

化工工人技术理论培训教材



电子技术基础

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社



化工工人技术理论培训教材

电子技术基础

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术基础/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997
化工工人技术理论培训教材
ISBN 7-5025-1941-6

I. 电… II. ①化… ②化… III. 电子技术-基础理论-技术培训-教材 IV. TN01

· 中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 18554 号

化工工人技术理论培训教材

电子技术基础

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 张建茹

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市燕山联营印刷厂印刷

北京市燕山联营印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10½ 字数 293 千字

1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—6000

ISBN 7-5025-1941-6/G · 547

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换。

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要，提高工人的技术理论水平和实际操作技能，我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求，组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中，遵循了“坚持标准，结合实际，立足现状，着眼发展，体现特点，突出技能，结构合理，内容精炼，深浅适度”的指导思想，以“等级标准”为依据，以“计划和大纲”为蓝图，从有利于教师教学和方便工人自学出发，力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容，在编制教学计划和划定大纲时，在充分理解等级标准的基础上，吸取了国外职业教育的成功经验，对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解，作为理论教学的基本单位，称之为“单元”。在计划和大纲中，168 个工种按五个专业大类（及公共课）将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动，把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起，分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册：《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写作》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心
1996年3月

内 容 提 要

本书由三个单元组成。电子技术基础单元共分七章,主要介绍晶体管的基本构造,工作原理及主要参数;三极管交流放大电路及反馈;正弦波振荡电路;直流放大电路;集成运算放大器及稳压电源的组成、工作原理、分析方法等。

半导体整流技术单元共分六章。主要对整流电路的原理、特点;晶闸管的结构,主要参数;单相、三相桥式、晶闸管可控整流电路的原理、特点,并对可控硅装置的调试方法分别作了介绍。

数字电路单元共分四章。主要对逻辑门电路;逻辑代数基础,组合逻辑电路,时序逻辑电路的基本概念、运算、设计方法及电路结构形式作了介绍。

本书是从事电气、仪表工作的同志的重要技术专业必修书,尤其适用于化工行业从事此项工作的广大工人,技术人员学习使用。

目 录

电子技术基础 (公 004)	(1)
第一章 晶体管的基本工作原理	(2)
第一节 半导体基本知识	(2)
第二节 二极管及稳压管	(7)
第三节 三极管及场效应管	(11)
本章小结	(19)
习题	(20)
第二章 三极管的交流放大电路	(21)
第一节 基本放大电路的组成及工作原理	(21)
第二节 放大电路的基本分析方法	(22)
第三节 工作点的稳定问题	(36)
第四节 基本放大电路的三种组态	(39)
本章小结	(44)
习题	(45)
第三章 放大电路中的反馈	(48)
第一节 反馈的基本概念	(48)
第二节 负反馈基本电路及工作原理	(51)
第三节 反馈的一般表达式	(58)
第四节 负反馈对放大电路工作性能的影响	(59)
本章小结	(61)
习题	(62)
第四章 正弦波振荡电路	(64)
第一节 产生正弦波振荡的条件	(64)
第二节 正弦波振荡电路的组成及分析方法	(67)
第三节 RC 型正弦波振荡电路	(68)
第四节 LC 型正弦波振荡电路	(73)
本章小结	(80)

习题	(81)
第五章 直流放大电路	(83)
第一节 直接耦合放大电路	(83)
第二节 差动式放大电路	(88)
本章小结	(98)
习题	(99)
第六章 集成运算放大器	(100)
第一节 概述	(100)
第二节 集成运放的应用	(104)
本章小结	(115)
习题	(115)
第七章 稳压电路	(117)
第一节 直流电源的组成	(117)
第二节 硅稳压管稳压电路	(118)
第三节 串联型直流稳压电路	(123)
本章小结	(126)
习题	(127)
半导体整流技术 (公 005)	(128)
第一章 二极管整流电路	(129)
第一节 单相不可控整流电路	(129)
第二节 基本滤波电路	(138)
第三节 倍压整流电路	(146)
第四节 三相桥式整流电路	(149)
本章小结	(154)
习题	(154)
第二章 晶闸管	(157)
第一节 可控整流的基本概念	(157)
第二节 晶闸管的结构、工作原理和特性	(158)
第三节 晶闸管的主要参数及型号	(162)
本章小结	(167)
习题	(167)
第三章 单相可控整流电路	(169)
第一节 单相半波可控整流电路	(169)

