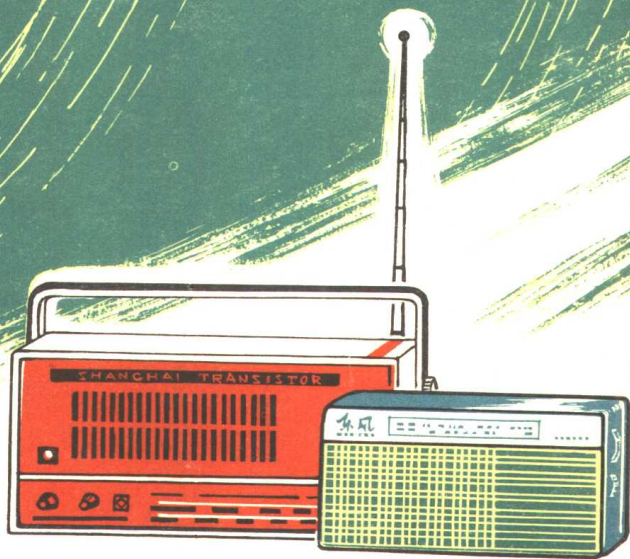


自然科学小丛书

半导体收音机



北京人民出版社

自然科学小丛书

半导体收音机

王 铁 源

北京人民出版社

自然科学小丛书
半导体收音机

王铁源

*

北京人民广播电台出版

新华书店北京发行所发行

北京新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本 2.375印张 35,000字

1973年10月第1版 1973年10月第1次印刷

印数：1—390,000册

书号：13071·16 定价：0.17元



毛主席语录

努力办好广播，为全中国人民
和全世界人民服务。

编 辑 说 明

为了帮助广大工农兵和青少年学习自然科学知识，更好地为社会主义革命和社会主义建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》（包括修订重版原北京出版社出版的部分）。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合三大革命斗争实践，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合广大工农兵和青少年阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。



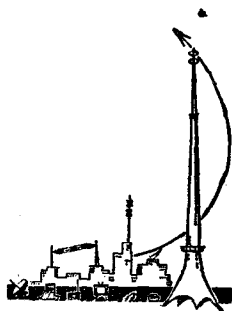
目 录

一 什么是半导体.....	1
半导体的奇妙特性(3) 锗的原子结构和晶体结构(4)	
半导体中的“电子”与“空穴”(7) 杂质与P型半导体和N型半导体(10)	
二 半导体整流和放大的秘密.....	12
P-N结和它的整流作用(12) 半导体二极管(17) 半导体三极管和它的放大作用(19) 和电子管比一比(24)	
三 半导体收音机.....	25
收音机是怎样收音的?(26) 形形色色的半导体收音机(28) 半导体收音机常用的元件(30) 一个最简单的半导体收音机(36) 收音机是怎样选择电台的?(38) 加一级低放试试(43) 巧妙的再生作用(45) 来复再生式单管机(48) 带功率放大级的两管机(52) 推挽功率放大式四管机(54) 超外差式半导体收音机(58)	
四 半导体收音机的使用常识.....	63
附录一 半导体管型号命名法.....	67
附录二 常用半导体二极管参数选录.....	68
附录三 常用低频小功率三极管参数选录.....	69
附录四 常用高频小功率三极管参数选录.....	70



一个小小的半导体收音机(又叫晶体管收音机),可以在遥远的祖国边疆收听到北京的广播,可以在中国收听到全世界各大电台的声音,这种技术上的“奇迹”,远远超过了古代神话中的“顺风耳”了。

可以随身携带的半导体收音机,这在几年以前还是比较稀奇的东西;可是现在,它已迅速地成为广大工农兵热烈欢迎的、少不了的东西了。



人们望着那个既会说话、又会唱歌的半导体收音机,满脑子有许多问题要问。从何谈起呢?

