



技工学校电子技术基础课 教 学 参 考 书

2

中国劳动出版社

目 录

第一章 晶体二极管和三极管.....	1
目的要求.....	1
教材分析.....	1
课时分配.....	3
教学要求与建议.....	4
第二章 放大电路.....	59
目的要求.....	59
教材分析.....	60
课时分配.....	62
教学要求与建议.....	62
第三章 整流与稳压电路	171
目的要求	171
教材分析	171
课时分配	172
教学要求与建议	172
第四章 晶闸管及其应用	226
目的要求	226
教材分析	226
课时分配	228
教学要求与建议	228

第一章 晶体二极管和三极管

目的要求

晶体二极管和三极管是构成电子线路的基本元器件。本章的教学目的，就是让学生掌握晶体管的工作特性，学会使用晶体管，并为以后学习放大电路，整流电路及其他电子线路打下基础。具体要求是：

1. 了解半导体材料的一般概念和半导体的分类命名；了解常见半导体敏感元器件类型。
2. 理解PN结的形成和特性；理解晶体二极管和三极管的特性曲线与主要参数。
3. 掌握常用晶体二极管、三极管的鉴别与简单测试；掌握晶体管的使用方法。

教材分析

一、基本内容和教学重点

本章教材共分五节。前两节从引入半导体材料的一般概念开始，介绍了半导体的导电特性及敏感特性，进而说明了PN结的形成和它的单向导电特性。其中“PN结的形成及其特性”的内在机理，既是分析晶体管工作原理的基本依据，也是理解晶体管特性曲线及其主要参数的基础理论。因此，“PN结的形成及其特性”在全章内容中占有极重要的地位。

第三、四节分别介绍了晶体二极管和三极管的结构、型号及类型；讨论了晶体二极管和三极管的性能、工作原理、特性曲线及其主要参数；说明了晶体二极管、三极管的鉴别

和简单测试方法。这两节内容包含了有关晶体管使用中，必须掌握的主要知识，是全章内容的核心部分。

第五节介绍了晶体管的选用、代换和安装方面的知识。这部分内容实用性较强，对使用晶体管具有直接的指导意义。

总之，各节内容对学生掌握晶体管的使用，都有着各自的重要作用。但是在教学中，仍要突出重点，不要平均使用力量。

本章教学的重点是：

1. PN结的形成及其特性。
2. 晶体管的特性曲线及主要参数。
3. 晶体管的选用、鉴别和安装。

二、教材特点和教法建议

首先，本章教材引入的概念新、又较为抽象。对学生来说缺乏必要的相关知识，不容易理解；对教师来说教学时数少，不允许补充更多的准备知识。这是教学中最大的困难。从内容上讲，主要难点是“PN结的形成及其特性”中，电子载流子和空穴载流子矛盾运动规律。

另一方面，本章教材要求掌握的内容也较多，既有基本概念、基本知识方面的内容，也有基本技能、基本操作方面的内容。对学生来说，一下子接受这么多东西很困难，很难消化和掌握，这也是教学中最感困难的问题。

为了在教学中解决好以上难题，应特别注意下几点：

1. 本章教材的特点，一方面概念新、较抽象，另一方面图形、图示多，又较直观。所以教学中，要充分运用板图、示波器、晶体管图示仪等示教仪器、器材，以及其他电化教学手段，显示直观图形和图象，从发挥学生的形象思维

能力入手,让学生接受较抽象的概念、原理和特性,并注意引导学生将感性认识逐步提高到理性的认识水平,不断加深理解。

2. 本章教材的第二个特点是,概念与概念之间,前后内容之间,它们的逻辑关系较为密切。特别是“PN结的形成及其特性”,掌握了这部分内容,就可以比较容易地理解晶体二极管和三极管的性能、工作原理、特性曲线及主要参数。反过来,又可以加深对PN结及其特性的理解。所以,全章教学要贯穿“PN结的形成及其特性”这一主线,使学生逐步建立起有关晶体管工作特性的一些基本概念。

为此,教学中教师要贯彻“精讲、多练”的原则,主要是指加强课堂提问、讨论、小测验等,并注意及时小结和复习。

3. 本章教材的第三个特点是实用性较强。不仅包括了一个电气工人应当掌握的一些应知内容,也包括了应会的一些内容。因此,在整个教学中,要注意理论联系实际,加强实践教学环节。这包括向学生介绍生产实践应用晶体管的实例和实物,也包括教会学生掌握查阅晶体管手册、学会用万用表检测晶体管,以及掌握晶体管安装的方法。

