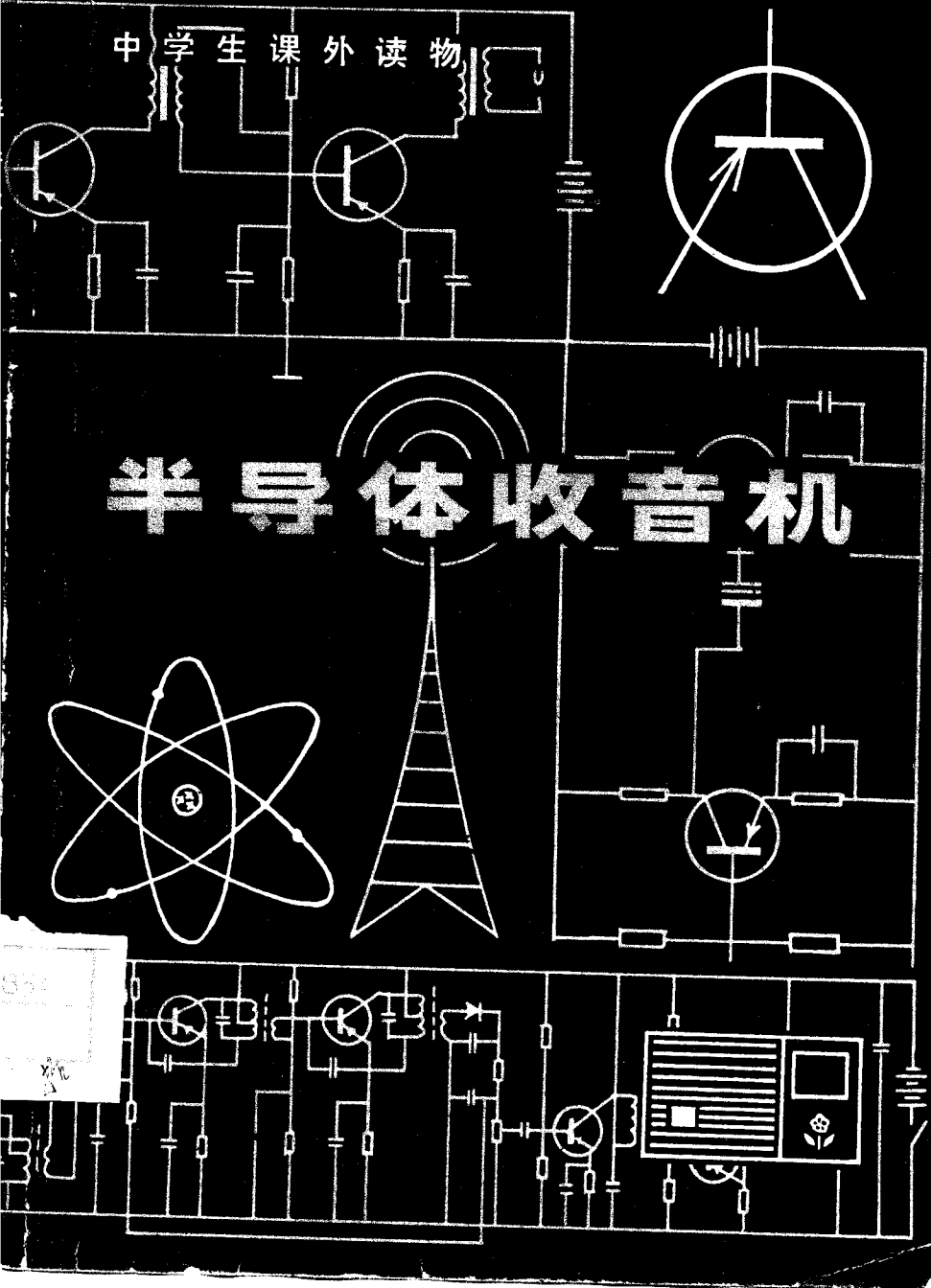


中学生课外读物



半导体收音机

内 容 提 要

本书主要讲述晶体管收音机元件的性能、元件的表示符号，晶体管收音机的电路原理，以及晶体管收音机的安装、调试和修理。本书可作中学生的课外读物，也可供业余爱好者参考。

中学生课外读物 半 导 体 收 音 机

王英硕 高玉森

*

吉林人民出版社出版 吉林省新华书店发行
吉林市印刷厂印刷

*

787×1002毫米32开本 $5\frac{11}{16}$ 印张 125,000字

1978年9月第1版 1978年9月第1次印刷

印数：1—52,000册

书号：7091·1004 定价：0.44元

目 录

第一章 晶体管收音机常用元件	(1)
第一节 晶体管	(1)
第二节 电阻器	(26)
第三节 电容器	(32)
第四节 线圈 (电感器)	(37)
第五节 变压器	(40)
第六节 扬声器和耳机	(44)
第七节 电源	(45)
第二章 装配晶体管收音机常用工具和仪表	(47)
第一节 万用表	(47)
第二节 直流毫安表	(52)
第三节 电烙铁	(52)
第四节 螺丝刀、电工刀、尖咀钳、克丝钳、钻和工作台	(56)
第三章 单管晶体管收音机的安装与调试	(58)
第一节 单管晶体管收音机元件的制作方法	(60)
第二节 单管晶体管收音机的安装步骤和注意事项	(67)
第三节 单管晶体管收音机的试机和调试	(70)
第四节 单管晶体管收音机的常见故障及排除方法	(73)
第五节 单管晶体管收音机的电路原理	(75)
第四章 两管晶体管收音机的安装与调试	(82)
第一节 两管晶体管收音机元件的制作方法	(82)
第二节 两管晶体管收音机的安装步骤和注意事项	(84)
第三节 两管晶体管收音机的试机和调试	(89)

第四节	两管晶体管收音机的常见故障及排除方法	(92)
第五节	两管晶体管收音机的电路原理	(94)
第六节	收音机的质量标准	(95)

第五章 四管晶体管收音机的安装与调试

第一节	四管晶体管收音机元件的制作方法	(98)
第二节	四管晶体管收音机的安装步骤和注意事项	(112)
第三节	四管晶体管收音机的试机与调试	(114)
第四节	四管晶体管收音机常见故障及排除方法	(125)
第五节	四管晶体管收音机的电路原理	(130)

第六章 六管晶体管超外差式收音机的安装与调试...

第一节	六管晶体管超外差式收音机元件简介	(135)
第二节	六管晶体管超外差式收音机的安装步骤 和注意事项	(137)
