



普通高等教育“十二五”规划教材

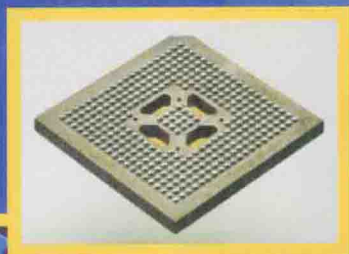
电子材料及其应用技术系列规划教材

微电子

Introduction to
Microelectronic Packaging

封装技术

胡永达 李元勋 杨邦朝◎编著



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
电子材料及其应用技术系列规划教材

微电子封装技术

胡永达 李元勋 杨邦朝 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书概括了目前使用的主流封装技术，主要介绍芯片的第一、二级封装，注重内容的系统性和实用性。全书分为4章，第1章介绍了微电子封装的概念和范畴；第2章介绍了芯片的键合方式，包括引线键合、载带焊和倒扣焊；第3章介绍了表面贴装和插装技术，介绍了铅锡焊料和无铅焊料；第4章介绍了塑封技术和所采用的高密度封装基板。

本书可以作为芯片封装和表面组装课程的教材，还可以作为广大从事电子信息产品制造工作的工程技术人员、管理干部和高校相关专业师生的参考用书。



微电子封装技术 / 胡永达, 李元勋, 杨邦朝编著. —北

京: 科学出版社, 2015.2

电子材料及应用技术系列规划教材

ISBN 978-7-03-043442-5

I. ①微… II. ①胡… ②李… ③杨… III. ①微电子技
术—封装工艺—高等学校—教材 IV. ①TN405.94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 036070 号

责任编辑: 杨 岭 黄 嘉 / 责任校对: 杨悦蕾

责任印制: 余少力 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年3月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2015年3月第一次印刷 印张: 10

字数: 210千字

定价: 42.00元

前 言

随着现代电子技术的飞速发展和移动互联网及物联网技术的普及，电子产品对便携、高速、低成本、多功能的要求与日俱增。近年来，半导体微电子技术高速发展，其相关产品的生产也出现了更加全面的分工协作，在全球已逐渐形成集成电路设计、制造、封装与测试三大产业群。其中，微电子封装与测试已经从芯片制造中独立出来，形成一个蓬勃发展的行业，成为半导体产业的支柱之一。

我国正处在微电子工业蓬勃发展的时代，作为世界第三大电子信息产品的制造国，世界许多著名的微电子技术公司把大量一级、二级封装转入我国生产，推动了我国封装技术的发展。目前，微电子封装材料及封装技术的开发和研究越来越受到重视，社会上对有关封装材料及封装技术出版物的需求日益增多，很多学校也开设了这一专业课程或学科方向。

电子组装和集成电路封装产业的发展，迫切需要许多掌握相关知识和技术的人才。本书较系统且尽量全面地阐述封装材料及封装技术，在参考微电子封装相关文献的基础上，结合作者在微电子封装领域的工作经验，对芯片键合、元器件组装和塑封技术等封装中大量采用的材料和技术手段进行了较为详细的介绍。

全书由李元勋、胡永达、杨邦朝共同完成，最后由杨邦朝教授完成了全书的统稿与整理。本书第1章介绍了微电子封装的概念和范畴，第2章主要介绍了芯片的键合方式，第3章介绍了表面贴装和插装技术及焊锡材料，第4章介绍了塑封技术和高密度布线基板。各章是相对独立的，可以根据教学要求进行取舍。

