

表面组装与贴片式元器件技术

贴片式电子元件

梁瑞林 编著



内 容 简 介

本书是“表面组装与贴片式元器件技术”丛书之一。主要介绍贴片式电阻器、贴片式电容器、贴片式电感器、其他贴片式电子元件以及贴片式电子元件研究课题与展望。在内容上,力图尽可能地向读者传递国际上先进的贴片式电子元件方面的前沿知识,而避免冗长的理论探讨。

本书可作为电子电路、电子材料与元器件、电子科学与技术、通信技术、电子工程、自动控制、计算机工程等领域的工程技术人员以及科研单位研究人员的参考书,也可以作为大专院校学生、研究生的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

贴片式电子元件/梁瑞林编著. —北京:科学出版社,2008
(表面组装与贴片式元器件技术)
ISBN 978-7-03-021581-9

I. 贴… II. 梁… III. 电子元件—基本知识 IV. TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 047346 号

责任编辑:刘红梅 杨 凯/责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静/封面制作:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

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>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 5 月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2008 年 5 月第一次印刷 印张:7

印数:1—5 000 字数:170 000

定 价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

前 言

1800 年前后开始的以蒸汽机为代表的第一次工业革命,给人类社会的发展带来了机械动力。1900 年前后开始的以电气化为代表的第二次工业革命,给人类奉献了优裕的生活环境,我们的生活中充满了前人闻所未闻的新词汇,通信、广播、电视、卫星遥感、手机、汽车电子、机器人、游戏机等;同时也孕育了 2000 年前后开始的以信息技术(IT)为代表的第三次工业革命。新时代的信息技术要求上述的各种电子产品具有更小的体积、更轻的重量、更多更好的功能、更高的可靠性、更小的能耗和更低的成本。于是,用于实现上述目标的集成电路(IC)与大规模集成电路(LSI),贴片式电子元器件与多层印制电路以及表面组装(SMT)技术应运而生。

贴片式电子元器件与表面组装技术是为了适应电子整机缩小体积、减轻重量、提高性能、增多功能、增加可靠性、降低成本的需求,而同步发展起来的一对孪生兄弟。表面组装技术为了达到既要保证产品质量、又要提高电子元器件的组装密度的目的,于是对于贴片式电子元器件提出了许多在采用普通电子元器件通过传统(立体)组装技术组装时不曾遇到的要求。反过来,随着贴片式电子元器件技术的提高,更小体积、更高质量的贴片式电子元器件的出现,也促进了表面组装技术在保证产品质量、甚至提高产品质量、增加产品功能前提下的更高密度的组装。目前我国在贴片式电子元器件的研制与生产方面,距离世界先进水平,尤其是与强调技术立国的日本之间,还有一定差距,我们组织编写这套“表面组装与贴片式元器件技术”丛书,一方面介绍了国外的发展状况,试图在为扭转这一落后局面的诸多努力中,

作出我们自己的贡献;另一方面在贴片式敏感电子元件方面也介绍了某些国内的产品,以供使用者选用时参考。

纵观我国在贴片式电子元器件技术落后于先进国家的原因,主要不在所谓的理论上,而是在材料与工艺上,因此本套丛书主要着墨于它们的材料与工艺,对于类似情况的部分,本套丛书将尽可能地增加力度。

国内已有的相关书籍多以文字叙述为主,在没有条件体验实物的情况下,纵有洋洋千言,也容易使读者不知言为何物。本套丛书采用图文并茂的图解方式,其目的就是要让读者在没有条件——目睹和体验各类表面组装实物以及各种贴片式电子元器件的情况下,通过图(有些是照片)文对照的方式,更好地读懂与理解本套丛书试图向他们传递的知识与信息。

目 录

第1章 概 述

1.1 表面组装技术对贴片式电子元器件的要求	2
1.1.1 传统组装方式的优点	2
1.1.2 表面组装技术的局限性	2
1.2 表面组装技术中的常用术语	5
1.3 贴片式电子元器件的特点	6
1.4 贴片式电子元器件的分类	7
1.4.1 功能分类法	8
1.4.2 形状分类法	8
1.4.3 不同分类方法的优缺点	8

