

中等专业学校教材

电子技术基础

郑州电力学校 李香林 主编

水利电力出版社

中等专业学校教材

电子技术基础

郑州电力学校 李香林主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 18印张 400千字

1986年6月第一版 1986年6月北京第一次印刷

印数00001—21610册 定价2.10元

书号 15143·5964

前 言

本书为中等专业学校电厂热能动力设备专业电子技术基础第二轮教材，是按照1983年6月水利电力部电力教学研究会电子技术课程组第一次会议通过的编写提纲编写的。近年来，鉴于微型电子计算机的迅速发展和集成电路的广泛使用，教材中在集成电路的结构、工作原理和应用方面有所加强，以适应计算机课程及其它方面的需要。

本书是一门基础技术课。通过学习，一方面可使中等专业学校的学生掌握电子技术基本知识和技能（通过各个教学环节，包括实验课在内）；另一方面可为后续课程（如热工仪表、电子计算机等）打下一定的基础。本书的一些内容和实例，取自热动专业中的某些电子电路，如相敏放大电路、温度测量控制等电路。但绝大部分内容仍然是本门课程应有的基础知识，如常用的半导体器件和集成电路的结构和工作原理、特性曲线和参数；常用模拟电路，如放大、反馈、振荡、运放等电路的组成和工作原理，以及分析这些电路的理论和方法；常用数字电路，如门电路、触发器、寄存器、计数电路、加减法电路、显示电路的组成和工作原理，以及分析这些电路的理论和方法；常用不控整流电路、可控整流电路、稳压电路的组成和工作原理等。

本书第一章到第六章由刘汉华编写，第七章到第十章及附录由李香林编写。陈汉斌认真、详细地审阅了本书稿，并提出许多宝贵意见；一些有关的专业教师对编写本书给予了大力支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中缺点、错误难免，恳请使用本书的师生和读者批评指正。

编 者

1985年3月

目 录

前 言

第一章 半导体二极管和三极管	1
第一节 半导体基本知识	1
一、半导体的导电特性	1
二、杂质半导体	2
三、PN 结	3
第二节 半导体二极管	4
一、半导体二极管的结构、类型	4
二、半导体二极管的伏安特性曲线	5
三、半导体二极管的主要参数	7
第三节 硅稳压二极管	8
一、硅稳压二极管及其特性	8
二、硅稳压管主要参数	8
第四节 半导体三极管	9
一、半导体三极管的结构	9
二、半导体三极管的电流放大作用	10
三、半导体三极管特性曲线	11
四、半导体三极管主要参数	15
习题一	17
第二章 低频放大电路	19
第一节 低频小信号放大电路	19
一、共发射极基本放大电路	19
二、放大电路的图解法	20
三、静态工作点对放大性能的影响	25
四、稳定静态工作点的偏置电路	25
五、微变等效电路分析法	28
六、放大电路的输入、输出电阻	32
七、共基极放大电路	33
八、多极阻容耦合放大电路	34
第二节 放大电路中的反馈	39
一、反馈的基本概念	39
二、反馈的分类	41
三、几种负反馈放大电路	42
四、负反馈对放大电路性能的影响	51
第三节 功率放大电路	52
一、单管功率放大电路	53
二、三极管放大的工作状态	56

三、推挽功率放大电路	38
四、互补推挽功率放大电路	62
五、复合互补推挽功率放大电路	65
六、相敏功率放大电路	67
习题二	69
第三章 场效应管及其放大电路	74
第一节 结型场效应管	74
一、结型场效应管的结构	74
二、结型场效应管特性曲线	75
第二节 绝缘栅场效应管	77
一、绝缘栅场效应管结构、类型	77
二、耗尽型N-MOS管特性曲线	78
三、增强型N-MOS管特性曲线	79
第三节 场效应管主要参数及使用注意事项	80
一、场效应管主要参数	80
二、使用注意事项	81
第四节 场效应管放大电路	82
一、场效应管偏置电路	82
二、场效应管放大电路	83
习题三	87
第四章 正弦波振荡电路	89
第一节 自激振荡的产生与稳定	89
第二节 LC正弦波振荡电路	91
一、选频放大电路	91
二、变压器反馈式振荡电路	92
三、电感三点式振荡电路	92
四、电容三点式振荡电路	94
五、应用举例	95
第三节 石英晶体振荡器	96
一、石英晶体谐振器	96
二、石英晶体振荡电路	98
第四节 RC桥式振荡电路	98
习题四	101
第五章 直流放大电路	104
第一节 直接耦合放大电路	104
一、直接耦合放大电路	104
二、NPN管和PNP管直接耦合电路	105
三、零点漂移	107
第二节 差动放大电路	107
一、差动放大电路的工作原理	108
二、差动放大电路的改进	109
三、差动放大电路的几种接法	111

