

电子共有化运动:原子结合成晶体的过程中,由于原子间距非常小,电子壳层发生交叠,导致电子不再完全局限在某一个原子上,可以由一个原子转移到相邻的原子上去,因而,电子可以在整个晶体中运动,这种运动称为电子的共有化运动。由于内外壳层交叠程度很不相同,所以只有最外层电子的共有化运动才显著。

能带: N 个原子互相靠近结合成晶体后,每个电子都要受到周围势场的作用,其结果是每一个 N 度简并的能级都分裂成 N 个彼此距离很近的能级,这 N 个能级组成一个能带。

允带:能级分裂产生的每一个能带都称为允带,是允许电子能量存在的能量范围

禁带:允带中间没有能级称为禁带。

载流子:电流的载体,半导体中有空穴和电子两种载流子。

空穴:共价键上失去一个电子,在原来的位置留下一个空状态,电子的失去破坏了局部电中性,出现一个未被抵消的正电荷,这个正电荷为空状态所有,称这些空状态为空穴,空穴是一种假想的粒子。

引入空穴的意义:用少量的空穴运动代替大量的电子运动

有效质量:概括了半导体内部势场的作用,使得研究半导体中电子在外力作用下的,使得研究半导体中电子在外力作用下的运动规律时,可以不涉及半导体内部势场作用(有效质量由试验测定)。

PS: 【三个有效质量的辨析】

有效质量:是一种概括了半导体内部周期性势场的作用,方便引入经典力学方法的等效质量,用来解决载流子受力问题。

状态密度有效质量:有效质量的几何平均,通常用来研究材料中有关电子统计的各种问题

电导有效质量:有效质量的调和平均,用来描述材料的导电性能,最常用于计算载流子迁移率。

K 空间等能面:以 (k_x, k_y, k_z) 为坐标轴构成的 K 空间中,对应于某一 $E(K)$ 值,有许多组不同的 (k_x, k_y, k_z) ,这些组 (k_x, k_y, k_z) 构成一个封闭面,在这个面上能量值为一恒值,这个面称为等能量面,简称等能面。

间隙式杂质:杂质原子位于晶格间的隙置。间隙式杂质原子一般比较小,如 Si、Ge、GaAs 材料中的离子锂

替位式杂质：杂质原子取代晶格而位于点处，替位式杂质原子的大小和价电壳层结构要求与被取代晶格相近。如 III、V 族元素在 Si、Ge 晶体中都为替位式杂质。

施主杂质：掺入在半导体中的杂质原子，能够向导带提供电子，并形成正电中心。如 Si 中的 P 和 As

施主能级：被施主杂质束缚的电子的能量状态

受主杂质：掺入在半导体中的杂质原子，能够向价带提供空穴，并成为负电中心。如 Si 中的 B

受主能级：被受主杂质束缚的空穴的能量状态

杂质的补偿作用：半导体中同时存在施主和受杂质，二者之间有相互抵消的作用，即为杂质补偿。此时半导体类型由掺杂浓度更多的杂质决定。可以根据需要用扩散或离子注入等方法来改变半导体中某一区域的导电类型

杂质的高度补偿：当 $N_A \approx N_D$ 时，施主电子刚好填充受主能级，此时虽然杂质很多，但不能向导带和价带提供电子和空穴，这种情况称为高度补偿

浅能级杂质：电离能很小的杂质，施主杂质能级接近导带底或受主杂质能级接近价带顶。例：在硅、锗中的 III、V 族杂质 作用：提供导电电子或空穴，提高导电能力。

深能级杂质：施主能级距离导带底很远，受主能级距离价带顶很远。一般能多次电离，引入若干能级。有的杂质既能引入施主能级又能引入受主能级。例：硅、锗中的 Au、Ag、Cu 等非 III、V 族杂质 作用：作为复合中心加快复合作用，降低非平衡载流子的寿命。