第2章 贴片式电阻器

2.1 电阻器的基础知识	11
2.1.1 超导体、导体、半导体与绝缘体的概念	11
2.1.2 电阻、电阻值与电阻器的概念	13
2.1.3 贴片式电阻器的概念及应用	15
2.2 贴片式电阻器的基本参数	17
2.2.1 尺 寸	18

2.2.2	标称电阻值与电阻值的允许误差	19
2.2.3	电阻值与电阻值允许误差的标识方法	25
2.2.4	额定功率	27
2.2.5	最高额定电压	29
2.2.6	电阻温度系数	30
2.3	贴片式电阻器的分类	31
2.3.1	按照电阻材料进行分类	32
2.3.2	按照功能进行分类	32
2.4	贴片式电阻器的设计	33
2.4.1	利用方阻简化贴片式电阻器的设计	33
2.4.2	电阻值的微调	33
2.4.3	电阻体的平面图形设计	34
2.5	贴片式电阻器的制作工艺	35
2.5.1	工艺流程	35
2.5.2	准备氧化铝基板	37
2.5.3	印刷电极	41
2.5.4	电极烧成	43
2.5.5	电阻体印刷	45
2.5.6	印刷第一层玻璃保护膜	46
2.5.7	电阻值调整	47
2.5.8	印制第二层玻璃保护膜	48
2.5.9	第一次切割	48
2.5.10	形成侧面电极	49
2.5.11	第二次切割	49
2.5.12	侧面电极电镀加厚	50
2.5.13	打印检查包封	50
2.5.14	贴片式电阻排	51

2.6 贴片式电位器	55
2.6.1 分 类	55
2.6.2 技术参数	59

第3章 贴片式电容器

3.1 电容器的基础知识	62
3.1.1 电容器在直流电路中的充放电过程	62
3.1.2 电容器在交流电路中的运作方式	64
3.1.3 电容量的概念	65
3.1.4 电容器的基本结构	66
3.1.5 介电常数	67
3.1.6 电容器的用途	68
3.2 电容器的种类	69
3.2.1 电容器的发展历程	69
3.2.2 根据电介质种类不同进行的分类	70
3.2.3 电容器的工作频率	71
3.2.4 电容器的电容量范围	71
3.2.5 异型结构的贴片式铝电解电容器	72
3.2.6 贴片式陶瓷电容器	73
3.3 贴片式电容器的基本参数	73
3.3.1 贴片式陶瓷电容器的尺寸	74
3.3.2 标称电容量与电容量允许误差	74
3.3.3 电容量及其允许误差的标识方法	75
3.3.4 电介质的不同极化方式及影响	77
3.3.5 中性与弱极性电介质	79
3.3.6 极性电介质	80

3.3.7	离子结构的电介质	81
3.3.8	强介电介质	82
3.3.9	铝电解电容器的氧化铝介质的特性	83
3.3.10	贴片式陶瓷电容器的频率特性	84
3.3.11	含铅陶瓷电容器	86
3.3.12	电容量与温度之间的关系	86
3.3.13	损耗角正切	87
3.3.14	绝缘电阻与电解电容器的漏电流	89
3.3.15	额定工作电压与最高耐电压	90
3.4	贴片式陶瓷电容器	92
3.4.1	贴片式陶瓷电容器的设计	92
3.4.2	贴片式陶瓷电容器的制作工艺流程	93
3.4.3	电介质原料处理	93
3.4.4	印制内电极	96
3.4.5	叠层和压紧	99
3.4.6	切割与烧成	102
3.4.7	外电极的制作与电镀	103
3.4.8	测量检查	105
3.4.9	包 封	106
3.4.10	贴片式陶瓷半可变电容器	107
3.5	贴片式有机薄膜电容器	111
3.5.1	制作贴片式有机薄膜电容器遇到的困难	111
3.5.2	聚苯硫醚的性能	113
3.5.3	贴片式有机薄膜电容器电极金属材料	114
3.5.4	结构与制作工艺	116
3.5.5	贴片式有机薄膜电容器的性能	121
3.6	贴片式电解电容器	124
3.6.1	贴片式铝电解电容器	125

