

国家示范性高等职业院校核心课程 · 电子电气类
“十一五”规划教材



ianzi Dianqi Lei

模拟电子技术应用及项目训练

主 编◎张晓琴

副主编◎伍小兵

李茂清

肖前军

主 审◎易 谷

刘慕尹



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家示范性高等职业院校核心课程 · 电子电气类
“十一五”规划教材

Moli Dianzi Jishu Yingyong ji Xiangmu Xunlian
模拟电子技术应用及项目训练

主 编 张晓琴

副主编 伍小兵 李茂清 肖前军

参 编 黄 戎 怀越生

主 审 易 谷 刘慕尹

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 简 介

全书包括 6 个学习项目, 书中以常用电子小产品为载体, 介绍了模拟电子技术中常用电子元器件及应用电路的分析与制作。项目 1 为电子保健小夜灯的分析与制作, 主要介绍二极管的特性及其应用; 项目 2 为路灯自动控制器的分析与制作, 主要介绍三极管的特性及其应用; 项目 3 为温度信号检测、处理电路的分析与制作, 主要介绍集成运算放大器的特性及其应用; 项目 4 为正弦信号产生电路的分析与制作, 主要介绍负反馈及正弦振荡电路; 项目 5 为直流稳压电源的设计与制作, 主要介绍线性直流稳压电源、开关型直流电源的设计与制作; 项目 6 为台灯调光电路的分析与制作, 主要介绍晶闸管的特性及其应用。每个项目均以任务为驱动, 在基础训练的基础上完成任务的实施, 最后进行验收和评估。在第 5、第 6 个项目中增加了拓展任务, 可作为教学实训内容。每个基础训练中有理论学习和技能训练及课后练习, 每个任务完成后都有扩展性的思考题。

本书可作为高等职业院校电子、电气、通信、计算机控制、机电一体化等专业的教材, 也可供机械、汽车、计算机等专业的师生及有关工程技术人员参考, 本书也可作为中等职业院校有关专业的提高教材或自学考试人员的学习用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

模拟电子技术应用及项目训练 / 张晓琴主编. — 成都:
西南交通大学出版社, 2009.8

国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材. 电子电气类

ISBN 978-7-5643-0380-8

I. 模… II. 张… III. 模拟电路—电子技术: 高等学校:
技术学校—教学参考资料 IV. TN710

.....中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 146888 号.....

国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材·电子电气类

模拟电子技术应用及项目训练

主 编 张晓琴

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 陈长江 翟 瑾

封面设计 跨克创意

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm×230 mm 印张: 15

字数: 269 千字 印数: 1—3 000 册

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0380-8

定价: 26.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

出版说明

进入 21 世纪以来,在国家的高度重视与大力支持下,我国高等职业教育得到了迅猛发展,截止 2007 年底,全国独立设置的高职学院已达 1100 多所,高职教育招生人数和在校生人数均占高等教育招生人数的半壁河山。高职教育在优化高等教育体系结构、促进教育大众化、培养高技能人才,促进并加快地方经济的建设和发展等方面起到了重要作用,作出了重大贡献。但由于我国高等职业教育起步较晚,在高速发展的过程中还存在一些亟待解决的问题,特别是在课程体系和教材形式上,“中专延长型”及“本科压缩型”的影子始终挥之不去,真正适合我国国情的高职课程体系及相应的教材正处在探索与改进之中。

2006 年,我国财政部、教育部启动了国家示范性高等职业院校建设项目,财政部拨出数十亿专项资金在之后三年中重点支持 100 所高等职业院校的建设。示范性高等职业院校建设主要围绕重点专业及专业群的实验/实训条件建设、课程体系及教学内容改革、师资培养三方面开展,其中课程体系及教学内容改革是示范建设的主要内容。为了配合高等职业院校核心专业课程的示范建设,我们在全中国范围内组织了一批高职高专院校,由国家示范性高职院校牵头,组织编写这套电子电气类专业核心课程教材。

