



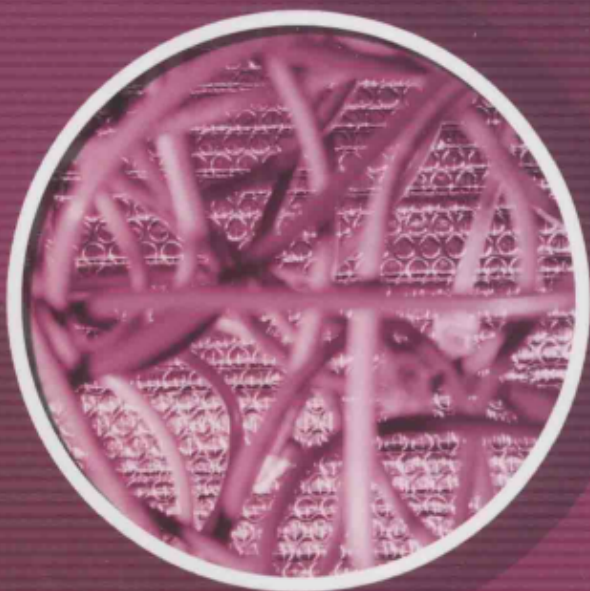
面向21世纪高等职业教育精品课程规划教材
高等职业教育课程改革项目优秀教学成果

(第2版)

电子技术

主编◎刘阿玲

Electron Technology



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

责任编辑：张正萌

封面设计：**水晶方**装帧设计
张新荣 13718993288

Electron Technology

◇紧跟课改 ◇理念先进 ◇内容实用 ◇教师好教 ◇学生爱学
◇引领学生学会逆向思维

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

通信地址：北京市海淀区中关村南大街5号

邮政编码：100081

电 话：010-68944990 68944436

网 址：<http://www.bitpress.com.cn>

ISBN 978-7-5640-0751-5



9 787564 007515

02 >



定价：32.00元

面向 21 世纪高等职业教育精品课程规划教材
高等职业教育课程改革项目优秀教学成果

电子技术

(第 2 版)

主 编 刘阿玲

副主编 范次猛 冯美仙

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本课程主要内容包括模拟电子技术和数字电子技术两方面,是电子技术方面入门的基础课,具有自身的独立体系,是实践性很强的一门课程。本书系统地介绍了半导体元件的工作原理及其在各种电路中的应用,数字电子技术部分结合实例着重介绍组合逻辑电路和时序逻辑电路的工作原理及应用。本书有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书可作为高职高专电类和非电类学生的教学用书,也可作为工程技术人员学习的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子技术 / 刘阿玲主编. —2 版. —北京:北京理工大学出版社,
2009.8 (2010.9 重印)

ISBN 978-7-5640-0751-5

I. 电… II. 刘… III. 电子技术—高等学校:技术学校—教材
IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 139924 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 19

字 数 / 388 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 2 版 2010 年 9 月第 10 次印刷

印 数 / 27501~30500 册

定 价 / 32.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题,本社负责调换

再版说明

为适应制造业的深层次发展和数控技术的广泛应用，北京理工大学出版社根据高等职业教育发展与改革的新形势，于2006年组织知名专家、学者，与生产制造企业的技术人员反复研讨，以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想，确立了“满足制造业对人才培养的需求，适应行业技术改革，紧跟前沿技术发展”的思路，编写了“21世纪高职高专机电类系列规划教材”。

出版两年多来，中国社会发生着巨大的变化，中国制造业不断地发展前进，中国的职业教育也在不断地进步和成熟，同时，我社接到许多读者和教师的来函来电，给我们提出了许多宝贵的意见。为了适应社会需求和教育思想的转变，也为了改进我们的工作，我社于2008年集中优秀的作者力量对本系列教材进行了再版，并在2009年陆续予以出版。

