

应用电子技术基础

张维廉 编
巢培德

西南交通大学出版社

内 容 提 要

《应用电子技术基础》是机械类专业电技术基础教材之一。本书阐述了模拟电子电路和晶闸管电路的基本概念、基本原理及常用的分析方法。内容包括半导体二极管及其应用、半导体三极管和交流电压放大电路、功率放大电路、场效应管放大电路、直接耦合放大电路及运算放大器、正弦波振荡电路、晶闸管及其应用等七章。每章都附有较多的思考题与习题，以供学习时选用。为了培养学生分析问题和解决问题的能力，部分章节附有课堂自我测验题，用来巩固和扩大学生的知识面，并可以此检查学习情况。本书在讨论分立元件的基础上，大大加强了线性集成电路的原理和应用的内容。

本书可作为高等工科院校、职工大学、业余大学和电视大学机械类专业及其相近专业的试用教材，也可供具有一定电路知识的技术人员学习和参考。

应用电子技术基础 YINGYONG DIANZI JISHU JICHU

张维廉 巢培德 编

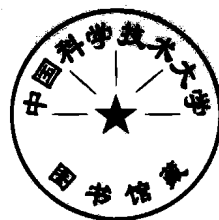
西南交通大学出版社出版
(四川 峨眉)

西南交通大学出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.5
1987年7月第一版 1987年7月第一次印刷
字数: 290千字 印数: 1—4920册

ISBN 7—81022—006—3/TN 003

统一书号: 15478·15 定价: 1.96元



前 言

《应用电子技术基础》一书,是根据1985年6月在北京召开的铁道部高等工科院校电子技术基础协会教材会议通过的“关于加强电技术基础课教材建设的决定”编写的。

对于工科机械类各专业,电技术基础课的四门教材分为《电路基础》、《电机与控制》、《应用电子技术基础》和《数学电子基础》。《应用电子技术基础》是其中的一册,这本教材适用于50~60学时。

本书按照“管路结合,管为路用”的原则编写,内容包括半导体二极管及其应用、半导体三极管和交流电压放大电路、功率放大电路、场效应管放大电路、直接耦合放大电路及运算放大器、正弦波振荡电路、晶闸管及其应用等七章。在编写过程中,我们注意了培养学生的分析问题和解决问题的能力与他们对基本概念、基本原理以及基本分析方法的掌握。为此在部分章节里安排了“课堂自我测验题”,让学生在掌握了基本概念、基本原理和基本分析方法后,能独立的、在较短时间内做完这些题。通过教师当场讲评,使学生所获得的知识更加牢固,应用时更加灵活。对自学的读者,这些自我测验题用来检查自学情况,也是有益的。本书的另一特点是,编写中力求深入浅出,便于自学。取材时,参照了由哈工大、上海交大起草的《电子技术基础》教学基本要求中的有关内容。为适应电子技术迅速发展的形势,教材中大大加强了集成运算放大器及其应用的内容;为适应各专业的不同要求,编写了一些加深加宽的内容,并标以*号;书中编有较多的例题和一定数量的实例,各章附有较多的思考题与习题,可供教学中选用。

本书可作为高等工科院校、职工大学和电视大学机械类及其他相近专业的试用教材,也可供具有一定电路知识的技术人员学习和参考。

本书由西南交通大学张维廉主编,大连铁道学院巢培德协编。书中第一、二、三、四、五、六章由张维廉编写,第七章由巢培德编写。全书由张维廉进行了统稿和修改工作。

本书由北方交通大学肖幼萍副教授主审,上海铁道学院郭丽君同志审阅了部分书稿。上海、长沙、大连、兰州、石家庄铁道学院、华东交大、北方交大和西南交大的有关教师参加了1986年4月在上海召开的教材审稿会议,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于我们业务水平有限,书中错误和不妥之处,在所难免,恳切希望使用本教材的师生和其他读者多加指正。

