

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

The Projected Teaching Materials of "Double-Certificate Curriculum" Training for Electrical Automation Discipline in Higher Vocational Education



电子技术

王金花 王树梅 孙卫锋 主编

王淼 黄聪 副主编

刘进锋 主审

Electronic Technology

- ◆ 精心安排内容，突出重点难点
- ◆ 准确讲述知识，严格把握深度
- ◆ 实训加强理解，案例突出实际



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

The Projected Teaching Materials of "Double-Certificate Curriculum" Training for Electrical Automation Discipline in Higher Vocational Education



电子技术

王金花 王树梅 孙卫锋 主编

王森 黄聪 副主编

刘进锋 主审

Electronic Technology

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

电子技术 / 王金花, 王树梅, 孙卫锋主编. — 北京:
人民邮电出版社, 2010.8

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案
规划教材

ISBN 978-7-115-22465-1

I. ①电… II. ①王… ②王… ③孙… III. ①电子技
术—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第062002号

内 容 提 要

本书重点介绍电子技术的基本知识、基本理论和基本操作技能, 分模拟电子技术和数字电子技术两大部分。

模拟电子技术部分包括半导体器件、单级交流放大电路、多级交流放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源和可控整流电路; 数字电子技术部分包括逻辑代数与门电路、组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形电路, 集成数/模转换器与集成模/数转换器、半导体存储器与可编程逻辑器件。

本书可作为高等职业院校电气自动化专业和机电类专业基础课程的教材, 也可供机电技术人员参考、学习、培训之用。

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

电子技术

◆ 主 编 王金花 王树梅 孙卫锋

副 主 编 王 森 黄 聪

主 审 刘进锋

责任编辑 李育民

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19.5

字数: 480千字

2010年8月第1版

2010年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22465-1

定价: 33.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

高等职业教育电气自动化专业
“双证课程”培养方案规划教材编委会

主 任：程 周

副主任：李金钟

委 员：刘小春 华满香 刘高锁 徐丽娟 郭艳萍 张伟林 黄 玮
韩满林 李金钟 王金花 巩运强 刘春梅 黄 星 邹 琦 冯 凯
王文立 陈 冰 李晓波 邱丽芳 李德尧 赵亚芳 陈迎松 刘红兵
姜凤武 周欢喜 黄会雄 袁力辉 陶 敏 程 周 郭建尊 王翠兰
李育民 潘新文

主 审：刘进锋

前言

为推动高等职业院校实施职业资格证书制度,加快高技能人才的培养,满足一体化教学的要求,本书采用了项目式编写模式,即每个单元由若干个项目组成,每个项目就是一个独立的一体化教学单元。它包括项目导入、相关知识、项目实施等内容。每个项目把理论知识、实验操作、软件仿真、习题等放在一起,便于教师组织教学和学生自学,掌握了一个项目即掌握了一项专项操作技能。

本书具有如下特色。

- (1) 坚持高技能人才的培养方向,从职业(岗位)分析入手,强调教材的实用性。
- (2) 紧密结合高等职业院校教学实际,力求使教材涵盖职业技能鉴定的各项要求。
- (3) 突出教材的时代感,力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法等方面的内容,较多地反映行业的技术发展趋势。例如,适当减少分立元件的单元电路,加强集成电路的学习已经成为一种趋势。因此,教材中加入了大量集成电路芯片的内容。
- (4) 打破传统的教材编写模式,树立以学生为主体的教学理念,力求教材编写有创新,使教材易学,师生乐用。
- (5) 为适应不同专业的需要,书中增加了部分非电专业的教学内容,不同专业可根据需要选择使用。
- (6) 为加强学生对理论知识的理解和掌握,本书配备了 PPT 课件、习题参考答案等教学辅助资源,读者可到人民邮电出版社教学服务与资源网(www.ptpedu.com.cn)免费下载使用。

本书的参考学时为 128~162 学时,建议采用理论实践一体化教学模式,各单元的参考学时见下面的学时分配表。

学时分配表

部 分	单 元	课 程 内 容	学 时	
			理论	实训
模拟电子技术	第 1 单元	半导体器件	6~8	2
	第 2 单元	单级交流放大电路	18~24	4~6
	第 3 单元	多级放大电路	8~10	2
	第 4 单元	集成运算放大器	12~14	2
	第 5 单元	直流稳压电源	8~10	4
	*第 6 单元	可控整流电路		
数字电子技术	第 7 单元	逻辑代数与门电路	6~8	4~6
	第 8 单元	组合逻辑电路	8~10	8~10
	第 9 单元	触发器和时序逻辑电路	10~14	10~14
	第 10 单元	脉冲信号的产生与整形电路	4~6	6
	第 11 单元	集成数/模转换器与集成模/数转换器	4	2
	*第 12 单元	半导体存储器与可编程逻辑器件		
课时总计			84~108	44~54
说明:标记“*”号的为选修内容			合计:128~162	