重庆工业职业技术学院是 2006 年全国首批 28 所示范高职院校之一,其电气自动化技术专业是国家重点建设专业。2007 年初,由重庆工业职业技术学院电气自动化技术专业牵头,组织重庆工程职业技术学院、重庆电力高等专科学校、四川信息职业技术学院、黑龙江交通职业技术学院、郑州铁路职业技术学院、宜宾职业技术学院、泸州职业技术学院、吉林铁道职业技术学院等十多所高职院校的相关专业教师成立了《国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材》编写委员会,共同编写本套系列教材,从 2008 年开始陆续出版,计划用 1~2 年时间出版 20 本左右教材。为了满足多层面、多类型的教学需求,同类教材可能出版多种版本。

在编写本套教材的过程中,结合示范建设工作的推进,我们反复学习了教育部有关高等职业教育改革的文件精神,多次聆听了教育部领导及国内高职教育专家的讲话,明确了高职教育改革的方向。同时,我们也组织教师到澳大利亚、新加坡、德国、中国香港地区的职业院校进行了学习和交流,广

泛学习和吸收了国际先进的职业教育理念、课程体系、教学内容、教学方法等。通过学习和思考，我们将本套教材编写的指导思想确定为：学习国际职业教育先进经验，结合我国实际情况，针对电气电子类专业特点，突出职业教育与工程实际应用紧密结合，坚持工作过程系统化的课程开发理念和行动导向的教学理念。

本套专业课程教材的突出特点是：以典型的工作任务为载体，按照资讯、决策、计划、实施、检查、评估六个步骤，培养学生方法能力、专业能力、社会能力。由于电气电子类专业具有就业岗位涉及行业范围广、工作任务技术性强、对学生创新能力要求高等特点，本套教材没有像某些以技能为主的专业一样将专业基础课程的内容解构后与专业课程进行重构，而是基本保持了专业基础课程的构架。在专业基础课程教材的编写中，大量采用了项目导向的教学方法，突出了与工程实际和应用相结合，强化了与后续课程的联系与衔接。我们相信，通过使用本套教材进行教学，既能明显提高学生解决工程实际问题的能力，实现学生毕业与就业的“零距离”，又能为学生可持续发展和创新能力的提高打下坚实的基础。

本系列教材的主要读者群是高职电子电气类专业及相关专业的学生和教师，以及企业相关技术人员。我们希望，本套教材在符合专业培养目标、反映专业教育改革方向、满足专业教学需要的同时，努力创造使之成为具有先进性、创新性、适用性和系统性的特色品牌教材，为高职电气电子类专业的教学质量提高贡献一份力量，为教学改革探索出一条新路。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持，并欢迎提出批评和意见。

《国家示范性高等职业院校核心课程
“十一五”规划教材》编写委员会
2008年1月

《国家示范性高等职业院校核心课程 “十一五”规划教材》编写委员会

顾 问

徐 益 (重庆工业职业技术学院)
王 华 (吉林铁道职业技术学院)
李惕新 (机械工业第三设计研究院)
刘慕尹 (重庆川仪控制仪表分公司)
苏国成 (重庆川仪一厂)

主任委员 易 谷

委 员 (按姓氏笔画)

毛才局	毛臣健	王树祥	邓 莉	邓书蕾
冉晟伊	田宜驰	伍小兵	伍家洁	刘 赞
刘慰平	向文斌	朱 斌	朱奎林	朱 鸿
严兴喜	何 兵	何 弢	吴晓艳	张 莉
张 辉	张晓琴	张艳红	张渠扬	张慧坤
怀越生	胡昌荣	李 华	李 媛	李 明
李 静	李经智	李茂清	李庭贵	杨启军
肖前军	苏 渊	邱富军	陈 亮	陈 挺
周进民	周洪江	罗德雄	侯 涛	赵文钊
赵文宣	赵淑娟	凌泽明	晏剑辉	徐纯新
徐 健	秦祖铭	秦建生	涂仁喜	贾正松
黄 戎	黄礼超	黄俊杰	龚于庆	蒲晓湘
廖建文	樊明哲	潘 锋	彭伦天	

前言

模拟电子技术是高职高专电类专业非常重要的专业基础核心课程,是电子技术领域技术人员必备的核心基本技能。本书是根据国家对高职高专人才培养的目标要求,通过广泛而深入的行业调研,并邀请行业、企业一线专家共同研究编写而成的。