作者在编写本书的过程中参考了众多文献，未能一一列出，在此向原作者致敬。

最后还要感谢广东省引进创新科研团队计划资助(项目编号：201001D04713329)及广东省战略性新兴产业核心技术攻关项目资助(项目编号：2012A090100001)对本书出版的支持。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 电子封装概述	1
1.1 电子封装的定义和范围	2
1.1.1 电子封装的作用与功能	2
1.1.2 电子封装的层次	5
1.2 IC 封装的发展历史和种类	6
1.3 电子封装所涉及的技术课题	11
第 2 章 芯片键合	14
2.1 IC 芯片贴装	14
2.1.1 金属共晶体芯片贴装	15
2.1.2 焊锡芯片贴装	16
2.1.3 玻璃芯片贴装	17
2.1.4 有机粘接芯片贴装	17
2.2 芯片引线键合	19
2.2.1 IC 芯片引线键合	19
2.2.2 热压球焊	20
2.2.3 热超声球焊	20
2.2.4 引线楔形焊	22
2.2.5 WB 的性能	24
2.2.6 WB 的可靠性	24
2.3 TAB 技术	26
2.3.1 TAB 的制造	27
2.3.2 芯片上凸点的制造	30
2.3.3 内引线键合	31
2.3.4 芯片密封	34
2.3.5 OLB	34
2.4 芯片的倒装焊接技术	35

2.4.1	芯片倒装互连接结构	37
2.4.2	芯片凸点下金属化	38
2.4.3	凸点制作	40
2.5	倒装芯片下填充	48
2.6	倒装芯片互连接成品的电性能和可靠性	50
第3章	外引线焊接技术	53
3.1	焊接机理简介	54
3.2	波峰焊技术	56
3.2.1	助焊剂涂覆	57
3.2.2	预热	58
3.2.3	焊接	59
3.2.4	热风刀技术	60
3.3	再流焊技术	61
3.3.1	点胶技术	61
3.3.2	贴片工艺	62
3.3.3	焊膏印刷	63
3.3.4	再流焊	68
3.3.5	清洗	75
3.4	BGA	78
3.4.1	BGA 的种类	79
3.4.2	BGA 的焊接质量检测技术	87
3.5	CSP	89
3.5.1	CSP 的特点	89
3.5.2	挠性基板 CSP	90
3.5.3	刚性 PCB 基板的 CSP	91
3.5.4	晶圆级芯片尺寸封装	92
3.6	焊料	95
3.6.1	铅锡焊料	95
3.6.2	无铅焊料	98
第4章	塑封技术	103
4.1	塑料封装	103
4.1.1	简介	103

4.1.2	塑封的工艺流程	106
4.2	塑封用材料	110
4.2.1	引线框架	110
4.2.2	塑封用聚合物	114
4.2.3	COB 技术	124
4.3	塑料封装的主要失效模式	125
4.4	PBGA 封装	131
4.4.1	PBGA 封装的特点	131
4.4.2	塑料 BGA 封装结构和制造工艺	132
4.5	树脂基板的制造技术	134
4.5.1	传统 PCB 的制作技术	135
4.5.2	HDI 制作技术	139
4.5.3	PBGA 封装结构和制造工艺	146
主要参考文献		149

第 1 章 电子封装概述

目前, 电子信息技术已经深入到国民经济的各个领域, 与我们的日常生活息息相关。电子信息技术的飞速发展, 成为当今世界经济和社会发展的重要驱动力, 极大地改变了人们的生活和工作方式, 其发展程度也成为一个国家国力强弱的重要标志之一。信息产业已成为我国的战略性、基础性和先导性支柱产业, 而半导体集成电路(IC)技术则是电子信息技术的基石。近年来, 随着半导体微电子技术的高速发展, 在全球已逐渐形成了电子设计、电子制造和电子封装与测试三大产业群, 成为半导体产业的三大支柱。在设计、制造、封装和测试相对独立的电子产业中, 电子封装与测试产业群与前二者相比, 属于高技术劳动密集型产业, 每年需要大批高中级技术人才。同时, 电子封装与测试涉及的学科技术范围广, 带动的基础产业多, 近年来在我国迅速发展。

20 世纪 90 年代中期以后, 先进工业国家的 IC 已跨入高密度封装时代, 人们对电子整机性能的提高更多地转向了产品的封装技术。随着 CMOS 工艺的不断发展, 半导体芯片的线宽越来越小, 按照摩尔定律继续缩小的局限性日渐凸显。电子系统设计师们开始越来越多地转向以多芯片封装, 而不是继续依赖在单一芯片上集成更多的器件来提高系统性能。要满足这些功能, 除了依赖芯片设计与制造技术的快速发展之外, 对封装技术也提出了更高要求。因此, 20 世纪 90 年代以来, 微电子封装技术获得了“爆炸式”的发展。所表现出来的一个非常显著的特点是, 微电子封装迅速从面向器件逐步转为面向系统、面向最终用户, 电子封装的功能也在此基础上得到了极大的丰富与扩展。

