

电子工业 生产技术手册

电子元件卷

电容器·电阻器·电位器

电感器·电子变压器

混合集成电路·敏感元件

石英晶体及器件

73-073
709
1

电子工业生产技术手册

(1)

电子元件卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编



国防工业出版社

9010084

内 容 简 介

本书为《电子工业生产技术手册》电子元件卷第1分册。共有8篇：电容器、电阻器、电位器、电感器、电子变压器、混合集成电路、敏感元件、石英晶体及器件。内容主要介绍以上各种元器件的工艺流程、生产工艺、重要的原材料、生产设备、半自动和自动化生产线、测试方法和仪器，以及先进生产技术展望。

本书可供从事电子工业尤其是电子元器件生产、科研和教学的技术人员以及有关管理干部参考。

DU11/01

电子工业生产技术手册

(1)

电子元件卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编

国防工业出版社出版、发行

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张65 插页2 1504千字

1990年2月第一版 1990年2月第一次印刷 印数：0,001—5,000册

ISBN 7-118-00320-4/TN61 定价：35.60元

科技新书目182-023

4800100

出版说明

《电子工业生产技术手册》(以下简称《手册》)是由电子工业部和中国电子学会联合组织编写的一部大型综合性工具书。全书共约一千五百万字,分成五卷:

1. 电子元件卷(1~3分册);
2. 电真空器件卷(4~5分册);
3. 半导体与集成电路卷(6~8分册);
4. 通用工艺卷(9~14分册);
5. 生产质量技术保证卷(15~17分册)。

《手册》主要是供具有中专以上水平的电子工业工程技术人员、高级技术工人及生产技术管理干部查阅使用,也可作为高等院校和中等专业学校电子类专业的教学参考书。

《手册》是在总结我国电子工业三十多年来生产技术实践经验的基础上,适当参阅了国外有关技术资料中对我国适用的电子生产技术编写而成的。对于一些即将淘汰与不宜继续采用的现行生产技术,一般不予编入;对那些国内外新近出现的,虽尚未经实践反复验证,但具有方向性的新技术,则在有关篇的“今后展望”中予以介绍。

《手册》力求突出电子工业生产技术的特点,原则上不编入与其他手册相重复的内容。但是,鉴于现代电子工业属高技术密集型工业,涉及的技术门类多,除与电子、机械、化工、冶金等基础科学有密切关系外,还涉及许多边缘科学。为便于查阅,也适当地收集了一些散见于其他手册中的共性资料。

在《手册》的编写过程中,结合我国电子工业的实际情况,认真贯彻了1984年国务院颁发的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和《全面推行我国法定计量单位的意见》。

由于电子产品发展很快,更新换代频繁,各种生产技术进步迅速,第一次编写生产技术性的手册缺少经验,初版会有许多不足之处。为了使《手册》在我国电子工业的发展中能够不断地起到促进和指导作用,希望读者在使用《手册》过程中,如发现谬误或对《手册》的内容有新的建议,请及时与《手册》总编辑部(山西省太原市第115信箱)联系。今后将根据各篇的技术发展情况,及时修订或出版续篇。在适当时间,将全部重新编写出版。

《手册》的编写和出版工作,得到了中央各有关部、委、各省(市)电子工业领导部门及有关厂、所、院、校的大力支持。参加编写、审校和讨论的各方面的专家、教授、科技人员近千人。谨向这些单位与有关人员致以谢意。

《手册》总编辑委员会
一九八六年八月二十五日

前 言

电子元件卷是《电子工业生产技术手册》的首卷。全卷约二百万字，共二十篇，分三个分册。第一分册：电容器、电阻器、电位器、电感器、电子变压器、混合集成电路、敏感元件、石英晶体及器件；第二分册：电子陶瓷材料及器件、磁性材料及器件、声表面波与声光材料及器件、激光与红外器件；第三分册：接插元件、继电器、安装式电表、电声器件、电子线缆、光纤光缆、微特电机、电池。

电子元件是构成电子设备的基本单元，它的生产技术是电子工业的基础之一。近几十年来，随着电子学的飞速发展，电子元件及其生产技术也获得了巨大的进展。

电子元件品种繁多、机理各异，生产技术也各不相同。因此本卷各篇在叙述上基本以产品为主介绍各类元件的生产工艺，只有少数工艺相近的元件才以工艺为主叙述。

电子元件产量大、要求严，必须采用先进的生产技术和自动化大生产手段。因此本卷在择选叙述各类产品先进生产工艺、关键设备和仪器的同时，还特别注意对近几年从国外引进的技术和装备加以介绍。对某些国内尚未采用对国外已经使用有效的新的生产技术和方法也酌予介绍，以利于推广和借鉴。某一产品若有几种各具特色又均有实用价值的工艺，则一并介绍，供读者因地制宜地选择。