编 者

1986年6月

应用电子技术基础符号说明

一、基本符号

1. 电流和电压

i, u	含有直流成分的电流电压瞬时值通用符号
I, U	直流电流电压值; 正弦电流电压有效值
$\dot{i}, \dot{U}$	正弦电流电压复数量的通用符号
I_m, U_m	正弦电流电压幅值的通用符号
I_{max}, U_{max}	电流电压最大值
I_{min}, U_{min}	电流电压最小值
I_Q, U_Q	电流电压静态值
E_C	集电极回路直流电源电动势
i_B	基极电流总瞬时值
i_b	基极电流交流分量瞬时值
I_B	基极直流电流
I_{BQ}	基极静态电流
I_{bm}	基极电流交流分量为正弦量时的幅值
E_B	基极回路直流电源电动势
i_C	集电极电流总瞬时值
i_c	集电极电流交流分量瞬时值
I_C	集电极直流电流
I_{CQ}	集电极静态电流
I_{cm}	集电极电流交流分量为正弦量时的幅值
I_E	发射极直流电流
E_D	漏极直流电源电动势
E_G	栅极直流电源电动势
i_D	漏极电流总瞬时值; 二极管电流瞬时值
I_D	漏极直流电流; 二极管直流电流
i_d	漏极电流交流分量瞬时值
i_S	源极电流总瞬时值
I_S	源极直流电流; 二极管反向饱和电流
u_{BE}	基极—发射极电压总瞬时值
U_{BE}	基极—发射极直流电压

u_{be}	基极—发射极电压交流分量瞬时值
$U_{t\text{em}}$	基极—发射极电压交流分量为正弦量时的幅值
u_{ce}	集电极—发射极电压总瞬时值
U_{ce}	集电极—发射极直流电压
u_{ce}	集电极—发射极电压交流分量瞬时值
u_{cs}	栅极—源极电压总瞬时值
U_{gs}	栅极—源极直流电压
u_{gs}	栅极—源极电压交流分量瞬时值
u_{ds}	漏极—源极电压总瞬时值
U_{ds}	漏极—源极直流电压
u_{ds}	漏极—源极电压交流分量瞬时值
u_i	输入电压瞬时值
U_i	正弦输入电压有效值；直流输入电压增量值
u_o	输出电压瞬时值
U_o	正弦输出电压有效值；直流输出电压增量值；整流电路输出平均电压
i_o	输出电流瞬时值
I_o	正弦输出电流有效值；整流电路输出平均电流
U_{DRM}	整流电路中，二极管最大反向电压
U_D	整流电路中，二极管正向电压降
U_L	负载电压
I_L	负载电流

2. 功率

p	瞬时功率
P	功率通用符号
P_E	电源消耗的功率
p_o	输出交变功率
P_{om}	最大输出功率

3. 频率

f	频率通用符号
ω	角频率通用符号
f_o	振荡频率

4. 电阻、电导、电容、电感

r	微变电阻的通用符号
R	固定电阻的通用符号
g	微变电导的通用符号

r_{be}	共发射极接法下基射极之间的微变电阻
r_i	输入电阻
r_o	输出电阻
R_B	接到基极的固定电阻
R_C	接到集电极的固定电阻；余类推
R_L	负载电阻
R'_L	R_L 与 R_C 的并联电阻
R_S	信号源内阻；接到场效应管源极的固定电阻
C	电容的通用符号
L	电感的通用符号

5. 增益或放大倍数

A	增益或放大倍数的通用符号
A_u	电压放大倍数通用符号
$\dot{A}_u$	电压放大倍数复数形式 $= \dot{U}_o / \dot{U}_i$
A_{uf}	有反馈时的电压放大倍数
A_{uo}	无反馈时的电压放大倍数
A_{us}	考虑信号源内阻时的电压放大倍数
F	反馈系数的通用符号
$\dot{F}$	反馈系数的复数形式
A_d	差模电压放大系数
A_c	共模电压放大系数

