

John H. Lau 著

Shi-Wei Ricky Lee

贾松良 王水弟 蔡坚 等 译校

# Chip Scale Package

Design, Materials, Process, Reliability, and Applications

# 芯片尺寸封装

设计、材料、工艺、可靠性及应用

清华大学出版社

# Chip Scale Package

Design, Materials, Process, Reliability, and Applications

## 芯片尺寸封装

设计、材料、工艺、可靠性及应用

John H. Lau 著

Shi-Wei Ricky Lee

贾松良 王水弟 蔡坚 等 译校

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

芯片尺寸封装(CSP)是20世纪90年代初兴起的一种高封装效率的IC封装,其封装尺寸小、封装实体薄,多数具有阵列式排列的引出端,便于测试、老炼和表面安装式组装,非常适合于便携式、高密度或高频率电子器件的封装。本书全面介绍了四大类40多种不同结构的芯片尺寸封装,说明了每种封装的设计原理、封装结构、材料、制造工艺、性能、可靠性及应用。本书可作为从事芯片尺寸封装的研究、设计和使用人员的参考书,也可作为相关专业高等院校高年级和研究生的参考书。

John H. Lau, Shi-Wei Ricky Lee

Chip Scale Package, CSP; Design, Materials, Process, Reliability, and Applications

EISBN: 0-07-038304-9

Copyright © 1999 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

The McGraw-Hill Companies, Inc. has granted author John Lau the exclusive copyright for the Chinese edition of this book. John Lau has authorized Tsinghua University Press to publish the Chinese edition of the book within the People's Republic of China.

本书中文版权由麦格劳-希尔公司授予原作者 John Lau。本书中文翻译版由 John Lau 授权清华大学出版社在中华人民共和国境内出版。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2003-7105

### 图书在版编目(CIP)数据

芯片尺寸封装:设计、材料、工艺、可靠性及应用/刘汉诚,李世玮著;贾松良等译. 北京:清华大学出版社,2003.10

书名原文: Chip Scale Package, CSP; Design, Materials, Process, Reliability, and Applications  
ISBN 7-302-07376-7

I. 芯… II. ①刘… ②李… ③贾… III. 芯片—封装工艺 IV. TN430.594

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 091070 号

出版者:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社总机:010-62770175

客户服务:010-62776969

组稿编辑:宋成斌

文稿编辑:曾 洁

封面设计:常雪影

印刷者:北京嘉实印刷有限公司

装订者:北京国马印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:175×245 印张:28.75 插页:1 字数:570千字

版 次:2003年10月第1版 2003年10月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-07376-7/TN·147

印 数:1~2500

定 价:75.00元

# 中译本序

本书之英文原版于 1999 年由美国 McGraw-Hill 公司出版，上市以后广受电子封装产业界和学术界的欢迎，先后已行销世界各地。有鉴于电子封装技术在中国蓬勃发展，清华大学贾松良教授于 2001 年与我们取得联系，并达成将本书由英文翻译成中文的协议。承蒙 McGraw-Hill 公司释出中文版权，并由清华大学出版社承接出版印刷的工作，终于使得本书之中文出版能够有机会实现。

翻译的工作是辛苦而漫长的，因为本书之英文原版有将近 600 页，并且有许许多多专业术语必须斟酌。在贾松良教授的领导下，清华大学微电子学研究所的同事日以继夜地勤奋工作，终于在 2003 年初完成中文版的译稿。再经认真的校阅与核定，整部中文版书已经脱稿付印，这真是一件令人振奋的事情。

本书中文版能够付梓，应该完全归功于清华大学微电子学研究所的同事。除了贾松良教授领导有方之外，我们要特别感谢王水弟教授。没有他的奔走联系，本书中文版是不可能完成的。另外，我们还要感谢蔡坚博士和其他许多幕后工作人员，他们为了本书中文版的翻译而辛勤地工作。由于篇幅的关系，无法一一列举，只好在此一并致谢。

