

电机工程  
手册

本卷包括“电子元器件”与“集成电路”等两篇。主要内容为电真空器件、半导体分立器件、电阻器、电容器、接插元件、记忆元件、压电元件、显示器件、红外器件、半导体传感元件、继电器等各种元器件的结构、原理、特性参数及非系列化器件(如电感器、变压器和扼流圈)的设计计算方法;还重点介绍了常用半导体集成电路的结构和制造工艺、双极型和MOS型数字集成电路、线性和非线性模拟集成电路、电子元器件的可靠性及使用注意事项等。

## 电机工程手册

### 第7卷 电子元器件

机械工程手册  
电机工程手册

编辑委员会编

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)  
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

上海商务印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本787×10921/16·印张37 3/4·插页2·字数1151千字

1982年11月上海第一版 1982年11月上海第一次印刷

印数00,001—22,000·定价5.10元

\*

统一书号: 15033·4692

## 编辑委员会

主任委员：沈 鸿

副主任委员：周建南 汪道涵 张 维 史洪志

委员(按姓氏笔划为序)：叶 铮 孙 琪 许力以 张 影

张大奇 陈文全 陈元直 寿尔康 金实蓬 施泽均 俞宗瑞

陶亨咸 翁迪民 章洪深 曹维廉 程 光

### 《电机工程手册》特约编辑

(按姓氏笔划为序)

于志璇 方大中 方福林 王众托 王祖泽 支秉彝 龙汉河 叶自仪  
叶仰尧 冯勤为 刘 豹 刘大椿 刘绍峻 传 凯 朱仁堪 朱春甲  
许连义 汤明奇 吕勇哉 阮善先 肖 心 陈 熙 陈来九 沈从龙  
张弘夏 张明勋 张朝汉 邹时琪 邹康宏 吴维正 吴履梯 严筱钧  
孟庆元 周仲民 周茂祥 周鸿昌 林金铭 郝立至 祝宗寿 顾心民  
殷元章 殷向午 贾自亮 郭志坚 唐宝乾 梅贤豪 黄祖干 葛和林  
褚应璜 樊 虎 霍梓荣

### 《电机工程手册》编辑及编辑组负责人

(按姓氏笔划为序)

马健华 王 达 王力中 王志森 王良楣 王树勋 刘 镇 刘向亭  
邓子静 邓昆甫 孙流芳 吕敏戌 汤镛之 陈文全 陈元直 闵君一  
沈宝书 余果慈 陆鸣嘉 吴雪莹 罗命钧 施泽均 俞宗瑞 姚洪朴  
海 靖 高庆荣 高振鸾 顾谷同 钱寿福 鲁学平 谢 健 雷 引  
颜明志

# 序

期望已久的《机械工程手册》和《电机工程手册》终于分卷合订成册，正式出版了。这是对我国机电工程科学技术领域的一个贡献。两部手册的编写队伍，由国内有专长、有经验的学者、专家所组成。这两部手册扼要地总结了我国机电工程各主要方面的科学技术成就，同时也吸收了一些国外的成熟经验。聚沙成塔，集腋成裘。名为手册，实则巨著。

读书不易，写书颇难，写工具书更难，写综合性工具书可谓难中之难。为了编好两部“立足全局，勾划概貌，反映共性，突出重点”，而又全面的、完整的、彼此协调的手册，同志们做了很大努力，从无到有，诸事草创，困难重重，艰辛备尝。恰似唐朝韩愈所说的：“贪多务得，细大不捐。焚膏油以继晷，恒兀兀以穷年。”值此合订本出版之际，我谨向各主编单位、各编写单位和印刷出版单位，向数以千计的全体编审同志，向遍及全国的为两部手册提供资料和其他方便条件的单位和同志们，表示衷心的感谢。

两部手册的第一版，现在完成了。对编写者来说，已经有了成果。而对阅读手册的工厂、学校、院所、机关同志们来说，还只是两朵鲜花。在成千上万人的应用中使鲜花结成果实——发展机电工程科学技术事业，为现代化建设服务——才是更丰硕的成果。这才是我们的目的。

一般说来，工具书分两种类型：一种是综合性的，一种是专业性的。综合性的工具书从广度来说是较为全面的，从深度来说是不足的；而专业性的工具书则反之。二者各有所长，相辅相成。我们这两部手