二、器 件 参 数 符 号

A	阳极
K	阴极
G	场效应管栅极；晶闸管控制极或门极
B	晶体管基极
C	晶体管集电极
E	晶体管发射极
J	PN 结
D	场效应管漏极；二极管
S	场效应管源极；信号通用符号；变压器容量
BU_{EBO}	集电极开路时发射极—基极间的击穿电压
BU_{CEO}	基极开路时集电极—发射极间的击穿电压
BU_{CER}	基极—发射极间接入电阻时集电极—发射极间的击穿电压
BU_{CES}	基极—发射极间短路时集电极—发射极间的击穿电压
BU_{DS}	漏极—源极间的击穿电压

D_z	稳压管
I_{CBO}	发射极开路时集电极—基极间的反向饱和电流
I_{CRO}	基极开路时集电极—发射极间的穿透电流
I_{CFR}	基极—发射极间接入电阻时集电极—发射极间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
I_{DSs}	$U_{GS} = 0$ 时的 I_D
I_{FM}	二极管的额定整流电流或最大正向电流
I_R	二极管的反向电流
U_{RM}	二极管最高反向工作电压
U_f	反馈电压
I_f	反馈电流
U_{fm}	正弦反馈电压幅值
U_p	场效应管的夹断电压；单结晶体管峰点电压
U_T	增强型场效应管的开启电压；温度的电压当量
N	电子型半导体
P	空穴型半导体
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率
U_B	二极管击穿电压
α	共基极接法下晶体管交流电流放大系数
$\bar{\alpha}$	共基极接法下晶体管直流电流放大系数
β	共发射极接法下晶体管交流电流放大系数
$\bar{\beta}$	共发射极接法下晶体管直流电流放大系数
g_m	跨导
U_z	稳压管的稳定电压
I_{Zmax}	稳压管的最大稳定电流
r_z	稳压管的动态电阻
α_u	稳压管的电压温度系数
SCR	晶闸管或可控硅器件符号
I_H	晶闸管维持电流
I_G	晶闸管控制极电流
U_{BR}	晶闸管反向击穿电压
U_{RSM}	晶闸管反向不重复峰值电压
U_{BO}	晶闸管正向转折电压
U_{DSM}	晶闸管断态正向不重复电压
U_{DRM}	晶闸管断态重复峰值电压
U_{RRM}	晶闸管反向重复峰值电压
I_T	晶闸管额定通态平均电流

R_{BB}	单结晶体管两基极间的电阻
UJT	单结晶体管器件符号
η	单结晶体管分压比
U_{BB}	单结晶体管两基极间电压
R_{B1}	单结晶体管第一基极至 PN 结间的电阻
R_{B2}	单结晶体管第二基极至 PN 结间的电阻
I_P	单结晶体管峰点电流
I_V	单结晶体管谷点电流
U_V	单结晶体管谷点电压

三、其它符号

$CMRR$	共模抑制比
T	绝对温度, 单位为 K; 周期
k	变压器变比; 波尔兹曼常数, 单位 J/K
N_1	变压器原边绕组匝数
N_2	变压器副边绕组匝数
q	电子电荷量 $= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Q	静态工作点; LC 回路的品质因数
η	效率
τ	时间常数
φ	相角差

目 录

第一章 半导体二极管及其应用

第一节 概 述	1
第二节 PN 结及其单方向导电性	2
一、PN 结的形成	2
二、PN 结的单方向导电性能	3
第三节 半导体二极管	3
一、半导体二极管的基本结构	3
二、半导体二极管的伏安特性	4
三、半导体二极管的主要参数	6
第四节 桥式整流电路及滤波电路	8
一、单相桥式整流电路	8
*二、三相桥式整流电路	10
三、滤波电路	12
第五节 硅稳压管和稳压管稳压电路	16
一、稳压管	16
二、稳压管稳压电路	18
习 题	20

第二章 半导体三极管和交流电压放大电路

第一节 半导体三极管(晶体管)	22
一、晶体管的基本结构	22
二、晶体管的放大原理	23
三、晶体管的特性曲线	27
四、晶体管的主要参数	29
第二节 单管交流电压放大电路的组成	32
第三节 放大电路的图解分析法	33
一、无输入信号时的图解分析	34
二、有交流输入信号时的图解分析	37
三、非线性失真	41

