

中等职业教育应用电子技术专业项目教学系列教材

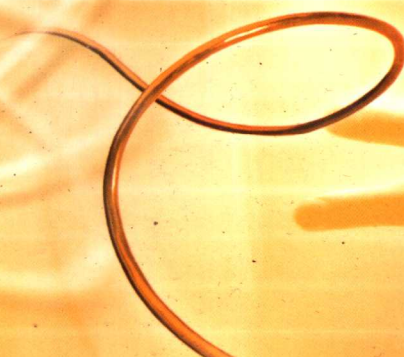
NB

新编

电子技术项目教程

XINBIAN DIANZI JISHU XIANGMU JIAOCHENG

李传珊 主编



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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

中等职业教育应用电子技术专业项目教学系列教材

新编电子技术项目教程

李传珊 主 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是中等职业学校(三年制)电类专业电子技术教材,是依据教育部颁布的中等职业学校《电子线路教学大纲》编写的。

本书的编写采用项目化课程模式,以电子技术中的典型项目为载体,内容包括:简单直流稳压电源的制作与检测、扩音机的电路制作与调试、函数信号发生器的制作、调幅收音机的组装与调试、应用型直流稳压电源的电路制作与调试、三人表决器的逻辑电路设计与制作、一位十进制加法计算器的制作和数字钟的电路设计与制作等共八个项目,每个项目又分为若干个任务。以完成工作任务的技能实训为主线,链接相应的专业知识。技能实训及知识链接部分均设置了思考与练习,以巩固所学内容。本书的编写思路较好地体现了课程改革的新理念,紧密结合职业技能考证,着力培养实践能力。本书的理论知识讲授以够用为度,文字阐述浅显易懂。本书可作为中等职业学校电类专业通用教材,也可作为岗前培训和自学用书。

为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

新编电子技术项目教程/李传珊主编.—北京:电子工业出版社,2007.8

(中等职业教育应用电子技术专业项目教学系列教材)

ISBN 978-7-121-04794-7

I. 新… II. 李… III. 电子技术-专业学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第116590号

策划编辑:蔡葵

责任编辑:宋兆武

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21.5 字数:524千字

印 次:2007年8月第1次印刷

印 数:5000册 定价:28.90元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

中等职业学校教材工作领导小组

主任委员：陈 伟 信息产业部信息化推进司司长

副主任委员：辛宝忠 黑龙江省教育厅副厅长

李雅玲 信息产业部人事司处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

马 斌 江苏省教育厅职社处处长

黄才华 河南省职业技术教育教学研究室主任

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所主任

王传臣 电子工业出版社副社长

委 员：（排名不分先后）

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王社光 陕西省教育科学研究所

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西壮族自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆维吾尔自治区教育厅职成教处

秘 书 长：李 影 电子工业出版社

副秘书长：柴 灿 电子工业出版社

出版说明

职业教育肩负着服务社会经济发展和促进学生全面发展的重任。职业教育改革与发展的过程，也是课程不断改革与发展的历程。每一次课程改革都推动职业教育的进一步发展，从而使职业教育培养的人才规格适应和贴近社会的需求。这种推动和促进作用，正是职业教育充满活力的源泉。

《国务院关于大力发展职业教育的决定》中提出：“职业教育要坚持以就业为导向，深化职业教育教学改革。”我国产业结构调整、生产技术进步和社会经济的快速发展，为职业教育事业发展提供了巨大的推动力和广阔的发展空间，同时也对职业教育教学改革提出了新的要求和挑战。作为职业教育教学改革和职业教育内涵发展核心内容的课程改革迫在眉睫。

应用电子技术专业5门核心课程的项目教材，即《新编电工技术项目教程》、《新编电子技术项目教程》、《新编电子装配工艺项目教程》、《新编家用电器维修项目教程》、《新编电视机原理与维修项目教程》，这5本书体现了职业教育课程改革的内在要求，是基于职业学校学生学习基础，遵循综合职业能力形成规律，在课程改革专家、行业企业专家、教研部门专家和教学一线骨干教师共同努力下的物化成果。本系列教程具有以下特点：

