

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

DIAN
ZI
JI
SHI

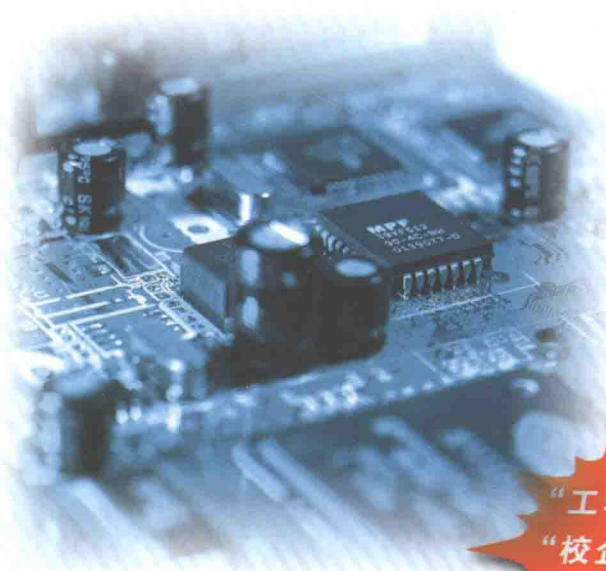
电子技术

中国机械工业教育协会

组编

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

杨敏 主编



“工学结合”新理念
“校企合作”新模式
赠送电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

电 子 技 术

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组编
杨 敏 主编



机 械 工 业 出 版 社

本教材是为适应“工学结合、校企合作”培养模式的要求,根据中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的中等职业教育教学计划大纲编写的。本教材主要内容包括:二极管及其应用、晶体管及其应用、晶闸管及其应用、数字电子技术基础。

本教材可供中等职业技术学校、技工学校、职业高中使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/杨敏主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 8

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-31504-9

I. ①电… II. ①杨… III. ①电子技术—专业学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第151865号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:荆宏智 陈玉芝 责任编辑:林运鑫

版式设计:张世琴 责任校对:张媛

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2010年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.25印张·276千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31504-9

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

编 审 委 员 会

主 任 郝广发 季连海

副主任 刘亚琴 周学奎 何阳春 林爱平 李长江 李晓庆
徐 彤 刘大力 张跃英 董桂桥

委 员 (按姓氏笔画排序)

于 平	王 军	王兆山	王沪均	王德意	方院生
付志达	许炳鑫	杜德胜	李 涛	杨柳青 (常务)	
杨耀双	何秉戌	谷希成	张 莉	张正明	周庆礼
孟广斌	赵杰士	郝晶卉	荆宏智 (常务)	姜方辉	
贾恒旦	奚 蒙	徐卫东	章振周	梁文侠	喻勋良
曾燕燕	蒙俊健	戴成增			

策划组 荆宏智 徐 彤 何月秋 王英杰

《电子技术》编审人员

主 编 杨 敏

副主编 左文雅

参 编 龙艳婷 赵 霞

审 者 李全利

序

为贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神，落实文件中提出的中等职业学校实行“工学结合、校企合作”的新教学模式，满足中等职业学校、技工学校和职业高中技能型人才培养的要求，更好地适应企业的需要，为振兴装备制造业提供服务，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会共同聘请有关行业专家制定了中等职业学校6个专业10个工种新的教学计划、大纲，并据此组织编写了这6个专业的“十一五”规划教材。

这套新模式的教材共近70个品种。为体现行业领先的策略，编出特色，扩大本套教材的影响，方便教师和学生使用，并逐步形成品牌效应，我们在进行了充分调研后，才会同行业专家制定了这6个专业的教学计划，提出了教材的编写思路和要求。共有22个省（市、自治区）的近40所学校的专家参加了教学计划大纲的制定和教材的编写工作。

本套教材的编写贯彻了“以学生为根本，以就业为导向，以标准为尺度，以技能为核心”为理念，以及“实用、够用、好用”为原则。本套教材具有以下特色：

1. 教学计划大纲、教材、电子教案（或课件）齐全，大部分教材还有配套的习题集和习题解答。

2. 从公共基础课、专业基础课，到专业课、技能课全面规划，配套进行编写。

3. 按“工学结合、校企合作”的新教学模式重新制定了教学计划、教学大纲，在专业技能课教材的编写时也进行了充分考虑，还编写了第三学年使用的《企业生产实习指导》。

4. 为满足不同地区、不同模式的教学需求，本套教材的部分科目采用了“任务驱动”形式和传统编写方式分别进行编写，以方便大家选择使用；考虑到不同学校对软件的不同要求，对于《模具CAD/CAM》课程，我们选用三种常用软件各编写了一本教材，以供大家选择使用。

5. 贯彻了“实用、够用、好用”的原则，突出“实用”，满足“够用”，一切为了“好用”。教材每单元中均有教学目标、本章小结、复习思考题或技能练习题，对内容不做过高的难度要求，关键是使学生学到干活的真本领。

