

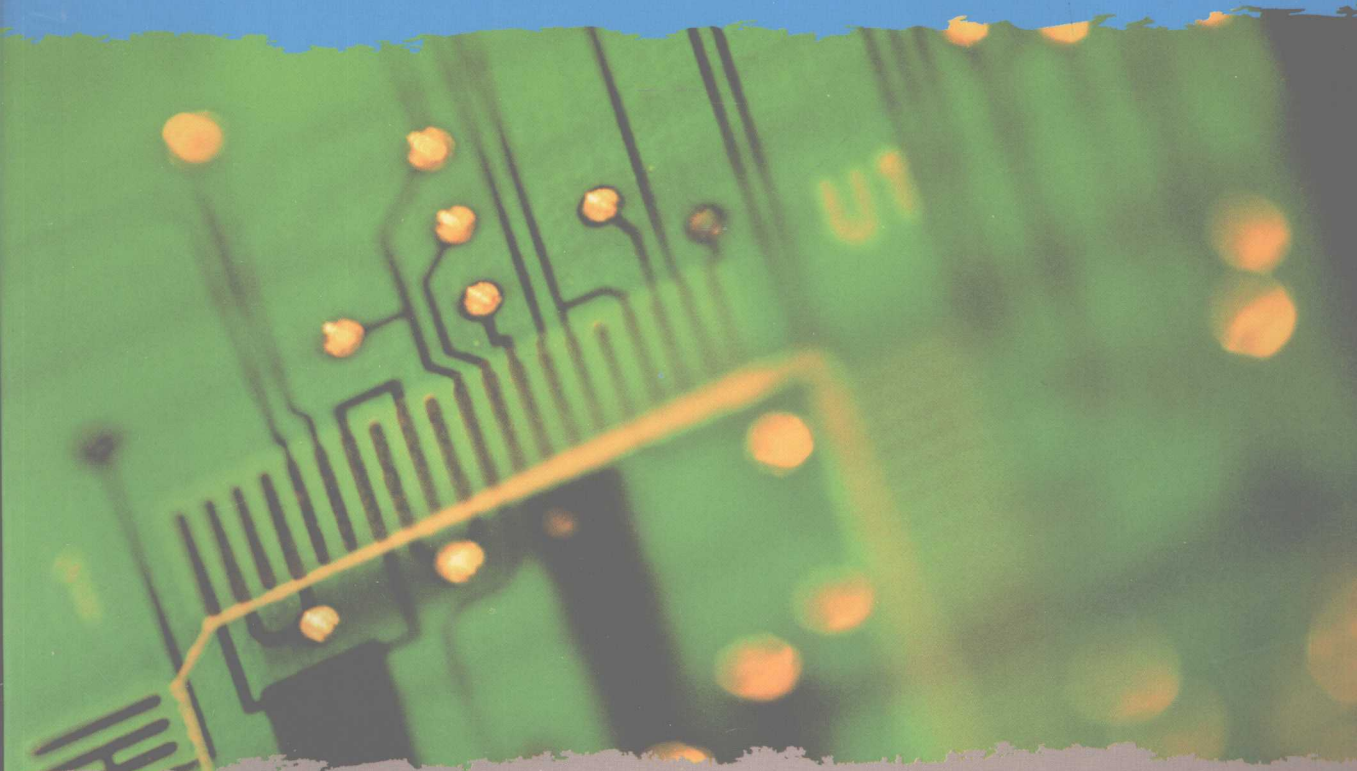


新世纪高职高专
应用电子技术专业系列规划教材

模拟电子技术

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主编 吕玉明



大连理工大学出版社

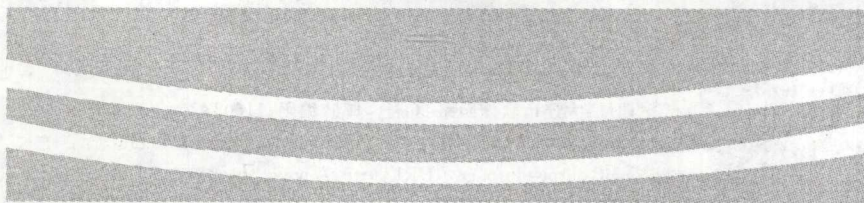


新世纪高职高专应用电子技术专业系列规划教材

模拟电子技术

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主 编 吕玉明



MONI DIANZI JISHU

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术 / 吕玉明主编. —大连:大连理工大学出版社, 2008. 10

(新世纪高职高专应用电子技术专业系列规划教材)

ISBN 978-7-5611-4393-3

I. 模… II. 吕… III. 模拟电路—电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 134885 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:12.5 字数:274 千字

印数:1~3000

2008 年 10 月第 1 版

2008 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑:陈祝爽

责任校对:王 娜

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-4393-3

定 价:23.00 元

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且惟一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职高专教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国100余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意;也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

前

言

随着高职教育的改革和全国示范院校的建设,模拟电子技术课程教学改革也取得了不少成果,涌现出了一批以工程项目为载体的优质教科书,同时也给我们提出了更高的要求。作为“模拟电子技术”精品课程,显然,简单地减少内容、简化叙述,不符合我们的编写原则。我们秉承“浅、宽、高、新、用”的编写理念,力求写出自己的特点,以符合高职高专教学改革的需要。我们希望本书能够真正做到符合高职高专的教学规律,使教师好教,学生好学。为此,本书编写时突出了以下几个特点:

1. 根据多年的教学经验,作为高职高专电类、机电类专业应该加强模拟电子技术的基础教学,为学生进一步学好专业课打好坚实的基础。我们在教材内容上把握删繁就简、削枝强干的同时,更加突出“仿真和实训”。通篇贯彻要点突出,概念清晰,叙述详细,仿真验证,实物制作。要点内容提纲挈领。教师特别是青年教师可根据书中的要点,稍作修改即可成为讲稿。学生掌握了要点即相当于有了听课笔记。

2. 本教材涉及模拟电子技术大部分经典内容,包括常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、波形发生电路、低频功率放大电路、直流稳压电源等。此外,还用一章的篇幅介绍了 Multisim 10 电子仿真软件。近年来, Multisim 10 在各大院校广泛用于解决各种电路的仿真和科学研究。我们希望通过模拟电子技术这门课将 Multisim 10 引入课堂,扩展高职学生的知识面,同时增加学生的动手能力。

3. 本教材除纸质教材外,创新之处在于另配有印刷电路板。学生们在学完一章后,自己亲手检测元器件,装调电子产品,以增加实际操作能力,使学生达到无线电装接中级工水平。

4. 本教材给出了较多的例题、习题,以供强化概念。注



意运用正文、例题、习题之间的分工和配合,尤其每章后的小结,起到提纲挈领、掌握要点的作用,以帮助读者归纳、总结和掌握。原则上,每一讲后安排“想一想”,引导读者思考理解,帮助深化概念,巩固所学知识。此外书后附有习题答案,以供读者自我检验。

5. 本教材适应专业较广,教学学时为 60~70 学时,各专业可根据自己的实际情况和实训条件制定教学方案。

本教材由吕玉明担任主编。朱光灿编写第 1 章;张俊峰编写第 2 章;张澄编写第 3 章;陈清编写第 4 章;朱丽霞编写第 5 章;吕玉明编写第 6、7 章及附录。由吕玉明负责对全书各章内容的设计、修改、统稿和定稿。

承蒙北京联合大学王卫平、天津电子信息职业技术学院李树雄两位专家参与了本书的研讨,提出了许多宝贵意见,对提高本书质量大有裨益,在此表示深切谢意。在编写过程中,王述欣为本书各章提供的实训进行了验证,徐书雨为本书各章课后实训绘制了电路图和印刷电路板图,在此一并向他们表示感谢。

本书可作为高职高专电类、机电类专业学生的教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

由于编者水平有限,书中错漏在所难免,恳请读者不吝指正。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpgz.cn>

联系电话:0411-84707492 84706104

编 者

2008 年 10 月

第 1 章 常用半导体器件	1
1.1 半导体和 PN 结	1
1.2 半导体二极管	6
1.3 半导体三极管	10
* 1.4 场效应管	17
1.5 特殊二极管	24
1.6 实训	26
本章小结	29
自我检测题	30
第 2 章 基本放大电路	32
2.1 放大电路的基本知识	32
2.2 共发射极基本放大电路	36
2.3 放大电路静态工作点的稳定	43
2.4 共集电极基本放大电路	48
2.5 实训	51
本章小结	61
自我检测题	62
第 3 章 集成运算放大器	64
3.1 集成运算放大器的构成及特点	64
3.2 集成运算放大器在信号处理方面的运用	66
3.3 集成运算放大器的非线性应用	77
3.4 实训	84
本章小结	87
自我检测题	87
第 4 章 波形发生电路	94
4.1 LC 回路中的电磁振荡	94
4.2 LC 正弦波振荡电路	95
4.3 其他形式的 LC 正弦波振荡电路	100
4.4 RC 桥式振荡电路	103
4.5 石英晶体振荡电路	106
4.6 实训	109

本章小结·····	113
自我检测题·····	113
第 5 章 低频功率放大电路 ·····	116
5.1 功率放大电路的特点和分类·····	116
5.2 互补对称功率放大电路·····	118
5.3 集成功率放大器·····	122
5.4 实训·····	125
本章小结·····	129
自我检测题·····	129
第 6 章 直流稳压电源 ·····	132
6.1 直流稳压电源的组成·····	132
6.2 整流电路·····	133
6.3 滤波电路·····	138
6.4 稳压电路·····	145
6.5 实训·····	156
本章小结·····	160
自我检测题·····	160
第 7 章 Multisim 10 使用指南 ·····	164
7.1 电子仿真技术的发展·····	164
7.2 Multisim 10 的操作界面设置·····	165
7.3 常用虚拟仪器的使用·····	171
7.4 基本界面设置·····	174
7.5 创建仿真电路图·····	178
7.6 仪器连接与仿真测试·····	180
附录 ·····	182
附录一 本书常用符号说明·····	182
附录二 习题参考答案·····	185
参考文献 ·····	190

常用半导体器件

第1章

 要求

了解N型和P型半导体的结构;理解PN结的形成及单向导电性;掌握二极管的伏安特性和三极管的放大作用;熟悉二极管和三极管的主要参数。

 知识点

- 本征半导体、P型和N型半导体
- PN结
- 二极管的结构及特性
- 三极管的三个工作区及其外部条件

 重点和难点

- PN结的形成及其单向导电性
- 二极管的伏安特性
- 三极管的输入、输出特性曲线
- 三极管的放大作用

问题的提出:半导体器件由于其具有体积小、重量轻、使用寿命长、耗电少、工作可靠等诸多优点而得到广泛应用,成为各种电子电路的重要组成部分。半导体器件有哪些特性呢?

本章主要学习常用半导体器件。先介绍半导体的基本知识,然后讨论半导体二极管、三极管、场效应管等半导体器件的结构、工作原理、特性曲线和主要参数,为后续各章的学习提供必要的基础知识。

1.1 半导体和PN结

1.1.1 半导体的基础知识

1. 半导体的特性

问题的提出:自然界中的各种物质,按导电能力可划分为导体、绝缘体和半导体三大

类。半导体导电能力介于导体和绝缘体之间。它具有哪些特性呢？

(1) 半导体对温度敏感。当环境温度升高时，半导体的导电能力增强。利用半导体的热敏性可制成各种热敏元件，用来检测温度的变化。

(2) 半导体对光照敏感。有些半导体无光照时电阻率很高，而一旦被光照后其导电能力增强。利用光敏性可制成光电二极管和光电三极管及光敏电阻等光敏元件。

(3) 半导体掺杂后导电能力剧增。如果在纯净的半导体内掺入微量的某种元素后，其导电能力就可能增加几十万倍至几百万倍。利用掺杂性可制成各种不同性能、不同用途的半导体器件，例如半导体二极管、三极管、场效应管等。

2. 半导体的共价键结构

在电子器件中，常用的半导体材料是硅(Si)和锗(Ge)。完全纯净、结构完整的半导体晶体，称为“本征半导体”。硅和锗都是四价元素，最外层原子轨道上具有四个电子，称为价电子。在本征半导体的晶体结构中，每个原子的四个价电子不仅受自身原子核的束缚，而且每个原子的一个价电子还与相邻原子的一个价电子组成电子对，这对价电子是每两个相邻原子所共有的。这样，相邻的原子就被共有的价电子联系在一起，称为共价键结构，如图 1-1 所示。

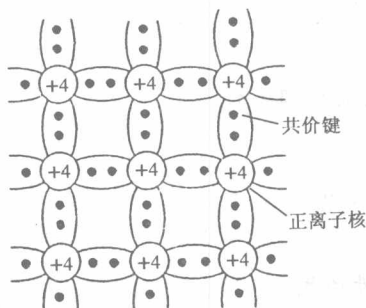


图 1-1 硅和锗的共价键结构

在共价键的束缚下，其原子的最外层电子不像金属的那样容易挣脱出来而成为自由电子，在外界条件为热力学零度和无外界激发时，价电子不能自由移动，此时半导体是不导电的。

当温度升高或受光照时，由于半导体共价键中的价电子不像绝缘体中的束缚得那样紧，一些价电子一旦从外界获得足够的能量后，便可挣脱束缚成为自由电子，同时在原来共价键的相应位置上留下一个“空位”，如图 1-2 所示，这个空位称为空穴。自由电子和空穴同时产生，成对出现，数量相等。在热或光的作用下，本征半导体中产生电子空穴对的现象称为本征激发。

在一般情况下原子呈中性，当价电子挣脱束缚成为自由电子后，原子的中性便被破坏，中性的原子由于失去一个电子而带正电，因而可以认为产生的空穴带正电。形成的空穴有可能被相邻原子的价电子填补，同时在该相邻原子的共价键中又出现一个空穴；该空穴又有可能被其他相邻原子的价电子来递补，而在该原子中再出现一个空穴。如此继续下去，就好像带正电的空穴在运动。打个比喻，大家在电影院看电影，如果坐在前排的一位观众有事走了而留下了一个空位，坐在后排的观众依次递补空位而向前就坐，就相当于

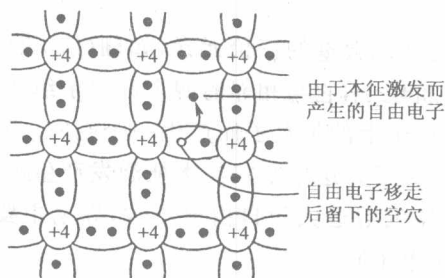


图 1-2 电子空穴对的产生

空位在向后移动。

当半导体两端加上电压时,在电场力的作用下,半导体中的自由电子和空穴都将做定向移动而出现两部分电流:一是自由电子做定向运动形成的电子电流;一是价电子定向递补空穴形成的空穴电流。所以在半导体中存在电子导电和空穴导电两种方式。这是半导体导电的一个重要特性,也是半导体导电和金属导电原理上的本质区别。

自由电子和空穴都称为载流子。它们在半导体内部成对出现,同时又不断地复合,这种出现和复合在一定的外界条件下达到动态平衡,这时半导体中的两种载流子便维持相同的数目。当温度越高、光照越强,半导体中的两种载流子的数目越多,导电性能就越好。

3. 杂质半导体

在本征半导体中有选择地掺入微量的其他元素,我们称之为“杂质半导体”,掺杂后半导体的导电能力显著增加。根据掺入杂质元素的不同,杂质半导体可分为 N 型(也叫“电子型”)半导体和 P 型(也叫“空穴型”)半导体。

(1) N 型半导体

在四价硅(或锗)晶体内掺入微量的五价元素,如磷(P),就可成为 N 型半导体,如图 1-3 所示。磷原子中的五个价电子只有四个能够与相邻的四个硅原子组成共价键结构,余下的一个价电子只受磷原子核的束缚,在常温下这个价电子很容易吸收一定的能量而脱离磷原子,成为自由电子。磷原子则变成不能够移动的正离子。在 N 型半导体中,自由电子数远大于空穴数,导电主要靠自由电子。所以对 N 型半导体而言,自由电子是多数载流子(简称“多子”),空穴则为少数载流子(简称“少子”)。

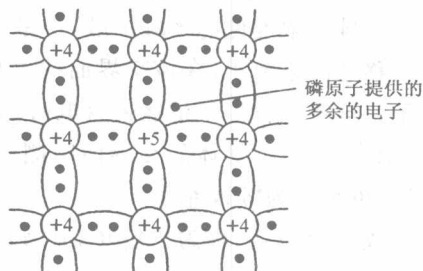


图 1-3 在硅晶体中掺入磷元素

(2) P 型半导体

在四价硅(或锗)晶体内掺入微量的三价元素,如硼(B),就可成为 P 型半导体,如图 1-4 所示。硼原子只有三个价电子,它与相邻的四个硅原子组成共价键结构时,因缺少一个电子,很容易吸引相邻硅原子上的价电子而产生一个空穴,而且未产生新的自由电子,这使得硼原子变成带负电的离子。这个空穴与本征激发产生的空穴都是载流子,具有导电性能。在 P 型半导体中,空穴数远大于自由电子数,导电主要靠空穴。所以对 P 型半导体而言,空穴是多子,自由电子则为少子。

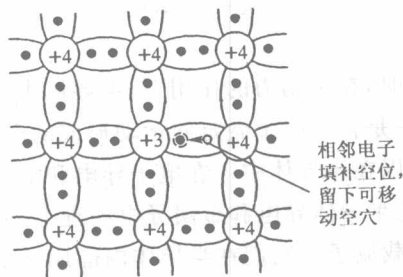


图 1-4 在硅晶体中掺入硼元素

【想一想】半导体有什么独特的导电特性?

1.1.2 PN 结

1. PN 结的形成

虽然 N 型或 P 型半导体的导电性能比本征半导体增强了许多,但不能直接用来制造半导体器件。单纯的一个 N 型或 P 型半导体在电路中的作用仅相当于一个电阻。但如果同一块本征半导体中采取一定的掺杂工艺使之一部分为 P 型半导体,另一部分为 N 型半导体,在它们的交界处就形成了 PN 结,如图 1-5 所示。由于该半导体的 N 型区内自由电子为多子,而 P 型区内自由电子为少子,这样 N 型区内自由电子的浓度高, P 型区内自由电子的浓度低;同理, P 型区内空穴的浓度高, N 型区内空穴的浓度低。这样,自由电子和空穴都要从各自浓度高的区域向浓度低的区域扩散,于是该交界面的 N 区一侧因为失去电子而留下一些不能自由移动的正离子,在该交界面的 P 区一侧因为失去空穴而留下一些不能自由移动的负离子。这些正负离子虽然带有电荷,但它们不能移动,因而不能参与导电。这样,在 N 型半导体和 P 型半导体的交界面两侧形成了一个很薄的区域,这个区域通常称为“空间电荷区”,也称之为“PN 结”。

正负空间电荷在交界面形成一个电场,称为内电场,其方向从 N 区指向 P 区。该内电场的形成,使得从 P 区向 N 区扩散的空穴和从 N 区向 P 区扩散的电子受到电场力的阻碍,即内电场对多子的扩散运动起阻碍作用。但内电场又可推动 N 区和 P 区的少数载流子越过空间电荷区,进入对方区域。这种在内电场作用下少数载流子有规则的运动称为漂移运动。

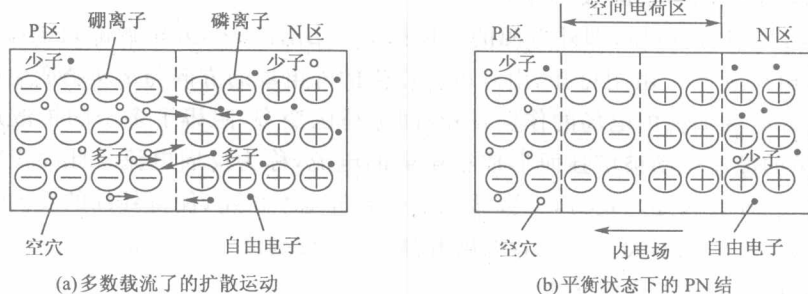


图 1-5 PN 结的形成

所以,在 PN 结的形成过程中存在两种运动:一种是多数载流子由于浓度差而产生的扩散运动;另一种是少数载流子在内电场的作用下的漂移运动。开始时,多数载流子的扩散运动占优势,但随着空间电荷区的加宽,内电场也逐渐加强,在外界条件不变的情况下,多数载流子的扩散运动逐渐减弱,而少数载流子的漂移运动逐渐增强。最后扩散运动和漂移运动达到动态平衡,此时产生稳定的空间电荷区,PN 结处于稳定状态。

【想一想】PN 结是如何形成的?在 PN 结的形成过程中存在哪两种运动?

2. PN 结的单向导电性

上面讨论的是 PN 结在没有外加电压时的情况。现在讨论 PN 结有外加电压时的情况。在 PN 结两端外加电压,称为给 PN 结以偏置电压。分两种情况讨论:

(1) PN 结加正向电压(正向偏置)

给 PN 结加正向电压,即外电源的正极接 PN 结的 P 区,外电源的负极接 PN 结的 N 区,如图 1-6(a)所示。由图可知,由外电源产生的外电场的方向与 PN 结产生的内电场的方向相反,外电场削弱内电场的作用,使空间电荷区变窄,扩散运动和漂移运动的动态平衡被破坏,多数载流子的扩散运动得到加强,形成较大的正向电流。此时 PN 结呈现的电阻很低。电流的实际方向从 P 区流向 N 区。这时 PN 结处于正向导通状态。

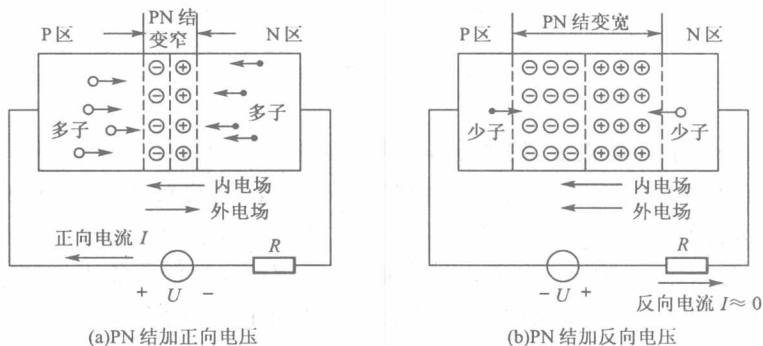


图 1-6 PN 结的单向导电性

(2)PN 结加反向电压(反向偏置)

给 PN 结加反向电压,即外电源的正极接 PN 结的 N 区,外电源的负极接 PN 结的 P 区,如图 1-6(b)所示。由图可知,由外电源产生的外电场的方向与 PN 结产生的内电场的方向相同,外电场加强内电场的作用,使空间电荷区变宽,阻碍了多子的扩散运动。只有少数载流子的漂流运动被增强而形成很微弱的电流,称为反向电流。此时 PN 结呈现的电阻很高。当外界温度一定时,少数载流子的数量基本恒定,使得外加的反向电压在一定范围内反向电流变化不大。当外界温度升高时,少数载流子的数量增加,反向电流增大。所以温度对反向电流的影响很大。

综上所述,在 PN 结上加正向电压时,PN 结电阻很小,正向电流很大,PN 结处于导通状态;在 PN 结上加反向电压时,PN 结电阻很大,反向电流很微小,PN 结处于截止状态。可见,PN 结具有单向导电性。

【想一想】PN 结只允许电流从半导体的什么区流向什么区? 如何理解 PN 结的单向导电特性?

1.2 半导体二极管

1.2.1 半导体二极管的基本结构与类型

半导体二极管由一个 PN 结组成,在 P 区和 N 区两侧各接上电极引线,再用管壳封装,如图 1-7(a)所示。从 P 区接出的引线称正极(或阳极),N 区接出的引线称负极(或阴极),分别用符号“+”、“-”表示。在电路中,常用普通二极管用图 1-7(b)所示符号表示,图中三角形一侧为正极,另一侧为负极,箭头表示正向电流的流动方向。

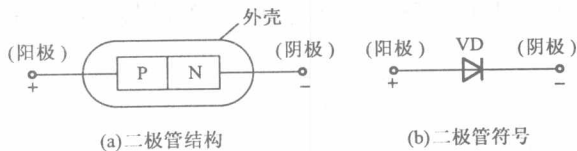


图 1-7 二极管结构及符号

半导体二极管的种类很多,按半导体材料的不同,可分为硅二极管和锗二极管等;按用途的不同,可分为整流二极管、稳压二极管、开关二极管、发光二极管、光电二极管、变容二极管等;按内部结构的不同,可分为点接触型二极管和面接触型二极管两类。点接触型二极管的结构如图 1-8(a)所示,它的 PN 结面积小,因而通过的电流小,但高频性能好,可用于高频和小功率电路。面接触型二极管的结构如图 1-8(b)所示,它的 PN 结面积大,但工作频率较低,一般用于整流电路。

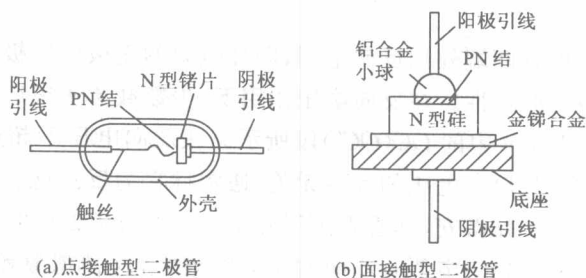


图 1-8 点接触型与面接触型二极管的结构

1.2.2 半导体二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指通过二极管的电流与其两端电压之间的关系。由于半导体二极管的核心是PN结,它的特性就是PN结的特性——单向导电性。为了形象地描述二极管的单向导电性,常利用伏安特性曲线来表示。在二极管两端分别加上正、反向电压,并逐点测量流过的电流,就可以描绘出反映二极管两端电压和流过的电流之间的关系的伏安特性曲线。曲线形状如图 1-9 所示。分析曲线可以得出如下特点:

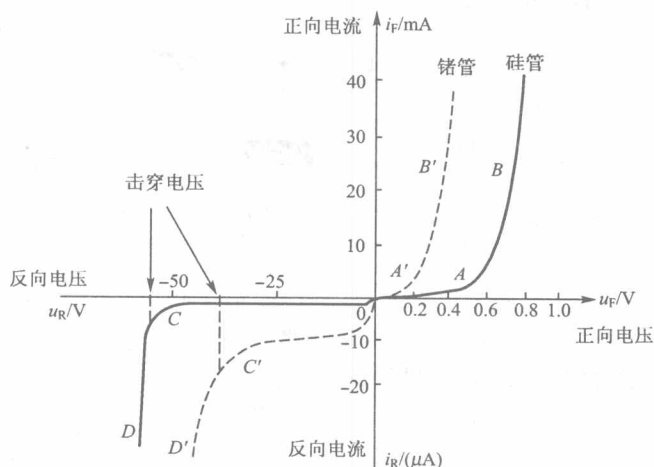


图 1-9 二极管的伏安特性曲线

1. 正向特性

正向特性是指二极管两端外加正向电压,即外电源的正极接二极管的正极,外电源的负极接二极管的负极时的特性。当正向电压较小时,外电场不足以克服内电场的作用,正向电流极小(几乎为 0),二极管基本上处于截止状态,如图 1-9 中的 $OA(OA')$ 段所示。通常将 A 和 A' 点所对应的正向电压分别称为硅管或锗管的死区电压,其大小与半导体材料及环境温度有关。硅管的死区电压约为 0.5 V,锗管的死区电压约为 0.1 V。

当正向电压超过死区电压时,内电场的作用被大大削弱,正向电流就急剧增大,二极管处于导通状态。这时硅管的正向导通压降约为 0.6~0.7 V,锗管约为 0.2~0.3 V。如图 1-9 中的 $AB(A'B')$ 段所示。

2. 反向特性

反向特性是指二极管两端外加反向电压,即外电源的正极接二极管的负极,外电源的负极接二极管的正极时的特性。在反向电压作用下,少数载流子很容易越过 PN 结,形成很小的反向电流。如图 1-9 中的 $OC(OC')$ 段所示。在反向电压不超过某一范围时,反向电流很小,且基本不变,与反向电压的大小无关,通常称它为反向饱和电流。在室温下,锗管的反向饱和电流约为十几微安,硅管则小于 $0.1\ \mu\text{A}$,二极管处于截止状态。

当外加反向电压增加到一定值时反向电流突然增大,这种现象称为二极管的反向击穿,如图 1-9 中的 $CD(C'D')$ 段所示。普通二极管不允许在击穿状态下工作。

3. 温度对特性的影响

当温度升高时,特性曲线将会发生变化,由于温度升高会使半导体激发出更多的载流子,在相同电压下,通过二极管的电流要随温度的升高而增大。这使正向特性曲线随温度的升高而向左移,正向电压减小;反向特性曲线随温度的升高而向下移,反向电流增大。

4. 二极管单向导电性的仿真

(1) 测量二极管正向电压的仿真电路

测量二极管正向电压的仿真电路如图 1-10 所示,图中二极管处于正向偏置,改变 R_2 的值可以改变加在二极管两端的电压值。

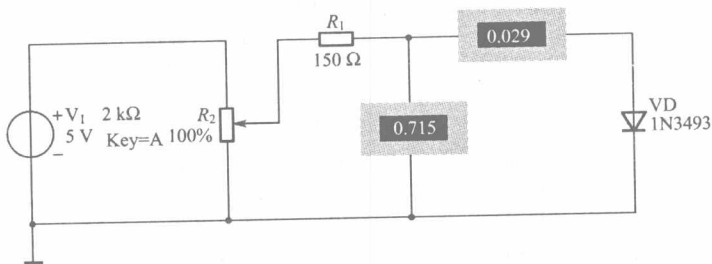


图 1-10 测量二极管正向电压的仿真电路

启动仿真开关,然后敲击字母 A,可依次改变 R_2 的百分比。将电表显示的读数填入表 1-1 中。

表 1-1

R_2	10%	20%	30%	40%	50%	70%	90%
$U_D(\text{mV})$							
$I_D(\text{mA})$							
$R_D = U_D / I_D$							

(2) 测量二极管反向电压的仿真电路

测量二极管反向电压的仿真电路如图 1-11 所示,图中二极管处于反向偏置,改变 R_2 的值可以改变加在二极管两端的电压值。

启动仿真开关,然后敲击字母 A,可依次改变 R_2 的百分比。将电表显示的读数填入表 1-2 中。