首先突出能力本位。教材将德育课程渗透于专业课程中，学历证书与职业资格证书相互嵌入，实践知识与理论知识有机整合，体现行业企业的新知识、新标准、新工艺和新方法，全面培养学生职业情感、职业态度、职业技能等综合职业能力与就业创业能力。

其次体现实践主线。教材的课程体系打破传统学科体系，构建能力本位、项目主体、任务中心的课程模式，具体指向工作过程、服务流程的系统化，围绕项目和任务展开课程内容；通过项目化、模块化的课程实现理实一体、项目引领、师生互动和任务驱动，全面培养学生的专业能力、方法能力和社会能力等综合职业能力。

三是彰显以人为本。教材教学目标的确立将学生学习基础和专业培养目标有机结合；教学实施的过程符合职业学校学生形象思维能力强的特点，突出以教师为主导、学生为主体的教育理念，贯彻“做中学、练中学和干中学”的主导思想；教学效果的评价体现过程性、特质性和发展性等多元评价思想。

本系列教程是电子工业出版社与南京市职业教育课程改革的理论研究和实践成果之一。2005年12月，南京市全面启动了职业教育课程改革，成立了以教育行政部门为领导，职业教育教研部门为主导，以骨干教师为主体，行业企业专家深度参与的课程开发与实施团队。按照“边研究、边实践、边推广”的思路，以课程改革理论研究为先导，以项目实验为基础，遵循“先点上实验，后面上推广”的原则，在部分重点学校的重点专业开展了系统的理论研究与实践探索，并不断总结和完善，初步建立了以能力为本位，以项目课程为主体，以职业实践为主线，具有鲜明特色的模块化课程体系。实践证明，本系列教程为保证人才培养规格，培养学生综合职业能力起到了关键作用。

职业教育课程改革系列教学用书的编写是一项全新的工作。由于没有成熟经验借鉴，也

没有现成模式套用，尽管我们竭尽全力，遗憾在所难免。追求卓越，是我们创新和发展的动力，殷切希望读者批评指正。

丛书编委会

2007年8月

前言



依据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，结合《教育部关于加快发展中等职业教育的意见》，本着“以服务为宗旨、以就业为导向、以能力为本位”的指导思想，我们在深入开展以项目教学为主体的专业课程改革过程中，编写了应用电子专业家电维修专门化方向五门核心课程的项目教材，《新编电子技术项目教程》是该系列项目教材之一。

本课程是中等职业学校电类专业的核心课程。通过本课程的学习，使学生具备相关职业中等应用型人才所必需的半导体器件、放大电路、信号发生器、直流稳压电源、逻辑代数、门电路、触发器、组合逻辑电路、时序逻辑电路等方面的知识以及电子装调工艺的基本知识，同时具有常用电子仪器仪表的使用、元器件的识别与检测、集成产品的识别与测试、常用功能电路的调整与测试、典型电子线路的制作与调试等方面的技能。本课程是电类专业面向工作岗位（或岗位群）所设专门化方向限选课程的前修课程。

本教材的编写，主要依据教育部颁发的中等职业教育《电子线路教学大纲》，采用项目化与综合化的课程模式。以项目为载体，以原学科体系中的模拟电路、数字电路和电子技能实训等课程内容为主，还综合了电子测量仪器和电子装调工艺的相关内容。

本教材以电类专业学生的就业为导向，根据行业专家及企业技术人员对专业所涵盖的岗位群进行的工作任务和职业能力的分析，以电类专业共同具备的岗位职业能力为依据，遵循学生认知规律，紧密结合职业资格证书中对电子技能所作的要求，确定项目模块和课程内容。为了充分体现任务引领、实践导向的课程思想，将本课程项目模块下的教学活动又分解设计成若干任务，以任务为单位组织教学，并以常用电子仪器仪表、典型电子线路为载体，按电子工艺要求展开教学，让学生在掌握电子技能的同时，巩固相关专业的理论知识，使学生在技能训练过程中加深对专业知识、专业技能的理解和应用，培养学生的综合职业能力，为学生将来在岗位上工作打下良好基础。