第四节 放大电路的计算分析法	42
一、用估算法确定静态值.....	42
二、微变等效电路.....	43
第五节 放大电路静态工作点的稳定	47
一、温度对静态工作点的影响.....	47
二、分压式电流负反馈偏置电路.....	48
第六节 阻容耦合放大电路	49
第七节 放大电路中的负反馈	53
一、反馈的基本概念.....	53
二、负反馈的类型.....	54
三、反馈的判断.....	54
四、负反馈对放大电路性能的影响.....	58
第八节 射极输出器	60
习 题.....	63

第三章 功率放大电路

第一节 射极输出器的功率放大作用及放大电路的工作状态	68
一、射极输出器的功率放大作用.....	68
二、放大电路的工作状态.....	69
第二节 互补对称功率放大电路	70
一、乙类互补对称功率放大电路.....	70
二、甲乙类互补对称功率放大电路.....	72
三、准互补对称功率放大电路.....	73
第三节 单电源互补对称功率放大电路	75
一、乙类单电源互补对称功率放大电路.....	75
二、甲乙类单电源互补对称功率放大电路.....	76
*第四节 变压器耦合功率放大电路	77
一、变压器耦合单管功率放大电路.....	77
二、乙类推挽功率放大电路.....	79
习 题.....	80

第四章 场效应管放大电路

第一节 结型场效应管	83
一、结型场效应管的结构和工作原理	83
二、结型场效应管的特性曲线	84
第二节 绝缘栅场效应管	87
一、N 沟道增强型绝缘栅场效应管	87
二、N 沟道耗尽型绝缘栅场效应管	88
第三节 场效应管的主要参数和使用注意事项	90
一、场效应管的主要参数	90
二、场效应管使用注意事项	90
第四节 场效应管基本放大电路	91
一、静态工作点的设置	91
二、场效应管放大电路的微变等效电路	93
第五节 共漏极放大电路——源极输出器	95
习 题	95

第五章 直接耦合放大电路及运算放大器

第一节 直耦放大电路的特殊问题	97
一、直耦放大电路的耦合方式	97
二、多级直耦放大电路中的零点漂移	99
第二节 差动式放大电路	100
一、基本差动放大电路	100
二、典型差动放大电路	102
三、晶体管恒流源差动放大电路	107
第三节 运算放大器	108
一、概述	108
二、线性集成电路	108
三、运算放大器的应用	111
四、线性集成电路应用知识	124
第四节 集成稳压电路	125

一、串联式晶体管稳压电路	125
二、比较环节采用线性集成电路的稳压电路	126
三、集成稳压电路	127
习 题	128

第六章 正弦波振荡电路

第一节 自激振荡	131
一、振荡条件	131
二、振荡的建立和稳定	132
第二节 LC 振荡电路	133
一、变压器反馈式振荡电路	133
二、电感三点式振荡电路和电容三点式振荡电路	134
第三节 RC 振荡电路	134
一、RC 桥式振荡电路的组成	135
二、RC 选频电路	135
第四节 正弦波振荡电路实例	136
习 题	137

第七章 晶闸管及其应用

第一节 晶体闸流管	139
一、晶闸管的外形、符号与结构	139
二、晶闸管的工作原理	140
三、晶闸管的伏安特性	141
四、晶闸管的主要参数	142
第二节 可控整流电路	143
一、单相半波可控整流电路	143
二、单相半控桥式整流电路	145
第三节 单结晶体管触发电路	147
一、单结晶体管	147
二、单结晶体管弛张振荡器	149
三、单结晶体管触发电路	150

