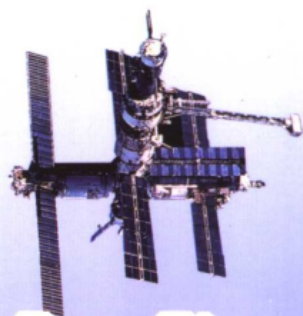


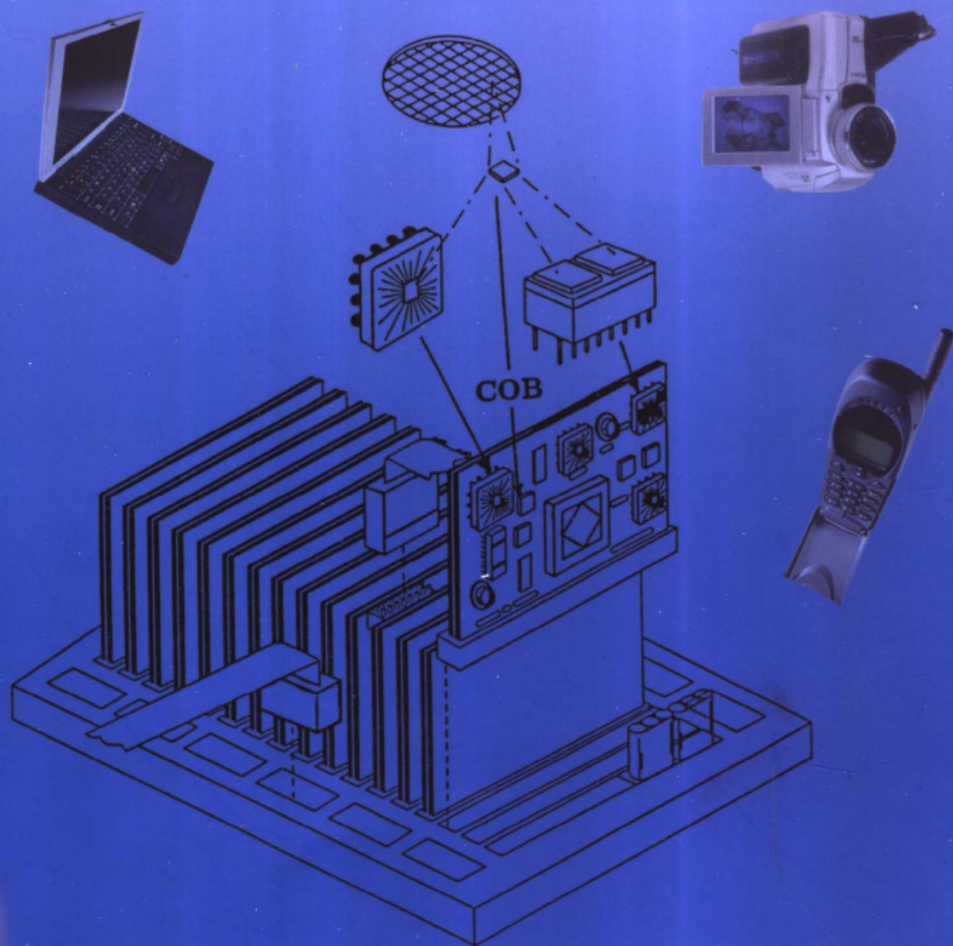
电子封装技术丛书



微电子封装技术

MICROELECTRONICS PACKAGING TECHNOLOGY

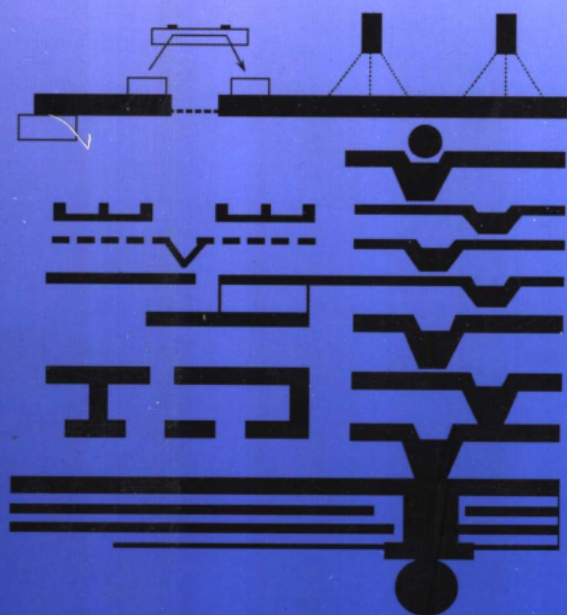
中国电子学会生产技术学分会丛书编委会 组编



中国科学技术大学出版社

责任编辑：李攀峰 杨 洋

封面设计：刘俊霞



ISBN 7-312-01425-9



9 787312 014253 >

ISBN 7-312-01425-9/TN·49

定价：95.00元

电子封装技术丛书

微电子封装技术

MICROELECTRONICS PACKAGING TECHNOLOGY

中国电子学会生产技术学分会丛书编委会 组编

中国科学技术大学出版社

2003·合肥

内 容 简 介

本书比较全面、系统、深入地论述了在晶体管和集成电路(IC)发展的不同历史时期出现的典型微电子封装技术,着重论述了当前应用广泛的先进 IC 封装技术——QFP、BGA、CSP、FCB、MCM 和 3D 封装技术,并指出了微电子封装技术今后的发展趋势。

全书共分 8 章,内容包括:绪论;芯片互连技术;插装元器件的封装技术;表面安装元器件的封装技术;BGA 和 CSP 的封装技术;多芯片组件(MCM);微电子封装的基板材料、介质材料、金属材料及基板制作技术;未来封装技术展望。书后还附有微电子封装技术所涉及的有关缩略语的中英文对照等,以便读者查阅。

本书涉及的知识面广,又颇具实用性,适合于从事微电子封装研发、生产的科技人员及从事 SMT 的业界人士阅读,也是高校相关专业师生的一本有价值的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微电子封装技术/中国电子学会生产技术学分会丛书编委会组编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2003.4

(电子封装技术丛书)

ISBN 7-312-01425-9