虽然晶体管的安装在第五节讲授,为了充分利用第三、四节实验中的实践机会,在实验教学中,就应当讲到晶体管安装的有关知识,并按要求指导学生进行晶体管实验线路板的安装操作。当然,这要求实验最好用焊接线路板,而不用插接线路板。

课时分配

按大纲要求,本章教学时数共14课时,分配如下:

§ 1—1 半导体材料

1 课时

§ 1—2	PN结	2 课时
§ 1—3	晶体二极管	2 课时
§ 1—4	晶体三极管	7 课时
§ 1—5	晶体管的使用	2 课时

本章实验教学时数共6课时，分配如下：

实验一	晶体二极管的特性与检测	2 课时
实验二	晶体三极管的特性与检测	4 课时

以上安排仅供参考，根据学生理解教材内容的程度应当掌握课时的进度。如第一节，一方面是学生第一次接触电子技术知识，另一方面教师也需要交待一下整个课程的性质，教学目的要求，以及学习本课程的特点等。所以第一节可安排为两课时，这也符合多数学校（技工学校）两课时连续授课的要求。

教学要求与建议

§ 1—1 半导体材料

教学要求

1. 了解半导体材料的一般概念；了解半导体的敏感特性及其常见敏感元器件。
2. 理解半导体内电子载流子和空穴载流子的产生，以及半导体导电方式的特点。

教学建议

一、半导体

1. 半导体是导电性能介于导体和绝缘体之间的一类物质。

自然界的物质按其导电性能，大致可分为三类：

导体——电阻率低于 10^{-3} 欧姆·厘米,例如金、银、铜、铝、铁等。

绝缘体——电阻率高于 10^6 欧姆·厘米,例如塑料、陶瓷、石蜡等。

半导体——电阻率在 $10^{-3} \sim 10^6$ 欧姆·厘米之间,例如硅、锗、砷化镓等。

2. 物质的导电性能差别很大的根本原因,在于构成各种物质的原子本身结构不同,原子与原子之间的结合方式各不相同。以锗和硅材料为例:

(1) 它们的原子结构中,都有4个价电子,见图1—1。

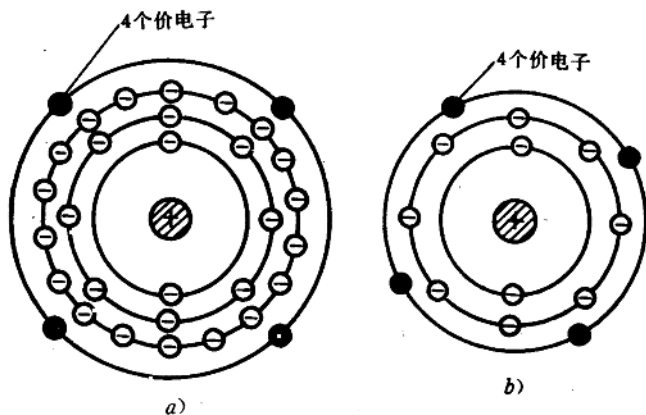


图 1—1 锗和硅的原子结构

a) 锗Ge b) 硅Si

(2) 它们的原子排列方式,是以共价键的形式,每个原子都能束缚住相邻的四个原子,形成晶体结构,见图1—2和图1—3。

由于绝大多数半导体都具有晶体结构,所以用半导体材

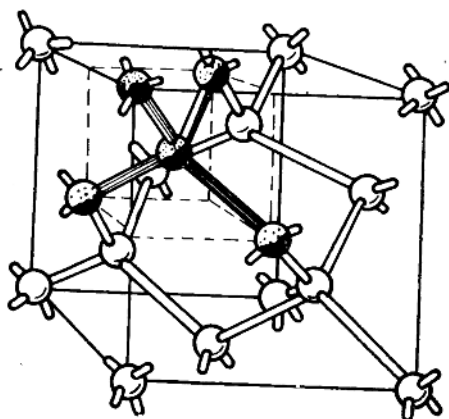


图 1—2 晶体的结构模型

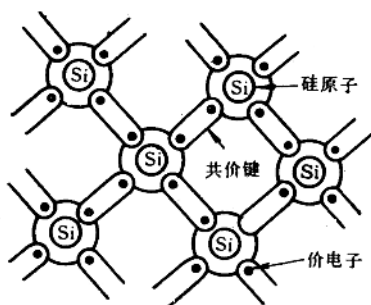


图 1—3 硅单晶的共价键结构

料制作的二极管、三极管，又称晶体二极管、晶体三极管。

价电子——原子最外层的电子。

共价键——相邻原子共用一对价电子，所形成的束缚作

用。

3. 半导体材料大致可分为元素、化合物、固溶体、玻璃、有机物等五大类。

完全没有杂质和缺陷的半导体材料，称为本征半导体。自然界里的半导体含有杂质，必须经过提纯、拉单晶等工艺处理，才能得到本征半导体，通常也称它们为纯净的半导体。

二、半导体的导电特性

纯净半导体在绝对零度时，所有价电子都被束缚在晶格中，而不能移动，半导体内也没有自由电子。但是，在一定的外部条件影响下，它的导电能力会有很大改变，并且具有不同于导体的导电方式。

1. 改变纯净半导体导电能力的条件

常温下，通过改变环境温度、加入微量杂质（元素）和施以外界一定的能量，都可以使纯净半导体的导电能力得到显著变化。

例如：

（1）纯锗，温度从 20°C 升高到 30°C ，电阻率可降低一半左右。

（2）在纯硅中，加入百万分之一的硼，电阻率明显减小，导电能力增加几十万倍。

（3）在一般灯光照射下，硫化镉的导电能力比移去灯光要大几十到几百倍。

2. 半导体的导电方式

半导体导电，不仅有电子载流子的移动，还有空穴载流子的移动，这是它区别于导体导电的最大特点。

（1）纯净半导体的电子—空穴对

在常温下，纯净半导体获得外界一定的能量，就会产生相应数量的自由电子，同时也出现对等数量的空穴。

产生：

自由电子——少数价电子受外界一定能量所激发，挣脱共价键和原子核对它们的束缚，而产生的自由电子。自由电子带负电。

空穴——少数价电子挣脱束缚成为自由电子的同时，在晶格中就留下一个空位，称为空穴。空穴带正电，实际是原子成了正离子。

特点：

自由电子产生还会以一定的能量撞击其他价电子，产生新的自由电子和空穴。

空穴形成，就会被周围的价电子填补，称为复合。

以上两种运动过程，使纯净半导体内维持一定数量的自由电子和空穴。同时，自由电子和空穴总是相伴而生，相伴而失，从而保持了纯净半导体对外不显电性。

（2）纯净半导体的导电特点

纯净半导体在获得一定外界条件的影响，已产生了自由电子—空穴对（在常温下就能产生）的情况下。施加一定电压，自由电子向高电位移动，空穴向低电位移动而形成电流。

载流子——自由电子和空穴被看作是运载电流的粒子，所以叫做载流子。

从图1—4看出，纯净半导体（在常温下）在外电场作用下，即形成电子电流和空穴电流。这两种电流的方向相反。

三、半导体材料的应用

半导体材料的导电性能，受外界条件的影响很大，同时

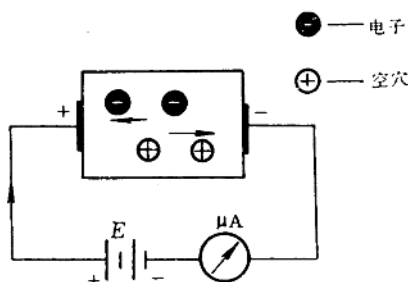


图 1—4 外电场作用下载流子的运动

又具有独特的导电方式，因此，在各领域得到了广泛使用。

依半导体特征划分应用范围

- 掺杂特性→晶体管、集成电路的基础材料
- 敏感特性→各种敏感元器件
- 逆转特性→发光、制冷、发电等器件

直接应用半导体材料敏感特性制成的元器件，主要是敏感电阻，如表1—1。

表 1—1 主要敏感电阻材料及其应用

类 型	材 料	应 用
热敏电阻	氧化铜、氧化锌、五氧化二铝等	检测温度、用于温度补偿、过载保护系统
光敏电阻	硫化镉、硒化镉、硫化铅等	检测可见光（红外光等），用于保护、控制、探测系统
压敏电阻	石英、钽酸锂、及某些陶瓷等	电子线路中用于稳压和过压保护等
磁敏电阻	铋化锑、铋化镍、砷化铟等	用于探测、控制放大及计算技术