本书由王金花、王树梅、孙卫锋任主编，柳州铁道职业技术学院的王森和黄聪任副主编。参加本书编写的人员有王金花、王树梅、孙卫锋、王森、黄聪、刘志远、兰小海、田同国。刘进锋主审了全书。本书在编写过程中得到了李秀忠、张伟林、鹿建国等老师的大力支持与帮助，在此表示诚挚的感谢！

由于时间仓促加上编者的水平有限，书中难免有错误和不妥之处，希望广大读者批评指正。

编 者
2010年5月

目 录

第一部分 模拟电子技术

第1单元 半导体器件.....2

项目一 二极管的判别与检测.....2

一、项目导入.....2

二、相关知识.....2

(一) 半导体的基础知识.....2

(二) 半导体二极管.....5

(三) 特殊二极管.....7

三、项目实施.....8

(一) 实训: 常用电子仪器仪表的 使用.....8

(二) 实训: 二极管的判别与检测.....11

(三) 实训: 二极管伏安特性的 测试.....11

思考与练习.....12

项目二 三极管和场效应管的判别与 检测.....13

一、项目导入.....13

二、相关知识.....13

(一) 晶体三极管.....13

(二) 场效应管.....16

三、项目实施.....20

(一) 实训: 三极管的判别与检测.....20

(二) 实训: 三极管输入/输出特性的 测试.....21

思考与练习.....22

单元小结.....22

第2单元 单级交流放大电路.....23

项目一 共发射极基本放大电路及其调试.....23

一、项目导入.....23

二、相关知识.....23

(一) 共发射极基本放大电路的

组成和工作原理.....24

(二) 放大电路的静态分析.....26

(三) 放大电路的动态分析.....27

(四) 静态工作点的稳定.....32

三、项目实施.....34

(一) 仿真实验: 单管共发射极基本 放大电路的测试.....34

(二) 实训: 分压式射极偏置电路的 组装与调试.....36

思考与练习.....39

项目二 射极输出器和场效应管放大 电路及测试.....42

一、项目导入.....42

二、相关知识.....43

(一) 射极输出器.....43

(二) 场效应管放大电路.....45

三、项目实施——射极输出器的组装与 测试.....47

思考与练习.....49

单元小结.....50

第3单元 多级放大电路.....51

项目一 级间负反馈放大电路及测试.....51

一、项目导入.....51

二、相关知识.....52

(一) 多级放大电路的耦合方式.....52

(二) 差动放大电路.....55

(三) 放大电路中的负反馈.....60

三、项目实施.....67

(一) 仿真实验: 级间负反馈放大 电路的测试.....67

(二) 实训: 级间负反馈放大电路的 测试.....69

思考与练习	70
项目二 功率放大电路及其调试	73
一、项目导入	73
二、相关知识	74
(一) 功率放大电路的概念	74
(二) 互补对称功率放大电路	75
(三) 集成功率放大电路	78
三、项目实施	79
(一) 仿真实验: 功率放大电路的 测试	79
(二) 实训: 集成功率放大器的 应用	80
思考与练习	81
单元小结	83
第4单元 集成运算放大器	84
项目一 集成运算放大器的基本单元 电路测试	84
一、项目导入	84
二、相关知识	84
(一) 集成运算放大器简介	84
(二) 模拟运算电路	87
(三) 积分、微分电路	91
三、项目实施	92
(一) 仿真实验: 比例运算电路的 测试	92
(二) 实训: 求和运算电路的 测试	93
思考与练习	94
项目二 有源滤波器和电压比较器测试	95
一、项目导入	95
二、相关知识	96
(一) 有源滤波器	96
(二) 电压比较器	97
三、项目实施——滞回比较器的制作与 调试	98
思考与练习	99
项目三 波形发生器测试	99
一、项目导入	99
二、相关知识	99
(一) 正弦波发生器	99
(二) 非正弦波发生器	100