根据高职高专学生的文化基础、思维特点、学习习惯,本教材以6个由易到难的实际电子小产品的分析与制作为项目引导,按照完成产品项目所需知识及技能为主线组织教学内容,有利于培养学生的学习兴趣、提高学生的学习积极性、增强学生的技术应用能力。本书力求引导学生学会模拟电子电路基本的分析方法及电路制作的基本技能,理解并贯彻国家电子装配标准与工艺规范,掌握项目实施的一般步骤和方法,提高学生的综合职业行动能力。

通过本课程的学习,学生应具备以下职业行动能力:熟悉相关国家标准和行业规范;能进行电子元器件的识别和检测;掌握常用电子仪器、仪表的正确使用和数据分析;掌握读识和规范绘制电路原理图的方法;掌握电子电路的焊接、装配、测试的操作技能及工艺要求;掌握收集、查阅电子元器件相关资料的渠道和方法;会进行单元电路和产品电路的分析;会编制电子小产品装配工艺技术文档;会规范记录电路测试数据及电路装配、调试、验收总结报告;能进行单元电路设计和小型电子产品改进。

本书可作为高等职业院校电子、电气、通信、计算机控制、机电一体化等专业的教材,也可供机械、汽车、计算机等专业的师生及有关工程技术人员参考,本书也可作为中等职业院校有关专业的提高教材或自学考试人员的学习用书。

全书包括6个学习项目。这些学习项目以电子小产品的电子电路为载体,介绍了模拟电子技术中常用电子元器件及应用电路的分析与制作。每个项目以任务为驱动,在基础训练的基础上完成项目任务的实施。在第5、6两个项目中增加了拓展任务,使知识得以扩展。每个基础训练中有理论学习和技能训练和课后练习,每个任务完成后都有扩展性的思考题。

本书由重庆工业职业技术学院的张晓琴主编,重庆工程职业技术学院的伍小兵、宜宾职业技术学院的李茂清和重庆工业职业技术学院的肖前军任副主编。学习项目1由宜宾职业技术学院的李茂清执笔,学习项目2由重庆工程职业技术学院的伍小兵执笔,学习项目3由重庆工业职业技术学院的黄戎执笔,学习项目4由重庆工业职业技术学院的肖前军执笔,学习项目5由巴

渝职业技术学院的怀越生执笔，学习项目 6 由重庆工业职业技术学院的张晓琴执笔。张晓琴对全书进行了统稿及修改。

本书由重庆工业职业技术学院教授级高级工程师易谷和重庆四联集团川仪十八厂高级工程师刘慕尹主审。

本书在编写过程中，得到了重庆工业职业技术学院毛臣健及郭选明、重庆三木华瑞机电公司赵勇、重庆四联集团苏国成、重庆大唐称重公司温良树、重庆信威通信技术有限公司汪旭、重庆东登科技有限公司邓爱亮、重庆康华科技有限公司邓建波、安东电子重庆研发中心陈刚、重庆欧联医疗设备有限公司陈世玉、重庆新世纪电气有限公司向以章、重庆洪深现代视声技术公司赵洪深等多家单位的大力支持，编者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足和疏漏，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

本书配有电子课件，如有教学需要，可与西南交通大学出版社联系，免费赠送，联系电话：13689090266（张华敏）、（028）87600627（王蕾）。邮箱：zhmjys@163.com。

编 者

2009 年 5 月



西南交通大学出版社

西南交通大学出版社是 1985 年 8 月成立的大学出版社, 同时拥有图书、音像制品和电子出版物的出版权。

西南交通大学出版社始终遵循党的出版方针, 把握正确的出版导向, 坚持“诚信、质量、创新、服务”的办社理念, 以传播科技信息、促进学术交流、推广科技成果、普及科学知识为己任, 面向全国各类本科院校、高职高专、中等职业学校及全社会, 出版以工、理、管、经、文、农为主的各种教材、教学参考书、学术专著、科普读物及国外先进科学技术译著等。同时还配合本版图书, 出版音像制品和电子出版物。

