

## 半导体物理学名词解释

- 1、有效质量 本征半导体 空穴 回旋共振 单电子近似 布里渊区 霍尔效应
- 2、施主杂质 施主能级 施主杂质的电离能 受主杂质 受主能级 受主杂质的电离能 浅能级杂质 深能级杂质 杂质的补偿 等电子杂质
- 3、费米能级 本征半导体 简并半导体 非简并半导体 禁带变窄效应 本征激发
- 4、载流子的漂移运动 漂移速度 迁移率 载流子散射 电离杂质散射 晶格振动散射 多能谷散射 平均自由时间 平均自由程 弛豫时间 耿氏效应 热载流子 散射概率 声子 热平衡载流子
- 5、平衡载流子浓度 非平衡载流子 非平衡载流子浓度 非平衡载流子的（光）注入 非平衡载流子的寿命 平均自由时间弛豫时间 准费米能级 非平衡载流子的复合 复合中心 直接复合 间接复合 表面复合 俄歇复合 陷阱效应 陷阱中心 等电子陷阱 载流子的扩散运动 载流子的漂移运动 爱因斯坦关系式 连续性方程
- 6、Pn 结 热平衡 pn 结 非平衡状态下的 pn 结（Pn 结）空间电荷区 Pn 结接触电势差 势垒高度 理想 Pn 结电流电压方程式（肖克莱方程式） Pn 结单向导电性（整流特性辅 119） Pn 结势垒电容 Pn 结扩散电容 Pn 结击穿 雪崩击穿 热电击穿 隧道击穿 隧道结 Pn 结隧道效应 隧道电流
- 7、电子亲和能 功函数 金属功函数 半导体功函数 金半接触电势差（接触势垒） 半导体表面势 热电子发射理论 镜像力 肖特基势垒 肖特基势垒二极管 Pn 结二极管 金半接触的整流特性 欧姆接触
- 8、表面电场效应 平带电压 开启电压 多子的堆积状态 多子的耗尽状态 平带状态 多子的深耗尽状态 少子反型状态 表面空间电荷层 表面电导 耗尽层最大宽度
- 10、半导体本征吸收 间接带隙半导体 直接带隙半导体 直接跃迁 间接跃迁 辐射跃迁 本征跃迁 非本征跃迁 光电导（附加光电导率） 定态光电导 杂质光电导 光电导灵敏度 半导体的光生伏特效应 Pn 结的光生伏特效应 Pn 结光电池（光电二极管） 半导体发光 电致发光（pn 结注入发光、Pn 结发光二极管） 辐射发光 自发辐射 受激辐射 分布反转

### 第一章：超级重点：

**有效质量：**表示能带中的电子受外电场力时，外电场力与电子加速度的比例系数，由于它概括了半导体内部势场对能带电子的作用，使得在解决半导体中的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的作用。

**本征半导体：**不含任何杂质和缺陷的理想半导体称为本征半导体。

**空穴：**是几乎被电子充满的能带中未被电子占据的少数空量子态，相当于具有一个正电荷和正的有效质量的一种准粒子，它和电子都是本征半导体的导电机构。

**回旋共振：**半导体中的电子在恒定磁场中受洛伦兹力作用，将做回旋运动，此时在半导体上再加上交变磁场，当交变磁场的角频率等于电子的回旋频率时，发生强烈的共振吸收现象，称为回旋共振。

**单电子近似：**即假设每个电子是在周期性排列且固定不动的原子核势场及其他电子的平均势场中运动，该势场是具有与晶格同周期的周期性势场。

**布里渊区：**波数  $k=n\pi/a$  ( $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ) 处的界面把  $k$  空间分割成若干个相等的区域，这些区域称为布里渊区。

**霍尔效应：**在半导体上外加与电流方向垂直的磁场，会使得半导体中的电子与空穴受到不同方向的洛伦兹力而往不同方向上聚集，在聚集起来的电子与空穴之间会产生电场，此电场将会使后来的电子空穴受到电场力作用而平衡掉磁场造成的洛伦兹力，使得后来的电子和空穴能顺利通过半导体不会偏移，此称为霍尔效应。

### 第二章超级重点：

**施主杂质：**杂质原子电离时，能够释放电子而产生导电电子并形成不可移动的正电中心，这种杂质称为施主杂质。

**施主能级：**被施主杂质束缚的电子的能量状态称为施主能级。

**施主杂质的电离能：**价电子挣脱施主杂质束缚所需要的能量称为施主杂质的电离能。

:

**受主杂质：**杂质原子电离时，能够接受电子而产生导电空穴并形成不可移动的负电中心，这种杂质称为受主杂质。

**受主能级：**被受主杂质束缚的空穴的能量状态称为受主能级。

**受主杂质的电离能：**空穴挣脱受主杂质束缚所需要的能量称为受主杂质的电离能。

**浅能级杂质：**如果施、受主能级分别离导带底和价带顶很近，杂质电离能很小，在常温下杂质基本全部电离，使导、价带分别增加电子和空穴，这些能级称为浅能级，相应的杂质称为浅能级杂质。

**深能级杂质：**如果施、受主能级分别离导带底和价带顶很远，杂质电离能大，不容易电离，这些能级称为深能级，相应的杂质称为深能级杂质。

**杂质的补偿：**在半导体中同时存在施、受主能级时，因为施主能级上的电子能量高于受主能级，所以电子首先跃迁到受主能级上，从而使它们提供载流子的能力抵消，即杂质补偿作用。

**等电子杂质：**与基质晶体具有相同数量价电子的替位式杂质称为等电子杂质。

第三章超级重点：

**费米能级：**费米能级不一定是系统中的一个真正的能级，它是费米分布函数中的一个参量，具有能量的单位，所以被称为费米能级。它标志着电子填充能级的水平，其大小等于系统中增加或减少一个电子所引起系统自由能的变化。

**本征半导体：**不含任何杂质和缺陷的理想半导体称为本征半导体。

**简并半导体：**当杂质浓度足够高，半导体的费米能级会接近导带底甚至进入导带底（n型）或接近价带顶甚至进入价带（p型），（这时的导带中已有相当多的电子或价带中已有相当多的空穴），这时的半导体称为简并半导体。

**非简并半导体：**当杂质浓度不是很高，费米能级位于禁带之中且离价带顶和导带底较远时，可用波尔兹曼分布代替费米分布来处理半导体中载流子分布问题，这样的半导体被称为非简并半导体。

**禁带变窄效应：**在简并半导体中，（杂质浓度高，杂质原子间相互就比较靠近，杂质能级会发生相互交叠，使孤立的杂质能级扩展为准连续的能带，即杂质能带，杂质能带中的电子在杂质原子之间的共有化运动参加导电的现象称为杂质带导电）重掺杂形成的杂质能带进入导带或价带，并与导带或价带相连，形成新的简并能带，简并能带的尾部伸入到禁带中，导致禁带宽度变窄，即称为禁带变窄效应。

**本征激发：**电子由于热激发从价带跃迁到导带，形成导电电子和价带空穴的过程。

第四章超级重点：

**载流子的漂移运动：**半导体中，载流子在电场力作用下的运动，称为载流子的漂移运动。

**漂移速度：**半导体中的载流子在电场力作用下，作漂移运动时的速度称为漂移速度。

**迁移率：**单位场强下电子的平均漂移速度，单位是  $\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  或  $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。

**载流子散射：**载流子在半导体中运动时，会不断与热振动的晶格原子或电离了的杂质离子发生作用，或者说发生碰撞，碰撞后载流子速度的大小和方向发生改变，即载流子发生了散射。

**电离杂质散射：**施、受主杂质在电离后分别是正离子和负离子，正离子或负离子的周围会形成一个库仑势场，运动到这个电离杂质附近的载流子将受到这个库仑场的作用，使载流子运动速度的大小或方向发生改变，即电离杂质散射。

**晶格振动散射：**在一定温度下，晶格中的原子都在其平衡位置振动，而振动是由若干个不同的格波组成。当电子与格波发生散射而交换能量时，电子速度会发生变化，而格波会吸收或释放一个声子，这种载流子与晶格的作用就称为晶格振动散射。

**多能谷散射：**对多能谷半导体，电子可以从一个极值附近散射到另一个极值附近，这种散射称为多能谷散射。

**平均自由时间：**连续两次散射间载流子自由运动的平均时间称为平均自由时间。（载流子在电场中做漂移运动时，只有在连续两次散射之间的时间才作加速运动，这段时间称为自由时间，取极多次而求得自由时间的平均值称为载流子的平均自由时间。）。

**平均自由程：**连续两次散射间载流子自由运动的平均路程称为平均自由程。

**弛豫时间：**系统从不平衡态逐渐恢复到平衡态（的过程称为弛豫过程）所经历的时间称为弛豫时间。

**耿氏效应：**当高于某一临界值的恒定直流电压加到N型砷化镓两端电极上时，半导体内的电流就会以很高的频率振荡，这种在半导体体内产生高频电流的现象称为耿氏效应。

:

**热载流子:** 在强电场情况下, 载流子从电场中吸收很大能量后, 载流子的平均能量比热平衡状态时的大, 把这种不处于热平衡状态下的载流子称为热载流子。

**散射概率:** 散射的强弱用一个载流子在单位时间内发生散射的次数来表示, 即散射概率。

**声子:** 由格波激发且具有准动量和能量的一种准粒子, 它可以产生和消灭, 这种准粒子就是声子。

第五章超级重点:

**热平衡载流子:** 热平衡状态下, 半导体中的导电电子的浓度和空穴浓度都保持在一个稳定的数值, 这时的导电电子和空穴称为热平衡载流子。

**平衡载流子浓度:** 处于热平衡状态下的载流子浓度称为平衡载流子浓度。

**非平衡载流子:** 比平衡状态多出来的这部分载流子称为非平衡载流子。

**非平衡载流子浓度:** 比平衡状态多出来这部分载流子的浓度称为非平衡载流子浓度。

**非平衡载流子的(光)注入:** 用光照使得半导体内部产生非平衡载流子的方法, 称为非平衡载流子的(光)注入。

**非平衡载流子的寿命:** 非平衡载流子的平均生存时间称为非平衡载流子的寿命, 它标志着非平衡载流子浓度减小到原值的  $1/e$  所经历的时间。

**平均自由时间:** 连续两次散射间载流子自由运动的平均时间称为平均自由时间。

**弛豫时间:** 系统从不平衡态逐渐恢复到平衡态(的过程称为弛豫过程)所经历的时间称为弛豫时间。

**准费米能级:** 对于非平衡状态半导体, 导带和价带间处于不平衡状态。但就它们各自能带内部而言, 热跃迁非常频繁, 极短时间内就能导致一个能带内的热平衡, 因此可用导带费米能级和价带费米能级来分别描述它们各自的电子分布。这样就引进了局部的费米能级, 称其为准费米能级。

**非平衡载流子的复合:** 复合是指导带中的电子放出能量跃迁回价带, 使导带电子与价带空穴成对消失的过程。非平衡载流子逐渐消失的过程称为非平衡载流子的复合, 是被热激发补偿后的净复合。

**复合中心:** 促进复合过程的杂质和缺陷称为复合中心。

**直接复合:** 电子在导带和价带之间的直接跃迁, 引起电子和空穴的复合, 称为直接复合。

**间接复合:** 电子和空穴通过禁带中的能级(复合中心)发生的复合称作间接复合。

**表面复合:** 非平衡载流子主要通过半导体表面的杂质和表面特有的缺陷在禁带中形成的复合中心能级进行的复合, 称为表面复合, 它也属于间接复合。

**俄歇复合:** 载流子从高能级向低能级跃迁, 发生电子-空穴复合时, 把多余的能量传给另一个载流子, 使这个载流子被激发到能量更高的能级上去, 当它重新跃迁回低能级时, 多余的能量常以声子形式放出, 这种复合称为俄歇复合。

**陷阱效应:** 当半导体中出现非平衡载流子时, 禁带中杂质或缺陷能级上的电子浓度会发生变化, 若增加则说明该能级有收容部分非平衡电子的作用, 反之有收容空穴的作用, 杂质能级的这种积累非平衡载流子的作用称为陷阱效应。

**陷阱中心:** 具有显著陷阱效应的杂质或缺陷能级称为陷阱, 具有显著陷阱效应的杂质或缺陷称为陷阱中心。

**等电子陷阱:** 等电子杂质取代晶格点上的同族原子后, 它们能俘获某种载流子而成为带电中心, 这个带电中心就称为等电子陷阱。

**载流子的扩散运动:** 由于载流子浓度分布不均匀, 导致的载流子从高浓度处向低浓度处逐渐扩散的过程, 称为载流子的扩散运动。

**载流子的漂移运动:** 半导体中, 载流子在电场力作用下的运动, 称为载流子的漂移运动。

**爱因斯坦关系式:**  $D_n/\mu_n = k_0 T/q$ ,  $D_p/\mu_p = k_0 T/q$ , 它表明非简并情况下载流子迁移率和扩散系数之间的关系。

**连续性方程:**  $\partial p/\partial t = D_p \partial^2 p/\partial x^2 - \mu_p E \partial p/\partial x - \mu_p P \partial E/\partial x - \Delta p/\tau_p + g_p$

$\partial p/\partial t$ : 在  $x$  处,  $t$  时刻单位时间、单位体积中空穴的增加数;

$\partial^2 p/\partial x^2$ : 由于扩散, 单位时间、单位体积中空穴的积累数;

$-\mu_p E \partial p/\partial x - \mu_p P \partial E/\partial x$ : 由于漂移, 单位时间、单位体积中空穴的积累数;

$-\Delta p/\tau_p$ : 由于复合, 单位时间、单位体积中空穴的消失数;

$g_p$ : 由于其他原因, 单位时间、单位体积中空穴的产生数;

:

对于电子有:  $\partial n / \partial t = D_n \partial^2 n / \partial x^2 - \mu_n E \partial n / \partial x - \mu_n n \partial E / \partial x - \Delta n / \tau_n + g_n$

第六章超级重点:

**Pn 结:** 将同种半导体材料的 n 型和 p 型两部分紧密结合在一起, 在交界处形成一个结, 即 pn 结。

**热平衡 pn 结:** 在温度一定且无外加电压的情况下, 载流子的扩散和漂移达到动态平衡, 电子的扩散电流和漂移电流相互抵消, 空穴的扩散电流和漂移电流也相互抵消, 流过 pn 结的净电流为零。并且空间电荷数量一定, 空间电荷区的宽度一定, 内建场一定, 这种情况称为热平衡状态下的 pn 结。

**非平衡状态下的 pn 结:** 给平衡 pn 结外加电压或改变温度, 使得 pn 结的势垒发生变化, 并有净电流产生, 这种状态称为非平衡状态下的 pn 结。

**(Pn 结) 空间电荷区:** 在 PN 结中, 由于自由电子和空穴的扩散运动和内电场导致的漂移运动, 使在 PN 结附近 n 区一侧出现由电离施主构成的正电荷区, p 区一侧由电离受主构成的负电荷区, 正、负电荷组成的区域称为 (Pn 结) 空间电荷区。

