照明装置和吸嘴，并应配置真空系统实现粘片；

4 自动粘片机应具有通过程序控制实现图形自动识别、自动滴注、自动吸片、自动对准、自动贴片的功能。

4.3 再流焊工艺设备

4.3.1 再流焊工艺可选用再流焊炉和热板。

4.3.2 再流焊工艺设备配置应符合下列规定：

1 再流焊炉不应少于 5 个温区，宜配置有工艺参数与焊接曲线实时监控与报警系统、出口接片装置以及供应保护气氛的装置，可使产品在炉膛内随网带经历“加热-焊膏熔融再流-冷却”过程，并应通过设置各温区加热温度、网带传送速度、送排风速率等参数获得再流焊接“温度-时间”曲线；

2 热板宜配置供应保护气氛的装置，可设置和渐进调节加热温度、最高加热温度及热功率，利用热能使盘面上产品的焊膏熔融再流实现焊接。

4.4 共晶焊工艺设备

4.4.1 共晶焊工艺可选用共晶机、共晶炉，并宜符合下列规定：

1 被贴装芯片的面积不大于 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 时，应选用手动或自动共晶机进行逐一共晶焊，同一基板上同一温度下使用同种焊料共晶焊的芯片不应超过 3 个；

2 多芯片贴装或被贴装芯片的面积大于 $6\text{mm} \times 6\text{mm}$ 时，应选用真空共晶炉进行共晶焊，并应设计焊接工装；

3 被贴装芯片的面积在 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 到 $6\text{mm} \times 6\text{mm}$ 之间时，应根据具体情况选择工艺设备；

4 不使用焊料,直接将两种金属的界面加热到不小于它们的共熔温度进行共晶焊时,应选用具有摩擦功能的共晶机。

4.4.2 共晶焊工艺设备配置应符合下列规定:

1 真空共晶炉宜配置有工艺参数与焊接曲线、气氛曲线实时监控与报警系统、焊接工装夹具,利用热能与真空(气氛)相结合使焊料片共晶熔化实现产品的焊接,可通过设置加热功率、加热时间、加热温度、真空度与抽真空时间、气体类别、充气压力与时间等参数来获得适宜的共晶焊接“温度-时间”曲线及“真空(气氛)”曲线;

2 共晶机应配置承片台、操作随动系统、显微镜、照明装置和吸嘴(夹具),应能设置和调节承片台温度、摩擦频率等关键工艺参数,可通过改变真空度(夹持力)、更换吸嘴(夹具)规格等方法,适应不同规格元件的共晶贴片。

4.5 引线键合工艺设备

4.5.1 引线键合工艺可选用手动、半自动或全自动丝焊机,并应符合下列规定:

1 楔形键合可选用楔形键合机,球形键合可选用球形键合机;

2 铝丝键合可选用铝硅丝楔焊机 and 粗铝丝楔焊机,金丝键合可选用金丝球焊机和金丝楔焊机。

4.5.2 引线键合工艺设备配置应符合下列规定:

1 金丝球焊机应配置承片台、操作随动系统、显微镜、照明装置和针形劈刀,利用“热能+超声能”、使用针形劈刀和高纯微细金丝实现第一、第二焊点分别为球形焊点、半月形楔形焊点的引线键合,应能设置和渐进调节承片台温度、超声能量和施加时间、劈刀压力、电子打火(EFO)强度等关键工艺参数;

2 铝硅丝楔焊机和粗铝丝楔焊机应配置有承片台、操作随动系统、显微镜、照明装置和楔形劈刀,利用超声能并辅助利用热能、

使用楔形劈刀和微细铝硅丝(粗铝丝)实现第一、第二焊点均为高尔夫勺形楔形焊点的引线键合,也可实现微细金丝的楔形键合,应设置和渐进调节超声能量和施加时间、承片台温度、劈刀压力、夹丝夹力等关键工艺参数。

4.6 倒装焊工艺设备

4.6.1 焊料凸点倒装焊工艺可选用倒装贴片机和再流焊炉、热盘及下填充机,并宜符合下列规定:

- 1 超声热压倒装焊工艺可选用倒装焊机和下填充机;
- 2 聚合物互连粘接倒装工艺可选用点胶机、倒装贴片机、倒装焊机和下填充机。

4.6.2 倒装焊工艺设备的配置应符合下列规定:

1 倒装贴片机应配置承片台、倒装图形对准识别系统、操作随动系统、照明装置和吸嘴,利用真空实现凸点芯片的倒装贴片,可通过吸嘴吸片、通过倒装图形对准识别系统与操作随动系统对准粘片,并可通过改变真空度、更换吸嘴规格等方法适应不同规格凸点 IC 芯片的贴片;

2 下填充机是一种用于下填充工艺的点胶机,可通过液态材料在缝隙中的毛细流效应充填满倒装凸点芯片与基板间的空隙;

3 倒装焊机应配置承片台、倒装图形对准识别系统、操作随动系统、照明装置、吸嘴以及供应保护气氛的装置,应能设置和渐进调节承片台温度、超声能量和施加时间、局部热风温度及加热时间、焊接压力等关键工艺参数,利用“热能+超声能”实现凸点芯片的倒装焊接,可通过吸嘴吸片、通过倒装图形对准识别系统与操作随动系统对准并通过改变真空度、更换吸嘴规格等方法适应不同规格凸点 IC 芯片的贴片。

4.7 钎焊工艺设备

4.7.1 钎焊工艺可选用热台、链式钎焊炉,并宜符合下列规定:

1 表面积小或要求不高的腔体可在热台上焊接,表面积大、散热快或有特殊要求腔体可在烘箱或链式钎焊炉中进行;

2 不需要使用助焊剂的焊料的钎焊,可采用回流焊进行钎焊密封;

3 采用焊膏进行钎焊时,应选用红外热风回流炉或气相焊炉,带速或传递速度设置应使得组件不同部位受热均匀;

4 采用预制焊片进行焊接时,应选用链式钎焊炉,并应采用惰性气氛或惰性加还原性气氛。

4.7.2 链式钎焊炉通过产品在炉膛内随网带的运行,经历“加热-焊料熔化-焊料冷却共晶”过程实现焊接,不应少于6个温区,并通过设置各温区的加热温度、网带传送速度、送排风速率等主要工艺参数来获得适宜的共晶焊接“温度-时间”曲线,宜配置有工艺参数与焊接曲线实时监控与报警系统、出口接片装置以及供应氮气、氢气或氮氢混合气体等保护气氛的装置。

4.8 平行缝焊工艺设备

4.8.1 平行缝焊工艺主要应选择平行缝焊机。

4.8.2 平行缝焊工艺设备的配置应符合下列规定:

1 平行缝焊机应配置有缝焊机电源、承片台、定位夹具、缝焊电极及缝焊气氛供应与监测系统,并配备有相应的操作箱(手套箱)和真空烘焙设备,真空烘焙的烘箱应与平行焊接设备手套箱连接;

2 对组件内部气氛有要求时,平行缝焊设备应配备具有气体净化和监测功能的焊接手套箱及中转箱;

3 平行缝焊机利用大电流脉冲,在缝焊电极锥面与外壳盖板边缘的接触点处产生极高密度的热能,实现金属外壳盖板与底座间的熔合,应通过缝焊程序设置缝焊时电极移动的速率、电流脉冲的强度和持续时间、脉冲之间的时间间隔、电极对盖板的压力、电极移动的距离、手套箱的氮气(氮氢混合气体)压力及真空烘烤的