习 题	151
-----------	-----

附 录

附录一 半导体器件型号命名方法	153
附录二 常用半导体器件的参数	155
一、半导体二极管	155
二、半导体三极管	156
三、场效应管	158
附录三 国产集成运算放大器的电参数	160
附录四 国产集成稳压组件的电参数	163
附录五 国产品闸管型号命名法及其电参数	164
一、国产品闸管型号命名法	164
二、KP 型晶闸管的电参数	165
附录六 国产 ZP 型硅整流二极管型号命名法及其电参数	167
一、ZP 型硅整流二极管型号命名法	167
二、ZP 型硅整流二极管的电参数	167
附录七 单结晶体管型号及其电参数	168

第一章 半导体二极管及其应用

本章主要讨论半导体二极管的基本结构、工作原理、特性及其基本参数和桥式整流、滤波、稳压等电路。对半导体二极管的其它用途也做了介绍。为了便于学习本章内容，在第一节概述中，把已学过的半导体基本知识做了概括的总结。

第一节 概 述

半导体器件所采用的半导体材料有很多种，但最常用的材料是锗 (Ge) 和硅 (Si)。

按照半导体理论，对不含杂质而且结构非常完整的半导体单晶称为本征半导体。本征半导体中参与导电的电子和空穴数目相等。温度极低时，其电阻率很大，极难导电，随着温度升高，其电阻率迅速减小。这是一种实际上难以实现的理想情况，因此在技术工作中，本征半导体是指杂质浓度很小，导电性能与理想情况很相近的半导体。本征半导体在绝对温度下，又无外界能源施加能量（如光照等），是不会导电的。但在温度增加或接受光照时，本征半导体中将会产生电子—空穴对，即在其中将产生数量相等的自由电子和空穴。自由电子是一种载流子，而共价键中的空位—空穴也是一种载流子。如果在半导体两端加上电源 E ，如图 1—1 所示，则自由电子将向电源正端移动，而空穴将向电源负端移动（实际上是共价键中受束缚的价电子在晶格内递补空位而产生的移动），自由电子和空穴运动的方向是相反的，而在外电路中形成的电流却是一致的。虽然温度增加或接受光照，能使本征半导体导电能力增强，但与一般导体相比，还差得很远。所以本征半导体如不加改造，其使用价值是不高的。

如果在本征半导体中掺进微量的其它元素，导电能力将大大增强。掺进的元素称为杂质。在本征半导体中掺进其它元素的过程称为掺杂。掺杂后的半导体称为掺杂半导体。根据掺入的杂质不同，掺杂半导体可分为两大类型。在本征半导体中掺入五价元素如磷 P、砷 AS、锑 Sb……等，就形成了 N 型半导体。N 型半导体中，自由电子占多数，所以，自由电子为多数载流子；而空穴占少数，空穴为少数载流子；此外还有不参加导电的正离子。如在本征半导体中掺入三价元素如硼 B、铝 Al、镓 In……等，就形成了 P 型半导体。P 型半导体中，空穴为多数载流子而自由电子为少数载流子；此外还有不参加导电的负离子。在掺杂半导体中，多数载流子的数目决定于掺杂的多少，掺入杂质多，多数载流子就多；少数载流子的数目则与温度

