

微电子焊接与封装

金德宣 张晓梅 编著



电子科技大学出版社

微电子焊接与封装

金德宣 张晓梅 编著

电子科技大学出版社

内容简介

本书比较全面、系统地介绍了用于微电子器件研究和制造方面的焊接与封装技术。全书包括:钎焊技术、熔焊技术、压焊技术、粘接技术、梁式引线技术、面键合技术、自动载带组焊技术、封装方法、管壳结构、密封性能检测、封装的散热问题及超大规模集成电路封装技术等。各种技术都叙述了其原理和工艺,内容丰富、通俗易懂。

本书可供从事微电子器件研究和生产方面的工人、技术人员,以及大、中院校的专业教师、学生阅读参考。

微电子焊接与封装

金德宣 张晓梅 编著

电子科技大学出版社出版

(成都建设北路二段四号) 邮编 610054

电子科技大学出版社印刷厂印刷

新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.875 字数 240 千

版次 1996 年 11 月第一版 印次 1996 年 11 月第一次印刷

印数 1~700 册

ISBN T-81043-639-2/TN·20

定价:11.00 元

前 言

随着微电子器件的发展,焊接与封装已成为器件研究和生产中的两项重要的工艺技术,它们对器件的可靠性和稳定性影响极大。

微电子器件焊接是焊接领域中一门新兴的学科,它的焊接对象是一些极细的金属丝和极薄的金属膜。40多年来,它已逐渐形成了一门比较完整的焊接学术体系,其主要焊接方法有:钎焊、熔焊、压焊、粘接技术、梁式引线技术及面键合技术等。近几年又研究了适合自动化生产的自动载带组焊技术,给多引线的大规模集成电路和超大规模集成电路的大量生产创造了条件。

封装技术同样也是微电子器件研究和生产中的一项重要工艺技术。封装的目的不仅是为了保护器件的芯片免遭外界环境的影响,而且也给器件提供了实际应用的方便。它能做到使器件在整个工作温度范围内封接牢固和气密性好。器件封装的好坏同样也直接影响到器件的质量、可靠性和稳定性。目前,微电子器件封装的形式大致可分为三大类,即:金属封装、陶瓷封装和塑料封装等。金属封装和陶瓷封装一般用在可靠性较高的器件,而塑料封装的可靠性能较差,往往以低成本的优点用于器件。近来,由于新的塑封材料和工艺的发展,为塑封的应用打开了新的局面。

在科研和生产实践中,人们愈来愈意识到器件的焊接和封装的重要性。各种新的焊接和封装工艺正在研究,检验焊接和封装质量的方法与标准也在拟订,焊接和封装的失效机理及可靠性分析工作也在深入进行。

目前,我国有关微电子器件焊接与封装的专业书籍甚少。为此,我们编写了《微电子焊接与封装》这本中级科技书籍,以飨读者。本书着重介绍微电子器件焊接与封装方面的基本原理和工艺技术,全书共有十三章,主要介绍了钎焊技术、熔焊技术、压焊技术、粘接技术、梁式引线 and 面键合技术、自动载带组焊技术、封装方法、器件管壳结构、管壳密封性能检测、封装的散热问题及超大规模集成电路封装技术等,其内容丰富,通俗易懂。

本书由金德宣、张晓梅编著。主要供给从事微电子器件焊接和封装方面的工人、技术人员及大、中专院校的专业教师和学生参考。

由于时间仓促,加之我们水平有限,书中难免有错误之处,恳请读者批评指正。

金德宣 张晓梅
1993.6. 杭州

目 录

第一部分 微电子器件焊接技术

| | | |
|------------|-------------------------|----|
| 第一章 | 钎焊技术 | 2 |
| 第一节 | 钎焊..... | 2 |
| 第二节 | 共晶焊..... | 5 |
| 第三节 | 还原焊..... | 6 |
| 第二章 | 熔焊技术 | 8 |
| 第一节 | 电阻熔焊..... | 8 |
| 第二节 | 微等离子体焊..... | 9 |
| 第三节 | 电子束焊..... | 9 |
| 第四节 | 激光焊..... | 10 |
| 第三章 | 压焊技术 | 16 |
| 第一节 | 冷压焊..... | 16 |
| 第二节 | 热压焊..... | 17 |
| 第三节 | 超声波压焊..... | 26 |
| 第四章 | 粘接技术 | 37 |
| 第一节 | 环氧树脂粘接..... | 37 |
| 第二节 | 导电胶粘接..... | 37 |
| 第三节 | 低温玻璃粘接..... | 40 |
| 第五章 | 梁式引线与面键合技术 | 42 |
| 第一节 | 淀积焊..... | 42 |
| 第二节 | 梁式引线技术..... | 42 |
| 第三节 | 面键合技术..... | 48 |
| 第六章 | 自动载带组焊技术 | 56 |
| 第一节 | 框式引线技术..... | 56 |
| 第二节 | 自动载带组焊技术..... | 60 |
| 第七章 | 其它组焊方法 | 73 |
| 第一节 | 介质填隙法..... | 73 |
| 第二节 | 釉印法..... | 73 |
| 第三节 | 热塑介质嵌埋法..... | 73 |

