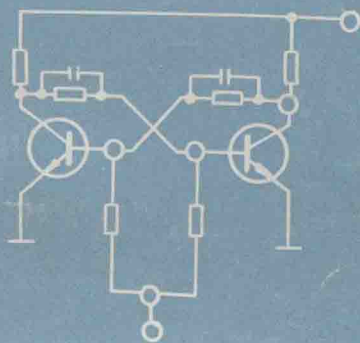


高等师范专科学校通用教材

电子技术基础与实验

(上册)

中南五省(区)师专《电子技术基础与实验》教材编写组



广西师范大学出版社

高等师范专科学校通用教材

电子技术基础与实验

上册

中南五省（区）师专

《电子技术基础与实验》教材编写组

广西师范大学出版社

内 容 简 介

本教材是根据修改后的二、三年制师范专科学校试用的《电子技术基础》教学大纲编写的。本书分上、下两册，上册内容包括：半导体器件的基本知识，放大电路基础，常用放大电路，模拟集成电路，直流稳压电源，正弦波振荡电路；下册内容包括：无线电广播与接收，数字集成电路，集成电视接收机原理，* 录音机及电声器件和实验等。

本书主要特点是，在保证基础知识的前提下，压缩或删除了陈旧的教学内容，增加了新技术、新成果的教学内容。在叙述上力求语言精炼，由浅入深，通俗易懂。本书是通过分析各种半导体器件及其电路，阐述电子技术的基本概念，基本原理和基本分析方法。根据各部分内容的具体情况，配置了适当数量的例题和习题。

本书可供二、三年制专科学校物理专业，各地市教师进修学院或教师教育学院的物理专业，作为《电子技术基础与实验》课程的试用教材。可供电视大学、函授大学、夜大学物理专业作为电子技术课程的参考书。也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

电 子 技 术 基 础 与 实 验

中南五省（区）师专

《电子技术基础与实验》教材编写组



广西师范大学出版社出版发行

（广西桂林市育才路8号）

广西玉林地区大众印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印张10.75 字数232千字

1988年8月第1版 1988年8月第1次印刷

印数：0001—6500

ISBN 7—5633—0235—2 / G·209

定价：2.50元

前 言

教材建设是学校三大基本建设之一。长期以来，高等师范专科教育没有一套具有自己特点、较为系统的教材，影响了教育质量的提高。为了深化高等师范专科教育的改革，为普及九年制义务教育培养更多的合格教师，中南五省（区）教委（高教局）高教（教学）处，共同组织五省（区）师专及部分有关高校的教师，协作编写了师专12个专业85门主干课程的通用教材。

编写这套教材的指导思想是，从高等师范专科教育人才培养的目标出发，根据国家教委新制定的二年制师专教学计划、教学大纲的要求，兼顾三年制和双科专业的需要，力求突出适用性、科学性及高等师范专科教育的特点。因此，这套教材，不仅适用于普通高等师范专科教育，而且也适用于教育学院和电大普通师范教育相关专业的教学，同时，还可作在职初中教师的培训和自修教材。

随着电子科学技术的迅猛发展，《电子技术基础与实验》作为师范专科学校物理专业的一门技术基础课的地位愈来愈显得重要。在着手编写本教材时，充分考虑到电子技术的迅速发展以及中学教育结构改革的现实情况。本着保证基础，加强概念，重视实际技能，反映新技术新成果的精神和贯彻“少而精”原则。在本教材中既重视对分立元件电路原

理的教学,又适当地加强了集成化电路的教学。为了避免内容的重叠,对电路分析以分立元件电路为主,对整机介绍以集成化电路为主,压缩、删除部分陈旧或重叠的分立元件电路的内容。适当地加重了模拟集成电路和数字集成电路的内容。这样就较好地处理分立元件电路和集成化电路之间的关系。

教学课时安排的参考意见

第一章	半导体器件基本知识	6—8学时
第二章	放大电路基础	12—14学时
第三章	常用放大电路	16—18学时
第四章	模拟集成电路	8—10学时
第五章	直流稳压电源	6学时
第六章	正弦波振荡电路	6—8学时
第七章	无线电广播与接收	12—14学时
第八章	数字电路基础	16—18学时
第九章	集成电视接收机原理	16—18学时
*第十章	录音机及电声器材	
理论课总时数		98—114学时
实 验		24—30学时

