

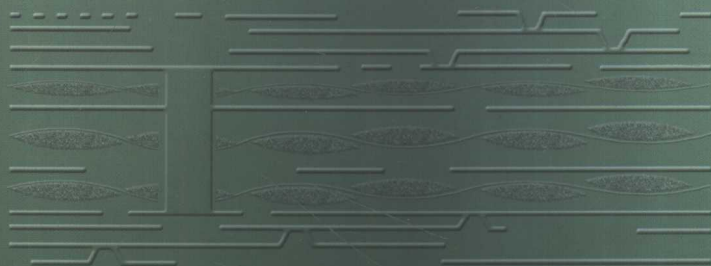
High  
New

新材料及在高技术中的应用丛书

Substrates for High Density Package

# 高密度封装基板

田民波 林金堵 祝大同 编著



清华大学出版社

新材料及在高技术中的应用丛书

# 高密度封装基板

田民波 林金堵 祝大同 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书从印制线路板和微电子封装的基本概念入手,针对高密度多层基板,详细讨论了制造工艺、相关材料及应用等各个方面的内容。主要包括印制线路板概述、高密度电子封装、无机封装基板、高密度封装基板及其新课题、封装用一般有机基板材料、带载型封装用挠性基板材料、封装用积层多层板基材、高密度互连多层板芯板制造技术、高密度互连积层板制造技术、特性阻抗和集成元件板等。

本书适合于微电子、化工、材料、电子元器件、信息、通信、计算机、机械、塑料加工等各个领域的学生、教师和工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

高密度封装基板/田民波,林金堵,祝大同编著. —北京:清华大学出版社,2003

(新材料及在高技术中的应用丛书)

ISBN 7-302-06386-9

I. 高… II. ①田… ②林… ③祝… III. 印制线路板(材料) - 封装工艺 IV. TN41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 015355 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 宋成斌

封面设计: 黄勤勤

版式设计: 刘祎森

印 刷 者: 北京牛山世兴印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 170×230 印张: 51.5 字数: 977 千字

版 次: 2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-06386-9/TB·54

印 数: 1~3000

定 价: 98.00 元

# 《新材料及在高技术中的应用丛书》序言

材料、信息技术与能源称为现代人类文明的三大支柱。国民经济的各部门和高技术领域的发展都不可避免地受到材料发展的制约或推动。材料科学技术为建设现代工业和现代农业提供基础物质,为传统产业的更新改造和高技术产业的兴起提供共性关键技术,也为国防建设提供重要的物资保证。实际上,新材料的发展水平已经成为衡量一个国家高技术水平高低和综合国力强弱的重要标志。

与此同时,人类已进入蓬勃发展的高技术时代。计算机、多媒体、移动电话、因特网、核能、航天和太空探索、激光、基因工程、克隆技术、电动汽车和高速火车等,其中不少已经或即将涉及我们的日常生活。

当前一些发达国家正集中人力、物力,寻求在新材料方面的突破。美国、欧共体、日本和韩国等在他们的最新国家计划中,都把新材料及其制备技术列为国家关键技术之一加以重点支持。例如,美国国家研究理事会(National Research Council, NRC)确定的“未来30年十大研究方向”中与材料直接和间接相关的就有8项;美国国家关键技术委员会把新材料列为影响经济繁荣和国家安全的六大类关键技术的首位。20世纪90年代初确定的22项关键技术中,材料占了5项。

最近,我国已确定“十五”期间八个对增强综合国力最具战略影响的高技术领域,它们分别是信息技术、生物技术、新材料技术、先进制造与自动化技术、资源环境技术、航天航空技术、能源技术、先进防御技术等领域。其中重点是信息、生物和新材料三个领域。

《新材料及在高技术中的应用丛书》正是在这种背景下出版的。何谓“新材料”?简单地说,就是那些新出现或已在发展中的,

在成分、组织、结构、形态等方面不同于普通材料,具有传统材料所不具备的优异性能和特殊功能的材料。目前比较活跃的领域包括:电子信息、光电、超导材料;生物功能材料;能源材料和生态环境材料;高性能陶瓷材料及新型工程塑料;粉体、纳米、微孔材料和高纯金属及高纯材料;表面技术与涂层和薄膜材料;复合材料;智能材料;新结构功能助剂材料、优异性能的新型结构材料等。

