

模拟电子技术



- 
- 使用教材
 - 《模拟电子技术》
 - 陈振云 云彩霞主编
 - ISBN978-7-5609-7964-9
 - 定价：35元
 - 华中科技大学出版社

第1章 二极管

本章内容

1.1 二极管的材料

1.2 二极管的PN结

1.3 二极管的特性

1.4 二极管的应用

1.5 专用二极管

1.5 型号命名与使用测量

本章重点

- 1、二极管的单向导电性。
- 2、稳压管的原理。

1.1 二极管的材料

导体：自然界中很容易导电的物质称为导体，金属一般都是导体。

绝缘体：有的物质几乎不导电，称为绝缘体，如橡皮、陶瓷、塑料和石英。

半导体：另有一类物质的导电特性处于导体和绝缘体之间，称为半导体，如锗、硅、砷化镓和一些硫化物、氧化物等。



半导体的导电机理不同于其它物质，所以它具有不同于其它物质的特点。例如：

**当受外界热和光的作用时，
它的导电能力明显变化。—— 光敏器件**

**往纯净的半导体中掺入某些杂质，
会使它的导电能力和内部结构发生
变化。—— 二极管**

1.1.1 纯净半导体

完全纯净的、不含其他杂质且具有晶体结构的半导体称为本征半导体

将硅或锗材料提纯便形成单晶体，它的原子结构为共价键结构。

当温度 $T = 0\text{ K}$ 时，半导体不导电，如同绝缘体。

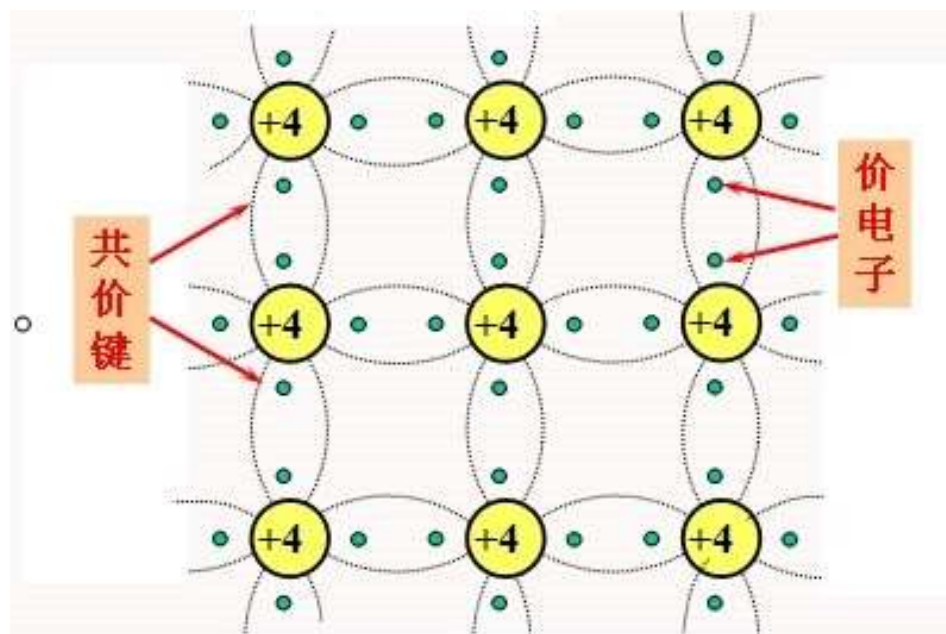
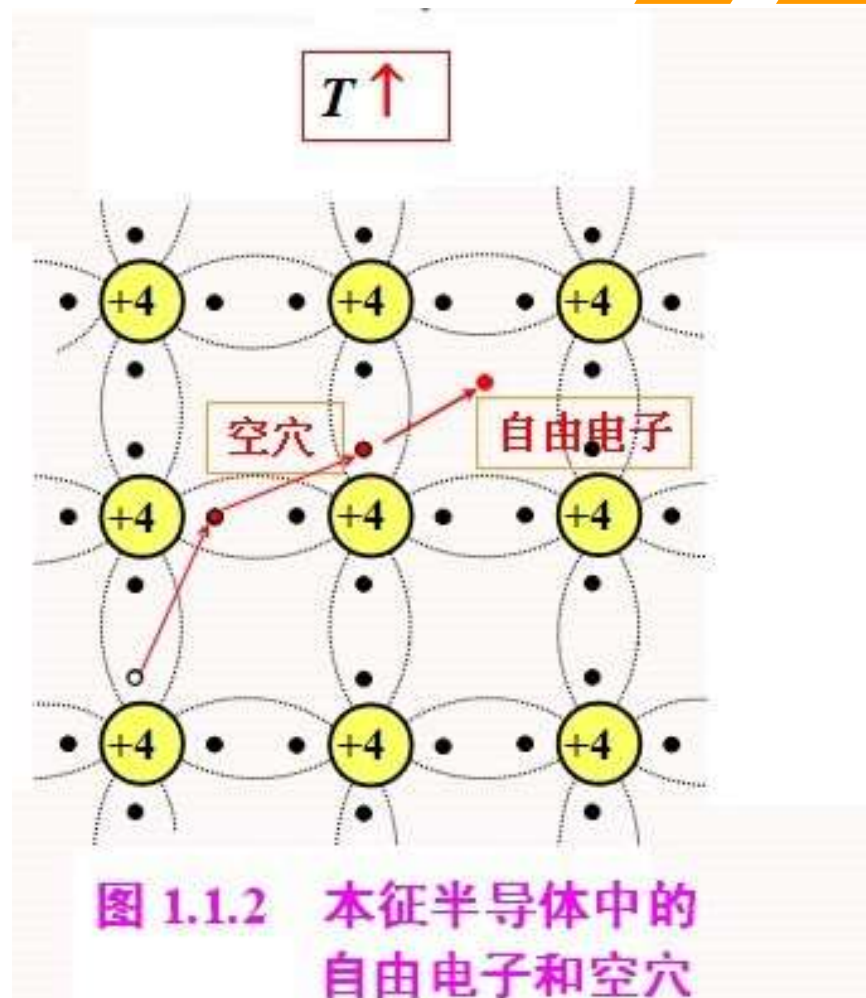