**Pn 结接触电势差:** 平衡 pn 结的空间电荷区两端间的电势差称为 Pn 结接触电势差。

**势垒高度:** pn 结的接触电势差对 n 区的电子和 p 区的空穴各自向对方运动都形成势垒, 使整个结构在结区形成能带弯曲, 其弯曲的高度称为势垒高度。

**理想 Pn 结电流电压方程式 (肖克莱方程式):**  $J = J_s [\exp(qv/k_0t) - 1]$ ,  $J_s = qD_n n_{p0}/L_n + qD_p p_{n0}/L_p$

**Pn 结单向导电性 (整流特性辅 119):** pn 结上加正向偏压时, 正向电流密度随正向偏压呈指数关系迅速增大, 而 pn 结在反向偏压下, 反向电流密度为常量, 与外加电压无关, 表现出 Pn 结单向导电性。

**Pn 结势垒电容:** 由于势垒区的空间电荷数量随 pn 结上外加电压的变化而变化, 这种 pn 结的电容效应称为势垒电容。

**Pn 结扩散电容:** 由于扩散区的电荷数量随 pn 结上外加电压的变化而变化, 这种 pn 结的电容效应称为扩散电容。

**Pn 结击穿:** 对 pn 结施加的反向偏压增大到某一数值时, 反向电流密度突然开始迅速增大的现象称为 Pn 结击穿。

**雪崩击穿:** PN 结在较大的反向电压下, 空间电荷区有很强电场。通过空间电荷区的电子和空穴, 在电场作用下, 获得很高的能量, 去撞击价带中的电子而产生电子-空穴对。新产生的电子-空穴对在电场作用下去撞出其他价带电子, 产生新的电子和空穴对。这样雪崩式的繁衍下去, 使 pn 结的反向电流迅速增大而出现击穿现象, 即雪崩击穿。

**热电击穿:** 当施加在 pn 结上的反向电压逐渐增大时, 反向电流热损耗也随之增大, 这将产生大量热能, 进而导致结温上升。结温的上升, 又使得反向饱和电流密度增大, 产生的热能也迅速增大, 进而又导致结温的上升。如此反复循环下去, 最后反向电流密度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。

**隧道击穿:** 在强电场作用下, 由于隧道效应, 使大量电子从 p 区价带穿过禁带而进入到 n 区导带所引起的一种击穿现象, 称为隧道击穿。这时产生强电场的外加电压就称为隧道击穿电压。

**隧道结:** 由简并化的重掺杂 p 型和 n 型半导体紧密结合形成的 pn 结称为隧道结。由隧道结制成的二极管称为隧道二极管。

**Pn 结隧道效应:** 温度一定时, 给热平衡隧道结加上电压, 通过改变外加电压的大小, 就可以使得载流子在禁带中穿越, 形成隧道电流, 即 Pn 结隧道效应。

**隧道电流:** 给热平衡隧道结加上正电压 (负电压), 即 p 接正 (负), 引起势垒高度下降 (上升), 使隧道结两边能量相同的量子态增加, 那么 n 区导带的电子就可以穿过禁带到达 p 区价带 (p 区价带电子也可以穿过禁带到达 n 区导带), 从而产生隧道电流。

第七章超级重点:

**电子亲和能:** 使半导体导带底的电子逸出体外所需要的最小能量。

**功函数:** 起始能量等于费米能级的电子从固体内部逸出到真空中所需要的最小能量。

**金属功函数:** 一个起始能量等于费米能级的电子, 由金属内部逸出到真空中所需要的最小能量。功函数的大小标志着电子在金属中束缚的强弱, 功函数越大, 电子越不容易离开金属。

:

**半导体功函数：**一个起始能量等于费米能级的电子，由半导体内部逸出到真空中所需要的最小能量，称为半导体功函数。

**金半接触电势差（接触势垒）：**当费米能级不在同一水平上的金属和半导体相接触时，费米能级较高一侧的电子将向费米能级较低的一侧流动，直到金属和半导体的费米能级在同一水平上为止，而电子的净流动使得金属和半导体之间产生电势差，这个由于接触而产生的电势差称为接触电势差，可以认为接触电势差完全补偿了原来金半费米能级的不同。

**半导体表面势：**金属与半导体紧密接触时，由于它们的功函数差，会使载流子相互流动。在接触处的金属和半导体表面形成电偶极层，半导体载流子浓度低，相对金属有一个较厚的表面电荷层，在这个空间电荷层中，形成从表面指向内部或由内部指向表面的自建电场，出现表面与内部之间的电势差，称为半导体的表面势。

**热电子发射理论：**当金属和半导体接触并在半导体一侧出现薄阻挡层时，在一定温度下，只要半导体内部的电子获得的能量超过半导体的势垒高度，电子就可以通过阻挡层进入金属，同样，金属中的电子获得的能量超过金属的势垒高度，电子也可以进入半导体内，这就是热电子发射理论。