我们希望本书中文版的问世，能为国内的读者带来方便。如果本书能为中国电子封装产业界和学术界做出贡献，那将是对原作者和中文版工作参与者的最大回报。

美国，加利福尼亚，San Jose, Agilent Technologies

刘汉诚 (John H. Lau)

香港，九龙，清水湾，香港科技大学

李世玮 (S. W. Ricky Lee)

本书是介绍“芯片尺寸封装”(CSP)的专著。芯片尺寸封装是20世纪90年代初兴起的一种高封装效率的封装,这类IC封装在其安装时在印制板上所占的面积不大于其裸芯片面积的1.5倍,即其封装效率在50%~90%。而圆片级的CSP(WL-CSP),封装效率可达90%以上。CSP既具有接近裸芯片大小的封装尺寸,封装实体薄,又多数具有阵列式排列的I/O引出端,便于测试、老炼和表面安装式(SMT)组装,避免了KGD(已知优质管芯)在实际操作中一些难以解决的问题。它非常适合于便携式、高密度或高频率电子装置所需的、器件引出端数又不十分多的器件封装。正因为上述特点,从CSP形式诞生之日起,这种封装形式就受到了广大器件制造商和用户的欢迎和重视,获得了迅速的发展,成为当今世界上增长速率最快的一种微电子封装。

CSP目前主要用于DRAM、SRAM、闪存和ASIC电路。不同于过去的DIP、QFP、SOP、PLCC、BGA等以结构形式来定义的封装,CSP是多种高封装效率封装形式的统称。由于它的封装效率高,因此其封装引出端都排列在封装的底面,其引出端可以是焊球、焊凸点或由部分引线框架形成的焊盘;它们的引出端可以是四周单排或多排、双边排列、中间两排或底面全排;芯片可用引线键合(WB)或倒装焊(FC)组装在刚性基板(有机印制板或陶瓷基板)、挠性载带基板或定制引线框架上,有的甚至可不用基板,直接在硅圆片上实现再分布,在芯片有源面上制成I/O引出端。因此,CSP的具体封装形式较多,它们的设计、材料、工艺、可靠性问题和应用对象等也有较大差别。

一些先进的集成电路封装企业已在我国开始或即将开始采用CSP封装。而我国的一些电子装置生产企业,如手机、手提电脑、数码相机、摄像机、存储条等制造商都早已在大量使用CSP封装的器件。广

大新型封装的制造者急需了解 CSP 的种类、基本结构、设计原理、所用材料、制造工艺和可靠性试验等,以便更快捷正确地设计、制造 CSP。而广大 CSP 的用户,则急需了解各类 CSP 的基本性能、结构、可靠性和应用特点,以便正确选择和使用 CSP。但国内过去只在部分杂志上有少量介绍 CSP 的文章,因此,国内许多读者急需一本比较全面地介绍 CSP 的书籍。刘汉诚博士和李世玮博士合著的《芯片尺寸封装:设计、材料、工艺、可靠性及应用》(1999 年美国 McGraw-Hill 公司出版)一书,正好可满足广大读者这方面的需要。本书虽是 1999 年出版,最近几年出现的新型 CSP 的资料没有包含在内,但书中所收录的 40 多种 CSP,多数仍是目前生产中最基本和应用最广泛的 CSP。作为一种对新 CSP 技术资料的弥补,我们在附录中补充了近几年来有关新型 CSP 的一些文献,以供有兴趣的读者在需要时作参考。

本书由清华大学微电子所贾松良教授和王水弟副教授负责组织翻译,分工译出初稿后,由贾松良负责逐章统一审校。初译稿的分工如下:第 1 章贾松良、郭江华,第 2~8 章王水弟,第 9~12 章王海宁,第 13~15 章陈继伟,第 16~18 章刘豫东,第 19 章张忠会,第 20~25 章胡涛,第 26~30 章蔡坚,第 31~36 章郭江华。