近年来, 半导体及 IC 的发展以每年 30% 的速度增长。2012 年, 世界 IC 产值就已达到 3000 亿美元, 形成了一个巨大的信息产业, 发展 IC 对电子封装的重要作用就越加突出。一般说来, 一代电子整机, 便有对应的一代电路、一代器件和一代电子封装。在微电子技术领域, 芯片设计、芯片制造工艺和芯片封装三者已成为公认的缺一不可的技术重点。

现在, 随着更多的新型电子器件的出现, 如 MEMS(微电子机械系统)、MOEMS(微光电子机械系统)的大力发展, 电子封装从纯粹的芯片封装, 扩展到

了对电子机械、光电等器件的封装。因此，微电子封装直接影响着 IC 和器件的电、热、光及机械性能，还影响其可靠性和成本。在全世界范围内，随着“后摩尔时代”的到来，电子信息产业的竞争从某种意义上来说将主要体现在电子产品的封装方面。电子封装已从早期的为芯片提供机械支撑、保护和电热连接功能，发展至如今逐渐融入芯片制造技术和系统集成技术之中。同时，微电子封装还对整机、系统的小型化起着关键作用。

微电子器件封装是多学科的融合技术，它广泛涉及材料、电子、热学、机械、化学、可靠性等多种学科，是微电子器件发展不可分割的重要组成部分，日益受到工业界与学术界的广泛关注与重视。

电子产品向着轻薄短小、高频化方向发展，对电子封装起到强烈的推动作用。特别是移动通信产品，已从单一的通话功能，发展到现在集通信、摄像、照相、上网等功能于一体的现代综合型电子产品，今后几年其性能还会进一步提高，这也成为促进电子封装产业迅速发展的一个引擎。目前，许多跨国公司正集中力量开发将信息、通信、家电融为一体的终端电子产品。小型化、轻量化、高性能化、多功能化、低功耗化和低成本化，已成为这类电子产品的战略发展目标，并推动着微电子技术的进步与发展。

1.1 电子封装的定义和范围

1.1.1 电子封装的作用与功能

电子封装，是指把构成电子组件、模块的各个元件和芯片，按规定的电路要求合理布置、组装、键合、互连，并与外部环境隔离从而达到保护的一种综合的设计与制造技术。电子封装涉及的范围，狭义可泛指器件、芯片或组件的焊接、电互连和包封，广义可扩展到电子整机的组装与调试。电子封装技术随着电路、器件和元件的产生而产生，随着其发展而发展，并与半导体芯片技术的发展关系密切。而且，随着当前信息产业的高速成长，电子封装技术已独立于半导体产业，形成一个封装的新产业。

芯片制造分为前道(front end)工序和后道(back end)工序。前道工序包括裸芯片制作和电性能测试，具体工序有硅片氧化、扩散、离子注入、淀积、蚀刻、

光刻、溅射等；后道工序包括芯片划片、粘片、键合、塑封、印字、编带等。通常我们所说的芯片制造主要是指前道工序，后道工序即是封装测试工序。

一般说来，电子封装的基本功能包括电源供给、信号交流、散热、芯片保护、机械支撑等。由于电子产品是由半导体芯片、微型化无源元件和互连组合而成，封装和组装技术就构成了硅芯片等与电子系统之间的桥梁。随着微电子技术的飞速发展和应用范围日益扩大，对微电子封装也提出了更高的要求，以满足 IC 向小型化、高速化、高密度、高可靠性、大功率、多引脚、耐恶劣环境、长寿命等方向发展的需要。微电子器件封装对微电子技术的发展起着极其重要的作用。