本课程建议学时为 182 学时，具体分配如下：

序号	项 目	课 时		
		理论	实践	合计
1	项目一 简单直流稳压电源的制作与检测	16	10	26
2	项目二 扩音机电路的制作与调试	22	18	40
3	项目三 函数信号发生器的制作	10	8	18
4	项目四 调幅收音机的组装与调试	8	14	22
5	项目五 应用型直流稳压电源的电路制作与调试	6	4	10
6	项目六 三人表决器的逻辑电路设计与制作	10	6	16
7	项目七 一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作	10	14	24
8	项目八 数字钟的电路设计与制作	10	12	22
9	机动		4	4
10	合计	92	90	182

本教材由江苏省六合职业教育中心校李传珊老师主编，她还编写了项目二、项目三和项目五的内容，陈正老师编写了项目六、项目七和项目八的内容，唐叶红老师编写了项目一的内容，李家墅老师编写了项目四的内容。

在本教材的编写过程中，南京市职业教育教学研究室孔晓华老师以及电子电工中心组的周德仁老师、方立鹤老师、刘昌胜老师和白秉旭老师对编写思路提供了许多宝贵建议。江苏省六合职业教育中心校的领导和教研组同事对本教材的编写给予了极大的支持和帮助。编者在此一并表示衷心的感谢。

我们在编写过程中，力求贯彻课程改革的新理念，但限于编者水平有限，加之时间仓促，本书难免存在不妥之处，恳请广大师生批评指正，以便不断完善。谢谢！

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案（电子版）。请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn或www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:hxedu@phei.com.cn）。

编者

2007年7月



目 录



项目一 简单直流稳压电源的制作与检测	(1)
任务一 单相整流电路的制作与检测	(1)
[工作任务单]	(1)
[知识链接一]二极管的基本知识	(1)
[知识链接二]数字万用表的使用	(7)
[知识链接三]示波器的使用	(8)
[技能实训一]二极管的识别与检测	(12)
[知识拓展]非正弦周期电路的基本知识	(14)
[知识链接四]单相整流电路的组成与工作原理	(16)
[技能实训二]单相半波整流电路的制作与检测	(19)
[技能实训三]单相桥式全波整流电路的制作与检测	(20)
任务二 滤波电路的制作与检测	(22)
[工作任务单]	(22)
[知识链接一]RC 电路的瞬态过程	(22)
[知识链接二]滤波电路的组成与工作原理	(23)
[技能实训一]电容滤波电路的制作与检测	(26)
[技能实训二]电感滤波电路的制作与检测	(28)
任务三 并联型稳压电路的制作与检测	(30)
[工作任务单]	(30)
[知识链接一]稳压二极管的基本知识	(30)
[知识链接二]并联型稳压电路的组成与工作原理	(32)
[知识拓展]并联型稳压电路的设计	(32)
[技能实训]并联型稳压电路的制作与检测	(33)
任务四 简单直流稳压电源的制作与检测	(35)
[工作任务单]	(35)
[知识链接一]直流稳压电源的组成与工作原理	(35)
[知识链接二]PCB 的基本知识	(36)
[技能实训一]PCB 的简易制作	(39)
[技能实训二]焊接训练	(41)
[技能实训三]简单直流稳压电源的制作	(43)
[技能实训四]简单直流稳压电源的检测与排除故障	(45)
项目二 扩音机电路的安装与调试	(48)
任务一 共射放大器的制作与测试	(49)