西南交通大学是教育部直属的具有 110 余年历史的全国重点大学, 为我国的交通运输事业培养了数十万计的工程建设人才。长期以来, 西南交通大学出版社依托学校在交通运输工程、土木工程、铁道工程、电气工程、机械工程、信息与通信工程、材料科学与工程、环境科学与工程、地质资源与地质工程、超导磁浮、经济管理、人文社会科学等领域的学科优势、人才优势以及教育资源优势, 将这些优势转化成出版资源, 形成了我社图书以理工类见长的特色。特别是结合我们的专业优势以及国民经济建设和发展的重点而组织出版的一系列学术著作, 被列入“十五”、“十一五”国家级重点图书, 几十种教材被教育部列入“十一五”国家级规划教材。已形成规模的重点本科、应用型本科、高职高专、中等职业教育系列教材根据课程改革和新的专业设置正在不断地补充和完善。

建社 20 余年来, 我社有 500 多种图书获全国、铁道部、教育部、西南地区、四川省的优秀图书奖, 并有多重图书被评为全国优秀畅销书。

西南交通大学出版社向社会承诺“诚信为本, 质量为先”, 一次真诚的合作, 将成为永远的朋友!

地址: 四川省成都市二环路北一段 111 号

发行科联系电话: 028-87600533 87600564 87600502 (FAX)

总编室联系电话: 028-87600562

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: swjtucbsfx@163.com

Cbsxx@swjtu.edu.cn

书 名	定价	书号	作者
-----	----	----	----

国家示范性高职核心课程“十一五”规划教材

电路基础	26.50	ISBN 978-7-81104-924-4	徐永谦
数字电子技术	19.80	ISBN 978-7-5643-0102-6	李 勇
电子测量技术	20.00	ISBN 978-7-81104-968-8	田宜弛
电工基本实训	18.00	ISBN 978-7-81104-976-3	秦祖铭
单片机应用技术及其项目化训练	32.00	ISBN 978-7-81104-978-7	李庭贵
可编程序控制器应用技术及项目训练	32.00	ISBN 978-7-5643-0180-4	毛臣健
可编程序控制器应用	26.00	ISBN 978-7-5643-0180-4	毛臣健
自动控制原理及应用	26.00	ISBN 978-7-81104-852-0	何 兵

新书预告

21 世纪高等职业技术教育规划教材——电子信息类

电路基础	何 军
模拟电子技术	牛玉森
数字电子技术	周 华
电子测量技术	蔡光祥
电子工艺技术	龙立钦
电子设计自动化技术	张定祥
现代通信技术	罗文兴
计算机应用基础	董泽芳
计算机网络技术	秦秀常
移动通信原理与终端维修	王永奇
电话通信终端原理与维修	龙立钦
家用电器原理与维修	黄美兴
程控交换技术	付桂先
电气控制	汪明添
电视机原理与维修	罗锋华
EDA 技术	张定祥

目 录

学习项目 1 电子保健小夜灯的分析与制作	1
项目描述	1
项目要求	1
学习目标	2
基础训练 1 半导体二极管的识别、检测与选用	2
相关知识	2
实践操作	9
课外练习	11
基础训练 2 单相整流电路的分析与测试	12
相关知识	12
实践操作	16
课外练习	19
任务实施 电子保健小夜灯的分析与制作	20
思考与提高	31
学习项目 2 路灯自动控制器的分析与制作	32
项目描述	32
项目要求	32
学习目标	33
基础训练 1 半导体三极管的识别、检测与选用	33
相关知识	33
实践操作	42
课外练习	46
基础训练 2 单管放大电路的分析与测试	47
相关知识	47
实践操作	61
课外练习	64

任务实施 路灯亮熄自动控制器的分析与制作	65
思考与提高	72
学习项目 3 温控电路的分析与制作	73
项目描述	73
项目要求	73
学习目标	74
基础训练 1 集成放大电路的分析与测试	74
相关知识	74
实践操作	87
课外练习	89
基础训练 2 气化炉测温电路的分析与测试	90
相关知识	90
实践操作	95
课外练习	98
基础训练 3 集成运放构成的电压比较器的分析与测试	98
相关知识	98
实践操作	100
课外练习	103
任务实施 小型加热柜温控电路的分析与制作	104
思考与提高	108
学习项目 4 正弦信号发生器的分析与制作	109
项目描述	109
项目要求	109
学习目标	110
基础训练 1 负反馈放大电路的分析与测试	110
相关知识	110
实践操作	116
课外练习	118
基础训练 2 正弦振荡电路的分析与测试	120
相关知识	120
实践操作	129