3.6.2 新型铝电解电容器	134
3.6.3 贴片式钽电解电容器	135

第4章 贴片式电感器

4.1 电感器的基础知识	146
4.1.1 电感器储存电路中的能量的形式	146
4.1.2 有关电感器特性的实验	146
4.1.3 电感器中电流不可能突变的原因	147
4.1.4 电阻器、电容器、电感器的本质差别	148
4.1.5 电感量及其单位	148
4.1.6 电感器中影响电感量大小的相关因素	149
4.1.7 感 抗	150
4.1.8 电感器在电路中的应用	151
4.2 电感器的种类	152
4.2.1 电感器的分类	152
4.2.2 贴片式薄膜电感器	152
4.2.3 贴片式叠层电感器	153
4.2.4 贴片式绕线电感器	156
4.3 贴片式电感器的基本参数	157
4.3.1 电感量 L 与允许误差	157
4.3.2 电感量的温度系数	157
4.3.3 导体电阻值 r	158
4.3.4 Q 值	158
4.3.5 最大允许直流电流 $I_{\max}$	159
4.3.6 自谐振频率 SRF	159
4.4 制作前的准备	160

4.4.1	磁路结构	160
4.4.2	磁芯材料	161
4.4.3	陶瓷基板	162
4.4.4	薄膜材料	162
4.4.5	厚膜材料	162
4.5	贴片式电感器的制作工艺	162
4.5.1	贴片式薄膜电感器的制作工艺	162
4.5.2	贴片式叠层电感器的制作工艺	165
4.5.3	贴片式绕线电感器的制作工艺	168

第5章 其他贴片式电子元件

5.1	贴片式敏感元件	170
5.1.1	敏感元件的功能	170
5.1.2	敏感元件的广泛应用	171
5.1.3	片式化的敏感元件种类	172
5.1.4	贴片式热敏电阻器	174
5.1.5	贴片式压敏电阻器	184
5.2	贴片式体波器件	188
5.2.1	制作材料	188
5.2.2	压电陶瓷极化	189
5.2.3	压电振子与其他电子元器件组合	189
5.2.4	贴片式体波器件实例	189
5.3	贴片式连接器	198
5.4	贴片式开关	200

第6章 研究课题与展望

6.1 贴片式电子元件中存在的问题	203
6.1.1 无铅化问题	203
6.1.2 再流焊过程中的问题	205
6.2 今后的片式化动向	206
6.2.1 组装结构的发展方向	207
6.2.2 贴片式电子元件所使用材料的发展方向	207
参考文献	209

第1章 概 述

电子元器件是电子元件与电子器件的总称。电子元件通常包括电阻器、电容器、电感器、电位器、微调电阻器、微调电容器、各类敏感元件、谐振器、滤波器、开关、继电器、连接器、变压器、微电机等；不过，多数情况下所谓电子元件指的则是电阻器、电容器和电感器。电子器件通常包括二极管、晶体管、集成电路、晶体振荡器等；多数情况下所谓器件指的则是二极管、晶体管和集成电路。

贴片式电子元器件，又称为片式电子元器件或者无引线 and 短引线电子元器件。

贴片式电子元器件与表面组装技术是为了适应电子整机缩小体积、减轻重量、提高性能、增多功能、增加可靠性、降低成本的需求而同步发展起来的。表面组装技术为了达到既要保证产品质量、又要提高电子元器件的组装密度的目的，对贴片式电子元器件提出了许多在采用普通电子元器件、通过传统（立体）组装技术组装时不曾遇到的要求。反过来，随着贴片式电子元器件技术的提高，更小体积、更高质量的贴片式电子元器件的出现，也促进了表面组装技术在保证产品质量、甚至提高产品质量、增加产品功能前提下的更高密度的组装。

贴片式电子元器件的制作方法与传统电子元器件既有相同之处，也有不同之处。为了制作贴片式电子元器件，需要有益于传统电子元器件的设计方法和性能更好的原材料，而且尤其需要更高精度的加工制造设备。

1.1

表面组装技术对贴片式电子元器件的要求

1.1.1 传统组装方式的优点

众所周知,如果像图 1.1 那样,将一个电路原理图转换成一个由带引出线的普通电子元器件,通过传统立体组装方式制作而成的电路或者整机,无论是对于承载电路的基板,还是对于电路中的电子元器件而言,它们的形状如何、尺寸大小以及互连线之间是否发生立体交叉等现象,都可以有比较大的选择余地。



