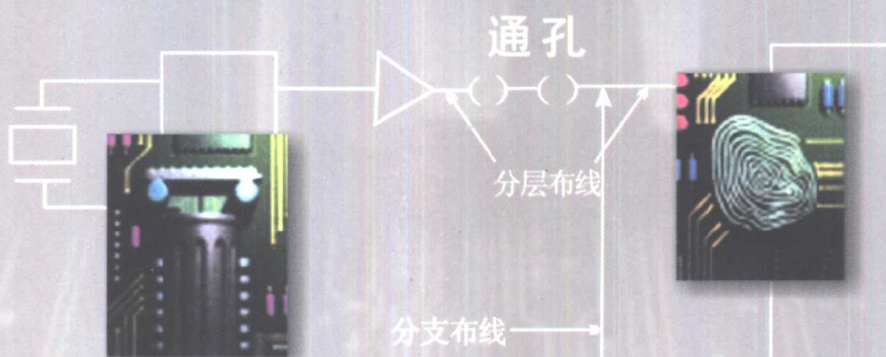


●“十五”规划重点图书

多芯片组件(MCMM) 技术及其应用



MCM



MCM

主编 杨邦朝 张经国



电子科技大学出版社

多芯片组件(MCM)技术 及其应用

主编 杨邦朝 张经国

电子科技大学出版社

内 容 简 介

多芯片组件(MCM)是一种先进的微电子组装与封装技术,是目前能最大限度发挥高集成度、高速半导体 IC 性能,制作高速电子系统,实现电子整机小型化和系统集成的有效途径。

本书从理论和技术两个方面全面、系统地论述了多芯片组件技术的基本概念、特点,发展 MCM 技术必须解决的关键技术,以及国内外多芯片技术发展现状。全书分三篇共 20 章,内容包括多芯片组件的电设计和热设计技术、高密度多层布线基板技术、LSI 芯片的测试、组装与互连技术、MCM 的封装与检测技术和可靠性分析技术等。此外,对于 MCM 技术在通信、计算机、宇航及工业和民用电子产品中的应用也作了较全面的介绍。

本书可作为高等院校工科电子类专业研究生教材,也可供从事多芯片组件和整机系统集成的科研、设计、制造、应用等方面的工程技术人员使用。对于电子系统和微电子方面的专业管理干部也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

多芯片组件(MCM)技术及其应用/杨邦朝 张经国主编. —成都:电子科技大学出版社,2001.6
ISBN 7—81065—581—7

I. 多... I. ①杨... ②张... III. 电子元件,多芯片 IV. TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 73182 号

多芯片组件(MCM)技术及其应用

主 编 杨邦朝 张经国

出 版:电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号,邮编:610054)

责任编辑:王仕德 许宜伟 吴艳玲 唐雅邻

发 行:新华书店经销

印 刷:西南冶金地质印刷厂

开 本:787×1092 1/32 印张 41.75 字数 1 013 千字

版 次:2001 年 8 月第一版

印 次:2001 年 8 月第一次印刷

书 号:ISBN 7—81065—581—7/TN·27

印 数:1—2000 册

定 价:85.00 元

《微组装技术系列丛书》编委会

主任委员 王小模

副主任委员 熊和生 王 政

委 员 汤小川 张蜀平 杨崇峰

罗 辑 邓长儒 谭 锐

石志宏 郝建德 韩春林

符文祥 徐世六 刘志明

《多芯片组件(MCM)技术及其应用》

主 编 杨邦朝 张经国

主 审 肖安倩 李佑斌 严晓浪

编 委(以姓氏笔画为序)

王传声 王孟先 韦柳青 田东方

孙承永 李自学 李志国 陈 亿

陈伟元 杜晓松 吴武臣 张 崎

郝建德 郭学仁

前 言

现代电子技术的迅猛发展,要求电子整机朝着短、小、轻、薄和高可靠、高速、高性能和低成本的方向发展。特别是机载、舰载、弹载、星载电子装备和超级巨型计算机系统以及民用手持与便携式电子产品对体积、重量和性能比的要求越来越严格。随着超大规模集成电路(VLSI)和微型化片式元器件的发展与广泛应用,限制电子系统进一步实现高性能和小型化的主要制约因素已不再是元器件本身,而是其组装与封装方式。为了适应这一发展趋势,90年代以来,在手工印制版(PCB)插装、自动印制板插装和表面安装技术(SMT)的基础上,发展了新一代电子组装与封装技术,即以多芯片组件(MCM)为代表的微组装技术。

