

第一章 半导体中的电子状态

1. **晶格**: 晶体可定义为由周期性排列的原子（离子）构成的物质，相应的周期性的结构称为晶格。
2. **晶胞**: 任何三维的晶格都可以由适当的平行六面体单元作为基本单元，沿不平行的三个边作周期性的堆砌得到。这种基本单元被称为晶胞。
3. **原胞**: 选取最小的重复单元，即晶胞中包含的原子最少，称为原胞。
4. **晶体学晶胞**: 能最大限度反映晶体对称性的最小周期重复单元，称为晶体学晶胞。
5. **晶格常量**: 晶体学晶胞的各个边的实际长度称为晶格常量。
6. **简单晶格**: 原胞中只包含一个原子的晶格称为简单晶格。
7. **复式晶格**: 原胞中包含两个或两个以上原子的晶格称为复式晶格。
8. **Sp³ 杂化轨道**: 在四面体结构的共价晶体中，以硅锗为例，最外面的价电子壳层有一个 s 态轨道和三个 p 态轨道。处在 p 态中的电子形成的共价键应是互相垂直的，但实际形成的四个共价键之间具有相同的夹角 109.28°。这是因为四个共价键实际上是以 s 态和 p 态波函数的线性组合为基础，发生了所谓的轨道杂化，然后以上述 sp³ 杂化轨道为基础形成共价键。
9. **极性半导体**: 在共价性化合物晶体中，结合的性质具有不同程度的离子性，常称这类半导体为极性半导体。
10. **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。
11. **能带**: 当 N 个原子互相靠近结合成晶体后，每个电子都要受到周围原子势场的作用，其结果是每一个 N 度简并能级都分裂成 N 个彼此相距很近的能级，这 N 个能级组成一个能带。分裂的每一个能带都称为允带。允带之间因没有能级称为禁带。
12. **准自由电子**: 外壳层电子原来处于高能级，特别是价电子，共有化运动很显著，如同自由运动的电子，常称为准自由电子，其能级分裂得很厉害，能带很宽。
13. **满带**: 金刚石和半导体硅，锗，他们的原子都有四个价电子。N 个原子结合成的晶体，共有 4N 个电子，根据电子先填充低能级这一原理，下面一个能带填满了电子，它们相应于共价键中的电子，这个带通常称为满带或价带；上面一个能带是空的，没有电子，通常称为导带。
14. **导带**: 对于被电子部分占满的能带，在外电场作用下，电子可从外电场中吸收能量跃迁到未被电子占据的能级去，形成了电流，起导电作用，常称这种能带为导带。
15. **单电子近似**: 假设晶体中的某一个电子是在周期性排列且固定不动的原子核的势场及其他大量电子的平均势场中运动，这个势场也是周期性变化的，而且它的周期与晶格周期相同。
16. **能带论**: 用单电子近似法研究晶体中电子状态的理论。
17. **第一布里渊区**: 首先做出晶体的倒格子，任选一倒格点为原点，由原点到最近及次近的倒格点引倒格矢，然后做倒格矢的垂直平分面，这些面就是布里渊区的边界，在这些边界上能量发生不连续，这些面所围成的最小多面体就是第一布里渊区。
18. **面心立方晶体的第一布里渊区**: 面心立方晶体的倒格子是体心立方的。如选体心为原点，则由体心向角顶八个倒格点引倒格矢，再做倒格矢的垂直平分面，构成一个八面体。再由体心向周围六个次近的倒格点引倒格矢，作他们的垂直平分面，将该八面体截去六个角，构成一个十四面体。原来的八个面呈六边形，截去角的结果又形成六个正方形的面，这个十四面体就是面心立方晶体的第一布里渊区。
19. **空穴**: 满带中的部分电子被激发后，满带中由于少了一些电子，在满带顶部附近出现了一些空的量子状态，满带变成了部分占满的能带，在外电场的作用下，仍留在满带中的电子也能起导电作用，满带电子的这种导电作用等效于把这些空的量子状态看做带正电荷的准粒子的导电作用，常称这些空的量子状态为空穴。
20. **引进空穴的意义**: 引进空穴概念后，就可以把价带中大量电子对电流的贡献用少量的空穴表达出来，这样做不仅是方便的，而且具有实际的意义。
21. **本征激发**: 价键上的电子激发成为准自由电子，亦即价带电子激发成导带电子的过程称为本征激发。