温度、真空度及烘烤时间等关键工艺参数完成封装。

4.9 激光焊工艺设备

4.9.1 激光焊工艺主要应选择激光焊接机,激光点焊时应选用脉冲激光焊接机,激光缝焊时可选用脉冲激光焊接机或连续激光焊接机,可根据组件封装的具体要求选用。

4.9.2 激光焊工艺设备的配置应符合下列规定:

1 激光焊机应配置有激光焊机电源、承片台、定位夹具、激光器及激光焊气氛供应与监测系统,并配备有相应的操作箱(手套箱)和真空烘焙设备,真空烘焙设备应与激光焊接设备手套箱连接;

2 连续激光焊所使用的焊接设备宜为二氧化碳(CO₂)激光器;

3 脉冲激光焊所使用的焊接设备宜为钕铝石榴石晶体(Nd:YAG)激光器;

4 当对组件内部气氛有要求时,激光焊接设备应配备具有气体净化和监测功能的焊接手套箱及组件中转箱。

4.10 涂覆工艺设备

4.10.1 涂覆应采用涂覆机自动完成。

4.10.2 涂覆工艺设备的配置应符合下列规定:

1 前处理设备应包含超声清洗设备、带通风橱的化学处理设备;

2 应根据所要涂覆材料的属性和膜层沉积的方式,选择相应的设备,如化学镀设备、真空镀膜设备、电镀设备等;

3 应具有涂覆膜层厚度的检测设备。

4.11 真空烘焙工艺设备

4.11.1 真空烘焙工艺可选用真空烘箱。

4.11.2 真空烘焙设备应配置抽排风装置和机械泵,设备应与组

件封装设备连接,真空烘焙温度和时间可进行实时监测,真空度应低于 10Pa。

4.12 清洗工艺设备

4.12.1 清洗工艺可选用超声波清洗设备、气相清洗设备、等离子清洗设备,并宜符合下列规定:

- 1 清洗工艺宜采用溶剂法清洗;
 - 2 污染不严重而洁净度要求较高的,可采用间歇式气相清洗;
 - 3 大批量表面贴装组件(SMA)清洗,可采用连续式气相清洗工艺;
 - 4 污染较严重的表面贴装组件(SMA)清洗,可采用沸腾超声清洗;
 - 5 大批量在线清洗系统且对环境要求较高时,可采用水基清洗(皂化法或净水法)或半水基清洗;
 - 6 超声清洗设备不宜用于电子元器件的清洗。
- 4.12.2 清洗设备组合与配置应根据产品需求选择。

4.13 测试设备

4.13.1 测试设备的最大测试量程、测试精度等指标,应满足被测件测试要求,可根据不同测试参数选择专用测试设备或通用测试设备进行测试。

4.13.2 密封性能测试设备配置应符合下列规定:

- 1 粗检漏的方法有碳氟化合物粗检漏、染料浸透粗检漏、增重粗检漏、光学粗检漏,应根据情况选用粗检漏设备;
- 2 细检漏方法有示踪气体氦细检漏、放射性同位素细检漏,应根据情况选用细检漏设备,所选用设备的灵敏度应达到读出不大于 $10^{-4}(\text{Pa} \cdot \text{cm}^3)/\text{s}$ 的漏率。

4.13.3 引线键合拉力测试设备的配置应符合下列规定:

1 引线键合拉力测试可采用键合拉脱、单个键合点的引线拉力、双键合点的引线拉力等测试方法；

2 设备应能在键合点、引线或外引线上施加规定应力；

3 设备应对外加应力提供经过校准的测量和指示，测量应力应达到规定极限值的 2 倍，准确度应为 $\pm 5\%$ 或 $\pm 2.9 \times 10^{-3} \text{N}$ (0.3gf)(取其大值)。

4.13.4 共晶焊接和环氧贴装剪切力测试设备的配置应符合下列规定：

1 应配置一台能施加负载的仪器，其准确度应达到满刻度的 $\pm 5\%$ 或剪切力达 0.5N；

2 应配置用来施加测试所需力的带有杠杆臂的圆形测力计或线性运动加力仪。

4.13.5 芯片和其他元件共晶焊接的空洞率测试可选用 X 射线设备。

4.13.6 完成贴装后元器件的端头通断测试可选用数字多用表，其配置应符合下列规定：

1 应有蜂鸣档，当测试电阻小于 0.5Ω 时，应出现短路报警鸣叫；

2 应有低、中、高阻电阻值挡，并应适于测试 $10\text{m}\Omega \sim 100\text{M}\Omega$ 的阻值；

3 宜配置四线测试功能及自检校准功能；

4 宜配置表笔。

4.13.7 制品、元件、构件等外观质量的放大检查可选用体视显微镜，其配置应符合下列规定：

1 放大倍数宜配置 7 倍 \sim 20 倍、10 倍 \sim 30 倍、30 倍 \sim 60 倍、60 倍 \sim 100 倍、100 倍 \sim 200 倍等几种；

2 应配置光强可调节的顶视照明系统；

3 应具有双目镜孔距调节、焦距粗调与微调、单目焦距复调等功能。

5 工艺设计

5.1 总体规划

- 5.1.1 微组装生产线规划应力求工艺流程合理,人流、物流通畅;并按工艺生产、动力辅助、仓储、办公与管理等功能区进行总平面布置。
- 5.1.2 厂房洁净区位置应环境清洁,远离强振源,动力供应便捷。
- 5.1.3 微组装生产线厂房人流、物流出入口应分开设置。
- 5.1.4 洁净区宜设置人员净化用室和物料净化设施。
- 5.1.5 微组装生产线布置在多层厂房内时,应设置垂直运输电梯。

5.2 工艺区划

5.2.1 微组装生产线工艺区划应按照生产工艺流程为主线展开。核心生产区应包括贴装区、芯片组装区、封装区、调试区、物料储存区、检测区,生产支持区应包括更衣区、物料净化区、清洗区。微组装生产线应采用图 5.2.1 所示工艺流程。

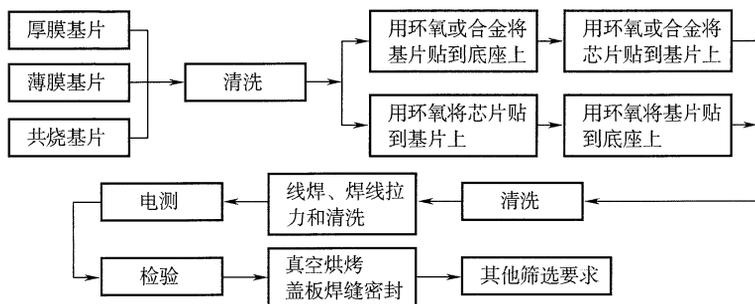


图 5.2.1 微组装生产线工艺流程图

5.2.2 微组装生产线厂房工艺区划应包括下列内容:

- 1 产品的工艺流程;

- 2 厂房建筑、结构形式；
- 3 主要动力供给方向；
- 4 产品产量、生产线种类和设备选型数量；
- 5 清洗间、涂覆间等特别工作间的安排；
- 6 微组装生产线厂房设置参观走廊。

5.2.3 洁净区内人员净化用室、生活用室及吹淋室的设置，应符合下列规定：

- 1 人员净化用室应根据产品生产工艺要求和空气洁净度等级设置；
- 2 人员净化用室宜包括雨具存放、换鞋、存外衣、盥洗间、更换洁净工作服、空气吹淋室等；
- 3 洁净工作服洗涤间、干燥间等用室，可根据需要设置。