第三节	六管晶体管超外差式收音机的试机和调试	(145)
第四节	六管晶体管超外差式收音机的电路原理	(154)
第五节	六管晶体管超外差式收音机的 常见故障及排除方法	(159)

第一章 晶体管收音机常用元件

第一节 晶 体 管

一、半导体的电气性能及内部结构

我们知道整个世界是由成千上万种不同种类的物质所组成的。在生产斗争与科学实验中，人们发现有一些物质容易导电；有一些物质不容易导电；有一些物质又介于它们二者之间，这又是为什么呢？根据毛主席的教导“事物发展的根本原因，不是在事物的外部，而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”我们只能从物质的内部去寻求我们所需要的答案。我们已经知道，宇宙间所有物体，大至星球，小至一粒尘埃都是由不同种类的分子所组成的。分子是能够独立存在，并保持物体原有性质的最小单位。如重1克的水中约有三百多万亿亿个水分子。分子是不是不能再分了呢？不是的。分子是由更小的微粒原子所组成的。人们用科学的钥匙终于打开了原子之门，发现里面“日月星辰”琳琅满目，真有些使人眼花缭乱。但用科学方法解剖一下，它又是那样井然有序，有条不紊地有规律地运动着。原来任何原子中间都有一个比较重的核，我们叫它原子核。原子核带正电荷，而在原子核的周围又有无数个带有负电荷的电子在原子核的静电引力下高速地旋转(图1-1)。有的原子少到一个电子，有的多至上百个。原子比分子要小得多。50万到100万个原子一个紧挨着一个地

排起来才有一根头发丝直径那么长。电子就更小了，但是电

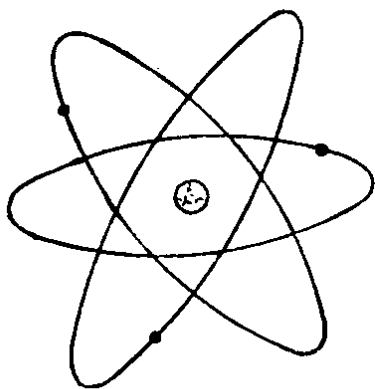


图 1-1 电子围绕原子核运动

子在物质导电过程中却担负着极其重要的角色。由于原子核与电子所带电荷的电量在数量上是相等的，所以在正常情况下原子是不带电的。当原子失去电子以后就带正电荷。物体的原子得到电子就带负电荷，我们平常说物体带电了，就是说物体的原子失去电子或得到了电子，这就是物质

带电的本质。

各种原子虽然都是由原子核和核外电子所组成的，但是原子核的组成及核外电子的数目及排列方式却各不相同，因而使得各种原子的性质有很大的差异。这也就是世界上物质千差万别的基本原因。例如，氢原子只有一个核外电子，铜原子有 29 个，锗原子有 32 个，而铀却有 92 个。因此，氢、铜、锗、铀等物质差别很大。图 1-2 是铝原子的结构示意图。铝原子共有 13 个电子，分三层围绕着原子核旋转。最外层的电子离核最远，受原子核的束缚力较小，因此，比