练习提示

本教材习题（习题一）

1. 什么是半导体？半导体最主要的导电特性是什么？

答 半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的一类物质。

半导体的导电能力受外界施加条件（温度变化、掺杂多少或光照强弱等）的影响，会发生很大的变化，其导电方式既有电子载流子运动，也有空穴载流子运动。

补充习题

1. 解释下列名词

导体、绝缘体、半导体、纯净半导体、自由电子、空穴、载流子。

2. 半导体材料制成的二极管、三极管，为什么又称晶体管？

3. 半导体导电方式与导体有什么不同？

4. 空穴导电的本质是什么？它和电子导电有什么不同？

5. 不同的半导体材料都有哪些不同的敏感特性？

6. 热敏电阻和光敏电阻的图形符号是怎样表示的？

7. 在电工生产中，热敏电阻和光敏电子都有哪些常见用途？

§ 1—2 PN 结

教学要求

1. 了解P型和N型半导体，以及PN结的形成。

2. 理解PN结形成的原理及其PN结的单向导电性。

教学建议

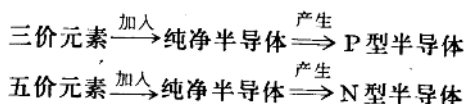
一、P型材料和N型材料的产生

本征半导体的导电能力很差，因此在实际应用中用处不大。若有选择地掺入不同杂质，就可以制成N型或P型半导体材料，见表1—2。

表 1—2 P型和N型半导体的产生

本 征 半 导 体	掺入的微量元素	制 成 的 半 导 体 类 型
硅	硼、铝、镓等 (都为三价元素)	P型硅半导体材料(也称空穴导电型硅半导体)
锗		P型锗半导体材料(也称空穴导电型锗半导体)
硅	磷、砷、锑等 (都为五价元素)	N型硅半导体材料(也称电子导电型硅半导体)
锗		N型锗半导体材料(也称电子导电型锗半导体)

上表也可简单表示为：



补充说明：

1. P型和N型半导体增强导电能力的原因是什么？

(1) P型半导体要讲清如下几点：

如图1—5，将三价元素硼掺入单晶硅中所出现的情况。

① 掺杂后并不破坏单晶硅的共价键结构。因为硼原子数远少于硅原子数。

② 掺入一个硼原子，就出现一个空穴。因为硼原子加入硅的共价键结构缺少一个电子。

③ 掺硼后的半导体内，空穴载流子多于电子载流子。

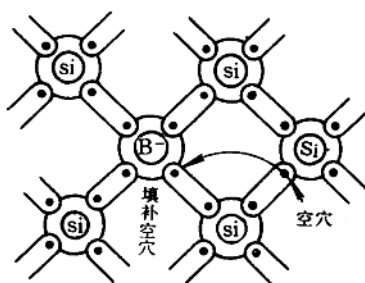


图 1—5 硅晶体中掺硼后出现空穴

因为硼原子加入只产生空穴，而半导体受激发产生的载流子，空穴与自由电子数相等。

(2) N型半导体也要说明：

同样如图1—6，将五价元素磷掺入单晶硅中的情况。

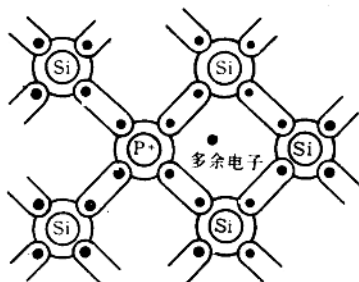


图 1—6 硅晶体中掺磷后出现自由电子

- ① 掺杂后也不破坏单晶硅的共价键结构。
- ② 掺入一个磷原子，就出现一个自由电子。这是因为磷原子加入硅的共价键结构会多一个电子。
- ③ 掺磷后的半导体内，电子载流子多于空穴载流子。

结论:

本征半导体中,有选择地掺入微量元素,就可以得到P型或N型半导体。P型半导体中的空穴为多数载流子,N型半导体中的自由电子为多数载流子,它们的数量远比本征半导体激发生成的载流子数要多,从而增强了导电能力。

2. P型和N型半导体对外不显电性。

由于本征半导体和掺入的杂质都是电中性的,而且掺杂过程中既不丧失电荷,也不从外界得到电荷,所以其内部正负电荷平衡状态并没被破坏,对外不显电性。

二、PN结的形成

经过特殊的工艺加工,将P型和N型两种半导体紧紧结合起来,它们的交界处出现的一个特殊接触面,称为PN结。

PN结内部发生了什么情况呢?