电子元件使用范围广、可靠性要求高。本卷各篇除介绍生产工艺外，还介绍各类产品的性能测试和质量控制，列出了测试方法、仪器和测试标准，对一些产品的可靠和寿命试验也作了说明。

电子元件和材料的关系非常密切，有的和材料难以截然分开，有的和材料通常在同一部门生产。对这些产品，在介绍元件生产工艺的同时，还阐述了材料的性能要求及其制备工艺。

电子元件发展迅速，不断出现新的品种。对一些尚属新技术、迄今国内尚未形成大批量生产但已使用较广泛的重要产品，本卷也予收入，并介绍其实验性试制工艺。但是，电子元件的种类太多，限于篇幅，本卷不可能全部编入。

需请读者注意的是，电子元件的生产技术与所使用的材料、设备、仪器和环境等具体条件密切相关，在某一单位采用的工艺参数，不一定完全适合另一单位，因此在使用本卷所列的工艺参数时必须与本单位的实际情况相结合。由于这一原因，本卷在介绍某些产品（特别是新产品）的生产技术时，还阐明必要的工作原理，在叙述工艺过程时也尽量介绍一些工艺原理和注意事项，以帮助读者正确理解和使用本卷有关内容。

本卷编审过程中有大专院校、工厂、研究所等九十一个单位，二百二十余位专家进行撰写、审核或参加编委会工作，还有许多单位提供了资料。本卷编委会挂靠单位为国营七一八厂，编辑部挂靠单位为电子工业部第十一研究所（国营七〇六厂、七一八厂、电子工业部第三研究所参加编辑部工作），上述单位和个人对本卷工作给予了大力支持，在此一并表示感谢。

由于编审水平所限，本卷难免存在错误之处，请读者批评指正。

电子元件卷编辑委员会

总编辑委员会

主任委员

孙俊人

副主任委员 (按姓氏笔划为序)

边拱 陆崇真 周文盛 童志鹏 谢高觉 蒋葆增

委员 (按姓氏笔划为序)

厉声树	刘联宝	陈力为	陈克恭	张立鼎
杨臣华	沈金宝	武尔桢	周生珣	林金庭
郭文昭	郭桂庭	袁行健	戴昌鼎	

总编辑部

主任

孙凤阁

成员 (按姓氏笔划为序)

李桂馨 赵全喜 虞苏玮

卷编辑委员会

主任委员

陈克恭

副主任委员 (按姓氏笔划为序)

杨臣华 郭以述

委员 (按姓氏笔划为序),

卜寿彭 马炳文 王季秩 王遵棠 曲喜新
 孟庆龙 周志刚 范宝元 秦自楷 徐鲤庭
 章士瀛 阙敏 潘福莹

卷编辑部

主任

鲍永民

成员 (按姓氏笔划为序)

王月珠 李庆星 姜璜 韩曲

学术秘书

赵光云

责任编辑

杨其眉

目 录

第 1 篇 电容器

第 1 章 有机介质电容器	3
1.1 主要原材料及其性能	4
1.1.1 介质材料	4
1.1.2 导电材料	5
1.1.3 浸渍材料	11
1.2 典型工艺流程	14
1.3 电极箔和介质的分切	14
1.4 电容器纸涂漆	16
1.4.1 漆液的配制	16
1.4.2 涂漆	17
1.5 漆膜介质的形成	18
1.6 真空蒸发金属膜电极	18
1.6.1 对金属膜的要求及铝和 锌的蒸发工艺特点	18
1.6.2 介质的预处理	19
1.6.3 真空蒸发金属膜设备	20
1.7 芯子的卷绕	26
1.7.1 芯子的结构	26
1.7.2 芯子的卷绕	28
1.7.3 芯子卷绕机	30
1.7.4 芯子电容量的控制	31
1.7.5 芯子的质量控制	34
1.8 芯子的热处理	34
1.9 芯子端面涂敷或喷敷 金属层	36
1.10 真空干燥与浸渍	38
1.10.1 真空干燥	39
1.10.2 真空浸渍	40
1.10.3 浸渍料净化	40
1.11 金属化电容器芯子的 电老练	41
1.12 引出线的焊接	42
1.13 特殊的制造技术	44
1.13.1 提高电容量精度的方法	44
1.13.2 提高电容量稳定性的方法	44