[工作任务单].....	(49)
[知识链接一]三极管的基本知识.....	(49)
[技能实训一]三极管的识别与检测.....	(56)
[知识链接二]放大器的基本知识.....	(57)
[知识链接三]低频小信号共射放大器.....	(61)
[知识链接四]信号发生器与晶体管毫伏表的使用.....	(70)
[知识链接五]放大器的频率特性.....	(75)
[技能实训二]共射放大器的制作与测试.....	(77)
[知识拓展]场效应管的基本知识.....	(80)
任务二 共集放大器的制作与测试.....	(82)
[工作任务单].....	(82)
[知识链接]共集放大器.....	(82)
[技能实训]共集放大器的制作与测试.....	(85)
[知识拓展]三种组态放大器的性能比较.....	(89)
任务三 负反馈放大器的制作与测试.....	(90)
[工作任务单].....	(90)
[知识链接一]反馈放大器的基本知识.....	(90)
[知识链接二]负反馈放大器.....	(94)
[技能实训]负反馈放大器的制作与测试.....	(97)
任务四 有源滤波器的制作与测试.....	(100)
[工作任务单].....	(100)
[知识链接]滤波器简介.....	(100)
[技能实训]有源滤波器的制作与测试.....	(104)
任务五 功率放大器的制作与调试.....	(107)
[工作任务单].....	(107)
[知识链接一]功率放大器的基本知识.....	(108)
[知识链接二]互补对称功率放大器.....	(113)
[技能实训]OTL 功率放大器的制作与调试.....	(116)
任务六 扩音机的电路安装与调试.....	(119)
[工作任务单].....	(119)
[知识链接]扩音机电路的组成与工作原理.....	(119)
[技能实训]扩音机的电路安装与调试.....	(120)
项目三 函数信号发生器的制作.....	(124)
任务一 方波、三角波发生器的制作与测试.....	(125)
[工作任务单].....	(125)
[知识链接一]集成运放的基本知识.....	(125)
[知识链接二]集成运放的产品简介.....	(132)
[技能实训一]集成运放的识读与检测.....	(134)
[知识链接三]集成运放的线性应用.....	(136)

[技能实训二]集成运放基本运算电路的制作与测试.....	(141)
[知识链接四] 迟滞比较器的基本知识.....	(144)
[知识链接五]方波、三角波发生器的电路组成与工作原理.....	(148)
[技能实训三]方波、三角波发生器的制作与测试.....	(151)
任务二 正弦波振荡器的制作与测试.....	(154)
[工作任务单].....	(154)
[知识链接一]正弦波振荡器的基础知识.....	(154)
[知识链接二]LC 正弦波振荡器的组成与工作原理.....	(156)
[技能实训一]LC 正弦波振荡器的制作与测试.....	(160)
[知识链接三]RC 正弦波振荡器的组成与工作原理.....	(163)
[技能实训二] RC 正弦波振荡器的制作与测试.....	(165)
[知识拓展]石英晶体振荡器简介.....	(168)
任务三 函数信号发生器的电路制作与调试.....	(170)
[工作任务单].....	(170)
[知识链接]8038 函数信号发生器的电路组成与工作原理.....	(170)
[技能实训]8038 函数信号发生器的电路制作与调试.....	(172)
项目四 调幅收音机的组装与调试	(176)
任务一 变频器的制作与调试.....	(176)
[工作任务单].....	(176)
[知识链接一]无线电信号传输的基本知识.....	(176)
[知识链接二]输入电路的种类与工作原理.....	(180)
[知识链接三]变频器的组成与工作原理.....	(181)
[技能实训]变频器的制作与测试.....	(183)
任务二 调谐放大器的制作与测试.....	(184)
[工作任务单].....	(184)
[知识链接]调谐放大器的组成与工作原理.....	(184)
[技能实训]调谐放大器的制作与测试.....	(187)
任务三 检波器的制作与测试.....	(190)
[工作任务单].....	(190)
[知识链接]检波器的组成与工作原理.....	(190)
[技能实训]检波器的制作与测试.....	(192)
任务四 调幅收音机的组装与测试.....	(195)
[工作任务单].....	(195)
[知识链接一]调幅收音机的电路组成及工作原理.....	(195)
[知识链接二]调幅收音机的装调工艺.....	(198)
[技能实训]调幅收音机的组装与调试.....	(203)
项目五 应用型直流稳压电源的电路制作与调试	(206)
任务一 串联型稳压电源的电路制作与调试.....	(206)
[工作任务单].....	(206)
[知识链接]串联型稳压电路的组成与工作原理.....	(207)

