掌心博阅电子书重点名校考研专业课精品资料系列

【强化】2024年大连理工大学085403集成电路工程《805半导体物理之固体物理学》考研强化模考5套卷

主编：掌心博阅电子书

青岛掌心博阅电子书 出品

特别说明

本书严格按照该科目今年考研专业课真题题型、试题数量和考试难度出题，结合本专业考研大纲整理编写，由考研学长严格审核校对。其内容涵盖了本科目考研常考试题及重点试题，针对性强，是报考本校该科目考研专业课复习的重要资料。

版权声明

青岛华研教育旗下掌心博阅电子书依法对本书享有专有著作权，同时我们尊重知识产权，对本电子书部分内容参考和引用的市面上已出版或发行图书及来自互联网等资料的文字、图片、表格数据等资料，均要求注明作者和来源。但由于各种原因，如资料引用时未能联系上作者或者无法确认内容来源等，因而有部分未注明作者或来源，在此对原作者或权利人表示感谢。若使用过程中对本书有任何异议请直接联系我们，我们会在第一时间与您沟通处理。

因编撰此电子书属于首次，加之作者水平和时间所限，书中错漏之处在所难免，恳切希望广大考生读者批评指正。

目录

【强化】2024 年大连理工大学 085403 集成电路工程《805 半导体物理之固体物理学》考研强化模考 5 套卷（一） 4

【强化】2024 年大连理工大学 085403 集成电路工程《805 半导体物理之固体物理学》考研强化模考 5 套卷（二） 9

【强化】2024 年大连理工大学 085403 集成电路工程《805 半导体物理之固体物理学》考研强化模考 5 套卷（三） 13

【强化】2024 年大连理工大学 085403 集成电路工程《805 半导体物理之固体物理学》考研强化模考 5 套卷（四） 17

【强化】2024 年大连理工大学 085403 集成电路工程《805 半导体物理之固体物理学》考研强化模考 5 套卷（五） 21

【强化】2024年大连理工大学085403集成电路工程《805半导体物理之固体物理学》考研强化模考5套卷（一）

说明：本书按照考试大纲、历年真题、指定参考书等公开信息潜心整理编写，由学长严格审核校对，仅供考研备考使用，与目标学校及研究生院官方无关，如有侵权请联系我们立即处理。

一、填空题

1．**电子在三维周期性晶格中波函数方程的解具有_____形式，式中_____在晶格平移下保持不变。**

【答案】$\psi_{\vec{k}}(\vec{r})=e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}}u_{\vec{k}}(\vec{r})$；$u_{\vec{k}}(\vec{r})$

2．**由完全相同的一种原子构成的格子，格子中只有一个原子，称为_____格子，由若干个布喇菲格子相套而成的格子，叫做_____格子。其原胞中有_____以上的原子。**

【答案】布喇菲；复式；两个

3．**爱因斯坦模型建立的基础是认为所有的格波都以相同的_____振动，忽略了频率间的差别，没有考虑_____的色散关系。**

【答案】频率；格波

4．**具有晶格周期性势场中的电子，其波动方程为_____。**

【答案】$[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+V(\vec{r})]\psi(\vec{r})=E\psi(\vec{r})$

二、综合题

5．**在一维复式格子中，如果**$m=5\times1.67\times10^{-27}kg$，$\frac{M}{m}=4$，$\beta=15N/m$，**计算：**

(1)光学波频率的最大值$\omega^o_{\max}$和最小值$\omega^o_{\min}$，声学波频率的最大值$\omega^A_{\max}$；

(2)相应声子的能量$E^o_{\max}$、$E^o_{\min}$和$E^A_{\max}$；

(3)如果用电磁波激发光学波，要激发$\omega^o_{\max}$的声子所用的电磁波波长在什么波段？

【答案】(1)声学波的最大频率：

$\omega^A_{\max}=\sqrt{\frac{2\beta}{M}}$，$\omega^A_{\max}=3\times10^{14}\,rad/s$

光学波的最大频率：$\omega^O_{\max}=\sqrt{\frac{2\beta}{\mu}}$，$\mu=\frac{mM}{m+M}=0.2M$

$\omega^O_{\max}=\sqrt{5}\sqrt{\frac{2\beta}{M}}=6.7\times10^{14}\,rad/s$

光学波的最小频率：$\omega^O_{\min}=\sqrt{\frac{2\beta}{m}}=6\times10^{14}\,rad/s$

(2)相应声子的能量

$\omega^A_{\max}=\sqrt{\frac{2\beta}{M}}$，$E^A_{\max}=\hbar\omega^A_{\max}$，$E^A_{\max}=0.198eV$