本书编写的特点是除第 1 篇介绍 CSP 用的倒装芯片和引线键合外,其余 4 篇都是以 CSP 的芯片支撑体来分类的:定制引线框架 CSP,挠性基板 CSP,刚性基板 CSP 和圆片级再分布 CSP。而每章分别介绍 1~2 种相近类别的 CSP,在每章内又基本分为:引言和概述、设计原理和封装结构、有关材料、制造工艺、鉴定和可靠性、应用和优点、总结和结论以及参考文献。这有利于读者有针对性地去阅读。

在本书出版之际,我们衷心感谢刘汉诚博士、李世玮博士和美国 McGraw-Hill 公司,他们无偿提供了本书的简化汉字版的版权。感谢刘汉诚博士和李世玮博士为本书的出版写了中文版序言。他们两位都是多年从事微电子封装研发和生产的学者,刘博士已著有 14 本微电子封装方面的专著。他们多年来积极参与国内召开的国际电子封装技术学术交流会,为国内微电子封装技术的发展做出了许多贡献。我相信本书的出版,定会有利于我国微电子封装技术的发展。我也十分感谢我的同事和研究生们的辛勤劳动和一丝不苟的严谨作风,感谢王水弟副教授为本书出版在内外联系过程中所付出的辛勤劳动,感谢张忠会和魏佳小姐为本书资料复印和部分录入所付出的劳动。衷心感谢清华大学出版社和曾洁编辑为本书能在第五届国际电子封装技术研讨会前出版所付出的努力。最后我们也衷心感谢中国电子学会生产技术分会、清华大学微电子所、中电集团 43 所和武汉无线电器材厂对本书出版所做的贡献。

我们衷心希望本书能对中国逐步发展成为国际微电子封装基地做出一些微薄的贡献。书中译文不足之处，敬请读者指正。

清华大学微电子学研究所 教授  
中国电子学会封装专业委员会 副主任  
贾松良

2003. 8. 20

# 原版前言

从理论上讲，封装效率最高的封装技术应是直接芯片粘接（DCA）技术，它“没有”封装而直接将芯片粘接到印制电路板（PCB）、挠性电路（FPC）或者玻璃上（COG）。但是由于已知优质管芯（KGD）的供应成本和供货基础条件，以及如何与印制电路板、挠性电路板或玻璃上的细线条和窄间距相匹配的问题，工业上仍需要做大量的工作。

目前，一类被称为“芯片尺寸封装”（CSP）的新技术出现了。事实上，CSP虽然是新技术，但它已经很快被选择用来封装集成电路存储器。在过去数年里，电子封装工业见证了在芯片尺寸封装技术上大量的研究和开发工作。大部分芯片尺寸封装的一个特点是通过基板（或者叫中间支撑层）或者金属层将芯片上周边（或错列）排列的节距非常窄（0.075mm）的键合焊盘再分布，使之成为在印制电路板、挠性电路板或玻璃上的节距较宽（如1mm、0.8mm、0.75mm和0.5mm）的面阵列焊盘。

IPC（电子电路互连和封装协会）对CSP的定义是封装的面积比芯片面积小1.5倍，但是没有必要拘泥于这样的定义。实际上，如果发现有一种性价比高且可靠的芯片尺寸封装模式，但不满足IPC的这个定义，尽可以仍称其为CSP。

与直接芯片粘接技术相比，由于CSP使用了基板，其优点很多，如对于KGD，它易于进行速度测试和老炼，它易于传送、组装、返修、标准化以及便于保护芯片、处理芯片面积缩小与扩展。总之，CSP减少了受基础设施的约束。另一方面，DCA的优点是它有更好的电性能，更直接的散热通道，更轻、更小的尺寸和更低的成本。

本书介绍了40多种不同结构的CSP，它们大部分用于静态随机存取存储器（SRAM）、动态随机存取存储器（DRAM）、闪存，以及引线不是很多且功率不是很高的专用集成电路（ASIC）和微处理器。众