我们就从“半导体”谈起吧。

一 什么是半导体

在自然界里有各式各样的物体,由于它们的导电性能不同,被人们叫做导体或者绝缘体。导电性能好的,叫做导体。例如金、银、铜、铁、锡等金属或盐、碱、酸等溶液。导电性能不好的(基本上不导电

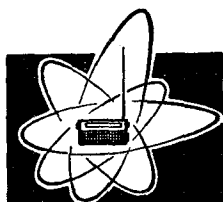


的), 叫做绝缘体。例如橡胶、胶木、云母、空气、玻璃、陶瓷、塑料以及干燥的木材、纸张和各种油类等等。在自然界里还有许许多多的物体, 它们的导电性能既不太好, 也不太差, 介于导体和绝缘体之间, 我们称它为半导体。锗、硅、锑、钢、硒、硼、砷等元素和许多化合物, 例如氧化物、硫化物、碳化物等都是半导体。

人们对半导体的认识远远落后于导体和绝缘体。在十九世纪三十年代, 半导体中奇异的单向导电现象, 已被人们发现, 但这一发现直到十九世纪末发明无线电时, 在检波器中才得到应用。以后经过反复实践, 对半导体的本质不断提高了认识, 在一九四八年终于创造了世界上第一个半导体三极管。从此以后, 半导体便以极快的速度向前发展, 人们不仅用半导体材料研制成许多种半导体二极管和半导体三极管, 而且还研制成许多种其他的半导体器件。在通讯、广播、电视、雷达、电子计算机、自动控制、宇宙航行等各个无线电电子学领域里, 半导体的应用越来越广。因此, 在工业、农业、国防、科学研究等方面, 半导体的重要性是越来越明显了。



半导体的奇妙特性



为什么半导体在这么短的时期内就引起人们的重视和得到广泛的应用呢？这是由于它具有一些奇妙特性：半导体除了导电性能介于导体和绝缘体之间外，它最重要的一个特性是杂质对它的导电能力的影响。

在金属和绝缘体中，如果杂质含量很少，则对它们的导电能力影响是不大的；但半导体却不是这样，杂质对它的导电能力影响很大。拿制造半导体管的锗来说，虽然掺入的杂质不过千万分之一，但是这极微量的杂质，却可使它的导电能力提高好多倍。

此外，半导体的导电能力会随温度变化而产生明显的变化，当温度升降时，它的导电能力也随着升降。不仅如此，当温度较高时，它的导电能力，甚至变成和导体一样。对于导体和绝缘体来说，就不是这样，它们的导电能力随温度的变化一般是比较小的。

当半导体受到光的照射时，它的导电能力也会随着升高。

半导体的这些奇妙特性是怎样产生的？半导体的导电能力是由什么决定的？要想了解这些问题，我们



就得深入到它的原子结构里面去观察。

锗的原子结构和晶体结构

物质是由原子构成的。原子是由原子核和一些围绕着原子核不停地旋转的电子组成的。

原子核带正电荷，电子带负电荷，由于原子核的正电荷和全部电子的负电荷数量相等，所以，在正常状态下整个原子是中性的。

电子围绕原子核作旋转运动，就好象行星围绕着太阳转一样。而不同物质元素的原子有不同数目的电子，它们在原子核周围固定的轨道上运动。这些轨道相隔一定的距离，并且每个轨道上最多能容纳的电子也是固定的；靠近原子核的第一层轨道只能容纳两个电子，第二层 8 个电子，第三层 18 个电子，第四层 32 个电子……。图 1 为典型的半导体元素锗的原子结构示意图。锗有 32 个电子，由内到外各层依次分布为 2、8、18、4 个电子，最外层轨道上只有四个电子，没有达到最多容许的数目。这些最外层上的电子叫做“价电子”，锗具有四个价电子，叫做四价元素，价电子的数目决定了元素的电性质和化学性质。价电子因距原子核最远，所受束缚力也最弱，如果接受到外来的能量如热能、光能以后，就有可能摆脱原子核的束



缚，离开轨道成为能自由行动的“自由电子”。这些自由电子是产生导电的根本因素。我们知道，导电就是

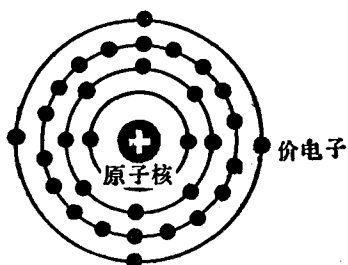


图 1 锆原子的结构示意图

电荷的流动，电流就是电荷向一定方向流动形成的。自由电子多了，导电能力就增加；相反，自由电子少了，导电能力就减少。这样就清楚，半导体受温度和光线照射的影响，它的自由电子数目就有变化，导电能力也就随着改变了。