I. 微… II. 中… III. 微电子技术—封装技术 IV. TN405.94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 027015 号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号,230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787×1092/16 印张:20.5 字数:525 千

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册

ISBN 7-312-01425-9/TN·49 定价:95.00 元

电子封装技术丛书

编 委 会

顾 问：罗沛霖 俞忠钰 梁春广 许居衍
余寿文 杨玉良 龚 克 郭桂庭

主任委员：毕克允

副主任委员：张宋岳 高尚通 贾松良 马莒生
武 祥

常务编委：况延香 朱颂春

委 员：(按姓氏笔画排列)

丁荣峥	王新潮	石明达	叶明新
关白玉	汤纪南	许维源	李云秀
李仁柏	沈卓身	肖胜利	陈裕焜
林 叶	张 崎	罗 辑	郑兴利
周传明	郑宏宇	娄 虹	赵光云
姚秀华	徐立强	郭茂玉	顾毓沁
黄大河	董义成	蔡菊荣	

序

当前,全球已迎来了信息时代,电子信息技术极大地改变了人们的工作方式和生活方式,并成为体现一个国家国力强弱的重要标志之一。半导体集成电路技术是电子信息技术的基石。目前,半导体集成电路封装测试与设计和制造一起并称为半导体产业的三大支柱。

1947年晶体管发明的同时,也开创了微电子封装的历史。封装在满足器件的电、热、光、机械性能的基础上解决了芯片与外电路的互连问题,对电子系统的小型化、可靠性和性价比的提高起到了关键作用。

现代电子信息技术飞速发展,对电子产品的小型化、便携化、多功能、高可靠和低成本等提出了越来越高的要求。目前,微电子封装已逐渐摆脱作为微电子制造后工序的从属地位而相对独立,针对各种电子产品的特殊要求,发展出了多种多样的封装技术,如 QFP、BGA、CSP、FCB、MCM 和 3D 封装技术等。微电子封装测试技术与 IC 设计和 IC 制造等技术并列,既相对独立,又相互依存、相互促进,共同推动信息化社会的发展。