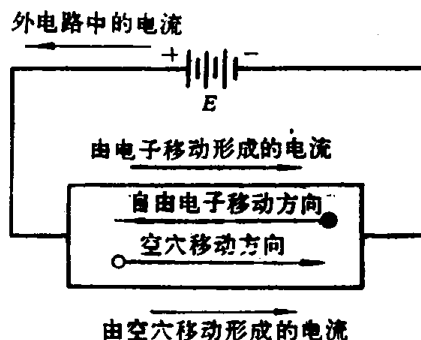


图 1—1 半导体中电子和空穴在外电场作用下的移动方向和形成的电流

有关，温度越高，少数载流子的数目就越多。应当注意，不论是那一种掺杂半导体，虽然它们都有一种载流子占多数，但是整个晶体仍然是电中性的。

第二节 PN 结及其单方向导电性

PN 结是构成各种半导体器件的核心。许多半导体器件都用不同数量的 PN 结构成的。所以，PN 结的理论是半导体器件的基础。

一、PN 结的形成

在一块半导体晶片上，采取一定的掺杂工艺，使两边分别形成 P 型半导体和 N 型半导体，那么就会在这两种半导体的交界处形成一层很薄的 PN 结，如图 1—2 所示。为了便于分析，图中仅画出杂质原子。P 型半导体侧杂质原子用带空穴的负离子表示；N 型半导体侧杂质原子用带电子的正离子表示。由于 P 区空穴浓度大于 N 区空穴浓度，因此空穴由 P 区向 N 区扩散，交界处 P 区空穴扩散到 N 区后，就在交界处的 P 区侧形成负离子。同样，N 区的自由电子浓度比 P 区自由电子浓度大得多，因此自由电子由 N 区向 P 区扩散，交界处的 N 区侧形成正离子。这样就在 P 区和 N 区交界处的两侧形成了一个空间电荷区，这个空间电荷区就是 PN 结。

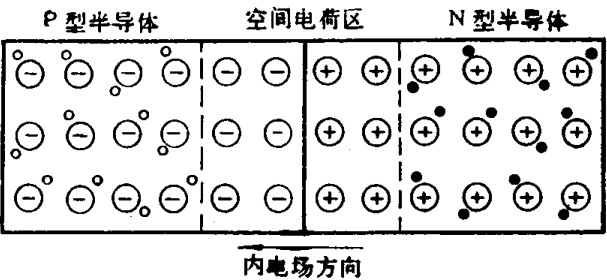


图 1—2 PN 结示意图
图中：⊖表示负离子；⊕表示正离子。

在这个空间电荷区中，两侧出现正负离子，而离子本身是不能移动的，于是就在这个区域中产生了一个电场，称为内电场（或自建电场）。电场的方向由 N 区侧指向 P 区侧，如图 1—2 所示。

随着内电场的出现，它对 P 区内的空穴继续向 N 区扩散起阻碍作用，但是 P 区侧的少数载流子自由电子在内电场的作用下可进入 N 区，即向 N 区漂移。同样道理，N 区内的自由电子继续向 P 区扩散受到内电场的阻止，而 N 区侧的空穴却在内电场的作用下向 P 区漂移。在 PN 结开始形成时，多数载流子的扩散运动占优势，随着扩散的不断进行，空间电荷区逐渐加宽，内电场逐步加强，对扩散运动的阻力就越大，致使扩散减弱。而内电场的加强却使少数载流子的漂移有所增强。发展到最后，多数载流子形成的扩散与少数载流子的漂移达到了相对稳定，这时内电场就不再增强，而空间电荷区的厚度也不再改变，这就是 PN 结的动态平衡。如图 1—3 所示，当 PN 结达到动态平衡时，N 区的自由电子（多数载流子）向 P 区扩散的数量与 P 区自由电子（少数载流子）向 N 区扩散的数量相等。

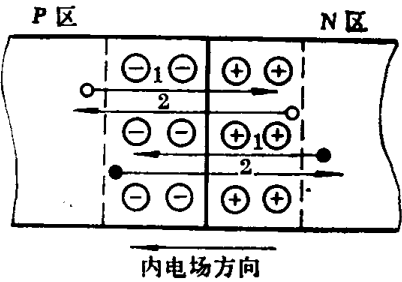


图 1—3 PN 结中载流子的动态平衡
1—多子扩散方向；
2—少子漂移方向。

向 N 区漂移的数量相等；对空穴来讲也是如此。

在空间电荷区中，能移动的载流子极少，所以它的电阻率很高。在此区域内，多数载流子已扩散到对方并被复合掉，或者说是消耗尽了，所以这个区域称为耗尽层。在这个区域中，所建立的内电场对多数载流子的扩散起阻挡作用，所以又称阻挡层。