图 1.1.1 本征半导体结构示意图

若 $T \uparrow$ ，将有少数价电子克服共价键的束缚成为自由电子，在原来的共价键中留下一个空位——空穴。

自由电子和空穴使本征半导体具有导电能力，但很微弱。

空穴可看成带正电的载流子。



1.1.2 杂质半导体

杂质半导体有两种

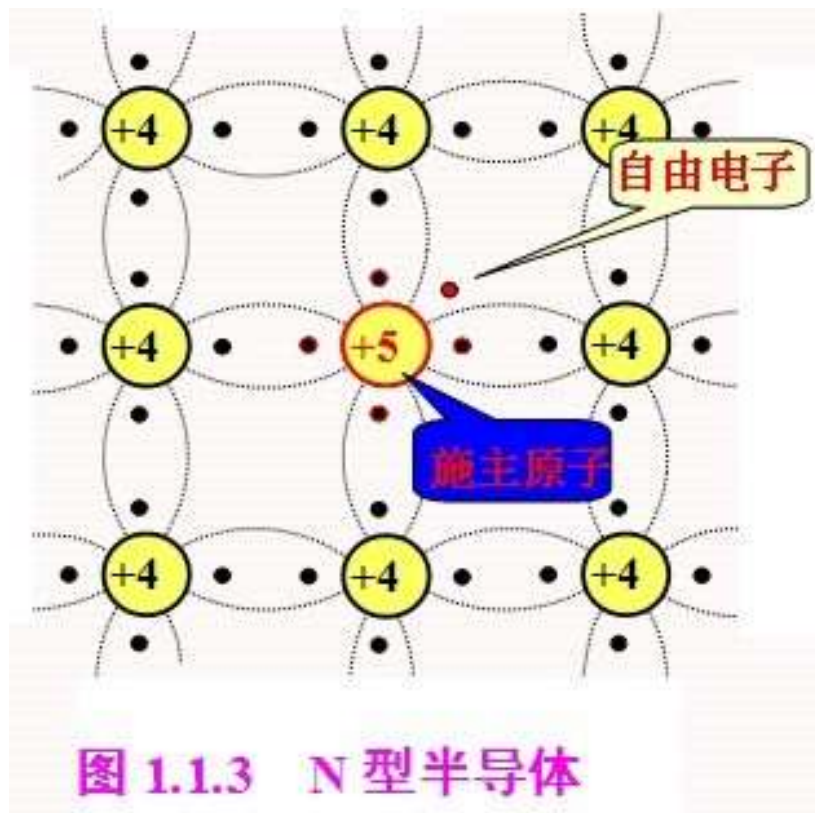
{ N 型半导体
P 型半导体

1. N型半导体

在硅或锗的晶体中掺入少量的 5 价杂质元素，如磷、锑、砷等，即构成 N 型半导体（或称电子型半导体）。

常用的 5 价杂质元素有磷、锑、砷等。

纯净半导体掺入 5 价元素后，原来晶体中的某些硅原子将被杂质原子代替。杂质原子最外层有 5 个价电子，其中 4 个与硅构成共价键，多余一个电子只受自身原子核吸引，在室温下即可成为自由电子。