本书主编单位是广西玉林师专。参加本书编写工作的有胡振亚副教授(第一、六、七章)、刘绍谅副教授(第二、三章)、周奉年副教授(第四、九、十章)、夏明讲师(第五、八章)、吕南清副教授(实验部分)。广西大学甘幼坪副教授审阅了全书稿件,提出了中肯而具体的修改意见。吕南清、刘绍谅副教授对全书进行了统稿。玉林师专苏恒贤副教授描绘了全部插图。在编写出版的整个过程中,一直得到

广西师范大学出版社的支持和具体指导，我们在此表示衷心感谢。

这套教材是按主编负责，分工编写的原则成书的。由于这样大规模有组织地进行教材编写在我们还是第一次，因而错误缺点在所难免，恳请读者批评指正。

中南五省（区）师专协作教材编委会

一九八八年三月

目 录

第一章 半导体器件的基本知识.....	(1)
§ 1.1 半导体的导电特性	(1)
1.1.1 什么是半导体.....	(1)
1.1.2 本征半导体的导电特性.....	(2)
1.1.3 N型半导体和P型半导体.....	(5)
§ 1.2 半导体二极管	(7)
1.2.1 PN结.....	(7)
1.2.2 二极管的结构及其伏安特性.....	(12)
1.2.3 二极管的主要参数.....	(16)
1.2.4 稳压二极管.....	(18)
§ 1.3 半导体三极管.....	(20)
1.3.1 三极管的结构.....	(20)
1.3.2 三极管的电流分配和放大作用.....	(21)
1.3.3 三极管的特性曲线.....	(27)
1.3.4 三极管的主要参数.....	(31)
§ 1.4 场效应管.....	(36)
1.4.1 绝缘栅场效应管.....	(36)
1.4.2 结型场效应管.....	(42)
1.4.3 场效应管的主要参数.....	(45)
§ 1.5 集成电路	(47)
1.5.1 集成电路的种类.....	(47)
1.5.2 集成电路的特点.....	(48)

练习题.....	(49)
第二章 放大电路基础	(52)
§ 2.1 放大电路的组成及工作原理.....	(52)
2.1.1 放大电路的组成.....	(52)
2.1.2 直流通路和静态工作点.....	(54)
2.1.3 交流通路.....	(55)
2.1.4 放大过程.....	(56)
2.1.5 放大电路的部分性能指标.....	(58)
§ 2.2 放大电路的图解分析法.....	(60)
2.2.1 直流负载线和静态工作点.....	(60)
2.2.2 交流负载线.....	(63)
2.2.3 信号放大的图解.....	(64)
2.2.4 静态工作点的选择.....	(66)
§ 2.3 微变等效电路分析法.....	(68)
2.3.1 简化的等效电路.....	(68)
2.3.2 r_{be} 的计算公式.....	(72)
* 2.3.3 h 参数微变等效电路.....	(74)
2.3.4 微变等效电路的应用一例.....	(78)
§ 2.4 放大电路的偏置电路.....	(82)
2.4.1 温度对静态工作点的影响.....	(82)
2.4.2 分压式电流负反馈偏置电路.....	(84)
2.4.3 其它偏置电路.....	(87)
§ 2.5 射极输出器和基本放大电路三种组态的 比较.....	(89)
2.5.1 射极输出器.....	(89)
2.5.2 基本放大电路三种组态的比较.....	(92)

§ 2.6	放大电路的频率特性	(96)
2.6.1	频率特性的一般概念	(96)
2.6.2	中频段电压放大倍数	(99)
2.6.3	低频段电压放大倍数	(101)
2.6.4	高频段电压放大倍数	(103)
2.6.5	完整的频率特性曲线	(104)
* 2.6.6	发射极电容对低频特性的影响	(105)
§ 2.7	多级放大电路	(107)
2.7.1	多级放大电路的耦合方式	(107)
2.7.2	电压放大倍数和输入、输出电阻	(109)
* 2.7.3	放大倍数的分贝表示法	(112)
2.7.4	多级放大电路的频率特性	(115)
	练习题	(117)