二、PN 结的单方向导电性能

如图 1—4 所示，如果在 PN 结上加正向电压（也称正向偏置，简称正偏），即外电源正端接 P 区，负端接 N 区；则外加电场与内电场方向相反，于是扩散与漂移运动的平衡被破坏。外电场使 P 区的空穴进入阻挡层，抵消了一部分负的空间电荷；同时使 N 区的自由电子进入阻挡层，抵消了一部分正的空间电荷。于是阻挡层变窄，内电场减弱，多数载流子的扩散运动增强，从而形成了较大的正向电流。在一定范围内，外电场越强，正向电流越大，这时 PN 结呈现低阻状态。

如图 1—5 所示，如果给 PN 结加上反向电压（也称反向偏置，简称反偏），即外加电源正端接 N 区，而负端接 P 区；外电场和内电场方向一致，这样也破坏了扩散与漂移运动的平衡。这时外电场促使多数载流子背离阻挡层，于是空间电荷区增大，阻挡层加宽，内电场增强，因此使多数载流子的扩散运动几乎不能进行。这时只有少数载流子在外电源的作用下，进行漂移运动，而产生了极微弱的反向电流，PN 结呈现高阻状态。由于温度的增高可使少数载流子增多，所以反向电流随温度的增高而增大。这也就是半导体器件的温度特性很差的根本原因。

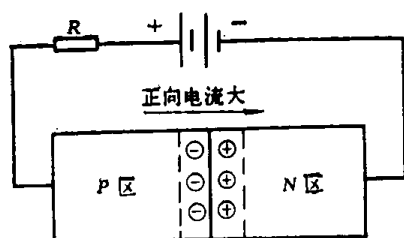


图 1—4 PN 结加正向电压

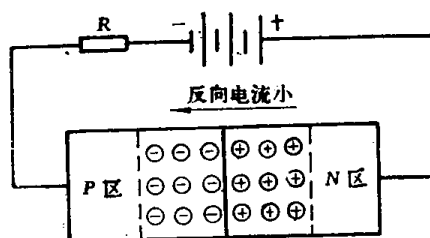


图 1—5 PN 结加反向电压

综上所述，PN 结具有单方向导电性能。即在 PN 结上加正向电压，PN 结电阻很低，正向电流很大，PN 结处于导通状态；加反向电压，PN 结电阻很高，反向电流很小，PN 结处于截止状态。

第三节 半导体二极管

一、半导体二极管的基本结构

半导体二极管就是由一个 PN 结加上相应的电极引线和管壳封装制成的。P 型半导体一端的电极为阳极（也称正极），N 型半导体一端的电极为阴极（又称负极）。半导体二极管的外形和图形符号如图 1—6 所示。图形符号中三角形一端为阳极，短线一端为阴极；箭头表示正向电流的方向。

半导体二极管按其结构来分，可分为点接触型和面接触型两种。点接触型二极管如图 1—7(a) 所示。由于其 PN 结的面积很小，不能通过大的电流。但其结电容很小，高频性能较好，因此常用于高频和小电流的电路中。面接触型二极管如图 1—7(b) 所示。由于其 PN

