

# 关于半导体的型和型

# 1. 半导体概述

根据物体导电能力（电阻率）的不同，物质可分为**导体**( $\rho < 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ )、**绝缘体**( $\rho > 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ )和**半导体**( $10^{-1} \Omega < \rho < 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ )三大类。



半导体应用极为广泛，因为它具有**热敏性**、**光敏性**、**掺杂性**等特殊性能。



# 1. 半导体概述

典型的半导体有**硅Si**和**锗Ge**以及**砷化镓GaAs**等，其都是**4价元素**（外层轨道上的电子通常称为**价电子**），其原子结构模型和简化模型如图所示。

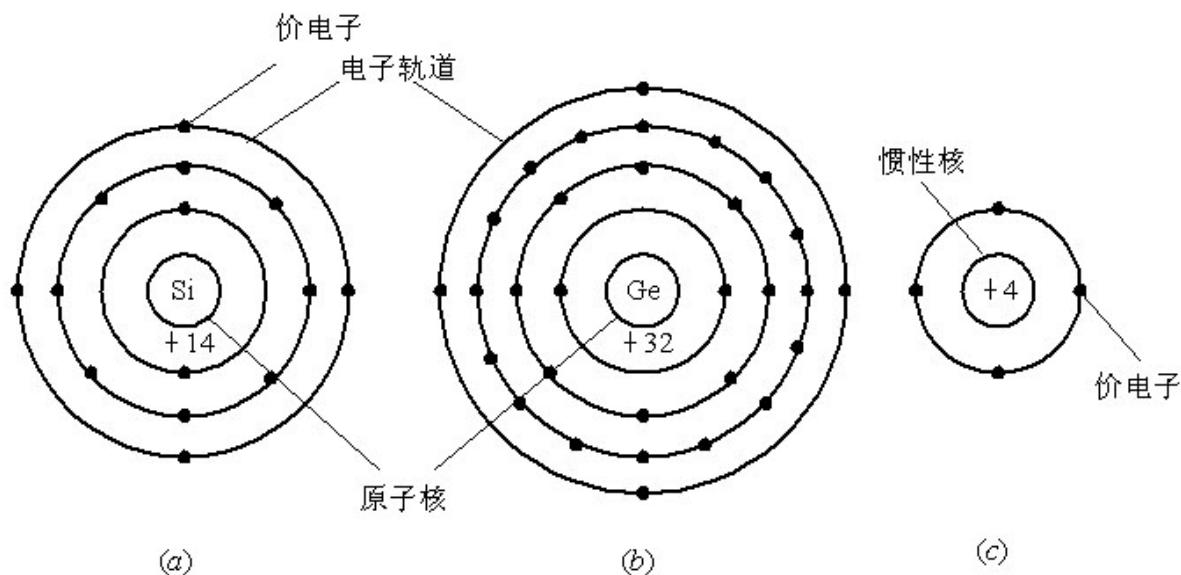


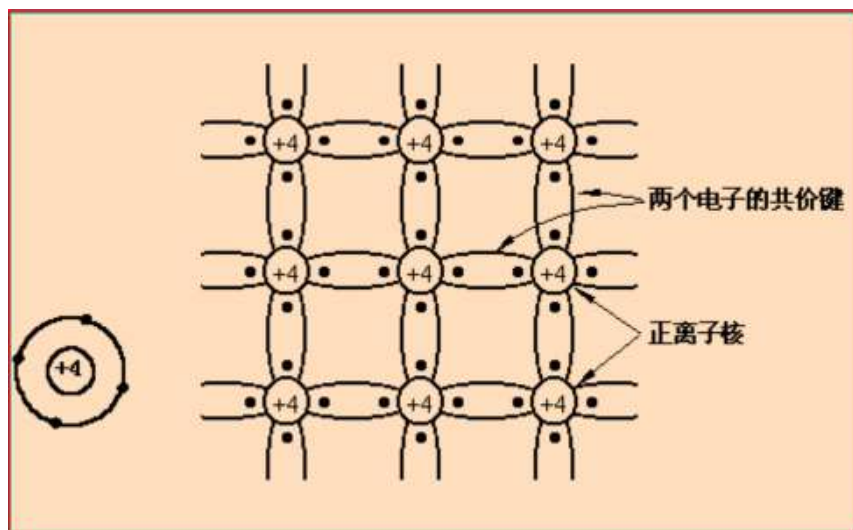
图1.1.1 半导体的原子结构示意图

(a) 硅原子； (b) 锗原子； (c) 简化模型