随着我国职业教育的不断发展，高职教育正处于摸索和改革的重要阶段，使课程建设与职业需求有效地接轨，是我国高职教育改革的重点。当今，职业教育课程改革止步不前的原因在于课程微观内容的设计与编排远未跳出学科体系的藩篱，因而在这一传统观念束缚下编写的教材始终不能适应职业工作的需要。一般来说，课程内容可分为两大类：一类是涉及事实、概念以及理解、原理方面的“陈述性知识”，主要解决“是什么”（事实、概念等）和“为什么”（原理、规律等）的问题；一类是涉及经验以及策略方面的“过程性知识”，主要解决“怎么做”（经验）和“怎么做更好”（策略）的问题。显然，就业导向的职业教育首先要解决的是内容的取舍问题，应以过程性知识为主、陈述性知识为辅，即以实际应用的经验和策略的习得为主、以适度够用的概念和原理的理解为辅。

基于这一理念，此次再版本本着“紧跟课改、理念先进、内容实用、教师好教、学生爱学”的理念，在形式和内容上进行了改进，如：

1. 在目录之后加上该门课程对应岗位及岗位需求知识点，让学生明确学习目的和目标；
2. 通过加强图表的应用，来增强教学过程中的直观性，以达到理论够用、突出实践的目的；
3. 加强案例和实践项目在教学中的运用，以达到提高学生技能的目的；
4. 灵活运用知识拓展模块，给有学习兴趣的学生提供更多的知识；
5. 协同企业共同打造应用性更强、实践性更好的应用型教材；
6. 打造丰富的立体教学资源平台，简化教师的教学和学生的预习复习过程。

本套教材适用于作为高职高专机电一体化、数控技术、机械制造与自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训。

由于我们的能力有限，并且深感知识世界的广袤无垠，谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

北京理工大学出版社

前 言

本书是根据国家教育部数控技术应用专业技能紧缺人才培养方案与劳动和社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范,结合编者多年的教学和实践经验编写而成的。

《电子技术》是非电类专业的技术基础课程。通过本课程的学习,应使学生学到电子技术必要的基础理论、基本知识和基本技能,了解电子技术发展的概况,为学习后续课程以及从事有关的工程技术和科学研究工作打下了良好的理论和实践基础。

本书共分为7章,全面细致地介绍半导体的基本知识、半导体三极管及放大电路基础、集成运算放大电路、直流稳压电源、数字逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形及数模、模数转换器等。

本书立足于高职高专人才培养目标,充分考虑高职高专学生的特点,遵循理论够用、内容实用、学了能用、突出能力培养的原则,对教学内容进行了精选,对书中的章节作了适当整合。全书概念叙述清楚,深浅合理,通俗易懂,理论联系实际。

其特点主要有下面几个方面:

1. 在编写上以培养学生的实践能力为主线,强调内容的应用性和实用性,降低理论分析的难度和深度,以“必需”和“够用”为尺度,建立以能力培养为目标的课程教学模式和教材体系,体现“以能力为本位”的编写的指导思想。教材编写时注重突出实用性,编排时大量削减分立元件,重点突出集成电路和特性和应用,强调教材与实际应用相结合;教材中各单元的基础知识与例题分析既相辅相成,又自成一体,内容既适合于传统的课堂教学,又适合于学生预习、复习和自学。

2. 淡化器件内部结构分析,重点介绍器件的符号、特性、功能及应用。突出基本概念、基本原理和基本分析方法,采用较多的图表来代替文字描述和进行归纳、对比。

3. 尽量降低理论分析、公式推导和计算难度,加大“应用实例”的篇幅。重点介绍结论的实际意义和应用,各章后面均附有一定数量的思考题与习题,便于老师教学和学生自学。

4. 注重将理论讲授与实践相结合,理论讲授贯穿其应用性,实践中有理论、有方法,以基本技能和应用为主,易学易懂易上手。

5. 在内容安排上,注重吸收新技术、新产品、新内容。

本教材由江苏联合职业技术学院无锡交通分院刘阿玲主编并编写了第1、2章;第3、4章由冯美仙编写;第5、8章由范次猛编写;第6章由谢敏玲编写;第7章由吕纯编写。

本书编者为从事多年高职高专教学的一线教师,有扎实的教学实践基础。本书在结构、内容安排等方面,吸收了编者在教学改革、教材建设等方面的经验,力求全面体现高职高专的特点,满足当前教学的需要。