册是综合性的工具书，主要供从事技术工作的各类人员查阅使用。对于搞专业性技术工作的人员来说，还可从中猎取相邻专业和其他有关专业的知识，帮助他们从专业分工的局限性中开拓思路，从科学技术各个环节的相互联系上，综合地、全面地研究和解决技术问题。也唯有以渊博的科学技术知识作为基础，才能不断创新。在编写这两部手册时，考虑到专业手册还比较少，而且一时又出不了那么多，因此在内容的深度上也予以顾及，以适当满足专业工作的需要。所以，它的篇幅已经超过一般常见的综合性手册了。实践是检验真理的唯一标准。我们将严肃认真地听取广大读者的反映和意见，作为评价和改进两部手册的主要依据。国外这类工具书已经有了几十年、甚至百余年的历史，而我们则刚刚开始。现在是从无到有，将来是精益求精。让我们在新的长征途中，戮力同心，再接再厉，去完成时代赋予我们的光荣使命。

机械工程手册  
电机工程手册 编辑委员会主任委员 沈 鸿

一九八二年 北京

## 编 辑 说 明

一、《机械工程手册》、《电机工程手册》的分卷合订工作是在试用本的基础上进行的。试用本的编写工作始于一九七三年，一九七七年以后陆续出版发行，一九八一年出齐。这次分卷合订主要做了三方面工作：一是在技术内容上做了订正；二是尽可能用已颁布的新标准取代老标准；三是按卷编制了索引。

二、《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品等六个部分，共七十九篇，二千余万字，分为十四卷。《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化等七个部分，共五十篇，一千余万字，分为九卷。

三、参加这两部手册编写工作的，有全国许多地区和部门的工厂、科研设计院所、高等院校，近五百个单位，作者两千余人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员，更为广泛。各篇在编写、协调、审查、定稿等环节中，既注意发挥学者、专家的骨干作用，又注意集中群众的智慧和力量。

四、这两部手册因系初版，囿于条件，所采用的名词、术语、符号、代号以及单位制，尚有不尽统一之处。此外，内容上也有重复、遗漏、甚至错误的地方；在设计、印刷、装帧等方面也还存在一些问题。我们将通过手册的不断修订再版，逐步改进。

五、手册合订本的署名，采用单位和个人相结合的方式。各篇的主编单位、编写单位和主编、编写人均按篇署名，置于相应篇的前面。编写人的署名以其编写的章号为序。特约编辑以姓氏笔划为序，集中署于卷首。编辑（包括总编辑、副总编辑）及编辑组负责人亦按姓氏笔划为序，署于卷首。

另外，参加两部手册编写、审查、组织、协调的单位和同志还很多，恕不一一署名。

机 械 工 程 手 册  
电 机 工 程 手 册 编辑委员会编辑组

# 第41篇 电子元器件

主编单位:

上海市仪表电讯工业局

编写单位:

南京工学院 上海市仪表电讯技术情报所  
上海市半导体器件研究所 上海元件五厂  
上海师范大学 天津大学  
成都电讯工程学院 西安交通大学  
南京无线电厂 江西无线电厂  
北京邮电学院 华丰无线电器材厂  
七〇六所 上海无线电十三厂  
华东计算机研究所 山东大学  
中国科学院上海冶金研究所 杭州大学  
上海硅酸盐工业研究所 哈尔滨工业大学  
中国科学院上海有机化学研究所  
中国科学院上海技术物理研究所  
哈尔滨半导体研究所 中国科技大学  
第一机械工业部沈阳仪表研究所  
上海市仪表变压器厂 上海无线电廿七厂  
第四机械工业部五所

主 编:

厉声树

编写人:

徐淦卿	于毓麟	高明辉	桂力致	王国定
王庆光	陈其翔	王素成	陈国光	李怡安
王遵棠	王祺	施洪庆	奚丽秋	赵启正
钟维烈	张沛霖	秦自楷	张仲渊	章继高
刘洪扬	谭维君	李德芬	杨正锡	刘心田
陈祖培	陈哲良	黄希杰	崔万江	杨慧
顾智企	史其武	罗晔	周连祥	钟国柱
吴厚铭	郑思定	蔚樟富	徐士佐	陶湘纯
黄玉珩	金德名	孟福奎	朱祖才	俞书良
颜景霖	杨毅	钟伯强	王儒全	沈福元
李文祥	刘茂恺	车军	徐开先	杨振文
谢蓉光	陈祖耀	厉声树	葛辛高	陈绍宪
盛志森	马怀祖	江一心		