对半导体 IC 和微电子器件来说，微电子封装具有以下 4 个基本功能。

1) 为芯片提供机械支撑和环境保护

硅芯片的脆性大，不耐受应力作用，通过封装可以防止外力对芯片的损害，还可以使芯片的热膨胀系数(coefficient of thermal expansion, CTE)与框架或基板的相匹配，这样就能缓解由于外部环境变化而产生的应力以及芯片在工作状态发热而产生的应力。

另外，芯片的有源器件主要集中在硅表面的几微米厚度的区域，这些有源器件还通过芯片表面的互连(铝或铜及其绝缘层)连接起来，如图 1-1 所示。这些区域很容易受到周边环境中的水汽或化学物质的侵蚀。因此，避免芯片受到物理机械损伤或外界化学物质的侵袭，尽可能地维持或不损伤芯片、电子元件、功能部件的性能，是封装的首要目的。

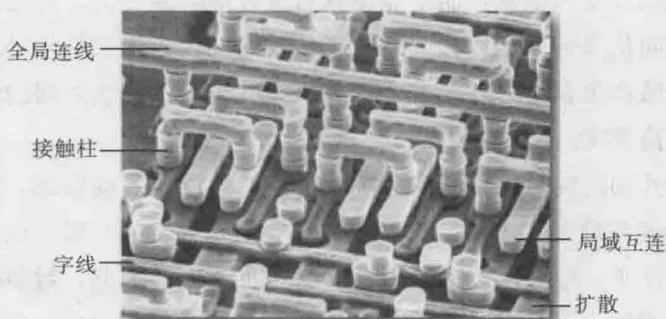


图 1-1 IC 芯片表面的互连(零级封装)

2) 电气连接

封装是实现芯片与其外围元件之间电气连接的重要手段。目前，芯片中 MOS 管的典型沟道尺寸已经达到 32 nm 以下，芯片的焊点尺寸达到 10 μm 数量

级, 芯片封装外部引脚尺寸达到 $100\ \mu\text{m}$ 数量级, 再到印制电路的毫米量级的线宽, 它们之间的电信号传输、芯片电源驱动, 都是通过封装和组装中的互连技术实现的。在这里, 封装对电路起到由小到大、由难到易、由复杂到简单的变换作用, 从而降低了材料费用和加工费用, 提高了工作效率和可靠性。

随着芯片的功耗增加和电路高速化, 对信号输入/输出(I/O)波形完整性、稳定的电源火线和地线系统, 以及降低电磁干扰的需求与日俱增。对于电源端口, 降低电源地线上的电感、直流电阻以及寄生电容尤为重要; 对于信号布线, 力求增加 I/O 端数目、减少布线长度、实现阻抗匹配和削减 LCR 的离散。

3) IC 外形的标准规格化

规格通用功能是指封装的尺寸、形状、引脚数量、节距、长度等有标准规格。芯片的 I/O 端口按标准分布, 可以获得更易于在装配中处理的引脚节距, 达到组装接口标准化, 从而提高后续组装中的处理能力。这样既便于加工, 也便于与后续工艺配合, 满足生产线的通用性要求, 对于封装用户、电路板厂家、芯片厂家都很方便。

4) 提供散热通路, 散逸半导体芯片工作时产生的热量

随着芯片的时钟频率提高、功能增加, 在单位面积上的电力消耗也相应增长, 对 IC 的散热也提出了更高要求, 冷却散热功能成为应当强化的领域。当芯片的功耗在 $2\sim 3\ \text{W}$ 以上时, 应在封装上安装散热片或者散热器; 若芯片的功耗在 $5\sim 10\ \text{W}$ 以上, 则必须强制冷却。

但必须注意的是, 电子封装虽然保障了芯片功能的发挥, 但是它只能使芯片的电性能降低或受到限制, 而不能使其自身性能得到提高。这是因为封装增加了裸芯片之间信号传输的距离, 延长了传输时间, 延迟了信号处理速度, 增大了信号的衰减和失真。另外, 封装对芯片或电子组件模块之间的时钟同步性等也都提出了更高要求。