第二部分 微电子器件封装技术

| | | |
|------|--------------------|-----|
| 第八章 | 封装前污物的清除 | 76 |
| 第一节 | 污物和化学物质的清除 | 76 |
| 第二节 | 离子型污物的清除 | 76 |
| 第三节 | 氢和其它气体的清除 | 77 |
| 第四节 | 湿气的清除 | 77 |
| 第五节 | 器件芯片的保护和密封 | 78 |
| 第九章 | 封装方法 | 80 |
| 第一节 | 金属管壳的封装方法 | 80 |
| 第二节 | 塑料封装方法 | 81 |
| 第十章 | 器件管壳的结构 | 96 |
| 第一节 | 晶体管管壳结构 | 96 |
| 第二节 | 集成电路管壳结构 | 121 |
| 第十一章 | 管壳密封性能的检测 | 128 |
| 第一节 | 检漏方法 | 128 |
| 第二节 | 管壳密封性能的试验项目 | 129 |
| 第十二章 | 封装的散热问题 | 131 |
| 第一节 | 热传递的基本原理 | 131 |
| 第二节 | 芯片内部的热传递 | 132 |
| 第三节 | 封装的热阻 | 132 |
| 第四节 | 孤立管壳的散热问题 | 133 |
| 第五节 | 系统的散热问题 | 134 |
| 第六节 | 系统散热的计算例举 | 135 |
| 第十三章 | 超大规模集成电路封装技术 | 137 |
| 第一节 | VLSI 封装形式和工艺 | 137 |
| 第二节 | VLSI 封装的特殊考虑 | 140 |
| 第三节 | VLSI 封装的研究 | 142 |
| 参考文献 | | 149 |

第一部份 微电子器件焊接技术

微电子器件焊接技术是焊接科学领域中
的一门新兴焊接技术,它的焊接对象是一些极
细的金属丝和极薄的金属膜。近20多年来,随
着晶体管、集成电路和混合电路等微电子器件
的发展,微电子器件焊接技术已形成了一个比
较完整的焊接学术体系。其主要的焊接方法
有:钎焊、电阻焊、热压焊、冷压焊、熔焊、梁式
引线技术、面键合焊及粘接技术等。最近几年
又研制了适合自动化大量生产的自动载带组
焊技术。

由于人们意识到焊接对微电子器件的可
靠性和稳定性的影响极大,因此,这门新兴焊
接技术愈来愈为从事微电子器件的科技工作
者所重视。各种新的焊接方法正在研究;检查
焊接质量的方法和标准正在拟订;焊接失效机
理及可靠性分析工作也在开展。

第一章 钎焊技术

第一节 钎 焊

一、钎焊原理

用焊料将固态金属连接起来的过程称作钎焊。它是将熔点比被焊件低的钎料和被焊件一起加热,在被焊件不熔化的情况下,钎料熔化并润湿和填充于两被焊件之间,形成钎缝。在钎缝中,钎料与被焊件相互溶解和扩散,从而获得牢固结合。

钎焊是微电子器件中最早使用的一种焊接技术。早在50年代初研制合金型半导体二级管和晶体管时,就是用软钎焊技术来完成内引线焊接和管壳封装的。目前国内外合金型晶体管的内引线和平面型晶体管、集成电路和芯片与底座的焊接仍有采用钎焊的。虽然钎焊是一种古老的焊接技术,但从实践来看,只要钎料和焊接装置得到改进,钎焊在微电子器件中仍可发挥积极作用。

二、钎料和钎剂

微电子器件中,钎料种类以 Sn-Pb、Sn-In、Au-Sn、Au-Sb、In-Sn-Pb、Ag-Pb-Sn 及 Sn、In、Ag 为主。近几年发展了 Sn-Ga、Au-Ge、Au-Si、Au-Ti 等。钎料的形状一般都采用预成型的球形、片形、环形,而膏状钎料的应用正在扩大。预涂软钎料的新工艺已在混合电路中得到应用。

在微电子器件的钎焊中,一般是不用焊剂的。因为焊剂的残渣和焊剂中的化学成份(如酸)对器件的质量有害。低温钎焊在不得已的情况下选用无酸的焊剂,如以松香为基础的焊剂。某些在钎焊后可以充分清洗的器件,有时也选用含氯化锌添加剂的焊剂。这些无酸焊剂大多数在低于 200℃ 时活性较低。为了在较低温度(90~150℃)下提高焊剂的活性,采用金属-有机硅氧化物添加剂很有效。