[技能实训]串联型稳压电源的电路制作与调试	(209)
任务二 可调式集成稳压电源的电路制作与调试	(213)
[工作任务单]	(213)
[知识链接]集成稳压器及其应用	(213)
[技能实训]可调式集成稳压电源的电路制作与调试	(216)
项目六 三人表决器的逻辑电路设计与制作	(220)
任务一 常用集成门电路的测试	(220)
[工作任务单]	(220)
[知识链接一]逻辑门电路的基本知识	(220)
[知识链接二]常用集成门电路的产品简介	(225)
[技能实训一]TTL 门电路的识别与测试	(228)
[技能实训二]CMOS 门电路的识别与测试	(230)
任务二 三人表决器的设计及制作	(231)
[知识链接一]逻辑代数的基本知识	(231)
[知识链接二]逻辑函数的化简方法	(235)
[知识链接三]组合逻辑电路的一般设计方法	(239)
[技能实训]三人表决器的逻辑电路设计与制作	(241)
项目七 一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作	(244)
任务一 BCD 编码器的逻辑电路设计与制作	(244)
[工作任务单]	(244)
[知识链接一]数制及其转换的基本知识	(244)
[知识链接二]编码器的基本知识	(249)
[技能实训]BCD 编码器的逻辑电路设计与制作	(252)
任务二 译码器的逻辑电路设计与制作	(254)
[工作任务单]	(254)
[知识链接]译码器的基本知识	(254)
[技能实训]译码器的逻辑电路设计与制作	(259)
任务三 驱动显示电路的设计与制作	(261)
[工作任务单]	(261)
[知识链接一]显示器简介	(261)
[知识链接二]七段显示器及其驱动电路	(263)
[技能实训]驱动显示电路的设计与制作	(267)
任务四 一位二进制加法器的逻辑电路的设计与制作	(269)
[工作任务单]	(269)
[知识链接]半加器与全加器的基本知识	(269)
[技能实训一]半加器的逻辑电路设计与制作	(272)
[技能实训二]全加器的逻辑电路设计与制作	(274)
任务五 一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作	(276)
[工作任务单]	(276)
[知识链接]常用编码器、译码器、驱动器的产品简介	(276)

[技能实训]一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作.....	(280)
项目八 数字钟的电路设计与制作	(285)
任务一 集成触发器的测试	(285)
[工作任务单].....	(285)
[知识链接一]集成触发器的基本知识.....	(285)
[知识链接二]常用集成触发器的产品简介.....	(292)
[技能实训]集成触发器的测试.....	(296)
任务二 555 振荡器的制作与测试	(300)
[工作任务单].....	(300)
[知识链接一]555 定时器简介.....	(300)
[知识链接二]分频电路的组成与工作原理.....	(304)
[技能实训]555 振荡器的制作与测试.....	(308)
任务三 数字钟的电路设计与制作	(309)
[工作任务单].....	(309)
[知识链接一]二十四进制、六十进制计数器的组成与工作原理.....	(309)
[知识链接二]数字钟的电路组成与工作原理.....	(312)
[技能实训]数字钟的安装与调试.....	(318)
附 录	(321)
参考文献	(327)

项目一 简单直流稳压电源的制作与检测



技能目标

会识别二极管并能对其进行检测；会制作与检测单相半波及桥式全波整流电路；会制作与检测电容滤波与电感滤波电路；会制作与检测并联型稳压电路；能完成 PCB 的简易制作；会焊接与制作简单直流稳压电源。