$\omega_{\max}^{O}=\sqrt{\frac{2\beta}{\mu}}$，$E_{\max}^{O}=\hbar\omega_{\max}^{O}$，$E_{\max}^{O}=0.442eV$

$\omega_{\min}^{O}=\sqrt{\frac{2\beta}{m}}$，$E_{\min}^{O}=\hbar\omega_{\min}^{O}$，$E_{\min}^{O}=0.396eV$

(3)因为 $E_{\max}^{O}=0.442eV$，对应电磁波的波长为 $\lambda=2.8\mu m$

要激发 $\omega_{\max}^{O}$ 的声子所用的电磁波波长在近红外线波段

6. **试证明面心立方与体心立方互为正倒格子。**

【答案】面心立方：

$$\boldsymbol{a}_1=\frac{a}{2}(\boldsymbol{j}+\boldsymbol{k})$$

$$\boldsymbol{a}_2=\frac{a}{2}(\boldsymbol{k}+\boldsymbol{i})\ (1)$$

$$\boldsymbol{a}_3=\frac{a}{2}(\boldsymbol{i}+\boldsymbol{j})$$

由正格子和倒格子的转换关系

$$\vec{b_1}=2\pi(\vec{a_2}\times\vec{a_3})/\Omega$$

$$\vec{b_2}=2\pi(\vec{a_3}\times\vec{a_1})/\Omega\ (2)$$

$$\vec{b_3}=2\pi(\vec{a_1}\times\vec{a_2})/\Omega$$

其中：$\Omega=\vec{a_1}\bullet(\vec{a_2}\times\vec{a_3})$ 得：

$$\vec{b_1}=\frac{2\pi}{a}(-\vec{i}+\vec{j}+\vec{k})$$

$$\vec{b_2}=\frac{2\pi}{a}(\vec{i}-\vec{j}+\vec{k})\quad(3)$$

$$\vec{b_3}=\frac{2\pi}{a}(\vec{i}+\vec{j}-\vec{k})$$

在体心立方中

$$\vec{a_1}=\frac{a}{2}(-\vec{i}+\vec{j}+\vec{k})$$

$$\vec{a_2}=\frac{a}{2}(\vec{i}-\vec{j}+\vec{k})\quad(4)$$

$$\vec{b_3}=\frac{a}{2}(\vec{i}+\vec{j}-\vec{k})$$

由(2)式可得

$$\vec{b_1}=\frac{2\pi}{a}(\vec{j}+\vec{k})$$

$$\vec{a_2}=\frac{2\pi}{a}(\vec{k}+\vec{i})\ (5)$$

$$\vec{a_3}=\frac{2\pi}{a}(\vec{i}+\vec{j})$$

比较(1)与(5)，(3)与(4)便可得面心立方与体心立方互为正，倒格子。

7．**已知电子在周期场中的势能为**

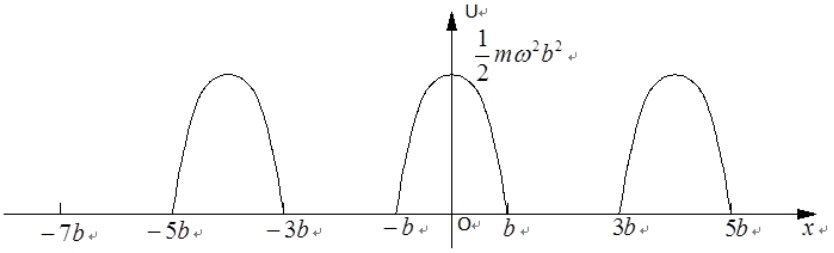
$$\begin{cases}U(x)=\dfrac{1}{2}m\omega^2[b^2-(x-na)^2], & 当na-b\le x\le na+b时\\ U(x)=0, & 当(n-1)a+b\le x\le na-b时\end{cases}$$