三、钎焊方法

1. 电烙铁钎焊法

这是一种较原始的手工焊接法。但至今锗合金型晶体管的内引线焊接仍然采用它。

2. 机械热脉冲劈刀钎焊法

这种方法是在电烙铁钎焊法的基础上产生的。它靠劈刀来传递热量,加热焊接点。预成型的钎料放在两个被焊件(母材)之间,劈刀以一定压力在其中一个被焊件上停留片刻,使钎料熔化。用这种方法能十分精确地控制由劈刀传给被焊件的热量和焊区的加热时间。劈刀的形状根据被焊件形状而定,可为楔形、圆柱形或凹槽形。用在这种方法上的钎料,一般都是低熔点的软钎料。如果配置适当的自动化设备,可以进行半自动或全自动的焊接。目前这种方法应用在梁式引线晶体管的引线焊接和混合电路中的元件引线焊接及集成电路封装。

3. 电阻钎焊法

它是依靠电流通过被焊件和钎料产生焦耳热,使钎料熔化。适用于微电子器件焊接的有两种方式:一种是电流同时通过两个被焊件和钎料,称为“两面供电的电阻钎焊”。另一种是两电极在同侧,而电流只通过其中一个被焊件,称为“单面供电的电阻钎焊”,如图 1-1 所示。

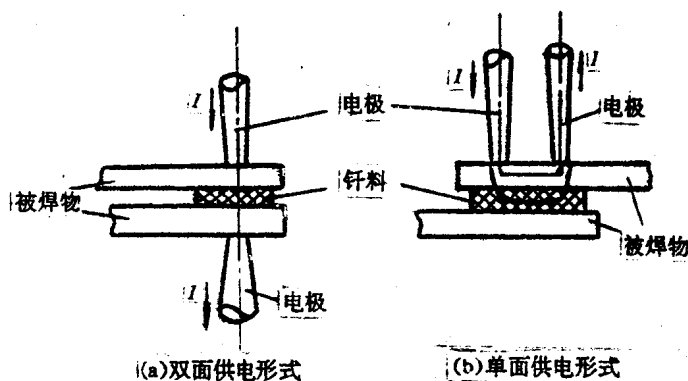


图 1-1 电阻钎焊法原理示意图

它所采用的钎料一般是软钎料。目前电阻钎焊较多地应用在混合电路的内引线焊接上。

4. 光学钎焊法

借助于光的能量使焊点处发热,将钎料熔化、浸润被焊零件,并填充连接空隙。目前常用的有两种:一种是用红外灯直接照射,使钎料熔化。它一般应用于集成电路封盖。另一种是利用透镜和反射镜等光学系统将点光源的射线经准直透镜成平行光束。光束的大小由一组透镜聚焦调节,光线作用于被焊物的时间由一个特殊的快门控制。根据不同的设备可应用在微电子器件内引线焊接和管壳的封装。它所用的钎料一般也是预成型的环形、圆形、矩形、球形的软钎料。

5. 激光钎焊法

它与光学钎焊的原理基本相同,差别是光源运用了光量子振荡器。

6. 气体保护炉式钎焊法

将被焊件与钎料装在预定的模具内,放入有惰性气体(N_2)和还原气体(H_2)保护的烧焊炉中加热,使钎料熔化、浸润并填充焊接间隙。这种方法操作方便,适合大量生产。特别是用氢气保护的炉焊,可使被焊件和钎料的氧化层在钎焊过程中获得还原,因此提高了焊接质量。

7. 真空钎焊法

它与气体保护钎焊法相似,不同处是将被焊件与钎料装在预定的模具内后,放置在 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{mmHg}$ 的真空中进行烧焊。它是一种操作简单、适合大量生产的钎焊方法。至今仍应用于微电子器件生产中。

属于钎焊范畴的“焊料焊”、“附着焊”、“金属回熔焊”都已成功地应用于梁式引线与衬底的焊接。比较成熟的焊料包括 95%铅-5%锡和 Au-Si、Au-Ge 的低共熔混合物。将引线焊到玻璃或石英的金属薄膜上最好用含钨焊料。钨在钎焊时会渗进金属膜与衬底形成连接,并且钨能与非金属衬底粘着,因此,这种连接有良好的机械强度。含镓焊料的钎焊合金几乎在室温下凝固,但在相当高的温度下仍能保持自己的特性。合金硬化后所形成的金属互化物,有