三、项目实施——正弦波发生器的 测试	101
思考与练习	102
单元小结	102
第5单元 直流稳压电源	103
项目一 单相整流、滤波电路调试	103
一、项目导入	103
二、相关知识	103
(一) 整流电路	104
(二) 滤波电路	107
三、项目实施	109
(一) 仿真实验: 单相桥式整流电容 滤波电路的测试	109
(二) 实训: 单相桥式整流电容滤波 电路的调试	110
思考与练习	111
项目二 稳压电源制作调试	112
一、项目导入	112
二、相关知识	113
(一) 并联型稳压电路	113
(二) 串联型稳压电路	114
(三) 线性集成稳压器	115
(四) 开关稳压电路	116
三、项目实施——集成线性稳压 电源的制作与调试	117
思考与练习	119
单元小结	120
第6单元 可控整流电路	121
一、项目导入	121
二、相关知识	121
(一) 晶闸管	121
(二) 单相半控整流	124
(三) 单结晶体管及其触发电路	124
三、项目实施	126
(一) 单结晶体管的识别与检测	126
(二) 单结晶体管触发电路的 测试	127
(三) 晶闸管的检测	127
思考与练习	128
单元小结	128

第二部分 数字电子技术

第 7 单元 逻辑代数与门电路	130
项目一 数制及其转换	130
一、项目导入	130
二、相关知识	130
(一) 数制	130
(二) 数制转换	132
思考与练习	133
项目二 码制	133
一、项目导入	133
二、相关知识	133
(一) 二—十进制编码 (BCD 码)	133
(二) 可靠性编码 (格雷码)	134
(三) 常用字符代码 (ASC II 代码)	135
思考与练习	135
项目三 逻辑函数的表示法	136
一、项目导入	136
二、相关知识	136
(一) 逻辑代数基础	137
(二) 逻辑函数的公式化简法	139
(三) 用仿真软件化简逻辑函数	141
三、项目实施	143
(一) 用逻辑表达式表示逻辑函数	143
(二) 用真值表表示逻辑函数	143
(三) 用波形图 (也称时序图) 表示逻辑函数	143
(四) 用逻辑电路图表示逻辑函数	143
四、知识拓展——最小项的概念	144
思考与练习	144
项目四 门电路的识别及测试	145
一、项目导入	145
二、相关知识	146
(一) 半导体的开关特性	146
(二) 分离元件门电路	149
(三) TTL 集成逻辑门电路	150
(四) CMOS 集成逻辑门电路	157
(五) 集成电路器件的识别	159
三、项目实施	161

(一) 集成电路实验板简介	161
(二) 实训: 集成门电路的测试	162
思考与练习	163
单元小结	166
第 8 单元 组合逻辑电路	167
项目一 组合逻辑电路的分析与设计方法	167
一、项目导入	167
二、相关知识	167
(一) 组合逻辑电路的分析	167
(二) 组合逻辑电路的设计	168
三、项目实施	169
(一) 集成 TTL 与非门 74LS00 和 74LS20 芯片的识别	169
(二) 仿真实验: 组合逻辑电路的分析	170
(三) 仿真实验: 组合逻辑电路的设计	171
(四) 实训: 用与非门芯片实现 3 人表决电路	171
思考与练习	173
项目二 加法器的识别及功能测试	174
一、项目导入	174
二、相关知识	174
(一) 半加器	174
(二) 全加器	175
(三) 集成加法器	175
三、项目实施	176
(一) 仿真实验: 半加器逻辑功能的测试	176
(二) 仿真实验: 用集成加法器实现 8421 码至余 3 码的转换	177
思考与练习	178
项目三 数值比较器的识别及功能测试	178
一、项目导入	178
二、相关知识	178
(一) 数值比较器	178
(二) 集成数值比较器	179
三、项目实施	180
(一) 仿真实验: 4 位集成数值比较器 74LS85 的识别及逻辑功能	