第三节 调制式直流放大电路	114
一、调制与调制器	115
二、解调与解调器	116
三、调制式直流放大电路应用举例	117
习题五	120
第六章 集成运放电路	122
第一节 两种集成元件	122
一、5G 23	122
二、5G14573	124
第二节 集成运放主要参数和使用的几点说明	125
一、集成运放的主要参数	125
二、使用的几点说明	126
第三节 集成运放的运算电路	127
一、理想集成运放定义及特性	127
二、反相运算电路	128
三、同相运算电路	130
四、比较电路	130
五、积分运算电路	131
六、微分运算电路	132
七、对数运算电路	133
八、反对数运算(或指数运算)电路	134
九、乘法运算电路	134
十、除法运算电路	135
第四节 集成运放的其它应用	137
一、电压—电流变换器	137
二、电流—电压变换器	137
三、有源滤波器	138
四、比较器	139
五、正弦波发生器	140
习题六	140
第七章 逻辑门电路和逻辑代数	143
第一节 脉冲基本概念	143
一、脉冲信号的应用	143
二、脉冲主要特性参数	143
第二节 三极管的开关特性和反相器	144
一、开关特性	144
二、反相器	145
第三节 基本逻辑门电路	147
一、基本概念	147
二、正逻辑与负逻辑	147
三、基本逻辑门电路	147
四、逻辑电路、真值表、逻辑关系式和逻辑符号图的相互关系	151

第四节 与非、或非和与或非逻辑	152
一、与非门电路	152
二、或非门电路	153
三、与或非门电路	153
第五节 TTL与非门	153
一、电路结构	154
二、工作原理	154
三、集成与非门主要参数	155
第六节 MOS集成门电路	156
一、反相器(非门电路)	156
二、与非、或非门电路	158
第七节 逻辑代数基本知识	159
一、基本公式和常用公式	160
二、卡诺图	161
三、逻辑函数的应用举例	163
第八节 三态逻辑门	164
一、基本电路和工作原理	167
二、三态门的类别	167
习题七	168
第八章 触发器	170
第一节 基本RS触发器	170
一、分立元件组成的RS触发器	170
二、集成电路组成的RS触发器	171
三、对触发脉冲宽度的要求	172
四、单脉冲发生器	173
第二节 D触发器	173
一、符号图和逻辑电路结构	173
二、工作原理	173
三、D触发器的逻辑功能	174
第三节 JK触发器	175
一、符号图和逻辑电路结构	175
二、工作原理和逻辑功能	176
三、逻辑动态表和关系式	177
第四节 单稳态触发器	178
一、RC微分、积分电路	178
二、微分型单稳态触发器	179
三、积分型单稳态触发器	180
四、分立元件组成的单稳态触发器	181
五、单稳态触发器的应用	183
第五节 多谐振荡器	183
一、基本电路及工作原理	183
二、分立元件组成的多谐振荡器	184

三、环形多谐振荡器	185
四、石英晶体振荡器	186
第六节 施密特触发器	187
一、用集成与非门组成的施密特触发器	187
二、用集成运算放大器组成的施密特触发器	189
第七节 音响报警及试、消音装置	191
一、电路	191
二、工作原理	191
习题八	192
第九章 数字电路	194
第一节 二进制数	194
一、十进制、二进制和十六进制	194
二、二—十进制的换算	195
第二节 二进制计数器	196
一、用D触发器组成二进制计数器	196
二、用JK触发器组成二进制计数器	199
第三节 十进制计数器	200
一、8421编码	200
二、用D触发器组成十进制计数器	201
三、用JK触发器组成十进制计数器	202
四、N进制计数器	204
五、同步十进制计数器	205
第四节 寄存器	206
一、简单寄存器	206
二、可控寄存器	206
三、移位寄存器	207
第五节 运算电路	209
一、异或门	209
二、半加器	209
三、全加器	210
四、补码加法器和减法器	213
五、十进制调整	215
第六节 译码和显示电路	216
一、与非门编码器	216
二、二极管译码器	217
三、荧光数码管和笔划译码器	218
四、发光二极管显示电路	222
第七节 模拟量和数字量的转换	222
一、概说	222
二、数—模转换器	223
三、模—数转换器	224
习题九	226