# 目 录

序  
编辑说明

## 第41篇 电子元器件

### 第1章 电真空器件

1	概述	41-1
2	电子管	41-1
2.1	收讯放大管	41-1
2.2	发射管	41-8
2.3	整流管和特殊用途电子管	41-11
3	离子管	41-14
3.1	气体放电的基本特性	41-15
3.2	稳压管	41-16
3.3	充气整流管	41-17
3.4	引燃管	41-18
3.5	闸流管	41-19
3.6	放电管	41-21
3.7	十进制计数管	41-21
3.8	计数管	41-23
4	光电器件	41-24
4.1	光电子发射	41-24
4.2	光电管和光电倍增管	41-25
4.3	象变换器	41-26
5	电子束管	41-27
5.1	电子束管的基本结构和工作原理	41-27
5.2	摄像管	41-29
5.3	储存管	41-31
6	微波电子管	41-32
6.1	微波三、四极管	41-32
6.2	速调管	41-34
6.3	行波管	41-36
6.4	磁控管	41-38
7	电真空器件型号命名方法	41-41

### 第2章 半导体分立器件

1	概述	41-46
2	PN结基本原理	41-47

2.1	PN结的整流特性	41-48
2.2	PN结的电容	41-51
2.3	PN结的击穿	41-53
3	半导体二极管	41-54
3.1	整流二极管	41-55
3.2	检波二极管	41-55
3.3	开关二极管	41-56
3.4	稳压二极管	41-57
3.5	恒流二极管	41-58
3.6	肖特基势垒二极管(SBD)	41-58
3.7	PIN二极管	41-61
3.8	变容二极管	41-62
3.9	阶跃恢复二极管	41-63
3.10	隧道二极管(TD)和反向二极管	41-65
3.11	雪崩二极管	41-67
3.12	体效应二极管	41-68
4	双极型晶体管	41-69
4.1	晶体管的基本工作原理	41-71
4.2	低频小功率晶体管	41-76
4.3	高频晶体管	41-80
4.4	低噪声晶体管	41-82
4.5	开关晶体管	41-86
4.6	功率晶体管	41-88
5	场效应晶体管	41-94
5.1	结型场效应晶体管	41-94
5.2	MOS场效应晶体管	41-102
6	其他晶体管	41-107
6.1	单结晶体管	41-107
6.2	可编程序单结晶体管	41-110
7	半导体器件的型号命名方法	41-112

### 第3章 电阻器

1	概述	41-113
2	电阻器的一般性能	41-114

## VIII 目 录

- 3 固定电阻器 .....41-116
- 3.1 合金型电阻器 .....41-116
- 3.2 薄膜型电阻器 .....41-118
- 3.3 合成型电阻器 .....41-119
- 3.4 固定电阻器的选用 .....41-119
- 4 电位器 .....41-121
- 4.1 电位器的主要技术参数 .....41-121
- 4.2 合金型电位器 .....41-122
- 4.3 合成型电位器 .....41-123
- 4.4 薄膜型电位器 .....41-124
- 4.5 非接触式电位器 .....41-124
- 4.6 电位器的选用 .....41-125
- 5 敏感电阻器 .....41-126
- ### 第4章 电 容 器
- 1 概述 .....41-127
- 1.1 电容器的分类 .....41-127
- 1.2 电容器的标称容量、额定电压与温度系列 .....41-127
- 2 电容器的主要技术参数 .....41-128
- 3 有机介质固定电容器 .....41-132
- 3.1 有机介质电容器的一般特性 .....41-132
- 3.2 纸介电容器 .....41-133
- 3.3 金属化纸介电容器 .....41-133
- 3.4 有机薄膜电容器 .....41-133
- 3.5 复合介质电容器 .....41-134
- 4 无机介质固定电容器 .....41-135
- 4.1 无机介质电容器的一般性能 .....41-135
- 4.2 陶瓷电容器 .....41-135
- 4.3 云母电容器 .....41-136
- 4.4 玻璃膜和玻璃釉电容器 .....41-137
- 5 电解电容器 .....41-138
- 5.1 电解电容器的一般特性 .....41-138
- 5.2 铝电解电容器 .....41-138
- 5.3 钽电解电容器 .....41-139
- 5.4 铌电解电容器及其他电解电容器 .....41-140
- 6 气体介质和液体介质固定电容器 .....41-140
- 6.1 充气电容器 .....41-140
- 6.2 真空电容器 .....41-140
- 7 可变电容器和微调电容器 .....41-140
- 7.1 空气可变电容器 .....41-140
- 7.2 有机薄膜可变电容器 .....41-141
- 7.3 微调电容器 .....41-141
- 8 电容器的应用 .....41-142
- ### 第5章 电 感 器
- 1 概述 .....41-145
- 2 电感器的基本参数计算和考虑 .....41-145
- 2.1 电感量的计算 .....41-145
- 2.2 互感量和耦合系数的计算 .....41-151
- 2.3 品质因数(Q值)的计算 .....41-154
- 2.4 固有电容的计算 .....41-154
- 2.5 电感线圈稳定性的计算 .....41-155
- 3 电感器主要材料的选择 .....41-155
- 3.1 导线的选择 .....41-155
- 3.2 骨架材料和形状的选择 .....41-156
- 3.3 磁心及其材料的选择和应用 .....41-159
- 4 提高电感器稳定性的措施 .....41-161
- 4.1 减少温度影响的措施 .....41-161
- 4.2 减少潮湿影响的措施 .....41-161
- 4.3 提高抗电强度的措施 .....41-161
- 4.4 电感线圈的防振措施 .....41-161
- 5 电感线圈的屏蔽 .....41-162
- 5.1 屏蔽的作用 .....41-163
- 5.2 屏蔽材料的选择 .....41-163
- 5.3 屏蔽罩的设计 .....41-163
- 6 电感器参数的测量 .....41-163
- 6.1 用Q表测量L, Q, C<sub>0</sub>和M(k)等参数 .....41-163
- 6.2 用电感测量仪和电桥测L, Q, M(k) .....41-164
- 6.3 电感温度系数 $\alpha_L$ 的测量 .....41-165
- 7 几种电感线圈的介绍 .....41-165
- 7.1 小型固定电感器 .....41-165
- 7.2 平面电感器 .....41-165
- 7.3 中周线圈 .....41-165
- 7.4 罐形磁心线圈 .....41-180
- 7.5 互感器(可变电感器) .....41-180
- 8 偏转线圈和聚焦线圈 .....41-182
- 8.1 摄像管的偏转聚焦线圈 .....41-182