知识目标

掌握二极管的基本知识；理解单相整流电路的组成及其工作原理；理解滤波电路的组成及工作原理；理解并联型稳压电路的组成及工作原理；理解直流稳压电源的组成及工作原理；了解示波器和数字万用表的使用；了解 PCB 的基本知识。

任务一 单相整流电路的制作与检测

[工作任务单]

序号	任务内容
1	二极管的识别与检测
2	单相半波整流电路的制作与检测
3	单相桥式全波整流电路的制作与检测

[知识链接一] 二极管的基本知识

一、半导体知识

1. 半导体

在自然界，物质按其导电性能可分为导体、半导体和绝缘体。半导体材料有硅、锗等。半导体从它被发现以来，就得到越来越广泛的应用，究其原因是它具有三大与众不同的特性。

(1) 热敏性

半导体的导电能力受环境温度影响很大，随着温度的升高导电能力越好。利用这一特性可以制造控制电路中使用的热敏电阻等热敏元件。



(2) 光敏性

半导体的导电能力对光照强度也很敏感。光照越强导电能力越强,利用半导体的光敏特性可以制成光敏电阻、光敏二极管、光敏晶体管等。

(3) 掺杂性

在纯净的半导体中掺入微量杂质,可以显著提高它的导电能力。掺杂浓度越高,导电性越强。利用这一特性可以制出各种晶体管和集成电路等半导体器件。

半导体为什么有这些奇妙的特性呢?这与它的原子结构有很大的关系。只有深入到物质的原子结构中去,才能进一步理解其导电特性的实质。

2. 本征半导体

纯净无杂质的单晶体结构的半导体叫本征半导体。目前常用的半导体材料有硅、锗等。在电子学中常用硅、锗为例说明半导体的导电原理。

硅(Si)和锗(Ge)位于元素周期表的第四列,都是四价元素。每个原子最外层的四个价电子分别与相邻原子中的一个价电子组成所谓电子对,这种结构称为共价键结构。如图1-1-1所示。

在常温下,本征半导体的全部价电子均为束缚电子,不易自由移动,导电性能很弱。当温度升高或受外界能量激发(如光照)时,共价键中一部分价电子将获得足够的能量挣脱共价键的束缚,成为自由电子,同时在共价键中留下相同数量的空位,这些空位称为空穴。这种由于光或热的作用,半导体中产生电子和空穴对的现象称为本征激发。

本征激发产生的自由电子和空穴是成对出现的,称为“电子-空穴对”。自由电子带负电并可以移动形成电流,因而被称为载流子。空穴也可以运载电荷形成电流,也是一种载流子,这是因为在本征激发中共价键失去一个价电子出现一个空穴时,邻近共价键中的价电子就容易跳过去填补这个空位,从而使空穴转移到邻近共价键上去,新的空穴又被其相邻的价电子填补,这一过程持续下去,相当于一个空穴在半导体中运动,它的运动方向与自由电子运动方向相反,效果相同,如图1-1-2所示。所以空穴相当于正电荷,也是一种载流子。

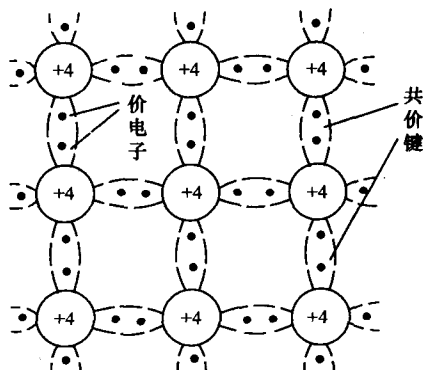


图 1-1-1 共价键结构示意图

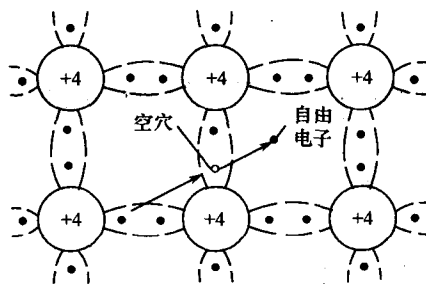


图 1-1-2 载流子的运动

3. 掺杂半导体

为了增强半导体的导电能力,在本征半导体中人为掺入微量元素使之成为掺杂半导体。按照掺杂的元素不同,可获得N型和P型半导体。这两种半导体是制造各种半导体器件的基础材料。