5.2.4 人员净化用室和生活用室的区划，应符合下列规定：

- 1 人员净化用室入口处，应设置净鞋设施；
- 2 存外衣和更换洁净工作服的设施应分别设置；
- 3 外衣存衣柜应按最大当班人数每人一柜设置；
- 4 盥洗间宜设置在洁净区外。

5.2.5 洁净区内的设备和物料出入口应独立设置，并应根据设备和物料的特征、性质、形状等设置净化用室及相应物料净化设施。物料净化用室与洁净室之间应设置气闸室或传递窗。

5.3 工艺设备布置

5.3.1 设备布置应预留人流、物流通道和设备安装入口、设备更新和检修场地，设备之间应有安全操作距离。

5.3.2 易造成污染的物料应设置专用出入口。

5.3.3 微组装生产线厂房内，靠近生产区宜设置与生产规模相适应的原辅物料、半成品和成品、工装夹具存放设施。

5.3.4 清洗、涂覆、焊接和返修工序应设置单独的排风系统。

5.3.5 设备布置应兼顾二次配管配线接入方便。

6 厂房设施及环境

6.1 一般规定

6.1.1 微组装生产线厂房公用动力应包括电力变(配)电、冷热源、压缩空气、各种给水系统。

6.1.2 动力站房设置宜靠近负荷中心。动力设施主要噪声源宜集中布置,场区边界的噪声强度应符合现行国家标准《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的有关规定。

6.2 厂房土建

6.2.1 微组装生产线厂房的火灾危险性类别应为丁类,厂房的耐火等级应达到 2 级。

6.2.2 微组装生产线宜布置在厂房的底层。

6.2.3 微组装生产线厂房的层高应以生产线的最高设备加上其顶部管道安装、维修所需的最低高度确定。

6.2.4 微组装生产线布置在多层厂房楼层时,应符合下列规定:

- 1 应有两个及以上直通地面楼层的疏散通道;
- 2 楼面荷载不应小于 5kN/m^2 ;
- 3 应设置生产物料垂直运输的电梯;
- 4 层高应符合本规范第 6.2.3 条的规定。

6.2.5 清洗间应采取可靠的防水、防腐措施。

6.2.6 厂房四周宜设环形消防通道,当有困难时可沿厂房长边的两侧设消防通道。消防通道的设置应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

6.3 消防给水及灭火设施

- 6.3.1 厂房内、外应设置消防栓箱和地上式消防栓。
- 6.3.2 微组装生产线厂房内、外消防栓用水量、水枪布置应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。
- 6.3.3 室外消防栓宜采用地上式消防栓,距房屋外墙不宜小于5m,地上式消防栓间距不应大于120m,保护半径不应大于150m。
- 6.3.4 室内消防栓应保证可采用两支水枪充实水柱到达室内任何部位,应布置在位置明显且易于操作的位置。
- 6.3.5 在洁净区内的通道上宜设置推车式二氧化碳灭火器。

6.4 供配电系统

- 6.4.1 厂房低压配电电压应采用220/380V。带电导体系统的型式宜采用单相二线制、三相三线制、三相四线制。
- 6.4.2 微组装厂房动力和照明用电系统接地型式宜采用TN-S或TN-C-S系统。
- 6.4.3 厂房电力负荷等级应为三级负荷。主要生产工艺设备应由专用变压器或专用低压馈电线路供电。
- 6.4.4 厂房消防用电设备供配电设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。
- 6.4.5 洁净区内的配电设备,应选择不易积尘、便于擦拭的小型暗装设备,不宜设置大型落地安装的配电设备。设备配电引入线应设置切断装置。
- 6.4.6 洁净室区内的电气管线宜暗敷,穿线导管应采用不燃材料。洁净区的电气管线管口及安装于墙上的各种电器设备与墙体接缝处应有密封措施。

6.5 照 明

- 6.5.1 室内照明宜采用高效荧光灯,灯具的选择与布置应符合下

列规定：

- 1 洁净室内宜采用吸顶明装、不易积尘、便于清洁的洁净灯具；
 - 2 当采用嵌入式灯具时，其安装缝隙应采取密封措施；
 - 3 洁净室内灯具应与送风口协调布置。
- 6.5.2** 室内的主要生产用房间一般照明的照度值宜为 300lux~400lux，辅助工作间、人员净化用室、走廊等的照度值宜为 200lux~300lux。
- 6.5.3** 洁净厂房应设置备用照明，备用照明宜作为正常照明的一部分，并应当满足所需场所和部位进行必要活动和操作的最低照度。
- 6.5.4** 洁净厂房内应设置供人员疏散用的应急照明，其照度不应低于 5lux。

6.6 空气净化系统

- 6.6.1** 微组装生产线洁净区空气洁净度等级宜为 8 级或 7 级。
- 6.6.2** 空调净化系统宜采用上送侧回或上送上回的送回风方式。
- 6.6.3** 厂房室内温度宜为 $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度宜为 40%~60%。
- 6.6.4** 洁净区压差控制应符合现行国家标准《洁净厂房设计规范》GB 50073 的有关规定。

6.7 信息与安全防护

- 6.7.1** 厂房内通信设施应符合下列规定：
- 1 厂房内电话(数据)布线应采用综合布线系统，综合布线系统的配线间或配线柜应设置在布置工艺设备的洁净区外；
 - 2 宜设置生产、办公及动力区之间联系的语音通信系统；
 - 3 应设置数据通信局域网及与因特网连接的接入网；
 - 4 宜设置集中式数据中心。
- 6.7.2** 厂房生产区、站房等均应设置火灾自动报警及消防联动控制系统，并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和

《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472 的有关规定。

6.7.3 消防值班室或控制室应设在洁净区外。

6.7.4 厂房内宜设置门禁系统,所有进入洁净区的通道均应设置通道控制,洁净区内门禁读卡器宜采用非接触型。

6.8 压缩空气系统

6.8.1 压缩空气系统应符合下列规定:

1 系统供气规模应按生产工艺实际用气量及系统损耗量确定;

2 供气品质应根据生产工艺对含水量、含油量、微粒粒径及种类要求确定。

6.8.2 压缩空气系统的管道设计应符合下列规定:

1 压缩空气主管道的直径应按照全系统实际用气量确定,支管道的直径应按照设备最大用气量确定;

2 干燥压缩空气输送露点低于 -40°C 时,应采用不锈钢管,用于管道连接的密封材料宜选用金属垫片;