其中：$a=4b$，ω为常数。

(1)画出势能曲线，并求出其平均值；

(2)用近自由电子模型求出此晶体的第 1 及第 2 个禁带宽度。

【答案】(1)该周期场的势能曲线如下所示：



其势能平均值为：

$$\overline{U}=\frac{\int_{-\infty}^{+\infty}U(x)dx}{\int_{-\infty}^{+\infty}dx}=\frac{\int_{-3b}^{b}U(x)dx}{\int_{-3b}^{b}dx}=\frac{\int_{-b}^{b}\frac{1}{2}m\omega^2(b^2-x^2)dx}{4b}=\frac{1}{6}m\omega^2b^2$$

(2)根据近自由电子模型，此晶体的第 1 及第 2 个禁带宽度为

$$\Delta E_1=2|U_1|\quad \Delta E_2=2|U_2|$$

其中U_1和U_2表示周期场$U(x)$的展开成傅立叶级数的第一和第二个傅立叶系数。

于是有

$$U_1=\frac{1}{4b}\int_{-3b}^{b}e^{-i2\pi\frac{1}{4b}\xi}U(\xi)d\xi=\frac{1}{4b}\int_{-b}^{b}e^{-i2\pi\frac{1}{4b}\xi}\frac{1}{2}m\omega^2(b^2-\xi^2)d\xi=\frac{4m\omega^2b^2}{\pi^3}$$

$$U_2=\frac{1}{4b}\int_{-3b}^{b}e^{-i2\pi\frac{2}{4b}\xi}U(\xi)d\xi=\frac{1}{4b}\int_{-b}^{b}e^{-i2\pi\frac{2}{4b}\xi}\frac{1}{2}m\omega^2(b^2-\xi^2)d\xi=\frac{m\omega^2b^2}{2\pi^2}$$

故此晶体的第 1 及第 2 个禁带宽度为

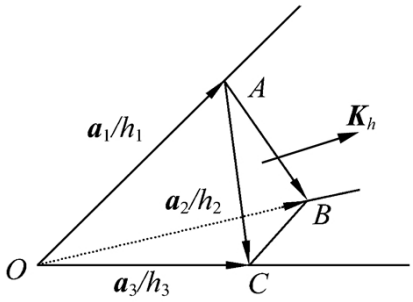
$$\Delta E_1=2|U_1|=\frac{8m\omega^2b^2}{\pi^3}\quad \Delta E_2=2|U_2|=\frac{m\omega^2b^2}{\pi^2}$$

8. **什么是德拜温度？它有什么物理意义？**

【答案】德拜弹性波模型的截止频率 ω_m 按 $\frac{\hbar\omega_m}{k_B}$ 关系式换算得到的温度 Θ_D 称为德拜温度。热容量的特征完全由德拜温度确定，它近似地代表经典比热理论适用的高温范围同低温适用的低温范围的分界温度。可以粗略地指示出晶格振动频率的数量级。

9. **证明倒格子矢量 $\vec{G}=h_1\vec{b}_1+h_2\vec{b}_2+h_3\vec{b}_3$ 垂直于密勒指数为 $(h_1h_2h_3)$ 的晶面系。**

【答案】离原点最近的晶面如下图所示：



ABC 是晶面族 $(h_1h_2h_3)$ 离原点最近的晶面，

$$\vec{K}_h\cdot\vec{AC}=(h_1\vec{b}_1+h_2\vec{b}_2+h_3\vec{b}_3)\cdot(\frac{\vec{a}_3}{h_3}-\frac{\vec{a}_1}{h_1})=2\pi-2\pi=0$$

$$\vec{K}_h\cdot\vec{AB}=(h_1\vec{b}_1+h_2\vec{b}_2+h_3\vec{b}_3)\cdot(\frac{\vec{a}_2}{h_2}-\frac{\vec{a}_1}{h_1})=2\pi-2\pi=0$$

所以 $\vec{K}_h=h_1\vec{b}_1+h_2\vec{b}_2+h_3\vec{b}_3$ 与晶面 ABC 正交，也即与晶面指数为 $(h_1h_2h_3)$ 的晶面族正交。

10. Na **和** Cl **的原子量分别为 23 和 37。氯化钠立方晶胞边长为** $0.56nm$**，在** $[100]$ **方向可以看作是一组平行的离子链。离子间距** $d=0.28nm$**。** $NaCl$ **晶体的杨氏模量为** $5\times10^{10}N\cdot m^{-2}$**，如果全放射的光频率与** $q=0$ **的光频模频率相等，求对应的光波波长（实验值为** $61\mu m$**）。**