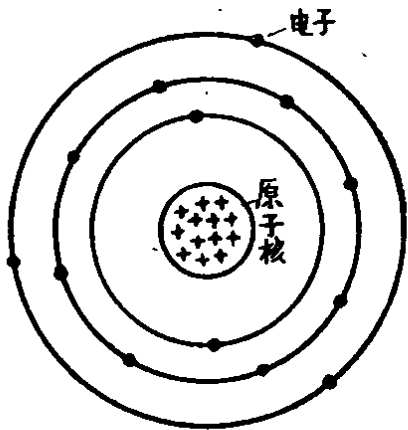


图 1-2 铝原子结构示意图

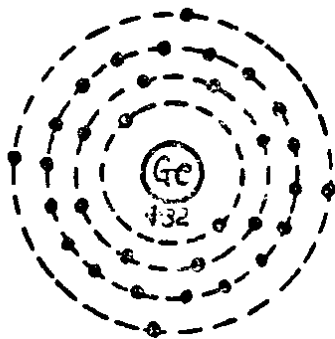
比较容易在外力的作用下挣脱出来成为自由电子。如果自由电子在一定的条件下按同一个方向运动就形成了电流，象银、铜、铝等物质就是这样。我们把容易导电的物质就叫做良导体。与此相反有一些物质，如橡皮、玻璃、云母、陶瓷、电

木和干燥的空气等，这些物质中的原子核对核外电子的束缚力很强，在一般情况下不能产生大量的自由电子，因此也就不容易导电。凡是不容易导电的物质，叫做绝缘体。还有一类物体，它们的电子既不象导体那样，外层电子受原子核的引力较小，容易摆脱原子核的束缚成为自由电子，又不象绝缘体那样，核外电子被原子核束缚得很紧，所以它们的导电性能介于导体与绝缘体之间，我们把这类物体叫做半导体。半导体是晶体管的“心脏”，因此晶体管收音机也由此得名为“半导体”收音机。下面我们将详细分析半导体的导电性质。

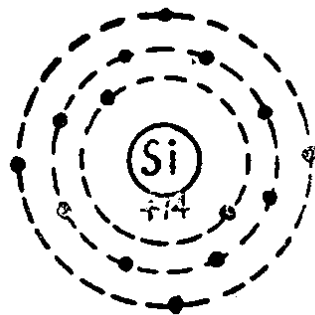
一般情况下，物体按其导电本领可分导体、绝缘体、半导体。半导体既不能作为导体又不能作为绝缘体，那么它究竟有什么用处呢？我们首先看一看半导体的奇异的特性。如果在半导体材料中加入微量的杂质，如砷(As)、硼(B)等就能使半导体的导电的性能提高很多倍，有时加1%的杂质就能使半导体的导电性能增加到几百万倍。当外界的温度变化时，半导体的导电性能也会有显著的变化。有的半导体在温度升高100℃时导电能力要增加到上千倍以至上万倍。当用光线照射时，半导体的导电性能也要大大增加，比如硫化硒在一般灯光照射下它的导电能力要提高几十到几万倍。人们根据半导体的这些特性制造了各种半导体器件，如二极管、三极管、可控硅、光敏电阻、热敏电阻、光电二极管、光电三极管等。在自然界中半导体材料很多，象锗(Ge)、硅(Si)、硒(Se)等。大量的金属间的化合物、硫化物、氧化物、硒化物等都可以作为半导体材料，如矿石收音机中做检波用的矿石就是一种半导体材料。

半导体为什么会有这些奇异的特性呢？这得从半导体的内部结构说起。图1-3甲、乙，是半导体材料锗和硅这两种

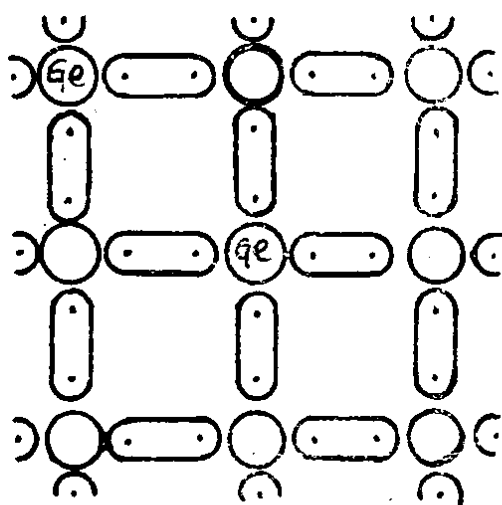
元素的原子结构示意图。锗原子中有 32 个电子,共分四层。由内向外第一层 2 个电子、二层 8 个、三层 18 个、四层 4 个;