由于编者能力有限,编审时间仓促,本书中难免有不妥和错误之处,恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 半导体的基本知识	(1)
1.1 半导体及 PN 结	(1)
1.2 半导体二极管	(7)
1.3 二极管基本电路及其应用	(10)
1.4 特殊二极管	(13)
本章小结	(18)
习题	(18)
第 2 章 半导体三极管及放大电路基础	(20)
2.1 半导体三极管	(20)
2.2 场效应晶体管	(26)
2.3 基本交流电压放大电路	(32)
2.4 分压式偏置放大电路	(39)
2.5 阻容耦合放大电路	(43)
2.6 共集电极放大电路	(46)
2.7 功率放大电路	(49)
2.8 放大电路中的负反馈	(53)
本章小结	(61)
习题	(61)
第 3 章 集成电路运算放大电路	(67)
3.1 差分放大电路	(67)
3.2 集成运算放大电路简介	(75)
3.3 集成运算放大器的基本运算电路	(81)
3.4 运算放大电路中的负反馈	(87)
3.5 集成运算放大器的应用	(91)

本章小结	(99)
习题	(100)
第 4 章 直流稳压电源	(103)
4.1 整流电路	(104)
4.2 滤波电路	(112)
4.3 硅稳压管稳压电路	(116)
4.4 串联型稳压电路	(118)
4.5 集成稳压电源	(121)
本章小结	(125)
习题	(126)
第 5 章 数字逻辑电路	(129)
5.1 数字电路概述	(130)
5.2 数制	(132)
5.3 开关元件	(137)
5.4 基本逻辑门电路	(139)
5.5 组合逻辑电路	(151)
5.6 编码器	(169)
5.7 译码器	(173)
5.8 加法器	(184)
本章小结	(190)
习题	(191)
第 6 章 时序逻辑电路	(199)
6.1 时序逻辑电路的特点和分类	(199)
6.2 RS 触发器	(200)
6.3 时钟控制触发器	(208)
6.4 寄存器	(215)
6.5 计数器	(221)
本章小结	(231)
习题	(232)

第 7 章 脉冲波形的产生和整形	(237)
7.1 单稳态触发器	(237)
7.2 施密特触发器	(246)
7.3 555 定时器	(253)
7.4 应用举例	(258)
本章小结	(259)
习题	(260)
第 8 章 数/模、模/数转换器	(263)
8.1 D/A 转换器	(265)
8.2 A/D 转换器	(272)
本章小结	(290)
习题	(290)
参考文献	(292)

第 1 章 半导体的基本知识

本章知识点（技能点）

1. 了解半导体及半导体二极管的基本知识。
2. 会检测、使用二极管。
3. 理解整流电路、滤波电路和稳压电路的组成。
4. 能正确选择、使用二极管。
5. 理解充电器的组成框图及工作流程。

先导案例

随着科学水平的提高，新颖的电子产品不断涌现，如大家熟悉的随身听、随身 CD 机、快译通和数字调频收音机等。它们的出现极大地丰富了我们的文化娱乐生活，这些电子产品都要求电源提供稳定且符合规定数值要求的直流电压。常用的供电方式有两种：一种是使用市电的直流低压电源，另一种是使用干电池。干电池又有一次性干电池和可充式干电池之分。

可充式干电池具有可以重复使用的特点，学习本章内容后，我们可以制作充电器，既能对两节 5 号或 7 号可充干电池充电，又能在输出插口中输出稳定的直流电压，电压的范围为 1.5~6 V，可自由选择，最大输出电流约为 200 mA。

1.1 半导体及 PN 结

半导体器件是 20 世纪中期开始发展起来的，具有体积小、质量小、使用寿命长、可靠性高、输入功率小和功率转换效率高等优点，因而在现代电子技术中得到广泛的应用。半导体器件是构成电子电路的基础。半导体器件和电阻、电容、电感等电子元器件连接起来，可以组成各种电子电路。顾名思义，半导体器件都是由半导体材料制成的，因此必须对半导体材料的特点有一定的了解。