目前, 芯片的封装问题已经成为微电子系统性能发展的瓶颈, 芯片的时钟频率、芯片速度等对封装提出了更加严格的要求。封装的发展方向是, 在实现封装功能的情况下, 尽量减少封装对芯片性能的影响。因此, 封装随着芯片的发展而进步, 有新一代的芯片就有新一代的封装技术与之对应。反之, 如果对新一代的芯片采用旧的封装方式, 则会延迟信号传输速度, 加剧信号的衰减和失真, 甚至导致 IC 无法使用。

1.1.2 电子封装的层次

电子封装包括两个主要功能,一个是 IC 封装或者叫做元件封装,另一个是系统封装。元件封装包括连接、供电、冷却和对 IC 本身的保护,元件封装起到了芯片载体的作用。元件的封装并不意味着一个特定系统的完成,因为一个系统往往是由很多有源和无源的器件组成的。系统级封装包括连接所有的器件,并将这些器件安装在系统级的电路板上。系统级印刷电路板也叫做主板,不仅仅载有这些器件,同时也提供了这些器件之间的连接,而使之成为有功能的产品。

一般来说,微电子器件的封装和互连可以分为 4 个等级:

(1)零级封装互连接是指半导体芯片内部的互连,也就是通常所说的裸芯片中各个 MOS 管之间的电连接,用于芯片内部信号传输或提供电源。一般来说,芯片是用铝作为金属化导线,二氧化硅(SiO_2)和有机低介聚合物作为电介质。最近,由于人们成功地用铜取代了铝,从而提高了芯片的导电性,同时采用低介电常数的有机材料,降低了电容,缩短了栅极的延迟时间,降低了互连线间干扰。该部分可以归入半导体芯片的制造领域,属于微电子加工的前道,如图 1-1 所示。

(2)一级封装是对裸芯片的密封保护,就是将芯片密封,封装成微电子 IC,就是我们平时所看到的 IC,包括半导体芯片与封装外壳的互连接,如引线键合连接、载带自动焊接、焊料凸点键合等。封装可以是陶瓷密封、金属封装或塑料(聚合物)封装。这属于微电子加工的后道。另外一种类型的一级封装是有关多芯片和晶圆级混合 IC 的装配,多半是大规模混合型封装、多器件一体封装等,它们包括多芯片组件(multichip module, MCM)、系统级封装(system in a package, SiP)等。

(3)二级封装是印刷电路板的组装和装配,是将上一级的各种微电子封装产品、其他类型的元件及少量裸芯片,如 IC 和阻抗元件等,在印制电路板(PCB)上焊接,这一级一般不再对整个电路加以包封。对于高频高密度电路,还包括布线的阻抗控制、连线的精细程度和电磁兼容以及低介电常数的介质材料的应用。

(4)三级封装是关于插件接口、主板及组件之间的互连接,这是一级密度更高、功能更全、更好也更为庞大复杂的组装技术,是把二级封装后的各个插板或插卡再共同插装在一个更大的母板上构成的,这实际上是一种立体组装技术。

