

考研辅导丛书

帮你学模拟电子技术基础

释疑、解题、考试

华成英 主编



高等教育出版社

考研辅导丛书

帮你学模拟电子技术基础

释疑、解题、考试

华成英 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是本科生学习模拟电子技术基础课程的辅导教材,可与主教材《模拟电子技术基础(第三版)》(清华大学童诗白、华成英主编)配套,并可作为研究生入学考试的复习参考资料。

编写此书的目的在于帮助学生更好地掌握模拟电子技术基础课程所涉及的基本概念、基本电路和基本分析方法,从学习要点、学习方法、解题方法和解释常见疑难问题等方面给予指导。内容包括:课程的特点、重点和学习方法;各章要点、难点释疑、解题方法和例题详解;若干份模拟考试试卷及其答案和评分标准;《模拟电子技术基础(第三版)》全部习题的答案等部分。

图书在版编目(CIP)数据

帮你学模拟电子技术基础:释疑、解题、考试/华成英主编. —北京:高等教育出版社,2004.11

ISBN 7-04-015597-4

I. 帮… II. 华… III. 模拟电路—电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 101850 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂

开 本 787×960 1/16
印 张 21
字 数 380 000

版 次 2004 年 11 月第 1 版
印 次 2004 年 11 月第 1 次印刷
定 价 26.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号:15597-00

前 言

本书是本科学生学习模拟电子技术基础课程的辅导教材,可与童诗白、华成英主编的《模拟电子技术基础(第三版)》配套使用,也可作研究生入学考试的参考资料。编写本书的目的是帮助学生更好地掌握该课程所涉及的基本概念、基本电路和基本分析方法,从学习要点、学习方法、难点问题分析和解题方法等方面给予指导。

全书基本结构和特点如下:

一、在绪论中,主要阐明模拟电子技术基础课程的特点、如何学习和如何考查这门课程等,力图使读者在开始学习时就注意到该课程与其它课程的区别,尽快入门,并能形成正确的学习方法,掌握学习的重点。

二、第一~十章按教学内容划分,每章均有内容概要、难点释疑和例题精解三部分。在“内容概要”中,首先介绍本章重点,然后力图用最精炼的语言和最简捷的方式来表述本章主要的基本概念、基本电路和基本分析方法。在“难点释疑”中,就学生经常碰到的若干问题进行讨论;这些问题中有的是从多个侧面加深对重点概念的理解,有的是对错误认识的纠正,有的是对难点问题的解释……以避免学习上的弯路。在“例题精解”中,首先介绍每章习题的常见类型,然后按内容分节列举例题,这一部分特别注重题目内容的基础性、多样性、综合性、灵活性和实践性,并具有适当的难度;每道例题均有提示,一方面说明出题意图,另一方面说明解题方法和有关知识。

三、第十一章是模拟考试试卷及其参考答案和评分标准。全章共八套试卷。所有试题均曾为本科生期中考试、期末考试或硕士生和博士生的入学考试试题,是从编者多年的积累中遴选出来的。每套试题的完成时间控制在120~150分钟,读者可根据参考答案和评分标准进行自我评估。