1.1.1 半导体的基本特性

在自然界中存在着许多不同的物质,根据其导电性能的不同大体可分为导体、绝缘体和半导体三大类。通常将很容易导电、电阻率小于 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质,称为导体,例如铜、铝、银等金属材料;将很难导电、电阻率大于 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质,称为绝缘体,例如塑料、橡胶、陶瓷等材料;将导电能力介于导体和绝缘体之间、电阻率在 $10^{-4} \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 范围内的物质,称为半导体。常用的半导体材料是硅(Si)和锗(Ge)。

用半导体材料制作电子元器件,不是因为其导电能力介于导体和绝缘体之间,而是由于其导电能力会随着温度、光照的变化或掺入杂质的多少发生显著的变化,这就是半导体不同于导体的特殊性质。

1. 热敏性

所谓热敏性就是指半导体的导电能力随着温度的升高而迅速增加。半导体的电阻率对温度的变化十分敏感。例如纯净的锗在温度从 20°C 升高到 30°C 时,其电阻率几乎减小为原来的 $1/2$ 。而一般金属导体的电阻率则变化较小,例如铜,当温度同样升高 10°C 时,其电阻率几乎不变。

2. 光敏性

半导体的导电能力随光照的变化有显著改变的特性叫做光敏性。硫化铜薄膜在暗处的电阻为几十兆欧,受光照后,电阻可以下降到几十千欧,只有原来的 1% 左右。自动控制中用的光电二极管和光敏电阻,就是利用半导体的光敏特性制成的。而金属导体在阳光下或在暗处的电阻率一般没有什么变化。

3. 杂敏性

所谓杂敏性就是指半导体的导电能力因掺入适量杂质而发生很大的变化。在半导体硅中,只要掺入亿分之一的硼,电阻率就会下降到原来的几万分之一。所以,利用这一特性,可以制造出不同性能、不同用途的半导体元器件。而金属导体即使掺入千分之一的杂质,对其电阻率也几乎没有什么影响。

半导体之所以具有上述特性,根本原因在于其特殊的原子结构和导电机理。

1.1.2 本征半导体

原子由原子核和电子构成,原子核由带正电的质子和不带电的中子构成,电子带负电并围绕原子核旋转。电子以不同的距离在核外分层排布,距核越远,电子的能量越高,最外层的电子被称为价电子,物质的化学性质就是由价电子的数目决定的。

由于现在所用的半导体材料仍然主要是硅和锗,所以在这里只讨论硅和锗的原子结构,图 1-1 所示是硅和锗的原子结构简化模型。硅和锗的外层电子都是四个,它们是四价元素。随着原子间的相互靠近,价电子相互作用并形成晶体。晶体的最终结构是四面体,每个原子(硅或锗)周围都有四个临近的(硅或锗)原子,分布在两个原子间的价电子构成共价键,

图 1-2 所示是硅和锗四面体结构。

硅和锗四面体结构一般用二维平面图来表示,图 1-3 所示是硅和锗晶体结构平面图。在晶体结构中,通过电子运动,每一半导体原子最外层的四个价电子与相邻的四个半导体原子的各一个价电子组成四对共价键,并按规律排列,图 1-3 中的原子间每条线代表一个价电子。



图 1-1 硅和锗的原子
结构简化模型

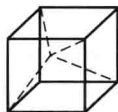


图 1-2 硅和
锗四面体结构

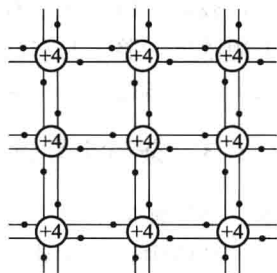


图 1-3 硅和锗晶体
结构平面图

本征半导体是一种纯净的半导体晶体。在热力学温度 $T=0\text{ K}$ ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) 且无外部激发能量时,每个价电子都处于最低能态,价电子没有能力脱离共价键的束缚,没有能够自由移动的带电粒子,这时的本征半导体被认为是绝缘体。