近几年来,我国微电子封装产业发展较快,对微电子封装技术方面的书籍也产生了迫切的需求。为此,中国电子学会生产技术学分会电子封装技术丛书编委会决定编著《微电子封装技术》一书,作为电子封装技术系列丛书之三正式出版。该书着重论述了目前较先进的主流封装技术和封装形式,对未来微电子封装工艺技术的发展趋势作了展望,同时还简要介绍了与微电子封装技术密切相关的电子设计、电子材料、测试技术和可靠性等内容。本书对微电子封装及相关行业的科研、生产、应用工作者都会有较高的使用价值,对高等院校相关专业的师生也具有一定的参考价值。

微电子封装技术正值发展时期,新理论、新技术、新工艺和新产品不断出现。我相信本书的出版发行对微电子封装行业的发展会起到积极的推动作用,特向所有关心我国微电子封装技术发展的领导和工程技术人员致以衷心的感谢。

最后容我说明一下,在本书的编著、出版过程中,长期从事微电子封装技术研究工作的况延香、朱颂春两位高级工程师和高尚通教授做了大量艰苦、细致的工作。对于他们个人的付出,我表示由衷的感谢和钦佩。

畢克允

2002.10

前 言

现代电子信息技术飞速发展,极大地推动着电子产品向多功能、高性能、高可靠、小型化、便携化及大众化普及所要求的低成本等方向发展,而满足这些要求的基础与核心乃是 IC,特别是 LSI 和 VLSI。但是,IC 芯片要经过合适的封装,才能达到所要求的电、热、光、机械等性能,满足使用要求;同时,封装也对芯片起到保护作用,使其可以长期可靠地工作。对中、小规模 IC 芯片,因 I/O 引脚不多,可采用 TO、DIP 或 SOP 封装形式;对有数十个至数百个 I/O 引脚的 LSI 芯片,就要采用 PLCC、QFP 或 PGA 的封装形式;而对 I/O 引脚数高达数百个乃至数千个的 VLSI 芯片,或虽然 I/O 引脚数较少(如数十个至数百个),但对封装效率(芯片面积/封装面积)要求较高的 LSI 和 VLSI 芯片,就要采用更为先进的封装结构,如 BGA、CSP、FCB、MCM 或 3D 封装等。

在电子封装技术中,微电子封装更是举足轻重,所以 IC 封装在国际上早已成为独立的封装测试产业,并与 IC 设计和 IC 制造共同构成 IC 产业的三大支柱。而 IC 封装又在各种电子装备的轻、薄、短、小化及便携化等方面起到关键作用。所以,在一定意义上说,正是 IC 封装,特别是先进 IC 封装技术的发展,推动着电子装备不断升级换代,推动着电子信息技术高速发展。

我国的 IC 产业经过多年的发展,已有了长足的进步,其中 IC 封装测试产业正在崛起,但与我国对 IC 的巨大需求相比仍相差甚远,目前国内只能满足需求量的 15%,封装能力也严重不足,且 70% 以上的封装产品为 DIP、SOP 和 QFP 的中、低档封装产品,BGA 和 CSP 刚开始起步。在这种形势下,国家出台了一系列鼓励 IC 产业发展的政策,使我国的 IC 产业正跨越式发展。此时,国外各大电子公司和我国台湾的电子公司也纷纷到我国大陆投资建厂,发展 IC 产业。

伴随着我国 IC 产业的发展,特别是 IC 封装产业的发展,封装业界人士迫切需求封装方面的书籍。为了满足业界这一需求,1997 年四川省电子学会 SMT 专业委员会苏曼波秘书长与况延香、朱颂春两位同志商定编写《现代微电子封装技术》一书。该书目录经原信息产业部电子科学研究所副院长毕克允教授和中国电子学会常务理事、原生产技术学分会主任委员郭桂庭教授审定后,开始着手编写,并于 1999 年作为内部资料在业界问世。2000 年,毕克允教授根据 IC 封装产业发展的形势,提出组织编写一部能反映 IC 最新封装技术进展的专业书籍,拟纳入电子封装技术丛书系列正式出版,以便更有效地进行电子封装知识的普及,况延香、朱颂