(1) N 型半导体

本征半导体中掺入了微量的五价元素如磷 (P)，其平面模型如图 1-1-3 所示。含磷原子的价电子与相邻的硅原子的价电子组成四对共价键，多余一个电子，不受共价键束缚，获得较小的能量使其容易挣脱原子核的束缚而成为自由电子。可见掺杂后的半导体提高了自由电子的浓度，其导电能力大大增强。这种杂质半导体主要靠电子导电，故称为电子型半导体，简称 N 型半导体。并称其中的自由电子为多数载流子（简称多子），空穴为少数载流子（简称为少子）。

(2) P 型半导体

本征半导体中掺入了微量的三价元素如硼 (B)，其平面模型如图 1-1-4 所示，硼原子的价电子与相邻的硅原子的价电子只能组成三对共价键，从而自然形成一个空穴，它很容易由相邻的原子中的价电子来填补，从而在相邻的原子又产生一个新的空穴，形成移动空穴。显然，掺杂后每个硼原子都能提供一个空穴，从而使掺杂半导体的空穴浓度大大提高，这种掺杂半导体主要靠空穴导电，故称为空穴型半导体，简称 P 型半导体。把其中的空穴称为多数载流子（简称多子），自由电子为少子。

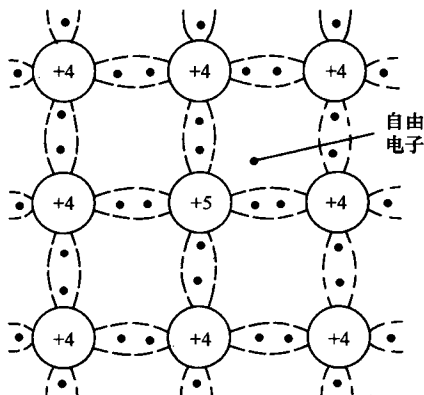


图 1-1-3 N 型半导体

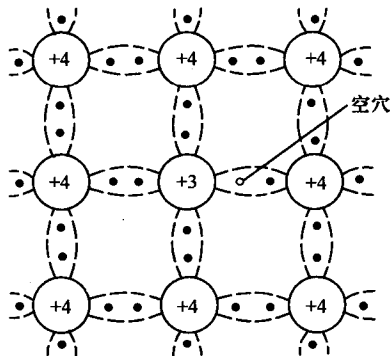


图 1-1-4 P 型半导体

应当注意：不论 N 型半导体还是 P 型半导体，虽然它们都有一种载流子占多数，但是整个晶体仍然是不带电的。

二、PN 结及其单向导电性

1. PN 结的形成

P 型或 N 型半导体的导电能力虽然大大增强，但并不能直接用来制造半导体器件。通常是在一块晶片上，采取一定的掺杂工艺，在两边分别形成 P 型半导体和 N 型半导体，它们的交界面就形成了 PN 结。PN 结是构成各种半导体器件的基础。

PN 结的形成是载流子在半导体内运动达到平衡态的结果。当 P 型半导体和 N 型半导体结合在一起时，由于交界处两侧同性载流子浓度差的存在，引起两区多子向对方区域扩散，如图 1-1-5 所示。在 P 型区一侧，由于空穴向 N 区扩散，剩下不能移动的负离子，形成带负电的离子层；在 N 区一侧，由于自由电子向 P 区扩散，剩下不能移动的正离子，形成带正电的离子层。正负离子层形成了由 N 区指向 P 区的内电场。少数载流子在内电场的作用下，会沿着电场的方向运动，此运动称为漂移运动，其方向正好与扩散运动方向相反。