测试.....	180
(二) 实训: 集成数值比较器 74LS85 的逻辑功能测试.....	180
思考与练习	181
项目四 编码器的识别及应用	182
一、项目导入.....	182
二、相关知识.....	182
(一) 普通编码器.....	182
(二) 优先编码器.....	183
三、项目实施.....	186
(一) 仿真实验: 优先编码器 74LS147 的逻辑功能测试.....	186
(二) 实训: 优先编码器 74LS147 的 逻辑功能测试.....	187
思考与练习	188
项目五 译码器的识别及应用	188
一、项目导入.....	188
二、相关知识.....	189
(一) 二进制译码器	189
(二) 集成 3 线—8 线译码器 74LS138	189
(三) 集成二—十进制译码器 74LS42	191
(四) 显示译码器.....	191
三、项目实施.....	194
(一) 仿真实验: 集成 3 线—8 线 译码器 74LS138 的功能测试.....	194
(二) 实训: 编码、译码、显示电路 及其功能测试.....	195
四、知识拓展.....	197
(一) 用译码器构成全加器.....	197
(二) 用译码器构成数据分配器.....	197
思考与练习	197
项目六 数据选择器的识别及功能 测试.....	198
一、项目导入.....	198
二、相关知识.....	198
(一) 4 选 1 数据选择器.....	198
(二) 集成数据选择器.....	199
三、项目实施 8 选 1 数据选择器 74LS151 的功能测试.....	200
思考与练习	201
单元小结.....	202
第 9 单元 触发器和时序逻辑电路.....	203
项目一 双稳态触发器功能测试及应用.....	203
一、项目导入.....	203
二、相关知识.....	204
(一) RS 触发器	204
(二) D 触发器	206
(三) JK 触发器.....	208
三、项目实施.....	212
(一) 仿真实验: 触发器的逻辑 功能测试	212
(二) 实训: 集成触发器的逻辑 功能测试	213
思考与练习	216
项目二 寄存器的功能测试及应用.....	217
一、项目导入.....	217
二、相关知识.....	217
(一) 数码寄存器.....	217
(二) 移位寄存器.....	219
三、项目实施.....	221
(一) 仿真实验: 移位寄存器 74LS194 的逻辑功能测试	221
(二) 实训: 移位寄存器 74LS194 的 逻辑功能测试	222
思考与练习	223
项目三 计数器的识别及功能测试.....	223
一、项目导入.....	223
二、相关知识.....	223
(一) 计数器	224
(二) 集成计数器	227
三、项目实施.....	231
(一) 仿真实验: 集成异步十进制 计数器 74LS290 的功能测试	231
(二) 仿真实验: 集成四位二进制 同步计数器 74LS161 的功能 测试	232
(三) 仿真实验: 集成十进制加/减 计数器 74LS192 的功能测试	232
(四) 实训: 计数器 74LS290 和	

74LS161 的逻辑功能验证	234
(五) 实训: 计数、译码、显示电路	
综合实训	235
思考与练习	237
单元小结	238
第 10 单元 脉冲信号的产生与整形	
电路	240
项目一 555 定时器	240
一、项目导入	240
二、相关知识	240
(一) 555 定时器的结构	240
(二) 555 定时器的工作原理	241
三、项目实施	242
(一) 仿真实验: 555 定时器的	
功能测试	242
(二) 实训: 555 定时器的基本	
功能测试	242
思考与练习	243
项目二 555 定时器的应用	243
一、项目导入	243
二、相关知识	243
(一) 用 555 定时器构成单稳态	
触发器	243
(二) 用 555 定时器构成无稳态	
触发器 (多谐振荡器)	245
(三) 用 555 定时器构成施密特	
触发器	247
三、项目实施	249
(一) 仿真实验: 用 555 定时器构成	
多谐振荡器	249
(二) 仿真实验: 用 555 定时器构成	
施密特触发器	250
(三) 实训: 555 定时器及其应用	251
四、抢答器综合实训	253
思考与练习	257
单元小结	259
第 11 单元 集成数/模转换器与	
集成模/数转换器	260
项目一 集成数/模转换器的识别及测试	260
一、项目导入	260

二、相关知识	261
(一) T 形电阻网络数/模转换器	261
(二) 倒 T 形电阻网络数/模	
转换器	261
(三) 数/模转换器的主要技术	
指标	262
三、项目实施——DAC0832 的应用	263
思考与练习	264
项目二 集成模/数转换器的识别及测试	265
一、项目导入	265
二、相关知识	265
(一) 模/数转换器的工作原理	265
(二) 逐次逼近型 A/D 转换器	266
(三) 模/数转换器的主要技术指标	266
三、项目实施——ADC0809 的应用	267
思考与练习	268
单元小结	269
第 12 单元 半导体存储器和可编程	
逻辑器件	270
一、项目导入	270
二、相关知识	270
(一) 存储器	270
(二) 可编程逻辑器件的基础	
知识	277
(三) 常见的可编程器件	279
思考与练习	286
单元小结	287
附录 A 晶体管命名方法及规格参数	289
一、晶体管的型号命名方法 (摘自	
GB249—89)	289
二、二极管	290
三、三极管	293
附录 B 常用集成电路及主要参数	295
一、半导体集成电路型号命名方法	
(摘自 GB430—89)	295
二、部分模拟集成电路参数	296
(一) 几种三端集成稳压器	296
(二) 几种集成运算放大器	297
参考文献	298