多芯片组件技术是在高密度多层互连基板上,采用微焊接和封装工艺把构成电子电路的各种微型元器件(集成电路裸芯片及片式元器件)组装起来,形成高密度、高性能、高可靠、立体结构的微电子产品(包括组件、部件、子系统、系统)的综合性高技术。

多芯片组件是混合集成技术向高级阶段发展的产物,是第四代电子组装技术 SMT 的发展和延伸,是多层布线基板技术、多层布线互连技术、表面安装技术、微型元器件封装技术及相关裸芯片制造技术的综合和发展。多芯片组件技术与 VLSI 芯片制造技术的有机结合,可望成为未来微电子技术的主流。作为一种综合性的高技术,它涉及材料、化学、物理学、光学、机械学、计算机工程和微电子学等诸多学科,集中了基础材料加工技术、基板制造技术、光刻技术、自动控制技术、微封装技术、CAD、CAT、CAM 等技术。其核心技术是高密度多层基板技术和以载带自动焊(TAB)为代表的多引脚窄间距互连技术。

多芯片组件的出现,带动整个电子组装技术、印制电路板技术和电子器件封装技术发生了深刻的变革,对整个电子工业将产生深远的影响。它解决了单片大规模集成电路发展到超大规模阶段,进一步提高集成度的问题;解决了分立元器件印制板组装和混合集成电路所受到的信号传输限制问题;解决了如何通过减少组装层次、减少焊点数量,进一步提高系统可靠性的问题等,所以 MCM 技术受到许多发达国家(地区)和大型电子产品生产公司的高度重视。

对于电子组装、封装技术而言,如果说 70 年代是混合集成电路时代,80 年代是 SMT 时代,那么,90 年代则是 MCM 时代。MCM 技术的内涵十分丰富,国外关于 MCM 的研究正在迅速发展,每年有大量的论文、报告和专利发表,并已研制出多种类型的 MCM 产品。近年来,我国有许多单位正从事与 MCM 有关的研究、开发、试制与生产,并且与之相关的研究单位和研究人员还在不断地增加。

为了促进、推动和适应我国多芯片组件技术的迅速发展,显然,需要一本关于 MCM 方面的专著。为此,我们组织编写了《多芯片组件(MCM)技术及其应用》一书,并得到国内同行专家的广泛支持,使本书得以迅速与读者见面。

本书详细地介绍了多芯片组件的发展历程、分类、特点、各种关键的设计与制造技术,以

11/20/10

及如何使用多芯片组件和选择 MCM 技术等。本书不仅可供从事多芯片组件的研究、生产的工程技术人员参考,同时也为电路设计师与 MCM 制造者之间建立技术桥梁;此外还向读者介绍了国内外成功使用 MCM 的一些实例。

鉴于多芯片组件技术发展十分迅速,涉及内容十分广泛,为了保证本书内容丰富,特邀请从事多芯片组件的研究和教学工作多年的专家、教授一道参加,共同编写这本专著。其中杨邦朝负责编写二、三、四章,杨邦朝、郝建德负责编写一章,杜晓松负责编写五、六章,李自学、田东方负责编写七、十九章,孙承永负责编写八、十四章,张经国负责编写九、十、十八章,张经国、郝建德负责编写十七章,张经国与王传声负责编写二十章,韦柳青负责编写十一章,王传声、张崎负责编写十二章,陈伟元负责编写十三章,郭学仁、王孟先负责编写十五章,李志国、陈 亿、吴武臣负责编写十六章,李春发、王文琴为本书第七、十四、十九章提供了部分资料。全书由杨邦朝负责统稿、整理。

