## 第一章

**习题**

**1.倒格子的实际意义是什么？一种晶体的正格矢和相应的倒格矢是否有一一对应的关系？**

答：（1）倒格子的实际意义是指由倒格子组成的状态空间，在晶体的X射线衍射照片上的斑点，实际上就是倒格子所对应的点子。

（2）是，二者之间存在一一对应的关系。

因为：由正格子的基矢**（a1，a2，a3）**定义的三个矢量**（b1，b2，b3）**，

即倒格子与正格子之间有如下关系：

**2.假设有一立方晶体，画出其各晶面。**

**3.已知Si的晶格常数或单胞的边长a=5.43089Å，求：**

**（1）Si的原子体密度。**

**（2）(111)面、（110）面以及（110）面的原子面密度，比较哪个晶面的面密度最大，哪个晶面的面密度最小。**

答：（1）每个晶胞中有8个原子，晶胞体积为a3，每个原子所占的空间体积为a3/8，因此每立方厘米体积中的硅原子数为：

8/a3=8/(5.43×108)3=5×1022

即原子体密度为5×1022个原子/cm3。

(2)（111）面为一个边长为a√2的等边三角形，有效原子数为

等边三角形的面积为S=1/2\*a√2/2\* a√10/2= a2√5/4。

则（111）面原子面密度为：

同理，（110）面原子面密度为：

（100）面原子面密度为：

对比可以看出，原子面密度最高的是（111）面，最低的是（100）面。

**测试题**

**1.对于一个立方晶格：**

**（1）晶面和方向矢量如图所示，求其密勒指数。**

**（2）画出晶面为（110）、晶向为（110）的晶面和方向矢量。**

解：（1）取该晶面在三个坐标轴上的截距（2，-1，1）的倒数为（1/2，-1，1），整体乘以最小公分母2，换算成三个最小的整数值，可以得到其晶面的密勒指数为（1，-2，2）。