5 价杂质原子称为**施主原子**。

自由电子浓度远大于空穴的浓度，即 $n \gg p$
电子称为多数载流子(简称多子)，
空穴称为少数载流子(简称少子)。

2. P型半导体

在硅或锗的晶体中掺入少量的 **3 价** 杂质元素，如硼、镓、铟等，即构成 **P 型半导体**

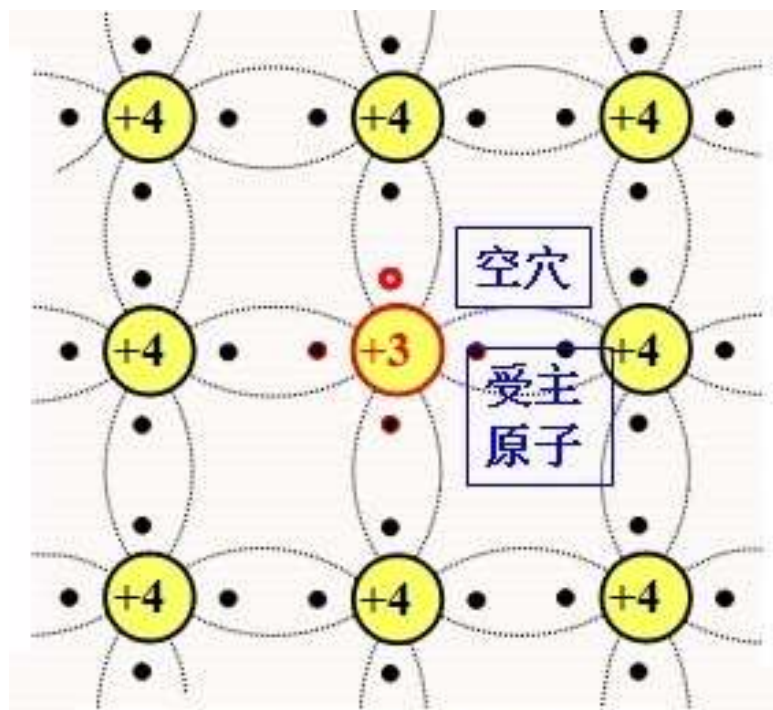


图 1.1.4 P 型半导体

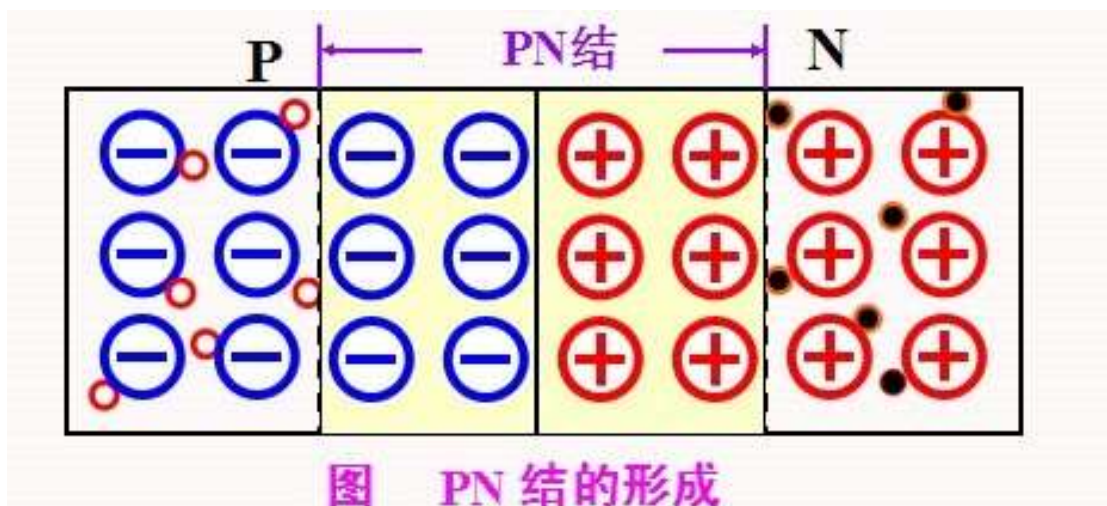
3 价杂质原子称为受主原子。

空穴浓度多于电子浓度，即 $p \gg n$ 。空穴为多数载流子，电子为少数载流子。

1.2 PN结