多专家已经对芯片尺寸封装的重要参数如芯片、基板、封装技术、布线能力、热和电特性、组装工艺、可靠性、鉴定、应用、基础设施等进行了研究,他们的结论发表在不同的杂志以及以材料科学、电子封装技术或互连技术为主题的会议、研讨会上,遗憾的是至今还没有一本关于 CSP 的专门书籍提供相关的信息。本书的目标是致力于弥补这一不足,并对所有这些领域已有的进展作一及时的总结;目的是为了使人们能够迅速地学习 CSP 的基础知识和解决问题的方法,理解在选择时需要作出的折衷和从构成系统的角度选择采用何种 CSP。

全书由 5 个基本部分组成。第 1 章(即第 1 篇)简单讨论了两种最常见的互连技术,即在 CSP 基板上的焊凸点倒装芯片和引线键合,分析比较了这些技术的主要设备和材料。同时,还讨论了 CSP 基板上焊凸点倒装芯片中所用下填包封料的固化条件、材料特性、力学和热学性能以及材料的选择。

本书第 2 篇(第 2 章到第 8 章)主要涉及的是基于带定制引线框架的 CSP 的设计原理、封装结构、有关材料、制造工艺、电学和热学性能、鉴定和可靠性试验数据;第 3 篇(第 9 章到第 18 章)讨论挠性基板的 CSP;第 4 篇(第 19 章到第 28 章)主要是关于刚性基板的 CSP;第 5 篇(第 29 章到第 36 章)为圆片级再布线的 CSP。

本书的主要读者可能是谁呢?无可置疑,三类专业工作者可能会对本书感兴趣:(1)在 CSP 研究与开发领域已经或准备介入的研究人员;(2)已经遇到 CSP 的实际问题并希望更多地理解和学习解决这些问题的人士;(3)那些必须为他们的产品互连系统选择可靠的、创造性的、高性能的、耐用的和性价比高的封装技术人员。本书同时可以作为相关专业大学生和研究生的参考书,他们将是电子工业未来的领导者、科学家和工程师。

我们希望本书对所有面临集成电路速度和密度不断增加、产品尺寸和重量不断减小所带来挑战的人们是有价值的参考资料,同时也希望本书对未来电子工业中芯片尺寸封装在电和热设计、材料、工艺、制造、电和热管理、测试、可靠性的研发及更多的应用中提供帮助。

学会如何在互连系统中设计 CSP 的机构很可能在电子工业中会取得很大的进步,同时在成本、性能、质量、产品尺寸和重量方面获取巨大的利益。我们希望本书所提供的信息有助于在应用 CSP 时消除障碍、避免初始阶段的错误,同时加速在 CSP 的设计、材料和工艺方面的开发。我们强烈反对那些认为电子封装和互连技术是高速计算电路“瓶颈”的观点,相反,我们认为这正是通过开发新型、高性价比和可靠的 CSP 为电子工业做出巨大贡献的黄金机会。对于 CSP 来说,这正是一个令人激动的时代!

美国,加利福尼亚,Palo Alto, EPS 公司 刘汉诚(John H. Lau)  
香港科技大学在 EPS 公司的访问学者 李世玮(Shi-Wei Ricky Lee)

# 致 谢

在 McGraw-Hill 公司许多敬业的工作人员努力下,《芯片尺寸封装:设计、材料、工艺、可靠性及应用》一书终于出版了,我们向他们全体人员表示衷心的感谢,特别是 P. Linskey, R. Frappolli、S. Souffrance 和 V. Khavkina 的不懈支持。我们要特别感谢 S. Chapman, 由于他的全力支持,使出书过程中的许多难题得以顺利解决,使我们这本书的出版梦想成真。经由以上人员的不懈努力,我们凌乱的手稿变成了引人入胜的书籍,我们非常高兴能有这个机会同他们工作。