四、附录是童诗白、华成英主编的《模拟电子技术基础(第三版)》全部自测题和习题的参考答案。

全书由华成英编写。由于作者的能力和水平所限,书中定有疏漏、欠妥和错误之处,恳请读者多加指正。

作者于清华园

2004. 7

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

策划编辑	韩 颖
责任编辑	欧阳舟
封面设计	李卫青
责任绘图	尹文军
版式设计	范晓红
责任校对	胡晓琪
责任印制	宋克学



目 录

绪论	1
一、模拟电子技术基础课程的特点	1
二、如何学习模拟电子技术基础课	2
三、如何考查模拟电子技术基础课	3
第一章 常用半导体器件	6
1.1 内容概要	6
1.1.1 半导体基础知识	6
1.1.2 半导体二极管	7
1.1.3 双极型晶体管	8
1.1.4 单极型晶体管	10
1.2 难点释疑	12
1.2.1 为什么半导体器件的性能受温度影响	12
1.2.2 二极管的直流电阻和动态电阻	13
1.2.3 二极管电路的折线化伏安特性	14
1.2.4 双极型晶体管和单极型晶体管的工作区域	15
1.3 例题精解	16
1.3.1 半导体器件有关的基础知识	16
1.3.2 二极管工作状态的判断	17
1.3.3 二极管动态电阻的分析	19
1.3.4 晶体管的特性及其主要参数	20
1.3.5 晶体管类型和工作状态的判断	21
1.3.6 场效应管工作状态的判断	24
第二章 基本放大电路	27
2.1 内容概要	27
2.1.1 基本概念	27
2.1.2 放大电路的组成原则	29
2.1.3 放大电路的分析方法	29
2.1.4 双极型晶体管基本放大电路	32
2.1.5 单极型晶体管基本放大电路	34

2.2 难点释疑	37
2.2.1 放大电路放大的本质	37
2.2.2 放大电路中的直流量、交流量和瞬时总量	38
2.2.3 直接耦合基本共射放大电路带负载情况下的分析	39
2.2.4 放大电路中 Q 点和动态参数的关系	40
2.2.5 NPN 型管和 PNP 型管共射放大电路的失真分析	42
2.2.6 放大电路基本接法的识别	44
2.3 例题精解	45
2.3.1 放大电路的有关概念	45
2.3.2 放大电路的组成原则	47
2.3.3 双极型晶体管放大电路的分析与估算	50
2.3.4 单极型晶体管放大电路的分析估算	58
第三章 多级放大电路	62
3.1 内容概要	62
3.1.1 多级放大电路的耦合方式	62
3.1.2 多级放大电路的分析	63
3.1.3 差分放大电路	64
3.1.4 互补输出级	67
3.2 难点释疑	67
3.2.1 对多级放大电路动态参数的分析	67
3.2.2 差分放大电路输入信号和输出信号的分析	68
3.2.3 消除交越失真电路的组成原则	69
3.3 例题精解	70
3.3.1 多级放大电路的定性分析	70
3.3.2 多级放大电路的组成	73
3.3.3 差分放大电路的分析计算	74
3.3.4 多级放大电路的分析计算	76
第四章 集成运算放大电路	78
4.1 内容概要	78
4.1.1 集成运放电路的组成及其电压传输特性	78
4.1.2 集成运放中的电流源电路	79
4.1.3 集成运放的主要性能指标及类型	81
4.2 难点释疑	82
4.2.1 集成运放中如何设置稳定的静态工作点	82
4.2.2 为什么在有源负载电路中考虑 $h_{22}(1/r_{ce})$	83
4.2.3 读图方法	84

4.3 例题精解	86
4.3.1 集成运放的组成	87
4.3.2 集成运放的参数及选用	88
4.3.3 电流源电路的分析	90
4.3.4 集成运放电路的分析	91
第五章 放大电路的频率响应	95
5.1 内容概要	95
5.1.1 频率响应的基本概念	95
5.1.2 放大管的高频等效电路	96
5.1.3 单管放大电路的频率响应	97
5.1.4 多级放大电路的频率响应	99
5.2 难点释疑	100
5.2.1 放大电路要有合适的通频带	100
5.2.2 折线化波特图的误差	100
5.2.3 电容所在回路的等效电阻	101
5.3 例题精解	102
5.3.1 频率响应的有关概念	102
5.3.2 放大电路频率响应的定性分析	104
5.3.3 放大电路频率响应的分析计算	106
第六章 放大电路中的反馈	111
6.1 内容概要	111
6.1.1 反馈的概念	111
6.1.2 反馈的判断方法	112
6.1.3 负反馈放大电路的方框图和一般表达式	112
6.1.4 放大电路在深度负反馈条件下的放大倍数	114
6.1.5 负反馈对放大电路性能的影响	115
6.1.6 负反馈放大电路的稳定性	116
6.2 难点释疑	116
6.2.1 电路中有无反馈的判断	116
6.2.2 反馈量仅仅决定于输出量	117
6.2.3 电压负反馈和电流负反馈	119
6.2.4 反馈网络与反馈系数	119
6.2.5 放大电路中存在两路级间反馈时的分析	120
6.2.6 滞后补偿电容加在哪一级	121
6.3 例题精解	122
6.3.1 反馈的概念	122