课外练习	132
任务实施 ICL8038 构成的正弦信号产生电路的分析与制作	134
思考与提高	139
学习项目 5 直流稳压电源的设计与制作	140
项目描述	140
项目要求	140
学习目标	140
基础训练 1 单相整流滤波电路的分析与设计	141
相关知识	141
实践操作	149
课外练习	150
基础训练 2 直流电源中稳压电路的分析与测试	151
相关知识	151
实践操作	160
课外练习	161
任务实施 线性直流电源的设计与制作	162
思考与提高	168
任务拓展 开关型直流电源的分析与制作	168
相关知识	168
实践操作	174
学习项目 6 台灯调光电路的分析与制作	176
项目描述	176
项目要求	176
学习目标	177
基础训练 1 晶闸管及单相可控整流电路的分析	177
相关知识	177
实践操作	187
课外练习	190
基础训练 2 单结晶体管及触发电路的分析与测试	190
相关知识	190
实践操作	194

课外练习	197
任务实施 台灯调光电路的分析与制作	197
思考与提高	201
任务拓展 摩托车的 AC-CDI (交流电容放电式点火器) 的 装配与测试	201
相关知识	203
实践操作	204
附录 半导体器件相关资料汇编	207
附录 1 半导体器件的型号命名方法	207
附录 2 半导体二极管的技术参数	209
附录 3 三极管、场效应晶体管、晶闸管的技术参数	219
参考文献	228

学习项目 1 电子保健小夜灯的分析与制作

项目描述

心理医学研究表明,长时间在黑暗中,会使人忧郁、内分泌失调,因此,在入睡环境中适当地增加一点光线有益于人体健康。这里我们制作一款由整流二极管和发光二极管构成的电子保健小夜灯,如图 1.1 所示,交流市电经变压器降压,再由 $VD_1 \sim VD_4$ 桥式整流后供给发光二极管 $D_1 \sim D_5$ 发光。发光二极管采用绿色光,能产生类似月光的照明环境,能让人安静、放松的入睡。该电子保健小夜灯的功率只有 0.3 W,省电,结构简单,经久耐用。

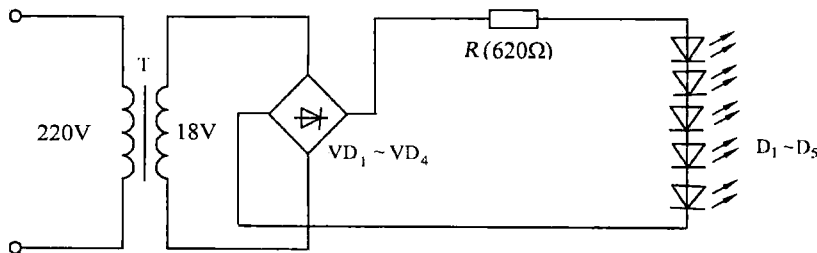


图 1.1 电子保健小夜灯原理图

项目要求

1. 工作任务

- ① 根据给定的电子保健小夜灯产品的电路,认识电路组成,确定实际电路器件,记录实际器件的规格、型号,并查阅器件手册,确定器件的主要参数指标。
- ② 分析电路的工作原理。
- ③ 进行电路的装配与测试,要求装配的电路能使发光二极管正常发光。
- ④ 以小组为单位汇报分析与制作思路及过程。
- ⑤ 完成产品技术文档。

2. 学习产出

装配的电路板;技术文档(产品的功能说明,产品的电路原理图及原理

分析, 元器件及材料清单, 通用电路板上的电路布局图, 电路装配的工艺及工艺流程说明, 测试结果分析, 总结)。

学习目标

1. 能正确识别二极管、稳压管、发光二极管, 分清它们的种类, 掌握它们的特性, 并具有正确测试、选择这些元器件的能力。
2. 熟悉整流二极管、整流桥、稳压管二极管、发光二极管的种类及特点, 掌握它们的应用方法。
3. 了解整流电路的分类和特点, 掌握单相整流电路的组成、特点及其测试技术。
4. 熟悉在通用电路板上组装电子产品的工作流程。
5. 掌握在万能电路板上进行手工焊接的技能。
6. 了解电路布局、布线工艺。
7. 掌握万用表、示波器的使用技能, 学会查阅技术手册。
8. 了解变压器在电路中的作用, 学会识别变压器的初、次级。
9. 具有安全生产意识, 了解事故预防措施。
10. 能独立地学习和工作, 并具有团队合作精神。