# 1. 半导体概述

每个原子最外层的价电子，不仅受到自身原子核的束缚，同时还受到相邻原子核的吸引。因此，价电子不仅围绕自身的原子核运动，同时也出现在围绕相邻原子核的轨道上。于是，两个相邻的原子共有一对共价电子，这一对价电子组成所谓的共价键。硅、锗原子的共价键结构如图所示。



## 2. 本征半导体

纯净的、不含其他杂质的半导体称为**本征半导体**。

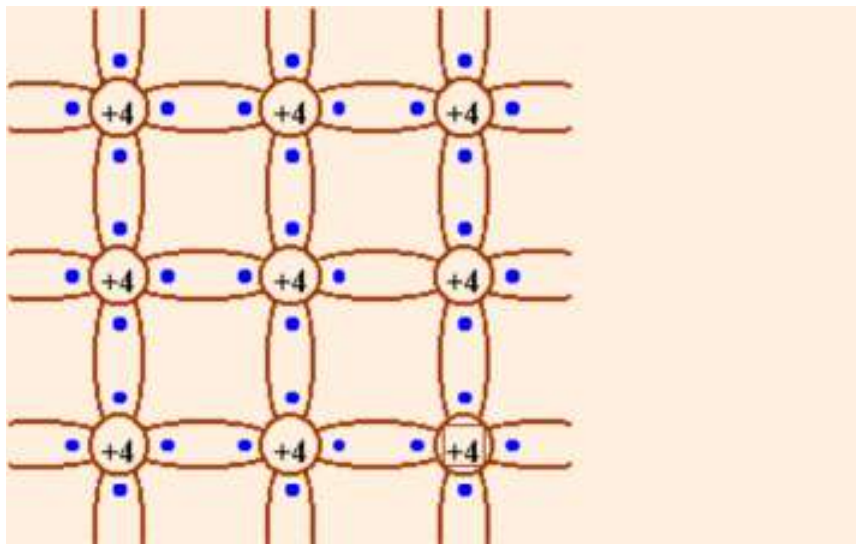
在热力学温度零度（即 $T=0\text{ K}$ ，相当于 $-273^{\circ}\text{C}$ ）时，价电子的能量不足以挣脱共价键的束缚，因此，晶体中没有自由电子。所以在 $T=0\text{ K}$ 时，半导体不能导电，如同绝缘体一样。

在室温下，本征半导体共价键中的价电子获得足够的能量，挣脱共价键的束缚成为自由电子，在原地留下一个空穴，这种产生电子-空穴对的现象称为**本征激发**。



## 2. 本征半导体

由于随机热振动致使共价键被打破而产生电子空穴对。



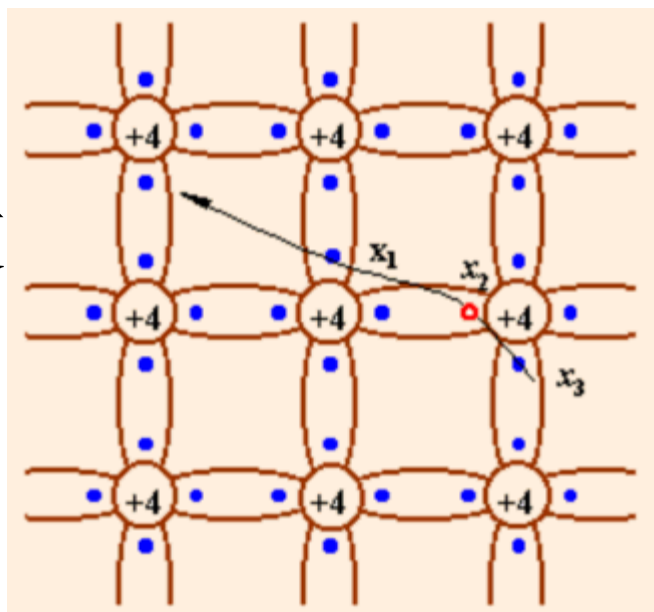
本征半导体中存在两种载流子：带负电的**自由电子**和带正电的**空穴**。分别用**n**和**p**表示自由电子和空穴的浓度，有 **$n=p$** 。