3 软管连接宜选用金属软管。

6.9 纯水系统

6.9.1 纯水制备系统应根据生产工艺确定规模、纯水指标。

6.9.2 纯水系统流程应根据纯水供水水质要求、原水来源及水质、节水节能及环保要求及设备供应等因素确定。

6.9.3 纯水系统的输送干管应敷设在技术夹层或技术夹道内,管道的敷设应满足密封的要求。

6.9.4 纯水系统应采用循环供水方式,宜采用单管式循环供水系统或设有独立回水管的双管式循环供水系统。

6.10 大宗气体系统

6.10.1 洁净室内的气体管道的干管,应敷设在技术夹层或技术

夹道内。

6.10.2 气体过滤器应根据产品生产工艺对气体洁净度要求选择和配置,终端气体过滤器应设置在靠近用气点处。

6.10.3 氮气系统宜采用液氮经气化后经管道供至设备。

6.10.4 氢气、氦气和氩气宜采用瓶装气体在设备旁或技术夹道内就近供应。

附录 A 微组装基本工艺流程

A.0.1 微组装基本工艺流程宜划分为基板与外壳粘接型(图 A.0.1)、基板与外壳焊接型(图 A.0.2)两种。

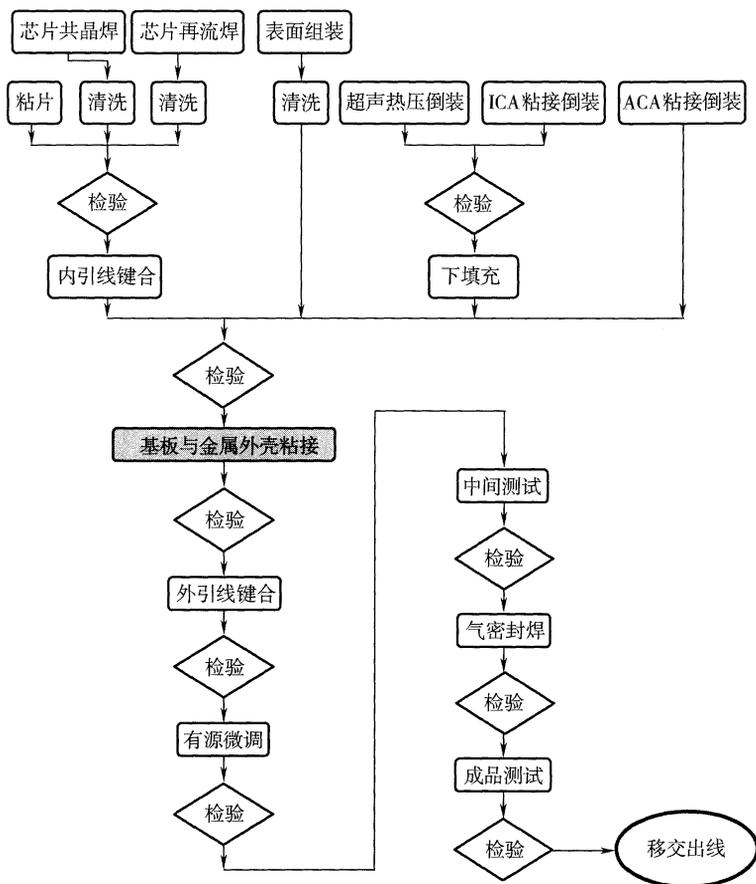


图 A.0.1 基板与外壳粘接型微组装基本工艺流程

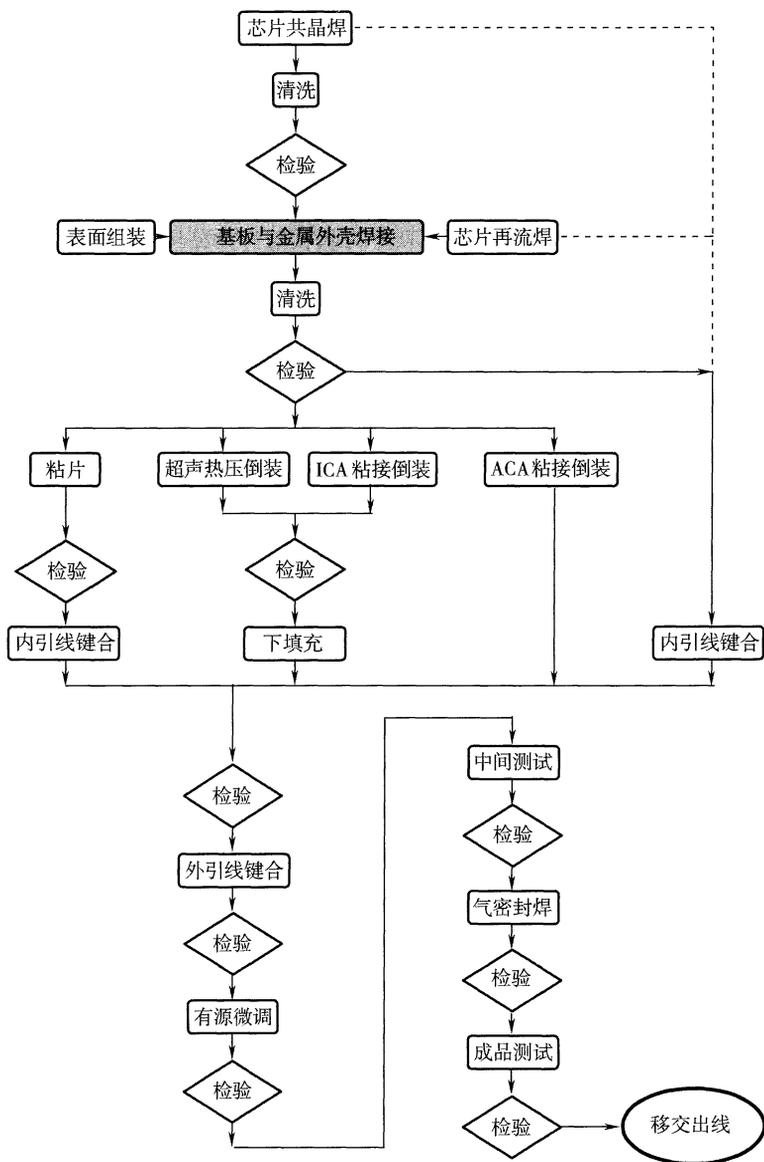


图 A.0.2 基板与外壳焊接型微组装基本工艺流程

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《洁净厂房设计规范》GB 50073
- 《电子工业洁净厂房设计规范》GB 50472
- 《电子工程环境保护设计规范》GB 50814
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348

中华人民共和国国家标准

微组装生产线工艺设计规范

GB/T 51198 - 2016

条文说明

编制说明

《微组装生产线工艺设计规范》GB/T 51198—2016,经住房和城乡建设部 2016 年 10 月 25 日以第 1347 号公告批准发布。

本规范制订过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,总结了我国微组装工程建设领域的实践经验,广泛征求了国内有关设计、生产、研究等单位的意见,最后制定本规范。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《微组装生产线工艺设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(43)
3	微组装基本工艺	(45)
3.1	一般规定	(45)
3.2	环氧贴装	(46)
3.4	共晶焊	(48)
3.5	引线键合	(48)
3.6	倒装焊	(51)
3.7	钎焊	(52)
3.8	平行缝焊	(53)
3.9	激光焊	(54)
3.10	涂覆	(54)
3.11	真空烘焙	(55)
3.12	清洗	(55)
3.13	测试	(56)
4	工艺设备配置	(57)
4.1	一般规定	(57)
4.2	环氧贴装工艺设备	(57)
4.4	共晶焊工艺设备	(57)
4.5	引线键合工艺设备	(57)
4.6	倒装焊工艺设备	(58)
4.13	测试设备	(58)
5	工艺设计	(59)
5.1	总体规划	(59)
5.2	工艺区划	(59)

5.3	工艺设备布置	(60)
6	厂房设施及环境	(61)
6.2	厂房土建	(61)
6.3	消防给水及灭火设施	(61)
6.6	空气净化系统	(62)
6.7	信息与安全保护	(62)
6.10	大宗气体系统	(62)

1 总 则

1.0.1 目前,微组装技术已经成为国内微电子技术领域的发展重点和投资热点,“十一五”到“十二五”期间国内投资建设了多条微组装生产线,由于缺乏统一的专业标准,微组装生产制造工艺技术和产品检测方法不统一,一定程度上制约了微组装技术的推广应用,影响了微组装工艺线的建设成效。