春两位高级工程师随即着手撰写。全书最终目录结构由编委会主任委员毕克允教授于2002年6月6日在合肥主持编委会会议,经充分讨论后最后确定。本书较全面、系统、深入地论述了不同时期具有代表性的微电子封装技术,重点论述了先进IC封装技术,如BGA、CSP、FCB、MCM和3D封装等,并展望了未来微电子封装技术的发展趋势。本书的特点在于对国际上先进IC封装技术介绍的及时性,对IC封装行业研发、生产和应用市场的针对性以及对未来微电子封装技术发展趋势展望的前瞻性。

本书由中国电子科技集团公司第43研究所况延香高级工程师撰写第1、2、3、4、8章,朱颂春高级工程师撰写第5、6、7章,中国电子科技集团公司第13研究所副总工程师高尚通教授对第1、3、5、8章作了部分补充和认真修改,三人共同对全书进行了统编。编委会主任委员毕克允教授全面组织和领导了编写与出版工作;中国电子科技集团公司武祥处长对本书的编写和出版进行了协调工作;清华大学贾松良教授和信息产业部电子第4研究所陈裕焜教授对第2、5章,中国电子科技集团公司第58研究所丁荣峥高级工程师对第6章,复旦大学叶明新副教授和中国电子科技集团公司第55研究所林叶教授对第7章,宜兴电子器件总厂汤纪南高级工程师和中国电子科技集团公司第13研究所郑宏宇高级工程师对第3、4章,武汉钧菱公司董义成总经理对第1章,都进行了认真细致的审阅与修改;《电子与封装》杂志主编蔡菊荣高级工程师提供了《部分微电子封装词汇(含缩略语)》,并对本书提出了许多宝贵意见。此外,其他编委会委员也对本书提出了很多宝贵意见和建议。

本书共分8章,分别是第1章“绪论”,第2章“芯片互连技术”,第3章“插装元器件的封装技术”,第4章“表面安装元器件的封装技术”,第5章“BGA和CSP的封装技术”,第6章“多芯片组件(MCM)”,第7章“微电子封装的基板材料、介质材料、金属材料及基板制作技术”,第8章“未来封装技术展望”。

本书是在各有关上级领导的热情关怀下,在众多专家和同仁的大力帮助下完成的,值此本书出版之际,特表示诚挚的谢意。

最后,还要感谢中国科学技术大学出版社的同志为本书出版所做的大量工作,特别是该出版社的李攀峰编辑,以严谨的作风、认真细致的工作态度和良好的合作精神,圆满完成编辑工作,才使本书得以高质量出版。

本书在微电子封装的专业深度及相关理论的阐述上或有欠缺;另外,由于编者水平所限,虽吸收了编委和专家们的许多意见或建议,书中仍难免有不足甚至差错,敬请业界人士及广大读者不吝赐教。

电子封装技术丛书编委会

2002年10月

目 录

序	(I)
前言	(III)
第1章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 微电子封装技术的演变	(1)
1.1.2 微电子封装技术	(3)
1.1.3 微电子封装技术的重要性	(9)
1.1.4 我国微电子封装技术的现状及对策	(10)
1.2 微电子封装技术的分级	(11)
1.2.1 芯片互连级(零级封装)	(12)
1.2.2 一级微电子封装技术	(15)
1.2.3 二级微电子封装技术	(15)
1.2.4 三级微电子封装技术	(18)
1.2.5 三维(3D)封装技术	(18)
1.3 微电子封装的功能	(19)
1.4 微电子封装技术发展的驱动力	(19)
1.5 微电子封装技术与当代电子信息技术	(21)
第2章 芯片互连技术	(22)
2.1 概述	(22)
2.2 引线键合(WB)技术	(23)
2.2.1 WB的分类与特点	(23)
2.2.2 引线键合的主要材料	(24)
2.2.3 Au—Al焊接的问题及其对策	(26)
2.3 载带自动焊(TAB)技术	(27)
2.3.1 TAB技术发展简况	(27)

