

半导体的导电特性

根据物质的导电能力可分为导体、半导体和绝缘体三大类，顾名思义半导体的导电能力介于导体绝缘体之间。硅、锗、硒及大多数金属氧化物和硫化物都是半导体。

半导体的导电特性

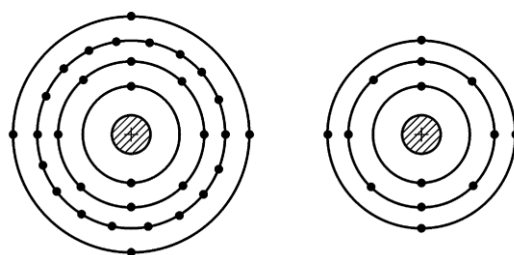
热敏性：当环境温度升高时，导电能力显著增强(可做成温度敏感元件，如热敏电阻)。光敏性：当受到光照时，导电能力明显变化（可做成各种光敏元件，如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等）。

掺杂性：往纯净的半导体中掺入某些杂质，导电能力明显改变(可做成各种不同用途的半导体器件，如二极管、三极管和晶闸管等)。

1. 本征半导体

本征半导体：完全纯净的、不含其它杂质的半导体通称本征半导体。

用得最多的是硅和锗，图 1 所示是硅和锗的原子结构图，它们都是四价元素，在原子的最外层轨道上都有四个价电子。



(a) 锗 Ge

(b) 硅 Si

图 1 硅和锗的原子结构

在本征半导体中，每个原子的一个价电子与另一原子的一个价电子组成一个电子对，并且对两个原子所共有，因此称为共价键。由共价键结构形成的半导体其原子排列都比较整齐，形成晶体结构，因此半导体又称为晶体，如图 2 所示。

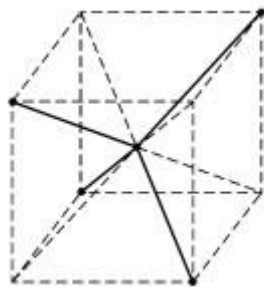


图 2 晶体中原子的排列方式本征半导体的导电机理

在本正半导体的晶体结构中，每一个原子与相邻的四个原子结合，每一个原子的一个价电子与另一个原子的一个价电子组成一个电子对。这对价电子是每两个相邻原子共有的，它们把相邻原子结合在一起，构成所谓的共价键结构，如图 3 所示。

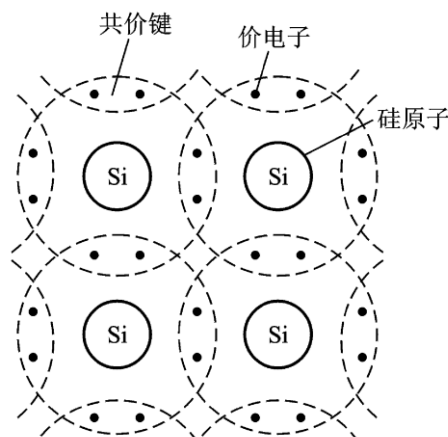


图 3 硅单晶中的共价键结构

在共价键结构的晶体中，每个原子的最外层都有八个价电子，因此都处于比较稳定的状态。只有当共价键中的电子获得一定能量（环境温度升高或受到光照照射）后，价电子方可挣脱原子核的束缚成为自由电子，并且在共价键中留下一个空位，称为空穴。如图 4 所示。

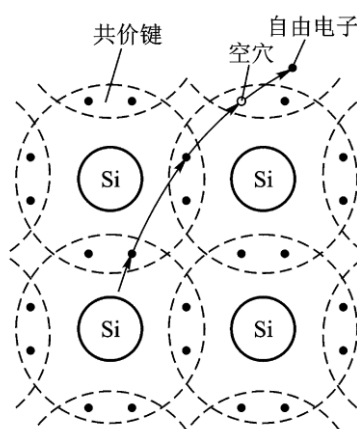


图 4 空穴和自由电子的形成

在一般情况下，本征半导体中自由电子和空穴的数量都比较少，其导电能力很低。由于本征半导体中的自由电子和空穴总是成对出现，因此在一定温度下，它们的产生和复合将达到动态平衡，使自由电子和空穴维持在一定数目上。温度愈高，自由电子和空穴的数量愈多，导电性能也愈好。所以，温度对半导体的性能影响很大。

当半导体外加电压时，在电场的作用下，半导体中将出现两部分电流：一是自由电子作定向运动形成的电子电流；二是有空穴的原子吸引相邻原子中的价电

子填补空穴，而在相邻原子的共价键中留下新的空穴电流，因此，称自由电子和空穴为载流子。在半导体中，同时存在两种载流子的定向运动是半导体导电方式的电大特点，也是半导体与金属在导电原理上的本质差别。

2. N 型半导体和 P 型半导体

为了增加本征半导体中的自由电子和空穴的数量，提高它的导电能力，通常在本征半导体为掺入微量的杂质（某种元素），这将使掺杂后的半导体(杂质半导体)的导电能力大大增强。

根据掺杂元素的不同，杂质半导体可分为 N 型和 P 型两大类。

(1) N 型半导体

在硅的单晶体内掺入微量的五价元素（磷或砷）后，磷或砷原子将取代某些硅原子的位置并与相邻的硅原子结成共价键。由于磷或砷是五价元素，与硅原子结成共价键后，多余的一个电子将成为自由电子，因此，称五价元素为施主原子。失去一个电子的磷或砷就成为固定的晶格中不能移动的正离子。

本征半导体掺入五价元素的数量决定着自由电子的数量。由于掺入五价元素的杂质半导体中自由电子的数量比空穴的数量多得多，载流子中自由电子占多数，空穴占少数，因此称这种杂质半导体为 N 型半导体，如图 5 所示。

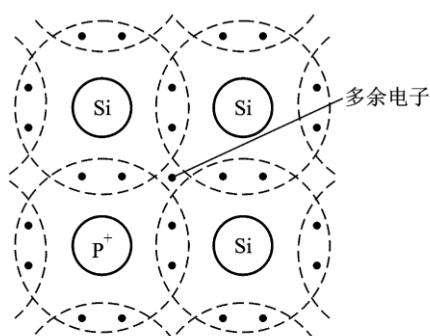


图 5 N 型半导体的晶体结构

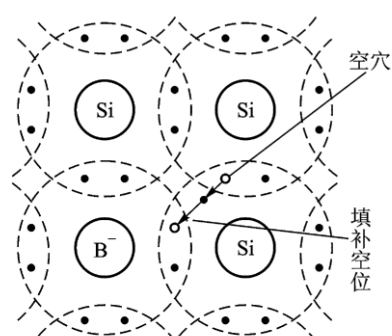


图 6 P 型半导体的晶体结构

(2) P 型半导体

如果在硅的单晶体中掺入微量的三价元素（硼或铝），掺入的硼或铝原子将取代某些硅原子的位置，并与相邻的硅原子结成共价键，同时在共价键中出现一个空穴。当邻近的价电子填补这个空穴后，使三价元素成为带负电子的离子，如图 6 所示。由于三价元素接受一个电子，因此称它为受主原子。掺入三价元素的数量决定空穴的数量，而且这种杂质半导体中空穴的数量比自由电子多得多，载流子中空穴占多数，自由电子占少数，因此称这种杂质半导体为 P 型半导体。