何谓“高技术”?简单地说,就是采用新材料、新工艺,产生更高效益,能促进人类物质文明和精神文明更快进步的技术。有人认为,高技术就是“尖端技术”、“先导技术”、“未踏技术”等。以这类技术形成的产业具有高成长率、高利润、高风险、高变化率、高知识水平等特点,也有人把知识密集型产业称为高技术产业。

新材料、高技术的发展具有下述特征:

### (1) 新材料与高技术相互促进,二者相结合可转化为巨大的生产力

从科技发展史看,重大的技术革新往往起始于材料的革新。例如,20世纪50年代镍基超级合金的出现,将材料使用温度由原来的700℃提高到900℃,从而导致超音速飞机问世;而高温陶瓷的出现则促进了表面温度高达1000℃的航天飞机的发展。半导体材料及大规模集成电路技术的不断突破,使电子计算机的体积越来越小、能力却成千上万倍地提高:晶体管(1947年)、集成电路(1959年)和微处理器(1970年)的发明提高了数据运行速度;硬盘(1956年)、调制解调器(1980年)和鼠标(1983年)的发明又大大提高了获取数据的能力;因特网(1989年)的广泛应用打破了传统的信息堡垒,使人们廉价地获取各种知识成为可能;未来还会出现一些“智能”型装置,如手表型对话器、“智能”冰箱、“智能”居室等。

### (2) 高风险、高投入、高效益、高速度

在信息社会飞速发展的今天,作为人机对话窗口的显示器已成为世界电子信息工业的又一大支柱产业。阴极射线管显示器(CRT)由于其体积大、电压高、易受干扰,因而在便携式电子产品和大屏幕显示方面的应用受到限制。目前平板显示器(FPD)已经发展成为可以与CRT抗衡的新兴显示技术。据预测,到2002年,CRT和FPD器件的产值都将达到300亿美元,各占50%,后者的年增长率为16.2%,远远高于前者6.3%的水平。

其中等离子体显示板(PDP)以其显示面积大、画质优异、视角大、薄型等特点,在40~70英寸大屏幕显示范围内占有绝对优势,作为高清晰度电视(HDTV)、家庭影院进入家庭,使人们盼望多年的壁挂电视梦想成为现实。

面对这种形势,许多跨国公司都投入巨资,建立新的生产线,加速扩展其生产能力,力争抢先占领彩色PDP市场。仅亚洲,已经投产的PDP生产线就不下10条。

### (3) 高技术的迅猛发展对新材料提出更高的要求

小型、轻量、薄型、高性能是数字网络时代电子设备的发展趋势。便携式信息机器正以迅猛之势发展,这种新机器将个人电脑的信息处理能力、因特网的通信网

络、电视栩栩如生的图像和电话的便利性融为一体。人们预想这种便携式信息机器将成为电话、电子邮件、因特网和录像机的替代品,2003年左右被广泛使用,从而迎来“后PC时代”。目前,质量仅有50g的移动电话已经小批量面市。据估计,到2006年,在所有电子设备中,便携型的比例将超过60%。

随着电子元器件向轻、薄、短、小、高性能方向发展,芯片向高集成度、高频率、超多I/O端子数方向发展,迫切需提高封装密度,其中包括:封装的端子(引脚)数越来越多;端子(引脚)节距越来越小;封装厚度越来越薄;封装体在基板上所占的面积越来越大。为满足这些要求,一是不断采用新的封装形式,二是采用三维立体布线的多层基板及三维立体封装。电子封装工程的这种发展趋势对其四大基础技术,即薄厚膜技术、微互联技术、基板技术、封接与封装技术等提出许多新的要求。因此,许多新结构、新工艺、新材料将应运而生。

#### (4) 人才是新材料、高技术发展的关键

新材料的“新”主要体现在其特殊性能及功能上:作为结构材料,有超高强度、超高硬度、超塑性等;作为功能材料,主要涉及电、磁、半导、超导、压电、声、光等特性。新材料更新换代快、式样多变;其制备和生产往往与新技术、新工艺紧密相连;其研制与应用需要更综合的知识和能力。