本规范的制定,旨在为微组装生产线的建线提供较为全面和系统的技术指导和依据,推动国内微组装技术的进步和发展。

微组装生产线的设计必须遵守工程建设的基本原则,应根据产品的质量要求、功能和应用领域,生产线的运行管理水平,成本控制和节能、环保等因素,经技术和经济比较后合理选择微组装工艺流程和设备。要做到技术先进、安全适用、经济合理、操作方便、确保质量。微组装生产线的设计“技术先进”是要求微组装生产线的设计科学,采用的微组装工艺和设备先进、高效、成熟。“安全适用”是要求微组装设备和工艺稳定可靠,满足生产需求。“经济合理”则是要在保证安全可靠、技术先进的前提下,节省工程投资费用和日常运行维护成本。“操作方便”是要满足日常操作运行、检修维护的便利和快捷的需求。“确保质量”是要求微组装生产线生产出的产品一致性好,合格率高。

微组装生产线工艺设计应为施工安装、调试检测、安全运行、维护管理提供必要条件。

1.0.2 微组装技术采用微焊接等工艺技术将各种半导体集成电路芯片和微型化片式元器件组装在高密度多层互联基板上,形成高密度、高速度、功能集成、高可靠的三维立体机构的高级微电子组件,可实现电子系统的小型化、轻量化、高性能、多功能和高可

靠性。

在军事方面,微组装技术已成为相控阵雷达 T/R(发射/接收)组件制造、电子战设备微波集成组件制造、多芯片组件技术的核心技术,广泛应用于雷达、通信、电子对抗、制导等产品领域;在民用方面,微组装技术及其应用产品广泛涉及计算机、无线通信、汽车电子、医药电子、娱乐信息等应用领域。

本规范中所指的微组装包括组装、封装两部分工艺,组装是在基板上贴装芯片等元器件并完成各元器件与基板间的电学互连的工艺操作与检验,封装则是将基板或在基板上已完成元器件组装的电路功能衬底安装到封装外壳中,并实现气密封盖的工艺操作与检验。

3 微组装基本工艺

3.1 一般规定

3.1.2 混合集成电路、多芯片组件的微组装应包括下列主要工艺：

(1)环氧粘片：用环氧树脂胶将芯片、片式电阻器、片式电容器、微型元器件等粘贴在基板的表面上。

(2)基板粘接：用绝缘环氧树脂膜或绝缘环氧树脂胶将基板或在基板上已完成元器件组装的电路功能衬底安装到封装外壳中。

(3)再流焊：用软合金焊料膏（如 Sn63Pb37 焊膏）将元器件焊接在基板上（表面组装）或将基板焊接在外壳底座中。

(4)共晶焊：用合金焊料片（如 Au80Sn20 焊片）将元器件焊接在基板上或将基板焊接在外壳底座中。

(5)引线键合：芯片与基板间的内引线键合及基板与外壳引脚间的外引线键合。

(6)倒装焊：将凸点 IC 芯片功能面朝下倒扣装连在基板上。

(7)平行缝焊：利用大电流脉冲熔封外壳盖板到底座上，实现产品的气密封装。

(8)激光封焊：利用高能量激光束熔封外壳盖板到底座上，实现产品的气密封装。

(9)涂覆：用绝缘或聚合物胶保护元器件或实现加固。

(10)固化（烘干）：作为粘接、涂覆等工艺的一部分，加热环氧胶、环氧膜或涂覆料，使其形成固体而实现连接或使其获得目标功效。

(11)清洗：作为辅助工艺，用于元器件、外壳、基板、半成品电路的表面附着污染物、氧化层的去除。

(12)检验:作为上述各工艺的一部分或持续工作,通过显微镜目检、电学力学性能测试等方法,考核工艺加工质量是否达到要求。

3.2 环氧贴装

3.2.1 环氧贴装是使用环氧胶将器件或基板固定于装配图纸要求的位置上,形成牢固的、传导性或绝缘性的连接。环氧贴装具有良好的连接强度,工艺设备简单,更换方便,经济实惠。环氧贴装工艺可分为以下三种:

(1)导电环氧粘片:采用掺银或金(大多数是掺银)的导电环氧树脂胶将元器件贴装在基板上,同时实现与基板的机械与电学连接。

(2)绝缘环氧粘片:采用绝缘环氧树脂胶将元器件贴装在基板上,仅实现与基板的机械连接。

(3)基板粘接:采用绝缘环氧树脂膜或绝缘环氧树脂胶将基板或在基板上已完成元器件组装的电路功能衬底贴装到封装外壳中,仅实现基板与外壳的机械连接。

3.2.2 环氧贴装的主要工序。

1 常用环氧胶的主要性能与工艺参数见表 1。

5 固化的目的是实现元器件在基板上或基板/电路功能衬底在外壳中的安装连接。

表 1 常用环氧胶的主要性能与工艺参数

性能 \ 型号	EPO-TEK H20E	EPO-TEK H37MP	EPO-TEK H77	ABLEBO ND84-3J	ABLEFILM 5020-1-005	备注
环氧类型	双组份 导电胶	单组份 导电胶	双组份 绝缘胶	单组份 绝缘胶	厚 5mil 绝缘 环氧胶	
典型固化 条件	150℃, 5min~ 10min	150℃, 1h	150℃, 1h	150℃, 1h	150℃, 1h	

续表 1

型号 性能	EPO-TEK H20E	EPO-TEK H37MP	EPO-TEK H77	ABLEBO ND84-3J	ABLEFILM 5020-1-005	备注
体电阻率	0.0004 $\Omega \cdot \text{cm}$	0.0005 $\Omega \cdot \text{cm}$	1.0×10^{10} $\Omega \cdot \text{cm}$	3.5×10^{15} $\Omega \cdot \text{cm}$	5×10^{14} $\Omega \cdot \text{cm}$	
热导率	2.0W/ (m·K)	1.7W/ (m·K)	0.9W/ (m·K)	0.83W/ (m·K)	0.24W/ (m·K)	
玻璃转化 温度 T_g	$>80^\circ\text{C}$	$>90^\circ\text{C}$	$>80^\circ\text{C}$	85°C	100°C	
最高连续 工作温度	200°C	175°C	160°C	—	—	
芯片剪切 强度	3400psi	6000psi	3400psi	6800psi	4000psi	25°C 时, $2\text{mm} \times$ 2mmAu-Au
室温黏度	2200cps~ 3200cps (@100rpm)	22000cps~ 26000cps (@10rpm)	6000cps~ 12000cps (@20rpm)	20000cps	—	
热膨胀 系数 CTE (T_g 以下时)	31ppm/ $^\circ\text{C}$	45ppm/ $^\circ\text{C}$	30ppm/ $^\circ\text{C}$	40ppm/ $^\circ\text{C}$	60ppm/ $^\circ\text{C}$	
热膨胀 系数 CTE (T_g 以上时)	120ppm/ $^\circ\text{C}$	124ppm/ $^\circ\text{C}$	110ppm/ $^\circ\text{C}$	100ppm/ $^\circ\text{C}$	200ppm/ $^\circ\text{C}$	
TGA 退化 温度	410°C	$>350^\circ\text{C}$	445°C	300°C 时 重量损失 0.17%	300°C 时 重量损失 0.7%	TGA:热失 重分析试验
适用期	室温,4d	室温,3个月	室温,24h	25°C ,14d	25°C ,6个月	
储存期	室温,1a	-40°C ,1a	室温,1a	-40°C ,1a	-40°C ,1a	