在半导体锆里，锆原子是很多很多的，我们再来看看，这些锆原子是以怎样一种方式互相连接和排列的。

由于锆原子最外层只有四个电子，这远远不足它所能容纳的数目，而在锆原子之间相距又非常近，在锆原子核所带正电荷的吸引力作用之下，就有可能与相邻原子共用价电子，从而与相邻原子的价电子分别组成电子对。这个电子对就好象彼此拉紧的手，又叫



做“共价键”或“电子键”(图2)，它使原子和原子之间牢牢地结合在一起。

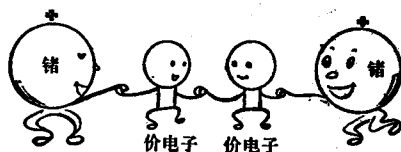


图2 电子键

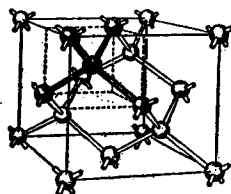


图3 锗的晶体结构

这样，每个锗原子就以四个共价键的方式和相邻的四个锗原子稳固地相结合。而这种结合使锗原子很有规律地排列形成锗的晶体结构。

图3是锗的晶体结构图，其中的圆球表示锗原子的位置，球与球之间的圆柱表示共价键。虚线所示的立方体是晶体的一个单元。

为了便于说明，我们常常把图3的晶体结构的立体图以平面图来表示(图4)。图中清楚地表明了原子、价电子和共价键以及它们之间的关系。

半导体硅的一些性质和锗很相似(图5)，它有14个电子，所以各层依次分布为2、8、4个电子，最外层轨道也是四个价电子，因此它具有和半导体锗相同的晶体结构。



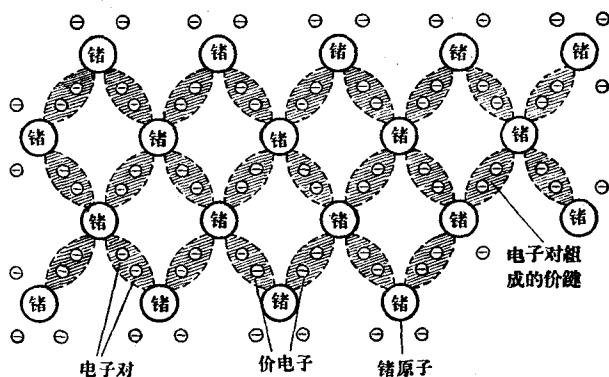


图 4 锗晶体结构平面示意图

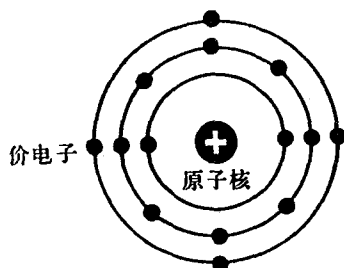


图 5 硅原子的结构示意图

半导体中的“电子”与“空穴”

如果在完全理想的锗晶体中，锗原子的价电子都与相邻原子的价电子组成稳固结合的共价键，这时因为没有自由电子，所以是不导电的。可是由于环境温度的影响，原子受热而产生振动，或受光线照射的影

响，共价键中的电子就可能得到足够的能量，克服原子核的束缚力从共价键中释放出来（图6）。由于晶

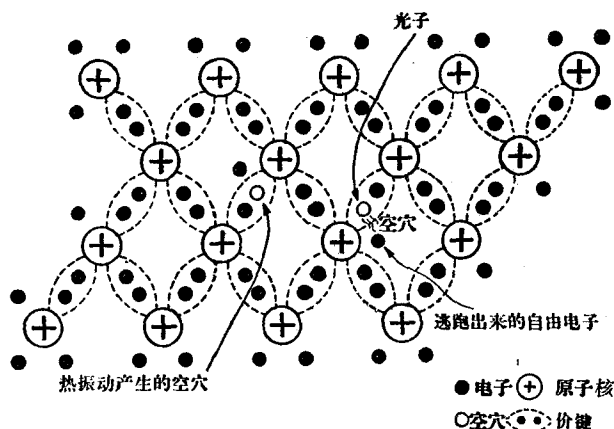


图6 锗晶体中自由电子和空穴的产生

体中其他各处的共价键都是完整的，因此这个被释放出来的电子就只好在晶体中作杂乱的运动而成为一个自由电子。

另一方面，在自由电子产生的同时，共价键中就形成一个空位，这个空位叫做“空穴”，因此电子和空穴总是成对地产生的。又由于原子本身正、负电荷相等，是中性的，因跑了一个电子而形成的空穴也就相当于一个正电荷。这个正电荷也是不会静止不动的，它会吸引相邻原子中的价电子来填补这个空位，其结果又使相邻原子中出现新的空穴。这种情况不断地重