例如,为了制取用纤维或晶须增强的新型复合材料,需要制备高强度、高热稳定性、无(或很少)缺陷的陶瓷晶须或纤维,并解决它们与基体间的复合工艺问题;为了获得具有特殊性质的薄膜或表层,需要应用各种成膜技术(如真空蒸镀、磁控溅射、分子束外延等)、激光技术、高能粒子轰击或离子注入技术。为了不断提高磁记录和光磁记录的记录密度、可靠性和再生灵敏度,除了要在记录介质材料系统、垂直磁记录膜的制作工艺、多层膜等方面进行系统的研究开发外,还要对磁头(包括感应磁头、磁致电阻和巨磁电阻效应磁头等)、激光记录再生系统、光强和频率调制系统等进行深入研究。要能胜任这些工作,并能取得开创性的成果,没有高水平的人才是不可想像的。

#### (5) 科学决策极为重要

新材料应用于高技术领域,有先后、难易、周期长短、所需基础及投入资金多少的不同。国民经济发展对其要求应有轻重缓急之分,因此科学决策极为重要。在新材料、高技术等新经济中不是大鱼吃小鱼,而是快的吃慢的,反应最快的总是占据最佳位置,速度是新经济的自然淘汰方式。

目前我国从事新材料及高技术研究、开发和生产的单位是很多的。根据20世纪90年代初的统计,从事新材料研究开发的部门所属的研究机构就有125个,全国有170所高校设有与材料相关的系和专业,还有1000家以上的企业从事新材料的生产。而从事高技术的单位和部门更是数不胜数。

但是,目前我国不少新材料及高技术部门往往从事同样的研究开发工作,特别

是一些热门课题,大家一哄而上,由于经费不足和研究条件落后,很多项目仍是低水平重复,成果不能很快地转化为生产力,浪费了国家有限的人力和资金。

究其原因,有体制问题、决策问题、选题及目标问题,还有政策问题等。

这些问题不解决,很难在新材料及高新技术的激烈竞争中立于世界之林。

应特别指出的是,在信息、能源、材料三大基础产业中,材料最为基础。以目前快速发展的电子材料为例,日本在金属超细粉、表面活性剂、有机粘结剂、有机溶剂、电子浆料、液晶材料、光学玻璃、偏光板、玻璃粉料、陶瓷粉料、封接玻璃、电子陶瓷、各类薄膜、各类基板、光刻制板、精细印刷、焊料焊剂、PCB基板、多层基板、微细连接、封接封装技术及各类相关设备等方面的中小型企业遍布全国,都有其独特的技术和很强的生产能力,且科研力量、开发能力都很强。许多重大科研及攻关项目都在公司间进行,厂家、用户之间联系密切、技术交流频繁,所涉及的都是新的、活的、尖端的内容。这些中小型企业作为产业基础是必不可少的。日本、韩国微电子产业的腾飞正是得益于此。目前,新加坡以及中国台湾、香港正在奋起直追,我国内地亟待在这些方面迅速发展。

本丛书力求全方位地反映新材料及高新技术应用的各个方面,包括涉及的范围、水平、目前状况及发展趋势等。重点是讨论新材料与高新技术应用之间的关系。以此奉献给该领域的决策者、参与者、相关者、关心者以及在校的大学生、研究生等。内容齐全、涉及面广,力求做到通俗易懂、深入浅出。丛书中的每一部又自成体系,可作为相关专业的教材及教学参考书。

最先献给读者的是本丛书的前六部:《磁性材料》、《电子显示》、《电子封装工程》、《晶圆与芯片》、《高密度封装基板》、《高密度电子封装——MCM、BGA、CSP》。已经动笔和正在组织的还有《粉体与烧结》、《新型玻璃材料》、《薄膜技术与材料》、《电池——材料、工艺及应用》、《结构材料科学》、《功能材料科学》、《实验材料科学》、《气体放电及应用》、《表面与界面》、《固体电子材料》、《纳米技术》等,若能获得同行认可,将陆续出版。