本书的素材来自许多不同的个人、公司和机构,对于他们给予的各种帮助,我们表示衷心的感谢。然而,实际上很难把出书过程中所有提供过支持的名单全部列出,为了避免有遗漏之憾,我们只能在此一并向他们表示感谢。

我们也要感谢一些专业团体和出版社同意我们在本书中复制一些他们的图表和资料。比如“美国机械工程师学会”(ASME)会议论文集和学报、“电机和电子工程师学会”(IEEE)会议论文集和学报、“国际微电子与封装协会”(IMAPS)会议论文集和学报、“美国金属学会”(ASM)会议论文集和书籍、“表面安装技术协会”(SMTA)会议论文集和杂志、NEPCON 论文集、*IBM Journal of Research and Development*、*Electronic Packaging & Production*、*Advanced Packaging*、*Circuits Assembly*、*Surface Mount Technology*、*Connection Technology*、*Solid State Technology*、*Circuit World*、*Microelectronics International* 以及 *Soldering and Surface Mount Technology*。

刘汉诚(John Lau)要感谢他原来工作的惠普(HP)公司的精心栽培,给他提供了优越的工作环境,并满足他称心工作的心愿和提高他

的专业声望。

他也要感谢郭台铭 (Terry T. M. Gou) 先生 (鸿海精密工业有限公司的首席执行主席) 对他在 “Express Packaging System” (EPS) 公司工作时的信任、重视和支持。同时, 他要感谢他在惠普公司、EPS 公司和电子工业界那些优秀的伙伴, 感谢他们的帮助、支持和教导。能和他们一起工作及交往, 是一种荣幸和机遇。从他们那里, 他学到了许多先进的电子封装技术和珍贵的人生处世道理。

李世玮 (Ricky Lee) 要感谢他在香港科技大学的同事们, 如果没有他们的努力去建立电子封装科研的环境, 或许他还没有机会开展这个领域方面的工作。另外, 他特别感谢香港研究资助局 (RGC) 对他在电子封装研究中给予财政上的支持。

最后, 刘汉诚要感谢他的女儿 Judy 和他的妻子 Teresa, 谢谢她们的爱、体谅和忍耐。为了这本书, 她们牺牲了家庭团聚的时间, 允许他在很多的周末都去工作。她们坚信: 为电子工业做出贡献, 是他义无反顾的动机。在这个假期, Judy 刚刚顺利完成她在加州大学伯克利分校第一学期的学业, 而且刘汉诚全家身体健康, 他实在要感谢上天的恩赐和庇佑。

李世玮对于他家人的支持也深感于心, 他为了这本书, 经常必须一天工作 16 小时以上。有一段时期, 他惟一能见到两个女儿 Ingrid 和 Denise 的时间是每天早晨七点钟送她们去乘坐校车的时候。他永远也忘不了当时的情景, 他的两个女儿上车后, 向他挥动着小手说: “爸爸, 明天见!”

美国, 加利福尼亚, Palo Alto, EPS 公司 刘汉诚 (John H. Lau)  
香港科技大学在 EPS 公司的访问学者 李世玮 (Shi-Wei Ricky Lee)

# 目 录

## 第 1 篇 用于 CSP 的倒装芯片和引线键合

<b>第 1 章 CSP 基板上焊凸点倒装芯片和引线键合芯片的比较</b> .....	3
1.1 引言 .....	3
1.2 焊凸点倒装芯片与引线键合的成本分析 .....	4
1.2.1 组装工艺 .....	5
1.2.2 主要设备 .....	6
1.2.3 材料/人力/操作 .....	6
1.2.4 成本比较 .....	14
1.2.5 总结 .....	15
1.3 如何选择下填料材料 .....	17
1.3.1 下填料材料和应用 .....	17
1.3.2 固化条件 .....	19
1.3.3 下填料材料的性能 .....	21
1.3.4 下填料流动速率 .....	25
1.3.5 机械性能 .....	27
1.3.6 电学性能 .....	28
1.3.7 下填包封料的分级 .....	30
1.3.8 小结 .....	31
1.4 总结 .....	32
1.5 致谢 .....	33
1.6 参考文献 .....	34