图 1.1 根据电路原理图将普通电子元器件通过立体组装制成电路或整机

1.1.2 表面组装技术的局限性

如果要将一个电路原理图转换成由贴片式电子元器件通过平面组装方式制作而成的电路或者整机,情况就将会完全不同了。为了使这种说法不至于太抽象、难理解,我们来看一个具体的例子。图 1.2 是一个预定标器电路原理图。根据该电路原理图,利用贴片式电子元

器件,通过表面组装技术制作成的实际电路,如图 1.3 所示。该图是电路实际组装完成后,除掉组装基板背景后的画面。图1.4是对图 1.3 所示电路的改进。图中的直线所指是在实际电路制作中,为了改善电路的高频性能而增加的一个与 $0.1\mu\text{F}$ 并联的 1000pF 的贴片式电容器。从图 1.3 或者图 1.4 的整个画面来看,要想使贴片式电子元器件能够满足表面组装结构的工艺条件,除了需要对贴片式电子元器件提出某些与传统的带引出线的电子元器件相同的电性能技术指标要求外,还需要提出比带引出线的普通电子元器件更多、更严格的其他要求。这些要求包括:

① 尺寸标准。贴片式电子元器件的尺寸精度应当与表面组装技术和表面组装结构的尺寸精度相匹配,以便能够互换。

② 形状标准,便于定位,适合自动化组装。

③ 电学性能符合标准化要求,重复性和稳定性好。

④ 机械强度满足组装技术的工艺要求和组装结构的性能要求。

⑤ 贴片式电子元器件中材料的耐热性能应当能够经受住焊接工艺的温度冲击。

⑥ 表层化学性能能够承受住有机溶剂的洗涤。

⑦ 外部结构适合编带包装,型号或参数便于辨认。

⑧ 外引出端的位置和材料性质有利于自动化焊接工艺。

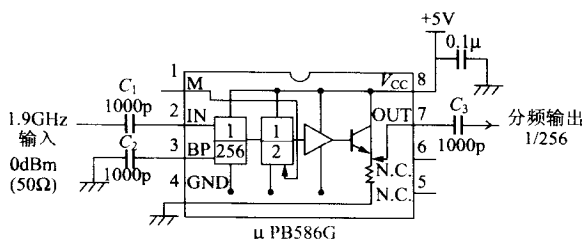


图 1.2 预定标器电路原理图

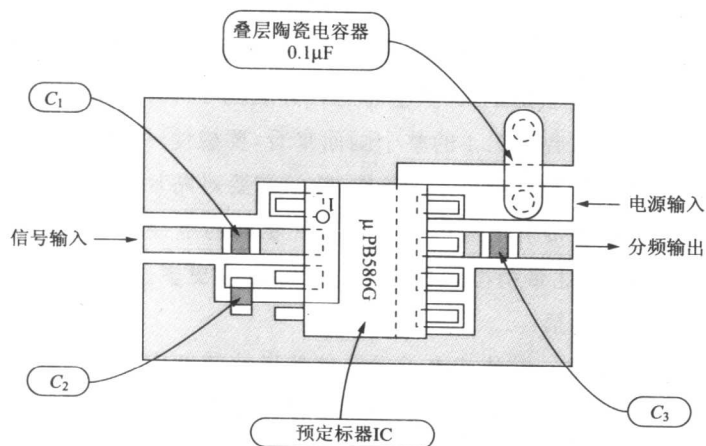


图 1.3 利用贴片式电子元器件及表面组装技术制作的图 1.2 的电路

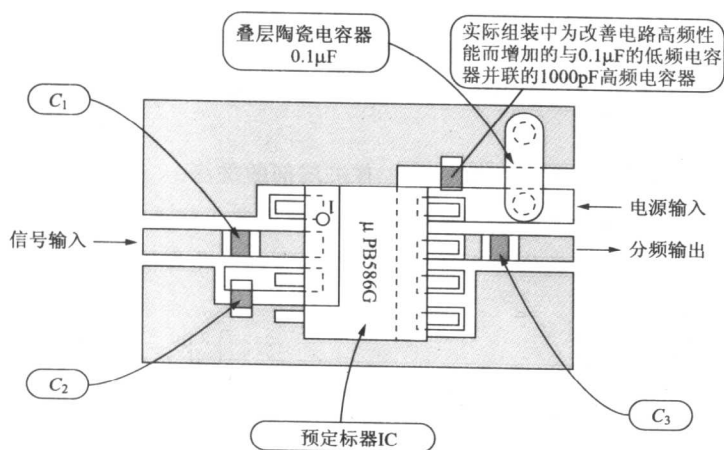


图 1.4 针对图 1.3 所示电路的高频性能不够理想的改进图
(直线所指是一个为改善实际电路的高频性能而在原有的电路原理图的基础上增加的与 $0.1\mu\text{F}$ 的电容器并联的 1000pF 的贴片式电容器)