（2）

## 第二章

**习题**

**1.某固体有如图2-23所示的能带结构，阴影区域是被电子填充的能带区域，下面的能带被电子填满，上面的能带被电子部分填满。**

**（1）判断图中所示能带结构所对应的固体呈现金属、半导体还是绝缘体的电导性能。**

**（2）如果下面能带有部分的电子移动到上面的能带，该固体呈现金属、半导体还是绝缘体的电导性能？**

**（3）如果上面能带的电子全部移走，该固体呈现金属、半导体还是绝缘体的电导性能？**

**（4）把上面的部分填充能带中加入电子使其成为满带，预测该固体呈现金属、半导体还是绝缘体的电导性能。**

答：（1）图中所示能带结构中，能带被电子部分填充，则对应的是金属的电导性能。。

（2）半导体。

（3）根据禁带宽度判断，禁带宽度窄则为半导体，宽则为绝缘体。

（4）绝缘体。

**2.图2-24中的A、B 分别为两种半导体材料价带中载流子的E-k关系抛物线，其中哪个材料的电子有效质量小？为什么？试确定两种电子的有效质量之比(以自由电子质量为单位) 。**

解：：由图可知，B材料的能带极值附近的曲率变化较大，故其电子有效质量小。所以，A、B材料的电子有效质量之比为0.13/0.5=0.26，B材料的电子有效质量小。

**3.某一维晶体的电子能带为**

**其中E0=3eV，晶格常数a=5х10-11m。求：**

**(1)能带宽度；**

**(2)能带底和能带顶的有效质量。**

解：(1)由题意得：

令第一个式子为0，可以得到

则k1a=18.4349°，k2a=198.4349°

当k1a=18.4349°，，

对应能带极小值；

当k2a=198.4349°，

对应能带极大值。

则可以得到能带宽度

（2）

**测试题**

**1.图2-25所示为某半导体材料的价带，试说明其A、B和C三条价带的载流子有效质量从大到小的排列顺序，并给出理由。**

解：从图可知，能带极值附近的曲率变化最大的是C带,最小的是A带，因载流子的有效质量与曲率变化成反比，故三条价带的载流子有效质量从大到小的排列顺序是A>B>C。

**2.Si的禁带宽度为1.12eV。试求将价带电子激发到导带中的光子的最小频率及其所对应的带隙波长。**

解：由于，则可得：

## 第三章

**习题**

**1.掺杂半导体与本征半导体之间有何差异？试举例说明掺杂对半导体的导电性能的影响。**

答：本征半导体是没有杂质原子和缺陷的纯净晶体，其特点是电子-空穴成对出现。掺杂半导体是掺入特定的、微量的替位型杂质的半导体，用以调控半导体导电能力和电流大小。

例如纯净的单晶硅其导电性能其实很差，但是只要掺入百万分之一的三价或者五价杂质，其导电性能就会突飞猛进的变化，各种集成电路的基本结构均是基于n、p掺杂。

**2.试简述杂质在半导体中的几种作用，并分别在能带图上标志出其在半导体中的跃迁过程。**

答：主要作用有以下几种：

（1）作为浅能级杂质起到施主和受主的作用，使载流子浓度增加。

（2）作为深能级杂质起到复合中心和陷阱的作用，使载流子浓度减少。

**3.试说明浅能级杂质和深能级杂质的物理意义及特点。**

答：物理意义：在纯净的半导体中，掺入少量的其他元素杂质，对半导体的性能影响很大，由于杂志的存在，使得该处的周期性势场受到扰乱，因而杂质的电子不能处于正常的导带和价带中，而是在禁带中引入分裂能级，即杂质能级。根据杂质能级在禁带中的位置不同，分为深能级杂质和浅能级杂质。又根据杂质电离后释放的电子还是空穴，分为施主和受主两类。

特点：对于浅能级杂质，施主或受主能级离导带底或价带顶很近，电离能级很小，在常温下，杂志基本全部电离，使得导带或价带增加电子或空穴，它的重要作用是改变半导体的导电类型和调节半导体的导电能力。对于深能级杂质，能级较深，电离能很大，对半导体的载流子浓度和导电类型没有显著的影响，但能提供有效的复合中心，可用于高速开关器件。

**4.何谓非平衡载流子？非平衡状态与平衡状态的差异何在?**

解：半导体处于非平衡态时，附加的产生率使载流子浓度超过热平衡载流子浓度，额外产生的这部分载流子就是非平衡载流子。通常所指的非平衡载流子是指非平衡少子。

热平衡状态下半导体的载流子浓度是一定的，产生与复合处于动态平衡状态，跃迁引起的产生、复合不会产生宏观效应。在非平衡状态下，额外的产生、复合效应会在宏观现象中体现出来。

**5.简述半导体中不同复合之间的异同。**

解：半导体中的复合主要分为以下几种：

（1）直接复合：是指导带电子直接回到价带和空穴进行复合的过程。

（2）间接复合：导带电子通过深能级间接回到价带与空穴进行复合的过程。

（3）激子复合：由激发态电子和价带空穴对应的电子-空穴对的复合。

（4）俄歇复合：是有三个电荷参与的三粒子过程，其中一对电子-空穴复合，同时将多余的能量传递给第三个电荷（电子或空穴）。

**6.复合中心与陷阱有何异同？**

解：二者均会俘获载流子。但是复合中心可以促进载流子复合，降低少子寿命，能同时俘获两种载流子，常为深能级杂质。而陷阱中心只存储一种载流子，常为浅能级杂质。

**测试题**

**1.对As、Ga和C，哪个能将纯Si掺杂为n型半导体？解释其原因。**

答：这三个中，As为五价元素，Ga为三价元素，C为四价元素；掺杂进四价的Si原子中，要想让电子成为主要载流子，应该掺杂五价元素，因此应该掺杂As。

**2.对In、Si、Br和N，哪个能将纯Ge掺杂为p型半导体？解释其原因。**

答：同上，要将四价的Ge中掺杂而使得空穴成为主要载流子，应该掺杂比Ge低价的元素，因此应该掺杂In。