3.2.3 环氧贴装工艺运行条件。

3 为避免吸入有毒气体,称量、混合、配胶、清洗过程应在通风柜内进行。

3.4 共 晶 焊

3.4.1 共晶焊是使用二元或三元合金片作为焊料将芯片或基板贴装在载体上,实现高热导、低电阻、高可靠性的传导性连接。共晶焊工艺具有机械强度高、热阻小、稳定性好、可靠性高等优点,但是其操作过程较为复杂,需要调试的参数多,成本较高。共晶焊工艺可分为以下两种:

(1)使用合金焊料片(如 Au80Sn20 焊片)将元器件焊接在基板上或将基板焊接在外壳底座中。

(2)不使用预制片或焊膏,在 AuSi 共熔温度以上的某温度(400℃~500℃)下,将硅芯片的背面(表面一般应淀积 Au 层)对着基板上的金属化(一般为 Au 导体)焊盘高频(超声)摩擦,使芯片通过金硅表面共晶熔合而贴装在基板上。

3.4.2 共晶焊的主要工序。

2 合理选择焊料种类与使用顺序,能够有效地减少空洞缺陷的发生率;焊料存放时间超期、焊料与镀层的氧化将影响到共晶质量;焊接母体表面具有一定粗糙度,有利于获得良好的润湿。

3.5 引 线 键 合

3.5.1 引线键合工艺应按照下列原则采用。

1 引线键合是使用金属丝,利用热压或超声等能源,实现电子组件中电路内部的电气连接。引线键合工艺实现简单、成本低廉、适合多种组装形式而在连接方式中占主导地位。

2 引线键合工艺根据所施加的能量方式不同可分为以下三种方法,引线键合主要工艺分类见表 2。

表 2 引线键合的工艺分类

键合工艺	键合形式	工具	适用引线材料	焊盘材料
热压	球键合	毛细管劈刀	金、铜	金、铝、铜
热压超声	球、楔键合	毛细管劈刀、 楔形劈刀	金、铜	
超声波	楔键合	楔形劈刀	金、铝、铜	

(1)热压键合:适合在耐高温的基板上键合,通过加热和加压,使焊接区金属发生塑性变形,破坏压焊界面上的氧化层,在高温扩散和塑性流动的作用下,使固体金属扩散键合;

(2)超声波键合:在室温下,由键合工具引导金属引线与待焊金属表面相接触,在高频震动与压力的共同作用下,破坏界面氧化层并产生热量,使两种金属牢固键合;

(3)热压超声波键合:焊接时需要提供外加热源,通过超声磨蚀掉焊接面表面氧化层,在一定压力下实现两种金属的有效连接和金属间化合物的扩散,从而形成焊点。

3.4 常用键合工具(劈刀)有两种不同的基本外形,即从针尖斜下方背面送丝的楔形劈刀和中空垂直向下送丝的针形劈刀(焊针);根据键合丝材料的不同,可分为金丝键合、铝丝键合、铝硅丝键合等;由于劈刀针尖形状、键合丝材料及断丝方式等的不同,所得到的键合点(焊点)形状将不同,常见的三种焊点有球形焊点、半月形楔形焊点和高尔夫勺形楔形焊点。

最通用、最成熟、最传统的微组装引线键合类型有以下两种:

(1)热超声金丝球形键合(金丝球焊):适合于耐热不高的外壳或基板,散热好的腔体上的键合。采用高纯金丝、针形劈刀、同时施加超声与热能实现引线与键合区间的焊接,键合线的第一、第二焊点分别为球形焊点、半月形楔形焊点,在前一键合线焊好、线夹拔丝断线后,电子打火(EFO)杆将劈刀针尖下端伸出的丝尾熔化成金球用于下一键合线的第一焊点。因其可降低加热温度、提高

键合强度与可靠性而成为键合法的主流。

(2) 超声铝硅丝楔形键合(铝硅丝楔焊): 适合在不耐高温的基板上键合, 由于焊点较小, 也适合用于小焊盘间距的键合。采用含 1%~3% 硅的铝硅丝、楔形劈刀、一般只需施加超声(也可同时施加超声与热能)实现引线与键合区间的焊接, 键合线的第一、第二焊点均为高尔夫勺形楔形焊点, 在前一键合线焊好后由线夹拔丝断线并将下一键合线第一焊点所需的引线端头送至劈刀针尖的下方。

常用键合引线的主要性能参数见表 3 和表 4。

表 3 常用键合引线的主要性能参数

键合引线材料	热膨胀系数 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	热导率 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	密度 (g/cm^3)
Au	14.2	317	19.3
Al	24.3	201	2.7
Cu	16.5	384	8.9

表 4 常用金丝金带的主要性能参数

名称	尺寸 (μm)	允许最大电流(A)	破坏性拉力(GJB 548B)(g)
金丝	$\Phi 12.7$	0.16	1.5
	$\Phi 18$	0.32	2.0
	$\Phi 25$	0.65	3.0
金带	75×12.5	1.3	4.5
	150×12.5	2.6	7.5
	75×25	2.6	7.5

3.5.2 引线键合的主要工序。

3 引线的直径和延展率对于引线电气传输的性能和可靠性有较大影响。

6 键合加热温度不宜高于 150°C 是为了使电路经受高温的时间尽量短。

7 控制键合工艺参数是为了确保不损伤芯片、有较大的键合强度和好的焊点形态,工艺参数决定着引线的弧形是否合适,键合点是否牢靠。

8 键合工具(劈刀)应与引线直径相适应,劈刀的几何参数直接影响着焊点的形状及键合质量。

3.6 倒 装 焊

3.6.1 倒装焊工艺是使芯片的电极面朝下,将电极凸点直接与基板焊接,实现高密度、高精度和高性能的组装。与其他组装工艺相比,倒装焊具有最小的寄生效应,电性能优越,适合于高频、高速、大功率电子产品的组装;国内倒装芯片不普及,工艺成熟度有待提高;芯片焊区上需制作凸点,增加了互连芯片的制作工艺流程及成本。倒装焊一般可分为以下三种基本类型:

(1)焊料凸点再流倒装焊:又称为可控塌陷芯片连接(C4),通过加热使 IC 芯片的焊料(一般为 SnPb 合金)凸点电极再流,同时实现芯片各凸点电极与基板上对应焊区的互连焊接。

(2)超声热压倒装焊:通过倒装焊机对 IC 凸点芯片施加超声并同时加热加压,同时实现芯片各凸点电极与基板上对应焊区的互连焊接(键合)。

(3)聚合物互连粘接倒装:将导电、非导电的粘接剂涂布在 IC 芯片与基板之间,通过加压同时加热或用紫外光照射使之固化,同时实现芯片各凸点电极与基板上对应焊区的互连。

最常用、可操作性较好的是 C4 倒装焊和超声热压倒装焊。

3.6.2 倒装焊的主要工序。

1 在芯片上制作凸点,可采用淀积金属、机械焊接或者聚合物互连粘接等方法,凸点制作还可采用蒸镀焊料、电镀焊料、印制焊料、钉头凸点、化学镀凸点、激光植球和凸点移植等方法。