1.13.3 提高电容器工作电压的 方法	44
1.13.4 获得确定的电容温度系 数的方法	45
1.13.5 改善电容器频率特性 的方法	45
1.14 有机介质电容器的发展	46
1.14.1 新的介质材料	46
1.14.2 新的产品结构和工艺	46
第 2 章 铝电解电容器	48
2.1 主要原材料	49
2.1.1 铝箔	49
2.1.2 铝线	51
2.1.3 铝板和铝带	51
2.1.4 电解电容器纸	52
2.1.5 封口橡胶	55
2.1.6 镀锡铜包钢线 (CP线)	55
2.1.7 化学试剂	55
2.1.8 粘胶带和纸带	59
2.1.9 聚氯乙烯 (PVC) 热 缩套管	60
2.2 零部件的制造	60
2.2.1 引线的制造	60
2.2.2 铝外壳的制造和清洗	62
2.2.3 电容器的压力保安装置 ——防爆阀	64
2.3 铝电解电容器的制造 工艺	65
2.3.1 铝箔腐蚀	66
2.3.2 阳极形成	68
2.3.3 阳极箔长度计算式	69
2.3.4 纸箔的分切	70
2.3.5 引线-铝箔铆接和芯子卷绕	71
2.3.6 工作电解质和浸渍	76
2.3.7 装配	76
2.3.8 老练和成品电参数检验	76

2.3.9 电容器编带	83	3.4.3 形成	129
2.4 其它铝电解电容器	85	3.4.4 芯子卷绕与浸渍	129
2.4.1 双(无)极性铝电解 电容器	85	3.4.5 装配	130
2.4.2 固体铝电解电容器	86	3.4.6 老练及其它	130
2.4.3 片型铝电解电容器	86	3.5 钽电解电容器的生产工艺	130
2.4.4 电双层电容器	86	第4章 云母电容器	132
参考文献	87	4.1 主要结构材料	132
第3章 钽电解电容器	88	4.1.1 云母	132
3.1 主要原材料	90	4.1.2 酚醛胶木粉	133
3.1.1 阳极材料	90	4.1.3 环氧树脂包封料	134
3.1.2 形成液和工作电解质用 化学试剂	93	4.1.4 浸渍料和表面涂料	135
3.1.3 封装材料	94	4.1.5 金属导电材料	137
3.2 烧结式固体电解质钽电 容器的生产工艺	95	4.2 制作技术	137
3.2.1 典型工艺流程	97	4.2.1 工艺流程	137
3.2.2 混粉	97	4.2.2 云母光片的制备	137
3.2.3 钽块成型	99	4.2.3 银电极和引出箔的制备	139
3.2.4 烧结	102	4.2.4 芯组叠装及容量调整	142
3.2.5 钽块编带(条)和上盘(架)	105	4.2.5 压装及焊接引线卡子	145
3.2.6 形成	108	4.2.6 真空干燥和浸渍	145
3.2.7 被覆固体电解质	112	4.2.7 金属及陶瓷外壳云母电 容器的总装配	146
3.2.8 涂石墨和银层	114	4.2.8 塑料外壳的成型	146
3.2.9 引线焊接	115	4.2.9 产品电参数的测试	147
3.2.10 装配与封装	118	4.3 其它云母电容器的制造 技术	148
3.2.11 老练	119	4.4 云母电容器的新发展	151
3.2.12 产品检测	120	4.4.1 新的介质材料	151
3.3 烧结式液体电解质钽电 容器的生产工艺	123	4.4.2 新的结构和工艺	151
3.3.1 工艺流程	124	第5章 可变电容器	155
3.3.2 工作电解质及其配制	125	5.1 主要原材料及其要求	156
3.3.3 阴极容量与外壳内表面 的处理	125	5.1.1 极片材料	156
3.3.4 装配	126	5.1.2 主要介质材料	157
3.3.5 老练	126	5.2 空气平板型可变电容器	158
3.3.6 组合式电容器	126	5.2.1 零件制造	159
3.4 钽箔电解电容器的生产 工艺	127	5.2.2 装配	161
3.4.1 工艺流程	127	5.2.3 质量控制	163
3.4.2 去油与腐蚀	127	5.2.4 防机震措施	164
		5.3 同心型可变电容器	164
		5.3.1 动、定子的冷挤成型	165
		5.3.2 动、定子圈的精密引伸	166
		5.3.3 装配	167
		5.3.4 质量控制	168