- 8.2 显象管的偏转线圈 .....41-184  
 8.3 制造偏转线圈的材料和工艺 .....41-186

## 第6章 接插元件

- 1 概述 .....41-189  
 1.1 接插元件的功能、特点和发展趋势 ..... 41-189  
 1.2 接插元件的使用环境 .....41-189  
 2 基本参数及其原理 .....41-189  
 2.1 接触电阻 .....41-189  
 2.2 接触对的电流容量 .....41-191  
 2.3 绝缘电阻 .....41-192  
 2.4 击穿电压 .....41-193  
 2.5 串音衰减 .....41-194  
 2.6 特性阻抗与驻波比 .....41-196  
 2.7 接触压力、插拔力、换向力 .....41-197  
 2.8 镀层磨损寿命 .....41-197  
 3 接触对 .....41-198  
 3.1 接触对结构 .....41-198  
 3.2 镀层材料 .....41-199  
 3.3 接触面润滑剂的应用 .....41-199  
 3.4 接触对所用弹性材料 .....41-199  
 4 绝缘基座 .....41-202  
 4.1 基座结构 .....41-202  
 4.2 材料 .....41-202  
 5 接触对与外接导线的连接 .....41-202  
 5.1 锡钎焊 .....41-202  
 5.2 绕线连接 .....41-203  
 5.3 压接 .....41-204  
 6 连接器 .....41-204  
 6.1 连接器的分类 .....41-204  
 6.2 圆形连接器 .....41-205  
 6.3 矩形连接器 .....41-207  
 6.4 印制板连接器 .....41-208  
 6.5 同轴连接器 .....41-209  
 6.6 带状电缆连接器 .....41-217  
 6.7 光纤(缆)连接器 .....41-217  
 7 开关及其他接插件 .....41-217  
 8 提高接插件的可靠性 .....41-217

## 第7章 记忆元器件

- 1 概述 .....41-219  
 2 磁性存储元器件 .....41-220  
 2.1 环形记忆磁心 .....41-220  
 2.2 其他铁氧体存储元件 .....41-224  
 2.3 磁膜存储器件 .....41-227  
 3 半导体随机存取存储器件 .....41-229  
 3.1 概述 .....41-229  
 3.2 双极型随机存取存储器件 .....41-231  
 3.3 MOS 随机存取存储器件 .....41-232  
 3.4 半导体存储器的测试方法 .....41-236  
 4 只读存储器 .....41-238  
 4.1 半导体只读存储器 .....41-238  
 4.2 其他类型的只读存储元器件 .....41-240  
 5 新型存储元器件 .....41-241  
 5.1 电荷耦合器件 .....41-241  
 5.2 磁泡存储器 .....41-243  
 5.3 电子束存储器 .....41-245  
 5.4 非晶态半导体存储器 .....41-247  
 5.5 光存储介质 .....41-248

