

半導體收音機

吉林人民出版社

半导体收音机

《半导体收音机》编写小组

甘肃人民出版社出版

甘肃省新华书店发行 天水新华印刷厂印刷

1972年2月第1版 1972年2月第1次印刷

书号：15096·7 定价：1.00元

努力將好廣播為全
中國人民和全世界
人民服務。

毛澤東

编 者 的 话

遵照伟大领袖毛主席关于“努力办好广播，为全中国人民和全世界人民服务”的教导，我们选编了《半导体收音机》，供广大工农兵群众学习半导体知识、安装检修半导体收音机时参考。

由于我们水平有限，加上时间短促，书中一定存在着不少的缺点和错误，热诚地欢迎广大革命读者批评指正。

《半导体收音机》编写小组

一九七〇年八月



目 录

第一章 晶体管的一般常识.....	(1)
第一节 半导体.....	(1)
第二节 P—N 结	(6)
第三节 半导体二极管及其特性.....	(9)
第四节 晶体三极管及其工作原理.....	(11)
第五节 晶体管的基本电路和特性参数.....	(17)
第二章 半导体收音机常用元件 的 选择.....	(25)
第一节 二极管的选择.....	(25)
第二节 三极管的识别和选择.....	(29)
第三节 磁性天线.....	(41)
第四节 中频变压器和振荡线圈.....	(49)
第五节 输入、输出变压器.....	(57)
第六节 扬声器和耳机.....	(63)
第七节 阻容元件.....	(68)
第八节 电源.....	(72)
第九节 印刷电路.....	(76)
第三章 简易型半导体收音机	(78)
第一节 输入电路.....	(79)
第二节 再生电路.....	(84)

第三节	检波电路·····	(90)
第四节	来复式电路·····	(99)
第五节	直流偏置电路·····	(101)
第六节	低频前置放大器·····	(107)
第七节	末级功率放大器·····	(110)
第八节	怎样看简易型半导体收音机线路·····	(115)

第四章 超外差式半导体收音机及其附加

电路·····	(121)
第一节 一般介绍·····	(121)
第二节 变频级·····	(125)
第三节 中频放大电路·····	(135)
第四节 温度补偿电路·····	(140)
第五节 自动增益控制电路·····	(144)
第六节 频率微调电路·····	(153)
第七节 音调控制电路·····	(154)
第八节 负反馈·····	(161)
第九节 调谐指示装置·····	(165)
第十节 半导体收音机上加接耳机·····	(168)
第十一节 半导体收音机加接拾音器·····	(170)
第十二节 超外差式半导体收音机线路分析·····	(171)

第五章 半导体收音机的安装、调试·····(179)

第一节 安装·····	(179)
第二节 万用电表·····	(183)
第三节 简易型半导体收音机的调试·····	(195)

第四节	超外差式半导体收音机的调试·····	(204)
第六章	半导体收音机故障检修·····	(225)
第一节	一般故障种类及检修要求·····	(226)
第二节	故障的寻找方法·····	(228)
第三节	简易型半导体收音机的检修·····	(234)
第四节	超外差式半导体收音机各级故障 现象介绍·····	(240)
第五节	超外差式半导体收音机常见故障 一览表·····	(246)
第六节	超外差式半导体收音机检修后的 一般校试·····	(254)
第七章	国产半导体收音机参考线路·····	(259)
附录 1	国产晶体管型号命名方法·····	(295)
附录 2	常用国产晶体管特性·····	(297)

毛主席语录

自然科学是人们争取自由的一种武装。
人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。
人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

第一章 晶体管的一般常识

第一节 半 导 体

在我们的日常生活中，经常看到或用到各种各样的物体，它们的性质是各不相同的。有些物体，如铜、银、铝、铁等，具有良好的导电性能，我们称它们为导体。相反，有些物体如玻璃、橡皮和塑料等不易导电，我们称它们为绝缘体（或非导体）。还有一些物体，如锗、硅、砷化镓及大多数的金属氧化物和金属硫化物，它们既不象导体那样容易导电，也不象绝缘体那样不易导电，而是介于导体和绝缘体之间，我们把它们叫做半导体。绝大多数半导体都是晶体，它们内部的原子都按照一定的规律排列着。因此，人们往往又