复，就出现和自由电子一样的情况，空穴也在晶体中杂乱地运动起来了。

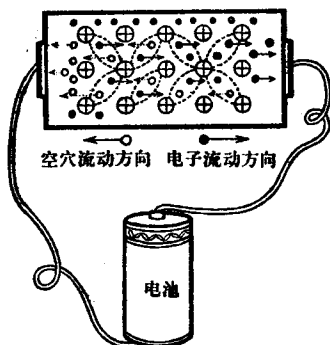


图 7 空穴与电子的流动

如果我们在锗晶体两端用电池加上电压（图 7），根据电的“同性相斥，异性相吸”的特点，电池正极的正电压对自由电子产生吸引力，使电子向电池正极流动；而电池负极的负电压对空穴产生吸引力，使空穴向电池负极流动，这就形成了电流。由空穴移动产生的电流叫做“空穴电流”，由电子移动产生的电流叫做“电子电流”。这两种电流加起来就是半导体中的总电流。

应该指出：空穴的转移，实际上是电子运动的结果，因此空穴电流也可以说是电子电流的另外一种形式。



杂质与P型半导体和N型半导体

前面谈过了半导体在外来因素（温度、光线）的影响下，能产生数目完全相等的“电子”和“空穴”。因此，纯度高的半导体中，“电子电流”和“空穴电流”也是相等的，这是半导体中最基本的导电特性。在实践中，人们接着发现：只要在半导体中掺入很少量的杂质，就能大量增加半导体中的电子或空穴，从而明显地影响它的导电能力。这是一个重要的发现。由于这个发现人们才开始控制电子和空穴，并进一步发明创造了半导体管。

如果我们在纯锗的晶体中掺入很少量的三价的铟，这时在锗晶体中，一些锗原子所占据的位置就被铟原子所代替。但是铟原子只有三个价电子，它只能分别与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，由于它再也拿不出一个价电子来与这个锗原子组成共价键，因此就形成一个空穴（图8）。这时邻近共价键中的电子就有可能来填充这个空穴而形成空穴的转移。掺入的铟虽然是很少量的，但里面含有的原子数目却不少，因此能产生很多空穴。受外加电压作用时，主要是空穴起导电作用。这种主要依靠空穴导电的半导体叫做“空穴型半导



体”，也叫做P型半导体。掺入的杂质因能接受电子的填充所以叫做“受主杂质”，这类杂质除铟之外还有三价元素硼、铝、镓等。

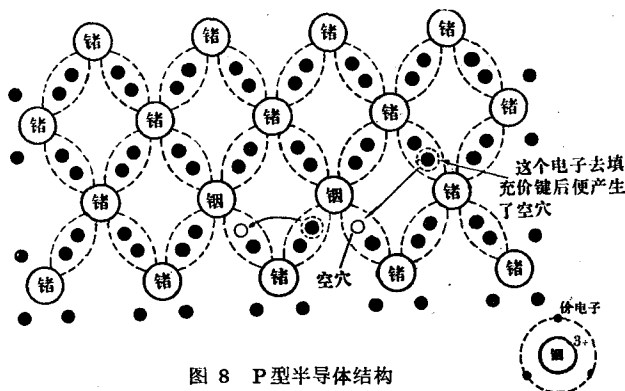


图 8 P型半导体结构

如果我们在锗的晶体中掺入少量五价的锑，因锑原子有五个价电子，它能以四个价电子与相邻的四个锗原子的价电子组成共价键，这就多出一个电子来。这个多余的电子因处在最外层，它与锑原子结合不够稳固，因此，只要一受热，甚至在室温时，就会脱离锑原子成为自由电子（图9）。同样，掺入的锑虽然是很少量的，但里面的原子却不少，因此产生许多自由电子。受外加电压作用时，主要是电子起导电作用。这种主要依靠电子导电的半导体叫做“电子型半导体”，也叫做N型半导体。掺入的杂质因能对晶体