极好的性能(包括机械强度、耐蚀性、电导率、浸润性),因此,含镓焊料的钎焊是连接器件引线很有前途的钎焊方法。

四、电子级焊膏

最近,由于高精度的电子级焊膏的出现,为回熔钎焊在微电子器件中的应用和发展创造了有利条件。新的电子级焊膏具有如下特点:

1. 焊接中不产生“焊珠”;
2. 对工艺条件敏感性低;
3. 空气干燥后具有良好的回熔性能;
4. 用丝网漏印法或油印法可实现均匀淀积;
5. 具有优良的印刷分辨率。

目前国外生产的慢干烘膏可保证在72小时之内将元件粘到湿膏表面。快干电子级焊膏在80℃下仅需10分钟即可进行焊接,并在干燥及回熔焊接过程中能保持原设计的分辨率和精度。具有不同熔点和流变性的电子级焊膏在国外已经出现,它的合金成份见表1-1所示。它可以用来封装器件外壳和引线焊接。

表1-1 部分焊膏性能

| 合金成份(%) | | | | | 熔点(℃) | 焊接温度(℃) |
|---------|------|-----|-----|-------|---------|---------|
| Sn | Pb | Ag | Sb | 其它 | | |
| 100 | | | | | 232 | 260~280 |
| 63 | 37 | | | | 183 | 210~230 |
| 60 | 40 | | | | 183~190 | 210~235 |
| 50 | 50 | | | | 183~216 | 210~250 |
| 40 | 60 | | | | 183~238 | 210~270 |
| 30 | 70 | | | | 183~255 | 210~285 |
| 25 | 75 | | | | 183~266 | 210~200 |
| 20 | 80 | | | | 183~275 | 210~305 |
| 15 | 85 | | | | 227~288 | 260~320 |
| 10 | 90 | | | | 268~299 | 310~340 |
| 5 | 92.5 | 2.5 | | | 280 | 315~325 |
| 5 | 93.5 | 1.5 | | | 290~300 | 320~330 |
| 1 | 97.5 | 1.5 | | | 309 | 340~350 |
| 95 | | | 5 | | 232~240 | 265~375 |
| 43 | 43 | | | 14Bi | 144~163 | 180~195 |
| 35 | 63.2 | | 1.8 | | 185~238 | 215~270 |
| 42 | | | | 58Bi | 139 | 160~170 |
| 50 | 32 | | | 18Cd | 145 | 165~175 |
| | 97.5 | 2.5 | | | 305 | 335~345 |
| 20 | | | | 80Au | 280 | 310~320 |
| 50 | | | | 50In | 118~125 | 140~150 |
| 40 | 20 | | | 40In | 120~130 | 140~150 |
| | 75 | | | 25In | 250~265 | 280~295 |
| | 50 | | | 50In | 180~209 | 200~230 |
| | | | 5 | 95In | 143 | 165~175 |
| | | 3 | | 97In | 138 | 160~170 |
| | | | | 100In | 156 | 180~190 |

注:混合电路中所用焊膏多半是含银铅锡合金。各种含铜的合金用于金属-玻璃及金属-陶瓷的封装。

电子级焊膏在混合电路制造中更显示出它的优越性。人们可选用不同流变性的电子级焊膏,比较灵活地采用笔描、注射、丝网漏印等涂复方法,在混合电路的陶瓷衬底上印刷图案、凸台和其它结构,将元件与器件芯片直接粘上,然后一次加热焊上。因此,电子级焊膏适用于大量生产、自动组装及特别精细面积的焊接。它在微电子器件组焊中是一种很有前途的焊料。最近几年我国钎料科技工作者已在研制电子级焊膏,预期不久将会全面使用。

第二章 共晶焊

一、共晶焊原理

共晶焊又称低熔点合金焊接。共晶合金的基本特性是:两种不同的金属可在远低于各自的熔点温度下按一定重量比例形成合金。在微电子器件中最常用的共晶焊是把硅芯片焊到镀金的底座或引线框上去,即“金-硅共晶焊”。众所周知,金的熔点 1063℃,而硅的熔点更高,为 1414℃。但是如果按照重量比为 2.85%的硅和 97.15%的金组合,就能形成熔点为 363℃的共晶合金体,如图 1-2 合金相图所示。这就是金-硅共晶焊的理论基础。

金-硅共晶焊的焊接过程是指在一定的温度(高于 363℃)和一定的压力下,将硅芯片在镀金的底座上轻轻揉动摩擦,擦去界面不稳定的氧化层,使接触表面之间熔化,由二个固相形成一个液相。冷却后,当温度低于金硅共熔点(363℃)时,由液相形成的晶粒形式互相结合成机械混合物金-硅共熔晶体,从而使硅芯片牢固地焊接在底座上,并形成良好的低阻欧姆接触。

二、共晶焊方法

目前常用的共晶焊的方法有以下两种:

1. 手工焊接法:即用镊子钳住硅芯片,使其与加热的局部镀金底座作相对运动,去除接触面上的氧化物,使金-硅迅速共熔。其优点是装置简单、操作方便、灵活性大,适用各种不同尺寸的芯片。缺点是焊接精度和一致性差,芯片表面易被镊子划伤。

2. 超声擦动焊接法:其装置与超声压焊机相仿。焊刀将硅芯片吸住,在一定压力下,以 45~60kHz 的超声频率与加热的镀金底座作相对擦动,消除接触处的氧化物,使金-硅迅速共熔。焊刀一般采用传递机械能损失小和耐磨、耐高温性好的碳化钨硬质合金材料。这种焊接方法的优点是焊接一致性好,焊接速度快(小于 0.5s),位置精确。特别适合中、小功率器件的硅芯片与底座焊接。

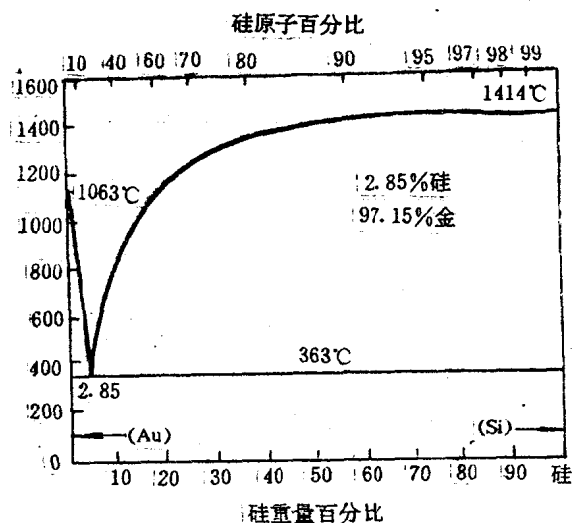


图 1-2 金-硅二元合金相图

尺寸较大(如 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 以上)的芯片最好用机械或电磁振动,所需的时间和振幅也要大一些。

影响焊接质量的因素有:温度、压力、焊接时间、擦动频率和幅度。此外,还有金层的厚度和金层的质量、硅片背面的氧化程度等等。一般从外观上来看,要求镀金层表面结晶致密呈金的本色,无发红现象,加热后不得变色。当金层疏松或过薄,焊接加热过程中不会发红,甚至发灰,就不能焊牢。对 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ 的硅芯片,需要有 $2 \mu\text{m}$ 以上的致密镀金层才能获得可靠的焊接。如果镀金层较薄($1 \mu\text{m}$)时,可预先在硅芯片背面蒸发一层金来弥补。随着硅芯片面积的增大,金层的厚度要相应增加。

为了对处于室温的硅芯片在焊接时焊区的热量损失及底座的热容量进行补偿,焊接温度要高于合金熔点,一般为 $410 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

当焊接较大面积的芯片时,为防止焊区温度下降过多和缩短焊接时间,可对焊刀加热,一般焊刀的温度在 $300 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下。

为了提高焊接质量,整个焊接过程可置于氢氮混合保护气氛中进行。一般混合气体的比例为: $\text{H}_2 : \text{N}_2 = 15\% : 85\%$,流量为每分钟不超过 1 公升。

第三节 还原焊

还原焊是在被焊零件之间放置一种金属盐(或金属氧化物),然后放在惰性气体(N_2)或还原气体(H_2)中加热,当金属盐(或金属氧化物)分解时,金属便沉淀在零件表面上,形成牢固的连接。这种方法常被用来焊接微电子器件的引线及芯片与底座的焊接。目前最广泛应用的还原焊是银浆低温烧结焊。它是硅平面小功率晶体管芯片与集成电路芯片焊到底座上的较成熟的方法之一。下面以银浆低温烧焊为例来介绍还原焊的基本情况。

一、银浆配制

表 1-2

| 材料名称 | 用 量 |
|------|---------|
| 氧化银 | 90 g |
| 氧化铋 | 1.4 g |
| 松 香 | 9 g |
| 松节油 | 37.5 ml |
| 蓖麻油 | 5.7 ml |

表 1-2 是常用的银浆配方。配方中氧化银是银的供给源,即焊料。松香是还原剂,氧化铋是助熔剂,松节油和蓖麻油是粘合剂。氧化铋能降低混和物的熔点。没有它时,氧化银的熔点为 $96 \text{ }^\circ\text{C}$,加入氧化铋后,氧化银在 $300 \sim 400 \text{ }^\circ\text{C}$ 下就可变成胶状溶液,并进行分解。蓖麻油的作用是使银浆具有适当的粘度,有利于银浆的均匀涂覆。这些有机物在