22.有效质量：有效质量并不代表真正的质量，而是代表能带中电子受外力时，外力与加速度的一个比例系数。

23.有效质量的意义：它概括了半导体内部势场的作用，使得在解决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的作用。特别是有效质量可以直接由实验测定，因而可以很方便的解决电子的运动规律。

24.等能面：当 $E(k)$ 为某一定值时，对应于许多组不同的 (k_x, k_y, k_z) ，将这些组不同的 (k_x, k_y, k_z) 连接起来构成一个封闭面，在这个面上的能值均等值，这个面称为等能面。

25.间接禁带半导体：导带底和价带顶不在 k 空间同一点，具有所谓间接带隙，称为间接禁带半导体。

26.直接带隙半导体：导带底和价带顶在 k 空间同一点，具有所谓直接带隙，称为直接带隙半导体。

27.布洛赫函数：不管周期势场的具体函数形式如何，其波函数一定具有如下形式：

式中， k 为波数， $u(\mathbf{r})$ 是一个与晶格同周期的周期性函数，即

第二章 半导体中杂质和缺陷能级

1. **间隙式杂质**：杂质原子位于晶格原子间的间隙位置，称为间隙式杂质。
2. **替位式杂质**：杂质原子取代晶格原子而位于晶格点处，称为替位式杂质。
3. **杂质电离**：电子脱离杂质原子的束缚成为导电电子的过程。
4. **施主杂质**：能够释放电子而产生导电电子，并形成正电中心的杂质。
5. **受主杂质**：能够接受电子而产生导电空穴，并形成负电中心的杂质。
6. **施主能级**：当电子被束缚于施主中心时，其能量显然是低于导带底的能量，相应的能级称为施主能级。
7. **受主能级**：被受主杂质所接受的电子的能量水平显然高于价带顶，相应的能级称为受主能级。
8. **施主电离能**：使多余的价电子挣脱束缚成为导电电子所需要的最小能量称为施主电离能。
9. **杂质的补偿作用**：如果半导体中同时存在着施主杂质和受主杂质，则施主杂质和受主杂质之间有相互抵消的作用，通常称为杂质的补偿作用。
10. **浅能级杂质**：硅锗中的Ⅲ、Ⅴ族杂质的电离能都很小，所以受主能级很接近于价带顶，施主能级很接近导带底，通常将这些杂质能级称为浅能级，将产生浅能级的杂质称为浅能级杂质。
11. **深能级杂质**：非Ⅲ、Ⅴ族杂质在硅，锗的禁带中产生的施主能级距离导带底较远，它们产生的受主能级距离价带顶也较远。通常将这些杂质能级称为深能级，将产生深能级的杂质称为深能级杂质。
12. **等电子陷阱**：所谓等电子杂质是与基质晶体原子具有相同数量价电子的杂质原子，它们替代了格点上的同族原子后，基本上仍是电中性的。但是由于原子序数不同，这些原子的共价半径和电负性有差别，因而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。
13. **肖特基缺陷**：由于晶体表面附近的原子热运动到表面，在原来的原子位置留出空位，然后内部附近的原子再进入这个空位，这样逐步进行而造成的，看起来好像是晶体内部原子跑到晶体表面来了。这时只在晶体内部形成空位而无间隙原子，称为肖特基缺陷。
14. **弗伦克耳缺陷**：在一定温度下，晶格原子不仅在平衡位置附近作振动运动，而且有一部分原子会获得足够的能量，克服周围原子对它的束缚，挤入晶格原子间的间隙，形成间隙原子，原来的位置便成为空位，这时间隙原子和空位是成对出现的，称为弗伦克耳缺陷。
15. **刃型位错**：若一个晶面在晶体内部突然终止于某一条线处，则称这种不规则排列为一个刃位错。
16. **螺型位错**：一个晶体的某一部分相对于其余部分发生滑移，原子平面沿着一根轴线盘旋上升，每绕轴线一周，原子面上升一个晶面间距。在中央轴线处即为一螺型位错。
17. **杂质的双性行为**：硅在砷化镓中既能取代镓而表现为施主杂质，又能取代砷而表现为受主杂质，这种性质称为杂质的双性行为。