第三章 常用放大电路 (125)

§ 3.1	负反馈放大电路	(126)
3.1.1	反馈的基本概念	(126)
3.1.2	负反馈对放大电路工作性能的影响	(130)
3.1.3	深度负反馈放大电路的近似估算	(138)
§ 3.2	低频功率放大电路	(143)
3.2.1	低频功率放大的特点	(144)
3.2.2	单管甲类功率放大电路	(147)
3.2.3	互补对称功率放大电路	(152)
* § 3.3	场效应管基本放大电路	(170)
3.3.1	场效应管放大电路的特点和组成	(170)
3.3.2	静态工作点的确定	(171)
3.3.3	微变等效电路	(172)

3.3.4	共源放大电路的电压放大倍数及输入、输出电阻	(174)
§ 3.4	调谐放大电路	(175)
3.4.1	调谐放大电路的特点	(175)
3.4.2	混合参数 π 型等效电路	(177)
3.4.3	晶体管的简化高频等效电路	(178)
3.4.4	单调谐放大电路	(182)
3.4.5	调谐放大电路的稳定性问题	(189)
3.4.6	双调谐放大电路	(192)
	练习题	(193)
第四章	模拟集成电路	(200)
§ 4.1	基本单元电路	(200)
4.1.1	差动放大电路	(200)
4.1.2	恒流源电路	(207)
4.1.3	恒压电路	(214)
4.1.4	电平位移电路	(217)
4.1.5	输出级及其保护电路	(219)
§ 4.2	集成运算放大器	(221)
4.2.1	F007型集成运放电路分析	(221)
4.2.2	集成运放的主要参数	(224)
4.2.3	集成运放的外接基本电路	(226)
4.2.4	集成运放应用举例	(229)
4.2.5	集成运放的调零与补偿	(235)
* § 4.3	非线性集成电路	(237)
4.3.1	集成电压比较器	(237)
4.3.2	集成模拟乘法器	(245)

§ 4.4	功率集成电路	(252)
4.4.1	低频集成功率放大器电路结构	(252)
4.4.2	单片集成音频功率放大器的使用	(260)
§ 4.5	集成电路扩音机	(264)
4.5.1	前置放大级	(264)
4.5.2	实用电路	(265)
	练习题	(268)
第五章	直流稳压电源	(274)
§ 5.1	整流电路	(274)
5.1.1	半波整流电路	(274)
5.1.2	全波整流和桥式整流电路	(276)
5.1.3	倍压整流电路	(281)
§ 5.2	滤波电路	(282)
5.2.1	电容滤波电路	(282)
5.2.2	π 型滤波电路	(286)
5.2.3	有源滤波器	(287)
§ 5.3	稳压电路	(288)
5.3.1	稳压管稳压电路	(288)
5.3.2	串联型稳压电路	(291)
§ 5.4	集成稳压电路	(296)
5.4.1	单片集成稳压电路	(296)
5.4.2	三端集成稳压电路	(299)
	练习题	(300)
第六章	正弦波振荡电路	(304)
§ 6.1	自激振荡的基本原理	(304)
§ 6.2	RC 正弦波振荡电路	(307)

6.2.1	RC文氏桥振荡电路	(308)
6.2.2	RC移相式振荡电路	(314)
§ 6.3	LC正弦波振荡电路	(315)
6.3.1	变压器反馈式LC振荡电路	(315)
6.3.2	三点式LC振荡电路	(319)
§ 6.4	石英晶体振荡电路	(324)
6.4.1	频率稳定问题	(324)
6.4.2	石英晶体的基本特性	(325)
6.4.3	石英晶体振荡电路	(326)
练习题		(328)
参考文献		(332)