把半导体材料称为晶体，这也就是晶体管名称的由来（意思是用晶体材料做的管子）。

物体的导电性能以电阻率来表示。所谓电阻率，就是某种物体单位长度及单位截面积的体积内的电阻值。电阻率越小，越容易导电；反之，电阻率越大，越难导电。

导体、绝缘体的电阻率随温度的变化很小。但温度变化时，半导体的电阻率变化却很激烈：每升高 1°C ，它的电阻率下降达百分之几到百分之几十。不仅如此，当温度较高时，电阻甚至下降到很小，以致变成和导体一样。

在金属或绝缘体中，如果杂质含量不超过千分之一，它的电阻率变化是微不足道的。但半导体中含有杂质时对它的影响却很大。以锗为例，只要含杂质一千万分之一，电阻率就下降到原来的十六分之一。

锗是典型的半导体元素，是制造晶体管的一种主要材料。现以锗为例来说明如何会在半导体内产生电流、整流性能和放大性能。

我们知道，世界上的任何物质都是由原子构成的。原子中间都有一个原子核和若干绕原子核不停地旋转的电子。不同元素的原子所包含的电子数目是不同的。锗原子的原子核周围有32个电子，围绕着原子核运动。原子核带有正电荷，电子带有负电荷；正电荷的数量刚好和全部电子的负电荷数量相等，所以在平时锗原子是中性的。

电子围绕原子核运动，和地球围绕太阳运行相似。在核的引力作用下，电子分成几层按完全确定的轨道运行，而且各层所能容纳的电子数目也有一定规律。如图1—1所示：在锗原子核周围的32个电子组成四层环，围绕原子核运动。从

里往外数，第一层环上有 2 个电子，其余依次为 8、18、4 个电子。凡是环上的电子数为 2、8、18 时，这些环上的电子总是比较稳定的。若环上的电子数不等于以上各数时，这些环上的电子总是不太稳定。因此，锆原子结构中，第一、二、三层的电子是稳定的，只有第四层（即最外一层）的 4 个电子是不稳定的。

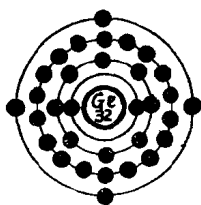


图1-1 锆的原子结构

因最外一层的电子没有填满到规定的数目。我们把最外一层的电子叫做价电子。一般来说，最外层有几个价电子，其原子价就为几。锆的最外层有 4 个价电子，所以锆的原子价为 4。

受外界作用，环上的电子可以克服原子核的吸引力而脱离原子，自由活动成为自由电子。这些自由电子在电场力的作用下，产生空间运动，就形成了电流。可以想像，由于最外层的价电子离核比较远，所受引力最小，所以最容易受外界影响而形成自由电子。因此，从导电性能看，价电子是很重要的。我们所说的锆元素就是依靠它最外层的 4 个价电子进行导电的。

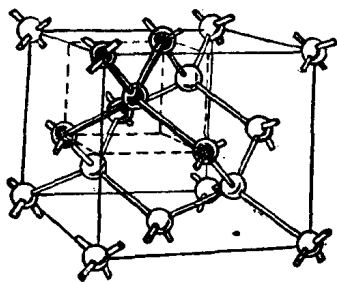


图1-2 锆晶体结构示意图

锆晶体内的原子很整齐的排列着（如图1-2）。各个原子间有相互排斥的力量，而每个原子除了吸引自己的价电子外，还吸引相邻原子的价电子。因此，两个

相邻原子的价电子便成对地存在。这一对电子同时受这两个原子核的吸引，为它们所“共有”。这两个相邻原子也通过这个电子对被联系在一起。这样，电子对就好像起了键（联结）的作用，所以我们叫它共价键。每一个锗原子以其 4 个价电子与其他 4 个锗原子的价电子组成 4 个共价键而达到稳定状态。