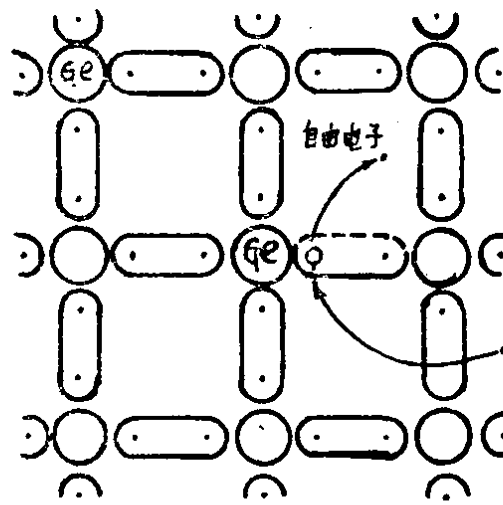
甲、锗原子结构示意图



乙、硅原子结构示意图



丙、锗单晶共价键



丁、热运动产生电子——空穴对

图 1-3

硅原子中有 14 个电子分三层; 第一层 2 个电子, 第二层 8 个, 第三层 4 个。它们共同的特点是, 最外层电子都是 4 个。最外层电子, 我们通常叫价电子。一般的说, 最外层有几个价电子, 它就是几价元素, 所以硅与锗都是四价元素。

物体中的原子数目是多得惊人的。图 1-2 只画出了一个原子的情况。物质内部的这些大量的原子结合排列在一起,

有的有固定的排列结构，而有的没有。如果物质的原子间排列结构有一定的固定形式，我们把这类物质叫晶体。半导体器件都是晶体材料制成的，所以半导体管又叫晶体管。纯净的锗、硅等半导体材料叫它单晶体。

单晶体的锗或硅的原子是怎样结合在一起的呢？锗原子或硅原子，在它们的原子周围都同样有四个价电子，这四个价电子分别与周围四个原子所共有，而且自己本身也要拿出四个价电子与周围的四个原子所共用，这样就形成了共用电子对。这样原子间靠共用电子对结合在一起的情况我们叫共价键结合，如图 1-3 丙是锗原子间结合的平面图。

各原子之间通过共价键结合形成了单晶体，在通常情况下，锗原子或硅原子周围的价电子受的束缚力较大，所以要成为自由电子就比较困难。因此通常情况下导电能力要比导体差很多。但是这种共价键结合的电子虽然处于紧密的结合状态，但并不是牢不可破的。当外界给电子一定的能量，比如在光和热的作用下，某些共价键结合的电子对，就要受到破坏，使一部分电子获得足够的能量而挣脱了共价键的束缚，成为自由电子既成为电子载流子。

当共价键受到外界能量破坏以后，有的电子，成为自由电子，那么在原来的共价键中就留下一个空位如图 1-3 丁所示。有了这样一个空位，附近的共价键中的电子，就容易在静电引力作用下，来补充这个空位。同时在附近的原子中就又出现了一个空位，这样进行下去。就如同在礼堂里看节目，如果前排有一个人有事走了，就出现了一个空位，后面的人为了看得清楚就向前移座到空位上，这样后面的人依次向前坐，前面的空位就不在最前面，而到后面去了。这样就好象空位子向后运动一样。在原子中的空位子我们叫空穴。

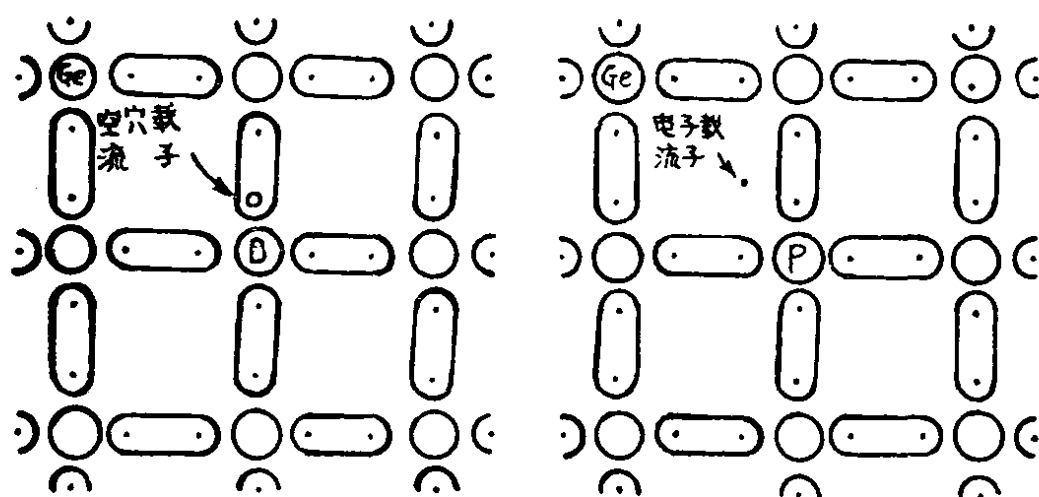
空穴运动实质就是电子在运动，我们把空穴叫空穴载流子。半导体在外加电压的作用下使自由电子做定向运动形成了电子电流即负电荷的运动。空穴在附近的共价键电子的依次填补的情况下，形成空穴电流即正电荷的运动，这就是纯净的半导体的主要导电形式，但这种导电形式与导体导电有着本质的区别。

