

四川省高中试用课本

物 理

下 册

(第二分册)

四川省高中试用课本物理下册(第二分册)

目 录

第五章	电子技术基础	(1)
第一节	半导体.....	(1)
第二节	二极管.....	(5)
第三节	二极管整流电路.....	(10)
	学生实验五 用万用表判别二极管管脚极 性 安装二极管整流电路.....	(15)
第四节	晶体三极管和它的放大作用.....	(18)
	学生实验六 用万用表判别三极管管脚并 估测 β 值、穿透电流.....	(23)
第五节	晶体管放大电路.....	(25)
第六节	晶体三极管的特性曲线.....	(31)
第七节	晶体三极管的开关特性.....	(34)
* 第八节	半导体集成电路.....	(38)
第九节	电子管.....	(43)
第六章	电磁振荡和电磁波	(51)
第一节	电磁振荡 振荡器.....	(51)
第二节	电磁场和电磁波.....	(56)
第三节	电磁波的发射 调制.....	(59)
第四节	电磁波的接收 调谐和检波.....	(63)
第五节	简单半导体收音机.....	(66)
	学生实验七 简单收音机的安装和调试.....	(67)
第六节	雷达 传真 电视.....	(69)
第七章	光的本性和物质波	(80)
第一节	光的干涉.....	(80)
第二节	光的衍射.....	(85)

第三节	光的偏振	(89)
第四节	光谱	(92)
第五节	光的电磁本性 电磁波谱	(97)
第六节	光电效应	(102)
第七节	光电管和光电池	(106)
第八节	光的波粒二象性	
	*人类对光的本性的认识过程	(109)
第九节	电子的波动性 物质波的初步概念	(112)
第八章	原子结构	(118)
第一节	原子的核式结构	(118)
第二节	氢原子光谱 原子能级	(122)
第三节	自发辐射和受激辐射	(128)
第四节	激光的产生 激光器	(131)
第五节	激光的特性及其应用	(137)
第九章	原子核和原子能	(141)
第一节	天然放射现象	(141)
第二节	放射线的探测	(144)
第三节	放射性蜕变的规律	(147)
第四节	原子核的组成	(150)
第五节	核反应方程	(154)
第六节	放射性同位素的应用	(156)
第七节	爱因斯坦质能方程	(160)
第八节	原子核的平均结合能	(163)
第九节	裂变 链式反应	(165)
第十节	原子反应堆 原子弹	(167)
第十一节	聚变 氢弹	(170)
第十二节	原子武器的杀伤因素及其防御	(172)
第十三节	可控热核反应	(174)
第十四节	基本粒子	(178)

* 表示选学内容

第五章 电子技术基础

第一节 半导体

电阻率介于导体和绝缘体之间的物质，叫做半导体。半导体的种类非常多，例如锗、硅、硒等是半导体；大多数金属的氧化物和硫化物（例如氧化亚铜和硫化铅）以及许多金属化合物（例如锑化铟）也是半导体。

半导体具有许多与金属和绝缘体完全不同的性质。

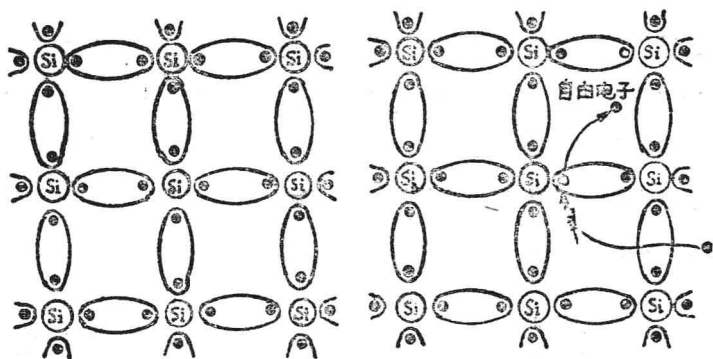
1. 外界条件改变时，半导体的导电能力会发生显著的变化。当外界温度升高时，半导体的导电能力会显著增大，这种特性叫做半导体的热敏性；某些半导体（例如硫化镉）受光线照射时，导电能力也会发生显著变化，这种特性叫做半导体的光敏性。利用半导体的热敏性和光敏性，可以制成用于自动控制电路的热敏元件和光敏元件，如热敏电阻、光敏电阻、光电池、光电晶体管等。