2 超声热压焊时,倒装设备焊头吸附凸点电极面已被翻转朝下的 IC 芯片向下移动,使芯片的各凸点电极压着在基板的对应焊

区上,同时施加超声和加热、加压,完成芯片与基板的倒装焊接(键合),芯片的放置应控制好对位精度与装焊间隙。

5 采用下填充和固化工艺,可以给倒装芯片提供环境保护与强化连接作用,提高倒装焊接可靠性,保护凸点,下填充材料的特性应与芯片和基板相匹配,下填充操作时应略微倾斜基板,是充分利用液态下填充料在倒装芯片与基板间缝隙中的毛细流作用充填满空隙;精确控制填充胶量以保证填充后无空洞。

3.7 钎 焊

3.7.1 微电子封装中使用钎焊工艺,通过钎料将待焊金属连接起来,从而为内部电路提供信号输入、输出通路;或者实现气密性封装,保护电路不受周围环境的侵蚀。钎焊封盖过程采用整体加热,影响到器件的可靠性,而采用低温焊料对母材的浸润性不好,焊接质量难以保证。

3.7.2 钎焊的主要工序。

1 成分准确稳定、无氧化、表面平整的焊料,能够有效地减少空洞缺陷的发生率,焊料的使用量应保证焊料与焊件充分润湿,又不致溢出太多,适当的焊接母体表面粗糙度有利于获得良好的润湿。

2 真空烘焙的目的是排除焊件内部的水汽,烘焙后应尽快进行钎焊密封。

3 焊料应牢靠放置,不致在钎焊过程中因意外干扰而错位,有气密性要求的钎焊缝,焊缝结构设计应能容纳足够的焊料,阻焊是防止焊料过度流淌降低气密性或破坏微电路。

4 盖板结构设计应避免封装时产生金属飞溅,在腔体内形成可动的金属小球,引起器件内部的短路,封盖焊接过程中应使焊料的流动减至最低限度,以免熔化的焊料流动入腔体内损坏芯片。

6 为保证后道钎焊温度不会引起前道钎焊料发生二次重熔,相邻两道钎焊工步焊料液相线温度宜相差 30℃ 以上。

7 基板应包含透气孔,以便多余助焊剂溢出。

8 采用适当的焊接工装以保证在焊接过程中保持一定的焊接压力,夹具设计应符合热容小、传热均匀、不易变形、压力均匀的原则。

3.8 平行缝焊

3.8.1 平行缝焊是一种应用最多的微组装金属气密封装熔焊工艺,借助于平行缝焊机,通过大电流脉冲在缝焊电极锥面与外壳盖板边缘的接触点处产生极高密度的热能,使外壳壳体与盖板的局部金属体及其镀层迅速加热而熔合在一起,随着电极在盖板边缘上的连续滚动前行,持续被熔合点形成一条致密焊道,焊道闭合后实现气密封装。盖板表面最好应在同一个水平面上,盖板与壳体热膨胀系数应匹配。

平行封焊是一种电阻熔焊,它的目的是保证器件的气密性,严格限制封装腔体内水气与多余物的含量,在腔体内部形成独立、稳定的微环境。

平行缝焊操作过程中多数步骤已实现机械化,减轻了操作人员的负担,也使成品率提高。平行缝焊与激光焊相比,不仅设备的价格便宜,完成焊接的成本也较低。

3.8.2 平行缝焊的主要工序。

2 合理控制平行缝焊工艺参数,以保证用最小能量获得重叠最佳的焊道和最可靠的封装。

3 平行缝焊最常用的腔体材料是氧化铝陶瓷、可伐合金和铁镍合金,陶瓷腔体需要金属焊环,金属腔体上可具有镍或金镀层,盖板可选择可伐材料或 4J42 铁镍合金。

4 手套箱通干燥氮气是为了保证其箱体水汽含量低于一定数值。

6 如果盖板与腔体不能精确对准,一致性不好,容易造成裂盖,平行缝焊机的运行速度不宜过快是为防止产生打火现象,且使

待焊部位金属应充分熔合,以保证焊缝密封性能良好。

3.9 激 光 焊

3.9.1 激光焊是用激光束做热源使两种材料相熔融,并焊接在一起形成牢固的、可靠的键合,保证器件的气密性。激光焊可分为脉冲激光焊和连续激光焊,脉冲激光焊是以点焊或者由焊点搭接而成的焊缝方式进行的,主要用于微型、精密元件和一些微电子元件的焊接,连续激光焊可以进行薄板精密焊,以及 50mm 厚板的深穿入焊。激光系统价格昂贵,一次性投入较高,但是焊道灵活容易调整,可实现规模化自动生产,焊接质量也高。

3.9.2 激光焊的主要工序。

1 清洗的目的是清除壳体和盖板的表面上残存的毛发、油污或者焊件材料表面的氧化物。

3 为防止热变形,焊接过程中焊件应该夹紧。

4 离焦量是焊件表面到聚焦激光束最小光斑(焦点)的距离,改变离焦量,可以改变激光加热斑点的大小和光束入射状况,焊接能量过大时会产生焊接飞溅。

3.10 涂 覆

3.10.1 涂覆是在电路板表面涂覆一层保护膜,达到防湿热、防盐雾、防霉菌的目的。为保证电子设备在恶劣环境下的可靠性,防止电路腐蚀引起电路失效,元器件性能下降,都应对电路板做三防涂覆。

涂覆作为微组装的一种辅助性工艺,在混合集成电路、多芯片组件的内部或表面的某些区域涂覆上一层胶状绝缘材料,凝固或烘干后可主要起到以下几方面作用:

(1)保护:用硅酮胶涂覆芯片及其键合线,实施局部防护。

(2)绝缘:用硅橡胶或绝缘环氧树脂隔离可能的不应短路之处。

(3)加固:用绝缘环氧树脂补充粘接元器件或零构件,提高微组装的强度及产品的抗机械冲击能力。

(4)散热:用高导热胶填充发热元器件向外壳的散热通道,通过传导方式更有效散热。

(5)防潮:用阻湿材料涂层保护元器件、零构件或产品的表面,防生锈、防霉变、防污染。

3.10.2 涂覆的主要工序。

2 涂覆材料进行微蚀处理是为增加其表面微观粗糙度,提高后续的膜层附着力,涂覆材料进行活化处理可使之具有催化活性表面或沉积出金属薄层。

3 应确保金属膜层与所要涂覆材料之间有良好的附着力,当膜层结构多于两层时要防止膜层之间脱落、分层。

8 为剔除不合格的产品,需根据焊接温度对涂覆层进行相应温度考核。

3.11 真空烘焙

3.11.1 真空烘焙是组件在真空烘箱中加热,去除附着的气体和易挥发物质。

3.11.2 真空烘焙主要工序。

2 为避免气体附着在筒壁上造成污染,烘烤系统烘烤筒体的温度应高于组件温度。

3 为避免再次污染组件或筒体,热沉温度应低于组件和烘烤筒体温度。

3.12 清洗

3.12.1 清洗作为辅助工艺,在混合集成电路、多芯片组件的微组装过程中应用很普遍,其工作目标主要是去除元器件、外壳、基板、半成品电路的表面附着的多余物、污染物、氧化层等,露出新鲜的表面,提高表面亲合力,有助于保证主体微组装工艺的加工质量。

应针对不同清洗物的种类选择合适的清洗方式,防止因清洗方式不当对焊接或电路器件、基板造成损伤。

3.12.2 清洗工艺的主要工序。

1 在焊后及时进行清洗,以保证不对焊点造成腐蚀。

3.12.3 清洗工艺运行条件。

4 清洗用后的废液含有有毒有害物质,会对人体或环境造成危害,应执行现行国家强制性标准,及时、有效地进行回收处理。

5 清洗使用的化学溶剂、危险品有腐蚀、易燃易爆等特性,若使用不当会对人体造成伤害,或引起火灾、爆炸等事故,在进行清洗工艺时操作人员必须戴好口罩、手套、眼镜等防护用品,严格按化学品、危险品的使用安全操作规范进行清洗工序,以保证人身及厂房设施的安全。