第三章 半导体中载流子的统计分布

1. **热平衡状态**: 在一定温度下, 载流子的产生与载流子的复合之间将建立起动态平衡, 称为热平衡状态。这时半导体中的导电电子浓度和空穴浓度都保持一个稳定的数值, 这种处于热平衡状态下的导电电子和空穴称为热平衡载流子。
2. **状态密度**: 能带中能量 E 附近每单位能量间隔内的量子态数。
3. **费米能级**: 当系统处于热平衡状态, 也不对外界做功的情况下, 系统中增加一个电子所引起系统自由能的变化, 等于系统的化学势, 也就是等于系统的费米能级。
4. **非简并半导体**: 体内电子的分布服从玻尔兹曼分布的半导体, 其费米能级在禁带中, 远离导带底或价带顶。
5. **简并半导体**: 体内电子的分布服从费米分布的半导体, 其费米能级离导带底或价带顶很近, 甚至高于导带底或低于价带顶。
6. **本征半导体**: 没有杂质和缺陷的半导体。
7. **本征激发**: 绝对零度时, 价带量子态全被电子占据, 导带量子态是空的, 当温度大于 $0K$ 时, 就有电子从价带激发到导带, 同时在价带中产生了空穴。
8. **饱和区**: 在施主杂质全部电离时, 电子浓度 $N_0 = N_d$, 这时, 载流子浓度与温度无关, 载流子浓度保持等于杂质浓度的这一温度范围称为饱和区。
9. **重掺杂**: 当杂质浓度超过一定数量后, 载流子开始简并化的现象。
10. **杂质能带**: 在重掺杂的简并半导体中, 杂质浓度很高, 杂质原子互相间很靠近, 被杂质原子束缚的电子的波函数显著重叠, 杂质电子就有可能在杂质原子之间产生共有化运动, 从而使孤立的杂质能级扩展为能带, 通常称为杂质能带。
11. **杂质带导电**: 杂质能带中的杂质电子, 可以通过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。
12. **低温载流子冻析效应**: 当温度低于 $100K$ 时, 施主杂质只有部分电离, 尚有部分载流子被冻析在杂质能级上, 对导电没有贡献。
13. **禁带变窄效应**: 简并情况下, 施主能级已扩展为一个能带并进入了导带中与导带相连, 形成了新的简并导带, 使能带的状态密度发生了变化, 简并导带的尾部深入到禁带中, 称为能带边缘的延伸, 结果使禁带宽度减小。
14. **导带的有效状态密度**: 理解为把导带中所有量子态都集中在导带底 E_c , 而它的状态密度为 N_c 。