2. 在纯净的半导体中适当地掺入微量的特定杂质，半导体的导电能力就会成百万倍的增大。正因为半导体具有这种独特的性能，人们就利用掺杂质的方法，制成了不同性质、不同用途的半导体材料。

半导体为什么具有这些独特的导电性能呢？这就要从半导体材料的结构和导电机理方面去进行考查。

我们知道，硅(Si)原子有四个价电子，每个价电子与周围其他四个硅原子的价电子一起，组成四个共价键(图5—1甲)。各原子间就依靠这种共价键的作用稳定地结合在一起，形成有规则的排列，构成晶体。在晶体中，由于共价键里的电子同时受到两个原子核吸引力的束缚，不能自由运动，因此，在温度极低时，半导体几乎不导电。

在室温下，有极少量的价电子能够从原子的热运动中获得足够的能量，会从原子核引力的束缚下挣脱出来，成为自由电子，同时在原来的共价键中留下一个空位(图5—1乙)，这个空位叫做空穴。空穴是原子失去电子后形成的，可把它当作一个正电荷来看待。空穴很容易吸引相邻原



甲 单晶硅共价键结构

乙 热运动产生的电子—空穴对

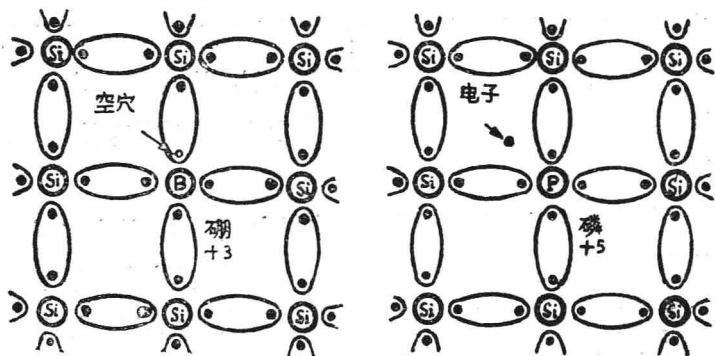
图5—1 硅原子及其共价键示意

子中的价电子来填充，使邻近原子出现新的空穴；而新的空穴又会吸引别的价电子来填充。价电子不断地填充空穴，就相当于空穴在原子间移动。可见，空穴也是可以自由移动的，它也能够参与导电。能够自由运动参与导电的电子和空穴统称为载流子。由于在室温下，纯硅晶体中只能产生极少量的电子——空穴对，所以纯硅具有较高的电阻率。

温度升高时，价电子的动能也增大，这样，就会有更多的价电子挣脱原子核引力的束缚，产生更多的自由电子和空穴，所以温度升高时半导体的导电能力要增强。半导体受光照射时，某些价电子也会获得较高的动能，挣脱束缚，产生更多的自由电子和空穴，因而半导体的导电能力也会增强。

在很纯的半导体中掺入微量的杂质元素，如在硅中掺入五价的磷(P)，磷有五个价电子，其中四个价电子和周围硅原子组成共价键后，就有一个价电子不受共价键的束缚，它很容易脱离原子成为自由电子(图5—2乙)。每一个磷原子都能提供一个自由电子，因而硅晶体中的自由电子数大大增加，使得半导体硅的导电能力显著增强，形成了主要靠电子导电的半导体。这种以电子导电为主的半导体叫做电子型半导体或N型半导体。在硅中掺入三价的杂质元素硼(B)或铝(Al)或镓(Ga)时，由于硼只有三个价电子，第四个共价键中因缺少一个价电子就出现一个空穴(图5—2甲)。每一个硼原子都能提供一个空穴，因而硅晶体中的空穴数目