第二节 单相全波可控整流电路	(177)
第三节 单相桥式全控整流电路	(179)
第四节 单相桥式半控整流电路	(183)
本章小结	(187)
习题	(188)
第四章 三相可控整流电路	(190)
第一节 三相半波可控整流电路	(190)
第二节 三相桥式半控整流电路	(196)
第三节 三相桥式全控整流电路	(200)
第四节 大功率可控整流电路	(206)
本章小结	(210)
习题	(210)
第五章 晶闸管的触发电路	(212)
第一节 晶闸管对触发电路的要求	(212)
第二节 简单触发电路	(214)
第三节 单结晶体管及其触发电路	(218)
第四节 KC04 和 KC41C 集成触发器	(225)
本章小结	(230)
习题	(231)
第六章 晶闸管装置的调试	(233)
第一节 晶闸管的选择	(233)
第二节 晶闸管的使用	(236)
第三节 交流同步电动机晶闸管励磁装置调试	(242)
本章小结	(254)
习题	(254)
数字电路 (公 006)	(256)
第一章 逻辑门电路	(257)
第一节 数字电路概述	(257)
第二节 二极管开关特性	(258)
第三节 三极管开关特性	(261)
第四节 分立元件门电路	(265)
本章小结	(273)
习题	(274)

第二章 逻辑代数基础	(276)
第一节 基本概念、公式、定理	(276)
第二节 逻辑函数的表示方法	(281)
第三节 逻辑函数的化简方法	(289)
本章小结	(297)
习题	(298)
第三章 组合逻辑电路	(300)
第一节 概述	(300)
第二节 组合逻辑电路的分析方法	(301)
第三节 组合逻辑电路的设计方法	(302)
第四节 半加器和全加器	(304)
本章小结	(308)
习题	(309)
第四章 时序逻辑电路	(311)
第一节 概述	(311)
第二节 触发器	(313)
第三节 触发器的几种常见电路结构形式	(313)
第四节 触发器的逻辑功能分类及转换	(316)
本章小结	(324)
习题	(325)

电子技术基础

(公 004)

吉化公司化肥厂 王少洁 编
吉化职工教育总校 刘金铎 审

第一章 晶体管的基本工作原理

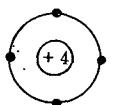
第一节 半导体基本知识

一、导体、半导体和绝缘体

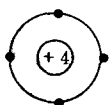
在自然界中,存在着许多不同的物质,有的物质很容易传导电流,称为导体。金属一般都是导体,如金、银、铜、铝等。也有的物质几乎不传导电流,称为绝缘体,如橡胶、陶瓷、塑料、云母等。此外还有一类物质,它的导电性能介于导体和绝缘体之间,我们称它为半导体,如锗、硅及一些硫化物和氧化物等。半导体除了在导电能力方面与导体和绝缘体不同外,它还具有不同于其他物质的特点。例如,当半导体受到外界光和热的刺激时,其导电能力将发生显著的变化;又如在纯净的半导体中加入微量的杂质,其导电能力也会有显著的增加。这些特点说明,半导体的导电结构必然不同于其他物质。为了理解这些特点,我们必须了解半导体的结构。

二、半导体的原子结构和共价键

在近代电子学中,用得最多的半导体是锗和硅,它的原子结构如图 1-1,锗和硅的外层电子都是 4 个,所以锗和硅都是四价元素。外层电子受原子核的束缚力最小,称为价电子。半导体的导电性质与价电子有关。