2.3.2	TAB 技术的优点	(27)
2.3.3	TAB 的分类和标准	(28)
2.3.4	TAB 技术的关键材料和关键技术	(29)
2.3.5	TAB 芯片凸点的设计制作要点	(31)
2.3.6	TAB 载带的设计要点	(31)
2.3.7	TAB 载带的制作技术	(33)
2.3.8	TAB 的焊接技术	(37)
2.3.9	TAB 的可靠性	(39)
2.3.10	凸点载带自动焊(BTAB)简介	(41)
2.3.11	TAB 引线焊接机	(42)
2.3.12	TAB 的应用	(43)
2.4	倒装焊(FCB)技术	(44)
2.4.1	倒装焊的发展简况	(44)
2.4.2	芯片凸点的类别	(46)
2.4.3	芯片凸点的制作工艺	(46)
2.4.4	凸点芯片的 FCB 技术	(60)
2.4.5	C4 技术与 DCA 技术的重要性	(69)
2.4.6	FCB 的可靠性	(70)
2.4.7	倒装焊接机简介	(75)
2.5	埋置芯片互连——后布线技术	(76)
2.6	芯片互连方法的比较	(77)
第3章	插装元器件的封装技术	(79)
3.1	概述	(79)
3.2	插装元器件的分类与特点	(80)
3.3	主要插装元器件的封装技术	(80)
3.3.1	插装型晶体管的封装技术	(80)
3.3.2	SIP 和 DIP 的封装技术	(82)
3.3.3	PGA 的封装技术	(86)
3.3.4	金属外壳制造和封装技术	(87)
第4章	表面安装元器件的封装技术	(96)
4.1	概述	(96)

4.1.1	表面安装元器件	(96)
4.1.2	SMD 的优势	(97)
4.1.3	SMD 的不足	(98)
4.2	SMD 的分类及其特点	(99)
4.2.1	按封装外形分类及其特点	(99)
4.2.2	按封装材料分类及其特点	(99)
4.3	主要 SMD 的封装技术	(101)
4.3.1	“芝麻管”的封装技术	(101)
4.3.2	圆柱形无引脚安装(MELF)二极管的封装技术	(101)
4.3.3	小外形晶体管(SOT)的封装技术	(102)
4.3.4	IC 小外形封装(SOP)技术	(103)
4.3.5	塑料有引脚片式载体(PLCC)封装技术	(107)
4.3.6	陶瓷无引脚片式载体(LCCC)封装技术	(108)
4.3.7	四边引脚扁平封装(QFP)技术	(110)
4.4	塑料封装吸潮引起的可靠性问题	(115)
4.4.1	塑料封装吸潮问题的普遍性及危害	(115)
4.4.2	塑料封装吸潮引起的开裂现象	(116)
4.4.3	塑料封装吸潮开裂的机理	(116)
4.4.4	塑料封装吸潮开裂的对策	(118)
第5章	BGA 和 CSP 的封装技术	(121)
5.1	BGA 的基本概念、特点和封装类型	(121)
5.1.1	BGA 的基本概念和特点	(121)
5.1.2	BGA 的封装类型和结构	(121)
5.2	BGA 的封装技术	(124)
5.2.1	PBGA 的封装技术	(124)
5.2.2	TBGA 的封装技术	(125)
5.2.3	CBGA 和 CCGA 的封装技术	(126)
5.3	BGA 的安装互连技术	(127)
5.3.1	BGA 的焊球分布	(127)
5.3.2	BGA 焊接用材料	(128)
5.3.3	BGA 安装与再流焊接	(128)
5.3.4	BGA 的焊接质量检测技术	(128)