当代材料科学技术正面临新的突破,诸如高温超导体、纳米材料、先进复合材料、生物医用材料、先进电子材料、智能材料、生态环境材料、光电信息材料、C60,以及分子、原子尺度设计材料等领域正处于日新月异地发展之中,充满了挑战和机遇。新材料的出现总是连带着高新技术的突破,由此必将带来巨大的技术经济效益和社会效益。《新材料及在高新技术中的应用丛书》若能对读者在“眼观六路、耳听八方”方面有所裨益,我们将不胜荣幸。

作者水平有限,不妥或谬误之处在所难免,恳请读者批评指正。

田民波

2003年6月30日

# 前言



在电子信息时代,印制电路板(PCB<sup>①</sup>)作为最基础、最活跃的电子部件登上了国际电子产业舞台,成为电子产业不可缺少的重要组成部分。从消费类到投资类的电子产品,从民用到军用的电子设备,印制电路板均发挥着前所未有的功能和作用。20世纪90年代末,国际上逐渐将沿用上百年的印制电路板改称为电子基板(electronic substrate),这一称谓的改变意味着传统的印制电路板业已跨入高密度多层基板时代。

电子基板,按其结构可分为普通基板、印制电路板、模块基板等几大类。其中PCB在原有双面板、多层板的基础上,近年来又出现积层(build-up)多层板;模块基板是指新兴发展起来的,可以搭载在PCB之上,以BGA、CSP、TAB、MCM为代表的封装基板(package substrate,简称PKG基板)。电子基板是半导体芯片封装的载体,搭载电子元器件的支撑,构成电子电路的基盘。小到芯片、电子元器件,大到电路系统、电子设备整机,都离不开电子基板。近几年,在电子基板中,高密度多层基板所占比例越来越大。

电子封装是一个复杂的系统工程,类型很多,涉及各种各样的材料和工艺。为便于理解,可以按几何维数将电子封装分解为简单的点、线、面、体、块、板等。

点:零维。通过点的键合实现电气导通,如引线连接的键合点、

---

① 所有缩写词英文注释见附录。印制电路板(printed circuit board, PCB),泛指表面和内部布置有导体图形的绝缘基板。按习惯,一般称搭载电子元器件的电路为印制电路,故称搭载电子元器件用的整个基板为印制电路板。同一内涵,国外一般称其为PWB(printed wiring board,印制线路板)。在许多情况下,往往将PWB与PCB按同义语处理而不加区别。关于二者的区别,请见1.2.1节。



倒装片的结合点、回流焊的钎焊点等。

线:一维。通过金丝或布线实现电气连接,如键合引线、带载引线、电极布线、信号线、电源线、接地线等。

面:二维。通过封接,实现面与面的紧密接触,以保证固定、密封、传热等。

体:三维。通过封装(如将可塑性绝缘介质经模注、灌封、压入、下充填等),使芯片、封装基板、电极引线等封为一体,构成三维的封装体,起到密封、传热、应力缓和及保护等作用。狭义的封装即指此过程。

块:与下面将要讨论的“板”可以看成是多维体。带有电极引线端子的封装体即为块,进行裸芯片安装的芯片也可以看成块。块搭载在板上称为实装<sup>①</sup>,裸芯片实装在模块基板(BGA基板、TAB基板、MCM基板)上,可分别构成BGA、TAB、MCM封装体,称其为一级封装或微组装;DIP、PGA实装在PCB上采用引脚插入方式,QFP、BGA、CSP、TAB等实装在PCB上采用表面贴装方式,称其为二级封装;裸芯片也可以直接实装在PCB上,如COB、COF等,在这里,一级封装(微组装)、二级封装合二为一。

板:搭载有半导体集成电路元件,L、C、R等分立元件,变压器以及其他部件的电子基板即为“板”。由板通过插入、机械固定等方式,可以安装成为电子系统或整机。

上述电子封装所涉及的各个方面,几乎都是在基板上进行或与基板相关。在电子封装工程所涉及的四大基础技术,即薄厚膜技术、微互联技术、基板技术、封接与封装技术中,基板技术处于关键与核心地位。随着新型高密度封装形式的出现,电子封装的许多功能,如电气连接,物理保护,应力缓和,散热防潮,尺寸过渡,规格化、标准化等,正逐渐部分或全部地由基板来承担。