本书由肖安倩研究员、李佑斌研究员和严晓浪教授统审全稿,在编写过程中受到他们的大力支持和帮助。

在本书编写过程中,得到了总装备部电子信息基础部电子装备局、信息产业部电子科学研究院、信息产业部电子 13 所、43 所、24 所、26 所、44 所、北京半导体器件一厂、电子科技大学科技处、电子科技大学出版社的支持与帮助,在此向他们表示衷心的感谢。由于本书涉及面广,且 MCM 是正在日新月异发展的一种新技术,再加上编者水平有限,难免有错漏之处,望读者不吝赐教。

编 者

2000 年 12 月

目 录

第一篇 总 论

第一章 电子组装技术概述.....	3
§ 1.1 电子组装技术的变迁	3
§ 1.2 电子组装工程学	5
§ 1.2.1 什么是电子组装工程学	5
§ 1.2.2 电子组装工程或技术的范围与体系	5
§ 1.2.3 电子组装工程学的构成体系	6
§ 1.3 电子组装与电子封装	9
§ 1.4 电子整机与电子组装的关系	9
§ 1.5 整机与系统的组装层次.....	10
§ 1.6 不同封装层次面临的技术课题.....	13
§ 1.7 对电子整机与系统组装的评价.....	14
参考文献	15
第二章 现代微电子器件封装技术	16
§ 2.1 微电子封装的基本功能与地位.....	16
§ 2.2 现代电子产业对微电子封装的要求.....	17
§ 2.3 微电子封装的发展历程.....	18
§ 2.4 微电子封装的基本类型.....	21
§ 2.5 现代电子封装的发展特点.....	26
§ 2.6 几种最新的电子封装技术.....	29
§ 2.6.1 载带封装 TCP(Tape Carrier Package)	30
§ 2.6.2 球栅阵列封装 BGA(Ball Grid Array)	30
§ 2.6.3 倒装芯片技术 FCT(Flip Chip Technology)	32
§ 2.6.4 芯片尺寸封装 CSP(Chip Scale(Size) Package)	33
§ 2.6.5 直接芯片贴装技术 DCA(Direct Chip Attach)	35
§ 2.6.6 多芯片组件(MCM)	35
§ 2.6.7 多芯片封装(MCP)	36
§ 2.6.8 三维封装(3D-MCM)	36
§ 2.6.9 GHz 封装	37
§ 2.6.10 功率封装	37
§ 2.7 下一代微电子封装技术的展望.....	37

参考文献	38
第三章 多芯片组件的定义、分类及特点	40
§ 3.1 引言	40
§ 3.2 MCM 的定义	40
§ 3.3 MCM 的基本构成	44
§ 3.4 MCM 的种类与结构特点	45
§ 3.5 MCM 的主要优点	52
§ 3.6 多芯片组件的发展背景和驱动力	56
参考文献	62
第四章 发展多芯片组件的关键技术	64
§ 4.1 引言	64
§ 4.2 MCM 用基板材料	65
§ 4.3 多层布线基板	72
§ 4.4 布线设计与布线材料	89
§ 4.5 半导体 IC 裸芯片焊接(键合)技术	101
§ 4.6 热设计与散热设计	110
参考文献	114
第五章 多芯片组件的应用市场和成本分析	116
§ 5.1 MCM 的应用概况	116
§ 5.2 MCM 应用的分类	118
§ 5.2.1 产品领域分类法	118
§ 5.2.2 产品成本分类法	121
§ 5.2.3 产品定向分类法	122
§ 5.3 MCM 的成本构成及其影响因素	122
§ 5.3.1 MCM 成本的组成	123
§ 5.3.2 影响 MCM 成本的因素	124
§ 5.4 MCM 的成本分析方法	128
§ 5.4.1 传统成本分析法	129
§ 5.4.2 基本活动成本分析法(ABC)	129
§ 5.4.3 技术成本模式(TCM)	129
§ 5.5 技术成本模式的应用	131
§ 5.5.1 印制线路板	131
§ 5.5.2 共烧多层基板	132
§ 5.5.3 薄膜 MCM	134
§ 5.5.4 MCM 组装的成本	135
参考文献	136
第六章 多芯片组件的发展趋势	139
§ 6.1 三维封装	139
§ 6.1.1 3D 封装的优点	139