费米能级：系统的化学势，标志了电子填充能级的水平，处于平衡态的半导体具有统一的费米能级。因此统一的费米能级是热平衡状态的标志。

简并性系统：服从费米统计律的电子系统

非简并性系统：服从玻尔兹曼统计律的电子系统

费米统计律与玻尔兹曼统计律的主要差别：前者受泡利不相容原理的限制

载流子简并化：半导体具有较高的掺杂浓度时（室温下，杂质浓度大于 10^{18} cm^{-3} ——重掺杂），费米能级可以接近导带底(或价带顶)，甚至会进入导带(或价带)中。在这样的情况下，导带中量子态被电子占据(或价带中量子态被空穴占据)的概率非常小的条件不再成立，

必须考虑泡利不相容原理的限制。这时玻耳兹曼分布函数不再适用，而必须应用费米分布函数来分析能带中的载流子统计分布问题。

简并半导体：发生载流子简并化的半导体。

禁带变窄效应：在重掺杂情况下，原来孤立的杂质能级扩展为杂质能带，当杂质能带进入了导带或价带，并与导带或价带相连，就形成了新的简并能带，使能带的状态密度发生了变化，简并能带的尾部伸入到禁带中，导致禁带宽度由 E_g 减小为 E_g' ，所以，我们把重掺杂时禁带宽度变窄的现象称为禁带变窄效应。

低温载流子冻析效应：温度低于 100K 时，杂质只有部分电离，尚有部分载流子被冻析在杂质能级上，对导电没有贡献。

迁移率：单位场强下载流子的平均漂移速度

散射：载流子在半导体中运动时，便会不断地与热振动着的晶格原子或电离了的杂质离子发生碰撞，碰撞后载流子速度的大小和方向就发生改变，用波的概念，就是说电子波在半导体中传播时遭到了散射，载流子在半导体内发生散射的根本原因是周期性势场遭到破坏。

声子：周期性晶格振动量子化的最小单位，即格波的能量子，当格波能量减少一个 $\hbar\omega$ 时，称作放出一个声子，增加一个 $\hbar\omega$ 时，称吸收一个声子。

欧姆定律的偏移：电场强度超过 10^3V/cm ，电流密度和电场强度呈非线性关系——电导率不再是常数，平均漂移速度 v 与外加电场强度 E 不再成正比，随电场强度的增加而增大的趋势放缓，迁移率降低，电场强度继续增大，平均漂移速度达到一饱和值，不随 E 变化。

热载流子：在强电场情况下，载流子从电场中获得的能量很多，载流子的平均能量比热平衡状态时的大，因而载流子和晶格系统不再处于热平衡状态。温度是平均动能的量度，既然载流子的能量大于晶格系统的能量，人们便引进载流子的有效温度 T_e 来描写与晶格系统不处于热平衡状态的载流子，并称这种状态的载流子为热载流子。

耿式效应：n 型砷化镓在两极加大电压使得半导体内场强 $>3000\text{V/cm}$ 时，半导体内电流便以很高的频率振荡，振荡频率约为 $0.47\sim 6.5\text{GHz}$

非平衡状态：如果对半导体施加外界作用，破坏了热平衡的条件，会迫使它处于与热平衡偏离的状态，称为非平衡状态。

非平衡载流子：处于非平衡状态的载流子浓度可以比平衡浓度 n_0 、 p_0 多出一部分，多出的这部分称之为非平衡载流子（过剩载流子）

小注入条件：注入的非平衡载流子浓度比平衡时的多数载流子浓度小的多（ $\Delta p \ll n_0 + p_0$ ）

非平衡载流子的复合：产生非平衡载流子的外部作用撤除后，由于半导体的内部作用，使它由非平衡态恢复到平衡态，过剩载流子消失。

准费米能级：非平衡状态下，不再存在统一的费米能级（是从非平衡态转向平衡态的动力），导带和价带之间处于不平衡状态，但分别就价带和导带中的电子来讲，他们各自基本上处于平衡态，费米能级和统计分布函数对导带和价带各自仍然是适用的。因此引入导带费米能级 E_{Fn} 和价带费米能级 E_{Fp} ，他们都是局部的费米能级，称其为“准费米能级”

复合中心：某些杂质和缺陷在禁带中形成一定的能级，会影响非平衡载流子的寿命，也就是说具有促进复合的作用，这些促进复合过程的杂质和缺陷称为复合中心，通过复合中心的复合过程是间接复合。