美国半导体工业会(SIA)在1999年的“半导体元器件发展规划报告”中,预测了半导体器件的发展前景。在封装方面,今后几年L/O引脚数将按1 680、3 280、8 440的数量进展,引脚节距将急速地向更微小方向发展。与此相应,搭载半导体元器件的电子基板将会出现更高密度布线。SIA报告中预测了电子基板高密度布线的指标范围:导线宽度/间距(L/S)——15~40 $\mu\text{m}$ /15~40 $\mu\text{m}$ ;层间导通孔直径——40~50 $\mu\text{m}$ ;孔盘直径——80~300 $\mu\text{m}$ ;绝缘层厚度——30~80 $\mu\text{m}$ ,导体层数——6~20层。除达到上述要求之外,还要求通孔配置有很高的自由度,布线量

---

<sup>①</sup> 目前,国内电子封装界名词术语的使用不太规范,同一术语所指不同内容,相同内容采用不同术语的情况较多。本书中,封装(简称PKG)特指正文所述构成“体”的过程(packaging),或指封装体本身(pack-age);封装技术指从点、线、面到构成体的全部过程及工艺;“实装”这个词来自日文,这里借用,专指上述体搭载在板上的连接过程及工艺,涵盖国内常用的插入、插装、表面贴装(SMT)、安装、微组装等。

有很大的增加等。

诞生于 20 世纪 90 年代初期,并于 90 年代中期在全世界范围内得到迅猛发展的积层多层板(build-up multilayer board,简称 BUM 基板)是实现高密度布线的有效方式。这种积层多层板,在欧洲、美国称为高密度互连基板(high density interconnection substrate,简称 HDI 基板);在中国台湾称为“微细通孔基板”(简称微孔板)。尽管称谓不同,在超微细多层立体布线、微细孔层间互连等方面却是完全一致的。由此,在实现电极节距微细化的同时,其面积、厚度、质量可大大降低。

电子基板,按其电气绝缘或机械支撑材料,可分为无机基板、有机基板及复合基板等几大类。

传统无机基板以  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、SiC、BeO 和 AlN 等为基材,由于其在热导率、抗弯强度、热膨胀系数等方面的优良特性,广泛用于 HIC 和 MCM 等大功耗器件。

无机基板实现高密度多层布线的方式有 HTCC 和 LTCC 两条途径。HTCC 由多层  $\text{Al}_2\text{O}_3$  生片与 W 或 Mo/Mn 浆料,在  $1650^\circ\text{C}$  共烧而成;LTCC 采用玻璃-陶瓷生片,可使烧结温度从  $1650^\circ\text{C}$  下降到  $900^\circ\text{C}$  以下,从而可以用 Cu、Ag、Ag-Pd 等熔点较低的金属代替 W、Mo 等难熔金属作布线导体,既可以提高电导率,又可以在大气中烧成。采用 LTCC 便于制作大尺寸、大容量基板,成本低,可植入电阻、电容、电感等无源元件,特别是玻璃陶瓷与硅的热膨胀系数相匹配,介电常数低,在高频带具有明显的低损耗性能,特别适合于射频、微波、毫米波器件,在无线电通信、军事及民用等领域有广泛应用。顺便指出,无机基板尽管在电子封装中所占比例不大,近年来还有进一步下降的趋势,但在不少领域,如超级计算机用高密度多层基板、航天计算机用 MCM 基板、晶体振荡器载体、SAW 载体以及电力电子器件等方面,仍具有不可替代的作用。

有机 PCB 已有 100 年的发展史,由于其体薄量轻,具有优良的电气绝缘及介电特性,而且原材料便宜,便于自动化生产,价格较低,易于实现多层化,在电子封装领域已有广泛应用。近年来,积层多层 PCB 的开发成功和模块基板的大量采用,为高密度多层基板开创了广阔的用武之地。在短短几年中,人们就开发出二三十种不同工艺用于积层多层板制造。从绝缘层形成来划分,大致可分为四大类:感光树脂/光刻成孔法;热固性树脂/激光成孔法;附树脂铜箔/激光成孔法;无“芯板”全层导通孔法,如 ALIVH、B<sup>2</sup>it、半固化片形成法等。