## 2. 本征半导体

### 空穴、电子导电机理

由于共价键出现了空穴，在外加电场或其它的作用下，邻近价电子就可填补到这个空位上，而在这个电子原来的位置上又留下新的空位，以后其他电子又可转移到这个新的空位。这样就使价键中出现一定的电荷迁移。空穴的移动方向和电子移动方向是**相反**的。



# 3. 杂质半导体

本征半导体中虽有两种载流子，但因本征载子浓度很低，导电能力很差。如在本征半导体中掺入某种特定杂质，成为**杂质半导体**后，其导电性能将发生质的变化。

**N型半导体**——掺入五价杂质元素（如磷、砷）的半导体。

**P型半导体**——掺入三价杂质元素（如硼、镓）的半导体。

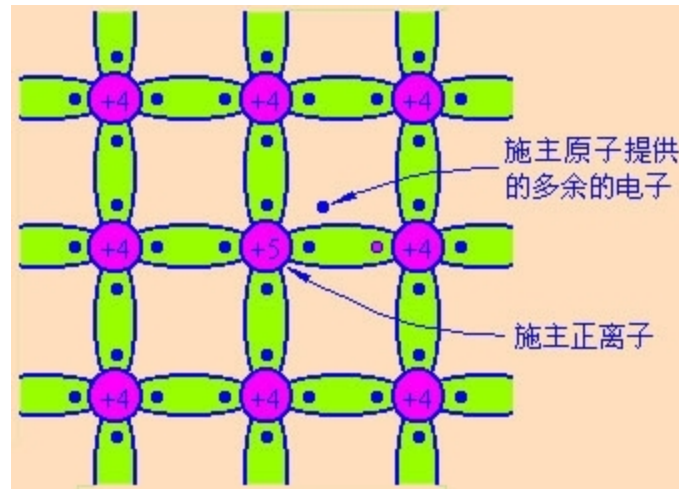




# 3. 杂质半导体

## n型半导体

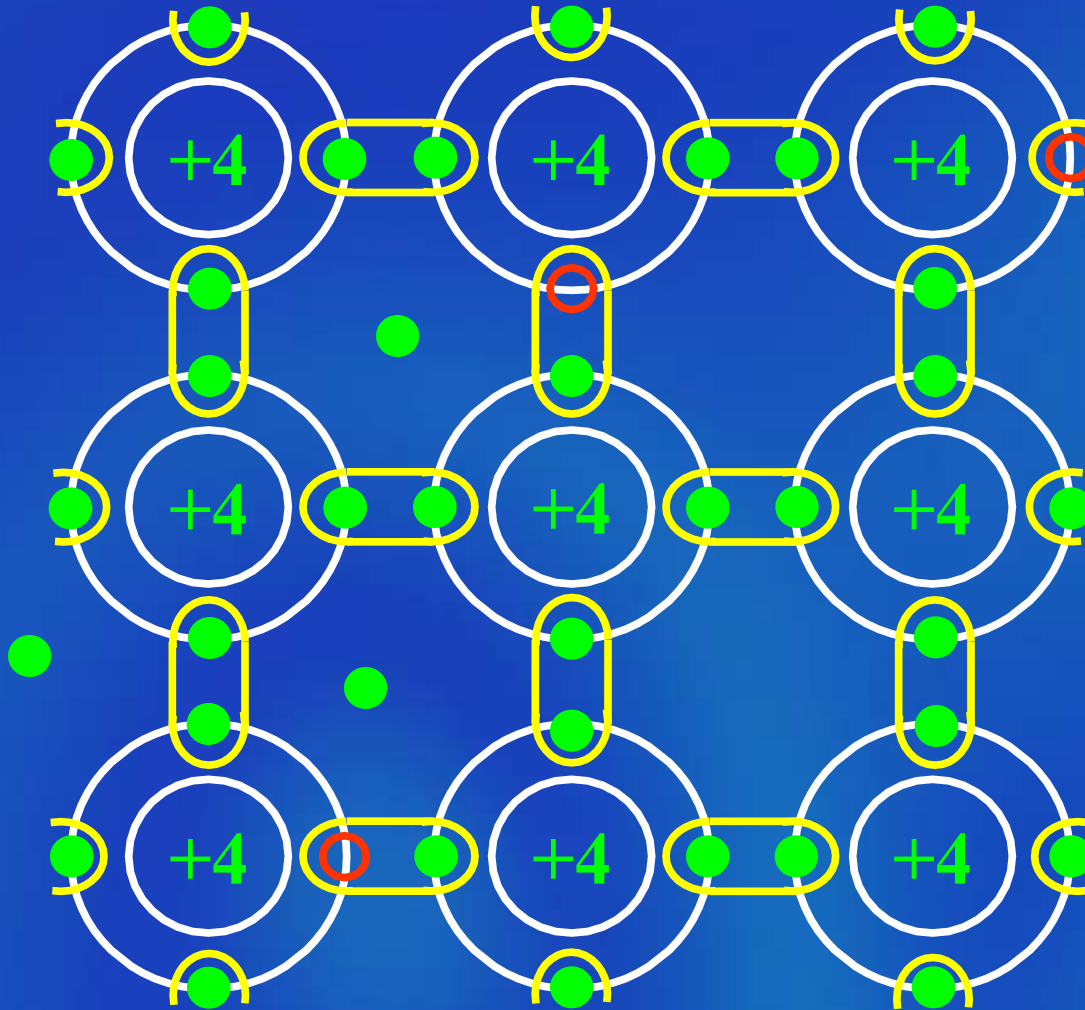
因五价杂质原子中只有四个价电子能与周围四个半导体原子中的价电子形成共价键，而多余的一个价电子因无共价键束缚而很容易形成自由电子。