在一块半导体单晶上一侧掺杂成为 P 型半导体，另一侧掺杂成为 N 型半导体，两个区域的交界处就形成了一个特殊的薄层，称为 PN 结。

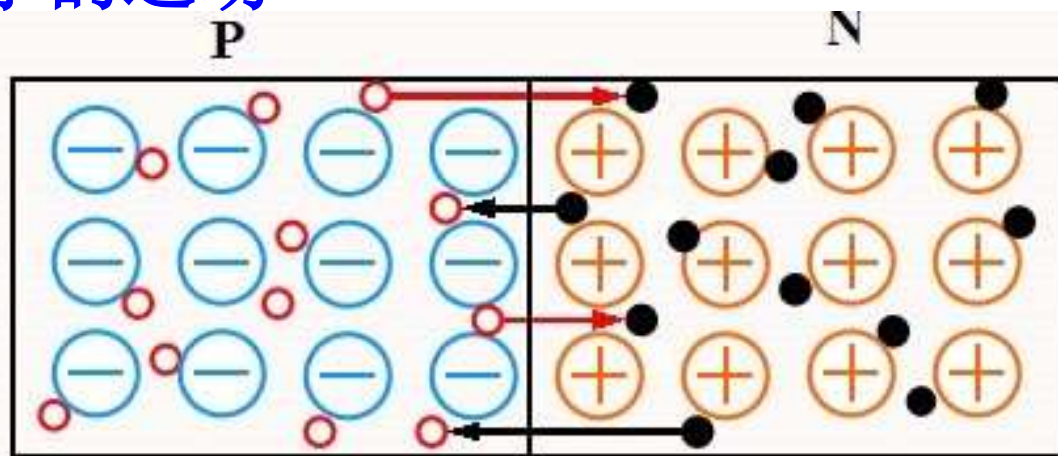
一、PN 结的形成



PN 结中载流子的运动

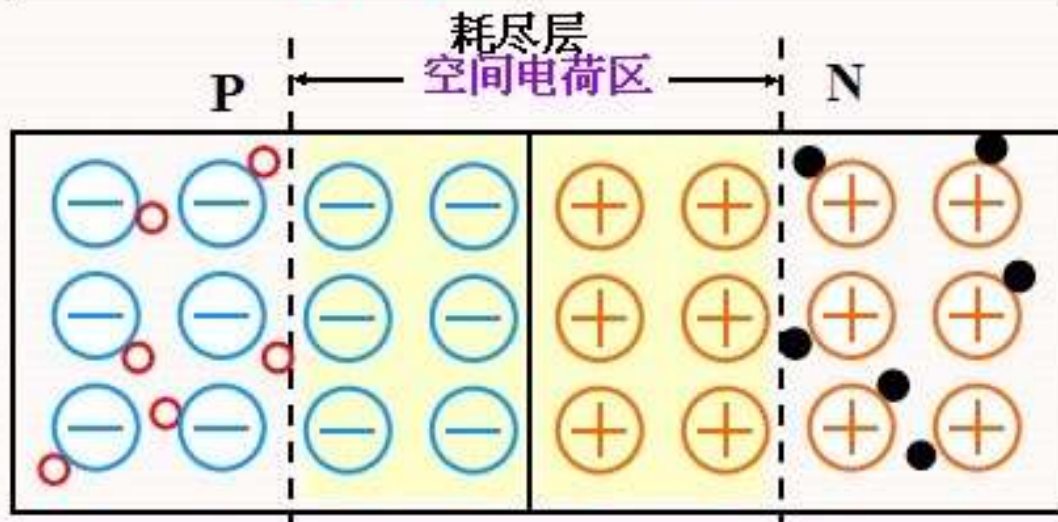
1. 扩散运动

电子和空穴
浓度差形成多数
载流子的扩散运
动。



2. 扩散运动 形成空间电荷区

—— PN 结，耗
尽层。



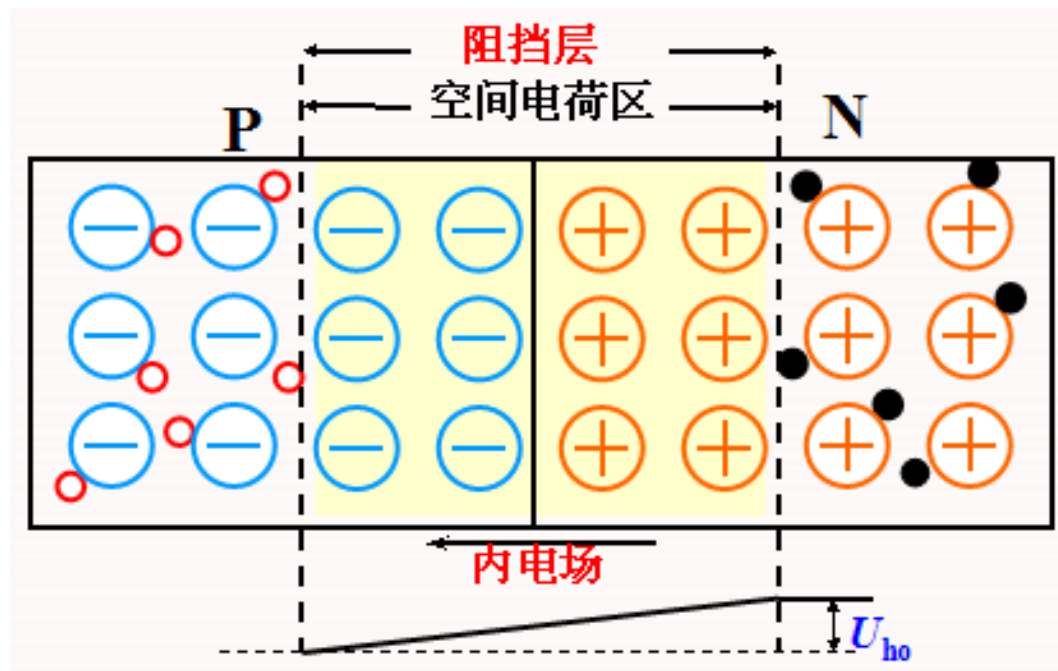
3. 空间电荷区产生内电场