第四章 半导体中载流子的统计分布

1. **漂移运动**: 有外加电压时, 导体内部的自由电子受到电场力的作用, 沿着电场的反方向作定向运动构成电流, 电子在电场力作用下的这种运动称为漂移运动。
2. **漂移速度**: 电子做漂移运动时定向运动的速度。
3. **迁移率 (μ)**: 单位场强下电子的平均漂移速度。
4. **平均自由程**: 连续两次散射间自由运动的平均路程。
5. **平均自由时间**: 连续两次散射间自由运动的平均时间。
6. **库仑散射/电离杂质散射**: 施主杂质和受主杂质电离后分别成为带正电的离子和带负电的离子, 在其周围形成一个库仑势场, 这一库仑势场局部破坏了杂质附近的周期性势场, 它就是使载流子散射的附加势场。通常将这种由电离杂质所引起的散射统称为库仑散射。
7. **谷间散射**: 对于多能谷的半导体, 电子可以从一个极值附近散射到另一个极值附近。
8. **中性杂质散射**: 低温下杂质没有充分电离, 没有电离的杂质呈中性, 这种中性杂质对周期性势场有一定的微扰作用而引起散射。
9. **声子**: 当晶格与其他物质相互作用而交换能量时, 晶格原子的振动状态就要发生变化, 格波能量就改变, 格波能量的变化只能是 $h\nu$ 的整数倍。把格波的能量子 $h\nu$ 称为声子。
10. **电导有效质量**: 对于等能面为旋转椭球面的多极值半导体, 因为沿晶体的不同方向有效质量不同, 所以引出电导有效质量。以 Si 为例, (公式)。
11. **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时的大, 因而载流子和晶格系统不再处于热平衡状态。引入载流子的有效温度 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。
12. **耿氏效应**: 在 n 型砷化镓两端加上电压, 当半导体内电场超过 10^3V/cm 时, 半导体内电流便以很高的频率振荡, 这个效应称为耿氏效应。
13. **高场畴**: 偶极畴形成后, 畴内正负电荷产生一个与外加电场同方向的电场, 使畴内电场增强, 相应的畴外电场便有所降低, 因此, 这种偶极畴常称为高场畴。
14. **散射的根本原因**: 半导体中载流子在运动过程中遭到散射的根本原因是周期性势场的被破坏。如果半导体内部除了周期性势场外, 又存在一个附加势场 ΔV , 从而使周期性势场发生变化, 由于附加势场 ΔV 的作用, 就会使能带中的电子发生在不同 k 状态之间的跃迁。

第五章 非平衡载流子

1. **非平衡状态**: 如果对半导体施加外界作用, 破坏了热平衡条件, 就迫使它处于与热平衡状态相偏离的状态, 称为非平衡状态。
2. **非平衡载流子**: 处于非平衡状态的半导体, 其载流子浓度也不再是 n_0 和 p_0 , 可以比它们多出一部分。比平衡状态多出来的这部分载流子称为非平衡载流子。
3. **非平衡载流子的寿命**: 非平衡载流子的平均生存时间。
4. **小注入情况**: 在一般情况下, 注入的非平衡载流子比平衡时的多数载流子浓度小得多, 满足这个条件的注入称为小注入。
5. **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, 过剩载流子逐渐消失。这一过程称为非平衡载流子的复合。
6. **复合率**: 单位时间单位体积净复合消失的电子空穴对的数目称为非平衡载流子的复合率。
7. **准费米能级**: 分别就价带和导带中的电子讲, 他们各自基本上处于平衡态, 而导带和价带之间处于不平衡状态。因而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, 可以分别引入导带费米能级和价带费米能级, 他们都是局部的费米能级, 称为准费米能级。
8. **直接复合**: 这种由电子在导带与价带间直接跃迁而引起非平衡载流子的复合过程就是直接复合。
9. **间接复合**: 促进复合过程的杂质和缺陷称为复合中心。间接复合指的是非平衡载流子通过复合中心的复合。
10. **复合中心**: 半导体中的杂质和缺陷在禁带中形成一定的能级, 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。
11. **表面复合**: 半导体表面有促进复合的作用, 在半导体表面发生的复合过程称为表面复合。
12. **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。
13. **表面复合速度**: 表面复合率 u_s 和表面处非平衡载流子浓度 Δp_s 的比例系数 s 表示表面复合的强弱, 显然它具有速度的量纲, 因而称为表面复合速度。
14. **表面复合率**: 把单位时间内通过单位表面积复合掉的电子空穴对数, 称为表面复合率。
15. **陷阱效应**: 当半导体处于非平衡态, 出现非平衡载流子时, 必然引起杂质能级上电子数目的变化。如果电子增加, 说明能级具有收容部分非平衡电子的作用; 若是电子减少, 则可以看成能级具有收容空穴的作用。杂质能级的这种积累非平衡载流子的作用就称为陷阱效应。把有显著陷阱效应的杂质能级称为陷阱, 而把相应的杂质和缺陷称为陷阱中心。
16. **扩散流密度**: 通常把单位时间通过单位面积 (垂直于 x 轴) 的粒子数称为扩散流密度。
17. **扩散长度**: 非平衡载流子深入样品的平均距离称为扩散长度。
18. **牵引长度**: 载流子在电场作用下, 在寿命 τ 时间内所漂移的距离, 称为牵引长度。