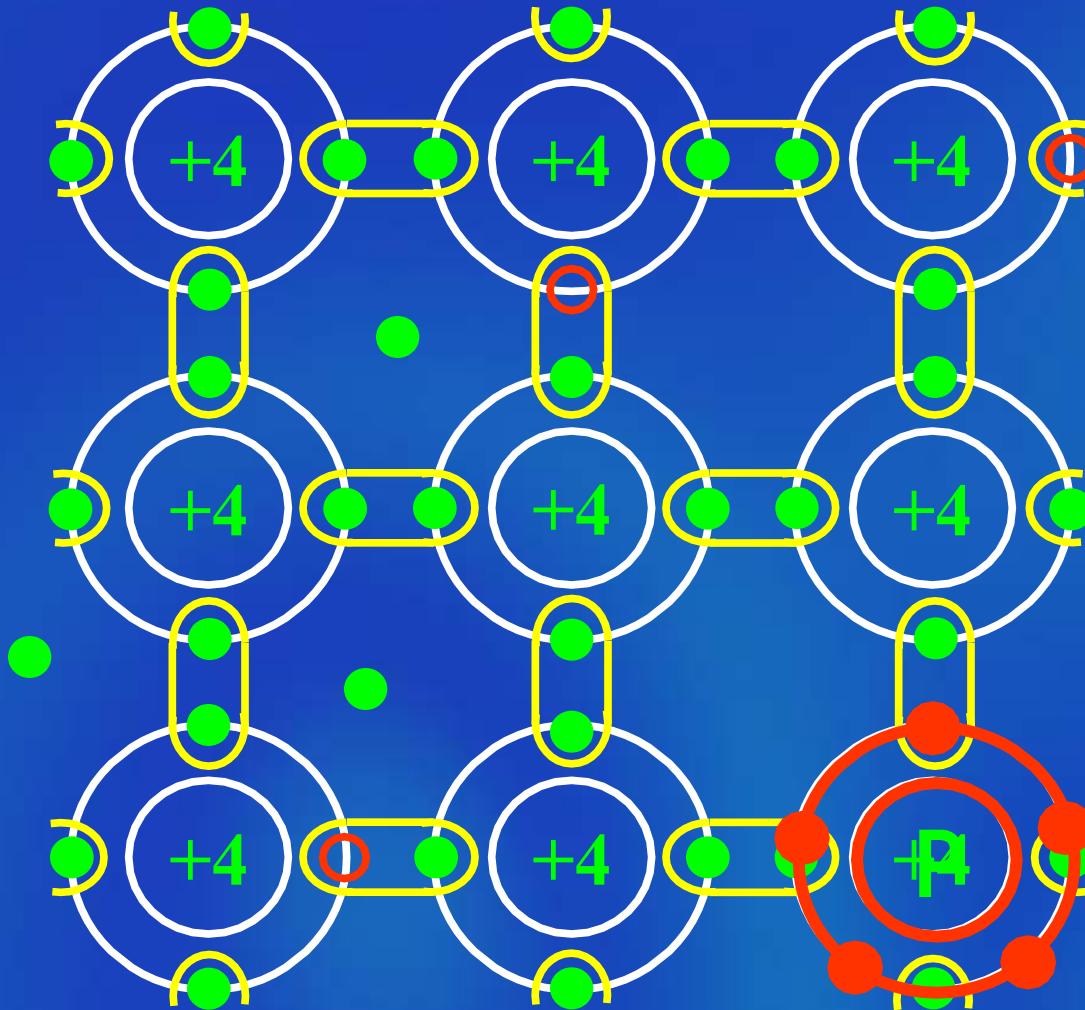


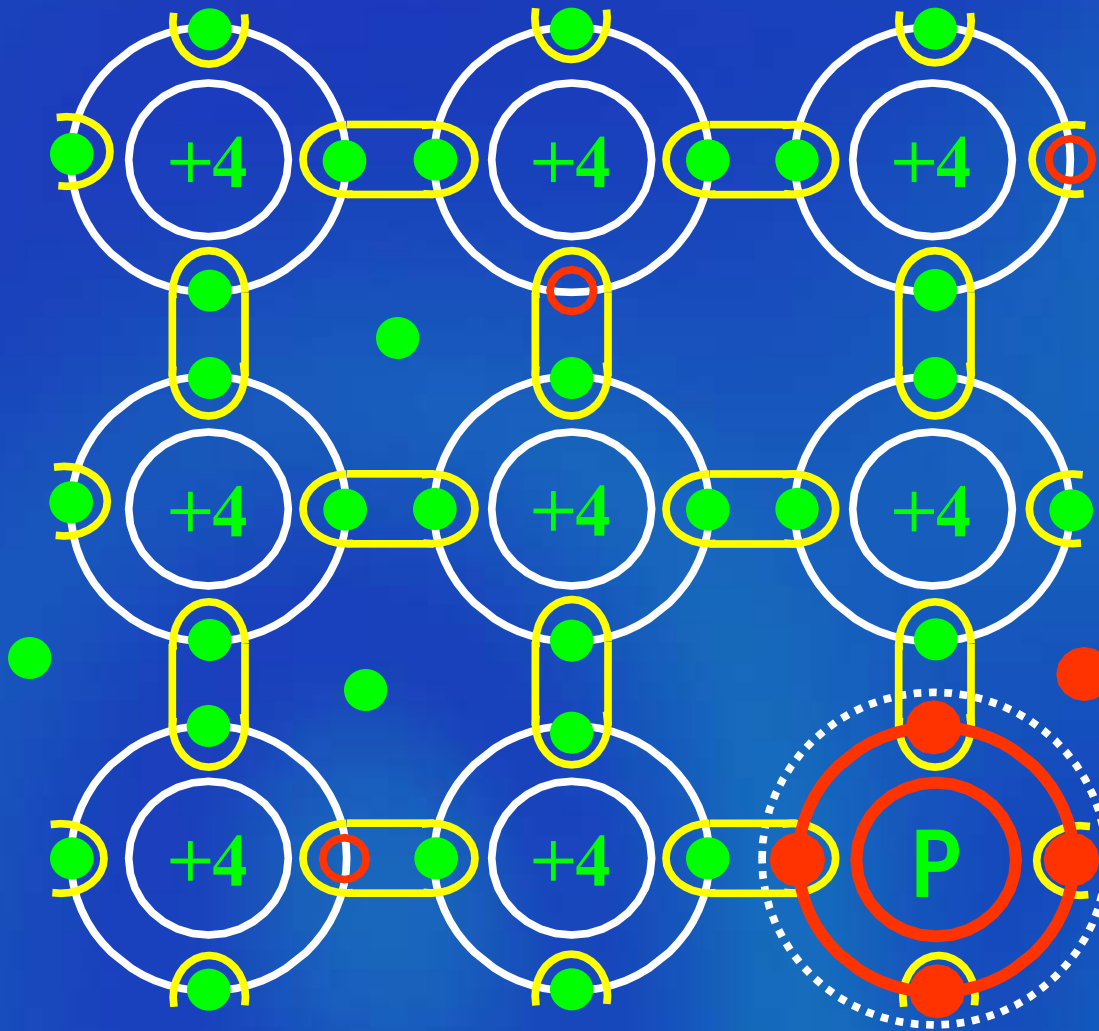
在N型半导体中自由电子是多数载流子，它主要由杂质原子提供；空穴是少数载流子，由热激发形成。