二、P 型半导体与 N 型半导体

上面我们分析了纯净半导体的导电情况，但是，在纯净的半导体里面，这种电子载流子与空穴载流子的总数离开我们实际需要数，还是相差很远的，所以其本身用处并不大。但是这种情况是可以改变的。上面我们提到过，半导体材料有一种非常可贵的特性，如果在纯净的半导体中有选择的掺入适量的杂质，就可以使其导电性能显著地提高，甚至接近导体。下面我们就看一看有选择地掺入杂质后，半导体的导电特性是怎样变化的。

如果我们在单晶锗（或硅）中掺入少量的三价元素硼（B），就与锗原子组成了共价键结构。这时在整个晶体结构中有的锗原子的位置就被硼所代替了。硼是三价元素，原子的最外层有三个价电子，当它与锗原子结合组成共价键时，就很自然的形成一个空穴，如图 1-4 甲所示。这样掺入一个硼原子就可以提供一个空穴，附近锗原子的共价键中的电子就可以补充这些空穴，从而使单晶锗中空穴数目大为增加，而形成了多数的空穴载流子。而相应的电子数目就较少了。象这样半导体靠空穴导电，我们通常叫它空穴型半导体，简称 P 型半导体。

当我们在单晶锗（或硅）中掺入五价元素磷（P）时，锗原子要与掺入的磷原子组成共价键，如图 1-4 乙所示。但是磷



甲、锗中掺硼成空穴
载流子(P型)

乙、锗中掺磷形成电
子载流子(N型)

图 1-4 载流子的形成图

原子的外层有五个价电子，其中有四个价电子与锗原子组成共价键，就可以满足要求了。这样就要多出一个电子，这个电子没有被束缚在共价键之内，所以很容易成为自由电子。掺入了五价元素的半导体中，电子载流子的数目就很多，成为多数载流子，而空穴就成为少数载流子。这种半导体主要靠电子来导电，我们称为电子型半导体，简称 N 型半导体。

由以上的分析我们可以看出，在半导体中不但有电子导电而且还有空穴导电，这就是半导体的独特之处。如果在纯净的半导体中加入少量的杂质，比如上面讲的三价元素硼或五价元素磷，半导体中的空穴载流子的数目和电子载流子的数目就要大大增加。从而使半导体的导电特性显著增强。人们利用了半导体的这种特性获得了 P 型半导体和 N 型半导体，制成了多种半导体器件。下面我们要讲的半导体二极管与三极管就是利用 P 型半导体与 N 型半导体的相互结合后的奇异的特性而制成的。

三、晶体二极管的性能、鉴别和作用

1. PN 结：半导体二极管是半导体收音机不可缺少的元件之一。利用半导体二极管的单向导电性可以进行整流与检波。那么为什么半导体二极管具有单向导电性呢？为了弄清楚这个问题，首先看一看半导体二极管的心脏PN结。如果我们在 P 型半导体上用一定的工艺方法，可以再形成一层 N 型半导体，这时在 P 型半导体与 N 型半导体的交界处，靠近 P 型区的空穴浓度大，靠 N 区的电子浓度大。由于交界处两边的空穴与电子的浓度不同，所以电子与空穴都分