第一部分

半导体制器

模拟电子技术

【目次】

第一章 绪论 1
第一节 模拟电子技术的发展概况 1
第二节 模拟电子技术的应用 2
第三节 模拟电子技术的学习方法 3

第二章 二极管和三极管

一、二极管

1. 二极管的符号和特性 1
2. 二极管的伏安特性 2
3. 二极管的单向导电性 3
4. 二极管的开关特性 4
5. 二极管的稳压特性 5
6. 二极管的温度特性 6
7. 二极管的击穿特性 7
8. 二极管的封装形式 8
9. 二极管的测试方法 9
10. 二极管的应用 10

二、三极管

1. 三极管的符号和特性 11

2. 三极管的伏安特性 12

3. 三极管的放大作用 13
4. 三极管的开关特性 14
5. 三极管的温度特性 15
6. 三极管的击穿特性 16
7. 三极管的封装形式 17
8. 三极管的测试方法 18
9. 三极管的应用 19

第1单元

半导体器件

【学习目标】

1. 理解半导体的基础知识及 PN 结的概念和特性。
2. 掌握二极管的结构、分类、伏安特性及主要参数，学会二极管的识别与测试。
3. 掌握三极管的结构、分类、电流放大作用、伏安特性及主要参数，学会三极管的识别与测试。
4. 掌握场效应管的结构、工作原理、伏安特性及主要参数。
5. 掌握二极管、三极管特性曲线的测试方法。

项目一 二极管的判别与检测

一、项目导入

半导体器件是用半导体材料制成的电子器件，是构成各种电子电路最基本的器件。晶体二极管、稳压二极管和发光二极管都是常用的半导体器件，应用十分广泛。掌握半导体器件的基本知识、识别与检测是专业人员必须具备的基本知识和基本技能。

通过对本项目的学习，应了解半导体的基础知识，理解二极管的结构、分类、工作特性和主要参数，学会常用电子仪器的使用方法，掌握二极管的识别与检测。

二、相关知识

（一）半导体的基础知识

1. 半导体的导电特性

自然界的一切物质都是由分子、原子组成的。原子又由一个带正电的原子核和在它周围高速旋转着的带有负电的电子组成。

导体的最外层电子数通常是 1~3 个，且电子距原子核较远，受原子核的束缚力较小。因此，导体在常温下存在大量的自由电子，具有良好的导电能力。常用的导电材料有银、铜、铝、金

等。电阻率小于 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质称为导体，载流子为自由电子。

绝缘体的最外层电子数一般为 6~8 个，且电子距原子核较近，因此受原子核的束缚力较大而不易挣脱其束缚。常温下绝缘体内部几乎不存在自由电子，因此导电能力极差或不导电。常用的绝缘体材料有橡胶、云母、陶瓷等。电阻率大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质称为绝缘体，基本无自由电子。

半导体的最外层电子数一般为 4 个，半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间。电阻率介于导体、绝缘体之间的物质称为半导体，主要有硅(Si)、锗(Ge)等(4 价元素)材料。半导体的应用极其广泛，这是由半导体的独特性能决定的。

光敏性——半导体受光照后，其导电能力会大大增强。

热敏性——受温度的影响，半导体的导电能力变化很大。

掺杂性——在半导体中掺入少量特殊杂质，其导电能力会大大增强。

纯净的不含其他杂质的半导体称为本征半导体。天然的硅和锗是不能制作成半导体器件的。它们必须先经过高度提纯，形成晶格结构完全对称的本征半导体。在本征半导体的晶格结构中，原子的最外层轨道上有 4 个价电子，每个原子周围有 4 个相邻的原子，原子之间通过共价键紧密结合在一起。两个相邻原子共用一对电子。

本征半导体最外层的电子结合成为共价键结构，既不容易得到电子也不容易失去电子，所以导电能力很弱，但又不像绝缘体那样根本不导电。硅晶体中的共价键结构如图 1-1 所示。