锗(Ge)原子



硅(Si)原子

图 1-1 原子结构简图

现在所用的半导体材料都要制成晶体,就是说这些物质的原子是按一定的规则整齐地排列着,组成某种形式的晶体结构。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 所示是硅和锗晶体的结构情况,从图中可以看出,每个原子

的最外层四个价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,使价电子为两个原子所共有,这样,每个价电子个别的轨道就变成两个相邻原子之间两个价电子的公共轨道,形成了晶体中共价键结构。当半导体受热或光照时,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,产生了一个空穴,我们称它为**空穴**。有了这样一个空穴,附近的电子就很容易来填补,从而形成了电子运动,使邻近的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。显然,空穴也是一种载流体。

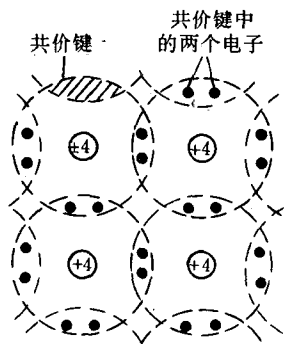


图 1-2 硅和锗晶体共价键结构

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,这就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。

三、P 型半导体和 N 型半导体

纯净的半导体又称为本征半导体,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微量杂质,就会提高半导体的导电能力,这种半导体称为杂质半导体。根据掺入杂质性质的不同,杂质半导体可分为电子半导体(N 型半导体)和空穴半导体(P 型半导体)两大类。

1. N 型半导体

如果在硅或锗晶体中掺入微量的五价元素杂质,如磷、砷等,晶体中某些位置上的硅原子将被磷原子所代替,由于磷原子有五个价电子,它以四个价电子与相邻的硅原子组成共价键后,必定还有多余一个电子,如图 1-3 所示,这种半导体中,电子是多数载流子,空穴是少

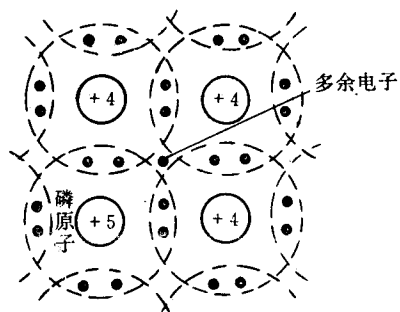


图 1-3 N 型硅半导体的共价键结构

示, 这种空穴远远超过掺杂质前的空穴数量。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, 导电作用主要是由空穴决定的, 故称为空穴型半导体, 简称 P 型半导体。

由此可见, 在本征半导体中掺入适量有用的杂质后, 载流子的数目都有相当程度的增加, 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。

四、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。

1. PN 结的形成

如图 1-5 所示, 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, 导电作用主要由电子决定, 故称为电子型半导体, 简称 N 型半导体。

2. P 型半导体

如果在硅或锗晶体中掺入微量的三价元素, 如硼等, 因硼原子只有三个价电子, 它与周围的硅原子组成共价键时, 因缺少一个电子, 在晶体中便产生一个空位, 而形成了空穴。如图 1-4 所