5.4	CSP 的封装技术	(131)
5.4.1	概述	(131)
5.4.2	CSP 的主要类别和工艺	(131)
5.5	BGA 与 CSP 的返修技术	(139)
5.5.1	返修工艺	(139)
5.5.2	返修设备简介	(140)
5.6	BGA、CSP 与其他封装技术的比较	(140)
5.7	BGA 与 CSP 的可靠性	(145)
5.7.1	概述	(145)
5.7.2	焊球连接缺陷	(146)
5.7.3	PBGA 安装件的焊点可靠性试验	(148)
5.8	BGA 与 CSP 的生产和应用	(153)
5.8.1	概述	(153)
5.8.2	典型应用实例介绍	(156)
第6章	多芯片组件(MCM)	(158)
6.1	MCM 概述	(158)
6.2	MCM 的概念、分类与特性	(159)
6.3	MCM 的设计	(163)
6.3.1	设计概述	(163)
6.3.2	MCM 的设计分析	(165)
6.4	MCM 的热设计技术	(177)
6.4.1	热分析的数学方法	(178)
6.4.2	热分析的应用软件	(180)
6.4.3	热设计实例	(181)
6.4.4	两类冷却技术的比较	(185)
6.5	MCM 的组装技术	(187)
6.5.1	概述	(187)
6.5.2	芯片与基板的连接技术	(187)
6.5.3	基板与封装外壳的连接技术	(190)
6.6	MCM 的检测技术	(191)
6.6.1	概述	(191)
6.6.2	基板测试	(191)

6.6.3	元器件的测试	(192)
6.6.4	组件的功能检测与故障诊断	(194)
6.7	MCM 的返修技术	(196)
6.7.1	概述	(196)
6.7.2	返修的几种常用方法	(198)
6.8	MCM 的 BGA 封装	(202)
6.8.1	概述	(202)
6.8.2	AT&T 公司带外壳及灌硅胶的 MCM BGA 工艺流程简介	(203)
6.8.3	封装中的几个问题	(205)
6.9	MCM 的可靠性	(206)
6.9.1	热应变测量	(206)
6.9.2	可靠性试验	(206)
6.10	MCM 的应用	(207)
6.10.1	概述	(207)
6.10.2	典型应用实例介绍	(207)
第7章	微电子封装的基板材料、介质材料、金属材料及基板制作技术	(210)
7.1	基板材料	(210)
7.1.1	概述	(210)
7.1.2	几种主要基板材料	(215)
7.2	介质材料	(225)
7.2.1	概述	(225)
7.2.2	几种介质材料	(226)
7.3	金属材料	(233)
7.3.1	基本薄膜金属化材料	(233)
7.3.2	辅助薄膜金属化材料	(235)
7.3.3	基本厚膜金属化材料	(235)
7.3.4	辅助厚膜金属化材料	(236)
7.4	几种典型基板的制作技术	(236)
7.4.1	厚膜多层基板的制作技术	(236)
7.4.2	低温共烧多层基板的制作技术	(238)
7.4.3	薄膜多层基板的制作技术	(241)
7.4.4	MCM-C/D 的基板制作技术	(246)

7.4.5 PWB 的制作技术	(248)
7.5 大功率密度封装基板及散热冷却技术	(255)
7.5.1 概述	(255)
7.5.2 大功率密度封装的基板材料	(256)
7.5.3 大功率密度封装的基板金属化技术	(258)
7.5.4 大功率密度封装的散热冷却技术	(259)
第8章 未来封装技术展望	(262)
8.1 概述	(262)
8.2 未来封装技术的几大趋势	(264)
8.2.1 DCA(特别是FCB技术)将成为未来微电子封装的主流形式	(264)
8.2.2 三维(3D)封装技术将成为实现电子整机系统功能的有效途径	(267)
8.2.3 无源元件将走向集成化	(279)
8.2.4 基板中埋置无源元件是多层互连基板的发展方向	(282)
8.3 系统级封装——新世纪的微电子封装技术	(283)
8.3.1 各类系统级封装简介	(283)
8.3.2 SLIM 的工艺技术	(286)
8.3.3 SLIM 封装中的相关材料	(286)
8.3.4 SLIM 面临的研究课题	(289)
8.4 圆片级封装(WLP)技术将高速发展	(290)
8.4.1 概述	(290)
8.4.2 WLP 的工艺技术	(291)
8.5 微电子机械系统(MEMS)封装技术正方兴未艾	(292)
8.5.1 概述	(292)
8.5.2 MEMS 的制作技术	(293)
8.5.3 MEMS 的封装技术	(293)
8.5.4 MEMS 技术的发展特点	(296)
8.6 我国的 MEMS 封装技术	(297)
附录1 中英文缩略语	(298)
附录2 常用度量衡	(303)
主要参考文献	(309)