第十章 电源电路	228
第一节 单相整流电路	228
一、概述	228
二、半波整流电路	228
三、全波整流电路	230
四、桥式整流电路	232
第二节 滤波电路	234
一、电容滤波	234
二、 Π 型滤波	236
三、有源滤波电路	237
第三节 稳压电路	238
一、电压变化原因及稳压电路参数	238
二、硅稳压管稳压电路	239
三、串联式稳压电路	241
四、串联式稳压电路的改进	243
五、集成稳压电路	246
第四节 三相整流电路	249
一、三相半波整流电路	250
二、三相桥式整流电路	251
第五节 可控整流电路	253
一、可控硅	253
二、纯电阻负载可控整流电路	255
三、感性负载可控整流电路	257
四、单结晶体管及其振荡电路	260
五、同步触发电路	262
习题十	264
附录	266
附录一 半导体器件型号命名方法	266
附录二 常用半导体器件的参数	267
一、晶体二极管	267
二、晶体三极管	269
三、场效应管	270
四、可控硅	271
附录三 集成电路	271
一、型号命名	271
二、国内外部分集成运放型号对照	272
三、部分集成电路引脚排列图	273

第一章 半导体二极管和三极管

第一节 半导体基本知识

一、半导体的导电特性

根据物质的导电性能，可将物质分为导体、绝缘体、半导体三大类。

在金属导体中，原子的外层电子受原子核的束缚很弱，在室温下，大量的外层电子能够挣脱原子核的束缚成为自由电子。如果在外界电场的作用下，这些自由电子将受电场力的作用，作定向运动而形成电流。这种作定向运动而形成电流的微粒，称为载流子。由于金属中自由电子很多，也就是载流子很多，所以金属导电性能良好。而在绝缘材料中，电子受原子核的束缚很强，很难成为自由电子，因此，其载流子极少，几乎不导电。在半导体材料中，原子外层电子受原子核的束缚，既不像导体那样弱，也不像绝缘体那样强，所以可以用一些方法改变其导电性能，做成各种电子器件。

常用的半导体材料有硅、锗、砷化镓等。下面以硅为例从原子结构上说明其导电特性。

一个硅原子有14个电子，分布在三层轨道上，最内层为2个，中间层为8个，最外层为4个。里面两层电子受原子核的束缚很强，与原子核一起组成稳定的结构；最外层的电子受原子核的束缚很弱，称为价电子。由于硅原子外层有四个电子，所以硅为四价。

当硅材料制成单晶体时，原子就排列在很有秩序的对称晶格上。根据原子理论：当原子外层占据有8个电子时，原子就处于比较稳定的状态。所以，硅原子在组成单晶硅时，将其周围四个硅原子的一个外层电子据为共有，满足了8个电子，形成了单晶稳定状态。这种据为共有电子的结构，称为共价键。它将周围原子束缚在一定结构的晶格上，如图1-1所示。

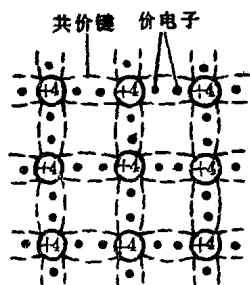


图 1-1 单晶硅结构平面示意图

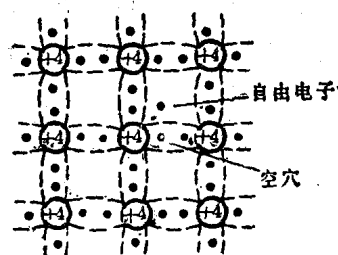


图 1-2 电子空穴对的产生

纯度很高、晶格结构很完整的半导体叫本征半导体。当本征半导体的价电子获得足够的能量时（主要是热能），就可能挣脱共价键的束缚，变成为自由电子。与此同时，留下了一个空位，称为空穴，形成了电子空穴对。显然，温度越高，产生的电子空穴对越多，如图1-2所示。

自由电子在热激发下,不断地作无规则运动,运动中有些自由电子填补了空穴的位置,从而使电子空穴对消失,这种过程叫做复合。显然,电子空穴对的浓度越大,复合的机会就越多。在一定的温度下,电子空穴对的产生与复合的数目相等,即达到了动平衡状态时,就维持了一定的电子空穴对数目。所以,温度越高,电子空穴对的数目也越多。