大大增加，导电能力显著增强，形成了主要靠空穴导电的半导体，简称P型半导体。



甲 硅中掺硼形成空穴 (P型) 乙 硅中掺磷形成自由电子 (N型)

图 5-2

同样在半导体锗中掺入五价的砷或三价的镓时，也可制成N型或P型锗半导体。

练 习

1. 什么是半导体？它有什么特性？
2. 什么是N型半导体？什么是P型半导体？
3. N型半导体中有大量自由电子，P型半导体中有大量空穴，能否因此认为N型半导体带负电而P型半导体带正电？

第二节 二极管

一、晶体二极管的单向导电性

生产上用一定的方法，使一块半导体的一部分是N型的，一部分是P型的，再把它封装起来，并从每一部分引出导线，就构成一只晶体二极管。图5—3是晶体二极管的实物和符号。

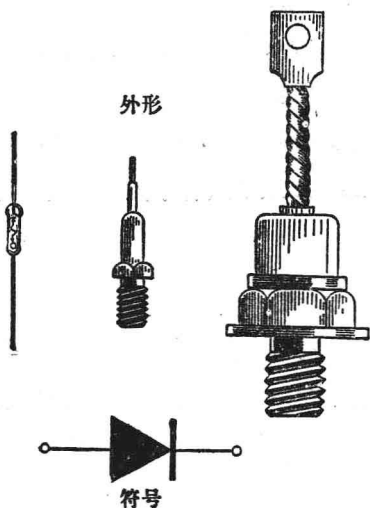


图5—3 晶体二极管的外形和符号

物和符号。

把一个2CP型晶体二极管和6伏电池组、开关、6伏小灯泡(或电阻和电流表)按图5—4甲所示的电路连接起来。接通开关K，小灯泡发光，电路中有电流通过，说明二极管“导通”。

如果按图5—4乙所示的电路连接，接通开关

K，小灯泡不亮，说明电路中几乎没有电流通过，这时二极管“不导通”。

上述实验表明晶体二极管具有单向导电性。习惯上把二极管导通时接电源正极的一端叫做二极管的正极；另一端叫

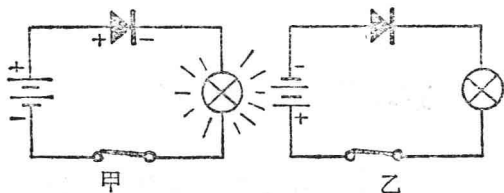


图5—4 二极管的单向导电性

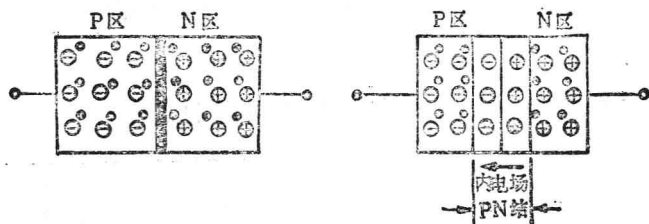
做二极管的负极。二极管导通时加在它两端的电压叫正向电压，这时通过它的电流叫正向电流；反之，当二极管不导通时加在它两端的电压和通过它的电流分别叫反向电压和反向电流。二极管加正向电压时导通，说明它正向电阻小；加反向电压时不导通，说明它反向电阻大。

为什么晶体二极管具有单向导电性呢？这是由于P型半导体与N型半导体结合在一起，形成了具有单向导电性的PN结的缘故。

二、PN结

我们知道，P型半导体内空穴的浓度较大，N型半导体内电子的浓度较大；当二者结合在一起时，P型区的空穴要向N型区扩散，N型区的电子也要向P型区扩散。空穴和电子的扩散是同时进行的，N区中的电子扩散到P区后，在N区中留下了带正电的离子；P区的空穴扩散到N区后，在P区留下了带负电的离子（图5—5）。由于电子和空穴互相向对方区域扩散的结果，在PN结里便形成一个内电场，其方向由PN结的N区指向P区，它起到阻止电子和空穴继续