6.3.2 反馈的判断	124
6.3.3 放大电路中负反馈的引入	130
6.3.4 负反馈放大电路的分析估算	134
6.3.5 负反馈放大电路的稳定性	139
第七章 信号的运算和处理	142
7.1 内容概要	142
7.1.1 理想运放及其线性工作区	142
7.1.2 基本运算电路	142
7.1.3 模拟乘法器及其在运算电路中的应用	145
7.1.4 有源滤波电路	145
7.2 难点释疑	149
7.2.1 必须引入深度负反馈才能成为运算电路	149
7.2.2 “虚短”和“虚断”是分析运算电路的基本出发点	150
7.2.3 多级运算电路中各级电路相互独立	152
7.2.4 运算电路中的运算精度	153
7.2.5 有源滤波器的分析	153
7.3 例题精解	155
7.3.1 由集成运放组成的运算电路的识别与分析	155
7.3.2 模拟乘法器在运算电路中的应用	162
7.3.3 运算电路的选择和设计	165
7.3.4 有源滤波器的分析	169
7.3.5 集成运放工作在线性区的其它应用电路	173
第八章 波形的发生和信号的处理	177
8.1 内容概要	177
8.1.1 正弦波振荡电路	177
8.1.2 电压比较器	180
8.1.3 非正弦波发生电路	183
8.1.4 集成运放应用电路的分析方法	185
8.2 难点释疑	185
8.2.1 正弦波振荡电路的起振与稳幅	185
8.2.2 判断电路能否产生正弦波振荡时应注意的问题	186
8.2.3 引入负反馈的电压比较器	189
8.2.4 集成电压比较器的应用	189
8.2.5 带有半导体管集成运放应用电路的分析	191
8.3 例题精解	192
8.3.1 正弦波振荡电路的识别和分析	193

8.3.2 电压比较器的组成及其电压传输特性	197
8.3.3 非正弦波形发生电路的分析	203
8.3.4 波形的变换和信号的转换	208
第九章 功率放大电路	211
9.1 内容概要	211
9.1.1 功率放大电路的特点	211
9.1.2 常见功率放大电路	212
9.1.3 消除交越失真的 OCL 电路	213
9.2 难点释疑	213
9.2.1 如何获得最大输出功率	213
9.2.2 功放管的选择原则	214
9.2.3 功放管损坏的常见原因	215
9.2.4 功率放大电路的识别	216
9.3 例题精解	217
9.3.1 功率放大电路的种类和基本概念	218
9.3.2 功率放大电路分析计算	220
第十章 直流电源	226
10.1 内容概要	226
10.1.1 直流电源的组成及各部分的作用	226
10.1.2 单相整流滤波电路	227
10.1.3 稳压电路的性能指标	227
10.1.4 稳压管稳压电路	228
10.1.5 串联型线性稳压电路	229
10.1.6 开关型稳压电路	232
10.2 难点释疑	233
10.2.1 倍压整流电路的分析	233
10.2.2 串联型稳压电路必须引入深度电压负反馈	233
10.2.3 如何理解稳压电路的性能指标	235
10.2.4 直流稳压电源中的过流保护电路	237
10.2.5 开关型稳压电源及其电路中的负反馈	238
10.3 例题精解	239
10.3.1 直流电源的基本知识	239
10.3.2 整流滤波电路的分析估算	240
10.3.3 稳压电路的分析估算	242
10.3.4 串联型稳压电源的分析	244
10.3.5 集成稳压器应用电路的分析	247