半导体导电时,自由电子是一种载流子,空穴也是一种载流子。因为在共价键的作用下,这个空穴要求有电子来填补。当此空穴将别的原子中的电子拉过来填补后,就在别的原子上产生了新的空穴,好像原来的空穴移动了一个位置。如果半导体加上电场后,则空穴被填补的运动就成了定向运动,好像空穴从电场的正极向负极的方向移动,空穴的定向移动也就形成了电流。所以,半导体中的电流是电子电流和空穴电流之和。本征半导体在电场作用下载流子的运动情况如图1-3所示。

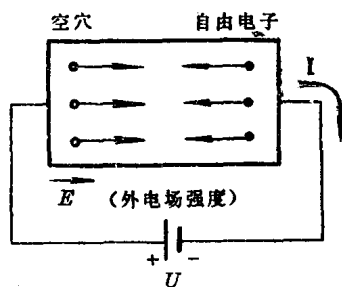


图 1-3 外电场作用下的本征半导体

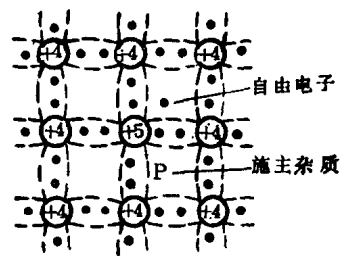


图 1-4 硅晶体掺磷的晶格

在室温下,本征半导体中的电子空穴对还是太少,无法单独作为半导体器件使用。

二、杂质半导体

如果在本征半导体中掺入微量的杂质,会使它的导电能力增大很多,称为杂质半导体。根据掺杂元素是五价(如锑、磷、砷)或三价(如硼、镧、镓)的不同,可分为N型半导体或P型半导体。

1. N型半导体

在硅本征半导体中,掺入微量的五价元素磷(P),如图1-4所示。当磷原子取代硅原子在单晶硅中组成共价键时,多出了一个价电子,它不受共价键的束缚,因而在室温下就很容易被激发而成为自由电子。每掺入一个磷原子就提供了一个自由电子。因此,半导体的导电能力增大很多。另外,在热激发下,也会产生电子空穴对,但产生的空穴数比起杂质提供的电子数目少得多。因此,这种自由电子是多数载流子、空穴是少数载流子的半导体,称为N型半导体。

当自由电子参与导电后,磷原子就成了不可动的正离子(它不能参与导电)。提供自由电子的磷,称为施主杂质。

2. P型半导体

在硅本征半导体中掺入微量的三价元素硼(B),如图1-5所示。当硼原子取代硅原子组成共价键时,在共价键中缺少一个电子,即产生了一个空穴。每掺入一个硼原子就提供一个空穴,因此半导体的导电性能增大很多。同时,在热激发下也会产生少量的电子空

穴对。但产生的电子数比杂质硼提供的空穴数少得多。因此，这种空穴是多数载流子、自由电子是少数载流子的半导体，称为P型半导体。

硼原子提供的空穴，在共价键的作用下，要将相邻硅原子的价电子拉过来填补空穴，填补后，就使硼原子外层多出了一个电子，成为不可动的负离子（它不能参与导电）。由于杂质硼提供了空穴，“接受”了电子，称它为受主杂质。