本套教材的编写工作得到了许多学校领导的重视和大力支持以及各位老师的热烈响应，许多学校对教学计划大纲提出了很多建设性的意见和建议，并主动推荐教学骨干承担教材的编写任务，为编好教材提供了良好的技术保证，在此对各个学校的支持表示感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免存在某些缺点或不足，敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

前 言

电子技术是把由电子元器件组成的电子电路应用到科学、技术、生产、生活等领域的应用技术。

电子技术虽然是专业理论基础，但它具有很强的实践性。学习时一定要以实践为基础，从实际出发，对基本概念、基本器件、典型电路务必搞清楚，并且要把握住问题是如何提出的，如何引申的，如何解决的，在实践中又是如何应用的等几个主要环节。一定要重视实验课，在试验中要注意观察、分析现象，正确读数，增强动手能力，从而加深对课堂理论知识的认识和理解。有条件的可以到厂矿企业现场参观。

本书共有四个模块，其主要内容包括二极管及其应用；晶体管及其应用（交流放大器、直流放大器、集成运算放大器、正弦波振荡器、直流稳压电源）；晶闸管及其应用；数字电子技术基础（门电路与组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路）。为强化学生的动手能力，每一个模块前（后）附有实训（实验）内容。本书在文字叙述上，力图做到通俗易懂。为了帮助学生掌握所学的内容，每章后配有小结和相应的习题，使学生对所学的知识能更进一步的了解和掌握。

读者可根据具体情况对逆变和斩波等内容进行适当地删减，以便于更加有利地进行学习。

本书中模块一和模块三由杨敏（西安技师学院）编写，模块二由左文雅、赵霞（西安航空技术学院）编写，模块四由龙艳婷（西安技师学院）编写。

编 者

目 录

序	
前言	
绪论	1

模块一 二极管及其应用

第一章 二极管	9
第二章 二极管的应用	15

模块二 晶体管及其应用

第一章 晶体管	32
第一节 晶体管的结构及类型	34
第二节 晶体管的特性曲线	37
第三节 晶体管的主要参数	39
第二章 交流放大电路	42
第一节 交流放大电路的概述	44
第二节 多级交流放大电路	52
第三节 负反馈放大电路	53
第四节 功率放大电路	57
第三章 直流放大电路	61
第一节 直流放大电路的适用范围及特点	61
第二节 差动放大电路	62
第四章 集成运算放大器	67
第一节 集成运算放大器的概述	68
第二节 基本集成运算放大器	71
第三节 集成运算放大器的应用	74
第五章 正弦波振荡电路	78
第一节 RC 正弦波振荡电路	80

第二节 LC 正弦波振荡电路	82
第三节 石英晶体振荡电路	83
第六章 直流稳压电源	86
第一节 稳压电路	87
第二节 开关式稳压电路	91

模块三 晶闸管及其应用

第一节 晶闸管的结构和工作原理	96
第二节 晶闸管单相可控整流电路	100
第三节 负载类型对晶闸管整流的影响	106
第四节 反电动势负载的影响	108
第五节 晶闸管的选用和简单检测	108
第六节 晶闸管的触发电路	110
第七节 逆变的概念	115
第八节 单相交流调压电路	116
第九节 特殊晶闸管及其应用	116

模块四 数字电子技术基础

第一章 门电路与组合逻辑电路	122
第一节 数制及数制间的转换	122
第二节 逻辑代数及逻辑函数的化简	126
第三节 基本逻辑门电路	130
第四节 组合逻辑电路的分析与设计	136
第二章 触发器与时序逻辑电路	144
第一节 触发器	144
第二节 寄存器	157
第三节 计数器	160
参考文献	172

绪 论

半导体器件是近代电子学的重要组成部分，是构成电子电路的基本元件。半导体器件是由经过特殊加工且性能可控的半导体材料制成的。

一、本征半导体

自然界中存在着各种各样的物质。早期，人们按物质导电能力的强弱将它们分成导体和绝缘体两大类。

所谓的导体就是可以导电的物体，如铜、铝、银等。

导体一般为低价元素，这些元素的最外层电子很容易挣脱原子核的束缚而成为游离在晶格中的自由电子，这些自由电子在外电场的作用下，将作定向移动形成电流。导体导电能力的大小，主要取决于晶格中自由电子数目的多少。晶格中自由电子数目多的物质，导电能力就强；自由电子数目少的物质，导电能力就小。

所谓的绝缘体就是不能导电的物体，如橡胶、陶瓷、塑料等。

绝缘体是高价元素或由高分子材料组成，这些物质共同的特点是最外层电子受原子核的束缚力很强，很难成为晶格中的自由电子，所以晶格中自由电子的数目非常少，导电能力极差。

随着科学技术的进步，人们发现自然界中还有一种物质，它的导电能力介于导体和绝缘体之间，这就是半导体。目前，制作半导体器件的主要材料是硅（Si）和锗（Ge）。它们均是四价元素，且最外层电子既不像在导体中容易挣脱原子核的束缚成为自由电子，又不像在绝缘体中被原子核束缚的那样紧，即内部没有自由电子，所以半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间。硅原子核外的电子排列如图 0-1 所示。硅原子的结构示意图如图 0-2 所示。

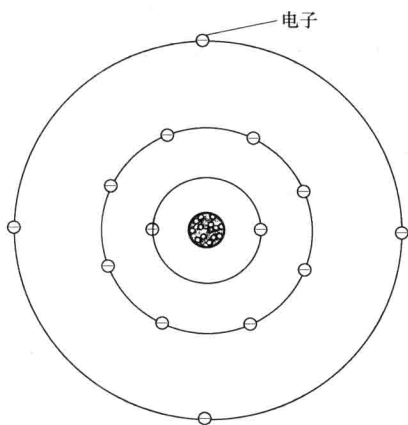


图 0-1 硅原子核外的电子排列

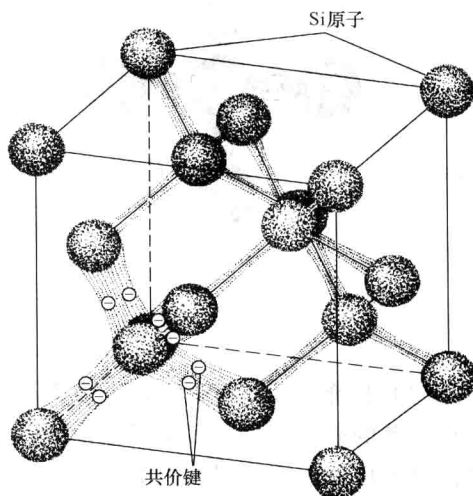


图 0-2 硅原子的结构示意图

半导体被重视的主要原因是它的导电能力在不同的条件下有显著的差异。

1. 半导体的敏感特性

1) 纯净半导体的导电能力随着温度的升高, 导电能力也随之增强, 称为热敏特性。

2) 半导体的导电能力对光照、磁场及其承受的电压也很敏感, 称为光敏、磁敏和压敏特性。人们就是利用半导体的热敏、光敏、磁敏和压敏的特性来制作半导体热敏元件、光敏元件、磁敏元件和压敏元件。

2. 半导体的掺杂特性

在纯净的半导体中掺入微量的“杂质”元素, 半导体的导电能力将猛增到几千、几万甚至上百万倍。利用半导体的掺杂特性制造了种类繁多、不同用途的半导体器件, 常见的半导体材料及应用见表 0-1。

表 0-1 常见的半导体材料及应用

材 料	应 用
硅 (Si)	二极管、晶体管、晶闸管、集成电路 (IC)、光敏元件
锗 (Ge)	高频晶体管、辐射探测器
砷化镓 (GaAs) 磷化镓 (GaP)	发光二极管、高频晶体管、激光
铟化锡 (InSb)	磁敏电阻
硫化镉 (CdS)	光敏电阻、光敏元件
碳化硅 (SiC)	热敏元件、压敏电阻、发光二极管

纯净的半导体称为本征半导体。本征半导体均为四价元素, 其原子核最外层轨道上有 4 个价电子, 与周围的 4 个原子的价电子形成共价键。图 0-3 所示为本征半导体硅和锗晶体的原子结构示意图。

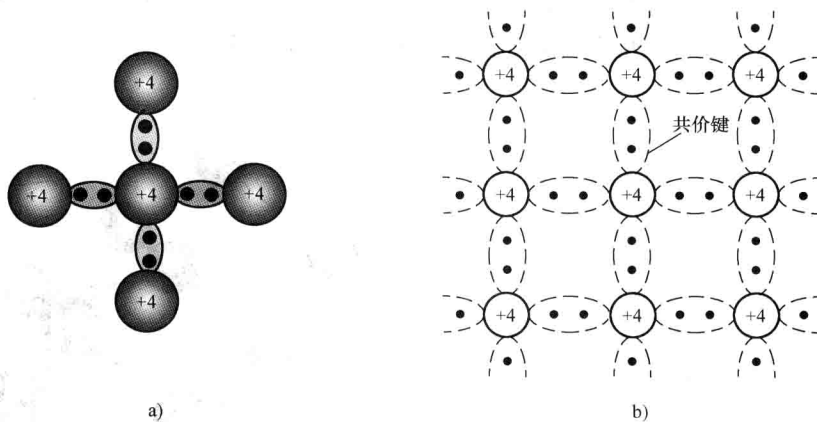


图 0-3 硅和锗晶体的原子结构示意图

晶体的共价键具有很强的结合能力。在常温下, 本征半导体内部仅有极少数的价电子可以在热运动的激发下, 挣脱原子核的束缚而成为晶格中的自由电子 (带负电)。与此同时, 在共价键中将留下一个因失去电子而带正电的空位, 称为空穴。热运动激发所产生的电子和空穴总是成对出现的, 称为电子-空穴对。本征半导体因热运动而产生电子-空穴对的现象称为本征激发, 如图 0-4 所示。

本征激发所产生的电子-空穴对在外电场的作用下都会作定向移动而形成电流。自由电子的定向移动将形成一个与自由电子移动方向相反的电子电流，如图 0-5 所示。

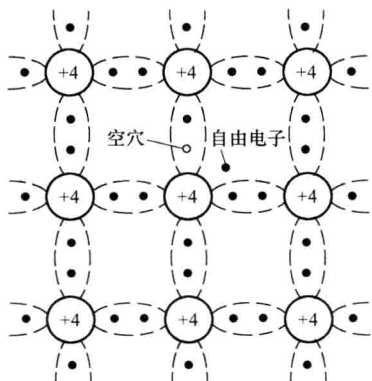


图 0-4 本征激发和两种载流子

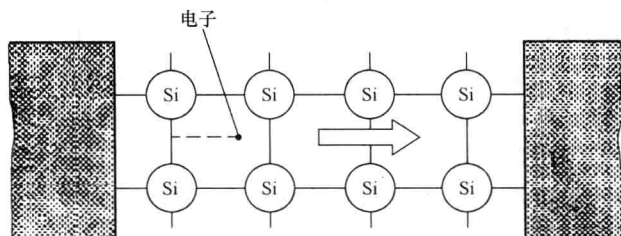


图 0-5 电子电流

空穴的移动可以看成是自由电子定向依次填充空穴而形成的。这种填充方式相当于教室的第一排有一个空位，后排的同学依次往前移来填充空位。若以人为参照物，人填充空位的作用等效于人不动，空位往后移动。因空穴带正电，空穴的定向移动会形成与空穴运动方向相同的空穴电流，如图 0-6 所示。

半导体内部存在着自由电子的定向移动所形成的电子电流和由自由电子引起空穴的定向移动所形成的空穴电流，是半导体导电方式的最大特点，也是半导体与导体在导电机理上本质的区别。

在电子技术中，把参与导电的物质称为载流子。因为本征半导体内部参与导电的物质有自由电子和空穴，所以本征半导体中有两种载流子，一种是带负电的自由电子，另一种是带正电的空穴。

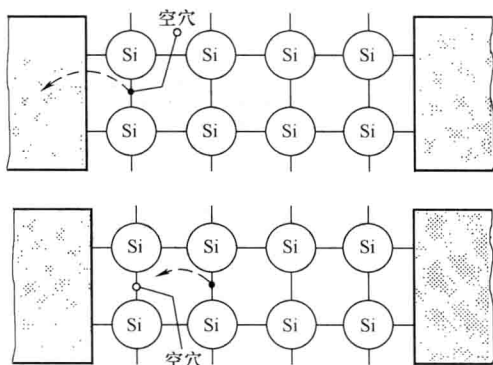


图 0-6 空穴电流

本征半导体本征激发的现象与原子的结构

有关。硅的最外层电子离原子核的距离比锗的近，所以硅最外层电子受原子核的束缚力较锗的强，本征激发现象比较弱，所以硅的热稳定性比锗的好。

本征半导体导电能力的大小与本征激发的激烈程度有关。温度越高，由本征激发所产生的电子-空穴对越多，本征半导体内部载流子的数目也越多，本征半导体的导电能力就越强，这就是半导体随温度的变化（增加），导电能力将明显变化（增长）的直接原因。

二、杂质半导体

半导体的导电能力除了与温度有关外，还与半导体内部所含的杂质有关。在本征半导体中掺入微量的杂质，可以使杂质半导体的导电能力得到改善，并受所掺杂质的类型和浓度控制，使半导体具有重要的用途。由于掺入半导体中的杂质不同，杂质半导体可分为 N 型和 P 型半导体两大类。

1. N 型半导体——电子型半导体

在本征半导体硅（或锗）中，掺入微量的五价元素，如磷（P—15）。掺入的杂质并不改变本征半导体硅（或锗）的晶体结构，只是半导体晶格点阵中的某些硅（或锗）原子被磷原子所取代。五价元素的四个价电子与硅（或锗）原子组成共价键后，将多余一个价电子如图 0-7 所示。这一个多余的价电子不受共价键的束缚，只需获得较小的能量，就能挣脱磷原子核的束缚而成为自由电子。除了杂质元素所释放出的自由电子外，半导体本身还存在本征激发所产生的电子-空穴对。由于杂质元素所释放出的自由电子数的增加，则半导体中自由电子的数量剧增，从而导致这类杂质半导体中的自由电子数大于空穴数。自由电子导电成为此类杂质半导体的主要导电方式，故称为电子型半导体，简称 N 型半导体，如图 0-7 所示。

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）。由于杂质原子可以提供电子，故称为施主原子。五价元素的磷原子因失去电子而成为正离子，但它不产生空穴，不能像空穴那样能被电子填充而移动参与导电，所以它不是载流子。在本征半导体中掺入的杂质越多，所产生的自由电子数也越多，杂质半导体的导电能力就越强。

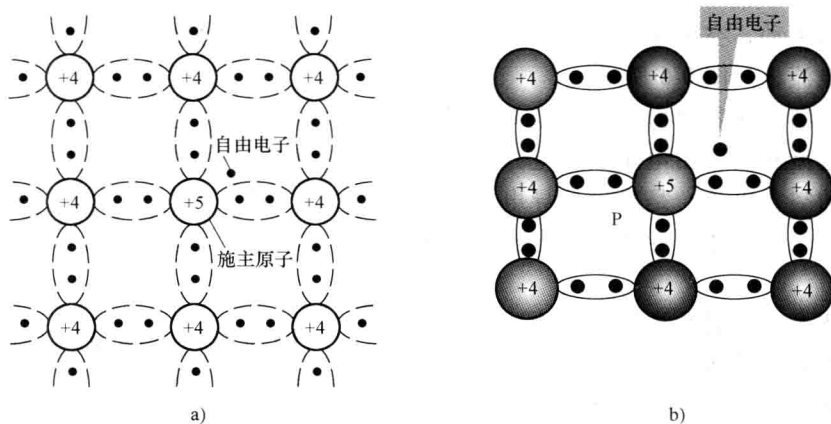


图 0-7 N 型半导体——电子型半导体

2. P 型半导体-空穴型半导体

在本征半导体中掺入微量的三价杂质元素，如硼（B）。杂质原子取代晶体中某些晶格上的硅（或锗）原子，三价元素的三个价电子与周围的四个原子组成共价键时，因缺少一个电子而产生了空位，如图 0-8 所示。此空位不是空穴，所以不是载流子，但是邻近的硅（或锗）原子的价电子很容易来填补这个空位，则在该价电子的原子上就产生了一个空穴，而三价元素硼却因多得了个电子而成为负离子。

在室温下，价电子几乎能填满杂质元素硼上的全部空位，而使其成为负离子，与此同时，半导体中产生了与杂质元素原子数相同的空穴。除此之外，半导体中还有因本征激发所产生的电子-空穴对。所以在这类半导体中空穴的数目远大于自由电子的数目，导电是以空穴载流子为主，故称为空穴型半导体，简称 P 型半导体。

P 型半导体中的多子是空穴，少子为自由电子，主要靠空穴导电。因杂质原子硼中的空位吸收电子，故称为受主原子。掺入的杂质越多，空穴的浓度越高，导电能力就越强。

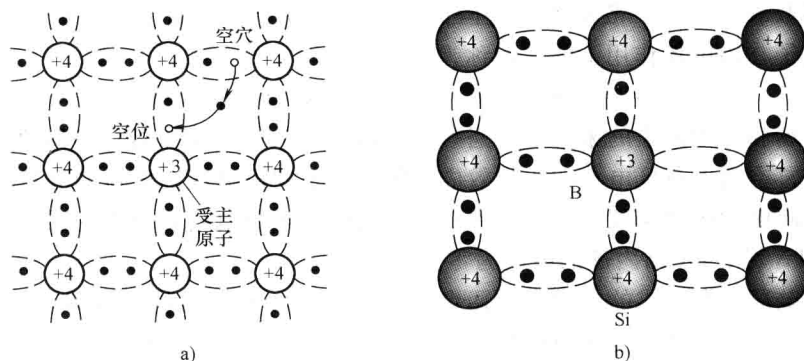


图 0-8 P 型半导体——空穴型半导体

三、PN 结

杂质半导体增强了半导体的导电能力，单个的 P 型半导体或 N 型半导体内部虽然也有空穴或自由电子，但整体是呈中性的，不带电的。

利用特殊的掺杂工艺，可以在一块晶片的两边分别生成 N 型和 P 型半导体，在两者的交界处将形成 PN 结，如图 0-9 所示。PN 结具有单一半导体所没有的特性，利用该特性可以制造出各种半导体器件。

1. PN 结的形成

(1) 浓度差引起载流子的扩散运动 因为 P 区的多子是空穴，N 区的多子是自由电子，在两块半导体交界处同类载流子的浓度差别极大，这种差别将产生 P 区浓度高的空穴向 N 区扩散，与此同时，N 区浓度高的电子也会向 P 区扩散，如图 0-10a 所示。

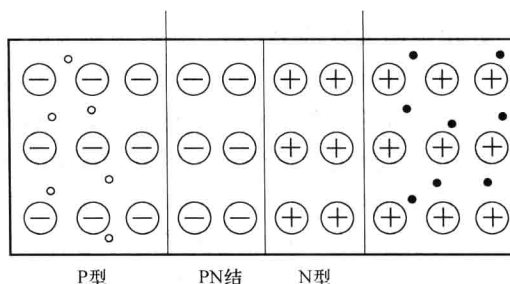


图 0-9 PN 结

(2) 扩散运动形成空间电荷区 扩散运动的结果会使 P 型半导体的原子在交界处得到电子成为带负电的离子，N 型半导体的原子在交界处失去电子成为带正电的离子，从而形成了空间电荷区，如图 0-10b 所示。

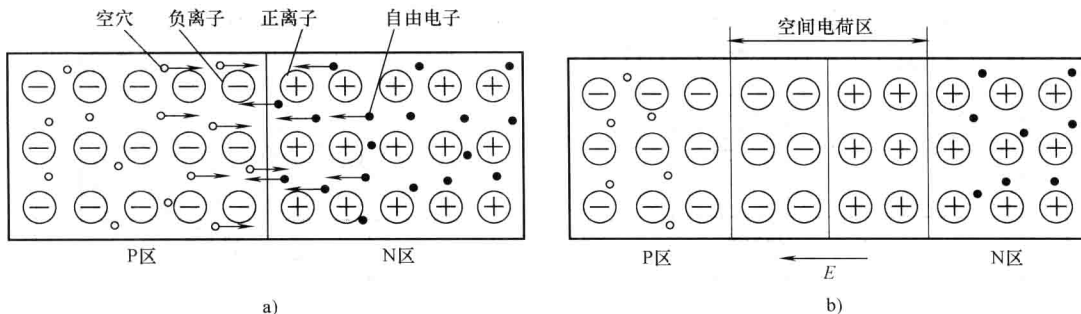


图 0-10 PN 结

a) 浓度差引起载流子的扩散运动 b) 空间电荷区

(3) 内电场中的漂移运动 空间电荷区随着电荷的积累将建立起一个内电场 E ，该电场

对半导体内多数载流子的扩散运动起阻碍的作用，但对少数载流子的运动却起到促进的作用，少数载流子在内电场作用下的运动称为漂移运动。

PN 结的动态平衡——扩散运动 $\rightleftharpoons$ 漂移运动

在无外电场和其他因素的激励下，当参与扩散的多数载流子和参与漂移的少数载流子在数目上相等时，空间电荷区电荷的积累效应将停止，空间电荷区内电荷的数目将达到一个动态的平衡，空间电荷区的宽度才可以达到稳定，同时内电场也具有一定的强度，并形成如图 0-10b 所示的 PN 结，PN 结内部的电流为零。

由于空间电荷区在形成的过程中，移走的是载流子，留下的是不能移动的正、负离子，这种作用与电容器存储电荷的作用相互等效。因此，PN 结也具有电容的效应，该电容称为 PN 结的结电容，PN 结的结电容有势垒电容和扩散电容两种。

2. PN 结的单向导电性

处于平衡状态下的 PN 结没有使用的价值，PN 结的使用价值只有在 PN 结上外施电压时才能显现出来。

(1) 外加正向电压 在 PN 结上外加正向电压时的导电情况，如图 0-11 所示，在这种连接方式下的 PN 结称为正向偏置（简称正偏）。

由图 0-11 可知，当 PN 结处在正向偏置时，P 型半导体接高电位，N 型半导体接低电位。

处在正向偏置的 PN 结，外电场和内电场的方向相反，如图 0-11 所示。在外电场的作用下 P 区的空穴和 N 区的自由电子都要向空间电荷区移动，进入空间电荷区的自由电子和空穴分别和原有的一部分正、负离子中和，破坏了空间电荷区的平衡状态，使空间电荷区的电荷量减少，空间电荷区变窄，内电场相应的被削弱，这种情况有利于 P 区空穴和 N 区自由电子向相邻的区域扩散，并形成扩散电流，即 PN 结的正向电流。

在一定范围内，正向电流随着外电场的增强而增大，此时，PN 结呈现低电阻态，且 PN 结处于导通的状态。PN 结正向导通时的压降很小，理想情况下，可认为 PN 结正向导通时的电阻为 0，所以导通时的压降也为 0。

PN 结的正向电流包含空穴电流和电子电流两部分，外加电源不断向半导体提供电荷，使电路中电流得以维持。正向电流的大小主要由外加电压 E 和电阻 R 的大小来决定。

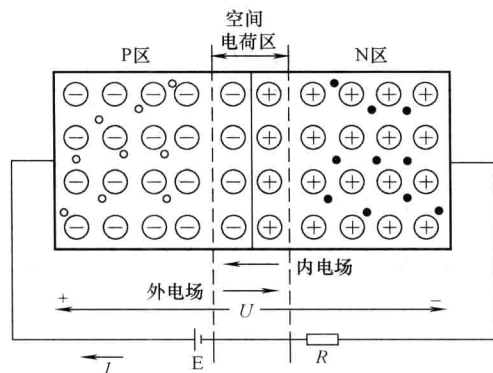


图 0-11 PN 结的正向偏置时的导电情况

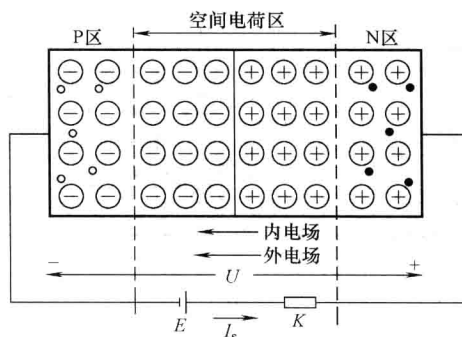


图 0-12 PN 结的反向偏置的导电情况

(2) 外加反向电压 在 PN 结上外加反向电压时的导电情况，如图 0-12 所示，在这种

连接方式下的 PN 结称为反向偏置（简称反偏）。

由图 0-12 可知，当 PN 结处在反向偏置时，P 型半导体接低电位，N 型半导体接高电位。处在反向偏置的 PN 结，外电场和内电场的方向相同。当 PN 结处在反向偏置时，PN 结内部扩散和漂移运动的平衡被破坏了。P 区的空穴和 N 区的自由电子由于外电场的作用都将背离空间电荷区，结果使空间电荷量增加，空间电荷区变宽，内电场变强，内电场的加强进一步阻碍了多数载流子扩散运动的进行，但对少数载流子的漂移运动却很有利，少数载流子的漂移运动所形成的电流称为 PN 结的反向电流。