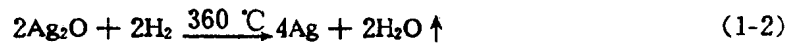
$300 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下都可以全部烧尽。将配好的银浆球磨 100 小时以上,即可使用。

二、银浆低温烧结基本过程

将球磨好的银浆涂到底座烧焊芯片处,再将芯片的被焊面和银浆接触。先置于 $120 \sim 140 \text{ }^\circ\text{C}$ 下烘干,除去银浆内的气泡。这时银浆由黑变绿,最后在少量氮气的气氛中加热到 $360 \sim 380 \text{ }^\circ\text{C}$ 保持 16~20 分钟。银浆在高温下受热分解还原成白色的银层,将芯片牢固地固定在底座上。其分解化学反应式是:



这种反应也可在 H_2 气氛中进行,其反应为:



也可用其它的金属盐类作焊料,但必须满足在低温下还原的条件,避免高温对器件中的 P-N 结特性的影响。

第二章 熔焊技术

第一节 电阻熔焊

电阻熔焊技术是微电子器件中应用比较广泛的一种焊接技术。它不仅在微型器件的内引线焊接中应用,并在很多半导体器件的管壳管座的封焊中都采用电阻熔焊。

一、电阻熔焊原理

电阻熔焊的基本原理是:在电阻很大的焊接处通过大电流(常用脉冲电流)产生焦耳热,在焊接点的附近形成一个高温区,将被焊件金属熔化,形成共同的熔核。熔核周围的金属处于塑性状态,形成包围熔核的塑性环。在加有压力的条件下金属表面紧密接触,金属原子之间进行扩散和再结晶,从而形成牢固的金属键结合。

电阻熔焊与钎焊相比,它能做到局部加热。这一优点对微电子器件的焊接很重要。它克服了钎焊在焊接时器件全部置于高温下而影响器件性能的缺点。

二、电阻熔焊法

1. 双面电极电阻熔焊法

在被焊件的上下两面各放一个电极,并以一定的压力将被焊件压紧,如图 2-1(a)所示。电极的形状可根据被焊对象不同而设计各种不同的形状。现在中、小功率晶体管的封管都采用双面电极电阻熔焊法,通常用储能电阻熔焊机。

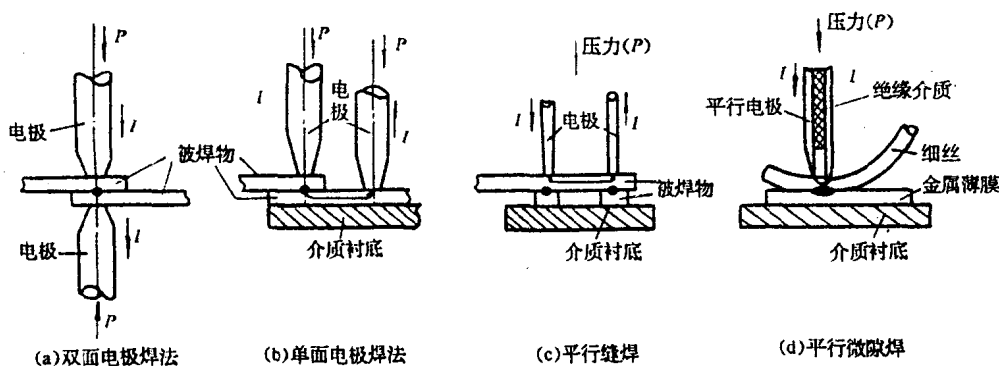


图 2-1 电阻熔焊的几种基本方法

电极形状和尺寸与被焊的晶体管管座、管帽一致。锗小功率合金管的内引线焊接采用镊子形式电极的双面电阻熔焊方法至今仍在生产中应用。

2. 单面接触电阻熔焊法

如图 2-1(b)所示。二个电极放置在同一水平面,其中一个电极放在上面的被焊件上,把二个被焊件在焊点处压紧;另一电极放在下面的被焊物上,离开焊接点稍远处,然后通电流,使焊点处金属熔化并焊牢。

3. 平行缝焊法

它又称作“单面平行缝焊”或“单面双电极电阻熔焊”或“分岔”电极焊。它是因混合集成电路元件组装及集成电路封盖的需要而发展起来的。其特点是电流大部分通过两个被焊件之一。焊点处都受到电极的压力使焊点处的金属熔化。如图 2-1(c)所示。一般平行缝焊的焊机都做成“滚焊”形式。

4. 平行微隙焊

它与平行缝焊法基本相同,其不同处是两电极靠得很近,可达 $10\sim 100\ \mu\text{m}$ 。这种方法一般用于焊接很细的器件内引线。焊接时先把两个电极放在上面的被焊物上(细丝、细带),对底下的被焊物压紧。电流流过时,主要使上面的被焊物受热,焊接既可以在电极下,也可以在两个电极的间隙中实现。如图 2-1(d)所示。在国外,平行间隙焊已在梁式引线微波器件及混合集成电路中应用。