在理想情况下，锗晶体中所有的价电子都组成了电子对，因此没有自由电子，这时锗晶体是不易导电的。

但在外力作用下，如受温度变化，其中可能会有一个价电子脱离键的束缚，挣脱共价键而跳出来，成为自由电子。这时共价键中出现了一个空位，我们把这个空位叫做空穴。由于原子本身正电荷和负电荷相等，故原子失去了电子后，整个原子就带正电荷，称为正离子。正离子容易吸引相邻原子的价电子来填补，电子离开后所留下的空位，使相邻原子中又出现空穴，而这个新出现的空穴，又可能为别的电子去填充。电子这样不断地填充空穴，就使空穴的位置不断地在原子间转移。空穴的转移，实际上也是电子（电荷）的运动，所以也就形成电流，这叫做空穴流。而原来失去的电子，在晶体中运动，形成了电子流。为了便于叙述，今后就认为空穴在运动，而且把它当作一个正电荷来看（实际上是空穴所在的原子呈现一个单位正电荷的电量）。由于空穴和电子都带有电荷，它们的运动都形成电流，所以就统称它们为载流子。

一块不含有杂质的、晶格完整的半导体叫做本征半导体。因为它晶格完整，如果有一个电子从共价键中释放出来，必定留下一个空穴。所以本征半导体中电子和空穴总是

成对地出现，它们的数目相等，称为电子—空穴对。在常温下，由于热运动的结果，在本征半导体中会产生一定数量的电子—空穴对，形成电子流和空穴流，总的电流是两者之和。如没有外界电场作用，电子和空穴的这种运动是杂乱无章的，电子流和空穴流方向也是不定的，结果互相抵消，没有净电流出现。但在电场作用下，这种半导体两端就出现电压，电子向正端方向运动，空穴向负端方向运动，形成了定向电流，半导体内就产生电流了。本征半导体因电场作用而产生的导电现象就叫本征导电（见图 1—3 (a)）。

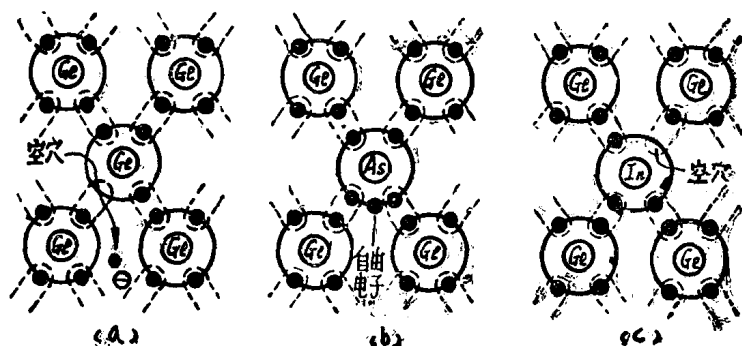


图 1—3 本征半导体、P型半导体、N型半导体

通常，我们很少见到本征半导体，大多遇到的都是P型半导体或N型半导体。

前面说过，半导体中加进了杂质，电阻率就大大降低。这是因为加进杂质后，空穴和电子的数目会大大增加。例如，在锗晶体中掺入很少一点三价元素铟，由于铟的价电子只有三个，掺入锗晶体后，它的三个价电子分别和相邻的三个锗原子的价电子组成共价键，而对相邻的第四个锗原子，

它没有电子拿出来和这个锗原子“共有”了，这就留下了一个空穴（见图 1—3(c)）。因为掺入了少量的杂质铟，就会出现很多空穴；因为即使是少量的，里面含有的原子数目却不少。杂质半导体中空穴和电子数目不相等，在电场作用下，空穴导电是主要的，所以叫空穴型半导体或者说是 P 型半导体。换句话说，P 型或空穴型半导体内是有剩余空穴的，掺入的杂质提供了剩余空穴。在 P 型半导体中，空穴是多数，所以称空穴为多数载流子；电子数目少，就叫少数载流子。掺入的杂质能产生空穴接受电子，我们叫这种杂质为受主杂质。