## 第 2 篇 基于定制引线框架的 CSP

<b>第 2 章 Fujitsu 公司的小外形无引线/C 形引线封装 (SON/SOC)</b> .....	39
2.1 引言和概述 .....	39
2.2 设计原理和封装结构 .....	39
2.3 有关材料 .....	42
2.4 制造工艺 .....	43
2.5 电学和热学性能 .....	44
2.6 鉴定和可靠性 .....	46
2.7 应用和优点 .....	49
2.8 总结和结论 .....	50
2.9 参考文献 .....	50
<b>第 3 章 Fujitsu 公司的焊凸点片式载体 (BCC)</b> .....	51
3.1 引言和概述 .....	51
3.2 设计原理和封装结构 .....	51
3.3 有关材料 .....	53
3.4 制造工艺 .....	53
3.5 电学和热学性能 .....	55
3.6 鉴定和可靠性 .....	55
3.7 应用和优点 .....	57
3.8 总结和结论 .....	58
3.9 参考文献 .....	58
<b>第 4 章 Fujitsu 公司的 MicroBGA 和四边无引线扁平封装 (QFN)</b> .....	59
4.1 引言和概述 .....	59
4.2 设计原理和封装结构 .....	59
4.3 有关材料 .....	61
4.4 制造工艺 .....	62
4.5 鉴定和可靠性 .....	67
4.6 应用和优点 .....	68
4.7 总结和结论 .....	68
4.8 参考文献 .....	69

<b>第 5 章 Hitachi Cable 公司的芯片上引线的芯片尺寸封装(LOC-CSP)</b> .....	70
5.1 引言和概述 .....	70
5.2 设计原理和封装结构 .....	70
5.3 有关材料 .....	72
5.4 制造工艺 .....	73
5.5 电学性能和封装可靠性 .....	74
5.6 应用和优点 .....	75
5.7 总结和结论 .....	76
5.8 参考文献 .....	76
<b>第 6 章 Hitachi Cable 公司的微凸点阵列封装(MSA)</b> .....	78
6.1 引言和概述 .....	78
6.2 设计原理和封装结构 .....	78
6.3 有关材料和制造工艺 .....	81
6.4 性能和可靠性 .....	83
6.5 应用和优点 .....	84
6.6 总结和结论 .....	84
6.7 参考文献 .....	84
<b>第 7 章 LG Semicon 公司的底部引线塑料封装(BLP)</b> .....	85
7.1 引言和概述 .....	85
7.2 设计原理和封装结构 .....	85
7.3 有关材料 .....	87
7.4 制造工艺 .....	89
7.5 电学和热学性能 .....	91
7.6 鉴定和可靠性 .....	93
7.7 应用和优点 .....	98
7.8 总结和结论 .....	100
7.9 参考文献 .....	101
<b>第 8 章 TI Japan 公司的芯片上引线(LOC)存储器     芯片尺寸封装(MCSP)</b> .....	102
8.1 引言和概述 .....	102
8.2 设计原理和封装结构 .....	102
8.3 有关材料 .....	103

8.4	制造工艺 .....	105
8.5	电学和热学性能 .....	107
8.6	鉴定和可靠性 .....	108
8.7	应用和优点 .....	110
8.8	总结和结论 .....	110
8.9	参考文献 .....	111