空间电荷区正负离子之间电位差 U_{ho} —— 电位壁垒；
—— 内电场；内电场阻止多子的扩散 —— 阻挡层。

4. 漂移运动

内电场有利于
于少子运动——漂移。

少子的运动
与多子运动方向
相反



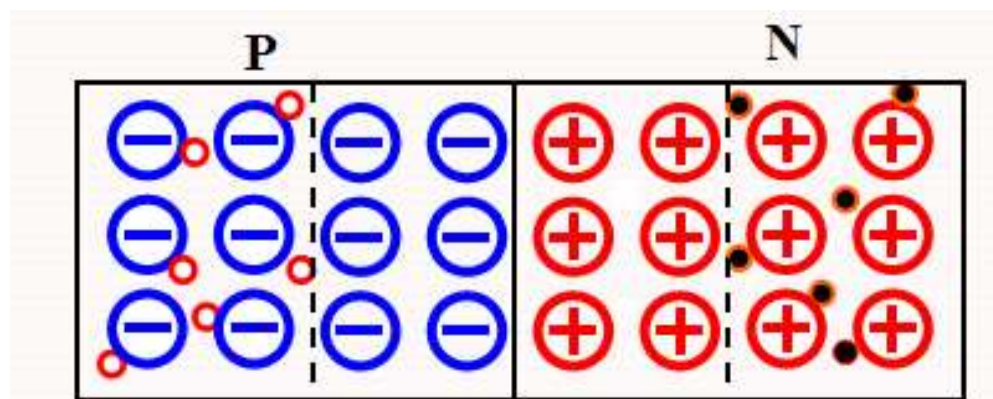
5. 扩散与漂移的动态平衡

扩散运动使空间电荷区增大，扩散电流逐渐减小；

随着内电场的增强，漂移运动逐渐增加；

当扩散电流与漂移电流相等时，PN 结总的电流等于零，空间电荷区的宽度达到稳定。

即扩散运动与漂移运动达到动态平衡。

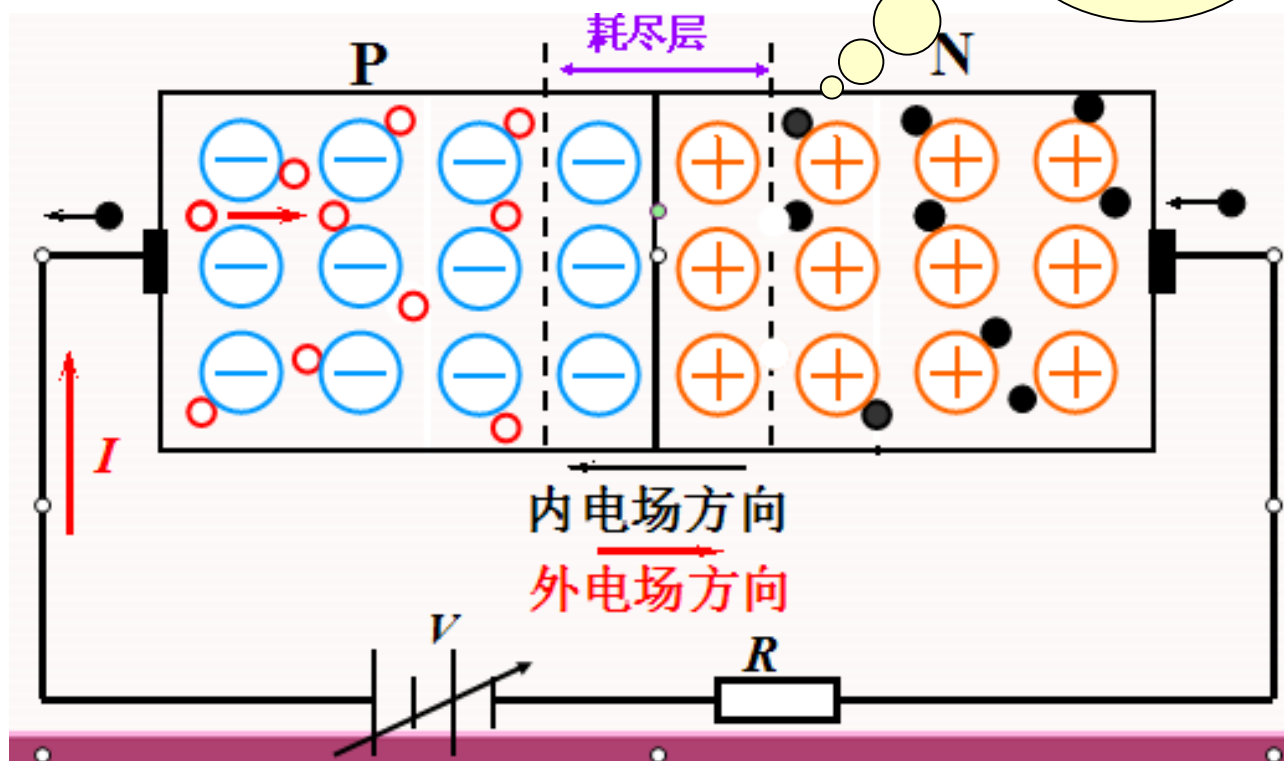


1.2.2 PN结的正向导通