第1章 绪 论

1.1 概 述

1.1.1 微电子封装技术的演变

自1947年美国电报电话公司(AT&T)贝尔实验室的三位科学家巴丁、布赖顿和肖克莱发明第一只晶体管起,就同时开创了微电子封装的历史。为便于晶体管在电路中使用和焊接,要有外壳外接引脚;为了固定小小的半导体芯片,要有支撑它的外壳底座;为了防护芯片不受大气环境污染,也为了使其坚固耐用,就必须有把芯片密封起来的外壳等。20世纪50年代以三根引线的TO(Transistor Outline,简称TO,又称为晶体管外壳)型金属-玻璃封装外壳为主,后来又发展为各类陶瓷、塑料封装外壳。随着晶体管的日益广泛应用,晶体管取代了电子管的地位,其工艺技术也日臻完善。随着电子系统的小型化、高速化、高可靠性的要求提高(例如电子计算机),必然要求电子元器件小型化、集成化。这时的科学家一方面不断地将晶体管越做越小,电路间的连线也相应缩短;另一方面,电子设备系统众多的接点严重影响整机的可靠性,使科学家想到将大量的无源元件和布线同时形成的方法,做成所谓的二维电路,这就是后来形成的薄膜或厚膜集成电路,再装上有源器件晶体管,就形成了混合集成电路(Hybrid Integrated Circuit,简称HIC)。与此同时,科学家想到,何不把组成电路的元件和布线像晶体管那样也做到一块硅(Si)片上来,实现电路的微型化呢?这就是单片集成电路(Monolithic Integrated Circuit,简称MIC)的思想。

于是,晶体管经过10年的发展后,在1958年科学家研制成功第一块集成电路(IC)。这样集成多个晶体管的硅IC的输入/输出(I/O)引脚也相应增加了,这就大大推动了多引脚封装外壳的发展,不过,仍以TO型的金属-玻璃封装外壳为主。由于IC的集成度越来越高,20世纪60年代中期,IC由集成 $2^1 \sim 2^6$ 个元件的小规模IC(Small Scale Integration,简称SSI)迅速发展成集成 $2^6 \sim 2^{11}$ 个元件的中等规模IC(Medium Scale Integration,简称MSI),相应的I/O引脚也由数个增加至数十个,因此,要求封装引脚越来越多,原来的TO型封装外壳已难以适应。于是,20世纪60年代就开发出了双列直插式引脚封装(Double In-line Package,简称DIP)。这种封装结构很好地解决了陶瓷与金属引脚的结合问题,热性能和电性能俱佳。DIP一出现就赢得了IC厂

家的青睐,很快获得了推广应用,I/O 引脚数为 4~64 的 DIP 均开发出系列产品,成为 20 世纪 70 年代中小规模 IC 电子封装的系列主导产品。后来又相继开发出塑封 DIP,既大大降低了成本,又便于工业化生产,在大量民品中迅速广泛使用,至今仍然沿用。

20 世纪 70 年代是 IC 飞速发展的时期,一块硅片已可集成 $2^{11} \sim 2^{16}$ 个元器件,称为大规模 IC (Large Scale Integration, 简称 LSI)。这时的 LSI 与前面其他类型的 IC 相比,已使集成度由量变发生了质变。不单纯是元器件集成的数量大大增加 ($10^7 \sim 10^8$ MOS/cm²),而且集成的对象也发生了根本变化,它可以是一个具有复杂功能的部件(如电子计算器),也可以是一台电子整机(如单片电子计算机)。一方面集成度迅速增加,另一方面芯片尺寸在不断扩大。