第六章 p-n 结

1. **突变结**: n 型区施主浓度为 N_d , 而且均匀分布; p 型区受主浓度为 N_a , 也是均匀分布。在交界面处, 杂质浓度由 N_a (p 型) 突变为 N_d (n 型), 具有这种杂质分布的 pn 结称为突变结。

2. **缓变结**: 杂质分布从 p 区到 n 区逐渐变化的 pn 结称为缓变结。

3. **空间电荷区**: 当两块半导体结合成 pn 结时, 由于它们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。对于 p 区, 空穴离开后, 留下了不可动的带负电荷的电离受主, 这些电离受主, 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。它们所在的区域称为空间电荷区。

4. **势垒区**: 因能带弯曲, 电子从势能低的 n 区向势能高的 p 区运动时, 必须克服这一势能高坡, 才能到达 p 区; 同理, 空穴也必须克服这一势能高坡, 才能从 p 区到达 n 区, 这一势能高坡通常称为 pn 结的势垒, 故空间电荷区也叫势垒区。势垒区两端的电子电势能之差即能带的弯曲量 qV_d 称为 pn 结的势垒高度。

5. **内建电场**: 空间电荷区中的电荷产生了从 n 区指向 p 区, 即从正电荷指向负电荷的电场, 称为内建电场。

6. **接触电势差**: 平衡 pn 结的空间电荷区两端间的电势差 V_D 。

7. **耗尽层**: 一般, 室温附近, 对于绝大部分势垒区, 其中杂质虽然都已电离, 但载流子浓度比起 n 区和 p 区的多数载流子浓度小得多。好像已经耗尽了。所以通常也称势垒区为耗尽层。

8. **耗尽层近似**: 通常认为耗尽层中的载流子浓度很小, 以至于可以忽略, 空间电荷密度等于电离杂质浓度。

9. **电注入**: 这种由于外加电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。

10. **反向饱和电流密度**: 此时电流密度方向与正向时相反。而且反向电流密度为常量, 与外加电压无关, 故称为反向饱和电流密度。

11. **势垒电容**: 当 PN 结外加电压变化时, 引起电子和空穴在势垒区的存入和取出的作用, 导致势垒区的空间电荷数量随外加电压而变化, 这和一个电容器的充放电作用相似。这种 pn 结的电容效应称为势垒电容。

12. **扩散电容**: 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。

13. **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。

14. **雪崩击穿**: 在反向偏压很大时, 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, 他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。这三个载流子在强电场作用下, 还会继续发生碰撞, 产生第三代的电子空穴对。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, 这就是雪崩击穿。

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

16. **热电击穿**: 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。随着结温的上升, 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。