§ 6.1.2	3D 封装存在的问题	140
§ 6.1.3	应用现状和前景	142
§ 6.2	光电 MCM	145
§ 6.2.1	光互连的特点	145
§ 6.2.2	光互连技术的现状	146
§ 6.2.3	光电 MCM 的现状与展望	148
§ 6.3	金刚石基板	152
§ 6.3.1	热沉用金刚石基板的特点	152
§ 6.3.2	存在的问题及相应措施	153
§ 6.3.3	应用现状和前景	156
§ 6.4	超导 MCM	157
§ 6.4.1	超导互连的特点	158
§ 6.4.2	存在的技术问题	158
§ 6.4.3	研究现状	159
§ 6.4.4	发展前景和展望	162
§ 6.5	芯片尺度封装(CSP)	162
§ 6.5.1	芯片尺度封装(CSP)的定义	163
§ 6.5.2	CSP 的特点	163
§ 6.5.3	CSP 的分类	164
§ 6.5.4	CSP 的应用现状和展望	166
参考文献		168

第二篇 多芯片组件的制造技术

第七章	MCM-L 多层布线基板技术	175
§ 7.1	MCM-L 的特点	175
§ 7.1.1	MCM-L 的定义	175
§ 7.1.2	MCM-L 的优点	176
§ 7.1.3	MCM-L 的缺点	178
§ 7.2	MCM-L 工艺技术	179
§ 7.2.1	典型的 PCB 工艺	180
§ 7.2.2	液体光致抗蚀剂工艺	183
§ 7.2.3	直接电镀工艺	184
§ 7.2.4	层压工艺	187
§ 7.2.5	激光打孔工艺	191
§ 7.2.6	连续滚压工艺(Roll-to-Roll)	192
§ 7.3	MCM-L 结构	194
§ 7.3.1	具有典型 PCB 结构的 MCM-L	194
§ 7.3.2	多芯片封装结构	196
§ 7.3.3	使用挠性材料的 MCM-L 结构	196

§ 7.4 MCM-L 的基板材料	201
§ 7.4.1 MCM-L 基板性能	201
§ 7.4.2 介质材料的发展	202
§ 7.4.3 挠性基板材料	204
§ 7.5 MCM-L 多层基板技术的发展动向	205
参考文献	206
第八章 MCM-C 多层基板技术	208
§ 8.1 厚膜多层基板技术	208
§ 8.1.1 厚膜多层基板的基本结构	208
§ 8.1.2 厚膜多层基板的工艺技术	209
§ 8.1.3 厚膜多层基板的基本材料	212
§ 8.2 共烧陶瓷多层基板	217
§ 8.2.1 共烧陶瓷多层基板的基本结构	217
§ 8.2.2 共烧陶瓷多层基板的工艺技术	220
§ 8.2.3 共烧陶瓷多层基板的基本材料	233
§ 8.3 MCM-C 多层基板的设计技术	238
§ 8.3.1 MCM-C 多层基板的设计要求	238
§ 8.3.2 MCM-C 多层基板的设计程序	239
§ 8.3.3 MCM-C 多层基板的设计规则	239
§ 8.4 MCM-C 多层基板技术的发展趋势	241
参考文献	242
第九章 MCM-D 薄膜多层基板技术	244
§ 9.1 薄膜多层互连结构和特性	244
§ 9.2 薄膜多层布线材料	248
§ 9.2.1 基板材料	248
§ 9.2.2 导体材料	255
§ 9.2.3 介质材料	258
§ 9.3 薄膜多层布线工艺技术	272
§ 9.3.1 金属膜淀积和图形形成技术	272
§ 9.3.2 介质膜加工和通孔形成技术	274
§ 9.3.3 金属布线层间通孔连接方式和平坦化技术	279
§ 9.3.4 元器件内埋置技术	282
§ 9.4 薄膜多层基板的发展动向	284
参考文献	285
第十章 混合多层基板技术	287
§ 10.1 混合多层基板的类型和特点	287
§ 10.1.1 厚膜-薄膜混合型	288
§ 10.1.2 共烧陶瓷-薄膜混合型	288
§ 10.1.3 印制板-薄膜混合型	290