越过PN结的扩散运动的作用。伴随着扩散的电子和空穴数目的增加，PN结的内电场便逐渐增大，扩散的速度逐渐减小，最后达到平衡时，在PN结内就形成了一定厚度的稳定的空间电荷区，通常把它叫做阻挡层。



⊕正离子 ⊖负离子 ○空穴 •电子

图 5—5 PN结

如图 5—6 所示，将 P 型半导体端接电池的正极，N 型半导体端接电池的负极，即给 PN 结加上正向电压，这时电池在 PN 结上产生的外电场与 PN 结内电场方向相反，削弱了 PN 结内电场的阻挡作用。这样，P 型区的空穴就不断地越过 PN 结到 N 区，N 型区的电子也越过 PN 结到 P 区，从而形成较大的电流。当给 PN 结加上反向电压时，外加电场与 PN 结内电场方向相同，加强了 PN 结的电场，阻挡层变厚，使电子与空穴越过 PN 结的扩散更难进行。这时二极管呈现很大的反向电阻，电路中几乎没有电流流过，即 PN 结不导电。

利用 PN 结的这一特性，我们可以用万用电表分别测量出晶体二极管的正反向电阻的数值，来判断它的好坏和管脚的极性（参看实验五）。

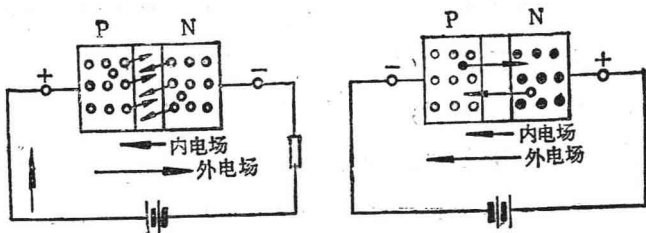


图 5—6

三、二极管的伏安特性曲线

晶体二极管的单向导电性，反映了通过它的电流与加在它两端的电压有内在联系。如果在二极管两端加上不同的正向和反向电压，并测出这时通过二极管的电流，就可以作出二极管的电流随电压而变化的曲线，这条曲线叫做伏安特性曲线。二极管的伏安特性曲线，也可以在示波器的荧光屏上显示出来，如图 5—7 所示。

图 5—8 是硅二极管的伏安特性曲线，从曲线上可以看出：

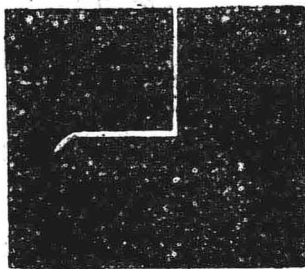


图 5—7 荧光屏上显示的二极管的特性曲线

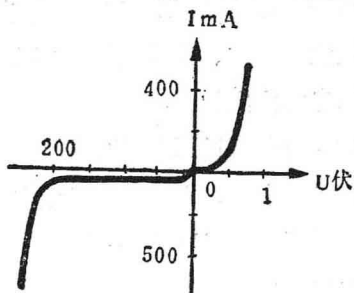


图 5—8 硅二极管的伏安特性曲线

1. 二极管两端不加电压时，电流为零；当加正向电压时，随着电压不断增高，电流先是缓慢地增加，随后便迅速增大。实际上，电流是不允许无限制增大的。电流过大时，二极管就会因过热而烧毁。所以，每种二极管的正向电流都有一定的限制。

2. 二极管导通时，管压降约为 1 伏。

3. 在二极管两端加反向电压时，反向电流很小；随着反向电压增高，反向电流略有增加，但电压增高时，电流基本保持一个很小的数值不再增大。反向电压增高到某一数值后，反向电流会急剧增大，表明二极管已不能承受这个反向高压而被击穿了。使反向电流急剧增大的电压叫反向击穿电压。通常硅二极管的额定电压（又称工作电压）规定为反向击穿电压的 80%（也有 50% 的）。