当温度为绝对零度时，本征半导体同绝缘体一样，没有能够自由移动的电子，所以根本不导电。室温下，由于热运动，少数价电子挣脱共价键的束缚成为自由电子，同时在共价键中留下一个空位，这个空位称为空穴。失去价电子的原子成为正离子，就好像空穴带正电荷一样，因此空穴相当于一个带正电荷的粒子。自由电子和空穴成对出现，称为电子—空穴对，如图 1-2 所示。

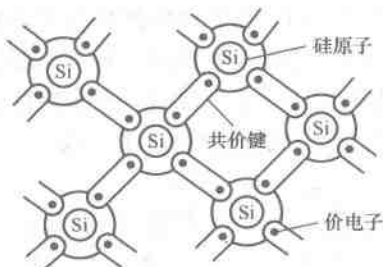


图 1-1 硅晶体中的共价键结构

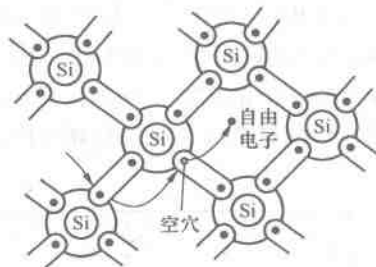


图 1-2 热运动产生的电子—空穴对

自由电子带负电，空穴带正电，它们是两种载流子。随着温度升高，自由电子和空穴的浓度增大，本征半导体的导电能力大大提高。

由于热运动而在晶体中产生电子—空穴对的过程称为热激发，又称本征激发；电子—空穴对成对消失的过程称为复合。

在外电场作用下，本征半导体中的自由电子和空穴定向运动形成电流，电路中的电流是自由电子电流和空穴电流的和。因为本征激发所产生的载流子数量有限，形成的电流很小。

2. 杂质半导体

(1) N 型半导体。若在本征半导体中掺入一定杂质，如在硅中掺入 5 价元素磷（由于每一个磷原子与相邻的 4 个硅原子组成共价键时，多出一个电子），则自由电子的浓度将大大增加，其数量远大于空穴的数量。

在纯净的半导体中掺入 5 价元素，形成以自由电子导电为主的掺杂半导体，这种半导体称为 N

型半导体。在N型半导体中,自由电子为多数载流子,简称多子;空穴为少数载流子,简称少子。

(2) P型半导体。若在本征半导体中掺入3价元素硼(由于每一个硼原子在组成共价键时,产生一个空穴),则空穴的浓度大大增加,其数量远大于自由电子的数量。

在纯净的半导体中掺入3价元素,形成以空穴导电为主的掺杂半导体,这种半导体称为P型半导体。在P型半导体中,空穴为多数载流子,简称多子;自由电子为少数载流子,简称少子。

综上所述,由于掺入不同的杂质,因而产生了两种不同类型的半导体——N型半导体和P型半导体,它们统称为杂质半导体,如图1-3所示。

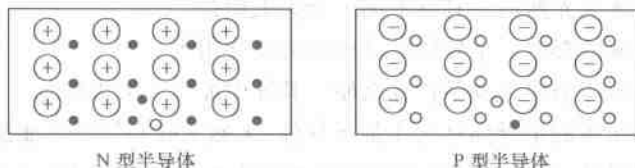


图 1-3 N 型半导体和 P 型半导体结构示意图

杂质半导体中载流子的浓度远大于本征半导体中载流子的浓度,但无论是P型半导体还是N型半导体都是中性的,对外不显电性。

掺入的杂质元素的浓度越高,多数载流子的数量越多。少数载流子是热激发而产生的,其数量的多少决定于温度。

3. PN 结及其单向导电性

采用一定的工艺措施,将一块半导体的一侧掺杂成P型半导体,另一侧掺杂成N型半导体,于是在两种半导体的交界处形成了PN结。

(1) PN 结的形成。在P型半导体和N型半导体的交界处,由于界面两侧载流子的浓度差别,N区的电子往P区扩散,P区的空穴往N区扩散。扩散结果是:在N区一侧因失去电子而留下带正电的离子,在P区一侧因失去空穴而留下带负电的离子,于是带电离子在界面两侧形成空间电荷区,又称为耗尽层或阻挡层,如图1-4所示,PN结指的就是这个区域。

