

半导体器件

Lai Wei

2025 年 9 月 21 日

1 半导体的导电特性

1.1 本征半导体

半导体材料具有晶体结构，每个原子核最外层空间的价电子与相邻原子核的价电子形成了共价键结构，对价电子形成约束。常温下有少量的价电子获得外界能量，挣脱束缚而成为自由电子，同时在共价键中留下一个空位子——空穴，这一过程称为激发。

在半导体中同时存在着电子导电和空穴导电。自由电子和空穴都称为载流子。在本征半导体中自由电子和空穴总是成对出现，同时又不断复合。

1.2 N 型半导体和 P 型半导体

本征半导体导电能力很低。如果在其中掺入微量的杂质（某种元素），这将使参杂后的半导体（杂质半导体）的导电性能大大增强。

例如在硅晶体中掺入五价元素磷，自由电子是多数载流子，空穴是少数载流体（电子导电是主要导电方式），形成电子型半导体或 N 型半导体；又如在硅晶体中掺入三价元素硼，空穴是多数载流子，自由电子是少数载流体（空穴导电是主要导电方式），形成空穴型半导体或 P 型半导体。

1.3 PN 结及其单向导电性

通常是在一块 N 型（或 P 型）半导体的局部再掺入浓度较大的三价（五价）杂质，使其变为 P 型（或 N 型）半导体。在 P 型半导体和 N 型半导体的交界面就形成了一个特殊的薄层，称为 PN 结。

当在 PN 结上加正向电压，即电源正极接 P 区，负极接 N 区时，P 区的多数载流子空穴和 N 区的多数载流子自由电子在电场作用下通过 PN 结进入对方，两者形成较大的正向电流。此时 PN 结呈现低电阻，处于导通状态。

当在 PN 结上加反向电压时，P 区和 N 区的多数载流子受阻，难于通过 PN 结。但 P 区的少数载流子自由电子和 N 区的少数载流子空穴在电场作用下却能通过 PN 结进入对方，

形成反向电流。由于少数载流子数量少，因此反向电流极小。此时 **PN** 结呈现高电阻，处于截止状态。

此即为 **PN** 结的单向导电性，**PN** 结是各种半导体器件的共同基础。