它也涉及一些研究内容，主要是信号传输和电磁兼容。

以上4个等级之间的关系可以在图1-2中体现出来。这里主要讲解的是一级封装和二级封装中所涉及的互连技术方面的内容。

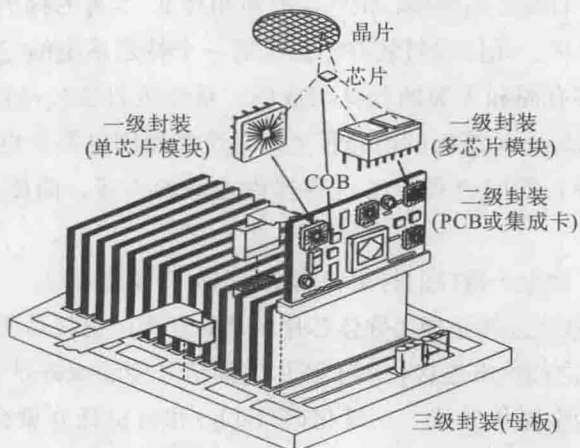


图1-2 微电子封装的层次

1.2 IC封装的发展历史和种类

自1958年世界上第一块半导体IC问世以来，在50多年时间里，微电子技术的核心及代表——IC技术已经历了5个时代，即小规模(SSI)、中规模(MSI)、大规模(LSI)、超大规模(VLSI)和甚大规模(ULSI)等时代的发展。但是，芯片并不是一个独立的工作体，为完成电路功能，它必须与其他芯片、外围电路相连接；由于集成度的迅速提高，一个芯片可以有几百条I/O端口，信号传输的延时及信号的完整性成为十分突出的问题；随着集成度的提高，单位芯片尺寸产生的热量也急剧增大，如何及时有效地散热，保证芯片电路能在允许温度以下正常工作，就成为又一个十分重要的问题；此外，为了保证芯片电路能在恶劣环境下(水气、化学介质、辐射、震动等)工作，也需要对芯片电路进行特殊保护。由此可见，要充分发挥芯片的性能，必须解决上述几方面的问题，对芯片进行封装是必不可少的。但是，如前所述，必须清楚地认识到对芯片所进行的封装与互连绝不会增加信号强度，也不会改进芯片的性能，而只会

限制其性能的发挥。因此,电子封装必须能够赶上芯片发展的步伐,把封装对芯片性能的影响降到最低。

评价一个封装质量的好坏,主要是看其 IC 封装参数,以下的三个参数是最主要的:

(1) I/O 终端数目,终端数目越大,封装引脚间距就越小。

(2) 芯片的尺寸,它关系到芯片与封装连接的可靠性。

(3) 功率,它影响到芯片以及系统封装的散热功能。

要适应 LSI 的发展,就必须开发新的封装材料,设计新的封装结构形式,以满足电子产品在大功率、高速度、高密度、高精度、高可靠性等方面的需要。而高密度封装总的原则是,在保证可靠性的前提下,提高速度、功率、散热能力,增加 I/O 数,减少尺寸和降低成本。

微电子封装技术是伴随着芯片的进步而发展起来的,一代芯片需要一代封装,它的发展史就是芯片性能不断提高、系统不断小型化的历史。以半导体封装为例,其大致可分为以下几个发展阶段,每个阶段都有其典型的封装形式。

第一个阶段可从 20 世纪 50 年代的晶体管封装开始追溯到 1947 年世界上发明的第一只半导体晶体管,它是以三根引线的 TO 型外壳封装为主,工艺主要是金属玻璃封装工艺。

第二个阶段为 20 世纪 70 年代的通孔插装 (THD) 时代,封装可由人工用手插入 PCB 的通孔中。芯片以 MSI 为代表,THD 时代以 TO 型封装和双列直插封装为代表,IC 的功能不高,引脚数较小(小于 64),板的装配密度不受重视,引脚间距较大,达到 2.54 mm 或 1.27 mm,引脚数的增加将意味着封装尺寸的增大,最大安装密度是 10 引脚/cm²。封装材料前期主要是陶瓷封装,为了降低成本,后期推出了塑封技术,其不足之处是信号频率较低,组装密度难以提高,不能满足高效率自动化生产的要求。典型的封装形式有 DIP、SIP、ZIP、PGA 等,见表 1-1 和图 1-3。

表 1-1 微电子封装的主要类型

缩写	名称		特征	
	英文名称	中文名称	材质	引脚或引脚间距
IC 引脚 插 入 型	DIP	dual in-line package	双列直插封装	P C 2.54 mm
	SIP	single in-line package	单列直插封装	P (1 方向引线)