PN结 外加正向电压时处
于导通状态

又称正向偏置，简称正偏。

空间电荷区变窄，有利于扩散运动，电路中有较大的正向电流。



1.2.3 PN结的反向截止

反向接法时，外电场与内电场的方向一致，增强了内电场的作用；

外电场使空间电荷区变宽；

不利于扩散运动，有利于漂移运动，漂移电流大于扩散电流，电路中产生反向电流 I ；

由于少数载流子浓度很低，反向电流数值非常小。

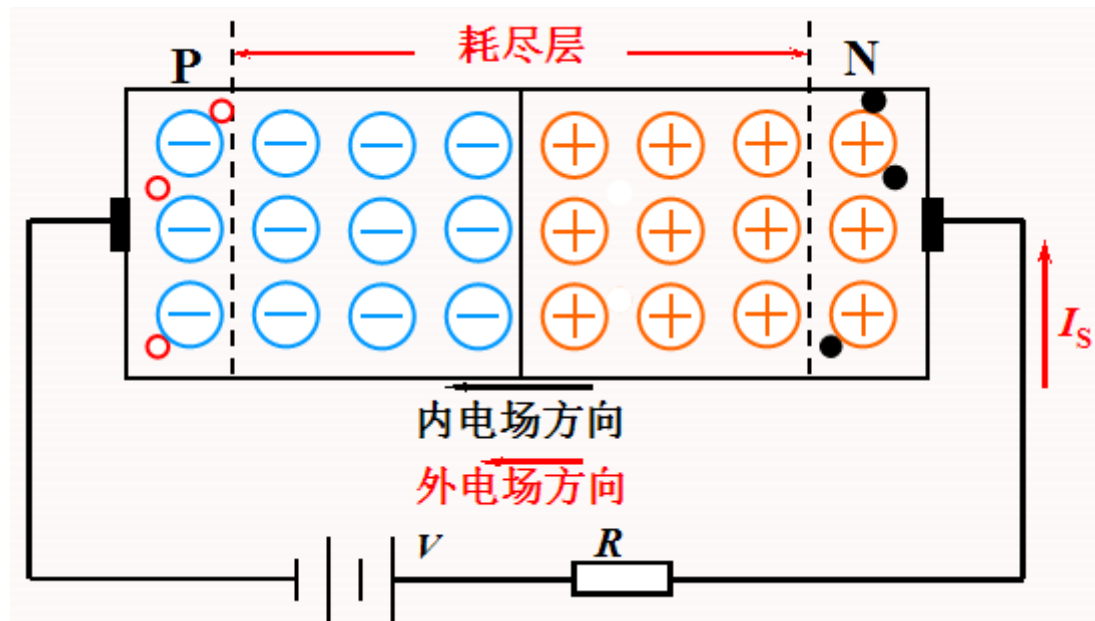


图 1.1.7 PN 结加反相电压时截止

反向电流又称反向饱和电流。对温度十分敏感，随着温度升高， I_S 将急剧增大。



当 PN 结正向偏置时，回路中将产生一个较大的正向电流，PN 结处于 **导通状态**；

当 PN 结反向偏置时，回路中反向电流非常小，几乎等于零，PN 结处于 **截止状态**。

1.2.4 PN结的反向击穿

(1) 齐纳击穿

当掺杂浓度高，PN结较窄时，在PN结两端加上不大的反向电压就可以形成较强的内电场，从而破坏共价键，使载流子浓度增高，致使电流急剧增大，这种击穿称为齐纳击穿。齐纳击穿电压较低。

(2) 雪崩击穿

当反向电压增大到某一个值时，内电场的加大使少子加快漂移速度，将会与共价键中的价电子相碰撞，把价电子撞出共价键，撞出的价电子被电场加速后又会撞出其他价电子，使得载流子呈雪崩式增加，电流急剧增大，这种击穿称为雪崩击穿。