## 第8章 压电器件

- 1 压电效应和压电材料 .....41-251  
 1.1 压电效应 .....41-251  
 1.2 压电方程 .....41-251  
 1.3 压电体的各种参数 .....41-252  
 1.4 压电材料 .....41-259  
 2 压电振子的等效电路与测量方法 ..... 41-260  
 2.1 压电振子的等效电路 .....41-260  
 2.2 主要参数的测量方法 .....41-261  
 3 压电陶瓷器件 .....41-262  
 3.1 压电陶瓷滤波器 .....41-262  
 3.2 压电陶瓷变压器 .....41-264  
 3.3 压电陶瓷电声器件 .....41-266  
 3.4 压电陶瓷的其他应用 .....41-267  
 4 压电晶体器件 .....41-270  
 4.1 石英晶体谐振器 .....41-270  
 4.2 晶体振荡器 .....41-272  
 4.3 晶体滤波器 .....41-275

## 目 录

- 5 压电声表面波器件 .....41-276
  - 5.1 概述 .....41-276
  - 5.2 声表面波滤波器 .....41-277
  - 5.3 声表面波延迟线 .....41-278
  - 5.4 声表面波放大器及其他非线性器件 .....41-278

### 第9章 显示器件

- 1 概述 .....41-279
  - 1.1 显示器件的分类 .....41-279
  - 1.2 显示器件发展概况 .....41-280
  - 1.3 各类显示器件性能比较 .....41-282
- 2 电子束显示器件 .....41-282
  - 2.1 示波管 .....41-282
  - 2.2 定位管 .....41-284
  - 2.3 显象管 .....41-285
  - 2.4 彩色显象管 .....41-287
  - 2.5 投影管 .....41-288
  - 2.6 显示储存管 .....41-289
  - 2.7 字符管和字标管 .....41-289
  - 2.8 记录管 .....41-290
  - 2.9 其它电子束管 .....41-290
- 3 荧光数码管 .....41-291
  - 3.1 荧光数码管的结构和工作原理 .....41-291
  - 3.2 荧光数码管的特性 .....41-291
  - 3.3 荧光数码管的特点及典型产品参数 .....41-293
  - 3.4 荧光数码管的驱动方法 .....41-293
- 4 半导体发光二极管 .....41-294
  - 4.1 发光二极管的结构与发光机理 .....41-294
  - 4.2 发光二极管用的材料 .....41-295
  - 4.3 发光二极管的特性 .....41-295
  - 4.4 发光二极管显示器的特点与应用 .....41-296
  - 4.5 发光二极管显示器的使用方法 .....41-296
- 5 辉光数码管 .....41-297
  - 5.1 辉光数码管的结构和工作原理 .....41-297
  - 5.2 辉光数码管的特性参数及其驱动方法 .....41-297
- 6 等离子体显示器件 .....41-298
  - 6.1 交流等离子体显示器件 .....41-298

- 6.2 直流等离子体显示器件 .....41-299
- 6.3 片段式数字显示器件 .....41-300
- 6.4 超大型交流等离子体显示器件 .....41-301
- 7 电致发光显示器件 .....41-301
  - 7.1 交流粉末电致发光器件 .....41-302
  - 7.2 直流粉末电致发光器件 .....41-303
  - 7.3 薄膜电致发光器件 .....41-303
- 8 液晶显示器 .....41-304
  - 8.1 液晶显示器的结构与工作原理 .....41-304
  - 8.2 液晶显示器的工作特性 .....41-306
  - 8.3 彩色液晶显示器件 .....41-307
  - 8.4 液晶显示器的特点 .....41-307
  - 8.5 液晶显示器的驱动方法 .....41-307
- 9 激光显示 .....41-308
  - 9.1 激光显示器的特点 .....41-308
  - 9.2 激光显示器的工作原理和结构 .....41-308
  - 9.3 彩色激光显示 .....41-310
- 10 光阀显示 .....41-310
  - 10.1 电子束光阀显示 .....41-311
  - 10.2 激光扫描的液晶光阀显示 .....41-312
  - 10.3 光电导液晶光阀显示 .....41-313
- 11 立体显示 .....41-313
  - 11.1 视差立体显示 .....41-313
  - 11.2 立体 X 射线电视 .....41-314
  - 11.3 合成全息照相投影式立体彩色显示 .....41-314
  - 11.4 振动平镜式三维显示 .....41-315

### 第10章 红外器件

- 1 概述 .....41-316
- 2 红外探测器 .....41-316
  - 2.1 红外探测器的特性参数 .....41-316
  - 2.2 光子探测器 .....41-318
  - 2.3 热探测器 .....41-320
  - 2.4 红外探测器的应用 .....41-322
- 3 红外摄像器件 .....41-324
  - 3.1 红外摄像管 .....41-324
  - 3.2 电荷耦合摄像器件 (CCI) .....41-325