20 世纪 90 年代中期,IC 产业迈入高密度封装时代。与之紧密配合,迅速形成积层多层板和有机封装基板这两大新市场,进而引进 PCB 产业以产品结构为主要特征的战略转变,并对整个微电子产业产生深远影响:

① 电子基板业将更有力地推动电子封装乃至整个微电子产业的进步和发展。电子基板,特别是高密度多层基板技术已成为一个国家、一个地区在发展微电子产

业中的关键与核心技术之一。

② 半导体封装所要实现的高速化、高性能、小型化、低成本等特点,越来越转向由封装基板来承担。随着半导体封装向高层次、高水平发展,基板所承载的功能越来越多,要求越来越高。因此,就需要封装基板制造技术(包括基板材料制造技术)向着更尖端方向发展。

③ 积层多层板和封装基板是尖端电子基板的主体。发展这两大类附加值高、具有广阔市场前景的高密度多层基板,是带动整个 PCB 业发展的新的“经济增长点”。

④ 积层多层板与封装基板市场的形成,给 PCB 产业及其相关的原材料产业、设备制造业,带来深刻的变革。这种变革涉及包括品种结构、工艺技术、经营策略、生产系统结构、跨行业和跨国界的技术合作等各个方面。

在上述背景下,日本、中国台湾的 PCB 厂家捷足先登,正在产品结构上实行战略性转变,提高用于移动电话等具有高附加值的微小通孔多层板的生产比例,大力投资发展封装基板的生产,以适应高密度封装的要求。上述国家和地区纷纷同原材料厂家和封装基板应用厂家建立战略合作关系,积极扩大出口,提前占领国际市场。

发展我国尖端电子基板势在必行。目前的形势,对于我国 PCB 产业及电子封装产业来说都是难得的机遇。在此发展潮流中,盼望我国印制电路产业发生质的飞跃。

本书的第 1、2、3、4 章和附录由田民波编写,第 5、6、7 章由祝大同编写,第 8、9、10 章由林金堵编写,全书由田民波统稿。

作者的水平有限,错误在所难免,恳请广大读者给予批评指正。

# 目录



《新材料及在高技术中的应用丛书》序言 .....	I
前言 .....	V

## 第1章 印制线路板概述

<b>1.1 印制线路板的发展经历 .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 摇篮期 .....	1
1.1.2 发展期 .....	6
1.1.3 多层板期 .....	7
1.1.4 积层多层板期 .....	12
<b>1.2 多层印制电路板的种类及结构 .....</b>	<b>14</b>
1.2.1 PCB 和 PWB .....	14
1.2.2 PCB 的分类 .....	15
1.2.3 立体连接方式 .....	18
1.2.4 多层印制电路板的结构 .....	18
<b>1.3 多层印制电路板的电气特征 .....</b>	<b>23</b>
1.3.1 导体电阻 .....	24
1.3.2 绝缘电阻 .....	26
1.3.3 特性阻抗及传输速度 .....	28
1.3.4 交调噪声 .....	34
1.3.5 电磁波屏蔽及其他特性 .....	35

<b>1.4 电镀通孔多层印制线路板</b> .....	35
1.4.1 电镀通孔工艺 .....	36
1.4.2 减成法 .....	38
1.4.3 加成法 .....	41
1.4.4 盲孔、埋孔层间连接 .....	43
1.4.5 顺次积层法 .....	44
<b>1.5 积层多层印制线路板</b> .....	45
1.5.1 电镀方式各种积层法的比较 .....	47
1.5.2 涂树脂铜箔方式 .....	47
1.5.3 热固性树脂方式 .....	49
1.5.4 感光性树脂方式 .....	50
1.5.5 其他采用电镀的积层方式 .....	52
1.5.6 采用导电浆料的积层方式 .....	52
1.5.7 一次积层工艺 .....	55
1.5.8 芯板及表面的平坦化 .....	55
1.5.9 多层间的连接方式 .....	56
<b>1.6 电子基板产业的发展战略</b> .....	58
1.6.1 电子基板产业发展的三个方面 .....	58
1.6.2 战略性开发的把握 .....	59
1.6.3 工艺性开发的把握 .....	64