### 第3篇 挠性基板 CSP

<b>第9章</b>	<b>3M公司的增强型挠性CSP .....</b>	<b>115</b>
9.1	引言和概述 .....	115
9.2	设计原理和封装结构 .....	115
9.3	有关材料 .....	117
9.4	制造工艺 .....	119
9.5	性能和可靠性 .....	120
9.6	应用和优点 .....	123
9.7	总结和结论 .....	124
9.8	参考文献 .....	124
<b>第10章</b>	<b>GE公司的挠性板上的芯片尺寸封装(COF-CSP) .....</b>	<b>125</b>
10.1	引言和概述 .....	125
10.2	设计原理和封装结构 .....	125
10.3	有关材料 .....	129
10.4	制造工艺 .....	130
10.5	性能和可靠性 .....	133
10.6	应用和优点 .....	133
10.7	总结和结论 .....	135
10.8	参考文献 .....	136
<b>第11章</b>	<b>Hitachi公司用于存储器件的芯片尺寸封装 .....</b>	<b>137</b>
11.1	引言和概述 .....	137
11.2	设计原理和封装结构 .....	137
11.3	有关材料 .....	140
11.4	制造工艺 .....	141
11.5	鉴定和可靠性 .....	142
11.6	应用和优点 .....	143

11.7	总结和结论	143
11.8	参考文献	144
<b>第 12 章</b>	<b>IZM 的 <i>flexPAC</i></b>	<b>145</b>
12.1	引言和概述	145
12.2	设计原理和封装结构	145
12.3	有关材料	148
12.4	制造工艺	149
12.5	鉴定和可靠性	152
12.6	应用和优点	154
12.7	总结和结论	155
12.8	参考文献	155
<b>第 13 章</b>	<b>NEC 公司的窄节距焊球阵列 (FPBGA)</b>	<b>156</b>
13.1	引言和概述	156
13.2	设计原理和封装结构	156
13.3	有关材料	159
13.4	制造工艺	161
13.5	性能和可靠性	164
13.6	应用和优点	166
13.7	总结和结论	168
13.8	参考文献	168
<b>第 14 章</b>	<b>Nitto Denko 公司的模塑芯片尺寸封装 (MCSP)</b>	<b>169</b>
14.1	引言和概述	169
14.2	设计原理和封装结构	169
14.3	有关材料	170
14.4	制造工艺	173
14.5	鉴定和可靠性	174
14.6	应用和优点	177
14.7	总结和结论	178
14.8	参考文献	178
<b>第 15 章</b>	<b>Sharp 公司的芯片尺寸封装</b>	<b>179</b>
15.1	引言和概述	179
15.2	设计原理和封装结构	179



15.3	有关材料 .....	182
15.4	制造工艺 .....	183
15.5	性能和封装鉴定 .....	184
15.6	焊接点的可靠性 .....	187
15.7	应用和优点 .....	196
15.8	总结和结论 .....	197
15.9	参考文献 .....	198
<b>第 16 章 Tessera 公司的微焊球阵列(<math>\mu</math>BGA)</b> .....		199
16.1	引言和概述 .....	199
16.2	设计原理和封装结构 .....	199
16.3	有关材料 .....	202
16.4	制造工艺 .....	203
16.5	电学和热学性能 .....	205
16.6	鉴定和可靠性 .....	209
16.7	应用和优点 .....	213
16.8	总结和结论 .....	216
16.9	参考文献 .....	217
<b>第 17 章 TI Japan 公司的 Micro-Star BGA(<math>\mu</math>Star BGA)</b> .....		218
17.1	引言和概述 .....	218
17.2	设计原理和封装结构 .....	218
17.3	有关材料和制造工艺 .....	219
17.4	鉴定和可靠性 .....	220
17.5	应用和优点 .....	223
17.6	总结和结论 .....	224
17.7	参考文献 .....	225
<b>第 18 章 TI Japan 公司使用挠性基板的存储器芯片尺寸封装(MCSP)</b> .....		226
18.1	引言和概述 .....	226
18.2	设计原理和封装结构 .....	226
18.3	有关材料 .....	227
18.4	制造工艺 .....	229
18.5	鉴定和可靠性 .....	231
18.6	应用和优点 .....	233
18.7	总结和结论 .....	233