俄歇复合：载流子从高能级向低能级跃迁时，发生电子-空穴的复合，若复合过程释放的能量传递给另一个载流子，使其从低能级跃迁到高能级，当它重新跃迁到低能级时，多余的能量常以声子的形式放出，这种复合称为俄歇复合。

陷阱效应：杂质能级可以积累非平衡载流子的作用

陷阱：有显著陷阱效应的杂质能级（积累的非平衡载流子数目可以与导带和价带中的数目相比拟）

陷阱中心：陷阱对应的杂质和缺陷

载流子的扩散运动：半导体中载流子分布不均导致载流子从高浓度处向低浓度处运动

扩散长度：非平衡载流子深入样品的平均距离，也即非平衡载流子在边扩散边复合的过程中，减少至原值的 $1/e$ 时所扩散的距离。

牵引长度：载流子在电场作用下，在寿命 τ 时间内漂移的距离

Pn 结：同一块半导体晶体内 P 型区和 N 型区之间的边界

Pn 结空间电荷区：pn 结的 P 区和 N 区之间存在着载流子浓度梯度，导致了空穴从 p 区到 n 区、电子从 n 区到 p 区的扩散运动，其结果是在 p 区留下了不可动的带负电荷的电离受主，没有正电荷与之保持电中性。因此，在 pn 结附近 p 区一侧出现了一个负电荷区。同理，在 pn 结附近 n 区一侧出现了由电离施主构成的一个正电荷区，通常就把在 pn 结附近的这些电离

施主和电离受主所带电荷称为空间电荷。它们所存在的区域称为空间电荷区。空间电荷区中的这些电荷产生了从 n 区指向 p 区的电场，称为内建电场

势垒电容 C_T ：当 pn 结加正向偏压时，势垒区的电场随正向偏压的增加而减弱，势垒区宽度变窄，空间电荷数量减少，空间电荷的减小是由于 n 区的电子和 p 区的空穴过来中和了势垒区两侧的电离施主和电离受主。这就是说，在外加正向偏压增加时，将有一部分电子和空穴“存入”势垒区。反之，当正向偏压减小时，势垒区的电场增强，势垒区宽度增加，空间电荷数量增多，这就是有一部分电子和空穴从势垒区中“取出”。加反向偏压时类似。总之，pn 结上外加电压的变化，引起了电子和空穴在势垒区的“存入”和“取出”作用，导致势垒区的空间电荷数量随外加电压而变化，这与一个电容器的充放电作用相似。

扩散电容 C_D ：正向偏压时，有空穴从 p 区注入 n 区，于是在势垒区与 n 区边界 n 区一侧一个扩散长度内，便形成了非平衡空穴和电子的积累，同样在 p 区也有非平衡电子和空穴的积累。当正向偏压增加时，由 p 区注入到 n 区的空穴增加，注入的空穴一部分扩散走了，一部分则增加了 n 区的空穴积累，增加了浓度梯度，所以外加电压变化时，n 区扩散区内积累的非平衡空穴也增加，与它保持电中性的电子也相应增加。同样，p 区扩散区内积累的非平衡电子和与它保持电中性的空穴也要增加。这种由于扩散区的电荷数量随外加电压的变化所产生的电容效应，称为 pn 结的扩散电容，这是一种可变电容。

雪崩击穿：反向偏压很大时，势垒区中的电场很强，在势垒区内的电子和空穴由于受到强电场的漂移作用，具有很大的动能，它们与势垒区内的晶格原子发生碰撞时，能把价键上的电子碰撞出来，成为导电电子，同时产生一个空穴，于是一个载流子变成了三个载流子。这三个载流子(电子和空穴)在强电场作用下，向相反的方向运动，还会继续发生碰撞，产生第三代的电子一空穴对。空穴也如此产生第二代、第三代的载流子。如此继续下去，载流子就大量增加，这种繁殖载流子的方式称为载流子的倍增效应。由于倍增效应，使势垒区单位时间内产生大量载流子，迅速增大了反向电流，从而发生 pn 结击穿。