续表

缩写	名称		特征	
	英文名称	中文名称	材质	引脚或引脚间距
IC 引脚插入型	ZIP	zigzag in-line package	Z形直插封装	P 2.54 mm (1方向引线)
	S-DIP	shrink dual in-line package	紧缩式双列直插封装	P 1.778 mm
	SK-DIP	skinny dual in-line package	薄型双列直插封装	C 2.54 mm P 宽度方向引线间距缩短 1/2
	PGA	pin grid array	针栅阵列封装	C 2.54 mm
IC SMT 型	SOP	small outline package	小外形封装	P 1.27 mm 2方向引线
	MSP	mini square package	微方形封装	P 1.27 mm 1.016 mm 4方向引线
	QFP	quad flat package	四边引脚扁平封装	P 1.0 mm 0.8 mm 0.65 mm 4方向引线
	FPG	flat package of glass	玻璃扁平封装	C 1.27 mm 0.762 mm 2方向引线 4方向引线
	LCC	leadless chip carrier	无引线片式载体	C 1.27 mm 1.016 mm 0.762 mm
	PLCC	plastic leaded chip carrier	塑料封装有引线片式载体	P 1.27 mm J形弯曲 4方向引线
	SOP SOJ	small outline(j-lead)package	小外形(J形)封装	P 1.27 mm J形弯曲 2方向引线
	BGA	ball grid array	球栅阵列封装	
	CSP	chip scale package	芯片尺寸封装	
	TAB	tape automated bonding	载带自动键合	
芯片键合类型	WB	wire bonding	丝焊	
	FC	flip chip	倒装焊	
	COB	chip on board	板上芯片	
	COF	chip on film	薄膜上芯片	
	COG	chip on glass	玻璃基芯片	
	3D-MCM	three dimensional multichip module	三维多芯片组件	
TF-MCM	thin film multichip module	薄膜多芯片组件		

注: P代表塑料封装, C代表陶瓷封装。

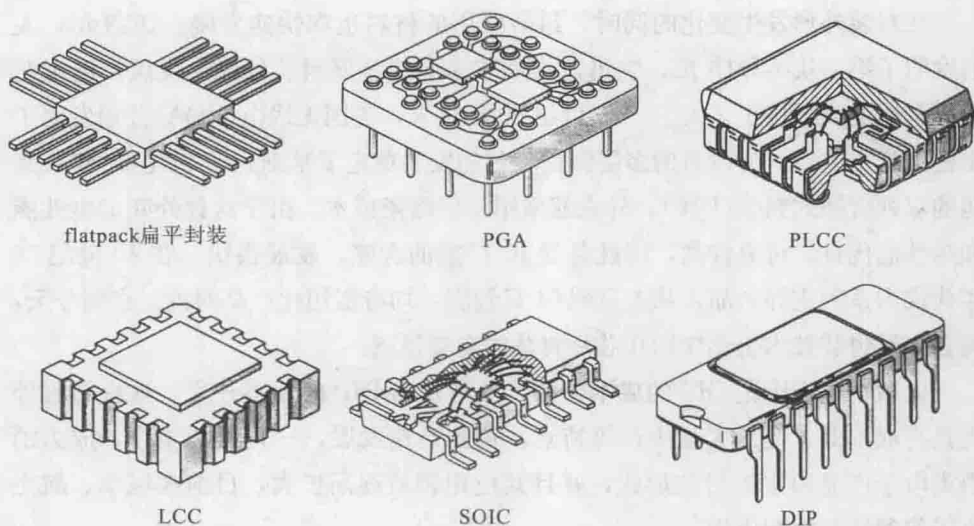


图 1-3 几种典型的微电子封装

第三个阶段是 20 世纪 80 年代开始的表面贴装技术(surface mount technology, SMT)时代, 芯片以 VLSI 为代表, SMT 时代的代表是小外形封装(SOP)和四边引脚扁平封装(QFP), 可以在 PCB 的两面进行组装, 大大提高了引脚数和组装密度, 是封装技术的一次革命。当时的贴装技术由日本主导, 因此周边引脚的间距为公制(1.0 mm, 0.8 mm, 0.65 mm, 0.5 mm, 0.4 mm), 并且确定了 80% 的收缩原则, 即引脚间距是按照 80% 进行递减, 其封装体的尺寸固定而周边的引脚间距根据需要变化, 提高了生产率。最大引脚数达到 300, 安装密度达到 10~50 引脚/cm², 此时也是金属引脚塑料封装的黄金时代。SMT 技术具有引线短、引线细、间距小、封装密度高、电性能好、体积小、重量轻、厚度小、易于自动化生产等优点, 但是在封装密度、I/O 数目以及电路工作频率方面, 难以满足高性能的 ASIC、微处理器芯片发展的需要。