1. 载流子的扩散和空间电荷区形成。

由于P型半导体中空穴为多数载流子,N型半导体中自由电子为多数载流子,这就在两种半导体中间出现了扩散运动,即P区向N区扩散空穴,N区向P区扩散电子,如图1—7。

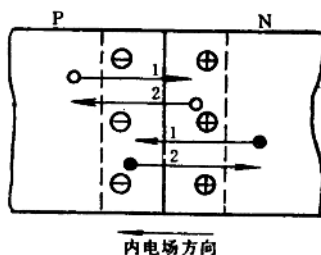


图 1—7 PN结的形成1为多数载流子扩散运动方向;2为少数载流子漂移运动方向)

扩散的结果:

(1) 一些电子和空穴在交界面相遇而复合。

(2) P型区在交界面附近剩下一些负电荷,N型区在交界面附近剩下一些正电荷,形成一个空间电荷区,如图

1—7。

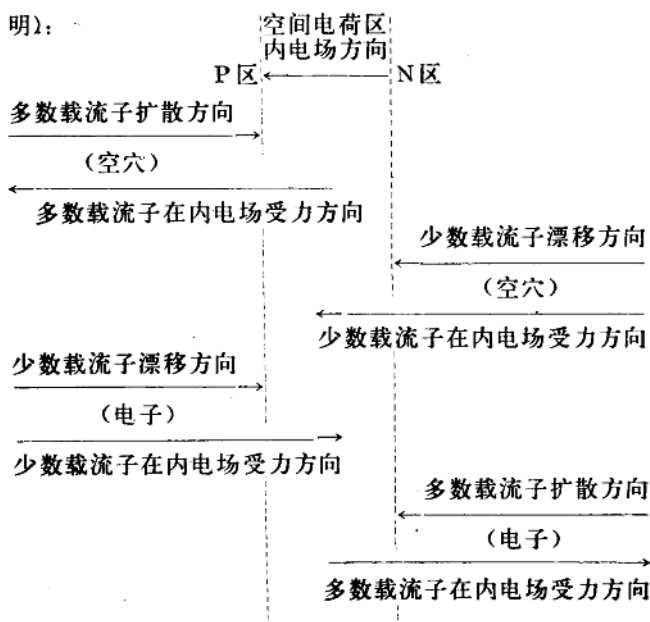
(3) 空间电荷区的形成，也就建立了一个由N区（正电荷区）指向P区（负电荷区）的内电场。它阻碍载流子的扩散运动，所以PN结也叫阻挡层。

2. 少数载流子的漂移运动（补充内容）

内电场在阻碍多数载流子扩散的同时，还有促使少数载流子通过PN结的作用。少数载流子在内电场作用下的运动，称为漂移运动。

3. 扩散运动与漂移运动的平衡状态。

从扩散与漂移运动的关系看，如下（讲时仍以图1—7说明）：



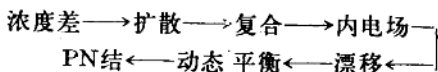
(1) 多数载流子扩散方向与少数载流子漂移方向是一致的。

(2) 正电荷在电场内受到的作用力方向，与电场方向一致，而负电荷在电场内受到的作用力与电场方向相反。

(3) 多数载流子向对方扩散，都要受到内电场的阻力。

(4) 少数载流子向对方漂移，是在增强内电场的作用。

这样，当多数载流子的扩散运动与内电场的阻挡作用和漂移作用达到平衡时，PN结处于相对稳定状态，整个过程如下：

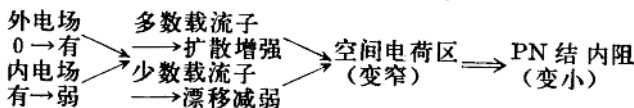


三、PN结的单向导电性

当在PN结上外加电压时，就打破了PN结内部的平衡状态。

1. 外加正向电压

给PN结加正向电压，就是外电源的正极接P区，负极接N区，也叫做正向偏置，如图1—8所示，这时外加电场方向与内电场方向相反，PN结内部情况如下：



总的讲，如果外加电源可以不间断地提供正向电压，多数载流子就可以不断地顺利通过PN结，形成电流。正向电压越大，阻挡层越薄，PN结正向电阻越小，正向电流也越大，这就是PN结处于导通状态。