**镜像力：**一个电子距金属表面的距离为  $x$ ，则它与感应电荷之间的吸引力，相当于该电子与位于  $(-x)$  处等量正电荷之间的吸引力，这个正电荷称为镜像电荷，这个吸引力称为镜像力。

**肖特基势垒：**金属与半导体接触产生厚阻挡层时，就把这种阻挡层厚度严重依赖于外加电压的势垒称为肖特基势垒。

**肖特基势垒二极管：**利用金属和半导体整流接触特性制成的二极管称为肖特基势垒二极管。

**Pn 结二极管：**利用 pn 结整流特性制成的二极管称为 Pn 结二极管。

**金半接触的整流特性：**金属与 n 型半导体接触形成 n 型阻挡层，当外加正向偏压，即金属接正时，引起半导体一边的势垒降低，导致半导体到金属有多子即电子的净流动，形成从金属到半导体的正向电流，外加电压越高，势垒下降越多，正向电流就越大。当外加反向电压时，即金属接负，引起半导体一边的势垒增高，导致金属到半导体有电子的净流动，形成从半导体到金属的反向电流，但是电子需要越过相当高的金属势垒高度才能到达半导体中，而且金属势垒高度不随外加电压变化，所以形成反向饱和电流。

**欧姆接触：**指金属与重掺杂半导体接触时具有线性和对称的电流电压关系，其产生的接触电阻远小于材料电阻，这样的金半接触称为欧姆接触。

第八章超级重点：

**表面电场效应：**在理想 MIS 结构中，通过改变加在金属与半导体间的偏压而引起半导体表面层内电势及电荷的改变，称为表面电场效应。

**平带电压：**在非理想 MIS 结构中，为恢复平带状态，所需加在金属和半导体间的电压称为平带电压。

**开启电压：**在理想 MIS 结构中，半导体表面层从弱反型变为强反型时，所需加在金属和半导体间的临界电压称作开启电压。

**多子的堆积状态：**在理想 MIS 结构中，对于 p 型（n 型）半导体，当金属与半导体间加负电压（正电压），即金属接负（正）时，半导体表面层多数载流子空穴（电子）出现堆积的状态，称为多数载流子堆积状态。

**多子的耗尽状态：**在理想 MIS 结构中，对于 p 型（n 型）半导体，当金属与半导体间加正电压（负电压），即金属接正（负）时，半导体表面层空穴（电子）浓度比体内空穴（电子）浓度低得多，出现耗尽的状态，称为多子的耗尽状态。

**平带状态：**当加在金属和半导体间的电压为零时，表面势也为零，表面处能带不发生弯曲，这样的金半接触的状态称为平带状态。

**多子的深耗尽状态：**在 MIS 结构中，对于 p 型（n 型）半导体，在金属和半导体间加快速增长的正电压（负电压），导致表面层达到耗尽而其中少数载流子还来不及产生，使得耗尽层的宽度远大于强反型的最大耗尽层宽度，这种状态称为深耗尽状态。

**少子反型状态：**在 MIS 结构中，对于 p 型（n 型）半导体，当金属与半导体间加正电压（负电压），即金属接正（负）时，使得半导体表面费米能级离导带底比离价带顶更近（远）时，表面处电子浓度超过（低于）空穴浓度，形成与原来半导体衬底导带类型相反的一层，称为反型层，由于电子（空穴）是少子，所以把这种状态称为少子反型状态。

:

**表面空间电荷层:** 在 MIS 结构中, 当在给金属和半导体间加电压后, 金属和半导体相对的两个面就要被充电, 在半导体中, 由于自由载流子的密度比金属中的低很多, 所以电荷必须分布在一定厚度的表面层内, 这个表面层就称为(表面)空间电荷层。

**表面电导:** 半导体方形表面薄层内沿平行于表面反向的电导称为表面电导。

**耗尽层最大宽度:** 在 MIS 结构中, 当半导体表面层出现强反型状态时, 由于反型层中积累电子屏蔽了外电场的作用, 表面耗尽层宽度便不再随外加电压的增加而增加, 而是达到极大值, 即耗尽层最大宽度。

第十章超级重点:

**半导体本征吸收:** 本征半导体中的价带电子吸收大于等于禁带宽度的光子能量后, 越过禁带跃迁入空的导带中, 形成电子空穴对, 这种由价带直接跃入导带所形成的吸收过程称为本征吸收。

**间接带隙半导体:** 如果半导体的导带底与价带顶在  $k$  空间中对应于不同的波矢, 本征跃迁主要是间接跃迁, 那么这样的半导体就是间接带隙半导体。

**直接带隙半导体:** 如果半导体的导带底和价带顶在  $k$  空间中对应于相同的波矢, 本征跃迁属于直接跃迁, 那么这样的半导体就是直接带隙半导体。

**直接跃迁:** 电子在吸收或释放光子后, 发生价带与导带之间的跃迁, 且跃迁前后波矢不变, 这种跃迁就是直接跃迁。

**间接跃迁:** 电子在跃迁过程中, 不仅吸收光子或释放光子, 还和晶格交换能量, 使得跃迁前后波矢改变, 这种跃迁就是间接跃迁。

**辐射跃迁:** 载流子从高能级向较低能级的跃迁过程中伴随着放出光子, 这种跃迁称为辐射跃迁。

**本征跃迁:** 导带的电子跃迁到价带, 与价带的空穴复合, 伴随着发射光子, 称为本征跃迁。

**非本征跃迁:** 电子从导带跃迁到杂质能级, 或杂质能级上的电子跃迁入价带, 或电子在杂质能级之间的跃迁, 都伴随发射光子。这种跃迁称为非本征跃迁。

**光电导(附加光电导率):** 光吸收使半导体中形成非平衡载流子, 载流子浓度的增大使半导体电导率增加, 这种由光照引起半导体电导率增加的现象称为光电导。由本征吸收引起的光电导称为本征光电导。

**定态光电导:** 在恒定光照下, 产生的光电导称为定态光电导。

**杂质光电导:** 光照使束缚在杂质能级上的电子或空穴受激电离而增加了导带或价带的载流子浓度, 产生光电导, 即杂质光电导。

**光电导灵敏度:** 单位光照度引起的光电导。

**半导体的光生伏特效应:** 当半导体有内建电场时, 光生电子和空穴会被电场分开, 从而在两端产生电势差, 称为半导体的光生伏特效应。

**Pn 结的光生伏特效应:** 由于 pn 结势垒区内存在较强的内建电场, 结两边的光生少数载流子受该场的作用, 各自向相反方向运动: p 区的电子穿过 pn 结进入 n 区, n 区的空穴进入 p 区, 使 p 端电势升高, n 端电势降低, 于是 pn 结两端形成了光生电动势, 即为 Pn 结的光生伏特效应。

**Pn 结光电池(光电二极管):** 由于光生载流子各自向相反方向运动, 在 pn 结内形成自 n 区向 p 区的光生电流。同时光生电动势使 pn 结的势垒降低, 载流子的扩散运动强于漂移运动, 使得在 pn 结中产生从 p 区向 n 区的正向扩散电流; 在 pn 结开路情况下, 光生电流和正向电流相等, pn 结两端建立起稳定的电势差, 这就是光电池的开路电压。若将 pn 结与外界电路接通, 只要光照不停止, 就会有电流通过电路, pn 结起了电池的作用, 这就是 pn 结光电池的原理。

**半导体发光:** 处于激发态的非平衡载流子跃迁到低能级与空穴复合, 伴随着发射光子的现象称为半导体发光。

**电致发光(pn 结注入发光、Pn 结发光二极管):** 在平衡状态 pn 结上加正向偏压, 使得 pn 结势垒区和扩散区注入了非平衡少数载流子, 这些非平衡少数载流子与多数载流子不断复合而发光, 这就是 pn 结注入发光。

**辐射发光:** 电子从高能级向低能级跃迁时, 伴随着放出光子的过程称为辐射发光。

**自发辐射:** 在没有任何外界作用下, 原子自发地从激发态回到基态引起光子发射的过程称为自发辐射。

**受激辐射:** 在光辐射的刺激下, 受激原子从激发态回到基态引起光子发射的过程称为受激辐射。

**分布反转:** 把处于激发态的原子数大于处于基态的原子数的这种反常情况称为分布反转。

:

宽禁带半导体 能带 导带 价带 禁带 禁带宽度 电子的共有化运动 同质多象  
杂质能级 杂质电离 杂质电离能 替位式杂质 间隙式杂质 N型半导体 P型半导体 等电子陷阱 杂质的双性行为 弗伦克尔缺陷 肖特基缺陷 杂质浓度 点缺陷 位错 位错能级  
状态密度 低温载流子冻析效应 热平衡状态 非平衡状态 热平衡载流子 载流子的复合  
负微分电导 电导率 电阻率 电流密度  
牵引长度 扩散长度 表面电子能级  
势垒区产生电流 势垒区复合电流 大注入 小注入 耗尽层 非平衡载流子的电注入 少数载流子的反向抽取 反向饱和电流 负阻现象  
阻挡层 反阻挡层 表面态 施主型表面态 受主型表面态 快界面态 施主型界面态 受主型界面态 高表面态密度钉扎  
快界面态 表面态 表面势 表面载流子的有效迁移率  
激子吸收 自由载流子吸收: 杂质吸收: 晶格振动吸收

## 第一章非超级重点:

宽禁带半导体: 禁带宽度大于等于 **2.3ev** 的半导体称为宽禁带半导体。

能带: 晶体中, 电子的能量是不连续的, 在某些能量区间能级分布是准连续的, 在某些区间没有能级分布。这些区间在能级图中表现为带状, 称之为能带。

导带: 对于被电子部分占满的能带, 在外电场作用下, 电子可以从外电场中吸收能量跃迁到未被电子占据的能级中去, 形成电流, 起导电作用, 称这种能带为导带。

价带: 在热力学温度为零时, 被价电子占满的能带称为价带。

禁带: 能带之间的能量间隙, 没有允许的电子能态。

禁带宽度: 表示半导体导带能量极小值与价带能量极大值之间的能量差,也是价带电子激发到导带所需的最小能量。

电子的共有化运动: 原子组成晶体后, 由于电子壳层的交叠, 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, 电子将可以在整个晶体中运动。这种运动称为电子的共有化运动。