第四个阶段是以 20 世纪 90 年代的球栅阵列(BGA)封装和针栅阵列(PGA)封装为标志, 目前实现了芯片尺寸封装(CSP)。BGA 的焊锡球是作为连接点而被排列在封装体的下表面, 从而极大地提高了表面安装封装的 I/O 终端数量。现代的小型手提电子产品要求更小、更薄和更轻的产品封装, 因而就出现了 CSP, 封装体的尺寸与芯片的尺寸相近。BGA 封装的引脚间距为 1.5 mm 和 1.27 mm 两种。引脚间距的扩大降低了失效率并提高了生产效率, BGA 封装的安装密度达到 40~60 引脚/cm², 见表 1-1 和图 1-3。BGA 封装和 CSP 具有电性能优良、散热快、I/O 数目多等特点, 是目前芯片封装的主流。

在封装外形发生变化的同时,封装所用的材料也在快速发展。1958年,人们发明了第一块半导体 IC,它迅速推动了多引线金属封装外壳的发展,但工艺仍以金属玻璃封接工艺为主。20世纪50年代末,美国无线电(RCA)公司发明了生瓷流延工艺,这为以后的多层陶瓷工艺的发展奠定了基础。20世纪60年代发明的双列直插式封装(DIP),外壳就采用多层陶瓷技术。由于这种外壳的电性能和热性能优良,可靠性高,因此备受 IC 厂家的青睐,发展很快,在20世纪70年代成为系列主导产品,从4只到64只管脚,均有实用化产品问世。直到今天,陶瓷多层封装技术仍然应用在芯片封装的高端领域。

之后,由于陶瓷 DIP 的成本较高,又开发出 DIP 的塑料外壳。这种塑封外壳具有成本低、便于大量生产等特点,得到迅速发展,一直延续至今,成为消费类电子产品的主流封装形式,并且其应用领域逐渐扩大,目前在医学、航空电子等领域都得到应用。

20世纪90年代以来,专用的 IC 模块迅速向 MCM 发展,即把多块裸芯片组装在一块高密度多层布线基板上,并封装在同一外壳中。MCM 被认为是当代电子封装的一次革命,发展势头良好,已形成 MCM-L、MCM-C、MCM-D、MCM-D/C 等多种形式。

随着芯片性能和组装密度的提高,以及更多器件,如光电器件、MEMS 与芯片的整合,微电子封装还在不断发展之中,发展趋势见图 1-4。

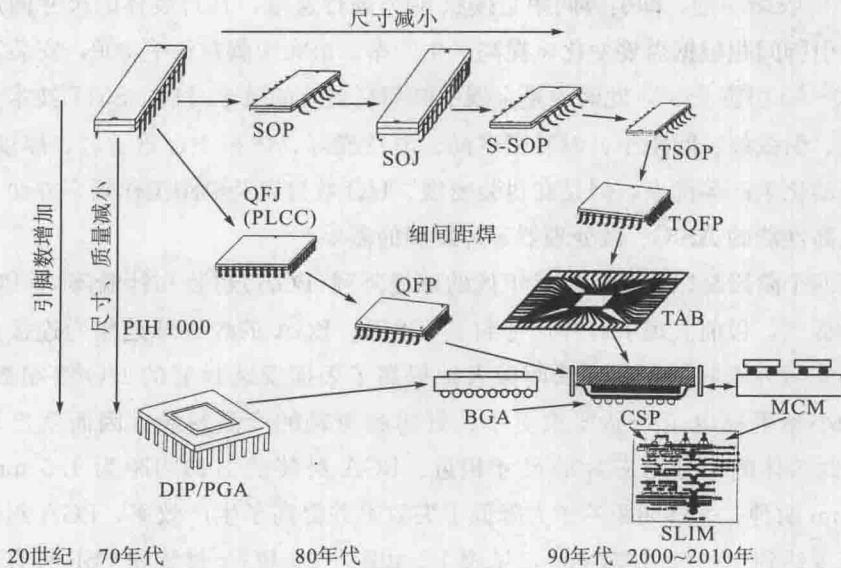


图 1-4 微电子封装技术的发展