5.4 薄膜介质可变电容器	168	6.6.2 流化工艺	201
5.4.1 动片、定片及介质片的自 动冲裁	168	6.7 外壳-弹性体(橡皮)压封	202
5.4.2 轴的冷锻成型	170	6.7.1 压封结构	202
5.4.3 塑料零件的注塑成型	171	6.7.2 弹性体材料	205
5.4.4 装配	173	6.8 塑封	205
5.4.5 消除静电噪音的措施	173	6.8.1 模塑	205
5.4.6 质量控制	174	6.8.2 传递模塑	205
5.5 玻璃管状微调电容器	175	6.8.3 注塑	206
5.5.1 被银玻璃管的加工	175	6.9 清洗	207
5.5.2 内电极的制造	178	6.10 密封检查	208
5.5.3 装配	178	6.10.1 表示结构气密性的指标	208
5.5.4 质量控制	178	6.10.2 试验方法	209
5.6 真空可变电容器	179	6.11 陶瓷绝缘子银层烧渗 法金属化工艺	214
5.6.1 电极环的制造	179	第7章 电容器电性能的测量	216
5.6.2 波纹管	181	7.1 电容量及损耗角正切 的测量	216
5.6.3 电极环的表面处理	183	7.1.1 电容器的等效电路	216
5.6.4 装配	184	7.1.2 测量条件	216
5.7 可变电容器的发展趋向	186	7.1.3 电流-电压测量法	220
5.7.1 发展方向	186	7.1.4 电桥法	221
5.7.2 新的产品结构	186	7.1.5 谐振法	224
5.7.3 生产工艺的改造	186	7.1.6 其他常用的测量技术	226
第6章 电容器的封装	188	7.1.7 常用测量仪表	232
6.1 金属与陶瓷、玻璃的封接	188	7.2 耦合电容的测量	232
6.2 钎焊	188	7.3 电容量温度特性的测量	233
6.2.1 焊前处理	188	7.3.1 温度循环程序和相应的 特性指标	233
6.2.2 软焊料及焊剂	190	7.3.2 测量条件和方法	234
6.2.3 加热焊接	190	7.3.3 测量夹具	234
6.2.4 常见的缺陷	192	7.4 阻抗的测量	235
6.3 熔焊	192	7.4.1 测量条件和方法	235
6.4 浸封	193	7.4.2 测量仪表	235
6.4.1 对浸封料的要求	194	7.5 自振频率的测量	236
6.4.2 酚醛树脂浸封	194	7.5.1 测量方法〔1〕	236
6.4.3 环氧树脂浸封	195	7.5.2 测量方法〔2〕	236
6.5 灌注包封、浇铸包封和 粘封	198	7.5.3 测量方法〔3〕	237
6.5.1 灌注包封	198	7.6 电感的测量	237
6.5.2 浇铸包封	199	7.6.1 测量方法〔1〕	237
6.5.3 粘封	200	7.6.2 测量方法〔2〕	237
6.6 流化包封	200	7.7 高频特性参数的测量	237
6.6.1 粉末流化用包封料	200		

7.7.1	高频阻抗分析仪	238
7.7.2	网络分析仪	238
7.7.3	用同轴谐振线测电容器 损耗	240
7.8	绝缘电阻和漏电流的测 量	240
7.8.1	电容器的充、放电规律	241
7.8.2	测量条件	241
7.8.3	测量方法	242
7.8.4	有害漏导电流的消除	243
7.8.5	测量仪器	244
7.9	转子接触电阻的测量	244
7.9.1	测量条件	244
7.9.2	测量方法	245
7.9.3	测量仪表	246
7.10	耐电压试验	246
7.10.1	试验条件	246
7.10.2	试验方法	246
7.11	吸收系数的测量	247
7.11.1	吸收系数	247
7.11.2	测量方法	248

第2篇 电阻器

第1章	薄膜电阻器	251
1.1	典型工艺流程	252
1.2	基体	252
1.2.1	基体材料	252
1.2.2	清洗	253
1.2.3	腐蚀	253
1.2.4	煅烧	254
1.3	膜层制备	254
1.3.1	碳膜制备	254
1.3.2	金属膜制备	257
1.3.3	金属氧化膜制备	264
1.4	热处理	267
1.4.1	高温热处理	267
1.4.2	低温热处理	268
1.5	焊装引出线	268
1.5.1	引出线与帽盖焊接	268
1.5.2	加帽	271
1.6	阻值预分	273

1.7	阻值调整	273
1.8	老练	276
1.9	表面涂覆及标志	277
1.10	包装	278
1.11	薄膜电阻器的发展动态	278

参考文献

第2章 玻璃釉电阻器

2.1	典型工艺流程	279
2.2	材料制备	280
2.2.1	玻璃粉	280
2.2.2	导电粉	281
2.2.3	有机载体	282
2.3	玻璃釉浆料的制备	282
2.3.1	浆料配制工艺	282
2.3.2	导电浆料	282
2.3.3	电阻浆料	285
2.3.4	浆料的质量检验	295
2.4	玻璃釉电阻器的制作	296
2.4.1	普通玻璃釉电阻器	296
2.4.2	片状玻璃釉电阻器	307
2.4.3	电阻网络	312
2.5	发展趋势	314