§ 10.2 共烧陶瓷-薄膜型混合多层基板设计考虑	291
§ 10.3 共烧陶瓷-薄膜型混合多层基板的工艺和材料	295
§ 10.3.1 混合多层基板用低温共烧陶瓷多层基板工艺技术	295
§ 10.3.2 陶瓷-薄膜界面加工和互连技术	299
§ 10.4 其他类型的混合多层基板	301
§ 10.4.1 厚膜-薄膜混合型多层基板	301
§ 10.4.2 印制板-薄膜混合型多层基板	302
参考文献	303
第十一章 MCM 用芯片技术	305
§ 11.1 MCM 用芯片的结构特点与分类	305
§ 11.2 IC 芯片的制造及多芯片的焊装键合技术	306
§ 11.2.1 IC 芯片的半导体工艺制造技术	306
§ 11.2.2 多 IC 芯片在 MCM 基板上的贴装焊接	319
§ 11.2.3 MCM 的丝焊键合技术及比较	323
§ 11.3 凸点芯片的制造工艺及倒装焊技术	327
§ 11.3.1 焊锡合金球凸点芯片制造技术	329
§ 11.3.2 物理化学淀积金凸点芯片制造技术	332
§ 11.3.3 球焊键合芯片凸点制作技术	334
§ 11.3.4 其他凸点制造技术	335
§ 11.3.5 倒装连接技术	336
§ 11.4 载带芯片的制造工艺及装连	343
§ 11.4.1 用于载带的芯片电极焊片处理	347
§ 11.4.2 载带导线的制造	348
§ 11.4.3 内部导线(ILB)键合	350
§ 11.4.4 外部导线(OLB)键合	353
§ 11.4.5 TAB 技术的性能及返修	354
§ 11.5 MCM 用已知好芯片(KGD)技术	356
§ 11.5.1 几种集成电路芯片的测试筛选方法	359
§ 11.5.2 集成电路芯片的可测试性设计	363
§ 11.6 MCM 用芯片的发展策略	368
参考文献	370
第十二章 多芯片组件(MCM)封装技术	371
§ 12.1 MCM 封装技术的发展驱动力	371
§ 12.2 MCM 封装类型	373
§ 12.3 MCM 封装材料的选择	373
§ 12.3.1 陶瓷封装	373
§ 12.3.2 金属封装	376
§ 12.3.3 金属复合物(MMC)封装	377
§ 12.4 MCM 封装的密封技术	378

§ 12.4.1 MCM 金属封装的密封技术	380
§ 12.4.2 MCM 陶瓷封装的密封技术	380
§ 12.4.3 非气密性封装	381
§ 12.5 MCM 封装冷却技术	381
§ 12.6 MCM 封装的检测与评价	383
§ 12.7 MCM 封装的应用	383
参考文献	385
第十三章 多芯片组件的电设计	387
§ 13.1 引言	388
§ 13.2 数字电路设计中延迟和噪声的技术含义	390
§ 13.3 传输延迟和反射噪声及其影响因素	390
§ 13.3.1 反射噪声	395
§ 13.3.2 传输线的损耗	398
§ 13.3.3 初始信号触发	400
§ 13.3.4 负载电容的影响	402
§ 13.4 串扰噪声及其影响因素	403
§ 13.5 同步开关噪声	405
§ 13.6 MCM 的 EDA 技术	409
§ 13.6.1 设计流程	409
§ 13.6.2 工艺选择及整体方案设计	410
§ 13.6.3 设计规则	411
§ 13.7 MCM 电设计举例	413
§ 13.7.1 数字 MCM 电设计实例	413
§ 13.7.2 模拟 MCM 电设计实例	415
参考文献	420
第十四章 多芯片组件的热设计	422
§ 14.1 多芯片组件热设计的意义、要求与原则	422
§ 14.1.1 多芯片组件热设计的重要意义	422
§ 14.1.2 多芯片组件热设计的要求	423
§ 14.1.3 多芯片组件热设计的原则	424
§ 14.2 多芯片组件的热现象	425
§ 14.2.1 热传输机理	425
§ 14.2.2 多芯片组件中的热传输	428
§ 14.2.3 热阻的概念	429
§ 14.2.4 电路板上的热传输	431
§ 14.2.5 电子系统中的热耦合	432
§ 14.3 多芯片组件的散热途径与热控制方法	433
§ 14.3.1 多芯片组件的散热途径	433
§ 14.3.2 多芯片组件的热控制方法	434