第二节 微等离子体焊

微等离子体焊接是属于弧焊的一种形式。它是依靠焊接电流流过等离子体及由于等离子体的热量而产生惰性氩气离子流,使被焊件的金属熔化。这种焊接方法适用于微电子器件外壳的气密封装焊。

最近几年出现的脉冲微等离子体焊接,对高精度的要求和变形量小的薄件焊接非常有利。这种方法的应用在国外已有报导。

微等离子体焊接技术在国内还没有被应用到微电子器件生产上,其主要原因是焊接设备微型化有待于进一步改进。这种焊接方法预期将为微电子器件焊接作出积极贡献。

第三节 电子束焊

所谓电子束就是在强电场作用下,以很大速度从阴极向阳极移动的一束电子流。电子束焊接是利用这束高速电子流与被焊物(阳极)的焊接处表面相碰撞,使高速电子的动能转变为热能,焊点强烈受热而熔化,从而使两被焊物牢固地连接起来。

电子束焊接时,由于发生在焊接熔池内过程的复杂性和多样性,使世界各国对电子束焊接的理论和过程中的许多问题还在争论。但是电子束的密集性,高比功率和能准确调节输入到被焊物的功率的特点已使它具有如下优点:

1. 焊缝金属的化学成分纯净和热影响区小;
2. 焊接过程的精确性高、焊接零件变形小,接头的强度高;
3. 具有焊接复杂的接头和异种金属的可能性;
4. 生产率高,容易自动化和程序化。

一般电子束焊接都在真空度为 $133.322 \times (10^{-4} \sim 10^{-6})\text{Pa}$ 的高真空室中进行。最近国外报导,已实现在 $133.322 \times (10^{-1} \sim 10^{-3})\text{Pa}$ 的低真空室内进行电子束焊接。这给电子束焊接

的推广应用创造了条件。电子束焊接装置由图 2-2 所示。图中的电子束是靠阴极发射的电子,通过静电和电磁透镜成束,最后聚焦到被焊物的表面。经过适当的焦距调节,电子束加热点的有效面积可达 10^{-7} cm^2 ,电子束的能量密度最大可达 $5 \times 10^8 \text{ W/cm}^2$;

目前,电子束的焊接装置可以精确地控制和调节加热点的有效面积和热量,使被焊物在一个很小的范围内局部加热。因此,它是微电子焊接中最能保证质量的焊接方法之一。欧美许多国家已成功用地用电子束焊接来密封晶体管和集成电路的金属外壳及焊接混合集成电路的内引线。

但是,由于电子束焊接的设备复杂,要有真空室和高精度的控制装置,焊接成本高;而且电子束穿透深度较大,如控制不当会引起陶瓷衬底的过热和破裂。因此,在微电子器件中的应用仍受到一定限制。

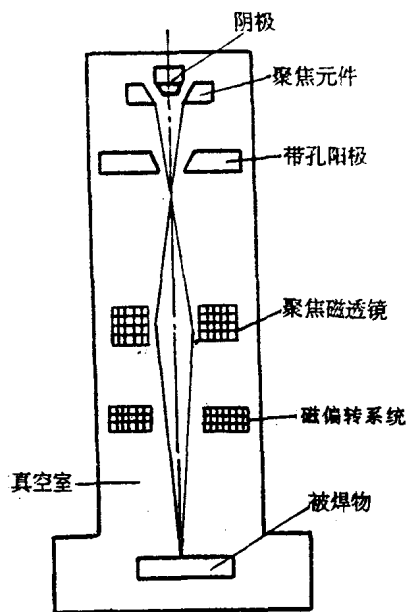


图 2-2 电子束焊接装置示意图

第四节 激光焊

激光是一种高强度的电磁射线,它是由光量子振荡器(激光器)产生光束,经过光学系统会聚成很小的(1 微米至几十微米)、高能量的(功率密度可达 $10^5 \sim 10^{13} \text{ W/cm}^2$)光点。

激光焊接是由激光辐射在时间和空间上提供一个能量高度集中的热源。在很小的区域(光斑直径小于 0.1 mm 或更小)和很短的时间内(小于 5 ms),使被焊的各种金属(包括热传导率很大的 Au、Ag、Cu、Al 和难熔的 W、Mo)熔化并形成牢固的焊点和焊缝。

激光焊接的主要优点是:

1. 激光作为热源能在很短时间内把较大的热量集中到极小的表面,即加热过程高度局部化,没有热应力。
2. 激光焊不需要电子束焊所要求的高真空环境,也不象钎焊那样把外加材料引入接点,大大简化了焊接操作,有利于自动化和程序化。
3. 激光焊是一种非接触式加热,且光束可穿透透光的物质(如玻璃、石英),所以可焊接难以接近的部位。

此外,激光焊具有焊缝质量高、可靠性好及密封性好的特点。若进行气密性封焊,一般都能容易地通过 $1 \times 10^{-4} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 的 A 级漏泄率标准。所以这是一种理想的高质量微电子器件焊接方法。

早在 1969 年科学家加利诺(Galiano)和卡尔(Carr)应用激光焊接梁式引线器件获得了成功,并完成了具有很强的单个键焊的金属融合。在国内,激光焊已在半导体器件金属外壳气密封装方面获得很好的成绩。图 2-3 为国内用激光焊封接的可伐合金混合集成电路的外壳实物相片。

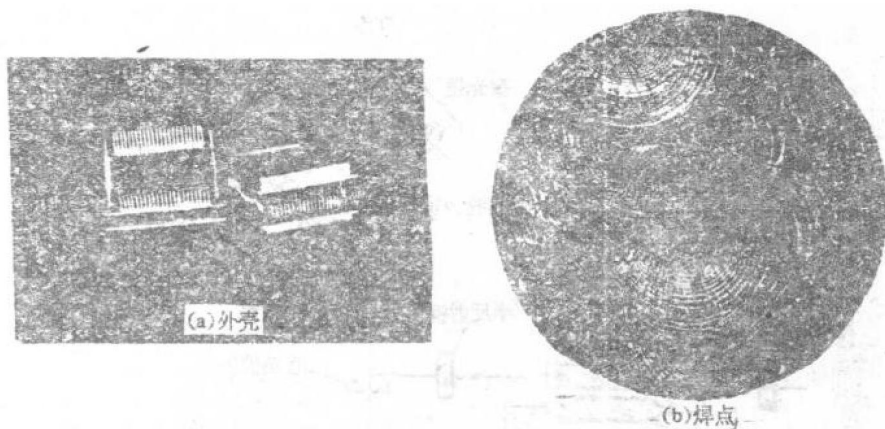


图 2-3 激光焊封接物

目前国内的激光焊接设备是采用以钕玻璃为工作物质的固体激光器。脉冲氙灯的闪光在聚光腔作用下成像在钕玻璃上,使钕玻璃中的钕离子产生粒子数反转,得到大量特征相同的光子受激辐射。再通过光学谐振腔的作用,使光放大足以弥补并超过反射面上的衍射、吸收、散射等损耗,产生光振荡形成激光束。输出的激光束经过物镜的作用,在焦面或其附近产生很高能量密度,使被焊件在高温(可达摄氏几千度)熔化,形成焊接。图 2-4 是目前国内使用的钕玻璃激光焊机原理图。

激光焊机由激光器、光学系统、电气系统和工作台四部分组成。激光器由聚光腔(谐振腔)、工作物(钕玻璃)和光泵(氙灯)组成。聚光腔采用内表面镀银抛光的椭圆柱面(或平行平面)。光泵是 $\phi 16 \times 200$ mm 重复频率的脉冲氙灯,工作物质是 $\phi 10 \times 220$ mm 的钕玻璃棒。氙灯和钕玻璃分别套在通冷水的 GG17 玻管中冷却(或用 0.5% 重铬酸钾溶液冷却)。谐振腔由两块平行度小于 $10''$ 的 $\phi 20$ mm,适用于 $1.06 \mu\text{m}$ 波长的近红外的多层介质膜片构成。一块全反射镜 $R=100\%$,一块半反射镜 $R=40\sim 60\%$ 。

激光焊机的光路(见图 2-4)由激光器输出的水平方向激光,经直角棱镜转为向下,再经过物镜聚焦在工件上。另一路是由测微目镜、菱形棱镜、正象棱镜、小物镜、大物镜构成放大 x 倍的显微镜($x=25\sim 100$),观察工件焊接情况。由灯泡和聚光镜构成照明系统。

电气系统是由主电路(包括可控硅调压器、高压变压器、高压整流电路、储能电容)、可控硅控制电路、氙灯触发电路、稳压电源等四个部分组成。由图 2-5 所示。

工作台是放被焊件的,被焊件放置在焦平面或焦平面的附近进行焊接。因此,工作台可做上下升降和水平方向的左右、前后微动。

影响激光焊接的主要参数是:输出激光的能量大小、被焊物与物镜的位置及激光的脉冲宽度。其中:

1. 输出激光的能量

它由激光器的储能系统决定,由电能转换成激光能量。如果电能转换成激光能量的效率为 η ,则输出激光的能量(E)为: