

电子基础

电气检修工人中级技术培训教材

庄绍君 编 施引萱 审

dianzi jichu

成都科技大学出版社

电 子 基 础

庄绍君 编

施引萱 审

成都科技大学出版社

电 子 基 础

庄绍君 编 施引荃 审
责任编辑 毕腾弟

成都科技大学出版社出版发行
四川省新华书店经销
成都市前进印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：10.5625
字数：228千字 印数：1—13000

ISBN7—5616—0149—2/TN·7

定价：3.10元

前 言

受“全国化工技术培训教材编审委员会”的委托，由吉林化学工业公司负责，组织了有关学校、科研、生产等单位的教师、工程技术人员，根据一九八八年一月化工部教育司、劳资司（88）化教培字第004号文批准的《化工维修电工中级技术理论培训教学计划、教学大纲》，以及部颁《化工工人技术等级标准》中维修电工四至六级工应知应会的要求，编写了这套教材。

全套教材共有五本书，包括《电工数学》、《电工机械基础》、《电工学基础》、《电子基础》和《维修电工工艺学》。本套教材以专业课为主，课时量占总课时的38%。编写过程中考虑了化工生产的易燃、易爆、易腐蚀的特点，还考虑了通俗易懂，便于自学，有较强的针对性、实践性，知识的起点适度。书中全部采用了法定计量单位和国标。本套教材也是化工部指定的电气工人的岗位培训使用教材，也可作化工中等专业学校、化工技工学校及职业技术学校师生的参考书，更是化工厂的电气工程技术人员的有价值的参考书。

本书共分七章，分别介绍了晶体管的基本工作原理、晶体管交流放大器、直流放大器、晶体管正弦振荡器、晶体管

开关电路、整流电路和稳压电路、可控硅整流电路以及特殊的半导体原器件。本书结合每一章的内容特点，提供了一些实例分析，供读者在实践中参考。

本书由庄绍君同志编写，施引萱同志审阅。

由于我们水平有限，缺乏经验，时间紧迫，难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 晶体管的基本工作原理	1
第一节 半导体的基本知识	1
一、什么是半导体.....	1
二、P 型半导体 和N型半导体.....	4
三、PN 结和它的单向导电性.....	5
第二节 晶体二极管	8
一、二极管的结构.....	8
二、二极管的特性.....	9
三、二极管的主要参数.....	11
四、二极管的简易测试.....	12
第三节 晶体三极管	13
一、三极管的构造.....	13
二、三极管的电流放大作用.....	14
三、晶体管的输入与输出特性.....	18
四、三极管的主要参数和测试.....	23
本章小结.....	29
习题和思考题.....	30
第二章 晶体管交流放大器	32
第一节 晶体管放大器的组成和工作原理	32
第二节 晶体管放大电路的基本分析方法	36
一、放大电路的图解分析法.....	36
二、放大电路的微变等效电路分析法.....	46
三、放大器的直流偏置电路.....	51

第三节 阻容耦合放大器	58
第四节 放大器中的负反馈	62
一、概述.....	62
二、反馈在放大器中的作用.....	64
三、负反馈的基本电路和工作原理.....	68
第五节 射极输出器	72
第六节 晶体管功率放大器	74
一、单管功率放大器.....	75
二、推挽功率放大器.....	79
三、无输出变压器的功率放大器.....	84
第七节 应用举例	87
一、电感比较仪中电压放大器.....	87
二、手提式晶体管扩音机.....	88
本章小节.....	90
习题和思考题.....	93
第三章 直流放大器	96
第一节 直接耦合放大器	97
一、采用发射极电阻的直接耦合电路.....	98
二、采用NPN和PNP型晶体管直接耦合电路.....	100
第二节 差动式直流放大电路	104
一、差动式放大电路的基本原理.....	104
二、具有公共发射极电阻的差动电路.....	108
三、具有辅助电源的差动放大器.....	109
四、恒流源差动放大器.....	112
五、差动式电路的输入和输出的接线方式.....	114
第三节 应用举例	118

一、电磁调速异步电动机的晶体管调速系统	118
二、直流电机的调速系统	120
三、F-2J型直流放大器	122
第四节 调制式直流放大器	124
本章小节	127
习题和思考题	129
第四章 晶体管正弦振荡器	131
第一节 振荡现象和振荡条件	131
第二节 LC型正弦振荡器	136
一、LC并联谐振回路的选频特性	136
二、变压器反馈式LC振荡器	138
三、电感反馈式LC振荡器	139
四、电容反馈式LC振荡器	141
第三节 RC移相式振荡器	142
一、RC移相电路	143
二、RC移相式正弦振荡器	145
第四节 应用举例	147
一、晶体管接近开关	147
二、电视机本机振荡电路	151
三、地下金属管道探测仪	151
本章小节	153
习题和思考题	154
第五章 晶体管开关电路	156
第一节 晶体管开关特性	157
一、二极管的开关特性	157
二、晶体管的开关特性	160

三、晶体管反相器·····	163
四、应用举例·····	167
第二节 双稳态电路·····	171
一、双稳态的工作原理·····	171
二、双稳态电路的稳定条件及主要参数·····	175
三、双稳态电路的触发方式·····	176
四、应用举例·····	180
第三节 单稳态和无稳态电路·····	185
一、集—基极耦合的单稳态电路·····	186
二、无稳态电路——自激多谐振荡器·····	193
三、应用举例·····	195
第四节 锯齿波发生器和间歇振荡器·····	197
一、锯齿波的产生·····	198
二、具有补偿电压的锯齿波电路·····	201
三、以晶体管为恒流源的锯齿波电路·····	203
四、电容负反馈锯齿波电路·····	204
五、应用举例·····	208
六、间歇振荡器·····	211
本章小结·····	217
习题和思考题·····	219
第六章 整流电路和稳压电源·····	222
第一节 单相整流电路·····	223
一、单相半波整流电路·····	223
二、单相全波整流电路·····	226
三、单相桥式整流电路·····	229
第二节 滤波电路·····	232

一、电容滤波	233
二、电感滤波	236
三、L型滤波器	237
四、 π 型滤波器	238
五、 π 型RC滤波器	238
第三节 三相桥式整流电路	239
第四节 倍压整流电路	242
第五节 稳压电路	242
一、硅稳压管稳压电路	245
二、晶体管串联型稳压电路	248
本章小结	251
习题和思考题	254
第七章 可控硅整流电路	257
第一节 可控硅的基本原理	257
一、可控硅的工作原理	256
二、可控硅的工作特性和参数	260
第二节 单相可控硅整流电路	264
一、单相半波可控整流电路	264
二、单相全波可控整流电路	271
三、单相半波桥式整流电路	273
四、三相半波桥式整流电路	278
五、可控硅的串并联及保护回路	285
第三节 可控硅整流电路的触发电路	297
一、概述	297
二、单结晶体管触发电路	299
三、阻容桥移相的触发电路	308

四、利用交直流迭加进行移相的晶体管触发电路	310
五、应用举例	312
本章小结	317
习题和思考题	319
附录一 半导体器件型号命名方法	319
附录二 常用电阻、电位器和电容器的型号	321
附录三 常用二极管特性表	323
附录四 常用三极管的主要特性	326
附录五 硅单结晶体管特性表	328

第一章 晶体管的基本工作原理

第一节 半导体的基本知识

一、什么是半导体

根据物质导电性能，自然界里的物质可分为导体、绝缘体和介于两者之间的半导体三大类。金、银、铜、铝等金属材料导电能力较强，称为导体。而塑料、云母、陶瓷、橡胶、石英等物质一般情况下不能导电，尽管施加较高的电压，仍然基本上没有电流，所以称它为电的绝缘体。而锗、硅、硒及许多金属氧化物和硫化物，它们的导电性能介于导体和绝缘体之间，就被称为半导体。

大家知道，任何物质都是由分子构成的，分子由原子构成，原子又由带负电荷的电子和带正电荷的原子核构成。电子分层围绕着原子核作不停的旋转运动，其中内层的电子受原子核的吸引力较大，外层的则吸引力较小。

就金属材料来说，其原子外层电子受原子核的束缚力最小，因此有大量的电子摆脱了原子核的束缚而成为自由电子（又称为载流子），因而它的导电性能强。就绝缘体而言，其外层电子受原子核的束缚力很大，因而电子很不容易摆脱束缚，

形成的自由电子少，所以绝缘体的导电性能很差。而半导体材料的原子结构比较特殊，其外层电子既不象金属导体那样容易挣脱出来，也不象绝缘材料那样束缚很紧，所以它的自由电子数目不会太多也不会太少，这就决定了它的导电性能介于两者之间。

图 1-1 是硅原子的结构图，它的外层有四个电子。通常称元素最外层的电子为价电子，有几个价电子就称为几价元素，所以硅元素是四价元素。

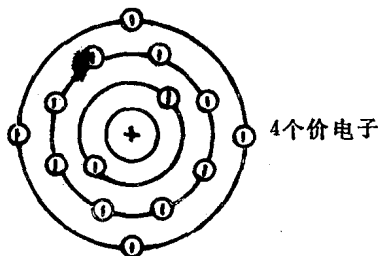


图1-1 硅的原子结构图

纯净的半导体又称为本征半导体，由于它的内部原子的排列是有一定的规律，即构成所谓晶体结构，因此又把半导体材料称为晶体。晶体管就由此而命名的。图 1-2 是硅晶体的结构情况，从图中可以看出，每个原子的最外层四个电子不仅受自身原子核束缚，而且还与周围四个相邻的原子发生联系。构成共价键结构，见图 1-2 (a)。当半导体受热或受光照时，由于热运动加速，就有少数电子可能摆脱共价键的束缚而成为自由电子。同时在原来的位置上就缺少一个电子，产生了一个空位，我们称它为“空穴”，见图 1-2 (b)。有了这么一个“空穴”，附近的电子就很容易来填补，从而形成电

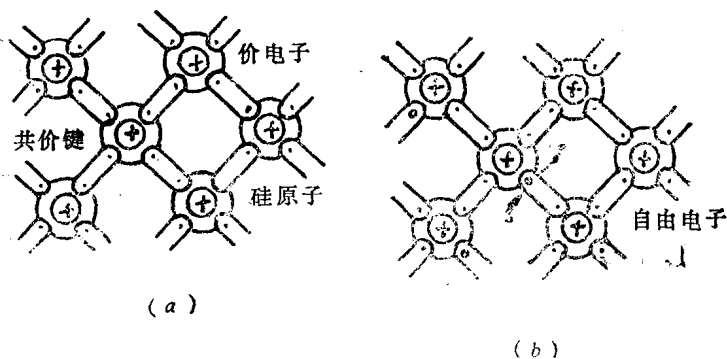


图1-2 硅晶体共价键结构

子运动，使邻近原子又出现新的空穴。如此继续下去，形成了一个和束缚电子运动方向相反的空穴运动。就好像一个正电荷粒子沿着电子运动方向运动着，打个比喻，就好像大家在剧场看节目，如果前排走了一个人，出现了空位，后面的人就依次填补空位向前坐，看起来就象空位向后运动。显然这种空位的移动同没有坐位的人到处走动不一样，后者好比自由电子的运动，而前者好比空穴运动。显然，空穴也是一种载流体。

由此可见，当半导体在外电场的作用下，通过它的电流可以看作两部分组成的：一部分是自由电子的定向运动所形成的电子电流，另一部分是空穴运动所形成的空穴电流。在半导体中不仅有电子载流体，还有空穴载流体，这是半导体导电的一个重要特性，也是它同金属导体在导电原理上的最大差别。

二、P型半导体和N型半导体

上面介绍的纯净半导体，它的自由电子和空穴较少，因而导电性能较差。如果在其中适当地掺入杂质，就能提高半导体的导电能力（即自由电子或空穴增多）。根据掺杂物质不同，就形成两种不同类型的半导体。

I. N型半导体

如果在硅晶体中掺入微量的五价元素磷(P)、砷(As)、锑(Sb)等，晶体中就会出现许多被排斥在共价键以外的自由电子，见图1-3(a)，这种半导体中，电子是多数载流子，而空穴是少数载流子。导电作用主要有电子决定，故称为电子型半导体，简称N型半导体。

2. P型半导体

如果在硅晶体中掺入微量的三价元素硼(B)，晶体中一些共价键就会缺少电子而形成空穴，见图1-3(b)。这些空穴远远超过掺杂前的空穴数量。在这种半导体中，空穴是多数载流子，而电子则为少数载流子，导电作用主要由空穴决定的，所以叫做空穴型半导体，简称P型半导体。

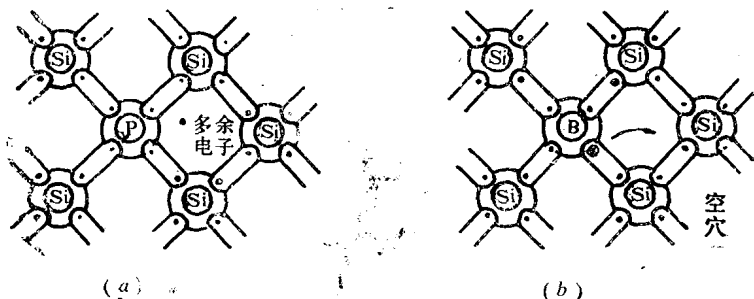


图1-3 N、P型半导体的结构图

综上所述,在本征半导体中掺入适量的有用杂质后,可以使半导体的导电性能大大增加,由此获得所需的P型半导体或N型半导体,作为各种半导体器件的组成部分。

三、PN结和它的单向导电性

单纯的P型半导体和N型半导体,虽然导电能力很强,但不能构成晶体管。如果用特殊工艺将N型半导体与P型半导体结合在一起,那么在交界处就会形成一个PN结。PN结是晶体二极管、三极管、可控硅等半导体器件的基础。

如图1-4,在一块半导体上,左边是P型区,右边是N型区。在P型区,空穴多,而在N型区电子多,它们在交界面上就会发生多数载流子的扩散运动。也就是说,P区的空穴要向N区扩散,而N区的电子要向P区扩散。

在交界面附近,由于扩散运动,N区的一部分带负电荷的电子向P区移去,使其在交界面一侧很薄的一层,因电子移走而带正电。

同样在交界面的P区一侧的很薄的一层,由于空穴的移走而带负电,见图1-4(a、b)。这样就在交界面附近出现了一个空间电荷区,形成了电场。这个空间电荷区就称为PN结。

因为构成PN结的空间电荷区的一边带正电,另一边带负电,这和带不同电荷的平行板电容器产生的电场相似,叫作PN结的内电场。它的方向由正电荷区指向负电荷区,即由N区指向P区。见图1-4(c)。这个电场对多数载流子的扩散起阻碍作用,即阻止P区的空穴向N区扩散,同时阻止N区的电子向P区扩散。但是对少数载流子的运动却不起阻碍

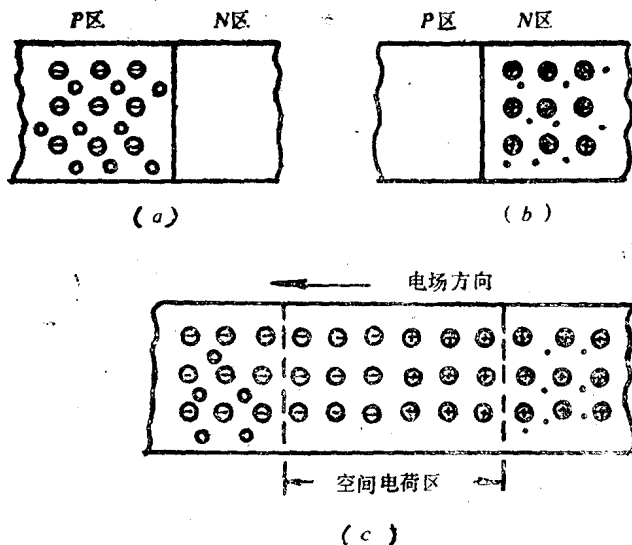


图1-4 PN结的形成

作用。因而P区的电子在内电场的作用下，将会越过PN结，进入N区，同样N区的空穴在内电场的作用下，就会越过PN结进入P区。内电场对少数载流子的作用，叫作漂移作用。这些少数载流子的运动叫做漂移运动。

由此可见，PN结内电场对多数载流子和少数载流子的作用是不相同的，它阻碍多数载流子的扩散作用，促进少数载流子的漂移作用，帮助它们越过PN结。

实际上，在扩散开始，扩散运动占优势，随着多数载流子扩散运动的进行，空间电荷区越来越厚，阻碍扩散运动的