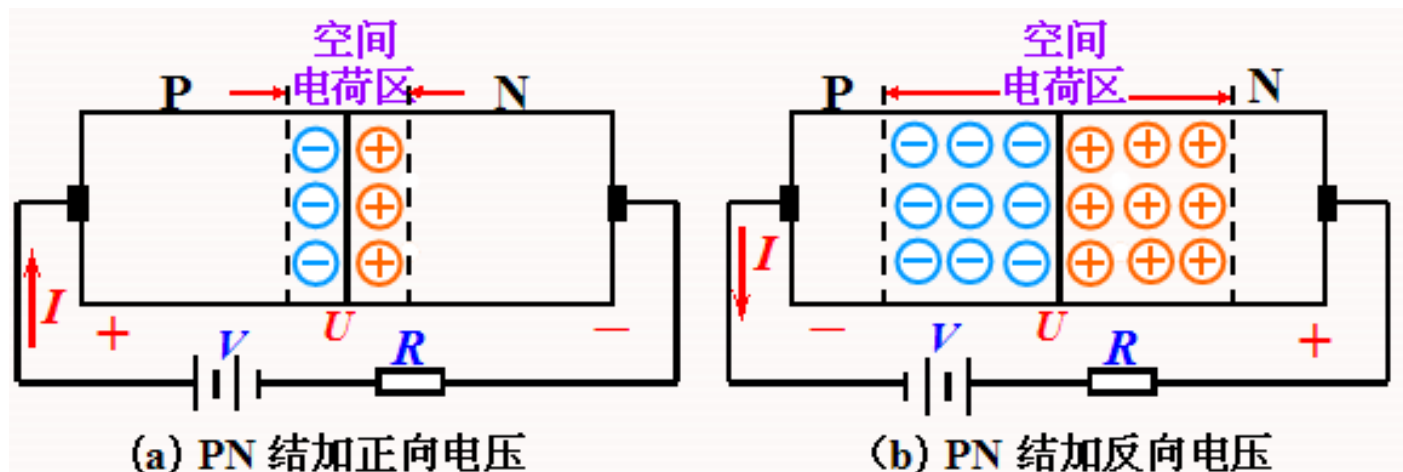
1.2.5 PN结的电容效应

当PN上的电压发生变化时，PN结中储存的电荷量将随之发生变化，使PN结具有电容效应。

电容效应包括两部分 { 势垒电容
扩散电容

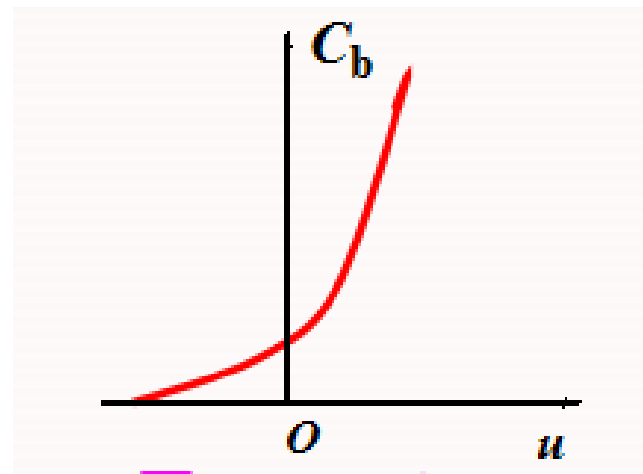
1. 势垒电容 C_b

是由PN结的空间电荷区变化形成的。



空间电荷区的正负离子数目发生变化，如同电容的放电和充电过程。

由于 **PN 结** 宽度 l 随外加电压 u 而变化，因此**势垒电容** C_b 不是一个常数。其 $C_b = f(U)$ 曲线如图示。



2. 扩散电容 C_d

是由多数载流子在扩散过程中积累而引起的。

当加反向电压时，扩散运动被削弱，扩散电容的作用可忽略。

综上所述:

PN 结总的结电容 C_j 包括势垒电容 C_b 和扩散电容 C_d 两部分。

一般来说, 当二极管正向偏置时, 扩散电容起主要作用, 即可以认为 $C_j \approx C_d$;

当反向偏置时, 势垒电容起主要作用, 可以认为 $C_j \approx C_b$ 。

C_b 和 C_d 值都很小, 通常为几个皮法 ~ 几十皮法, 有些结面积大的二极管可达几百皮法。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/095021034133012020>