第十一章 模拟考试	251
11.1 试卷一及其参考答案和评分标准	251
11.1.1 试卷一	251
11.1.2 参考答案和评分标准	256
11.2 试卷二及其参考答案和评分标准	257
11.2.1 试卷二	257
11.2.2 参考答案和评分标准	262
11.3 试卷三及其参考答案和评分标准	263
11.3.1 试卷三	263
11.3.2 参考答案和评分标准	268
11.4 试卷四及其参考答案和评分标准	269
11.4.1 试卷四	269
11.4.2 参考答案和评分标准	274
11.5 试卷五及其参考答案和评分标准	276
11.5.1 试卷五	276
11.5.2 参考答案和评分标准	280
11.6 试卷六及其参考答案和评分标准	283
11.6.1 试卷六	283
11.6.2 参考答案和评分标准	287
11.7 试卷七及其参考答案和评分标准	289
11.7.1 试卷七	289
11.7.2 参考答案和评分标准	294
11.8 试卷八及其参考答案和评分标准	296
11.8.1 试卷八	296
11.8.2 参考答案和评分标准	300
附录:《模拟电子技术基础(第三版)》自测题及习题参考答案	303
第一章 常用半导体器件	303
第二章 基本放大电路	304
第三章 多级放大电路	307
第四章 集成运算放大电路	309
第五章 放大电路的频率响应	311
第六章 放大电路中的反馈	313
第七章 信号的运算和处理	316
第八章 波形的发生和信号的转换	319
第九章 功率放大电路	322
第十章 直流电源	323

绪 论

一、模拟电子技术基础课程的特点

模拟电子技术基础课是入门性质的技术基础课,目的是使学生初步掌握模拟电子电路的基本理论、基本知识和基本技能,并具有能够继续深入学习电子技术新发展的能力和将所学知识用于本专业的能力。

本课程的主要特点是它的工程性和实践性。

1. 工程性

在模拟电子技术基础课程中,需学会从工程的观点思考和处理问题。

(1) 实际工程需要证明其可行性。在模拟电子技术基础课程中,对电子电路的定性分析就是对电路是否能够满足性能指标要求的可行性分析,因而非常重要。理解各种基本电路的性能特点是选择和设计电子电路的基础。

(2) 实际工程在满足基本性能指标的前提下总是容许存在一定的误差范围的,在电子电路的定量分析中也容许存在一定的误差范围,比如 5% 以下或 10% 以下,因而称这种计算为“估算”。

为什么电子电路的分析计算不是准确的、精确的,而一定是估算呢? 因为组成电子电路的半导体器件存在两个基本特点:一是性能参数的分散性,即同一种型号器件的参数值各不相同,但均在一个范围内;二是半导体器件对温度的敏感性,即半导体器件的指标参数会随温度变化而变,因而即使用实测的参数来计算,也只是在某一温度下的结果。换言之,当温度变化时运算结果将产生误差。例如,某型号晶体管的电流放大倍数 β 为 80~120,此型号中某只晶体管在温度为 20℃ 时的 β 为 90,温度为 40℃ 时的 β 为 95。其次,电子电路中的电阻、电容等元件的标称值与其实值也存在误差,如误差范围为 5%、标称值为 10 k Ω 的电阻的实际值是在 9.95~10.5 k Ω 中的某一确定值。可见,追求电子电路分析计算的准确性和精确性没有实际意义,用很多位有效数字表示运算结果也没有必要,通常用三位有效数字。

(3) 近似分析要“合理”。估算就是近似分析,既然是近似分析,在研究什么

样的问题时、在什么条件下可以忽略什么参数及其变化就成为电子电路计算的前提。换言之,要“近似”得有道理。例如,在估算放大电路的电压放大倍数时常认为晶体管的 β 为常量,不考虑温度对 β 的影响;而在研究放大电路的静态工作点稳定性时就必须考虑温度对 β 和其它参数的影响。近似分析的合理性表明对所研究问题理解的深度。

(4) 估算不同的参数需采用不同的模型。模拟电子电路归根结底是“电路”,其特殊性表现在含有非线性特性的半导体器件。通常,在求解模拟电子电路时需将其转换成一般电路,即将电路中的半导体器件用其等效模型取代。半导体器件的等效模型是用线性元件组成的电路来近似一定条件下的非线性特性,例如,对于放大电路中的晶体管,在研究静态工作点时需其直流模型,在分析电压放大倍数、输入电阻和输出电阻时需其低频小信号模型,在分析上限截止频率时需其高频等效模型。可见,正确选择模型是正确求解电路的保证。

目前已有多种电子电路分析和设计软件,它们采用多达几十个参数、能够描述半导体器件各方面性能模型,可以对电路作比较复杂和详细的分析,包括进行统计学方面的分析。例如容差分析,在已知电路元器件参数可能偏离的范围和随机分布规律的情况下,计算出电路性能的统计特性和偏差范围,了解这一点可进一步理解电子技术基础课程的工程性。

2. 实践性

实用的模拟电子电路几乎都要通过调试才能达到预期的指标,掌握常用电子仪器的使用方法、模拟电子电路的测试方法、故障的判断和排除方法是教学的基本要求。

了解各元器件参数对电路性能的影响是正确调试的前提,而对所测试电路原理的深入理解和对基本知识的熟练掌握是正确判断故障的基础。

二、如何学习模拟电子技术基础课

既然模拟电子技术基础课具有上述特点,那么应如何学习这门课程呢?