### 第11章 半导体传感元件

- 1 概述 .....41-327

2	光敏元件	41-327
2.1	光敏电阻	41-327
2.2	光电二极管	41-331
2.3	光电晶体管	41-333
2.4	光电耦合器件	41-334
3	压敏元件	41-337
3.1	半导体应变片	41-338
3.2	扩散型半导体应变片及固体压力 传感器	41-341
3.3	蒸镀薄膜型应变片	41-341
3.4	PN结压敏元件	41-342
3.5	声电传感元件	41-344
4	磁敏元件	41-346
4.1	霍尔元件	41-346
4.2	磁敏电阻器	41-351
4.3	磁敏二极管(SMD)	41-353
5	湿敏元件	41-354
5.1	湿敏电阻	41-355
5.2	湿敏电容	41-359
5.3	湿敏阻容元件	41-359
6	气敏元件	41-359
6.1	常用的气敏半导体材料和气敏元 件	41-360
6.2	气敏元件的结构和工作原理	41-360
6.3	气敏元件的特性和参数	41-362
6.4	气敏元件的应用	41-363
7	热敏元件	41-363

## 第12章 继电器

1	概述	41-365
1.1	继电器的定义、特性与参数	41-365
1.2	继电器的分类	41-365
1.3	对继电器的一般要求	41-368
2	电磁式继电器	41-368
2.1	电磁式继电器的结构与特性	41-369
2.2	电磁式继电器的触点	41-381
2.3	电磁式继电器的线圈	41-393
2.4	电磁式继电器的典型结构	41-396
3	舌簧继电器	41-398
3.1	舌簧继电器的结构、工作原理与特 点	41-398

3.2	各类舌簧触点与继电器简介	41-401
4	极化继电器	41-402
5	磁保持继电器	41-405
6	密封继电器	41-406
7	高频继电器	41-407
8	高压继电器	41-408
9	双金属温度继电器	41-408
10	晶体继电器	41-409
11	时间继电器	41-411
11.1	机械延时式时间继电器	41-411
11.2	电磁式时间继电器	41-411
11.3	电热式时间继电器	41-412
11.4	阻尼式时间继电器	41-412
11.5	电子式时间继电器	41-412
11.6	阻容式晶体管时间继电器	41-412
11.7	计数式晶体管时间继电器	41-415
12	典型继电器单元线路	41-416

## 第13章 变压器与滤波扼流圈

1	变压器	41-420
1.1	变压器的原理和结构	41-420
1.2	电源变压器	41-424
1.3	音频变压器	41-432
1.4	脉冲变压器	41-434
2	滤波扼流圈	41-437
2.1	用途和特点	41-437
2.2	计算滤波扼流圈的几个基本概 念	41-438
2.3	设计方法	41-439

## 第14章 电子元器件应用线路举例

1	电真空器件的应用举例	41-441
1.1	静电测量管应用线路	41-441
1.2	真空计管的实用线路	41-441
1.3	光电倍增管	41-443
2	特殊半导体二极管的应用	41-443
2.1	肖特基二极管的应用	41-443
2.2	变容二极管的应用	41-445
2.3	PIN二极管的应用	41-445
2.4	光敏二极管的应用	41-446

## XII 目 录

2.5	磁敏二极管的应用——无触点开关	41-447
2.6	雪崩二极管的应用——雪崩二极管振荡器	41-448
3	磁记录读出放大器	41-450
2.1	磁鼓、磁带读写放大器例	41-450
2.2	磁盘读放大器例	41-450
4	压电器件的应用电路	41-452
5	红外元件的应用	41-454
5.1	红外元件的耦合线路——热源探测仪前置放大级例	41-454
5.2	红外元件的耦合线路——热源探测仪前置放大级例二	41-455
<b>第 15 章 电子元器件的可靠性</b>		
1	概述	41-455
2	可靠性的基本概念	41-456
2.1	可靠性的数量特征	41-456
2.2	常见的寿命分布	41-460
2.3	电子元器件的典型失效率曲线	41-460
3	电子元器件的可靠性试验	41-460

3.1	可靠性试验的目的与分类	41-460	
3.2	环境试验	41-461	
3.3	寿命试验及其数据处理	41-461	
3.4	加速寿命试验及其数据处理	41-465	
3.5	可靠性筛选试验	41-468	
3.6	失效率鉴定试验	41-470	
3.7	抽样简介	41-473	
4	提高电子元器件的可靠性	41-478	
4.1	一般程序	41-478	
4.2	研制阶段的可靠性控制	41-478	
4.3	生产阶段的可靠性控制	41-478	
4.4	使用阶段的可靠性控制	41-479	
4.5	失效分析	41-480	
5	电子元器件与系统的可靠性预计	41-480	
5.1	元器件使用失效率预计	41-480	
5.2	系统可靠性预计	41-481	
6	可靠性数据的收集与利用	41-484	
6.1	元器件可靠性数据的收集	41-486	
6.2	元器件可靠性数据的利用	41-486	
参考文献			41-486