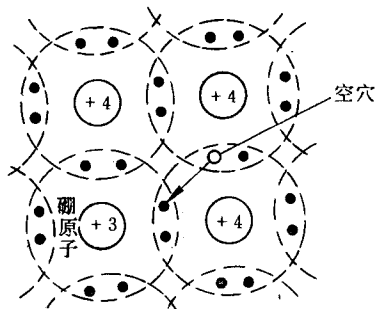


图 1-4 P 型硅半导体的共价键结构

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。

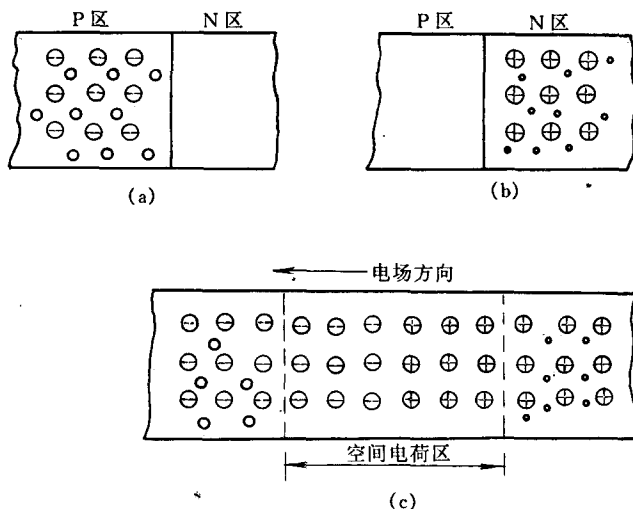


图 1-5 PN 结的形成

在界面附近，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，这样就在界面附近出现了一个空间电荷区，形成电场。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，由于正负电荷之间的相互作用，在空间电荷区就形成了一个电场，其方向是从带正电的N区指向带负电的P区，由于这个电场是由载流子扩散运动即由内部形成的，而不是外加电压形成的，故称为PN结的内电场。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，同时也阻止N区的电子向P区扩散。但对少数载流子的运动却不起阻碍作用，因而P区的电子在内电场的作用下，将会超过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，叫做漂移作用，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，当漂移运动达到和扩散运动相等时，便处于动态平衡状态。

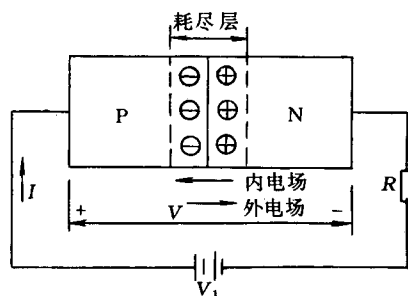


图 1-6 PN 结外加正向电压

在图 1-6 中，当 PN 结加上外加电压 V ，而且 V 的正端接 P 区，负端接 N 区时，外加电场与 PN 结内电场方向相反，因而削弱了内电场，使空间电荷区变薄，这样就大大地有利于扩散运动，于是多数载流子在外电场的作用下，顺利地通过 PN 结，形成了较大的电流。其方向是从 P 流向 N，称为正向电流，这时 PN 结处于正向导电状态，其正向电阻很小。当外加电压越大，扩散运动也越大，所以正向电流就越大。

(2) 外加反向电压

在图 1-7 中，当 PN 结加上反向电压，即外加电压正端接 N 区，负端接 P 区，这时外加电场与 PN 结内电场方向相同，因而加强了内电场，使空间电荷区加厚，对扩散的阻碍作用加强，使多数载流子无法扩散。但是漂移作用增强，所以 P 区的少数载流子（电子）

和 N 区的少数载流子（空穴）在反向电压的作用下，越过 PN 结而到对方去形成微小的反向电流，又称反向漏电流，其方向是从 N 到 P，这

2. PN 结的单向导电性

(1) 外加正向电压

在图 1-6 中，当 PN 结加上外加电压 V ，而且 V 的正端接 P 区，负端接 N 区时，外加电场与 PN 结内电场方向相反，因而削弱了内电场，使空间电荷区变薄，这样就大大地有利于扩散运动，于是多数载流子在外电场的作用下，顺利地通过 PN 结，形成了较

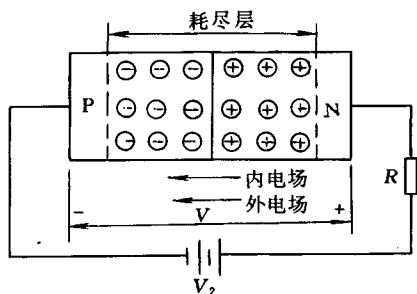


图 1-7 PN 结外加反向电压