(1) 重点掌握基本概念、基本电路和基本分析方法。

基本概念的含义是不变的,但应用是灵活的。对于任何一个基本概念,至少应了解引入这一概念的必要性及其物理意义,如果是一个物理参数,则还应了解其求解方法及求解过程中的注意事项。例如,输入电阻是为描述后级电路对前级电路的影响而引入的,表明前级电路所带负载的大小;其定义是从电路的输入端看进去的等效电阻,是一个动态电阻,等于输入电压与输入电流之比;不同电路的输入电阻具有不同的表达式;求解时要注意对某些电路的某些支路的电阻要进行等效变换。

模拟电子电路千变万化,如不抓住本质而死记硬背,则不可能学通,实际上也不可能记住所有电路。在模拟电子技术基础课中的每一章都有其基本电路,掌握这些电路是学好该课程的关键。某种基本电路并不是特指某一个电路,而是指具有同样结构特征的所有电路。掌握它们至少应了解其产生背景(即为满足什么需求)、结构特点和性能特点。“产生背景”和“性能特点”是选择和设计电路的依据,“结构特点”是识别电路的依据。例如共射放大电路,既可由 NPN 型管组成,又可由 PNP 型管组成;放大管既可为单个管子,又可为复合管;与信号源、负载的连接既可为直接耦合方式,又可为阻容耦合方式和变压器耦合方式;而凡是输入信号作用于基极回路并从集电极回路输出的放大电路均为共射接法;而共射放大电路均具有既能放大电流又能放大电压的特点。可见,只有掌握本质,才能掌握一种基本电路。

在掌握基本概念、基本电路的基础上还应掌握基本分析方法。不同类型的电路满足不同的需求,具有不同的结构特征,需用不同的参数描述,而不同的参数有各自的求解方法。因而基本分析方法包括电路的识别方法、性能指标的估算方法、在特定需求下电路的选择等。

(2) 学会全面、辩证地分析模拟电子电路中的问题

应当指出,对于实际需求,从适用的角度出发,没有最好的电路,只有最合适的电路,或者说在某一应用场合中最合适的电路才是最好的电路。

当你为改善电路某方面性能而采取某种措施时,必须自问,这种措施还改变了什么?怎么变的?能容忍这种变化吗?因为一个电子电路是一个整体,各方面性能是相互联系的,通常“有一利必有一弊”,不能“顾此失彼”。当“弊”仍能满足基本要求时,所用措施才是可行的。否则需要改变措施,或者改变电路形式和元器件类型。

(3) 注意电路的基本定理、定律在模拟电子电路分析中的应用

如前所述,模拟电子电路也是电路,因此电路的基本定理、定律均可用于模拟电子电路的分析计算,如基尔霍夫定理、戴维南定理、诺顿定理、叠加定理等,均为分析电子电路的工具。

此外,随着 EDA 技术的发展,初步掌握一种电子电路计算机辅助分析和设计软件对学习模拟电子技术基础课大有裨益。

三、如何考查模拟电子技术基础课

一般通过是否“会看、会算、会选、会调”四方面考查模拟电子技术基础课程的学习成绩。

(1) 会看:电路的识别及定性分析。

首先根据电路特征判断其属于哪种电路,然后根据电路特点判断其性能特点。例如,这是放大电路吗?如是,则是几级放大电路?每一级各是共射、共集、共基还是共源、共漏接法?引入反馈了吗?如引入了,则对电路性能产生了哪些方面的影响,放大能力的强弱、输入电阻和输出电阻的大小、频带的宽窄如何等。又如,这是正弦波振荡电路吗?如是,则是 RC 、 LC 和石英晶体正弦波振荡电路中的哪一种?振荡频率的大概范围及其稳定性、振幅的大小如何等。再如,这是运算电路还是有源滤波器?若是前者,则是比例、求和、积分、微分或者其它哪种运算电路;若是后者,则是低通、高通、带通和带阻滤波器中的哪一种等。