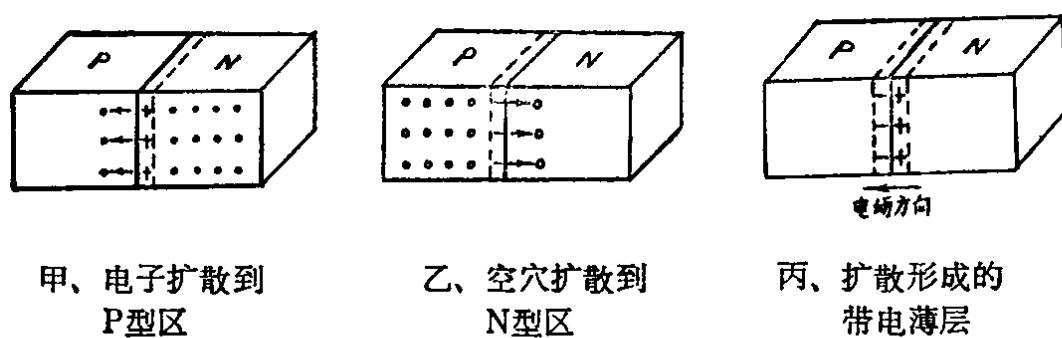


图 1-5 PN 结的形成

别向浓度小的地方扩散，如图 1-5，甲、乙所示。P 型区的空穴扩散到 N 型区，N 型区的电子扩散到 P 型区，由于扩散的结果在交界处出现了一个带电薄层，如图 1-5 丙所示。N 型区失去了电子而出现了一个正电薄层，P 型区由于失掉空穴而带有负电薄层。这个带电薄层形成后，将阻碍电子与空穴继续扩散，最后，达到相对稳定状态。这个带电薄层也叫阻挡层，就是 PN 结。那么为什么 PN 结能单向导电呢？

如果我们在 PN 结的两端加上电压，P 型区接电源的负极，N 型区接电源的正极。这个外加电压，使得 PN 结的带电薄层加厚，如图 1-6。由于外加电场的方向与 PN 结本身

电场的方向一致，使得PN结的电场加强，因而电子与空穴的扩散能力大大减弱，以致根本不能进行，这也就相当于PN

结电阻增大，这个电阻我们叫反向电阻，所加的电压叫反向电压。

反过来，如果在P型区接正极，N型区接负极。这时这个外加的电压使带电薄层变窄，如图1-7所示。

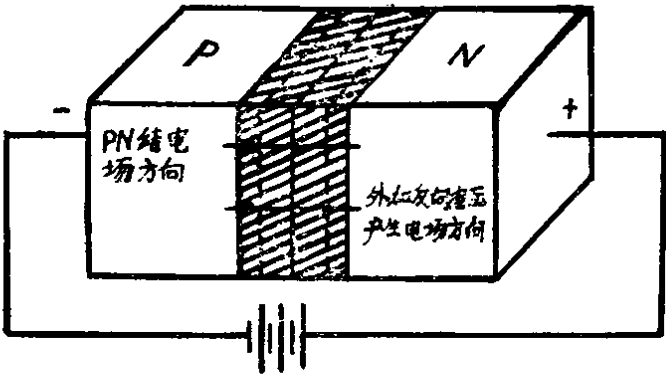


图 1-6 外加反向电压使带电薄层加厚

示。由于外加电场与PN结本身的电场方向相反，使得PN结的电场减弱，这时扩散又开始继续进行。N型区的电子不断地跑向P型区，P型区的空穴不断地跑向N型区，由于扩散继续进行，在电路里就

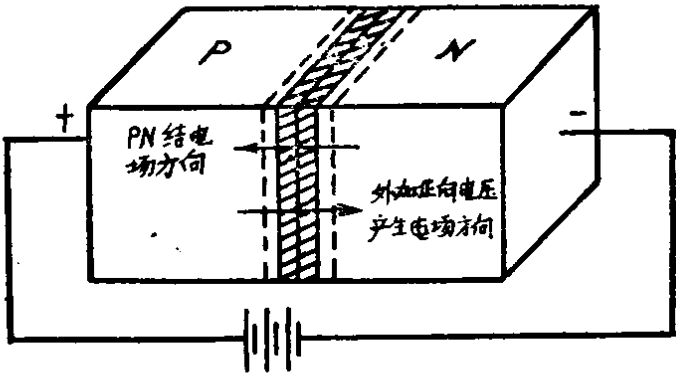


图 1-7 外加正向电压使带电薄层变窄

出现了电流，这时的电流叫正向电流。这里的PN结相当于很小的电阻，叫正向电阻，这时的外加电压叫正向电压。

我们在PN结两端加上交流电压，当交流电压为正半周时，即我们上面讲过的PN加的是正向电压，电荷就很容易通过PN结形成正向电流。当交流电压为负半周时，即加反向电压时，使上面所讲的阻挡层加厚，几乎没有电荷通过PN结，也就不能形成电流。因此当PN结两端接交流电压时，

只有半个周期导电，半个周期不导电，这就是PN结的单向导电的简单原理。半导体二极管就是利用PN结这种特性而制成的。

2.二极管的种类，外形及使用：把我们上面讲的PN结密封起来，外面焊出两根引线，一根接P型半导体，叫作正极，另一根接N型半导体，叫作负极。常用的晶体二极管有点接触型和面接触型两种。点接触型二极管多用作半导体收音机中的检波和小电流整流电路中，面接触型二极管一般常用来作整流，图1-8为晶体二极管的外形和表示符号。