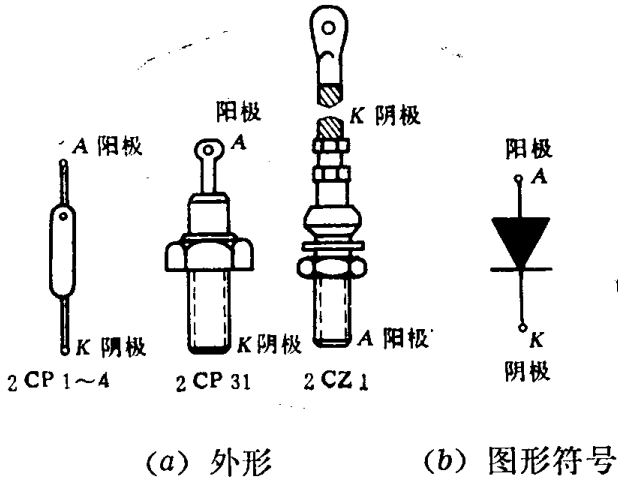
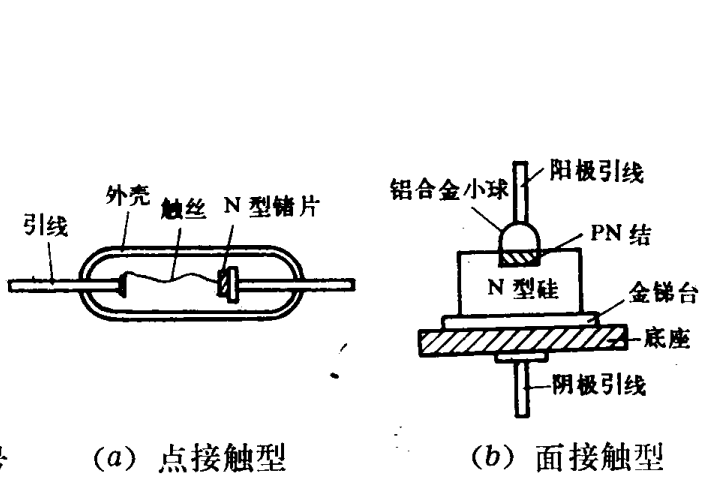


图 1—6 半导体二极管的外形及图形符号



(a) 点接触型 (b) 面接触型
图 1—7 半导体二极管的结构

结的面积大，可通过较大的电流。但因其结电容较大，所以常用于低频整流电路中。

二、半导体二极管的伏安特性

为了能正确地使用二极管，必须知道加在二极管阳、阴极间的电压 u 和流过管子的电流 i 的关系。通常我们把 u 和 i 之间的关系曲线称为二极管的伏安特性。下面我们以硅二极管为例来讨论。

(一) 正向特性

图 1—8(a) 中为正向特性测试电路。在硅二极管两端加上正向电压，逐步增加电压，测量电压和电流值即可得到伏安特性的正向特性，如图 1—9 中的第一象限内的曲线。从图中可见，当所加的正向电压较小时，由于外部电场还不足以克服内电场对多数载流子扩散运动所造成的阻力，因此这时的正向电流很小，几乎为零（如曲线的 OA 段）。当正向电压超过一定的数值后，内电场大大削弱，于是电流增长很快。这个一定数值的正向电压称为死区电

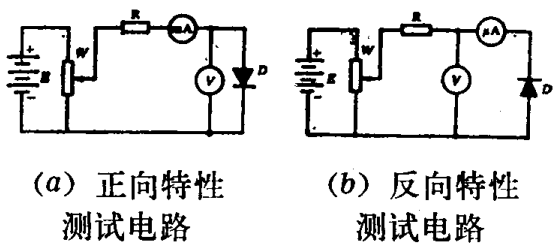


图 1—8 二极管伏安特性测试电路

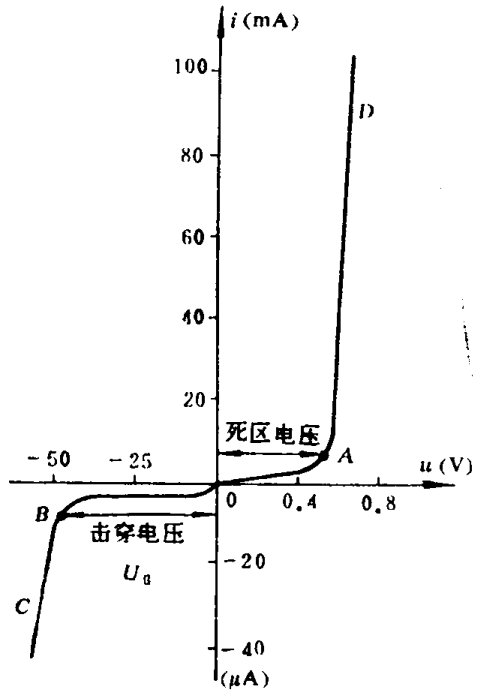


图 1—9 硅二极管的伏安特性