基础训练 1 半导体二极管的识别、检测与选用

相关知识

一、半导体材料概述

电流是由带电粒子的定向移动形成的。形成电流需要两个条件: 一是要有电压或电位差, 二是要有可移动的带电粒子。根据物质可移动的带电粒子的多少, 自然界的物质分为导体、半导体和绝缘体三大类。导体最外层的可移动电子相对较多, 因此导电性能相对较好, 如金、银、铜、铝等金属材料; 而绝缘体最外层几乎没有可移动的粒子, 因此几乎不导电, 如橡胶、陶瓷等材料; 还有一种导电能力介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体, 常用的半导体有硅、锗、硒、砷化镓以及大多数金属氧化物和硫化物。

1. 纯净半导体

纯净的不含任何杂质、晶体结构排列整齐的半导体叫做本征半导体, 也叫纯净半导体。常用的半导体材料有硅和锗, 它们都是四价元素, 其最外层

有四个价电子，如图 1.2 所示为本征半导体的共价键结构。

在绝对温度 $T=0\text{ K}$ 时，所有的价电子都被共价键紧紧束缚在共价键中，不会成为自由电子，因此本征半导体的导电能力很弱，接近绝缘体。当温度升高或受到光的照射时，束缚电子能量减弱，有的电子可以挣脱原子核的束缚而参与导电，成为自由电子。自由电子产生的同时，在其原来的共价键中就出现了一个空位，称为空穴。这一现象称为本征激发，也称热激发。图 1.3 所示为本征激发产生的电子空穴对。

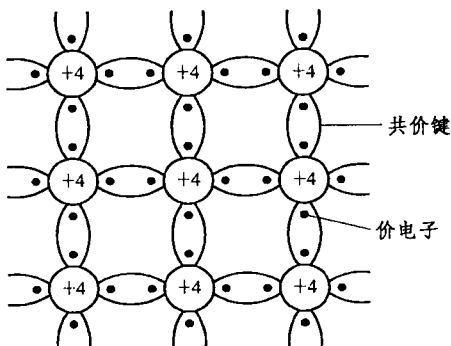


图 1.2 本征半导体的共价键结构

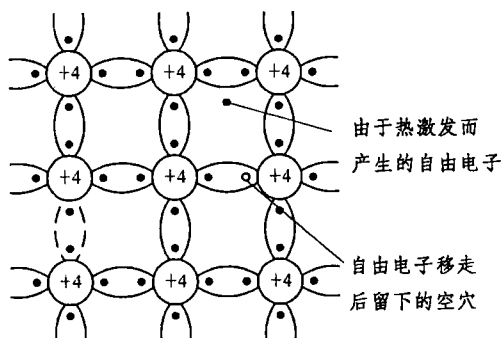


图 1.3 本征激发产生的电子空穴对

由此可见，在半导体中存在两种载流子：带负电的自由电子和带正电的空穴。这是半导体导电方式的最大特点，也是半导体与金属导体在导电机理上的本质区别。

纯净的半导体材料导电性能很差，但具有热敏特性（温度升高，大多数半导体的电阻率下降。利用这一特性可以制成自动控制中的热敏元件，如热敏电阻等）、光敏特性（半导体受光照射时，电阻率会显著减少，自动控制中用的光敏二极管和光敏电阻，就是利用这一特性制作而成的）、掺杂特性（半导体对杂质很敏感，例如在半导体硅中掺入亿分之一的硼，电阻率会下降到原来的几万分之。利用控制掺杂的方法，可以制造出不同性能、不同用途的半导体器件，如半导体二极管、三极管、晶闸管、场效应晶体管等）。

2. 掺杂半导体

在本征半导体（硅或锗）中掺入微量硼（或其他三价元素），就形成 P 型半导体，由于每掺入一个硼，就会多出一个空穴，因此，其多数载流子是空穴，而自由电子为少数载流子，控制掺入杂质的多少，可以控制空穴的数量。

在本征半导体（硅或锗）中掺入微量磷（或其他五价元素），就形成 N 型半导体，自由电子为多数载流子，而空穴为少数载流子，控制掺入杂质的多少，可以控制自由电子的数量。