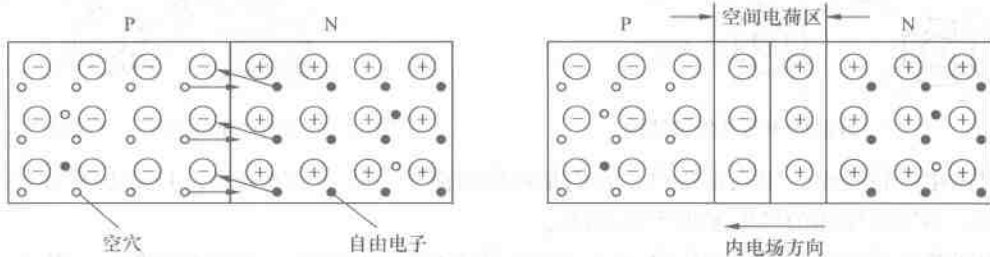


图 1-4 PN 结的形成

空间电荷区形成的电场叫内电场,内电场对多数载流子的运动起阻碍作用,但却有助于少数载流子的运动,少数载流子在电场作用下的定向运动称为漂移运动。当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,形成了稳定的PN结。

(2) PN 结的单向导电性。当P区接电源正极,N区接电源负极时,称为PN结加正向电压或正向偏置。在正向电压作用下,外电场与内电场方向相反,驱使N区电子进入空间电荷区,与其中的正离子复合;驱使P区空穴进入空间电荷区,与其中的负离子复合。结果使空间电荷区变窄,有利于PN结两侧的多数载流子流过PN结形成较大的正向电流,PN结呈现低阻状态。

因此 PN 结正向偏置时, 处于导通状态。

当 N 区接电源正极, P 区接电源负极时, 称为 PN 结加反向电压或反向偏置。在反向电压作用下, 外电场与内电场方向相同, 使空间电荷区变宽, 多数载流子的扩散运动难以进行。但是内电场有利于少数载流子的漂移运动, 因而形成漂移电流。由于常温下少数载流子的数目很少, 形成的反向电流很小, PN 结呈现高阻状态。因此 PN 结反向偏置时, 可以认为基本上不导电, 处于截止状态。

PN 结的单向导电性如图 1-5 所示。

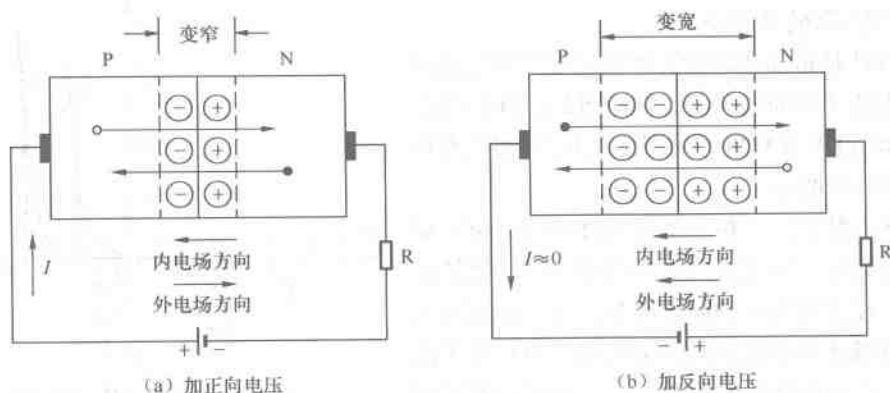


图 1-5 PN 结的单向导电性

(二) 半导体二极管

1. 二极管的结构与分类

将 PN 结的两端加上两根电极引线并用外壳封装, 就形成了半导体二极管, 简称二极管。由 P 区引出的电极为正极(又称阳极), 由 N 区引出的电极为负极(又称阴极)。常见二极管的电路符号及结构如图 1-6 所示。