1.2

表面组装技术中的常用术语

在表面组装与贴片式电子元器件技术中,人们为了书写方便,常常使用一些英文缩写字母。这些常见的英文缩写字母与它们的英文名词及其对应的中文名词如表 1.1 所示。

表 1.1 表面组装技术中常见的英文缩写与中英文名词对照

英文缩写	英文名词	中文名词
SMT	Surface Mounting Technology	表面组装技术
SMC	Surface Mounting Component	表面组装元件
SMD	Surface Mounting Device	表面组装器件
SMB	Surface Mounting Printed Circuit Board	表面组装印制电路板
PCB	Printed Circuit Board	印制电路板
PWB	Printed Wiring Board	印制线路板
THT	Through Hole Technology	通孔插装技术
MSI	Middle Scale Integration	中规模集成电路
LSI	Large Scale Integration	大规模集成电路
TAB	Tape Automatic Bonding	载带自动键合
COB	Chip On Board	带基板的芯片
MBB	Micro-Bulge Bonding	微凸点键合
MCC	Multilayer Ceramic Capacitor	多层陶瓷电容器(叠层陶瓷电容器、独石电容器)
SOT	Small Outline Transistor	小型封装晶体管
SOJ	Small Outline J Lead Package	有 J 形引线的小型封装
SOP	Small Outline Package	薄型小尺寸扁平封装
SOIC	Small Outline Integrated Circuits	小型封装集成电路
PLCC	Plastic Leaded Chip Carrier	塑料封装有引线芯片载体
LCCC	Leadless Ceramic Chip Carrier	陶瓷封装无引线芯片载体
QFJ	Quad Flat J Lead Package	有 J 形引线的方形扁平封装
QFP	Quad Flat Package	方形扁平封装
MELF	Metal Electrode Leadless Face Component	金属电极无引线端面元器件(柱形元件)
SIP	Single in-Line Package	单列直插封装
DIP	Dual in-Line Package	双列直插封装

续表 1.1

英文缩写	英文名词	中文名词
FMS	Flexible Manufacture System	柔性制造系统
IRR	Infrared Reflow	红外再流焊
VPR	Vapor Phase Reflow	蒸汽再流焊
HIC	Hybrid Integrated Circuit	混合集成电路
SOIC	Small Outline Integrated Circuit	小外形集成电路

1.3

贴片式电子元器件的特点

表面组装技术和贴片式电子元器件的迅速发展,使得贴片式电子元器件的种类和数量显著增加。

为了适应表面组装技术的需要,贴片式电子元器件在外部形状和引出电极的结构上与传统电子元器件(或者叫做普通电子元器件)既有共同之处,也有不同之处;在设计、制造技术和性能方面虽然有着千丝万缕的联系,但是也存在不少差异。主要表现在以下几个方面。

① 贴片式电子元器件体积小、重量轻、节省原材料。

贴片式电子元器件体积小,尺寸一般在 0.5mm 到几十 mm 的数量级,厚度约为 0.2~2mm,而且多为无引出线或短引出线结构。因而减轻了重量,节约了原材料,降低了成本,并且有利于高密度组装,进而促进了电子整机小型化、薄型化和轻量化。

② 贴片式电子元器件有利于提高电子设备的可靠性。

贴片式电子元器件的无引线或者引线短、体积小、重量轻、厚度薄化,尤其是无引出线或者短引出线结构,使得它更能够经受得住震动和冲击、更容易将电路工作中产生的热量传递出去,再加上贴片式电子元器件在设计和制造时就已经考虑到了满足表面组装技术中高温焊接条件与清洗条件的要求,贴片式电子元器件的材料及其适当的封装方式本身就耐高温、不怕焊、耐潮湿。另外,由于表面组装技术不需