同质多象: 化学组成相同的物质在不同的物理化学条件下(指温度, 压力, 介质条件等),能形成两种或多种不同结构的晶体的现象, 称为同质多象。这些化学组成相同, 但晶体结构不同晶体称为同质多象变体。

## 第二章非超级重点:

杂质能级: 半导体中的杂质使严格周期性排列的势场受到破坏, 从而有可能在禁带中引入等高的分立能级, 即杂质能级。

杂质电离: 价电子挣脱杂质原子的束缚成为导电电子的过程称为杂质电离。

杂质电离能: 价电子脱离杂质原子的束缚所需要的能量称为杂质电离能。

替位式杂质: 尺寸大小与晶格原子相近的杂质原子进入半导体硅以后, 杂质原子取代晶格原子而位于晶格点处, 称为替位式杂质。

间隙式杂质: 尺寸较小的杂质原子进入半导体硅以后, 杂质原子位于晶格原子间的间隙位置, 称为间隙式杂质。

N型半导体: 主要依靠导带电子导电的半导体称为N型半导体。

P型半导体: 主要依靠价带空穴导电的半导体称为p型半导体。

等电子陷阱: 等电子杂质取代晶格点上的同族原子后, 它们能俘获某种载流子而成为带电中心, 这个带电中心就称为等电子陷阱。

杂质的双性行为: 杂质在同一半导体中既可表现为施主杂质, 又表现为受主杂质, 这种性质称为杂质的双性行为。

弗伦克尔缺陷: 在一定温度下, 晶格原子离开其平衡位置而挤入晶格原子间的间隙位置, 形成间隙原子, 在原

:

来的位置上留下空位所形成的缺陷，称为弗伦克尔缺陷。

肖特基缺陷：在一定温度下，晶格原子热运动到晶体表面，只在晶体内形成空位而无间隙原子时，这种点缺陷就称为肖特基缺陷。

杂质浓度：单位体积中的杂质原子数称为杂质浓度。

点缺陷：又称为热缺陷，是指在一定温度下，晶格原子离开其平衡位置而挤入晶格原子间的间隙位置，形成间隙原子，在原来的位置上留下空位所形成的缺陷。或者晶格原子热运动到晶体表面，只在晶体内形成空位而无间隙原子时的缺陷都可称为点缺陷。

位错：位错属于一种线缺陷，可视为晶体中已滑移部分与未滑移部分的分界线

位错能级：半导体中的位错使严格周期性排列的势场受到破坏，从而在禁带中引入等高的分立能级，即位错能级。

### 第三章非超级重点：

状态密度：能带中能量为  $E$  处单位能量间隔内的量子态数。

低温载流子冻析效应：当温度足够低时，施主杂质或受主杂质只有部分电离，还有部分载流子被冻析在杂质能级上，对导电没有贡献，这种现象称为低温载流子冻析效应。

热平衡状态：在一定温度下，载流子的复合和产生建立起动态平衡，称为热平衡状态。

非平衡状态：对半导体施加外界作用，破坏了热平衡的条件，迫使它与热平衡相偏离的状态，称为非平衡状态。

热平衡载流子：热平衡状态下，半导体中的导电电子的浓度和空穴浓度都保持在一个稳定的数值，这时的导电电子和空穴称为热平衡载流子。

载流子的复合：电子从高能级的量子态跃迁到低能级的量子态，并向晶格放出一定的能量，从而使导带中的电子和价带中的空穴不断减少，这一过程称为载流子的复合。

### 第四章非超级重点：

负微分电导：在  $n$  型砷化镓两端加上电压，半导体内部将会产生电场和电子的漂移电流，当电压足够大时，就会有  $dI/d\varepsilon < 0$ ，即出现负微分电导。

电导率：是衡量半导体导电能力大小的一个参数，是电阻率的倒数，单位是  $S/m$  或  $S/cm$ 。

电阻率：表示半导体电阻特性的物理量，单位是  $\Omega \cdot m$  或  $\Omega \cdot cm$ 。

电流密度：通过垂直电流方向的单位面积的电流，单位是  $A/m^2$  或  $A/cm^2$ 。

### 第五章非超级重点：

牵引长度：载流子在电场作用下在寿命时间内所漂移的距离，称为载流子的牵引长度。

扩散长度：载流子在边扩散边复合的过程中，浓度减少到  $1/e$  时所扩散的距离。

表面电子能级：表面吸附的杂质或其它损伤形成的缺陷态，它们在表面处的禁带中形成的电子能级，也称为表面能级。

### 第六章非超级重点：

势垒区产生电流：在反向偏压下，势垒区内的电场加强，由于热激发作用，使得通过复合中心产生的电子空穴对来不及复合就被电场驱走了，导致通过复合中心的载流子产生率大于复合率，具有净产生率，形成反向电流，即势垒区产生电流。

势垒区复合电流：在正向偏压下，从  $n$  区注入  $p$  区的电子和从  $p$  区注入  $n$  区的空穴，在势垒区内复合了一部分，形成正向电流，称为势垒区复合电流。