§ 14.3.3 多芯片组件冷却方法的选择	439
§ 14.4 影响多芯片组件热性能的因素	440
§ 14.4.1 外部影响因素	440
§ 14.4.2 内部影响因素	441
§ 14.5 热设计分析方法及程序	442
§ 14.5.1 热设计分析方法概述	442
§ 14.5.2 热分析工具	443
§ 14.5.3 热设计分析程序	444
§ 14.5.4 积分解析模拟法	445
§ 14.5.5 应用计算机的数值算法	448
§ 14.5.6 实验法	450
§ 14.5.7 热分析实例	450
参考文献	456
第十五章 多芯片组件的检测技术	458
§ 15.1 MCM 检测的基本内容与方法	458
§ 15.2 MCM 多层基板电性能测试	460
§ 15.2.1 固定探针阵列式测试法	460
§ 15.2.2 单探针测试法	462
§ 15.2.3 双探针测试法	464
§ 15.2.4 三探针测试法	466
§ 15.2.5 电子束探针测试法	467
§ 15.2.6 几种测试方法的比较	467
§ 15.3 多层基板形貌检测	468
§ 15.3.1 光学自动检测	468
§ 15.3.2 X 光检测	470
§ 15.3.3 相敏非线性检测	470
§ 15.4 MCM 组件测试	471
§ 15.4.1 MCM 组件在线测试	471
§ 15.4.2 组件非矢量测试	472
§ 15.4.3 通用组件的功能测试	473
§ 15.4.4 含有 CPU 或存储器组件的功能测试	474
§ 15.5 可测性设计技术	476
§ 15.5.1 可测性设计技术的概念与分类	476
§ 15.5.2 边界扫描与 1149.1 标准	477
§ 15.5.3 内建自测试设计	480
§ 15.5.4 MCM 测试中运用 BS 与 BIST 技术	480
§ 15.5.5 采用 BS 与 BIST 实现系统测试技术	484
§ 15.5.6 边界扫描测试系统产品简介	486
§ 15.5.7 BS 与 BIST 的综合评价与未来发展	486

参考文献.....	490
第十六章 MCM 可靠性	492
§ 16.1 MCM 可靠性研究的范围和方法	492
§ 16.1.1 MCM 可靠性研究的基本范围	492
§ 16.1.2 MCM 可靠性研究的特点	492
§ 16.1.3 MCM 可靠性研究的现状及必要性	493
§ 16.1.4 MCM 的可靠性模型	495
§ 16.2 MCM 的可靠性设计	498
§ 16.2.1 MCM 可靠性设计的方法	498
§ 16.2.2 可靠性设计的基本过程	499
§ 16.2.3 罗姆实验室用于可靠性设计的 MCM 分析器	500
§ 16.3 MCM 的可靠性试验和评价方法研究	501
§ 16.4 MCM 的失效分析技术研究	510
§ 16.4.1 MCM 的失效分析程序	511
§ 16.4.2 分析实例	516
§ 16.5 MCM 的主要失效机理	519
§ 16.5.1 MCM 的热与热应力失效	519
§ 16.5.2 MCM 用芯片的失效分析及质量认证	530
§ 16.5.3 MCM 中的互连失效及检测技术	534
§ 16.5.4 介质膜及粘合剂材料的可靠性	542
§ 16.5.5 印制电路版(PCB)封装高形貌比电镀通孔(PTH)的可靠性	544
参考文献.....	547