第3章 金属箔电阻器

3.1	分类和结构	316
3.2	制造工艺	318
3.2.1	电阻图形设计	318
3.2.2	箔材处理	320
3.2.3	基片清洗	323
3.2.4	贴箔	324
3.2.5	光刻	324
3.2.6	热老练	327
3.2.7	焊接引线	327
3.2.8	调阻	327
3.2.9	包封	328
3.2.10	电老练	329
3.2.11	TCR 测量	329
3.2.12	阻值测量	330
3.3	生产技术的新发展	330

第4章 线绕电阻器

4.1	电阻合金线	332
4.1.1	对合金线的要求	332

1800100

4.1.2 常用电阻合金线的品种 及性能·····	332	1.6.1 传送带装配流水线·····	392
4.2 功率型线绕电阻器·····	334	1.6.2 半自动和自动化装配线·····	395
4.2.1 结构类型·····	335	1.7 主要工艺装置和工具·····	402
4.2.2 制造工艺·····	335	1.7.1 润滑油涂覆工具·····	402
4.3 精密型线绕电阻器·····	338	1.7.2 电阻体打标志装置和外 壳打标志装置·····	403
4.3.1 结构类型·····	338	1.7.3 外壳铆接工具·····	404
4.3.2 制造工艺·····	339	1.7.4 回转工具·····	405
第5章 电阻器的特性测试 ·····	344	1.7.5 电阻体自动分选装置·····	405
5.1 电阻值的测量·····	344	1.8 开关的类型和特点·····	406
5.1.1 高阻值的测量·····	344	1.9 先进生产技术展望·····	407
5.1.2 中阻值的测量·····	347	1.9.1 浆料开发·····	408
5.1.3 低阻值的测量·····	350	1.9.2 基板材料·····	410
5.1.4 精密电阻值的测量与检定·····	350	1.9.3 结构设计·····	410
5.1.5 电阻器的自动化测试·····	352	1.9.4 自动装配线(机)的展望·····	410
5.2 温度系数测试·····	356	参考文献 ·····	411
5.3 电压系数测试·····	358	第2章 有机实芯电位器 ·····	412
5.4 非线性测试·····	359	2.1 工艺流程和主要工艺要求·····	412
5.5 噪声测试·····	360	2.2 电阻体的制造·····	413
5.6 高频性能测试·····	360	2.2.1 主要原材料及其技术要求·····	413
第3篇 电位器		2.2.2 专用塑料粉的制造·····	414
第1章 合成炭膜电位器 ·····	368	2.2.3 电阻粉料和端阻粉料的 制造·····	415
1.1 工艺流程和主要工艺要求·····	368	2.2.4 电阻体的成型工艺·····	419
1.2 主要原材料及其技术要求·····	369	2.2.5 电阻体的质量检查要求·····	421
1.2.1 炭黑·····	369	2.3 接触刷的制造·····	421
1.2.2 树脂·····	372	2.3.1 对接触刷的要求·····	421
1.2.3 酚醛树脂层压纸板及其 处理·····	372	2.3.2 接触刷粉料的制备·····	421
1.2.4 银粉·····	373	2.3.3 接触刷的成型工艺·····	422
1.3 浆料的配制·····	373	2.3.4 接触刷的质量检查要求·····	423
1.3.1 配制的准则和要求·····	373	2.4 结构与装配·····	423
1.3.2 浆料的组成及配制工艺·····	375	2.4.1 结构·····	423
1.4 各种阻值规律的工艺设计·····	377	2.4.2 装配·····	424
1.4.1 电阻段图形设计·····	377	2.5 WS型实芯电位器自动 装配机·····	426
1.4.2 端头图形设计·····	384	第3章 玻璃轴电位器 ·····	429
1.5 成膜工艺·····	384	3.1 工艺流程和主要工艺 要求·····	429
1.5.1 制版·····	385	3.2 浆料·····	429
1.5.2 电阻体印刷·····	387	3.2.1 中间料的制备及质量检查·····	430
1.5.3 干燥和聚合·····	389	3.2.2 浆料的制备·····	433
1.6 装配线·····	392		