当价电子在外部能量(如温度升高、光照)作用下,一部分价电子脱离共价键的束缚成为自由电子,这一过程叫本征激发。自由电子是带负电荷量的粒子,它是本征半导体中的一种载流子。在外电场作用下,自由电子将逆着电场方向运动形成电流。载流子的这种运动叫漂移,所形成的电流叫漂移电流。价电子脱离共价键的束缚成为自由电子后,在原来的共价键中便留下一个空位,这个空位叫空穴。空穴很容易被邻近共价键中跳过来的价电子填补上,于是在邻近共价键中又出现新的空穴,这个空穴再被别处共价键中的价电子填补;这样,在半导体中出现了价电子填补空穴的运动。在外部能量的作用下,填补空穴的价电子作定向移动也形成漂移电流。但这种价电子的填补运动是由于空穴的产生引起的,而且始终是在原子的共价键之间进行的,它不同于自由电子在晶体中的自由运动。同时,价电子填补空穴的运动无论在形式上还是在效果上都相当于空穴在与价电子运动相反的方向上运动。为了区分电子的这两种不同的运动,把后一种运动叫做空穴运动,空穴被看作带正电荷的带电粒子,称为空穴载流子。图 1-4 所示是半导体中的两种载流子。

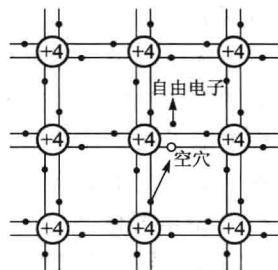


图 1-4 半导体中的
两种载流子

综上所述,本征半导体中存在两种载流子:带负电荷的自由电子和带正电荷的空穴。它们是成对出现的,也叫电子空穴对。由于两者电荷量相等,极性相反,所以本征半导体是电中性的。本征半导体在外界的作用

下,自由电子形成电子电流,空穴形成空穴电流,虽然两种载流子的运动方向相反,但因为其所带的电荷极性也相反,所以两种电流的实际方向是相同的,其和就是半导体中的电流。

另外需要指出的是,价电子在热运动中获得能量而产生电子空穴对的物理现象称为激发;同时自由电子在运动中与空穴相遇,使电子、空穴对消失,这种现象称为复合。在一定温度下,载流子的产生过程和复合过程是相对平衡的,载流子浓度是一定的。本征半导体中载流子的浓度,除了与半导体材料本身的性质有关以外,还与温度有关。而且随着温度的升高,基本上呈指数规律增加。因此,半导体载流子浓度对温度十分敏感。

1.1.3 杂质半导体

本征半导体的电阻率比较大,载流子浓度又小,且对温度变化敏感,因此用途很有限。在本征半导体中,人为地掺入少量其他元素(称杂质),可以使半导体的导电性能发生显著的变化。利用这一特性,可以制成各种性能不同的半导体器件,这样使得半导体的用途大大增加。掺入杂质的本征半导体叫杂质半导体。根据掺入杂质性质的不同,可分为两种:电子型半导体和空穴型半导体。载流子以电子为主的半导体叫电子型半导体,因为电子带负电,取英文单词“负”(Negative)的第一个字母“N”,所以电子型半导体又称为N型半导体。载流子以空穴为主的半导体叫空穴型半导体。取英文单词“正”(Positive)的第一个字母“P”,空穴型半导体又称为P型半导体。下面以硅材料为例进行讨论。

1. N型半导体

在本征半导体中掺入五价元素(如磷、砷)使每一个五价元素原子取代一个四价元素原子在晶体中的位置,可以形成N型半导体。掺入的元素原子有五个价电子,其中四个与硅原子结合成共价键,余下的一个不在共价键之内,掺入的五价元素原子对它的束缚力很小。因此只需较小的能量便可将其激发成为自由电子。由于掺入的五价元素原子很容易贡献出一个自由电子,故称为“施主杂质”。掺入的五价元素原子提供一个电子(成为自由电子)后,它本身因失去电子而成为正离子。