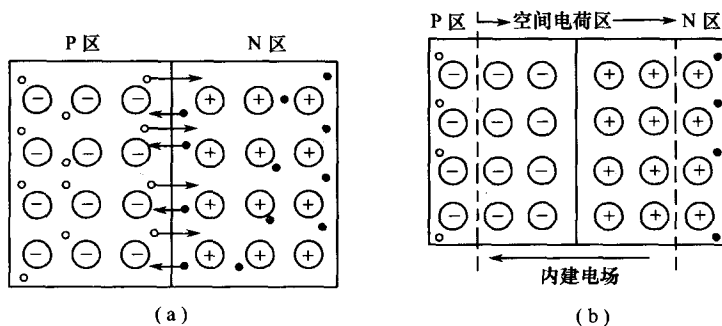


图 1-1-5 PN 结的形成

在 PN 结形成的过程中,开始时扩散运动占优势,内电场逐渐增强,漂移运动也就愈来愈强。当扩散运动形成的电流与漂移运动形成的电流相等时,正负离子层不再变化,内电场不再增强,半导体内部达到一种动态平衡,此时交界面两侧正、负离子形成的空间电荷区域称为 PN 结(也称为耗尽层,阻挡层)。

2. PN 结的单向导电性

如果在 PN 结上加正向电压,即 P 区接电源的正极, N 区接电源的负极,如图 1-1-6 所示,这种接法称为正向偏置。由图可见,外电场与内电场的方向相反,因此扩散与漂移运动的平衡被破坏。外电场驱使 P 区的空穴进入空间电荷区抵消一部分负电荷,同时 N 区的自由电子进入空间电荷区抵消一部分正电荷。于是整个空间电荷区变窄,内电场被削弱,多数载流子的扩散运动增强,形成较大的扩散电流(正向电流)。在一定范围内,外加电压愈大,正向电流愈大,PN 结呈现出很小的正向电阻,将这种状态称为 PN 结正向导通状态。正向电流包括空穴电流和电子电流两部分。空穴和电子虽然带有不同极性的电荷,但由于它们的运动方向相反,所以电流方向一致。

如果在 PN 结上加反向电压,即 P 区接电源的负极, N 区接电源的正极,如图 1-1-7 所示,这种接法则称为反向偏置。此时外电场与内电场方向一致,也破坏了扩散与漂移运动的平衡。外电场驱使空间电荷区两侧的空穴和自由电子移走,使得空间电荷增加,空间电荷区变宽,内电场增强,使多数载流子的扩散运动难于进行。但内电场的增强使少数载流子的漂移运动加强。在外电场的作用下, N 区中的空穴越过 PN 结进入 P 区, P 区中自由电子越过 PN 结进入 N 区,在电路中形成反向电流(由 N 区流向 P 区的电流)。由于少数载流子数目很少,因此反向电流很小,即 PN 结呈现出很大的反向电阻,所以 PN 结反向偏置时基本不导电,把这种状态称为 PN 结反向截止状态。由于少数载流子的数量与温度有关,所以 PN

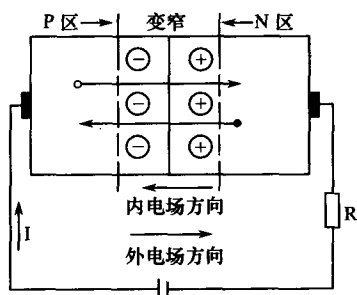


图 1-1-6 PN 结上加正向电压

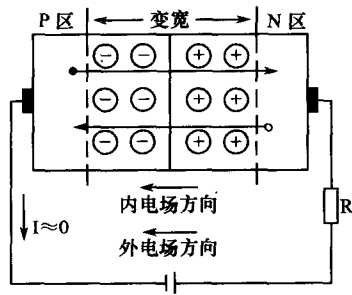


图 1-1-7 PN 结上加反向电压