3.2.3 电阻浆料的质量控制	433	4.5.2 条形骨架绕线机	470
3.2.4 浆料的质量检查	434	4.5.3 新型绕线机	473
3.3 印刷电阻体	436	4.6 线绕电位器的质量分析 及其主要解决措施	474
3.3.1 基片的质量要求	436	4.6.1 装配工艺中的质量问题、 原因分析及改进措施	474
3.3.2 印刷丝网的制备	437	4.6.2 失效分析及其控制	475
3.3.3 印刷工艺	439	4.7 先进生产技术展望	476
3.3.4 印刷设备	441	参考文献	476
3.4 烧结	442	第5章 其它类型电位器	477
3.4.1 烧结过程	442	5.1 导电塑料电位器	477
3.4.2 烧结工艺要点	442	5.1.1 工艺流程和主要工艺 要求	478
3.4.3 烧结设备	443	5.1.2 电阻体制造工艺	479
3.5 典型结构及装配	445	5.1.3 线性修刻	482
3.5.1 引出端的连接与固定	446	5.2 金属膜电位器	484
3.5.2 接触刷及其连接	447	5.2.1 主要原材料及其要求	486
3.5.3 外壳及封装	449	5.2.2 电阻体制造	487
参考文献	451	5.2.3 装配及密封工艺	489
第4章 线绕电位器	452	5.3 金属氧化膜电位器	490
4.1 工艺流程和主要工艺 要求	452	5.3.1 主要生产工艺	490
4.2 绕组制备	453	5.3.2 成膜设备	492
4.2.1 条形骨架绕组制备	453	5.4 先进生产技术展望	493
4.2.2 环形骨架绕组制备	455	参考文献	495
4.2.3 函数电位器绕组制备	458	第6章 电位器测试技术	496
4.2.4 绕组成型	458	6.1 电位器参数的测试依据	496
4.2.5 绕组浸(涂)漆	459	6.2 主要参数的测试方法	498
4.2.6 绕组抛光	459	6.2.1 标称阻值及允许偏差	498
4.2.7 焊接	461	6.2.2 零位(终端)电阻	499
4.3 典型结构及装配	463	6.2.3 阻值规律及其偏差	499
4.3.1 精密线绕电位器的典型 结构及装配	463	6.2.4 符合性和线性精度	500
4.3.2 微调线绕电位器的典型 结构及装配	465	6.2.5 转动噪声	504
4.3.3 功率型线绕电位器的装 配特点	466	6.2.6 低电平接触电阻	507
4.4 专用材料	466	6.2.7 可调能力或分辨力 (可调性)	508
4.4.1 电阻合金线	466	6.2.8 同步误差(适用于同轴多 联电位器)	509
4.4.2 润滑材料	467	6.2.9 开关接触电阻	509
4.4.3 去漆剂	468	6.2.10 止挡力矩	510
4.4.4 骨架材料	469	6.2.11 可焊性	510
4.5 绕线机	469	6.2.12 密封性	512
4.5.1 环形骨架绕线机	469		

6.3 环境适应性测试	512	第4章 电感器的浸渍、包封、 灌封和老化处理	554
6.3.1 气候顺序试验	513	4.1 浸渍	554
6.3.2 盐雾试验	514	4.2 包封	555
6.3.3 SO ₂ 和H ₂ S 试验	514	4.3 灌封	556
6.4 电位器参数测试新型 电路	515	4.4 老化处理	557
6.5 电位器参数新型测试仪	518	第5章 电感器的测量	558
6.6 测试技术的发展动向	521	5.1 电感量的测量	559
参考文献	522	5.2 Q值的测量	559
附录1 用漏斗法(涂4粘度计) 测定浆料粘度的试验 方法	522	5.3 分布电容C ₀ 的测量	559
附录2 近年部分国家电位器 用电阻浆料专利简目	523	5.4 互感量M, 耦合系数K 的测量	560
附录3 塑料拉西哥试验方法	523	5.5 电感温度系数 α_L 的测量	561
第4篇 电感器		第6章 通用电感元件生产技术	562
第1章 电感器的基本要求及 其结构形式	527	6.1 平面电感器	562
1.1 电感器的基本要求	527	6.1.1 薄膜平面电感量的计算	562
1.2 固定电感器的结构形式	529	6.1.2 工艺流程	562
1.3 可调电感器的结构形式	529	6.1.3 关键工艺	562
1.4 功率传感器的结构形式	533	6.2 卧式电感器	563
第2章 电感器的线圈骨架	536	6.2.1 工艺流程	563
2.1 磁心骨架	536	6.2.2 关键工艺	563
2.2 塑料骨架	540	6.3 立式电感器	563
2.3 高频瓷骨架	542	6.3.1 工艺流程	563
2.4 层压线圈骨架	543	6.3.2 关键工艺	563
第3章 电感线圈的制造工艺	546	6.4 10B 型中频变压器	564
3.1 单层平绕和多层平绕 线圈	546	6.4.1 工艺流程	564
3.1.1 密绕线圈	546	6.4.2 关键工艺	564
3.1.2 间绕线圈	547	6.5 录音机用偏磁振荡线圈	565
3.2 蜂房线圈	548	6.5.1 工艺流程	565
3.2.1 蜂房线圈的主要参数	548	6.5.2 关键工艺	565
3.2.2 绕蜂房线圈注意事项	551	6.6 一体化组合件	565
3.3 环形线圈	551	6.6.1 带通滤波器	565
3.4 被银线圈	551	6.6.2 陷波器	565
3.5 线圈引出线固定、绝缘 层处理及始末端标记	552	6.7 无引线片状电感元件展望	566
		第5篇 电子变压器	
		第1章 铁心制造	569
		1.1 铁心的材料与结构	569
		1.1.1 硅钢和铁镍合金	569
		1.1.2 软磁铁氧体	569