第三篇 多芯片组件的应用

第十七章 计算机用多芯片组件	551
§ 17.1 超级计算机多芯片组件	552
§ 17.1.1 NEC SX 系列超级计算机 MCM	552
§ 17.1.2 IBM ES/9000 超级计算机 MCM	557
§ 17.1.3 VAX-9000 计算机 MCM	564
§ 17.2 高速简化指令计算机(RISC)多芯片组件	569
§ 17.2.1 MCM-Si 型 RISC 组件	570
§ 17.2.2 MCM-C/D 型 RISC 组件	572
§ 17.3 三维存储器多芯片组件	574
参考文献.....	579
第十八章 通信用多芯片组件	580
§ 18.1 ATM 多芯片组件	580
§ 18.1.1 设计考虑	580
§ 18.1.2 ATM 多芯片组件实例	582
§ 18.2 微波/毫米波多芯片组件	591

§ 18.2.1 卫星微波通信系统用多芯片组件·····	591
§ 18.2.2 35GHz 移相器接收机多芯片组件·····	597
§ 18.3 全球定位系统(GPS)接收机多芯片组件·····	599
参考文献·····	603
第十九章 军事领域用多芯片组件·····	604
§ 19.1 军事领域用 MCM 的特点·····	604
§ 19.2 航天领域的应用·····	605
§ 19.2.1 飞船着陆控制系统·····	605
§ 19.2.2 用于卫星姿态控制的微电子机械陀螺仪·····	606
§ 19.2.3 NASA 的先进飞行计算机组件(AFC)·····	608
§ 19.3 航空领域的应用·····	609
§ 19.3.1 Hughes 公司·····	609
§ 19.3.2 Rockwell 公司·····	612
§ 19.3.3 Honeywell 公司·····	612
§ 19.3.4 Martin Marietta 公司·····	614
§ 19.3.5 GE 公司·····	614
§ 19.4 军用通信领域的应用·····	616
§ 19.4.1 战场液晶显示设备·····	616
§ 19.4.2 太阳敏感器和地球敏感器·····	617
§ 19.4.3 相位函数多路调制器 MCM·····	617
§ 19.4.4 GPS 接收机 MCM·····	617
§ 19.5 常规武器领域的应用·····	618
§ 19.5.1 导弹用 MCM·····	618
§ 19.5.2 雷达用 MCM·····	621
参考文献·····	622
第二十章 低成本多芯片组件及其应用·····	624
§ 20.1 多芯片组件成本考虑的因素·····	624
§ 20.2 塑封结构多芯片组件·····	626
§ 20.2.1 典型的塑封多芯片组件·····	626
§ 20.2.2 采用柔性膜基板和球栅阵列的塑封多芯片组件·····	627
§ 20.2.3 塑封型电源变换器多芯片组件·····	628
§ 20.3 低成本镀铜 MCM-D·····	629
§ 20.4 MCM 在汽车中的应用·····	632
§ 20.5 MCM 在消费类电子产品和医疗器械中的应用·····	634
参考文献·····	635
附录 MCM 有关名词术语·····	637

第一篇 总 论

混合微电子技术向高级阶段发展,产生了多芯片组件(Multi-Chip Module,简称MCM)技术。MCM是在70年代出现,90年代获得迅速发展的一种先进微电子组装技术,也是军用电子元器件与整机系统之间的一种先进接口技术。人们普遍认为MCM是一种适用于先进的VLSI器件的封装方法,因而是目前能最大限度发挥高集成度、高速半导体IC的优良性能,制作高速电子系统,实现电子整机小型化的最有效途径。当前,现代军用电子装备、工业电子设备乃至民用产品对高性能、小型化、多功能和高可靠等方面的迫切要求,极大地促进了MCM的高速发展。由于MCM水平的高低可直接反映军用电子装备现代化以及武器系统电子化的水平,因此,世界上美、英、日等发达国家均对MCM给予高度重视,并制订了相应发展计划(见表1),并投入巨额资金进行大力开发与推广应用。当前MCM的应用领域已从80年代中期主要是军事领域迅速扩展到以通信、计算机、自动控制、汽车电子等为主的工业电子产品和民用电子产品范围,低成本的MCM产品也已开始问世。从有关统计资料表明,1990~1995年MCM的综合年均增长率(CAGR)已超过35%,1990年MCM在全世界的市场销售额已达2亿美元,1991年增长到3.12亿美元,1998年达100亿美元,到2000年增至约200亿美元,成为20世纪90年代发展最为迅速的先进电子技术之一,其中从1995~2000年军用MCM的比例递增1倍以上。