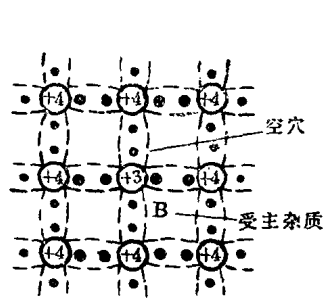


图 1-5 硅晶体掺硼的晶格

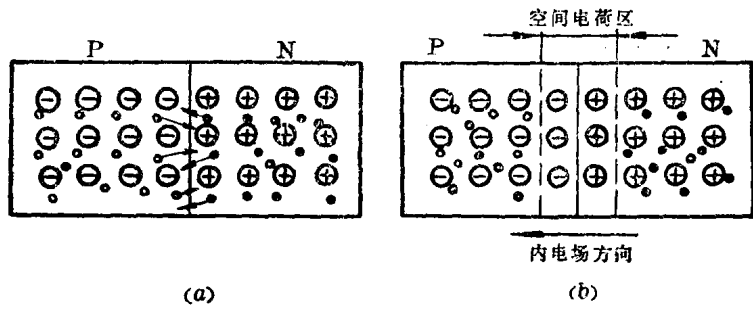


图 1-6 PN结的形成
(a)扩散前；(b)扩散后

三、PN结

1. PN结的形成

一块半导体，其两侧分别为N型和P型时，N型半导体中的自由电子浓度将比P型半导体中的自由电子浓度大；同样，P型半导体中的空穴浓度将比N型半导体中的空穴浓度大。由于浓度的差异，N型半导体中的自由电子要向P型半导体中扩散；同样，P型半导体中的空穴也要向N型半导体中扩散。在扩散中，自由电子与空穴相遇就会复合。因此，在分界面上，靠N型半导体的一侧就剩下了不可移动的正离子层；靠P型半导体的一侧就剩下了不可移动的负离子层。这样，在正负离子层之间就产生了内电场，方向从N型半导体一侧指向P型半导体一侧，如图1-6所示。

随着扩散的进行，空间电荷区不断增宽，内电场不断加强。内电场的加强又反过来阻碍N区的电子向P区扩散，同样也阻碍P区的空穴向N区扩散。与此同时，N区中的少数载流子（空穴）在内电场的作用下向P区漂移，而且随着内电场的加强，漂移运动也加强。同样，P区中的少数载流子（电子）也沿着内电场向N区漂移。扩散运动与漂移运动相反。因此，当扩散运动与漂移运动达到动平衡时，也就是扩散运动的载流子数等于漂移运动的载流子数时，就维持了一定厚度的空间电荷区，这个空间电荷区，称为PN结。在这不可动的空间电荷区中，自由电子与空穴都已经复合，可以移动的载流子极少，称为耗尽区。

2. PN结的单向导电性

如果在PN结上加上正向电压，即电源正极接P区，负极接N区（又称为正向偏置或正偏），如图1-7所示。这时，外电场的方向与内电场的方向相反，削弱了内电场的作用，空间电荷区变窄，破坏了原来的动平衡状态。因此，多数载流子的扩散运动大大超过了少数载流子的漂移运动。与此同时，电源负极不断地补充从N区扩散到P区的电子；电源正

区不断地补充从P区向N区扩散的空穴(实际是从P区抽走空穴扩散后形成的多余电子)。因此, PN结上有较大的电流流过, PN结处于正向导通状态。

如果PN结加的是反向电压, 即电源正极接N区, 负极接P区, 如图1-8所示。这时, 外电场方向与内电场方向相同, 外电场加强了内电场的作用, 使得空间电荷区变宽。多数载流子的扩散运动就很难进行, 但给少数载流子的漂移运动创造了条件。然而, 少数载流子的数目毕竟是少数, 参与导电的载流子很少, 所以只有很小的电流流过PN结。PN结就处于几乎不导电的截止状态。

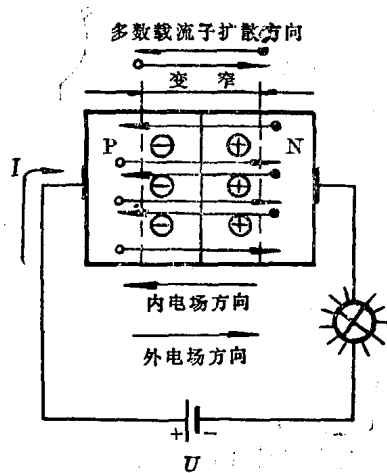


图 1-7 PN结加正向电压

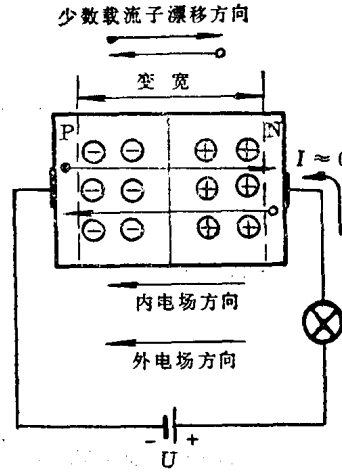


图 1-8 PN结加反向电压

总之, PN结加正向电压时, 处于导通状态, 有较大的电流流过, 其正向等效电阻较小。PN结加反向电压时, 处于截止状态, 流过电流很小, 其反向等效电阻很大。这就是PN结的单向导电性。