## 第2章 高密度电子封装

<b>2.1 电子封装的基本概念</b> .....	68
2.1.1 定义 .....	68
2.1.2 范围 .....	70
2.1.3 功能 .....	75
2.1.4 分类 .....	77
<b>2.2 电子封装发展的驱动力及发展概况</b> .....	89
2.2.1 电子封装技术发展简介 .....	89
2.2.2 带动电子封装发展的第一个车轮——半导体芯片性能的不 断提高 .....	92

2.2.3	带动电子封装发展的第二个车轮——电子设备迅速轻、薄、短、小化 .....	94
2.2.4	电子封装技术领域中的两次重大变革 .....	98
2.2.5	电子封装的发展动向及第三次重大变革 .....	104
<b>2.3</b>	<b>电子封装的技术课题 .....</b>	<b>116</b>
2.3.1	信号的高速传输 .....	116
2.3.2	高效率冷却 .....	117
2.3.3	高密度化 .....	118
2.3.4	防止电磁波干扰技术 .....	118
<b>2.4</b>	<b>从电子封装技术到电子封装工程 .....</b>	<b>118</b>
2.4.1	电子封装技术的体系与范围 .....	118
2.4.2	电子封装工程的主要课题 .....	120
2.4.3	电子封装材料 .....	124
<b>2.5</b>	<b>多芯片组件(MCM) .....</b>	<b>124</b>
2.5.1	MCM 的历史、种类及其特征 .....	124
2.5.2	MCM 的制造工艺——以 MCM-D 为例 .....	130
2.5.3	MCM 的发展趋势 .....	132
<b>2.6</b>	<b>CSP——芯片级封装 .....</b>	<b>134</b>
2.6.1	CSP 的定义及特征 .....	134
2.6.2	挠性基板 $\mu$ BGA .....	141
2.6.3	陶瓷封装基板 LGA 型 CSP(C-CSP) .....	142
2.6.4	薄膜型 CSP .....	144
2.6.5	少端子 CSP——BCC .....	148
2.6.6	D <sup>2</sup> BGA 型 CSP .....	150
2.6.7	叠片式 CSP .....	152
2.6.8	Super CSP 和 MOST .....	155
2.6.9	CSP 的最新进展及发展动向 .....	160
2.6.10	CSP 有待研究和开发的课题 .....	168
<b>2.7</b>	<b>三维封装 .....</b>	<b>169</b>
2.7.1	三维封装的分类 .....	169
2.7.2	封装叠层的三维封装 .....	169
2.7.3	芯片叠层的三维封装 .....	171

2.7.4 硅圆片叠层的三维封装 .....	172
<b>2.8 半导体封装技术的发展趋势 .....</b>	<b>173</b>
2.8.1 封装的作用及电子封装工程的地位 .....	173
2.8.2 半导体封装技术的现状及动向 .....	175
2.8.3 主要半导体封装技术的发展趋势 .....	178
2.8.4 今后的课题 .....	183

## 第3章 无机封装基板

<b>3.1 陶瓷基板概论 .....</b>	<b>186</b>
3.1.1 作为陶瓷基板应具备的条件 .....	186
3.1.2 陶瓷基板的制作方法 .....	188
3.1.3 陶瓷基板的金属化 .....	193
<b>3.2 各类陶瓷基板 .....</b>	<b>195</b>
3.2.1 氧化铝基板 .....	195
3.2.2 莫来石基板 .....	202
3.2.3 氮化铝(AlN)基板 .....	204
3.2.4 碳化硅(SiC)基板 .....	210
3.2.5 氧化铍(BeO)基板 .....	213
<b>3.3 低温共烧陶瓷(LTCC)多层基板 .....</b>	<b>213</b>
3.3.1 LTCC 基板应具有的性能 .....	215
3.3.2 玻璃陶瓷材料 .....	216
3.3.3 LTCC 的制作方法 & 烧结特征 .....	219
3.3.4 LTCC 多层基板的应用 .....	224
3.3.5 LTCC 多层基板的发展动向 .....	230
<b>3.4 其他类型的无机基板 .....</b>	<b>232</b>
3.4.1 LCD 用玻璃基板 .....	232
3.4.2 PDP 用玻璃基板 .....	233
<b>3.5 复合基板 .....</b>	<b>235</b>
3.5.1 复合基板(Ⅰ)——功能复合 .....	236
3.5.2 复合基板(Ⅱ)——结构复合 .....	240