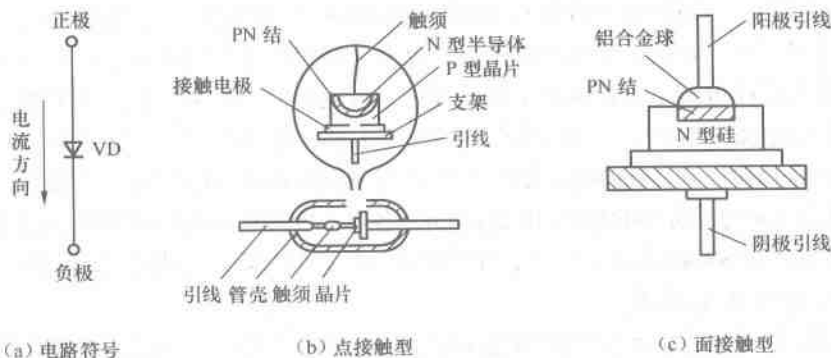


图 1-6 二极管的电路符号及结构示意图

二极管是电子技术中最基本的半导体器件之一。根据其用途, 二极管分为检波二极管、开关二极管、稳压二极管和整流二极管等。图 1-7 所示即为二极管的部分产品实物图。



图 1-7 二极管实物图

按照结构不同,二极管分为点接触型和面接触型两类。点接触型二极管(一般为锗管)的特点是:PN结面积小,结电容小,只能通过较小的电流,适用于高频(几百兆赫)工作。面接触型二极管(一般为硅管)的特点是:PN结面积较大,能通过较大的电流,但结电容也大,常用于频率较低、功率较大的电路中。

根据所用材料不同,二极管分为硅二极管和锗二极管两种。硅二极管因其温度特性较好,使用较为广泛。

2. 二极管的伏安特性

伏安特性是指加在二极管两端的电压 U 与流过二极管的电流 I 之间的关系,即 $I=f(U)$ 。2CP12(普通型硅二极管)和2AP9(普通型锗二极管)的伏安特性曲线如图1-8所示。

(1) 正向特性。二极管伏安特性曲线的第一象限称为正向特性,它表示外加正向电压时二极管的工作情况。在正向特性的起始部分,由于正向电压很小,外电场还不足以克服内电场对多数载流子的阻碍作用,正向电流几乎为零,这一区域称为正向死区,对应的电压称为死区电压。硅管的死区电压约为0.5V,锗管的死区电压约为0.2V。

当正向电压超过某一数值后,内电场就被大大削弱,正向电流迅速增大,二极管导通,这一区域称为正向导通区。二极管一旦正向导通后,只要正向电压稍有变化,就会使正向电流变化较大,二极管的正向特性曲线很陡。因此,二极管正向导通时,管子上的正向压降不大,正向压降的变化很小,一般硅管为0.7V左右,锗管为0.3V左右。因此,在使用二极管时,如果外加电压较大,一般要在电路中串接限流电阻,以免产生过大电流烧坏二极管。

(2) 反向特性。二极管伏安特性曲线的第三象限称为反向特性,它表示外加反向电压时二极管的工作情况。在一定的反向电压范围内,反向电流很小且变化不大,这一区域称为反向截止区。这是因为反向电流是少数载流子的漂移运动形成的;一定温度下,少子的数目是基本不变的,所以反向电流基本恒定,与反向电压的大小无关,故通常称其为反向饱和电流。

当反向电压过高时,会使反向电流突然增大,这种现象称为反向击穿,这一区域称为反向击穿区。反向击穿时的电压称为反向击穿电压,用 U_{BR} 表示。各类二极管的反向击穿电压从几十伏到几百伏不等。反向击穿时,若不限制反向电流,则二极管的PN结会因功耗大而过热,导致PN结烧毁。

3. 二极管的主要参数

半导体器件的质量指标和安全使用范围常用它的参数来表示。所以,参数是我们选择和使用器件的标准。二极管的主要参数有以下几个。

(1) 最大整流电流 I_{OM} 。 I_{OM} 是指二极管长期使用时,允许通过的最大正向平均电流。因为电流通过PN结会引起二极管发热,电流过大会导致PN结发热过度而烧坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM} 。 U_{RM} 是为了防止二极管反向击穿而规定的最高反向工作电压。最高反向工作电压一般为反向击穿电压的1/2或2/3,二极管才能够安全使用。

(3) 最大反向电流 I_{RM} 。 I_{RM} 是指当二极管加上最高反向工作电压时的反向电流。其值愈小,说明二极管的单向导电性愈好。硅管的反向电流较小,一般在几微安以下。锗管的反向电流较大,是硅管的几十至几百倍。

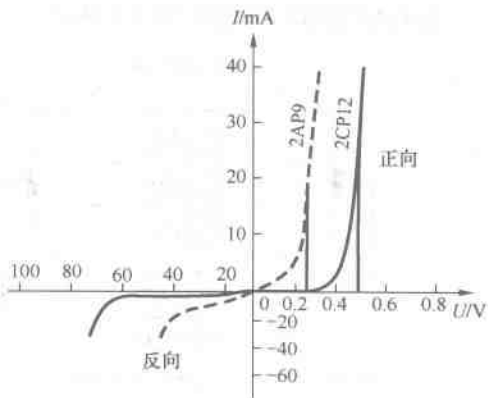


图1-8 二极管的伏安特性曲线