由于少数载流子的数目有限，在一定范围内，反向电流极微小，该电流又被称为反向饱和电流，用符号 I_s 来表示。反向偏置时的 PN 结呈现高电阻态，理想情况下，反向电阻为 ∞ 。此时，PN 结的反向电流为 0，PN 结不导电，即 PN 结处在截止的状态。

由于少数载流子与半导体的本征激发有关，而本征激发又与温度有关，所以 PN 结的反向饱和电流会随着温度的上升而增大。

由以上的分析可知，PN 结的导电能力与外加在 PN 结上电压的极性有关。当外加电压使 PN 结处在正向偏置时，则 PN 结会导电；当外加电压使 PN 结处在反向偏置时，则 PN 结不导电。PN 结的这种导电特性称为 PN 结的单向导电性。

PN 结的单向导电性可用符号 $\rightarrow$ 来表示，其中形似箭头所在的那一侧表示 P 型半导体，形似箭头所指的方向就是 PN 结处在正向偏置时电流的方向。

3. PN 结的伏安特性曲线（见图 0-13）

$U > 0$ 的部分称为正向特性。当 $U > U_T$ 时，PN 结的正向电流迅速增加，PN 结导通。导通时，PN 结呈现低电阻态。此时，PN 结的正向电流很大，PN 结正向导通时的压降很小，理想情况下，可认为 PN 结正向导通时的电阻为 0，所以导通时的压降也为 0。

$U < 0$ 的部分称为反向特性。当 PN 结处在反向偏置时，PN 结截止。PN 结呈现高电阻态，理想的情况下，反向电阻为 ∞ ，PN 结不导电。此时，PN 结的反向电流为 0。

由图 0-13 可知，当反向电压超过 U_{BR} 后，PN 结的反向电流急剧增加，这种现象称为 PN 结反向击穿。PN 结的反向击穿有雪崩击穿和齐纳击穿两种。当掺杂溶度比较高时，击穿通常为齐纳击穿；当掺杂溶度比较低时，击穿通常为雪崩击穿。无论哪种击穿，若对电流不加限制，都可能造成 PN 结的永久性损坏。

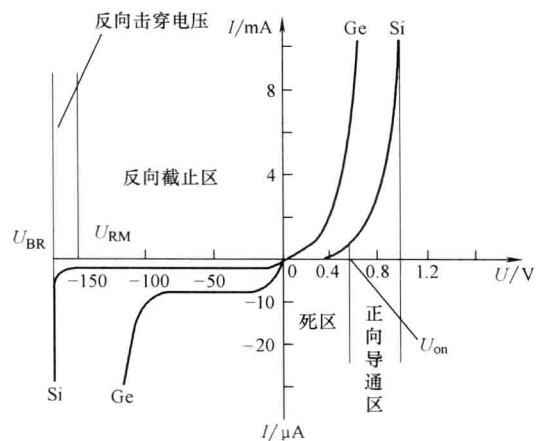


图 0-13 PN 结的伏安特性曲线

习 题

一、填空

1. 导电能力介于导体和绝缘体之间的一类物质称为_____。
2. 在半导体中，不仅有_____载流子，还有_____载流子，这是半导体

导电区别于导体导电的重要特征。

3. 最常用的半导体材料有_____和_____等。

4. P 型半导体主要靠_____导电, N 型半导体主要靠_____导电。

5. 所谓 PN 结的正向偏置, 是将电源的正极与_____区相连接, 负极与_____区相连接。在正向偏置电压大于死区电压的条件下, PN 结将_____, 这种特性称为 PN 结的_____。

二、判断题

1. 在硅或锗晶体中掺入五价元素形成 P 型半导体。 ()
2. 在硅或锗晶体中掺入三价元素形成 N 型半导体。 ()
3. PN 结正向偏置时电阻小, 反向偏置时电阻大。 ()
4. PN 结正向偏置时导通, 反向偏置时截止。 ()
5. PN 结反向偏置时, 反向电流随反向电压的增大而增大。 ()
6. PN 结形成以后, 它的最大特点是具单向导电性。 ()

模块一 二极管及其应用

第一章 二 极 管

应知：1. 掌握用万用表检测二极管的方法。

2. 能用万用表识别二极管的类型。

一、二极管的结构

将 PN 结用外壳封装起来，并加上电极引线后就构成半导体二极管，简称二极管。由 P 区引出的电极称为二极管的阳极（或正极），由 N 区引出的电极称为二极管的阴极（或负极），常用二极管的外形如图 1-1 所示。其符号与 PN 结的符号相同，文字符号用 VD 来表示。