17. **隧道结**: 由重掺杂的 p 区和 n 区形成的 pn 结通常称为隧道结。由这种隧道结制成的二极管称为隧道二极管。

第七章 金属半导体接触

1. **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。
2. **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。
3. **阻挡层**: 在势垒区中, 空间电荷主要由电离施主形成, 电子浓度要比体内小得多, 因此它是一个高阻区域, 常称为阻挡层。
4. **反阻挡层**: 当势垒区内载流子浓度比体内大得多时, 是一个高电导区域, 称为反阻挡层。
5. **表面态**: 当一块半导体突然被中止时, 表面理想的周期性晶格发生中断, 从而导致禁带中出现电子态, 该电子态称为表面态。
6. **表面能级**: 当一块半导体突然被中止时, 表面理想的周期性晶格发生中断, 从而导致禁带中出现附加能级, 该能级称为表面能级。
7. **达姆表面能级**: 晶体自由表面的存在使其周期场在表面处发生中断, 同样也应引起附加能级。这种能级称作达姆表面能级。
8. **被高表面态密度钉扎**: 如果表面态密度很大, 只要 ϕ_s 比 ϕ_m 高一点, 在表面态就会积累很多负电荷, 由于能带向上弯, 表面处 ϕ_s 很接近 ϕ_m , 势垒高度就等于原来费米能级 (设想没有势垒的情形) 和 ϕ_m 之差, 即 $\phi_b = \phi_m - \phi_s$, 这时势垒高度称为被高表面态密度钉扎。
9. **扩散理论**: 对于 n 型阻挡层, 当势垒层的宽度比电子的平均自由程大得多时, 电子通过势垒区要发生多次碰撞, 这样的阻挡层称为厚阻挡层。扩散理论正是适用厚阻挡层的理论。
10. **肖特基势垒**: 金半接触中, 当外加偏压与表面势方向相同时, 不仅势垒高度提高, 而且宽度也相应增大, 势垒宽度也称为势垒厚度。这种厚度依赖于外加电压的势垒称作肖特基势垒。
11. **热电子发射理论**: 当 n 型阻挡层很薄, 以至于电子平均自由程远大于势垒宽度时, 电子在势垒区的碰撞可以忽略, 因此, 这时势垒的形状并不重要, 起决定作用的是势垒高度。半导体内部的电子只要有足够的能量超越势垒的顶点, 就可以自由的通过阻挡层进入金属。同样, 金属中能超越势垒顶的电子也都能到达半导体内。所以, 电流的计算就归结为计算超越势垒的载流子数目。这就是热电子发射理论。
12. **少数载流子的注入**: 在金属和 n 型半导体的整流接触上加正向电压时, 就有空穴从金属流向半导体。这种现象称为少数载流子的注入。
13. **肖特基势垒二极管**: 利用金属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。
14. **欧姆接触**: 金属与半导体接触时可以形成非整流接触, 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。

第八章 半导体表面与 MIS 结构

1. **MIS 结构**: MIS 结构由中间以绝缘层隔开的金属板和半导体衬底组成, 在金属板与半导体间加电压时即可产生表面电场。

2. **反型层**: 对于 p 型衬底来说, 当金属与半导体间的正电压进一步增大时, 表面处电子浓度将超过空穴浓度, 即形成与原来半导体衬底导电类型相反的一层, 叫做反型层。

3. **耗尽状态**: 以 p 型半导体为例, 当金属与半导体间加较小正电压时, 在靠近表面的一定区域内, 价带顶位置比费米能级低得多。根据玻尔兹曼分布, 表面处空穴浓度将较体内空穴浓度低得多, 表面层的负电荷基本上等于电离受主杂质浓度, 表面层的这种状态称作耗尽。

4. **深耗尽状态**: 以 p 型半导体为例, 如在金属与半导体间加一脉冲阶跃或高频正弦波形成的正电压时, 由于空间电荷层内的少数载流子的产生速度赶不上电压的变化, 反型层来不及建立, 只有靠耗尽层延伸向半导体内深处而产生大量受主负电荷以满足电中性条件。因此, 这种情况时耗尽层的宽度很大, 可远大于强反型时的最大耗尽层宽度, 且其宽度随电压 V_g 幅度的增大而增大, 这种状态称为深耗尽状态。

5. **平带电压**: MIS 结构中, 由于金属与半导体功函数差及绝缘层中电荷的影响, 虽然外加偏压为零, 但半导体表面并不处于平带状态。为了恢复平带状态, 必须在金属与半导体间加一定的负电压。这个为了恢复平带状态所需加的电压称为平带电压。