在上述情况下,半导体中除了大量的由掺入的五价元素原子提供的自由电子外,还存在由本征激发产生的电子空穴对,它们是少数载流子。这种杂质半导体以自由电子导电为主,因而称为电子型半导体,或N型半导体。在N型半导体中,由于自由电子是多数,故N型半导体中的自由电子称为多数载流子(简称多子),而空穴称为少数载流子(简称少子)。

2. P型半导体

当本征半导体中掺入三价杂质元素(如硼、镓)时,三价元素原子为形成四对共价键使结构稳定,常吸引附近半导体原子的价电子,从而产生一个空穴和一个负离子,故这种杂质半导体的多数载流子是空穴,因为空穴带正电,所以称为P型半导体,也称为空穴半导体。除了多数载流子空穴外,还存在由本征激发产生的电子空穴对,可形成少数载流子(自由电子)。由于所掺入的杂质元素原子易于接受相邻的半导体原子的价电子成为负离子,故称为

“受主杂质”。在P型半导体中，由于空穴是多数，故P型半导体中的空穴称为多数载流子（简称多子），而自由电子称为少数载流子（简称少子）。

P型半导体和N型半导体均属非本征半导体。其中多数载流子的浓度取决于掺入的杂质元素原子的密度；少数载流子的浓度主要取决于温度；而所产生的离子，不能在外电场作用下作漂移运动，不参与导电，不属于载流子。

1.1.4 PN结

如果将一块半导体的一侧掺杂成为P型半导体，而另一侧掺杂成为N型半导体，则在二者的交界处将形成一个PN结。

1. PN结的形成

在P型和N型半导体的交界面两侧，由于自由电子和空穴的浓度相差悬殊，所以N区中的多数载流子自由电子要向P区扩散；同时P区中的多数载流子空穴也要向N区扩散，并且当电子和空穴相遇时，将发生复合而消失，如图1-5所示。于是，在交界面两侧将分别形成不能移动的正、负离子区，正、负离子处于晶格位置而不能移动，所以称为空间电荷区（亦称为内电场）。由于空间电荷区内的载流子数量极少，近似分析时可忽略不计，所以也称其为耗尽层。空间电荷区一侧带正电，另一侧带负电，所以形成了内电场 E_{in} ，其方向由N区指向P区。在内电场 E_{in} 的作用下，P区和N区中的少子会向对方漂移，同时内电场将阻止多子向对方扩散，当扩散运动的多子数量与漂移运动的少子数量相等，两种运动达到动态平衡的时候，空间电荷区的宽度一定，PN结就形成了。

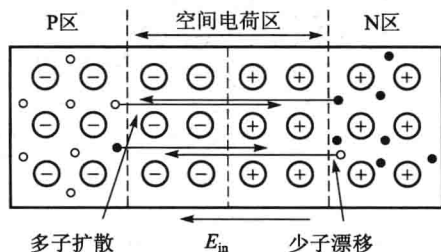


图1-5 PN结的形成

空间电荷区内的载流子数量极少，近似分析时可忽略不计，所以也称其为耗尽层。空间电荷区一侧带正电，另一侧带负电，所以形成了内电场 E_{in} ，其方向由N区指向P区。在内电场 E_{in} 的作用下，P区和N区中的少子会向对方漂移，同时内电场将阻止多子向对方扩散，当扩散运动的多子数量与漂移运动的少子数量相等，两种运动达到动态平衡的时候，空间电荷区的宽度一定，PN结就形成了。

空间电荷区的宽度一般都很薄，约为几微米至几十微米。由于空间电荷区内几乎没有载流子，其电阻率很高。

2. PN结的单向导电性

在PN结的两端引出电极，P区的一端称为阳极，N区的一端称为阴极。在PN结的两端外加不同极性的电压时，PN结表现出截然不同的导电性能，称为PN结的单向导电性。

(1) 外加正向电压（P+，N-）时PN结处于导通状态。当外加电压使PN结的阳极电位高于阴极时，称PN结外加正向电压或PN结正向偏置（简称正偏），如图1-6所示。图中实心点代表电子，空心圈代表空穴。此时，外加电场 E_{out} 与内电场 E_{in} 的方向相反，其作用是增强扩散运动而削弱漂