3.5.3 复合基板(Ⅲ)——材料复合 .....	245
---------------------------	-----

## 第4章 高密度封装基板及其新课题

<b>4.1 高密度封装基板在携带型电子产品中的应用 .....</b>	<b>249</b>
4.1.1 在移动电话中的应用 .....	250
4.1.2 在笔记本电脑中的应用 .....	268
4.1.3 在携带型摄像机中的应用 .....	273
<b>4.2 高密度多层基板中的精细工艺技术 .....</b>	<b>282</b>
4.2.1 导体尺寸的微细化 .....	282
4.2.2 导体尺寸的精度化 .....	285
4.2.3 加工技术的精细化控制和自动化生产 .....	286
4.2.4 实用高密度封装基板举例 .....	288
<b>4.3 高频基板材料 .....</b>	<b>300</b>
4.3.1 高频 PCB 市场的新发展 .....	300
4.3.2 影响基板材料介电特性的主要因素 .....	303
4.3.3 高频用各类树脂基板材料的性能和特点 .....	312
4.3.4 高频基板材料的未来发展 .....	320
<b>4.4 绿色基板材料 .....</b>	<b>321</b>
4.4.1 绿色基板问题的提出 .....	321
4.4.2 聚合物阻燃机理及阻燃剂 .....	323
4.4.3 绿色 CCL 的开发思路和技术路线 .....	331
4.4.4 无卤化涂树脂铜箔和半固化片材料 .....	335
<b>4.5 电子封装中的无铅化 .....</b>	<b>338</b>
4.5.1 世界范围内电子封装无铅化趋势 .....	338
4.5.2 日本的无铅化现状 .....	342
4.5.3 无铅焊料及钎焊工艺 .....	344
4.5.4 导电胶连接技术 .....	347
4.5.5 积极应对无铅化的发展形势 .....	350
<b>4.6 纳米材料在封装基板中的应用 .....</b>	<b>350</b>
4.6.1 纳米复合材料技术的迅速发展 .....	350



4.6.2	在覆铜板制造技术中应用的发展趋势 .....	351
4.6.3	纳米高分子复合材料在性能上的提高 .....	353
4.6.4	中国台湾纳米材料在覆铜板中应用的研究成果 .....	356
<b>4.7</b>	<b>印制线路板制造技术 10 年内的的发展预测</b> .....	<b>359</b>
4.7.1	对印制线路板制造技术的要求 .....	359
4.7.2	适应高密度封装、高速及高频信号的使用要求 .....	360
4.7.3	适应无卤化的要求 .....	363
4.7.4	适应埋入无源及有源器件的系统集成封装的要求 .....	365
4.7.5	适应搭载新功能器件的要求 .....	367
4.7.6	适应低价格的要求 .....	368
4.7.7	适应更短供货期的要求 .....	369

## 第 5 章 封装用一般有机基板材料

<b>5.1</b>	<b>有机封装基板材料的发展</b> .....	<b>371</b>
5.1.1	有机封装基板 .....	371
5.1.2	有机封装基板材料的发展特点 .....	372
<b>5.2</b>	<b>对基板材料的主要性能要求</b> .....	<b>373</b>
5.2.1	与陶瓷材料相比的特点 .....	373
5.2.2	主要性能要求 .....	373
5.2.3	不同类型封装对基板材料性能需求的侧重点 .....	374
<b>5.3</b>	<b>有机封装基板用基板材料的分类与主要标准</b> .....	<b>375</b>
5.3.1	概述 .....	375
5.3.2	有机封装基板用基材的分类 .....	376
5.3.3	主要标准 .....	378
<b>5.4</b>	<b>制造基板材料的主要原材料</b> .....	<b>393</b>
5.4.1	铜箔 .....	393
5.4.2	玻璃纤维布 .....	402
5.4.3	芳酰胺纤维无纺布 .....	405
<b>5.5</b>	<b>一般环氧玻璃布基的基板材料</b> .....	<b>408</b>
5.5.1	概述 .....	408