二极管用作整流时，必须注意掌握下述两个最重要的参数。

1. 最高反向工作电压：二极管在电路中运用时，如果加在它上面的电压超过了最高反向工作电压，二极管就有被击穿而损坏的危险，而且温度升高时二极管的反向击穿电压还要降低，所以使用时要留有余地。

2. 最大整流电流：它是二极管长时间运用所允许通过的最大电流值，如果超过这个限度，二极管将会因过热而损坏。

练 习

1. PN结是怎样形成的？它有什么特性？
2. 在没有万用电表的情况下，常用一只耳机（阻值在百欧以上）和一个电池串联起来判别二极管的极性，说明其判别的方法。

第三节 二极管整流电路

交流电容易获得，便于输送和分配，所以供电系统所供给的几乎全是交流电。但无线电电子设备、电解、电镀、蓄电池充电、直流电动机的运行、交流发电机的励磁等，都必须使用直流电。因此，如何用简单方法把交流电变为直流电，在技术上有很大的实际意义。

把交流电变成直流电的过程叫整流。起整流作用的设备叫整流器。晶体管整流器主要应用了晶体二极管的单向导电性。下面介绍几种单相整流电路，它们的主要部分是变压器和整流元件（晶体二极管）。

一、半波整流

常用的半波整流电路如图5—9所示，它由变压器B、晶体管二极管D和负载 R_L 组成。变压器B把电网的交流电压变换成负载要求的电压数值。负载 R_L 代表直流用电器。

从变压器次级输出的交流电压波形如图5—10甲所示。二极管两端的电压要随着它正负交变。在正半周时，a为正，b为

负，二极管在正向电压作用下导通，有电流流过负载 R_L ，电流方向由 $a \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow R_L \rightarrow d \rightarrow b$ 。在负半周时， a 为负， b 为正，这时加在二极管上的电压是反向电压，二极管不导通，无电流流过负载 R_L 。因此，流过负载 R_L 的电流只是交流电的正半周，负半周被“截”去了，这种电流叫做单向脉动电流。 R_L 上的电压波形如图5—10乙所示。

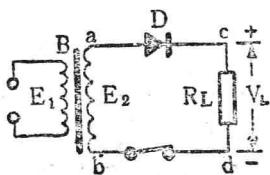
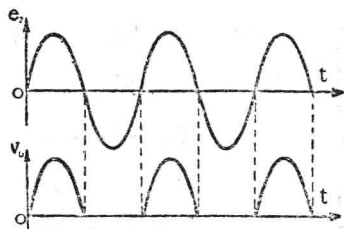


图5—9 半波整流电路

半波整流电路中，二极管 D 所承受的最大反向电压就是变压器次级电压 E_2 的最大值，即 $\sqrt{2}E_2$ ；流过二极管 D 的电流和负载 R_L 上的电流相等。



半波整流输入输出电压波形

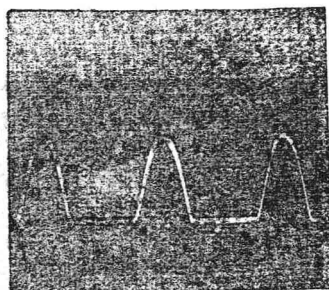


图5—10

荧光屏上显示的半波整流输出波形

二、全波整流

图5—11所示的电路是全波整流电路，它是由两个半波整

流电路合起来组成的。在变压器次级线圈a端为正的半周内，二极管 D_1 导电，电流经 D_1 、 R_L 回到变压器中心抽头；在变压器次级b端为正的半周内，二极管 D_2 导电，电流经 D_2 、 R_L 又回到变压器中心抽头。所以，在交流电的正、负两个半周期内都有电流流过负载 R_L ，而且电流方向不变，即获得了直