# 掺入少量五价杂质元素磷







多出一个电子

出现了一个正离子

### 3. 杂质半导体

提供自由电子的五价杂质原子因带正电荷而成为**正离子**，因此五价杂质原子也称为**施主杂质**。若用 $N_D$ 表示施主原子的浓度， $n$ 表示总自由电子的浓度， $p$ 表示少子空穴的浓度，则有如下的浓度关系：

$$n = p + N_D$$

上式表明，离子化的施主原子和空穴的正电荷必为自由电子的负电荷所平衡，以保持材料的电中性。



### 3. 杂质半导体

应当注意，通过增加施主原子数可以提高半导体内的自由电子浓度，由此增加了电子与空穴的复合几率，使本征激发产生的少子空穴的浓度降低。由于电子与空穴的复合，在一定温度条件下，使空穴浓度与电子浓度的乘积为一常数，即

$$p_n = p_i n_i$$

式中  $p_i n_i$  分别为本征材料中的空穴浓度和电子浓度，可以得到如下关系式：

$$p_n = n_i^2$$

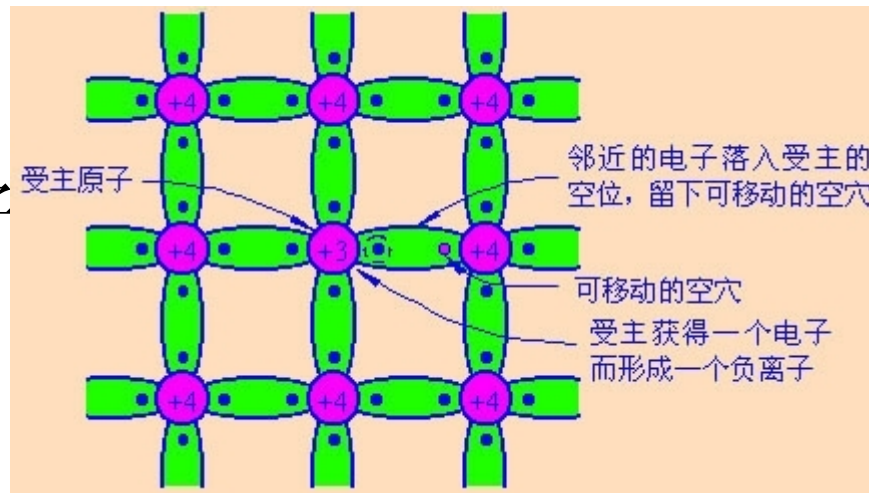


# 3. 杂质半导体

## p型半导体

• 因三价杂质原子在与硅原子形成共价键时，缺少一个价电子而在共价键中留下一个空穴。

- 在P型半导体中空穴是多数载流子，它主要由掺杂形成；自由电子是少数载流子，由热激发形成。
- 空穴很容易俘获电子，使杂质原子成为负离子。三价杂质因而也称为受主杂质。



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/687114053024006103>