第一章 半导体器件的基本知识

半导体器件是组成电子电路的核心元件，半导体器件的结构、工作原理及主要参数是电子技术基本知识的基础，所以学习半导体器件的基本知识是极为必要的。本章首先讨论本征半导体和杂质半导体的导电规律，然后介绍PN结形成和单向导电特性、二极管伏安曲线和主要参数、稳压二极管原理。在二极管的基础上，进一步介绍三极管在共射接法和共基接法两种情况下的电流分配、放大作用、特性曲线和主要参数。接着讨论N沟道增强型MOS管的结构、原理、特性曲线和主要参数。最后介绍集成电路的种类、特点等简单知识。

§ 1.1 半导体的导电特性

1.1.1 什么是半导体

自然界物质按导电能力强弱来划分，通常可分为三大类：一类是导电能力很好的物质，称为导体，例如银、铜、铝、铁等大多数金属都是导体；另一类是很不容易导电的物质，称为绝缘体，例如陶瓷、橡胶和塑料等都是绝缘体；还有一类物质，导电能力介于上述两种物质之间，电阻率通常为 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 到 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质，称为半导体，例如锗、硒、硅和大多数金属氧化物等都属半导体。然而半导体之所以成为现代电子技术的最基本最重要的材料，并不是因为它的导电能力介于导体和绝缘体之间这一点，而是由于它具有下述一些特殊的效应。

一、热敏效应

半导体的电阻率 ρ 随温度变化而变化。例如温度每升高 1°C ， ρ 下降 $3\sim 6\%$ ，温度升高 10°C 约下降 75% 。

二、光敏效应

光照强度的变化，会使半导体电阻率发生显著的变化。例如硫化镉，在光照强度变化的情况下，其电阻率可以发生几百倍的变化。

三、掺杂效应

半导体的电阻率受杂质的影响很大。如金属中含千分之一的杂质，对电阻率的影响微不足道；而纯硅中加入百分之一的杂质，电阻率就会下降为原来的五十万分之一。此外，半导体的导电能力还随电场、磁场的变化而变化。人们正是利用半导体导电能力的这种易变多变的特点，制成各种各样的器件，获得了极为广泛的应用。

1.1.2 本征半导体的导电特性

一、半导体的共价键结构

本征半导体就是纯净的半导体。下面以硅、锗为例说明本征半导体的结构与导电性能的关系。硅原子中有14个电子，分布在最外层的有四个；锗原子中有32个电子，分布在最外层的也是只有四个。这最外层的电子称为价电子。有几个价电子就叫几价元素，所以硅和锗都是四价元素。为了讨论问题的方便可以把很难有活动余地的内层电子和原子核看作一个整体，称为惯性核。图1—1是硅和锗原子的简化结构图。

用于制作半导体器件的硅、锗材料，都必须是经过加工提炼的纯净的单晶半导体。在单晶半导体中，原子之间靠

得很近，并且按一定的几何形状在空间规则排列，图 1—2 是硅或锗单晶结构的平面示意图。由于每个原子的最外层有四个价电子，而原子的外层电子要有八个才是稳定状态。因此原子的价

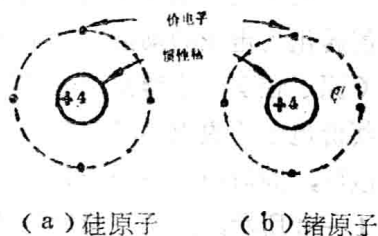


图 1—1 原子结构简化图

电子不仅受自身原子核的束缚而绕自身的原子核运动，同时也受相邻原子的影响而出现在相邻原子所属的轨道上，成为两个原子所“共有”。每相邻的两个原子之间都存在这样的“共有”关系，使晶体中的原子被紧紧地连结在一起。这种“共有”价电子所形成的束缚作用叫做“共价键”。各个原子都要分别和相邻的四个原子组成四个共价键，所有共价键中的价电子都被束缚在相邻两原子的外层轨道上。这种组合方式称为“共价键”结构，如图 1—2 所示。