(2) 会算:电路的定量分析。

例如,对于放大电路应会求解静态工作点、电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、截止频率,对运算电路应会求解运算关系,对有源滤波器应会求解幅频特性,对电压比较器应会求解电压传输特性,对波形发生电路应会求解振荡幅值和频率,对于功率放大电路应会求解输出功率及效率,对直流稳压电源应会求解输出电压的可调范围,等等。

(3) 会选:在已知需求情况下选择电路形式,在已知功能情况下选择元器件类型,在已知性能指标情况下选择电路参数。

例如,欲得到 10kHz 的正弦波,则应选 RC 正弦波振荡电路;欲得到输出电压为 $10\sim 20\text{V}$ 、负载电流为 3A 的直流稳压电源,应选用桥式整流、电感滤波、串联型稳压电路,等等。又如,欲放大 100MHz 的信号,需选用共基放大电路,且放大管需用高频管;用在航天装置上的放大器,应选用低功耗的集成运放;等等。再如,输出电压为 $10\sim 20\text{V}$ 、负载电流为 3A 的直流稳压电源,采样电阻与提供基准电压的稳压管稳定电压的选取、输入电压的选取、调整管极限参数的确定,等等。

(4) 会调:掌握模拟电子电路的测试方法、仪器的选用、故障的判断和排除。调整电路性能指标应改变哪些元件参数,如何改变;如增大放大电路电压放大倍数有哪些措施,消除截止失真和饱和失真有哪些手段。

测试不同的物理量应选用不同的仪器。如测放大电路的静态工作点应用直流电压表,测量电压放大倍数应在示波器监视输出电压不失真的情况下用交流毫伏表分别测输出电压和输入电压的有效值。

电路产生异常现象时会判断故障所在,电路中有某一故障时会判断将产生什么现象。

此外,考查中还要特别注意题目的综合性和灵活性。实际上,模拟电子技术基础课程中集成运放的应用部分就或多或少带有综合性。例如,非正弦波发生电路中既含有运算电路(积分电路)又含有电压比较器(滞回比较器),它既包含

集成运放工作在线性区的电路又包含集成运放工作在非线性区的电路。又如功率放大电路需要和前级电路匹配才能输出最大功率,且为了消除非线性失真通常要引入负反馈,因此,实用功放涉及到放大的概念、放大电路的耦合问题、反馈的判断和估算、自激振荡和消振、功放的输出功率和效率、大功率管的选择原则等。

第一章 常用半导体器件

半导体器件是组成电子电路的核心元件,只有掌握了它们的外特性,才能分析和设计电子电路。

1.1 内容概要

本章的重点是二极管和稳压管的伏安特性和主要参数,晶体管的共射输入特性、输出特性和主要参数,以及场效应管的转移特性、输出特性和主要参数;即常用半导体器件的外特性及其主要参数。了解它们内部载流子的运动是为了更好地理解它们的工作原理。

1.1.1 半导体基础知识

需了解的名词术语:

- 本征半导体:纯净的晶体半导体。
- 共价键:晶体中的原子排列成整齐的点阵,相邻原子的最外层电子成为共用电子,称之为共价键。
- 自由电子与空穴:在热激发下,价电子挣脱共价键的束缚变为具有较高能量的电子,称为自由电子;在共价键中留下的空位置称为空穴。
- 载流子:能够运载电荷的粒子称为载流子。自由电子和空穴均为载流子,自由电子带负电,空穴带正电;在外加电压时,它们产生方向相反的定向移动,形成电流。当环境温度升高时,热运动加剧,本征半导体中载流子的浓度升高,因而导电性能增强。
- 复合:自由电子在运动过程中与空穴相遇而填补空穴,使二者同时消失,称为复合。
- N型半导体和P型半导体:通过扩散工艺,在本征半导体中掺入五价元素就形成N型半导体,自由电子为其多数载流子;掺入三价元素就形成P型半导体,空穴为其多数载流子。杂质半导体主要靠多数载流子导电,因而控制掺入