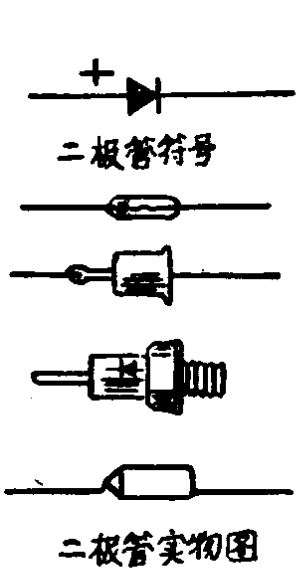


图 1-8 晶体二极管的实物图与符号图

为了正确地使用二极管，延长它的使用寿命我们必须了解它的各种脾气。

①最大整流电流：指的是晶体二极管在正常工作时，所能允许通过的最大正向电流。如果通过二极管的正向电流超过最大整流电流，二极管就有可能被烧毁，所以在使用时要特别加以注意。

②最大反向电压：指的是晶体二极管所能承受的最大反向电压值。在使用时注意不要超过最大反向电压

值，否则二极管就有可能被击穿而损坏。

晶体二极管在使用时还有其它几项应该注意事项，就是最高工作频率，最大反向电压下的反向电流，最高使用温度等等。

我们在安装半导体收音机时，为保证有较好的效果，在安装前还要粗略判断一下二极管的好坏，方法是：把万用表

拨到欧姆档($R \times 100$ 档), 因为用“ $R \times 1$ ”档通过二极管的电流很大, 用“ $R \times 1000$ ”档加在二极管上的电压过高(一般为 15 伏), 因此这两种情况都可能损坏二极管。接着, 用万用表的红表笔接二极管的正极, 黑表笔接二极管的负极如图 1-9 所示, 万用表内装有电池, 红表笔在万用表内实际上接的是电池的负极, 黑表笔实际上接的是电池的正极, 这就相当于给二极管加了一个反向电压。这时如果万用表的读数为几十千欧姆到几百千欧姆, 表示二极管可用。如果电阻很小就不能使用了。

如果用红表笔接在二极管的负极, 黑表笔接正极, 这就等于给二极管加上正向电压。这时万用表的读数为几百欧姆表示二极管可用, 如果电阻极大, 此二极管就不能使用了。在判定二极管好坏时, 我们尽量要求正反向电阻的值相差越大越好。

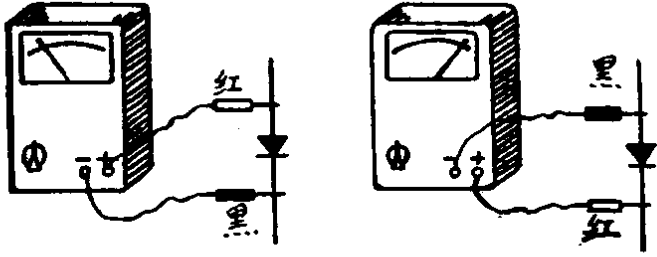


图 1-9 用万用表测二极管的性能

半导体二极管有正负极之分, 在装收音机时绝对不能接反。有的二极管的管壳上标出正负极。若管壳是透明的, 一般说有色点的为正极(如 2AP1—2AP7 等), 但 2AP9、2AP10 例外。但是有的二极管没有标出或标的不清时, 我们可用万用表进行判定。方法和上面差不多。我们首先用万用表黑红两个表笔接二极管的两根引线, 如果测出的阻值为几十千欧姆以上, 说明红表笔接触的一端为二极管的正极, 黑表笔接的一端为二极管的负极。如果测出的阻值为几百欧姆, 说明红表笔所接的一端为二极管的负极, 黑表笔所接的

一端为正极。

四、晶体三极管

1. 晶体三极管的型号：晶体三极管是由两个 PN 结组成的，一个是发射结，一个是集电结。根据 PN 结组合方式的不同，晶体管分为 PNP 型和 NPN 型两种，如图 1-10 所示。