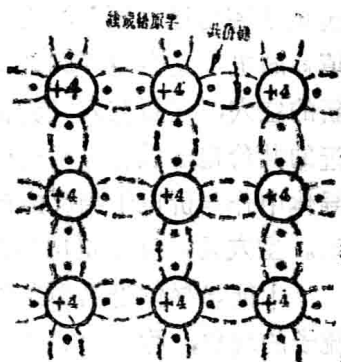


图 1—2

硅或锗单晶结构示意图

二、本征半导体的导电特性

物质内部可以自由移动的带电粒子称为载流子。金属导体中的自由电子就是带负电的载流子。物质的导电能力，决定于载流子的数量和运动速度。本征半导体在绝对零度，又无光照或电磁场等外界影响时，价电子都处于共价键的束缚状态下不能移动，这时本征半导体内没有载流子，相当于绝缘体。

在一定的温度或在一定强度的光照射下，由于热能或光能转化为电子的动能，其中少数共价电子就会挣脱共价键（原子核）的束缚而成为自由电子，成为带负电的载流子。共价电子挣脱束缚成为自由电子以后，同时留下一个空位，如图

1—3 所示，这种空位称为“空穴”。当某一原子的一个价电子成为了自由电子，该原子附近便呈现正电性，相当于空穴带有与电子电量相等的正电荷，附近的价电子容易过来填补，自然过来填补的电子又会在其原址上留下新的空穴，这新空穴又会被其附近

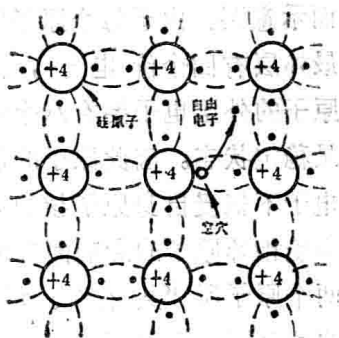


图 1—3 本征半导体中的电子—空穴对

近的共价电子填补，依次递补，相当于带正电的空穴在半导体中作与价电子相反方向的移动，这种运动被称为空穴运动。空穴是一种带正电的载流子。

本征半导体受热和光的激发，产生电子和空穴的两种载流子的现象，称为本征激发。显然，本征激发下自由电子和空穴是成对出现的。在外电场作用下，两种载流子将同时参与导电，其电流是由电子电流与空穴电流两部分组成。这是本征半导体区别于金属导体的一个重要特征。

随着温度的升高，由于热激发而产生的电子空穴对将很快地增加，半导体的电阻率对温度十分敏感，且具有负的温度系数。在本征半导体中，存在着激发的过程，即产生电子空穴对的过程，同时又存在相反的复合过程，即电子和空穴在运动中一旦相遇，便重新结合而消失。激发与复合在任何

温度下都同时存在，在温度不变时，会达到动态平衡，电子和空穴维持一定的浓度。在室温下，硅的本征载流子浓度远小于锗的本征载流子浓度。

1.1.3 N型半导体和P型半导体

常温下，本征激发的电子空穴对的浓度和硅或锗单位体积中原子数量相比非常微小，因此本征半导体导电性能很差。但是，有目的地在本征半导体中掺入少量杂质（其它元素），导电能力将发生显著变化。本征半导体掺入了杂质，叫杂质半导体。按所掺杂质的不同，杂质半导体又分为N型半导体和P型半导体。

一、N型半导体

在本征硅中掺入少量五价元素，例如磷或锑等，则某些硅原子便被磷或锑原子代替，每个磷原子的五个价电子中有四个与相邻的硅原子的价电子组成共价键，最后多余一个价电子。这个价电子，由于不在共价键内，受很弱的束缚，在室温下，几乎都被激发成为自由电子，如图1—4所示。掺入硅中的每个磷原子都可以提供一个自由电子，故磷原子被称为施主型杂质，或称N型杂质。

磷原子在产生自由电子的同时，虽然该原子有多余的正电荷，但并不产生空穴。硅晶体中本征激发的电子空穴对是存在的，但由于掺杂后大量自由电子的出现，增加了与空穴的复合

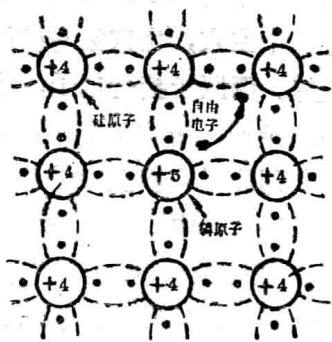


图 1—4

硅中掺磷产生自由电子