如果把五价元素砷掺入锗晶体中，砷原子中有 5 个价电子，它和四个锗原子的价电子组成共价键后，留下一个剩余电子，这个剩余电子就在晶体中到处游荡，在外电场作用下形成定向电子流（见图 1—3(b)）。掺入少量的砷杂质就会产生大量的剩余电子，所以称这种半导体为电子型半导体或 N 型半导体。在这种半导体中有剩余电子，这时电子是多数载流子，而空穴是少数载流子。因为砷是施给剩余电子的杂质，所以叫做施主杂质。

如果没有外电场的作用，不论 N 型或 P 型半导体，它们的载流子运动是无规则的，因此，不会形成电流。

第二节 P—N 结

把一块 P 型半导体和 N 型半导体紧密联接在一起时（实际上只能用化学方法将两个原来独立的锗片合在一起），就会发现一个奇怪的现象，即在它们的两端加上适当的电压

时，会产生单向导电现象。因为这时在它们的交界面上形成了一个所谓P—N结的结构，单向导电现象就发生在这一薄薄的P—N结中。P—N结是晶体管的基础，它是由扩散形成的。我们知道，P型半导体内空穴是多数载流子，即空穴的浓度大；而N型半导体内电子是多数载流子，电子的浓度大（见图1—4(a)）。二者接触之后，由于在P型区和N型区内电子浓度不同，N型区的电子多，就向P型区扩散，扩散的结果如图1—4(b)所示。N型区薄层Ⅰ中部分电子扩散到P型区去，薄层Ⅰ便因失去电子而带正电。另一方面，P型区的空穴多，也会向空穴浓度小的N型区扩散，结果一部分空穴从薄层Ⅱ向N型区扩散，使薄层Ⅱ带负电。

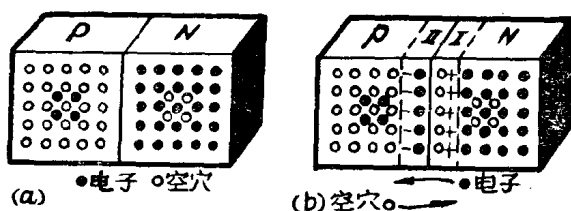


图1—4 P—N结的形成

电子和空穴的扩散是同时进行的，总的结果，P型区薄层Ⅱ流走了空穴，流进了电子，所以带负电；而N型区的薄层Ⅰ流走了电子，流进了空穴，因而带正电，而且随着扩散现象的继续进行，薄层逐渐变厚，所带的电量也逐渐增加。不过，这种扩散现象不能无休止的进行下去；当扩散进行到一定程度后，薄层Ⅱ带了很多负电，从N型区向P型区扩散

的电子总数因电子受到它的排斥不再继续增加；同样道理，从P型区向N型区扩散的空穴总数也不再增加。于是扩散似乎不再继续，而达到所谓“动态平衡状态”。这时P—N结也就形成了。

所谓P—N结，就是指薄层Ⅰ和Ⅱ所构成的带电结构。

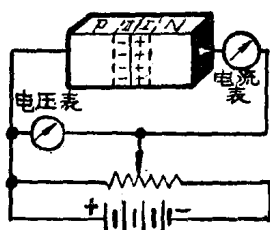


图 1—5 P—N结的单向导电性

因为它能阻止电子和空穴的继续扩散，所以也叫阻挡层。它们之间的电位差一般称势垒或位垒。

我们用图 1—5 来阐明 P—N 结的单向导电性能。依照图示方法，将P型区接电池正极，N型区接负极。向右调动电位器，

使加到 P—N 结两端的电压逐渐增高，就会发现：当电压表读数增高时，电流表的读数也随之增大。此时，P—N 结的电阻很小，这种接法叫正向联结。

若反过来，把P型区接电池负极，而N型区接正极，这时我们会发现：把电压增高到几十伏，电流的指示只有几个或几十个微安，此时P—N结的电阻很大，反向电流很快就达到饱和不再增加了。这说明电流只能沿着一个方向流过P—N结，这个现象就叫做单向导电。