国产晶体管型号由四个部分构成，第一部分是数字，表示晶体管的电极数目；第二部分是字母，表示晶体管所用的

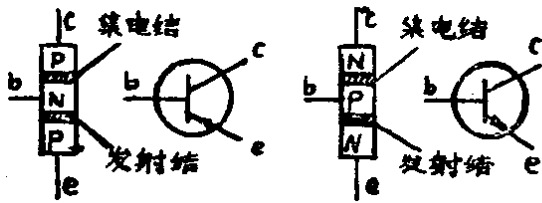


图 1-10

材料和极性；第三部分是字母，表示晶体管的类型；第四部分是数字，表示晶体管的序号。例如 3A X1，“3”表示是三极管，“A”表示晶体管是用锗材料制成，PNP

型，“X”表示低频小功率管，“1”表示晶体管的排列序号。晶体管型号的第二部分字母，除了 A 外，还有 B、C、D。“B”表示锗材料 NPN 型，“C”表示是硅材料 PNP 型，“D”表示是硅材料 NPN 型。第三部分字母除了 X 外，还有 G、P、D、K 等，“G”表示是高频率小功率管，“P”表示是普通管，“D”表示是低频大功率管，“K”表示是开关管。例如，3AG1 是 PNP 型高频小功率锗三极管，3DG6 是 NPN 型高频小功率硅三极管。高频管和低频管通常以工作频率三兆周作为分号线，工作频率在三兆周以下的为低频管。

2. 晶体三极管的管脚：晶体三极管的管脚符号是 c、b、e。“c”表示晶体管的集电极，“b”表示基极，“e”表示发射极。

晶体三极管的品种较多，管脚的排列顺序不一，但也有一定的规律。例如，常用的小功率三极管的管脚有以下几种排列规律。一种管脚是按品字形排列（图 1-11 甲），把管

脚面对自己，品字在上半圆位置，从左脚顺时针数依次是发射极 (e)、基极 (b)、集电极 (c)。管脚这样排列的有 3A×21—24, 3A×31, 3AG1—4, 3DG6, 3DK3 等。另一种晶体管的管脚是等距离一字形排列 (图 1-11 乙)，从管上色点标志边顺序算起是 c、b、e。管脚这样排列的，如 3A×71—72, 3A×81, 3AG71—72 等。还有一种晶体管的管脚是非等距离一字形排列 (图 1-11 丙)，从管脚之间距离较远的第一只脚起是 c、b、e。这样排列的有 3A×1—3 等低频管。但也不是所有的晶体管的管脚都是按上述规律排列的。例如，有些高频管的管脚虽然也是按品字形或等距离一字形排列，可是中间的管脚不是基极 b，而是集电极 c。红色点所表示的电极也不一样，有的管子用红点表示发射极。此外，还有一种高频小功率管有四个管脚，如 3AG25—28，其管脚排列见图 1-11 丁，由管子底座凸出部分顺时方向数依次是 b、c、e，剩下的一只是空脚，供高频屏蔽用。使用三极管，如果对它的型号不熟悉，最好查阅晶体管产品手册或用万用表欧姆档测定后再用，以免把管脚弄错。

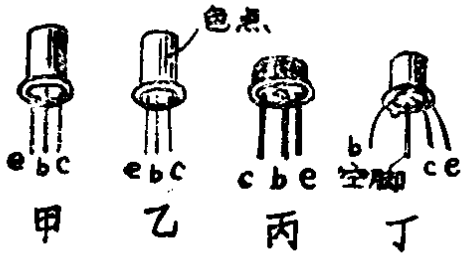


图 1-11

一字形排列 (图 1-11 丙)，从管脚之间距离较远的第一只脚起是 c、b、e。这样排列的有 3A×1—3 等低频管。但也不是所有的晶体管的管脚都是按上述规律排列的。例如，有些高频管的管脚虽然也是按品字形或等距离一字形排列，可是中间的管脚不是基极 b，而是集电极 c。红色点所表示的电极也不一样，有的管子用红点表示发射极。此外，还有一种高频小功率管有四个管脚，如 3AG25—28，其管脚排列见图 1-11 丁，由管子底座凸出部分顺时方向数依次是 b、c、e，剩下的一只是空脚，供高频屏蔽用。使用三极管，如果对它的型号不熟悉，最好查阅晶体管产品手册或用万用表欧姆档测定后再用，以免把管脚弄错。

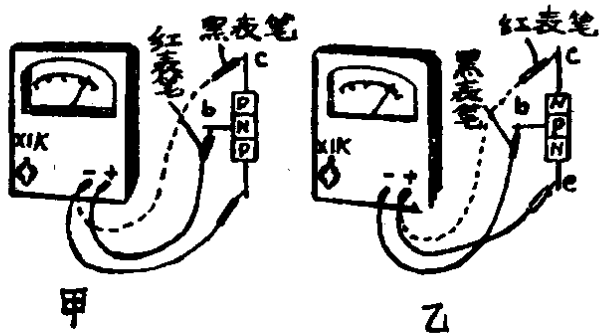


图 1-12

3. 用万用表测定三极管管脚的方法：因为晶体三极管是由两个 PN 结组成的，根据 PN 结正向电阻小，反向电阻大的性质，可以先测出管子的基极和管子的