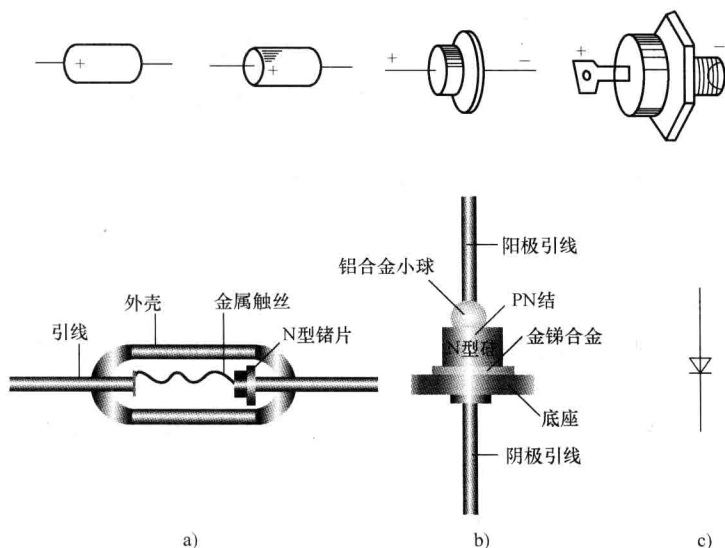


图 1-1 常用二极管的外形

a) 点接触型 b) 面接触型 c) 符号

二、二极管的伏安特性曲线

用实验的方法，在二极管的阳极和阴极两端加上不同极性和不同数值的电压，同时测量流过二极管的电流值，就可得到二极管的伏安特性曲线即 PN 结的伏安特性曲线。该曲线为非线性的，如图 0-13 所示。

正向特性和反向特性的特点是

1. 正向特性（P 区接高电位，N 区接低电位）

当正向电压很低时,正向电流几乎为零,这是因为外加电压所形成的电场还不能克服PN结内部的内电场,内电场阻挡了多数载流子扩散运动的缘故。此时,二极管呈现高电阻态,基本上还是处在截止的状态,该区域称为死区。

当正向电压超过如图0-13所示的二极管开启电压(死区电压) U_{on} 时,二极管才呈现低电阻态,处于正向导通的状态。开启电压与二极管的材料和工作温度有关。通常硅管的开启电压为0.5V,锗管为0.2V。二极管导通后,二极管两端的导通压降(管压降)很低,硅管为0.5~0.7V,锗管为0.2~0.3V。

2. 反向特性(P区接低电位,N区接高电位)

在分析PN结加上反向电压时,已知少数载流子的漂移运动形成反向电流。因少数载流子数量少,且在一定温度下数量基本维持不变。因此,反向电压在一定范围内增大时,反向电流极微小且基本保持不变,等于反向饱和电流 I_s 。该区域称为截止区。

当反向电压增大到 U_{BR} 时,外加电场能把原子核外层的电子强制拉出来,使半导体内载流子的数目急剧增加,反向电流突然增大,从而使二极管呈现反向击穿的现象。

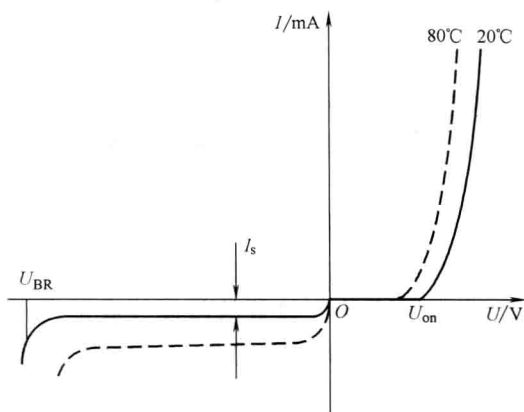


图1-2 在不同温度下的二极管的伏安特性曲线

二极管被反向击穿后,就失去了单向导电性,将引起电路故障。使用时一定要注意避免二极管发生反向击穿的现象。

二极管的特性对温度很敏感。实验表明,当温度升高时,二极管的正向特性曲线将向纵轴移动,开启电压及导通压降都有所减小,而反向饱和电流将增大,反向击穿电压也将减小,如图1-2所示。

三、二极管的主要参数

二极管的参数是二极管性能的指标,是正确选用二极管的依据。二极管的主要参数有:

1. 最大整流电流 I_F

最大整流电流 I_F 是指二极管长期工作时允许流过的最大正向平均电流。使用时不允许超过此值。对于大功率二极管,由于电流较大,为了降低PN结的温度,提高二极管的负载能力,通常将二极管安装在规定的散热器上使用。

2. 反向峰值电压 U_{RM}

反向峰值电压 U_{RM} 是指二极管工作时允许外加的最大反向电压。通常 U_{RM} 为二极管反向击穿电压 U_{BR} 的1/2。

3. 反向峰值电流 I_R

反向峰值电流 I_R 是指二极管未击穿时的最大反向电流。 I_R 越小,二极管的单向导电性越好。

4. 最高工作频率 f_M

最高工作频率 f_M 是二极管工作时的上限频率。超过此值,由于二极管结电容的作用,二极管将不能很好地实现单向导电性。