1.1.3	非晶态合金	569	第3章 电子变压器的装配与调整	598
1.1.4	常用铁心的结构	569	3.1 常用电子变压器的结构	598
1.2	冲片铁心制造工艺	576	3.1.1 电源变压器的结构	598
1.2.1	下料	577	3.1.2 微型组件用变压器结构	599
1.2.2	冲片的工艺与设备	577	3.2 冲片铁心变压器的装配	600
1.3	C形和E形铁心的制造工艺	578	3.3 CD型和ED型铁心变压器的装配	600
1.3.1	去毛刺和清洗	578	3.4 环形变压器的制造工艺	601
1.3.2	涂粘结层	578	3.4.1 铁心的绝缘	601
1.3.3	卷绕	579	3.4.2 绕线	601
1.3.4	整形	579	3.4.3 浸渍	602
1.3.5	浸渍	579	3.4.4 裹覆	602
1.3.6	切割	580	3.5 微型组件用变压器的工艺	603
1.3.7	端面加工	581	3.5.1 线轴式变压器	603
1.4	铁镍合金卷绕铁心的制造工艺	581	3.5.2 片状壳式变压器	603
1.5	铁心的热处理	582	3.6 稳压变压器	603
1.5.1	硅钢铁心的热处理	582	3.7 压电变压器	604
1.5.2	铁镍合金铁心的热处理	582	3.8 电子变压器的屏蔽	605
1.6	铁心电磁参数的检查	583	3.9 电子变压器的隔离方法	606
1.7	有效脉冲磁导率的测量	584	第4章 脉冲变压器的制造工艺	607
第2章 线圈制造		586	4.1 脉冲变压器的结构	607
2.1	线圈的材料	586	4.1.1 大功率脉冲变压器的结构	607
2.2	线圈的结构	588	4.1.2 小功率脉冲变压器的结构	608
2.2.1	骨架和底筒的结构	588	4.2 脉冲变压器的铁心	608
2.2.2	线圈的结构	588	4.3 脉冲变压器的绕组	609
2.3	底筒和骨架的加工方法	590	4.4 脉冲变压器的装配	609
2.4	绕线工艺	591	第5章 回扫变压器的制造工艺	610
2.4.1	绕线机的类别	591	5.1 回扫变压器的分类与结构	610
2.4.2	普通绕线工艺	591	5.2 回扫变压器的主要技术指标	611
2.5	浸渍	592	5.3 一体化回扫变压器的制造工艺	612
2.5.1	浸渍的目的和意义	592	5.3.1 零件加工制造及准备	612
2.5.2	浸渍材料	592	5.3.2 高低压线圈绕制及检查	613
2.5.3	浸渍工艺	592	5.3.3 高低压线圈与外壳组装	613
2.6	光敏固化浸渍工艺	594	5.3.4 灌封及固化	614
2.7	端封、裹覆和低温硫化	595		
2.7.1	端封	595		
2.7.2	裹覆	595		
2.7.3	低温硫化	595		
2.8	灌注	595		
2.9	线圈质量的检查	597		

5.3.5 总装及检验	616
5.4 电晕及其测试	617
第6章 电子变压器的测试	618
6.1 电源变压器的一般测量	618
6.1.1 空载特性的测量	618
6.1.2 负载特性的测量	618
6.1.3 温升试验	619
6.1.4 绝缘电阻的测量及抗电强度试验	619
6.1.5 感应电压试验	619
6.2 音频变压器的测量	619
6.2.1 电感量的测量	619
6.2.2 漏感的测量	620
6.2.3 频率响应的测量	620
6.3 脉冲变压器主要参数的测量	621
6.4 超隔离变压器的检查	623
第7章 电子变压器的可靠性与安全性	624
7.1 电源变压器的可靠性	624
7.1.1 可靠性要求	624
7.1.2 可靠性试验气候条件	624
7.1.3 变压器的故障	624
7.1.4 生产工艺要求	625
7.2 回扫变压器的可靠性	626
7.2.1 可靠性要求	626
7.2.2 生产工艺要求	626
7.3 日用电子变压器的安全措施	627
7.3.1 防止击穿与漏电流的措施	627
7.3.2 阻燃措施	628
7.3.3 限温保护措施	629
7.4 日用电子变压器的安全试验	630
7.5 回扫变压器的安全要求	631
第8章 电子变压器的工艺设备	632
8.1 变压器生产中的常用设备	632
8.2 铁心卷绕设备	632
8.3 高效率绕线机	633