## 第 42 篇 集 成 电 路

### 常用符号表

3.4	技术管理	42-16
-----	------	-------

### 第 1 章 概 述

#### 第 2 章 半导体集成电路的结构、设计和制造

1	半导体集成电路的结构	42-3
1.1	双极型集成电路	42-3
1.2	MOS 集成电路	42-6
1.3	集成电路的封装外壳	42-7
2	集成电路的设计要点	42-7
2.1	电路模拟设计要点	42-7
2.2	工艺设计要点	42-7
2.3	版图设计要点	42-8
3	集成电路的制造工艺	42-8
3.1	前工序	42-9
3.2	管芯制造工序	42-9
3.3	后工序	42-15

### 第 3 章 双极型数字集成电路

1	基本逻辑门电路	42-17
2	二极管-晶体管逻辑 (DTL) 电路	42-18
3	晶体管-晶体管逻辑 (TTL) 电路	42-19
4	高阈值逻辑 (HTL) 电路	42-19
5	触发器	42-20
5.1	单稳态触发器	42-20
5.2	双稳态触发器	42-20
6	逻辑电路参数的测试	42-23
6.1	直流参数的测试	42-23
6.2	交流参数的测试	42-24

### 第 4 章 MOS 场效应数字集成电路

1	P-MOS 电路及其应用	42-25
1.1	P-MOS 晶体管的工作原理	42-25

1.2	P-MOS 基本电路	42-26
1.3	P-MOS 电路的应用举例	42-29
2	CMOS 电路及其应用	42-31
2.1	CMOS 电路的特点	42-31
2.2	CMOS 基本电路	42-32
2.3	CMOS 电路的应用举例	42-35

## 第 5 章 大规模集成电路 (LSI)

1	半导体存储器	42-35
1.1	随机存取存储器 (RAM)	42-36
1.2	只读存储器 (ROM)	42-36
2	逻辑电路	42-37
2.1	双极型 LSI 逻辑电路	42-37
2.2	MOS 型 LSI 逻辑电路	42-37
3	微处理器	42-37
4	LSI 电路在仪器仪表方面的应用	42-37
5	设计制造 LSI 电路所需具备的条件	42-38
5.1	基础材料	42-38
5.2	空气净化	42-39
5.3	计算机辅助设计 (CAD)	42-39
5.4	计算机对工艺过程实现自动控制 (CAP)	42-39
5.5	计算机辅助测试 (CAP)	42-39

## 第 6 章 线性集成电路

1	集成运算放大器的基本单元电路	42-40
1.1	差分输入电路	42-40
1.2	恒流源及偏置电路	42-41
1.3	电平位移电路	42-42
1.4	输出级电路	42-43
1.5	有源负载	42-44
2	集成运算放大器的主要参数	42-44
3	各种集成运算放大器	42-45
3.1	低增益运算放大器	42-45
3.2	中增益运算放大器	42-45
3.3	高增益运算放大器	42-47
3.4	高性能运算放大器	42-47
3.5	高精度运算放大器	42-48
3.6	高输入阻抗运算放大器	42-49
3.7	低漂移运算放大器	42-50

3.8	低功耗运算放大器	42-51
3.9	高速运算放大器	42-51
4	集成运算放大器主要参数的测试方法	42-53
5	集成运算放大器的应用	42-54
5.1	理想放大器	42-54
5.2	直流比例放大器	42-54
5.3	直流运算器	42-55
5.4	电桥放大器	42-58
5.5	电压 $\rightleftharpoons$ 电流变换器	42-58
5.6	线性检波器	42-58
5.7	有源滤波器	42-59
5.8	正弦波发生器	42-59

## 第 7 章 非线性集成电路

1	电压调整器	42-60
1.1	集成电压调整器的工作原理	42-60
1.2	电压调整器的基本单元电路	42-60
1.3	电压调整器的主要参数	42-63
1.4	典型集成电压调整器电路	42-64
2	比较器	42-67
2.1	电压比较器	42-67
2.2	电平检出器	42-68
3	磁芯读出放大器	42-69
4	模拟乘法器	42-71

## 第 8 章 集成电路的可靠性及使用

### 注意事项

1	失效率	42-73
2	浴盆曲线	42-73
3	工艺筛选	42-73
3.1	检查筛选	42-74
3.2	检漏筛选	42-74
3.3	高温直流参数测试和模拟低温参数测试的动态测试	42-74
3.4	高温存贮	42-74
3.5	温度冲击	42-74
3.6	高温功率老化	42-75
4	使用时要注意的事项	42-75