3.13 测 试

3.13.1 测试过程可有效地保证产品的可靠性,对于高性能电子产品,要求每道关键工艺之后都进行相应测试,然而,测试工艺会使产品的组装效率下降,增加成品,所以应根据产品的应用需求合理设置测试工序。

3.13.2 测试过程的主要工序。

5 芯片剪切强度测试、键合拉力测试、高温和热循环试验为破坏性测试,可能会对组件造成损伤,宜采用抽样测试。

4 工艺设备配置

4.1 一般规定

4.1.1 密封设备包括激光焊机、平行缝焊机、钎焊炉等；测试设备包括无损检测设备、引线拉伸力测试设备等。

4.2 环氧贴装工艺设备

4.2.1 根据生产数量选择合适的方式：手动涂胶投入少，效率低；丝网印刷和自动点胶设备一次性投入较高，可实现规模化自动生产，效率高；手动贴片投入少、灵活，但效率低；半自动设备由于提效不明显，一般不建议选用；全自动设备一次性投入高，可实现规模化自动生产，产品一致性好。

4.4 共晶焊工艺设备

4.4.1 共晶焊工艺的原则。

2 使用焊接工装的目的是保证在焊接过程中保持一定的焊接压力。

4.4.2 共晶焊工艺设备的配置。

1 温度曲线运行过程中增加充气、抽真空、排气等工艺步骤是为了保证焊料熔化充分。

4.5 引线键合工艺设备

4.5.1 引线键合设备经济性：手动丝焊机价格是自动丝焊机的1/3，价格便宜，操作灵活，适用于各种电路与芯片的互连，相比全自动丝焊机效率较低。

4.6 倒装焊工艺设备

4.6.1 倒装焊根据芯片凸点的材料采用相应工艺:金凸点超声热压焊接,金锡或锡铅合金凸点回流焊接,各相异性导电胶加压后烘烤,适合于先进的 SMT 工艺进行工业化大批量生产。

4.13 测试设备

4.13.1 常用测试参数及设备见表 5。

表 5 常用测试参数及设备

主要测试参数名称	符号	单位	常用的主要测试设备
电压	U	V	电压表
电流	I	A	电流表
输入驻波	ρ_{in}	—	网络分析仪
输出驻波	ρ_{out}	—	网络分析仪
增益	G	dB	网络分析仪
插入损耗	L	dB	网络分析仪
插入相移	Φ	°	网络分析仪
输出功率	P_{out}	W、dBm	功率计
隔离度	D	dB	网络分析仪
噪声系数	NF	dB	噪声系数测试仪
顶降	ΔP_{t0T}	s	示波器
上升沿时间	T_r	s	示波器
下降沿时间	T_f	s	示波器
杂散	—	dBc	频谱分析仪
谐波	—	dBc	频谱分析仪
相位噪声	\mathcal{L}	dBc/Hz	频谱仪、自动相位噪声测试仪

5 工艺设计

5.1 总体规划

5.1.3 微组装生产区出入口人流、物流通道分开设置,是为避免人流、物流线路的交叉干扰。

5.2 工艺区划

5.2.3 洁净厂房的洁净度应按《洁净厂房设计规范》GB 50073—2001 中的规定确定,空气洁净度等级与粒径浓度限值见表 6。

表 6 空气洁净度等级与粒径浓度限值

空气洁净度等级(N)	大于或等于表中粒径的最大浓度限值(pc/m ³)					
	0.1 μ m	0.2 μ m	0.3 μ m	0.5 μ m	1 μ m	5 μ m
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4	10000	2370	1020	352	83	
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7				352000	83200	2930
8				3520000	832000	29300
9				35200000	8320000	293000

(1)每个采样点应至少采样 3 次。

(2)不适用于表征悬浮粒子的物理性、化学性、放射性及生命性。

(3)根据工艺要求确定 1 种~2 种粒径。

(4)各种要求粒径 D 的粒子最大允许浓度 C_n 由下式确定,要

求的粒径在 $0.1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 范围,包括 $0.1\mu\text{m}$ 及 $5\mu\text{m}$ 。

$$C_n = 10^N \times \left(\frac{0.1}{D}\right)^{2.08} \quad (1)$$

式中: C_n ——大于或等于要求粒径的粒子最大允许浓度(pc/m^3)。

C_n 是以四舍五入至相近的整数,有效位数不超过三位数。

N ——洁净度等级,数字不超出 9,洁净度等级整数之间的中间数可以按 0.1 为最小允许递增量。

D ——要求的粒径(μm)。

0.1——常数,其量纲为 μm 。

5.3 工艺设备布置

5.3.1 微组装工艺设备布置除应满足生产工艺要求外,还应满足设备安装、维修和生产操作的要求,做到布置合理、紧凑、有利于产品生产操作和达到预期的效果。

5.3.4 加强净化与排风措施,防止可能产生的溶剂蒸汽和粉尘对产品造成污染。

6 厂房设施及环境

6.2 厂房土建

6.2.1 微组装生产线厂房的火灾危险性类别应为丁类基于下述理由：

(1)生产中主要原材料均为不燃或难燃材料。

(2)消防设计上都设置了火灾报警与消防联动系统,厂房内有消火栓箱,并有符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016规定的疏散通路和疏散通路指示及应急照明等防灾措施。

(3)生产中所用气体均为非易燃、易爆气体,相对安全。

(4)生产环境为净化厂房,人员进出严格有序,引发火灾的人为因素极低。

6.2.2 微组装生产线在单层厂房或多层厂房内布置均可,选择单层厂房或多层厂房主要应根据项目的实际条件确定。在多层厂房内布置有利于节约土地,在城市建设更应提倡。微组装生产线布置在厂房的底层时可采取地坪局部下沉来安装的办法降低层高,既节约投资又节省运行费用。

6.2.3 有的设备如低温共烧陶瓷烧结炉本身很高,其顶部还有排废热管口,确定层高时应计入废热管安装、维修所需的最低高度。

6.2.4 微组装生产线设备大多数没有单独基础,安装时直接放置在地面上调整设备地角螺钉至水平即可,因此可以在楼层布置。本条是对微组装生产线布置在楼层时的要求。

6.3 消防给水及灭火设施

6.3.5 当采用气体灭火系统时,不应采用卤代烷 1211 以及能导致人员窒息和对保护对象产生二次损害的灭火剂,宜选用二氧化

碳等对工艺设备和洁净区环境不产生污染和腐蚀作用的灭火剂，其他灭火剂的选择应考虑配置场所的火灾类型、灭火能力、污损程度、使用的环境温度以及与可燃物的相容性。

6.6 空气净化系统

6.6.2 洁净厂房的洁净室送风方式可分为集中送风、隧道送风、风机过滤器机组送风等。应根据洁净室使用功能和降低能量消耗的要求，经技术经济比较，采用运行经济、节约能源的送风方式。

6.7 信息与安全防护

6.7.2 设置火灾自动报警及消防联动控制系统是为了加强对火灾事故的报警，提升预防和应急处置能力。

6.10 大宗气体系统

6.10.3 液氮汽化后的氮气可满足工艺要求，也都属非易燃、易爆气体，选择液氮还可满足个别需用液氮的工序，是最经济、最适用的选择。