单向导电现象可以这样来解释：因为在P型区接电池正极而N型区接负极时，外加电压的方向刚好和P—N结势垒电压的方向相反，使薄层Ⅱ带的负电量和薄层Ⅰ带的正电量减少，因此削弱了P—N结的势垒，于是在正电压的作用下，电子和空穴的扩散又可进行，N型区的电子不断跑到P型区，

P型区的空穴也不断跑到N型区，正向电流也就产生了。而且，正向电压加得越高，P—N结势垒削弱得越厉害，扩散也就越容易进行，正向电流也就越大。

当P—N结和电池反向连接时，外加电压起着增强P—N结势垒的作用，使薄层Ⅱ带的负电荷和薄层Ⅰ带的正电荷增加，扩散更无法进行。这时只有P型区的少数载流子—电子和N型区的少数载流子—空穴，受外加电压作用形成微弱的反向电流。而少数载流子的数目不多，所以在反向电压只有零点几伏时，反向电流就达到饱和了。

P—N结还有一个十分重要的特性，即所谓反向击穿电压。当所加反向电压大到一定数值时，P—N结电阻会突然变得很小，反向电流会骤然增大，而且是无限地增大。这种现象叫P—N结的反向击穿。开始击穿时的电压数值叫反向击穿电压。它直接限制了P—N结用做整流和检波时的工作电压。

总之，一个简单的P—N结具有单向导电的特性，半导体收音机正是利用这一特性来进行整流和检波的。半导体二极管就是根据这一原理制成的。

第三节 半导体二极管及其特性

半导体二极管按其结构和制造工艺的不同，可以分为点接触型和面接触型两种。

点接触二极管是在P型硅晶体或N型锗晶体的表面上，安装上一根用钨或金丝做成的触针，与晶体表面接触而成。然后加以电流处理，使触针接触处形成一层异型的晶体。根

据所用金属丝的不同，分别称之为钨键二极管和金键二极管。其结构如图 1—6 所示。国产 2AP1~7 和 2AP11~17 型半导体二极管即属此类。但前者触针是钨丝，后者是金丝。

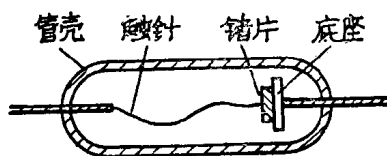


图 1—6 点接触二极管结构

面接触型二极管多数系用合金法制成。在 N 型锗晶体的表面上安放上一块钢，然后在高温下使一部分锗熔化于钢内。然后将温度降低，使熔化于钢内的锗又沉淀而出，形成 P 型晶体。此 P 型晶体与未熔化的 N 型晶体组成 P—N 结，其结构如图 1—7 所示。

点接触型半导体二极管具有较小的接触面积，因而触针与阻挡层间的电容较小（约 1 微微法）；而面接触型二极管的极间电容较大，约为 15—20 微微法。因此，前者适宜于在频率较高的场合工作，而后者只适宜于频率低于 50 千赫以下的地方工作；但前者允许通过的电流小，在无线电设备中宜作检波用，后者可通过较大之电流，多用于整流。

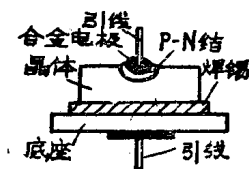


图 1—7 面接触型二极管结构

常用的国产半导体二极管的特性，详见书后附录 2。该附录中各参数的意义如下：

1. 工作频率范围 f (MHz)：指由于 P—N 结电容的影响，二极管所能应用的频率范围。