• 缺陷类型  
• 能态密度  
• 玻尔兹曼分布  
• 掺杂  
• 杂质电离能  
• 补偿掺杂

**1. 限制在边长为的正方形中的个自由电子，电子的能量**

**(1) 求能量到之间的状态数；**

**(2) 求此二维系统在绝对零度的费米能量。**

**答：**

(1) 二维情况下空间的态密度为：

能量为的圆内，电子能态总数为：

结合关系，得到：

则能量到之间的状态数为：

即能态密度。

(2) 利用绝对零度下的分布，得到：

由此得到二维系统在绝对零度的费米能量为：

2. **制造晶体管一般是在高杂质浓度的n型衬底上外延一层n型外延层，再在外延层中扩散硼、磷而成。**

**(1) 设n型硅单晶衬底是掺锑的，锑的电离能为0.039eV，300K时的位于导带下面0.026eV处，计算锑的浓度和导带中电子浓度。（注意简并）**

**(2) 设n型外延层杂质均匀分布完全电离，杂质浓度为，计算300K时的位置及电子和空穴的浓度。**

**(3) 在外延层中扩散硼后，硼的浓度分布随样品深度变化。设扩散层某一深度处硼浓度为，计算300K时的位置及电子和空穴的浓度。**

**(4) 如温度升高到500K，计算（3）中电子和空穴的浓度。**

**已知：，300K时Si的本征载流子浓度，500K时Si的本征载流子浓度**

**答：**

(1)由题意得

300K时，在0到2.3之间，此时为弱简并，不能用近似玻尔兹曼分布，应该用费米分布计算电子浓度：

其中：

又

其中2表示施主能级的基态简并因子，表示束缚能（电离能）。

所以杂质浓度为

(2) 300K时杂质完全电离，可以近似用玻尔兹曼关系求解。

由于杂质全部电离，电子浓度：

空穴浓度：

可以解得此时的费米能级为：

(3) 掺杂硼为受主杂质，浓度比n型施主杂质浓度高，因此整体呈p型，空穴载流子浓度为：

则电子浓度为：

已知p型半导体：

本征半导体有：

两式相比，得：

Or Ec-0.83eV

(4) 500K时处于过渡区，导带电子部分来源于完全电离的杂质，部分来源于本征激发。

500K时

解方程得到：