6. **快界面态**: 指存在于硅—二氧化硅界面处而能级位于硅禁带中的一些分立的或连续的电子能态。

7. **表面电导**: 表面电导是指在半导体表面层内沿平行于表面方向的电导, 表面电导的大小取决于表面层内载流子的数量和迁移率。表面层内载流子的数目将随表面势 V_S 的大小而改变, 从而表面电导亦随之改变。

8. **载流子有效迁移率**: 指载流子在表面层中的平均迁移率。

第九章 异质结

1. **异质结**：由两种不同的半导体单晶材料组成的结，称为异质结。
2. **反型异质结**：由导电类型相反的两种不同的半导体单晶材料组成的异质结。
3. **同型异质结**：由导电类型相同的两种不同的半导体单晶材料组成的异质结。
4. **半导体超晶格**：由交替生长两种半导体材料薄层组成的一维周期性结构，而其薄层厚度的周期小于电子的平均自由程的人造材料。
5. **本征吸收（基本吸收）**：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。
6. **直接跃迁**：光子动量远小于电子动量，在跃迁过程中，光子动量可忽略不计。跃迁前后电子动量保持不变，波矢保持不变，能量改变。
7. **间接跃迁**：在跃迁过程中，电子不仅吸收光子，同时还和晶格交换一定的振动能量，即有声子的参与。跃迁前后电子动量改变，波矢也要改变。
8. **激子**：如果光子能量 $h\nu$ 小于 E_g ，价带电子受激发后虽然越出了价带，但还不足以进入导带而成为自由电子，仍然会受到空穴的库仑场作用。实际上，受激电子和空穴互相束缚而结合在一起成为一个新的系统，这种系统称为激子，这样的光吸收称为激子吸收。
9. **自由载流子吸收**：当入射光子的频率不够高，不足以引起电子从带到带的跃迁或形成激子时，仍然存在吸收，而且其强度随波长增大而增加。这是由于自由载流子在同一带内跃迁所引起的，称为自由载流子吸收。
10. **杂质吸收**：束缚在杂质能级上的电子或空穴也可以引起光的吸收。电子可以吸收光子跃迁到导带能级；空穴也同样可以吸收光子而跃迁到价带。这种光吸收称为杂质吸收。
11. **光电导**：光吸收使半导体中形成非平衡载流子，而载流子浓度的增大必然使样品电导率增大，这种由光照引起半导体电导率增加的现象称为光电导。
12. **光生伏特效应**：当用适当波长的光照射非均匀半导体（p-n 结）时，由于内建场的作用，半导体内部产生光生电压，如将 p-n 结短路，则会出现光生电流，这种由内建场引起的光电效应，称为光生伏特效应。
13. **自发辐射**：不受外界因素作用，原子自发地从激发态回到基态引起的光子发射过程，称为自发辐射。
14. **受激辐射**：在光辐射的刺激下，受激原子从激发态向基态跃迁的过程，称为受激辐射。
15. **分布反转**：通常把处在激发态的原子数大于处于基态的原子数的这种反常情况，称为分布反转或粒子数反转。
16. **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 ，则垂直于电场和磁场的方向将产生一个横向电场 E_y ，这个现象称为霍耳效应。
17. **二维电子气**：mos 反型层中的电子被局限在很窄的势阱中运动，所以反型层中的电子沿垂直于界面的 z 方向的运动是量子化的，形成一系列分立能级。在 xy 平面内，即沿着界面方向其能量仍是准连续的。称这样的电子系统为二维电子气。
18. **量子化霍尔效应**：在硅 MOSFET 中，当磁场垂直于反型层，磁感应强度 B 和沿反型层流动的电流 I 保持不变时，改变栅压 V_G ，可改变反型层中载流子密度 n_s 。若 $n_s \propto V_G$ ，则在正常霍尔效应中应有 $V_H \propto I/V_G$ ，但是实验表明在某些 V_G 间隔内， V_H 曲线中出现平台，对应于平台时 V_P 最小趋近于 0，由此得到的霍尔电阻是量子化的。
19. **赛贝克效应**：当两个不同的导体 a 和 b 两端相接，组成一个闭合线路，如两个接头 A 和 B 具有不同的温度，则线路中便有电流，这种电流称为温差电流，这个环路便组成所谓温差电偶，产生电流的电动势称为温差电动势，其数值一般只与两个接头的温度有关。这种由于两端存在温差而产生电动势的现象称为赛贝克效应。
20. **珀耳帖效应**：两不同导体连接后通以电流，在接头处便有吸热或放热现象，称为珀耳帖效应。吸收或放出的热量，只与两种导体的性质及接头的温度有关，而与导体其他部分的情况无关。
21. **汤姆孙效应**：当存在温度梯度的均匀导体中通有电流时，导体除了产生和电阻有关的焦耳热以外，还要