8.4 铁心片插片机	634
参考文献	634

第6篇 混合集成电路

第1章 厚膜混合集成电路工艺

1.1 工艺流程	637
1.2 厚膜浆料	638
1.2.1 贵金属粉料	638
1.2.2 导体浆料	641
1.2.3 电阻浆料	643
1.2.4 介质浆料	647
1.2.5 质量检验	649
1.3 厚膜基片	650
1.4 电路的平面化设计	652
1.4.1 导体平面化	652
1.4.2 电阻平面化	653
1.4.3 电容平面化	654
1.4.4 布局平面化	654
1.5 印刷网版制备	655
1.5.1 主要材料	655
1.5.2 网版制备	656
1.6 成膜工艺	659
1.6.1 丝网印刷	659
1.6.2 烧结	664
1.7 微调技术	668
1.7.1 激光调阻	668
1.7.2 激光调阻	670
1.8 厚膜多层布线	673
1.8.1 典型布线方法	673
1.8.2 集成工艺	677
1.8.3 通断测试	678
1.9 发展趋势	679
参考文献	682

第2章 薄膜混合集成电路

工艺	683
2.1 工艺流程	683
2.2 电路的平面化设计	685
2.2.1 薄膜电阻器的平面化	685
2.2.2 薄膜电容器的平面化	686
2.2.3 薄膜电感器的平面化	688
2.2.4 薄膜互连线及多层布线	688

2.2.5 平面布局及寄生效应	689
2.3 薄膜电路的制版及光刻技术	691
2.3.1 刻图和照相制版	691
2.3.2 金属掩模版的光刻	692
2.3.3 直接光刻法制造薄膜元件	693
2.3.4 反刻法制造薄膜元件	693
2.4 薄膜电路的基片	695
2.5 薄膜电路生产中的清洗	696
2.6 成膜技术及薄膜元件	697
2.6.1 真空蒸发成膜	697
2.6.2 溅射成膜技术	700
2.6.3 薄膜厚度的监控	703
2.6.4 薄膜电阻器	704
2.6.5 薄膜电容器	705
2.6.6 薄膜互连线及多层布线	707
2.6.7 硅片电容器及硅片薄膜电阻器	708
2.7 薄膜元件的老化和调值	709
2.7.1 薄膜电阻器的老化	709
2.7.2 薄膜电容器的老化	709
2.7.3 薄膜电阻器调值	709
2.7.4 薄膜电容器调值	711
2.8 发展趋势	711
参考文献	712
第3章 微波混合集成电路	713
3.1 工艺流程	714
3.2 计算机辅助设计	716
3.3 金属化工艺	717
3.3.1 基片的选择、加工与清洗	717
3.3.2 金属化	723
3.3.3 成膜新工艺	731
3.4 组装工艺	731
3.4.1 常用元器件的选择与安装	733
3.4.2 外壳与接头设计制造	740
3.4.3 焊接与胶接工艺	742
3.4.4 互连、接地与交叉隔离工艺	744
3.4.5 镶嵌工艺	745
3.5 测试与调整	746
3.5.1 常用测试仪器与测量方法	746
3.5.2 功能调整技术	749
3.6 可靠性、质量控制与安全措施	750
3.6.1 提高产品可靠性的措施	750
3.6.2 典型失效分析	751
3.6.3 安全措施	752
3.7 大生产技术	752
参考文献	753
第4章 混合集成电路的组装技术	755
4.1 外贴元器件与膜式电路的组装	755
4.1.1 外贴有源器件的种类	755
4.1.2 外贴无源元件的种类	757
4.1.3 外贴元器件的检验	758
4.1.4 外贴有源器件的组装	758
4.1.5 线焊	765
4.1.6 外贴无源元件的组装	769
4.2 混合集成电路的内电路保护	770
4.3 混合集成电路的电性能测试	772
4.4 混合集成电路的封装	772
4.4.1 封装的种类及其特点	772
4.4.2 全密封封装	774
4.4.3 全密封的检验	774
4.4.4 半密封封装	775
4.4.5 混合集成电路的外引线	778
4.5 混合集成电路的筛选	780
4.6 混合集成电路组装的质量保证	781
4.7 混合集成电路的标志和包装	782
4.8 混合集成电路的散热	783
4.9 混合集成电路的可靠性	783
4.9.1 产品的例行试验	783
4.9.2 产品的可靠性试验	784
4.9.3 混合集成电路的可靠性预测	785