## 附录 I 集成电路的外形识别和型号

命名	42-77
----	-------

XIV 目 录

附录 II TTL 数字集成电路有关典型  
参数 .....42-78

附录 III 常用的集成运算放大器参数  
表及电路图 .....42-79

附录 IV 部分 CMOS 集成电路国内外  
型号对照 .....42-84

附录 V 部分接口电路国内外型号对  
照 .....42-85

附录 VI 部分运算放大器国内外型号  
对照 .....42-86

参考文献 .....42-87

索 引



# 第1章 电真空器件

## 1 概述

电真空器件是电子设备中的重要器件，它具有放大电讯号、产生电磁振荡、检测电讯号和光讯号、显示图象等多种极其重要的功能。

早期电真空器件的发展是和无线电通讯、广播紧密联系在一起。随着无线电电子学的发展，电真空器件的应用早已越出了无线电通讯、广播的范围而渗透到科学技术的各个领域。例如无线电定位、导航、卫星通讯、遥测等领域中微波讯号的发送和接收部分，电视中的图象发送和接收，电子计算机的终端显示，测量技术中非电量的电测，导弹中的引爆装置，空中交通管制用的信标和应答器，微波技术中各种微波讯号源以及自动控制设备中，都广泛地使用着各种各样的电真空器件。

电真空器件的工作基础，在于利用真空中或稀薄气体中的电子现象。它至少有一个发射电子的阴极和一个接收电子的阳极，还可能有控制电子流强度和电子运动的电极。所有电极都密封于玻璃、陶瓷或金属的管壳内。目前世界各国生产的电真空器件不下数万种。尽管品种繁多，但按其工作原理、结构特点和用途，通常可大致分为：静电控制电子管（简称电子管）、离子管、光电器件、电子束管和微波电子管五大类。

在半导体器件出现以前，电真空器件是电子设备中唯一能实现放大和振荡等重要功能的器件，人们常把电真空器件誉为无线电、电子设备的“心脏”。在半导体器件出现以后，由于半导体器件具有与电真空器件类似的功能，但它具有体积小、重量轻、寿命长等一系列的优点，有很多人预测电真空器件将全部被半导体器件所取代。多年来的实践证明，这是一种缺乏根据的臆测。目前电真空器件和半导体器件处于并行发展、互为补充的阶段。

在低频、小功率方面，半导体器件处于明显的优势。它体积小，重量轻，耗电省，没有预热问题，起得快，寿命长，可靠性高，这些都是电真空器件所无法比拟的。但半导体器件也有其不足之处，它的参数一致性差，对环境温度变化的敏感程度要比电真空

器件高得多，耐辐射的能力差。因此，即使在低频、小功率方面，半导体也不可能完全取代电真空器件。

在微波、大功率方面，目前半导体器件还无法同电真空器件相匹敌。在功率方面，电真空器件一般要超过半导体器件三个数量级以上。可以认为大约频率高于5千兆赫，电真空器件就占明显优势。

从新器件的研制情况来看，近年来已出现电真空器件和半导体器件相结合的新器件，即所谓电子注半导体器件。这类器件由电子枪、调制系统、半导体靶和输出耦合网络组成，是一种新型的宽频带、大功率射频和视频器件。

另外，从器件制造工艺来看，两种器件也是互相渗透的，如光刻、镀膜等都是电真空器件和半导体器件共用的新工艺。硅靶摄像管的靶实际上就是一种大规模硅集成电路。

因此，电真空器件必将在相当长的一段时间里与半导体器件并行发展，各自发挥自己的特长，相互补充。

## 2 电子管

这类电真空器件利用电场来控制电子流。按其应用，可分为收讯放大管、发射管、整流管和特殊用途电子管。

### 2.1 收讯放大管

这是发展较早、品种较多、产量较大的一类电子管，具有放大、振荡、变频、检波等作用，广泛用于广播、电视、通讯、自动控制、精密测量、电子仪器等方面。目前收讯放大管向长寿命、高可靠、宽频带、高跨导、低噪声、低阳极电压、耐高温等方向发展，以满足通讯、精密测量、标准仪器等方面的需要。

#### 2.1.1 收讯放大管的基本结构

收讯放大管的外形有普通八脚管、小型管和超小型管，如图41.1-1所示。此外，还有金属管、锁式管、橡皮管和金属陶瓷管等。

五极管的结构见图41.1-2。

阴极是电子管中电子的源泉，热阴极借电流加