吸收或放出热量。吸收或放出热量的这个效应称为汤姆孙效应，这部分热量称为汤姆孙热量。

22.磁阻效应：在与电流垂直的方向加磁场后，延外加电场方向的电流密度有所降低，即由于磁场的存在，半导体的电阻增大，这个现象称为磁阻效应。

23.物理磁阻效应/磁电阻率效应：材料电阻率随磁场增大的效应。

24.几何磁阻效应：不同几何形状的样品，在同样大小的磁场作用下，其电阻率不同，这个效应称为几何磁阻效应。

25.爱廷豪森效应：当沿 x 方向通电流时，如加有和样品表面垂直的磁场，则在样品 y 方向的两端便产生温度差。沿 y 方向的温度梯度与磁感应强度和电流密度成比例。这个效应称为爱廷豪森效应。

26.能斯特效应：当有热流通过样品，加以与样品表面垂直的磁场后，发现在与热能流及磁场垂直的方向产生电动势，如改变磁场或热流的方向，电动势的方向也将改变，这个现象称为能斯特效应。

27.里纪勒杜克效应：当有热流通过样品，与样品表面垂直的磁场可以使样品的两旁产生温度差，如改变磁场方向，则温度梯度方向也随着改变，这个现象称为里纪勒杜克效应。

28.丹倍效应：光生非平衡载流子的扩散，直接引起沿光照方向的电场，因而沿光照方向产生电势差，这个效应称为丹倍效应。（两种载流子扩散系数不同，所以扩散电流不能完全抵消；如果 $D_n > D_p$ ，电子扩散的快，因而沿 x 方向的总扩散电流为负值。这样，引起电荷积累，使光照一面带正电，形成沿 x 方向的电场。）

29.光磁电效应：如果在垂直光照方向再加以磁场，由于洛伦兹力的作用，电荷发生偏转，引起与霍尔效应类似的效应，在横向引起电场，产生电势差，这个效应称为光磁电效应。

30.光磁电效应与两种载流子的霍尔效应的区别：霍尔效应中定向运动是由外加电场引起的，两种载流子运动方向相反，电流方向相同，垂直磁场使两种载流子向同一方向偏转，效果是相互减弱；而光磁电效应中，定向运动是由扩散引起的，两种载流子扩散方向相同，电流方向相反，在垂直磁场作用下，向相反方向偏转，效果是相互加强的。

31.压阻效应：对半导体施加应力时，除产生形变外，能带结构也要相应的发生改变，因而材料的电阻率就要发生改变，这种现象称为压阻效应。

32.声电效应：声波在半导体中传播时，沿声波的传播方向会产生直流电场，这个现象称为声电效应，这是由于载流子被声波引拽引起的。

33.超声放大效应：在声电效应中，如果再加以外电场，使载流子的漂移速度略大于声波的传播速度时，就会使输入的超声波得到放大，这个效应称为超声放大效应。

34.声磁电效应：当声波沿 x 方向传播时，由于声子引拽效应，在 x 方向便引起电子和空穴流，再沿 z 方向加磁场 B_z 时，由于洛伦兹力的作用，电子便向正 y 方向偏转，空穴向负 y 方向偏转，因而沿 y 方向产生了一个电场，这就是声磁电效应。