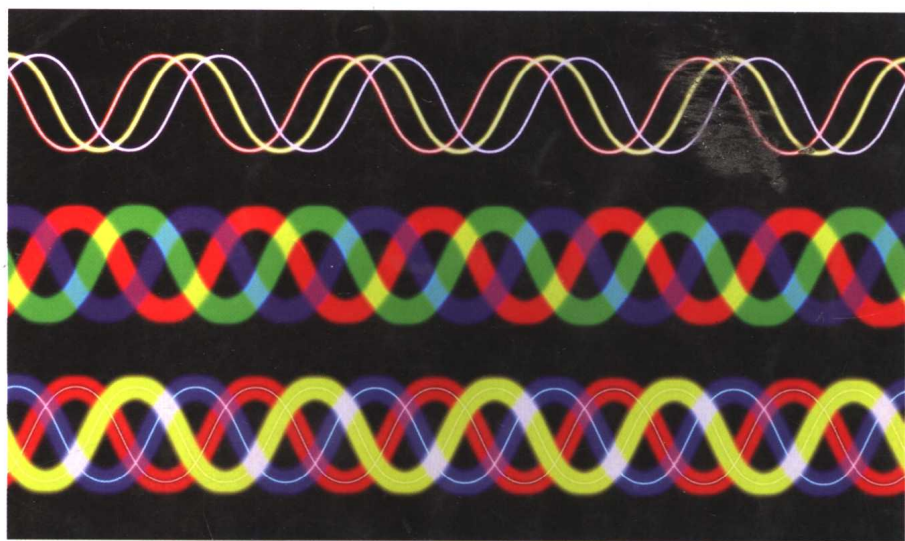
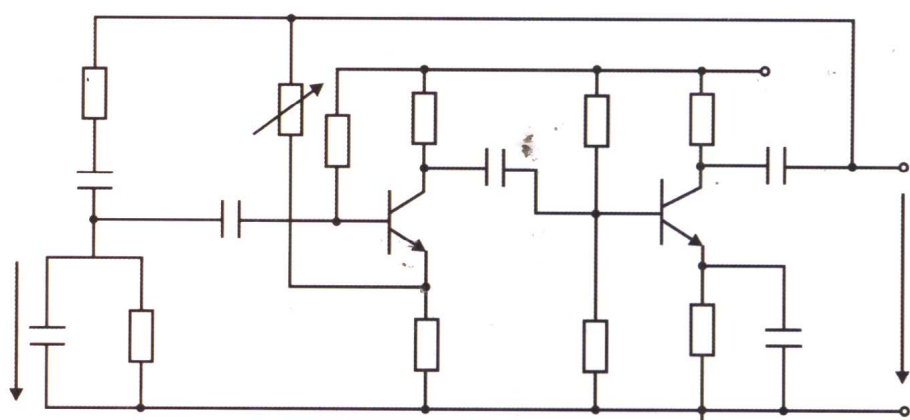


职业技术教育教材

电子技术基础 (上册)

周伟贤 主编

DIANZI JISHU JICHU



中国轻工业出版社

职业技术教育教材

电子技术基础

上 册

周伟贤 主编

李乃夫 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/周伟贤主编. —北京:中国轻工业出版社, 2001.2

中等专业学校教材

ISBN 7-5019-3027-9

I. 电… II. 周… 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(2000)第 73585 号

责任编辑:孟寿萱 责任终审:滕炎福 封面设计:赵小云
版式设计:赵益东 责任校对:燕杰 责任监印:崔科

*

出版发行:中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编:100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话:010—65241695

印 刷:三河市宏达印刷厂

经 销:各地新华书店

版 次:2001年2月第1版 2001年2月第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:22.75

字 数:524千字 印数:1—5000

书 号:ISBN 7-5019-3027-9/TN·008

定 价:40.00元(共2册),本册22.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

为适应机电技术应用专业的专业建设和教材改革的需要,由国家轻工业局机电技术应用专业建设指导委员会和全国轻工中专机电技术应用学会组织编写该专业的系列教材,《电子技术基础》是其中之一。

《电子技术基础》分上、下两册。本书为上册,内容为模拟电子技术和电力电子技术,下册的内容为数字电子技术。作为专业系列教材,本书的内容既要满足本专业对电子技术知识的要求,又要能够与本系列的其他教材相衔接。同时,由于电子技术的教材已有很多,所以作者在编写本书时力求能体现针对性、实用性和先进性。编写的基本思路是:电子器件→功能电路→电路应用。主要内容包括:半导体二极管及整流电路、半导体三极管及放大电路、集成运算放大器及其应用、振荡电路及其应用、电力电子器件及其电路、直流稳压电源、电子电路读图和实用电子电路制作。在内容编排上,既考虑到系统性,又注意到对本专业的适用性,注重介绍电子技术在机电一体化设备和产品中的应用实例,并希望能体现电子技术发展快的特点,因此引入了一些较新的内容(如电力电子器件、中大规模集成电路及其应用)。在叙述方法上,按照当前中等职业教育教学改革的要求,注意突出基本概念、基本原理和基本分析方法;由介绍分立元器件电路的内容结构、内部机理的分析和计算为主,转变为以介绍电路的集成器件的外部特性及应用知识为主;并适当降低了理论深度,降低了对设计、计算能力的要求,相应加强了对分析、应用和电子电路读图能力的要求;注意加强对学生运用知识的能力、继续学习能力和创新精神的培养。

本教材适合当前对中等职业技术人才的培养要求,使学生获得高素质劳动者和中级专门人才必须具有的电子技术基本理论、基本知识和基本技能,并为后续课程的学习准备必要的知识,为今后从事实际工作打下必要的基础。全书的理论教学时数为 150~180,其中上册的理论教学时数为 60~80,其中基础内容为 60 学时,拓宽内容为 10 学时,选用内容为 10 学时(见附表),可供不同学制、专业选择使用。有的选用内容(如“实用电子电路制作”)可安排作学生的课外活动,以提高学生的学习兴趣和应用能力。

本书由广州市轻工业学校周伟贤主编。参加本书前期编写工作的有周伟贤(第一、六章)、辽宁省轻工业学校刘祥(第二章)、天津市第一轻工业学校王丽丽(第三、四章)、南京工业职业技术学院刘美玲(第五、七章及初稿的统稿)。最后由周伟贤改写和补充了各章节的部分内容并进行全书的统稿。广州市轻工业学校李乃夫担任本书的主审,并在全书的编写过程中提出不少宝贵意见。参加审稿的还有全国轻工中专机电技术应用学会会长、南京工业职业技术学院余洵,以及北京市第一轻工业学校肖永生、沈伟东、江苏省淮阴粮食学校卢迎、广州市轻工业学校邝国育。全国轻工中专机电技术应用学会副会长、安徽省轻工业学校程周为编写工作给予了指导,广州市轻工业学校的谭左凤、陆远蓉参加了本

书的绘图和资料整理工作,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,本书的错漏和不当之处在所难免。诚挚地欢迎广大教师和读者对本教材提出宝贵意见。

编者

2000.9

附表： 理论教学学时分配建议表

章 号	内 容	学 时		
		基础	拓宽	选用
绪言		2		
第一章	半导体二极管及整流电路	6		
第二章	半导体三极管及放大电路	18		1
第三章	集成运算放大器及其应用	8		2
第四章	振荡电路及其应用	8	2	2
第五章	电力电子器件及其电路	10	2	
第六章	直流稳压电源	6	1	1
第七章	电子电路读图与制作		3	4
	机 动	2	2	
	总 学 时	60	10	10

注:1. 目录及正文中有 * 号的部分为选用内容。

2 基础学时及拓宽学时的内容,可根据各校本课程的实施性教学大纲或授课专业班级的具体情况,由授课教师确定

内 容 提 要

本书是国家轻工业局机电技术应用专业建设指导委员会和全国轻工中等专业学校机电技术应用学会统一组织编写的教材。全书共分七章。内容是:半导体二极管及整流电路、半导体三极管及放大电路、集成运算放大器及其应用、振荡电路及其应用、电力电子器件及其应用、直流稳压电源、电子电路读图与制作。各章附有小结与习题,参考学时数为 60~80。

本书可作为中等职业学校机电技术应用专业的教材,也可供其他相关专业使用和参考。对于工程技术人员来说,本书也是一本很好的自学教材和技术参考书。

目 录

绪言	(1)
第一章 半导体二极管及整流电路	(3)
第一节 PN 结及其单向导电性	(3)
一、半导体中的载流子	(3)
二、P 型半导体与 N 型半导体	(4)
三、PN 结及其单向导电性	(5)
第二节 半导体二极管及伏安特性	(6)
一、半导体二极管的结构	(6)
二、二极管的伏安特性	(7)
三、二极管的主要参数	(8)
第三节 二极管整流电路	(8)
一、单相半波整流电路	(8)
二、单相桥式整流电路	(10)
第四节 二极管的用途及型号	(12)
一、普通二极管	(13)
二、稳压二极管	(14)
三、发光二极管	(16)
四、光电二极管	(16)
五、变容二极管	(17)
六、开关二极管	(17)
本章小结	(17)
思考题与习题	(18)
第二章 半导体三极管及放大电路	(20)
第一节 半导体三极管及其电流放大作用	(20)
一、半导体三极管的结构	(20)
二、三极管的电流放大作用	(21)
三、三极管的特性曲线	(22)
四、三极管的主要参数	(24)
第二节 共发射极放大电路	(25)
一、共发射极放大电路的组成	(25)
二、直流通路和交流通路	(26)
二、放大电路的静态工作情况分析	(26)
四、放大电路的动态工作情况分析	(28)

五、放大电路的小信号等效电路分析法	(30)
六、放大电路的主要性能指标及其计算	(31)
第三节 静态工作点的设置和稳定	(34)
一、静态工作点的设置	(34)
二、静态工作点的调整	(35)
三、静态工作点的稳定	(36)
四、稳定静态工作点的分压式偏置放大电路	(36)
第四节 射极输出器	(38)
一、电路的组成	(38)
二、射极输出器的分析和特点	(38)
三、射极输出器的应用	(40)
第五节 多级放大电路	(40)
一、放大电路的耦合方式	(40)
二、阻容耦合多级放大电路	(41)
三、阻容耦合多级放大电路的频率特性	(43)
第六节 直流放大电路	(45)
一、直接耦合放大电路存在的问题	(45)
二、基本差动放大电路	(46)
三、长尾式差动放大电路	(48)
* 四、具有恒流源的差动放大电路	(50)
第七节 功率放大电路	(51)
一、功率放大电路的分类	(51)
二、直接耦合乙类互补对称功率放大电路	(52)
三、单电源甲乙类互补对称功率放大电路	(53)
四、集成功率放大电路	(54)
第八节 场效应管及其放大电路	(55)
一、结型场效应管	(56)
二、绝缘栅场效应管	(58)
三、场效应管放大电路分析	(59)
四、场效应管的特点	(60)
五、使用场效应管的注意事项	(61)
第九节 常用三极管的型号和特点	(61)
一、低频三极管	(61)
二、高频三极管	(61)
三、开关三极管	(62)
四、功率三极管	(63)
本章小结	(64)
思考题与习题	(65)

第三章 集成运算放大器及其应用	(68)
第一节 集成运算放大器	(68)
一、集成运算放大器概述	(68)
二、理想运算放大器	(69)
第二节 负反馈放大电路	(70)
一、反馈的基本概念	(70)
二、负反馈电路的类型	(72)
三、负反馈放大电路中各信号量之间的关系	(73)
四、负反馈对放大电路性能的影响	(74)
第三节 集成运算放大器的应用	(75)
一、反相运算电路	(75)
二、同相运算电路	(78)
三、差动运算电路	(79)
* 四、积分(运算)电路	(80)
* 五、微分(运算)电路	(80)
六、电压比较器	(81)
七、交流放大电路	(82)
第四节 常用运算放大器的种类、型号及特点	(83)
一、通用型运算放大器	(83)
二、专用型运算放大器	(85)
本章小结	(85)
思考题与习题	(86)
第四章 振荡电路及其应用	(89)
第一节 正弦波振荡电路的基本知识	(89)
一、自激振荡原理	(89)
二、振荡的建立和稳定	(90)
三、正弦波振荡电路的组成	(90)
第二节 RC 正弦波振荡电路	(90)
一、RC 串并联网络的选频特性	(90)
二、RC 桥式正弦波振荡电路	(91)
三、集成运放组成的 RC 桥式振荡电路	(92)
第三节 LC 正弦波振荡电路	(93)
一、LC 并联谐振电路	(93)
二、变压器反馈式 LC 振荡电路	(94)
三、电感三点式 LC 振荡电路	(94)
四、电容三点式 LC 振荡电路	(95)
第四节 石英晶体振荡电路	(95)
一、石英晶体的结构及振荡原理	(96)

二、石英晶体的等效电路	(96)
三、谐振频率	(97)
四、石英晶体振荡电路	(97)
* 第五节 非正弦波振荡电路	(98)
一、非正弦波振荡电路的构成	(98)
二、矩形波发生器	(100)
三、锯齿波发生器	(101)
第六节 振荡电路应用举例	(103)
一、振荡电路基本技术指标	(103)
二、振荡电路应用举例	(105)
本章小结	(108)
思考题与习题	(109)
第五章 电力电子器件及其电路	(111)
第一节 普通晶闸管	(111)
一、晶闸管的结构	(112)
二、晶闸管导通、关断的条件	(112)
三、晶闸管的工作原理	(113)
四、晶闸管的伏安特性	(114)
五、晶闸管的主要参数	(114)
第二节 晶闸管可控整流电路	(115)
一、单相半波可控整流电路	(116)
二、单相桥式可控整流电路	(118)
三、三相可控整流电路	(120)
第三节 其他电力电子器件介绍	(121)
一、光控晶闸管	(121)
二、逆导晶闸管	(121)
三、双向晶闸管	(122)
四、可关断晶闸管	(122)
五、绝缘门极晶体管	(123)
六、功率集成电路	(123)
第四节 电力电子电路介绍	(123)
一、直流斩波电路	(124)
二、逆变电路	(126)
三、变频电路	(128)
四、交流调压电路	(129)
第五节 电力电子器件的触发电路	(133)
一、普通晶闸管触发电路	(133)
二、可关断晶闸管触发电路	(135)

二、绝缘门极晶体管触发电路	(136)
第六节 电力电子器件的保护电路	(137)
一、电力电子器件的过电流保护	(137)
二、电力电子器件的过电压保护	(138)
本章小结	(139)
思考题与习题	(141)
第六章 直流稳压电源	(143)
第一节 直流稳压电源概述	(143)
一、分类和构成	(143)
二、主要技术指标	(144)
第二节 滤波电路	(145)
一、电容滤波	(145)
二、电感滤波	(147)
三、复式滤波	(148)
* 四、有源滤波	(148)
第三节 线性稳压电路	(149)
一、分立元件串联型稳压电路	(150)
二、集成稳压器	(151)
第四节 开关稳压电路	(153)
一、开关稳压电路的构成和分类	(154)
二、变压器耦合单端反激式电路工作原理	(155)
三、变压器耦合单端反激式开关电路实例	(156)
本章小结	(157)
思考题与习题	(158)
第七章 电子电路读图与制作	(160)
第一节 电子电路读图	(160)
一、基本方法和步骤	(160)
二、电子电路读图举例	(161)
* 第二节 实用电子电路制作	(164)
一、电压可调烙铁电源架	(164)
二、电话防盗用报警器	(165)
三、电话机助响铃	(167)
四、电子温度计	(168)
五、新颖变调门铃	(170)
六、光控延时壁灯	(170)
七、具有稳光功能的调光器	(172)
附录	(174)
附录一 半导体分立器件型号命名方法	(174)

附录二	几种常用二极管的型号与主要参数·····	(176)
附录三	几种常用三极管的型号与主要参数·····	(177)
附录四	集成运算放大器技术数据·····	(180)
附录五	几类电力电子器件的技术数据·····	(182)
附录六	三端固定式集成稳压器的技术数据·····	(188)
参考文献	·····	(189)

绪 言

本书是专为中等职业学校机电一体化专业(或称机械电子技术应用专业)而编写的教材。

机电一体化技术是怎样一种技术呢?顾名思义,“一体化”的含义是指多种事物的有机结合,从而成为统一的整体,而“机电技术”是指机械技术和电子技术。所以,“机电一体化技术”简言之即机械技术与电子技术有机结合,使系统(即产品设备)达到整体最优。现在机电一体化技术已成为世界各国,特别是技术先进国家大力发展的科学技术领域,机电一体化技术的形成及发展使国民经济建设的各个领域及日常生活都发生了深刻的变革。

机械技术的出现使人们得以从繁重的手工操作中解放出来。后来电气技术的发展使机械运动实现了电气自动化。再后来电子技术的出现和迅猛发展,特别是微电子技术的发展,使集成电路从小规模、中规模发展到大规模、超大规模,更使计算机技术发生了深刻的变化。从而使生产过程自动化成为现实。电子技术与机械技术相结合使机械产品设备达到体积小、外型美、功能多、性能优、功耗小、寿命长的理想境界。所以说电子技术是机电一体化专业学生所必需掌握的关键性的专业基础课程。

电工技术主要以电磁原理及电路原理为基础。而现今的电子技术则主要以半导体器件及半导体集成块为基础,结合电路理论,使具有不同特性的各式各样的半导体器件及其集成块组成了具有不同作用的电路。因此,本书着重介绍半导体器件的外特性,至于内部结构及电子运动机理则只作简单介绍。掌握半导体器件的外特性,结合电路理论分析电路的功能是本书的目的,即行话所说“管为路用”。

电子技术是研究电子器件、电子电路及其应用的一门科学。按工作信号的不同分为模拟电子技术部分和数字电子技术部分。模拟电子技术的工作信号是随时间作连续变化的信号,例如各种频率的正弦波电压信号。模拟电子技术主要研究微弱信号的放大和各种连续信号的产生与变换。其基本内容有整流稳压电路、放大电路、正弦波振荡电路和晶闸管电路。数字电子技术的工作信号在时间上是不连续的。其基本内容有逻辑代数、基本门电路、脉冲电路及各种逻辑电路。本书上册是模拟电子技术部分,下册是数字电子技术部分。

电子电路按组成结构可分为分立器件电路和集成电路。目前随着集成电路技术的飞速发展,各种功能块、集成件正逐步成为电子电路的核心,所以,本书应用的重点放在集成电路上,而在基本原理介绍方面则仍考虑采用一些分立器件电路,以利于学生理解和接受。

电子线路有别于直流电流电路和交流电路,在直流电路和交流电路中只有单一的直流电信号或交流电信号。而在电子线路中往往同时存在直流和交流两种电信号。而交流信号也并非只有单一的正弦波信号。在电路分析方法上,电子线路也有其特别之处,例如逻辑电路的分析,就不同于一般电路的分析,我们在学习中,一定要克服以往所形成的思

维方式的束缚,在与过去的知识比较中接受新的知识、新的思维方式。

纵观电子技术(或电子学)的发展史,可以从三个方面来衡量其发展。第一,从电子元器件的更新换代来看,爱迪生效应发现后不久,产生了电子管,到了 20 世纪 40 年代末出现了晶体三极管,其后在 60 年代出现了大规模和超大规模集成电路,就这样,电子技术的应用产生了一个接一个的飞跃。第二,从电磁频谱的拓展来看,在电子技术发展初期,无线电波只限于中波频率,其后短波通信得到广泛的应用,之后从短波到超短波直至微波,20 世纪 60 年代初期出现了激光,从而引发了通讯技术的一场革命。可以说电子技术的发展正是电磁频谱的拓展史。第三,从电子学与其他学科的结合和渗透的深度以及电子技术推广应用的广度来看,电子学与天文学结合产生射电天文学及雷达天文学,这使得人们对地球之外的宇宙有了更深刻的认识。电子学与电力学、自动控制技术相结合,产生了电力电子学,使电子技术的应用从弱电领域扩展到了强电领域。近期,机电一体化技术的产生和发展以及已经开始的信息革命标志着电子技术的发展已到了一个崭新的阶段。

愿本书能为您跨入电子学的殿堂铺路。

第一章 半导体二极管及整流电路

半导体是导电能力介于导体与绝缘体之间的物质。例如:硒、锗、硅及许多金属氧化物和硫化物等都是半导体。锗、硅这类半导体物质,由于其原子外层有四个电子,相邻原子间形成了“共价键”的结构,所以这类的物质原子排列有序,呈晶体状态。晶体有单晶和多晶之分。所有原子均按一定规律整齐排列的称为单晶体;大量的单晶颗粒杂乱排列就形成多晶体。制造半导体器件需用单晶材料,因此,半导体管也称为晶体管。

由于其原子结构的特殊性,半导体在温度变化、光照、外加磁场、掺入杂质等外界条件的作用下会发生导电能力的显著变化。正是利用半导体的这些特性,经不同的工艺过程,制成了具有各种不同性能的半导体器件,包括分立器件和集成电路器件。这些器件在电子技术飞速发展的过程中扮演着重要的角色。

自1948年美国贝尔研究所制造了第一只半导体三极管后,半导体技术迅猛发展。因为半导体器件不同于电子管(又称真空管),它不需要用玻璃壳密封的炽热灯丝发射电子,所以半导体器件具有体积小、重量轻、耗电少、寿命长、易于集成、工作可靠等一系列优点,在电子技术的发展中逐步替代了电子管器件。

第一节 PN 结及其单向导电性

一、半导体中的载流子

载流子是在外电场作用下能定向运动形成电流的带电粒子的总称。

在金属导体中,原子外层的电子挣脱原子核的束缚成为自由电子,余下的原子结构成为稳定结构。这些带负电的自由电子在外电场的作用下,作定向运动形成电流。所以说带负电荷的自由电子是载流子的一种,金属导体中的载流子只有自由电子一种。

半导体是一些如锗、硅等的四价元素,其原子外层的四个电子分别与相邻的四个原子中的一个外层电子相联系形成共价键结构(见图 1-1),使得各原子构成外层为八个电子的稳定结构。这些形成共价键的外层电子称为价电子。在绝对零度(-273°C),半导体没有能在外电场作用下定向运动的带电粒子,所以没有导电能力。但当温度升高(或受光照等),少数价电子获得足够能量挣脱原子核和共价键的束缚成为自由电子,但共价键不会因此而受破坏,相反它渴望能有另外的电子加入,替代原有的价电子的位置从而形成稳定结构。这样当半导体在外电场的作用下,除了自由电子能定向运动外还出现

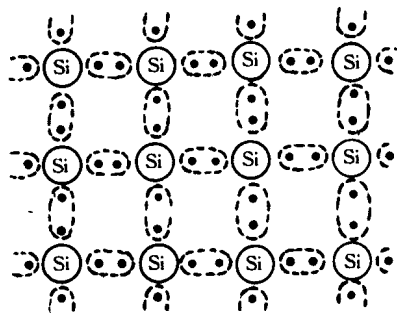


图 1-1 单晶硅平面结构示意图

了相邻原子间的价电子的递补运动(见图 1-2),这也是一种带电粒子的定向运动从而形成电流。也就是说在半导体中除了自由电子外,价电子也可能成为载流子。为了明显地区分这两种不同的载流子,可以用相对运动的观点来看待价电子的运动,假定参与定向运动的价电子是静止的,则可以认为有一种我们称之为“空穴”的粒子在作反方向的定向运动。显然,空穴应带正电,这样其运动才能与价电子的定向运动等效。

综上所述,半导体中存在两种能导电的载流子,即自由电子和空穴。在半导体器件中,只有其中一种载流子参与导电的被称为单极型器件(如场效应管),两种载流子均参与导电的被称为双极型器件(如半导体二极管和半导体三极管)。

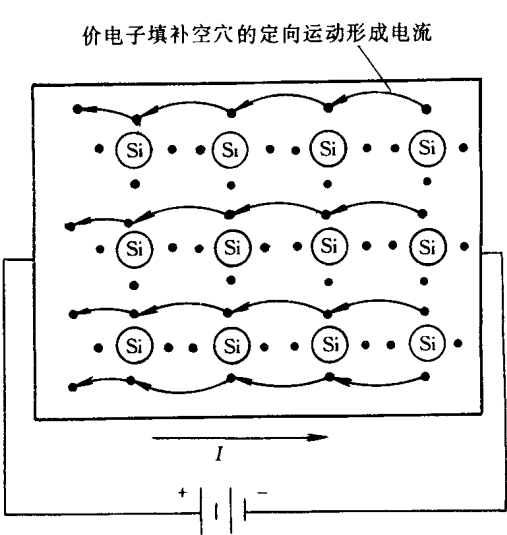


图 1-2 在外电场作用下“空穴”电流示意图

二、P 型半导体与 N 型半导体

1. P 型半导体

纯净半导体(亦称为本征半导体)中,一个价电子被激发成为自由电子,相应就产生一个空穴,所以其自由电子数与空穴数是相等的,称之为自由电子—空穴对。当然,自由电子亦会进入空穴,使相应的自由电子和空穴“消失”,这称为复合。但如果在纯净半导体(如硅 Si)中掺入三价元素硼 B(或铟 In、镓 Ga、铝 Al),则由于 B 原子只能提供三个价电子,要形成稳定结构还需要一个价电子,从而形成一个空穴,如图 1-3(a)所示。这部分空穴是因掺杂而产生的,没有等量的激发自由电子与之对应。因此在这些掺杂半导体中,空穴载流子的数目多于自由电子载流子,空穴是多数载流子,简称多子;自由电子是少数载流子,简称少子,如图 1-3(b)所示。这类半导体靠空穴的增多而显著地提高了其导电能力,故称之为空穴型半导体或 P 型半导体*。

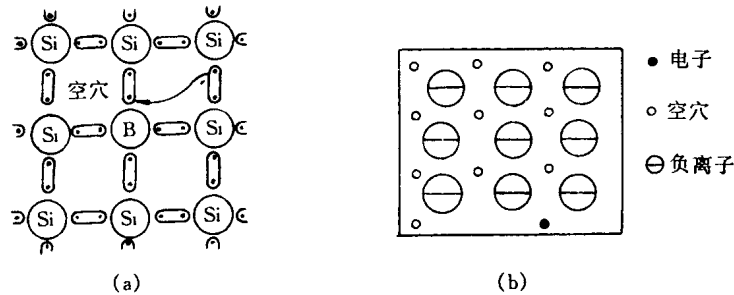


图 1-3 P 型半导体结构示意图

(a)单晶硅掺硼示意图 (b)结构简图

* P 是 Positive(正的、阳性的)的字头。

2. N 型半导体

若在纯净半导体中掺入五价元素磷 P(或砷 As、锑 Sb),则情况恰好相反,其外层的五个电子,有四个成为价电子,而多余的一个电子很容易挣脱原子核的束缚成为自由电子,如图 1-4(a)所示。因此这类半导体中,自由电子载流子的数目多于空穴载流子。自由电子是多子,空穴是少子,如图 1-4(b)所示。这类半导体的主要导电途径是自由电子,故称之为电子型半导体或 N 型半导体*。

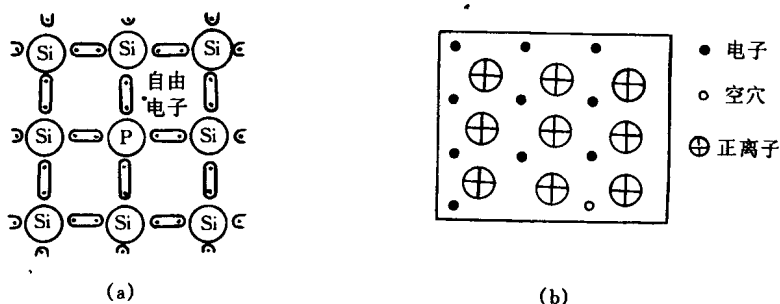


图 1-4 N 型半导体结构示意图

(a)单晶硅掺磷示意图 (b)结构简图

综上所述,由于掺杂元素之不同,存在着两种类型的掺杂半导体,即 P 型半导体和 N 型半导体。前者空穴数目多、浓度大,后者自由电子数目多、浓度大。它们的导电能力均显著高于纯净半导体。应注意,它们仍然呈电中性。

三、PN 结及其单向导电性

一块 P 型或 N 型半导体,虽然导电能力增强了,但它们实用价值并不大。若通过一定的工艺过程将一块 P 型半导体和一块 N 型半导体结合在一起,则由于这两种半导体的载流子浓度的差异,从而产生一系列的物理变化过程,最后在它们的结合处形成了一个有特殊功能的薄层,称为 PN 结,如图 1-5 所示。其实质是一个没有载流子的空间电荷区,亦称为高阻区、耗尽层(因该空间没有能形成电流的载流子)或阻挡层(因该电荷区形成一个电场,阻碍多子的运动)。

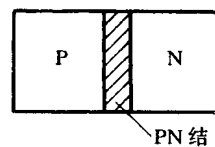


图 1-5 PN 结示意图

PN 结是各种具有不同性能的半导体器件的构成基础。PN 结具有单向导电性,亦即电流只能从 P 端流向 N 端,不能从 N 端流向 P 端。若将电源的正极接 PN 结的 P 端,电源的负极接 PN 结的 N 端,称为给 PN 结加上正向电压,或曰使 PN 结正向偏置,反之称为给 PN 结加上反向电压,或曰使 PN 结反向偏置。当 PN 结加上正向电压(简称正偏)时,PN 结的空间电荷区变薄,电阻很小,电路流过较大的电流,称为正向导通,其电流称为正向电流(由多子形成),如图 1-6(a)所示。相反,当 PN 结加上反向电压(简称反偏)时,PN 结的空间电荷区变厚,电阻变得非常大,只有微小的电流通过,称为反向截止,其电流称为反向电流(由少子形成),如图 1-6(b)所示。值得注意的是反向电流虽然很微小,但当温度升高时它会加倍增大,对半导体器件的导电性能产生影响,这也是半导体器

* N 是 Negative(负的、阴性的)字头。