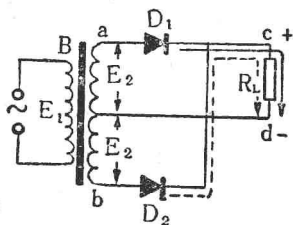


图5—11 全波整流电路

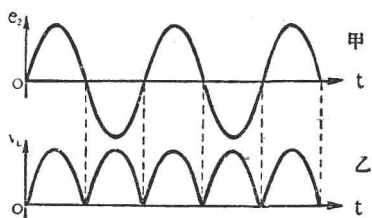


图5—12 全波整流波形

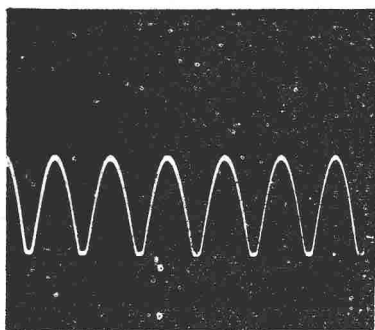


图5—12丙

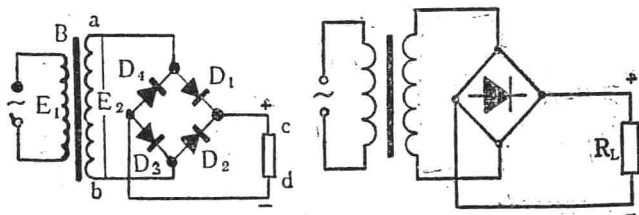
荧光屏上显示的全波整流输出波形

流电。它的电压波形如图5—12乙所示。

全波整流电路中，二极管 D_1 、 D_2 承受的最大反向电压为变压器次级电压 E_2 最大值的两倍。即 $2\sqrt{2}E_2$ ，通过每个二极管的电流为负载电流的一半。

三、桥式全波整流

图5—13是半导体桥式整流电路,它也是实际中常用的一种整流电路。在变压器副线圈a端为正的半周内,二极管 D_1 、 D_3 导电,电流从 $a \rightarrow D_1 \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow D_3 \rightarrow b$;在a端为负的半周内,二极管 D_2 、 D_4 导电,电流从 $b \rightarrow D_2 \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow D_4 \rightarrow a$ 。



桥式整流电路

桥式整流电路的另一种画法

图5—13

因此,不论在交流电的正半周或负半周内,通过负载的电流都是从c到d,负载上的电流波形与全波整流的波形相同。

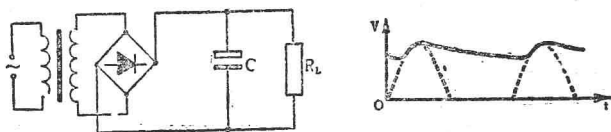
桥式整流电路中,每个整流元件所承受的最大反向电压等于 E_2 的最大值,即 $\sqrt{2}E_2$ 。流过每个二极管的电流为负载电流的1/2。

四、滤波电路

交流电经整流后变成了单向脉动电流,这种电流脉动性很大,适用于电镀,蓄电池充电,给交流发电机励磁等。但在要求直流电压比较平稳的场合,如对扩音机、收音机等无

线电电子设备供电，就不能满足要求了，因此必须把波动较大的脉动电流变成比较平稳的直流电。这时可以利用滤波电路把整流后输出电压的波动成分滤掉，从而在负载上得到平稳的直流电压。

最简单的滤波器是电容滤波器（图5—14甲）。在二极管



甲 具有电容滤波器的桥式整流电路

乙 电容滤波后的直流输出波形(实线)

图5—14 电容滤波电路

整流的输出端，并联一只电解电容器C就构成了电容滤波电路。当二极管导电时，有电流流过负载电阻 R_L ，同时也给电容器充电，使C储存一部分电荷；二极管不导通时，电容器通过 R_L 放电，使负载 R_L 上仍然有电流流过。于是，负载上得到的就是比较平滑的直流电了。 R_L 上的电压波形如图5—14乙所示。

从图5—14可以看出，负载电阻 R_L 较大时，电容滤波电路的输出电压接近于 E_2 的最大值 $\sqrt{2} E_2$ 。

除电容滤波器外，常用的还有L型滤波器和 π 型滤波器等，其电路如图5—15所示。这两种滤波器的效果比单用电容器好。