随着 20 世纪 80 年代出现的电子组装技术的一场革命——表面安装技术(SMT)的迅猛发展,与此相适应的各类表面安装元器件(Surface Mount Component/Device,简称 SMC/SMD)电子封装也如雨后春笋般出现,诸如无引脚陶瓷片式载体(Leadless Ceramic Chip Carrier,简称 LCCC)、塑料有引脚片式载体(Plastic Leaded Chip Carrier,简称 PLCC)和四边引脚扁平封装(Quad Flat Package,简称 QFP)等,并于 80 年代初达到标准化,形成批量生产。由于改性环氧树脂材料的性能不断提高,使封装密度高、引脚节距小、成本低、适于大规模生产、并适合用于 SMT 的塑料四边引脚扁平封装(Plastic Quad Flat Package,简称 PQFP)迅速成为 20 世纪 80 年代电子封装的主导产品,I/O 引脚也高达 208~240 个。同时,用于 SMT 的中、小规模 IC 的封装以及 I/O 数不多的 LSI 芯片封装采用了由荷兰飞利浦公司 20 世纪 70 年代研制开发出的小外形封装(Small Outline Package,简称 SOP),这种封装其实就是适用于 SMT 的 DIP 变形。

20 世纪 80 年代至 90 年代,随着 IC 的特征尺寸不断减小以及集成度不断提高,芯片尺寸也不断增大,IC 发展到了超大规模 IC (Very Large Scale Integration,简称 VLSI)阶段,可集成 $2^{16} \sim 2^{21}$ 个元器件,其 I/O 引脚数也达到数百个,甚至超过 1 000 个。原来四边引脚的 QFP 及其他类型的电子封装,尽管引脚节距一再缩小(例如,QFP 已达到 0.3 mm 的工艺技术极限),也不能满足封装 VLSI 的要求。于是,电子封装引脚由周边型发展成面阵型,如针栅阵列(Pin Grid Array,简称 PGA)封装。然而,用 PGA 封装低 I/O 引脚数的 LSI 尚有优势,而用它封装高 I/O 引脚数的 VLSI 时就无能为力了。一是体积大,又太重;二是制作工艺复杂,而且成本高;三是不能使用 SMT 进行表面安装,难以实现工业化规模生产。综合了 QFP 和 PGA 的优点后,于 90 年代初终于研制开发出新一代微电子封装——焊球阵列(Ball Grid Array,简称 BGA)封装。至此,多年来一直大大滞后于芯片发展的微电子封装,由于 BGA 的开发成功而终于能够适应芯片发展的步伐。然而,历来存在的芯片小而封装大的矛盾至 BGA 也并没有真正解决。例如,20 世纪 70 年代流行的 DIP 封装,以 40 个 I/O 引脚的 CPU 芯片为例,封装面积与芯片面积之比为 $(15.24 \times 50) : (3 \times 3) = 85:1$;80 年代的 QFP 封装尺寸固然大大减小,但封装面积与芯片面积之比仍然很大。例如,以 0.5 mm 节距、有 208 个 I/O 引脚的 QFP 为例,要封装 10 mm 见方的 LSI 芯片,需要的封装尺寸为 28 mm 见方,这样,封装面积与芯片面积之比仍为 $(28 \times 28) : (10 \times 10) = 7.8:1$,即封装面积仍然比芯片面积大 7 倍左右。

令人高兴的是,美国和日本继开发出 BGA 之后,又开发出芯片尺寸封装(Chip Size Package,简称 CSP)。CSP 的封装面积与芯片面积之比小于 1.2:1,这样,CSP 解决了长期存在的芯片小而封装大的根本矛盾,足以再次引发一场微电子封装技术的革命。

然而,随着电子技术的进步和信息技术的飞速发展,电子系统的功能不断增强,布线和安装密度越来越高,加上向高速、高频方向发展,应用范围也更加宽广,等等,都对所安装的 IC 的