第二节 半 导 体 二 极 管

一、半导体二极管的结构、类型

半导体二极管是由PN结和它的引线, 加上外壳封装而成。其外形、原理、符号如图1-9所示。

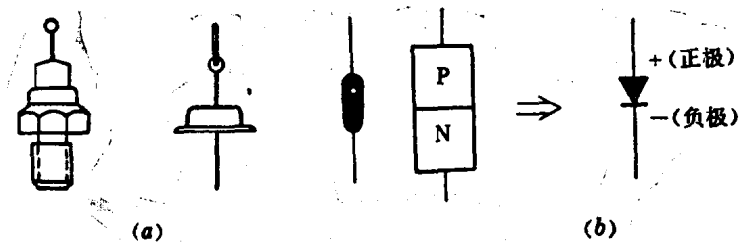


图 1-9 二极管外形、原理、符号图
(a)外形图; (b)原理、符号图

二极管按管芯结构不同,可分为点接触型和面接触型两种。点接触型的PN结面积小,结电容小,适用于高频小电流的电路中。面接触型的PN结容许通过的电流大,但结电容也大,适用于低频大电流电路中。按材料不同分,有常用的硅二极管(如2CZ3、2CP12等),锗二极管(如2AP9等),其符号及数字的意义,请参阅书末附录一和附录二。

二、半导体二极管的伏安特性曲线

半导体二极管的伏安特性曲线指的是:二极管上所加的电压与电流之间的关系。其特性如下:

1. 正向特性

二极管的正极(即P区)接电源的正极,二极管的负极(即N区)接电源的负极。这时管子的电流与电压之间的关系叫做正向特性。

当二极管所加的正向电压很小时,外加电场还不足以克服内电场对多数载流子扩散运动的阻碍,正向电流很小,几乎为零,即有一段死区电压。锗管死区电压约为0.1V;硅管死区电压约为0.5V。当正向电压超过死区电压,外电场足以克服内电场对扩散运动的阻碍,多数载流子的扩散运动迅速增加,电压再稍为增大,电流就迅速增大。如图1-10中的第一象限所示。图中实线表示硅管特性,虚线表示锗管特性。

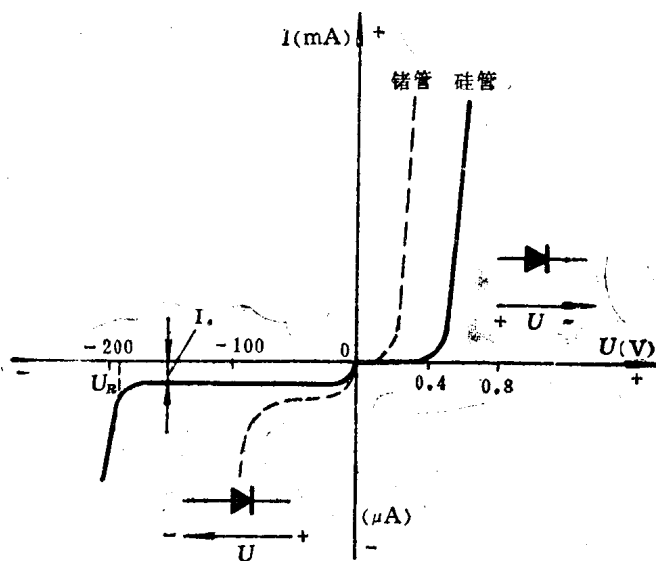


图 1-10 二极管伏安特性曲线

2. 反向特性

二极管的正极接电源的负极,二极管的负极接电源的正极,这时管子的电流与电压的关系叫反向特性。

在反向电压作用下,外电场与内电场方向相同,两个电场一起阻碍扩散运动,扩散运动很难进行,而漂移运动却得到增强。但是,漂移运动是少数载流子的运动,少数载流子

数很少，在温度一定时，少数载流子数也就固定了。所以，在相当大的反向电压范围内，反向电流为一个很小的不变值。这个电流叫反向饱和电流，用 I_s 来表示。反向特性曲线如图1-10第三象限所示。

当反向电压继续加大到某个数值 U_R 时，管子被击穿，载流子突然增多，电流突然增大。发生击穿的情况有两种。

(1) 雪崩击穿。在普通整流二极管中，掺杂浓度较低。当反向电压大到一定值时，少数载流子在强电场中作漂移运动加速的时间较长。当积蓄足够大的能量后，再与其它原子碰撞时，就会发生碰撞电离，产生新的载流子。新的载流子再加速，再碰撞，再电离…如此循环下去，就会形成所谓的雪崩击穿。这时，载流子数目突然增多，电流迅速增大。