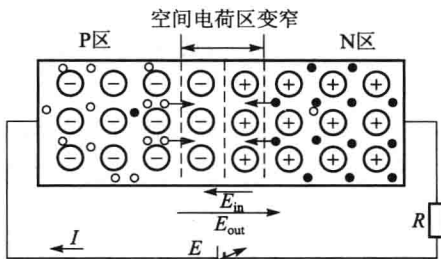


图1-6 PN结正向偏置时导通

移运动。所以，外电场驱使 P 区的多子空穴进入空间电荷区抵消一部分负空间电荷，也使 N 区的多子电子进入空间电荷区抵消一部分正空间电荷，其结果是使空间电荷区变窄，PN 结呈现低电阻（一般为几百欧）；同时由于扩散运动占主导，形成较大的正向电流（mA 级），此时 PN 结导通，相当于开关的闭合状态。由于 PN 结导通时，其电位差只有零点几伏，且呈现低电阻，所以应该在其所在回路中串联一个限流电阻，以防止 PN 结因过电流而损坏。

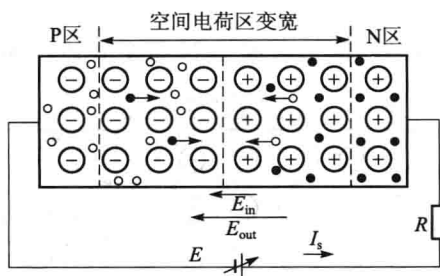


图 1-7 PN 结反向偏置时截止

(2) 外加反向电压 (P—, N+) 时 PN 结处于截止状态。当外加电压使 PN 结的阳极电位低于阴极时，称 PN 结外加反向电压或 PN 结反向偏置 (简称反偏)，如图 1-7 所示。此时，外加电场 E_{out} 与内电场 E_{in} 的方向一致，并与内电场一起阻止扩散运动而促进漂移运动。其结果是使空间电荷区变宽，PN 结呈现高电阻（一般为几千欧至几百千欧）。同时由于漂移运动占主导，而少子由本征激发产生，数量极少，因而由少子形成的反向电流很小 (μA 级)，近似分析时可忽略不计。此时 PN 结

截止，相当于开关的断开状态。在一定温度下，当外加反向电压超过某个值（大约零点几伏）后，反向电流将不再随外加反向电压的增加而增大，所以又称其为反向饱和电流 I_s 。

由上可知，PN 结正偏时，正向电阻很小，正向电流较大，呈导通状态；PN 结反偏时，反向电阻很大，反向电流非常小，呈截止状态。这就是 PN 结的单向导电性，它是一些二极管应用电路的基础。

需要指出的是，当反向电压超过一定数值后，反向电流将急剧增加，这种现象称为 PN 结的反向击穿，此时 PN 结的单向导电性被破坏。



知识拓展

具有半导体性质的非晶态材料。非晶态半导体是半导体的一个重要部分。20 世纪 50 年代 B·T·科洛米耶茨等人开始了对硫系玻璃的研究，那时很少有人注意，直到 1968 年 S·R·奥弗申斯基关于用硫系薄膜制作开关器件的专利发表以后，才引起人们对非晶态半导体的兴趣。1975 年 W·E·斯皮尔等人在硅烷辉光放电分解制备的非晶硅中实现了掺杂效应，使控制电导和制造 PN 结成为可能，从而为非晶硅材料的应用开辟了广阔的前景。在理论方面，P·W·安德森和 N·F·莫脱建立了非晶态半导体的电子理论，并因而荣获 1977 年的诺贝尔物理学奖。目前无论在理论方面还是在应用方面，非晶态半导体的研究正在很快地发展着。