鉴于MCM技术在军事电子装备、工业及民用电子产品中的重要作用与十分广阔的应用前景,以及MCM本身所包括十分丰富的综合性高技术内涵,为使读者能对这一新的科学与工程领域有较全面的认识 and 了解,在本篇中将向读者介绍以下几个方面的内容:

1. 什么是多芯片组件,它是如何发展起来的,为什么世界各国对发展MCM采取许多措施加以大力发展,并从不同角度对推动MCM迅速发展的原因或驱动力进行分析。
2. MCM有哪些不同的种类,它们各有什么特点及其应用领域。
3. MCM包含的关键技术,即高密度多层互连基板技术、已知良品芯片(KGD)技术、组装与互连技术、封装与外壳技术及MCM的EDA、热设计与检测技术等。
4. 发展MCM所面临的主要问题,如价格问题、可靠性问题及标准化问题等。
5. 从使用者的角度,本书还将为从事电子整机与系统设计的读者提供这样一些技术内容(知识),即在设计短、小、轻、薄、高可靠、多功能整机与系统时,如何选择MCM技术,怎样与MCM的设计与制造者相互配合完成一部先进的电子整机或系统。从这个角度讲,本书又将是电路设计师与电路制造者之间的桥梁。

此外,从MCM设计与制造的角度,本书将在第二篇中详细介绍涉及制造各类多芯片组件所需的理论、观点、材料选择与设计、制造工艺流程与控制技术要点以及相关的电、热及检测等设计问题。对于MCM的设计与制造者来说,详细阅读本书第二篇的内容,许多有关材料及工艺技术的细节问题,从中可得到较满意的回答或受到有益的启迪。

表1 部分国家、地区和公司的 MCM 发展计划简况

国家、地区和公司	时 间	投资强度 /美元	发 展 计 划 要 点
美国	3~5 年	5~10 亿	• 1992 年 12 月由国防先进技术研究计划局 (DARPA) 组织制订了统一的 MCM 发展规划 • 组织 20 多家大公司, 成立 MCM 行业组织 • 将 MCM 列为 90 年代六大关键军事技术之一, 加以发展 • 将 MCM 列为 2010 年前重点发展十大军民两用高新技术之一, 加以发展
欧洲(法国、英国、瑞典、奥地利、芬兰五国合作)	3 年 (1992—1994 年)	0.232 亿	• 进行 MCM 热设计, 多层基板材料、布线材料和芯片互连技术研究。组件工作频率高达 40GHz, 功率密度达 40W/cm²
台湾地区	5 年 (1994—1998 年)	900 万/年	• 主要开展 MCM-Si 研究, MCM 设计和散热技术, 薄膜多层布线基板已达 5 层, Al 导体最小线宽 22μm, 内埋电阻器和电容器, 同时研究多层陶瓷基板及 BGA、TAB 技术, 时钟频率达 100~200MHz
IBM	10 年	10 亿	• 主要研究开发 MCM-C, MCM-C/D
DEC	6 年	6 亿	• 重点研究 MCM-D 的关键技术与相关材料
AT&T	5 年	2 亿	• 开发 MCM-D(Si), MCM-C 产品
Raytheon	6 年	0.7 亿	• 主要从事 MCM-D(Si) 的开发与研究
Siemens	5 年	2.5 亿	• 重点进行 MCM-L 产品开发与应用
美国 Hughes Aircraft 公司	3 年 (1987—1990 年)		• 完成 HDMI 的综合技术研究, 并投入生产, 1990 年已将 MCM 用于先进战术战斗机(ATF)和雷达信号处理系统(SEM-E)

最后, 本书的第三篇将重点介绍 MCM 在宇航、计算机、通信、工业及商用电子等领域的应用情况。通过向读者介绍国内外一些已成功使用 MCM 的实例, 展示 MCM 技术已经或将在哪些领域内得到广泛的应用与它的发展前景。一般说来, 在读完本篇后, 读者能对上述涉及从基础到应用较宽范围的问题一定会有较明确的认识与概括的了解。