隧道击穿：在强电场作用下，由于隧道效应，使大量电子从价带穿过禁带而进入到导带引起的一种击穿现象。

热电击穿：当 pn 结上施加反向电压时，流过 pn 结的反向电流要引起热损耗。反向电压逐渐增大时，对应于一定的反向电流所损耗的功率也增大，这将产生大量热能。如果没有良好的散热条件使这些热能及时传递出去，则将引起结温上升，反向饱和电流密度 $-J_s$ 随温度按指数规律上升，产生的热能也迅速增大，进而又导致结温上升，反向饱和电流密度增大。如此反复循环下去，最后使 $-J_s$ 无限增大而发生击穿。这种由于热不稳定性引起的击穿，称为热电击穿。对于禁带宽度比较小的半导体如锗 pn 结，由于反向饱和电流密度较大，在室温下这种击穿很重要。

金属的功函数： $\phi_m = E_0 - (E_F)_m$ ，一个起始能量等于费米能级的电子，从金属内部逸出到真空中所需要的最小能级，不同金属的功函数不同，功函数越大，说明金属对电子的束缚能力越强。

半导体的功函数： $\phi_s = E_0 - (E_F)_s$ ，一个起始能量等于费米能级的电子，从半导体中逸出到真空中所需要的最小能级

电子亲和能： $\chi = E_0 - E_c$ ，半导体导带底的电子逸出体外所需要的最小能量

欧姆接触：一种具有非整流特性的金半接触，它不产生明显的附加阻抗，而且不会使半导体内部的平衡载流子浓度发生显著的改变。从电学上讲，理想欧姆接触的接触电阻与半导体样品或器件相比应当很小，当有电流流过时，欧姆接触上的电压降应当远小于样品或器件本身的压降，这种接触不影响器件的电流-电压特性。

平带电压： $V_G=0$ 时，一些因素的存在导致能带发生弯曲，半导体表面不处于平带状态，需加一电压才能恢复平带状态，抵消这些因素引起的能带弯曲，这一外加电压称之为平带电压 V_{FB} ，这些因素主要有：金属和半导体的功函数差，绝缘层中电荷的存在。

异质结：由两种不同的半导体单晶材料组成的结

本征吸收：价带中的电子吸收足够能量的光子可以越过禁带跃迁到导带中，这种由于电子由带与带之间的跃迁所形成的吸收过程称为本征吸收。

直接跃迁：电子在跃迁过程中波矢保持不变，则原来在价带中状态 A 的电子只能跃迁到导带中的状态 B，A 与 B 在 $E(k)$ 曲线上位于同一垂线上，因而这种跃迁称为直接跃迁，发生在直接带隙半导体（导带底和价带顶在同一个位置）。

间接跃迁：非直接跃迁过程中，为了满足选择定则，电子不仅吸收光子，同时还和晶格交换一定的振动能量，即放出或吸收声子（导致了波矢 k 的变化），这种除了吸收光子还和晶格交换能量的非直接跃迁也称为间接跃迁。间接带隙半导体（导带底和价带顶不在同一个位置）中，任何直接跃迁所吸收的光子能量都大于禁带宽度，只能发生非直接跃迁。

半导体的光生伏特效应：用适当的波长的光照射非均匀半导体（pn 结等）时，由于内建场的作用，半导体内部产生电动势（光生电压），若将 pn 结短路，则会出现电流（光生电流）。这种由于内建场引起的光电效应，称为光生伏特效应。

半导体发光：处于激发态的电子也可以向较低的能级跃迁，以光辐射的形式释放出能量，即电子从高能级向低能级跃迁，伴随着发射光子，这就是半导体的发光现象。

霍耳效应：把通有电流的半导体放在均匀磁场中，设电场沿 x 方向，电场强度为 E_x ；磁场方向和电场垂直，沿 z 方向，磁感应强度为 B_z ，则在垂直于电场和磁场的 $+y$ 或 $-y$ 方向将产生一个横向电场 E_y ，这个现象称为霍耳效应。

仅供群内交流使用：
887395254（群号）
作者QQ：1850044609