大注入：注入的非平衡少数载流子的浓度接近或超过平衡时的多数载流子浓度，这样的注入称为大注入。

小注入：注入的非平衡少数载流子的浓度比平衡时的多数载流子浓度小得多，这样的注入称为小注入。

耗尽层：在室温附近，对于绝大部分势垒区，其中杂质虽都已电离，但载流子浓度却比  $n$ 、 $p$  区的多数载流子浓度小得多，好像已经耗尽了，所以又把势垒区称为耗尽区。

非平衡载流子的电注入：对平衡状态下的  $pn$  结加正向偏压（ $p$  区接正），使扩散流大于漂移流， $n$  区的电子和  $p$  区的空穴分别进入  $p$  区和  $n$  区后，成为  $p$  区和  $n$  区的非平衡少数载流子，并且正电压越大，流入  $p$  区和  $n$  区的少数载流子就越多，这种由于外加偏压的作用使非平衡载流子进入半导体的过程称为非平衡载流子的电注入。



:

**少数载流子的反向抽取:** 对平衡状态下的 pn 结加反向偏压 (p 区接负), 增强了漂移运动, 使 p 区边界的电子被电场驱向 n 区, n 区边界的空穴被电场驱向 p 区。当这些少数子被电场驱走后, 内部的少数子就来补充, 形成反向偏压下的电子扩散流和空穴扩散流, 这种情况像少数子不断地被抽出来, 所以称为少数载流子的反向抽取。

**反向饱和电流:** 在 pn 结加反向电压时, 增加了少数子的漂移, 形成由 n 区流向 p 区的反向电流, 但由于少数子浓度低, 而且只有扩散到势垒边界的少数子才能被势垒区的强电场拉向另一边, 所以反向电流很小, 而且不随外加反向电压的增加而增加, 因此称之为反向饱和电流。

**负阻现象:** 在 n、p 区都是重掺杂的 pn 结上加正向偏压, 当正向偏压从峰值电压增加到谷值电压时, 电流逐渐减小的现象, 即负阻现象。

## 第七章非超级重点

**阻挡层:** 金属与半导体接触时, 势垒区中的空间电荷主要由电离杂质形成, 当半导体表面载流子的浓度要比体内小得多时, 表面层是个高阻的区域, 则称之为阻挡层。

**反阻挡层:** 金属与半导体接触时, 势垒区中的空间电荷主要由电离杂质形成, 当半导体表面载流子的浓度要比体内大得多时, 则表面层是个高电导的区域, 则称之为反阻挡层。

**表面态:** 被局限在半导体表面的电子的状态称为表面态, 对应的能级称为表面能级。

**施主型表面态:** 若在禁带中的表面能级被电子占据时是呈电中性, 施放电子后带正电, 称为施主型表面态。

**受主型表面态:** 若在禁带中的表面能级空着时是呈电中性, 接受电子后带负电, 称为受主型表面态。

**快界面态:** MIS 结构的硅与二氧化硅界面处位于禁带中的能级或能带, 即界面态, 由于界面态可以迅速和半导体导带或价带交换电荷, 所以称为快界面态。

**施主型界面态:** 若在禁带中的界面能级被电子占据时是呈电中性, 施放电子后带正电, 称为施主型界面态。

**受主型界面态:** 若在禁带中的界面能级空着时是呈电中性, 接受电子后带负电, 称为受主型界面态。

**高表面态密度钉扎:** 金属与 n 型半导体接触时, 如果半导体表面存在高密度受主表面态且费米能级高于表面能级, 那么表面态上就会积累很多负电荷, 半导体表面附近必定出现很多正电荷, 此时产生的势垒高度等于费米能级和表面能级之差, 这时势垒高度称为高表面态密度钉扎。

## 第八章非超级重点:

**快界面态:** MIS 结构的硅与二氧化硅界面处位于禁带中的能级或能带, 即界面态, 由于界面态可以迅速和半导体导带或价带交换电荷, 所以称为快界面态。

**表面态:** 被局限在半导体表面的电子的状态称为表面态, 对应的能级称为表面能级。

**表面势:** 在理想 MIS 结构中, 半导体的空间电荷层两端的电势差即为表面势。

**表面载流子的有效迁移率:** 载流子在半导体表面层中的平均迁移率称为表面载流子的有效迁移率。

## 第十章非超级重点

**激子吸收:** 价带中的电子吸收小于禁带宽度的光子能量后离开价带, 但因能量不够还不能跃迁到导带成为自由电子, 仍然受到空穴的库仑力作用, 形成一个新的系统, 称为激子。能产生激子的光吸收称为激子吸收。

**自由载流子吸收:** 自由载流子吸收光子后, 在同一能带内从低能态跃迁到高能态, 这样的吸收就是自由载流子吸收。

**杂质吸收:** 杂质能级上的电子吸收光子后跃迁到导带, 空穴吸收光子后从杂质能级跃迁到价带, 这种吸收就是杂质吸收。

**晶格振动吸收:** 光照晶体时, 光子能量直接转换为晶格振动动能, 这种吸收就是晶格振动吸收。