(2) 齐纳击穿（或场致击穿）。在掺杂浓度高的PN结中加反向电压，PN结空间电荷区中将产生很强的电场，而直接破坏共价键，受束缚的电子被拉出，造成大量的电子空穴对，形成较大的反向电流，即所谓的场致击穿或齐纳击穿。

两种击穿统称为电击穿，在发生击穿后，即使流过管子的电流增大很多，管子两端的电压变化也很小，具有一定的稳压特性。

无论发生那一种电击穿，在外加电压撤除后，管子一般不会损坏。这时，如果不加电阻限流，管子发热，超过了PN结允许的温度时，就会发生损坏二极管的热击穿。

击穿特性曲线如图1-10第三象限所示。

二极管的伏安特性曲线也可以从理论分析得出。在反向击穿之前，流过PN结上的电流与电压的关系为（推导从略）

$$i = I_s (e^{\frac{qu}{KT}} - 1) \quad (1-1)$$

上式的曲线与图1-10曲线很近似。

式中 u —— 外加电压；

I_s —— PN结反向饱和电流；

q —— 电子的电荷量， $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ ；

K —— 波尔兹曼常数， $1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$ ；

T —— 绝对温度，K。

在室温为 25°C 时， $T = 273 + 25 = 298 \text{K}$ ，所以，在室温为 25°C 时

$$\frac{KT}{q} = \frac{1.38 \times 10^{-23} \times 298}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 26 \text{mV}$$

如果PN结在 25°C 下加正向电压，且电压 $u \gg 26 \text{mV}$ ，则 $e^{\frac{qu}{KT}} \gg 1$ ，那么

$$i \approx I_s e^{\frac{qu}{KT}} \approx I_s e^{\frac{u}{26}} \quad (1-2)$$

从特性曲线图1-10看出：二极管是个非线性元件，所以它的等效电阻随工作点的不同而不同。为了表示二极管的非线性，用动态电阻（又称交流电阻）来表示，它定义为曲线上某段电压变化 ΔU 与电流变化 ΔI 之比，即

$$R_d = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (1-3)$$

实际上, $R_{\sim}$ 就是二极管特性曲线 $I=f(U)$ 上斜率的倒数。

从特性曲线不难看出: 二极管的等效电阻有如下特性: ①直流正向电阻比反向电阻小得多, 这就是二极管的单向导电性。②正向直流电阻随电压升高, 电流增大而减小。③正向动态电阻比正向直流电阻小。④正向电压超过死区电压, 反向电压超过击穿电压时, 电流增加很快, 而管子两端的电压变化却很小, 即动态电阻很小, 具有一定的稳压特性。但是, 为了安全起见, 普通二极管是不允许在超过反向击穿电压下工作的。

二极管的好坏, 常可用万用表来检查。当不考虑管子的频率特性时, 反向电阻越大越好, 正向电阻越小越好。通常, 反向电阻比正向电阻大数百倍。但是应当注意: 万用表的小电阻挡表路电流较大, 测量时流过二极管的电流较大, 测得的正向直流电阻较小。反之, 用大电阻挡来测量, 流过管子的电流小, 测得的阻值较大。这就是流过二极管的电流不同, 等效电阻也不同的缘故。另外还应注意: 用万用表测小功率二极管时, 不能用 $R \times 1$ 挡测正向电阻 (因为表路电流可能太大), 也不能用 $R \times 10k$ 挡测反向电阻 (因为该挡中可能有高压电池)。

在计算含有二极管的电路时, 如图1-11所示。根据二极管伏安特性的特点, 工程上常可作近似估算。如果电源电压远大于管子的死区电压, 由于二极管的正向特性曲线很陡, 则可近似看成垂直线, 也就是把二极管上的电压视为不变 (对硅管约为 $0.6V$, 对锗管约为 $0.2V$)。因此, 对硅管而言

$$I = \frac{U - U_{AB}}{R} \approx \frac{U - 0.6}{R} \quad (1-4)$$

如果加到管子两端的电压小于死区电压, 或者是加反向电压, 则可认为 $I \approx 0$ 。电流为零, 电阻上没有压降, 二极管上的电压就等于电源电压。

三、半导体二极管的主要参数

管子的特性, 除可用曲线来表示外, 还可以用参数来表示。二极管的主要参数有以下几个:

1. 最大整流电流 I_M

指的是二极管长时间使用时, 允许流过二极管的正向平均电流; 超过此值时, 会使PN结过热而损坏。

2. 最大整流电流时的正向压降 U_D

指的是流过最大整流电流时二极管上的压降, 它表示二极管的功率损耗。一般, 要求 U_D 值越小越好。

3. 最高反向工作电压 U_{RM}

为了保证二极管不被击穿, 管子规定了最高反向工作电压, 一般是以击穿电压的一半或三分之二标出。使用时, 不应超过此值。

还有其它参数, 如反向饱和电流、最高工作频率、极间电容等, 可参阅其它半导体器件手册。

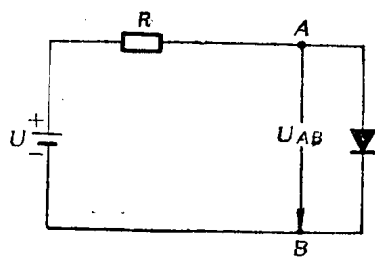


图 1-11 含有二极管的电路

第三节 硅稳压二极管

一、硅稳压二极管及其特性

硅稳压二极管（简称稳压管）也是由PN结管芯及其引线加上外壳封装而构成。但由于它的PN结的特殊构造和散热条件较好，可以在反向击穿区工作，而且电流在规定的范围内变化时两端电压几乎保持不变。只要PN结不超过允许温度就能安全工作，不致于形成热击穿而损坏管子。

稳压管的伏安特性曲线及符号如图1-12所示。它与二极管的特性曲线相似，不同的是稳压管工作在反向击穿区，而且在这段曲线AB上工作，电压变化更小。

二、硅稳压管主要参数

1. 稳定电压 U_w

指的是稳压管流过反向稳定电流 I_w 时，所对应的电压值。同一型号的稳压管，它们的稳定电压值可能是不同的。例如：2CW13稳压管，书末附录二标出 $U_w=5\sim 6.5V$ ，指的是这种型号稳压值的范围。具体到各个管子，其稳压值可能是不同的，所以在使用之前一定要测试。

2. 最大耗散功率 P_{WM}

管子流过电流时，就会消耗电能而发热，这些热量通过外壳散走。如果产生的热量超过管子所能散走的热量时，温度就会升高。所以每个管子都根据它的散热条件，规定它的最大耗散功率。其数值为

$$P_{WM} = U_w I_{Wmax} \quad (1-5)$$

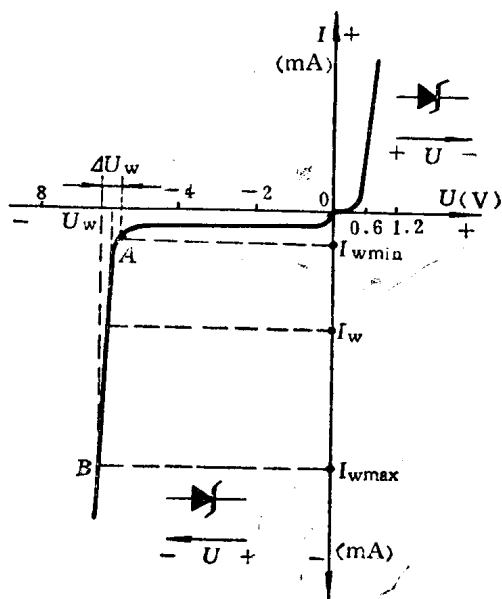


图 1-12 稳压管伏安特性曲线

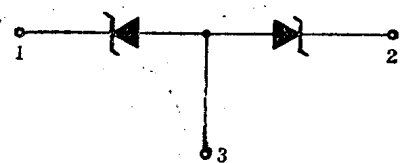


图 1-13 2DW7稳压管引线

3. 动态电阻 r_w 和最小稳定电流 I_{wmin}

稳压管在稳压区AB段上工作时，电压变化与电流变化之比，叫稳压管的动态电阻 r_w 。即

$$r_w = \frac{\Delta U_w}{\Delta I_w} \quad (1-6)$$

r_w 越小，表示电流变化 ΔI_w 很大时， ΔU_w 也很小，即稳压特性好。 r_w 一般很小，为几到几十欧。