【答案】在一维双原子链模型中，$q=0$ 时，光频模频率为

$$\omega(0)=\left[2\beta\left(\frac{1}{M_1}+\frac{1}{M_2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$

杨氏模量为

$$Y=\frac{L}{A}\left(\frac{\partial F}{\partial l}\right)_T=\frac{d}{d^2}\beta$$

故，

$$\beta=dY$$

光波波长为

$$\lambda=cT=c\cdot\frac{2\pi}{\omega}$$

$$= \frac{2\pi c}{\left[2\beta\left(\frac{1}{M_1}+\frac{1}{M_2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{2\pi c}{\left[2dY\left(\frac{1}{M_1}+\frac{1}{M_2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$\approx 54.6\mu m$$

【强化】2024年大连理工大学085403集成电路工程《805半导体物理之固体物理学》考研强化模考5套卷（二）

说明：本书按照考试大纲、历年真题、指定参考书等公开信息潜心整理编写，由学长严格审核校对，仅供考研备考使用，与目标学校及研究生院官方无关，如有侵权请联系我们立即处理。

一、填空题

1．**按结构划分，晶体可分为_____大晶系，共_____布喇菲格子。**

【答案】7；14

2．**电子占据了一个能带中的所有的状态，称该能带为_____；没有任何电子占据的能带，称为_____；导带以下的第一满带，或者最上面的一个满带称为_____；最下面的一个空带称为_____；两个能带之间，不允许存在的能级宽度，称为_____。**

【答案】满带；空带；价带；导带；带隙

3．**典型的晶格结构具有简立方结构，_____，_____，_____四种结构。**

【答案】体心立方；面心立方；六角密排

4．**费米能量与_____和_____因素有关。**

【答案】电子密度；温度

二、综合题

5．**用紧束缚方法处理面心立方晶体的s态电子，若只计最近邻的相互作用，试导出其能带为：**

$$E\left(\vec{k}\right)=E_0-A-4J\left[\cos\frac{k_xa}{2}\cos\frac{k_ya}{2}+\cos\frac{k_ya}{2}\cos\frac{k_za}{2}+\cos\frac{k_xa}{2}\cos\frac{k_za}{2}\right],$$

并求能带底部电子的有效质量。

【答案】面心立方的每个格点有12个最近邻，如晶格常数为a，取某格点为坐标原点，则这12个最近邻的坐标为：

$\left(\frac{a}{2},-\frac{a}{2},0\right);\left(\frac{a}{2},\frac{a}{2},0\right);\left(-\frac{a}{2},\frac{a}{2},0\right);\left(-\frac{a}{2},-\frac{a}{2},0\right);$

$\left(0,-\frac{a}{2},-\frac{a}{2}\right);\left(0,\frac{a}{2},-\frac{a}{2}\right);\left(0,\frac{a}{2},\frac{a}{2}\right);\left(0,-\frac{a}{2},\frac{a}{2}\right);$

$\left(\frac{a}{2},0,-\frac{a}{2}\right);\left(\frac{a}{2},0,\frac{a}{2}\right);\left(-\frac{a}{2},0,\frac{a}{2}\right);\left(-\frac{a}{2},0,-\frac{a}{2}\right);$

$$E\left(\vec{k}\right)=E^s+C-J\sum_l e^{i\vec{k}\bullet\vec{R}_l}$$

$$=E^s+C-J\left[\begin{array}{l}e^{i\vec{k}\bullet\left(\frac{a}{2}\vec{i}-\frac{a}{2}\vec{j}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(\frac{a}{2}\vec{i}+\frac{a}{2}\vec{j}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(-\frac{a}{2}\vec{i}+\frac{a}{2}\vec{j}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(-\frac{a}{2}\vec{i}-\frac{a}{2}\vec{j}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(-\frac{a}{2}\vec{j}-\frac{a}{2}\vec{k}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(\frac{a}{2}\vec{j}-\frac{a}{2}\vec{k}\right)}\\+e^{i\vec{k}\bullet\left(\frac{a}{2}\vec{j}+\frac{a}{2}\vec{k}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(-\frac{a}{2}\vec{j}+\frac{a}{2}\vec{k}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(\frac{a}{2}\vec{i}-\frac{a}{2}\vec{k}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(\frac{a}{2}\vec{i}+\frac{a}{2}\vec{k}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(-\frac{a}{2}\vec{i}+\frac{a}{2}\vec{k}\right)}+e^{i\vec{k}\bullet\left(-\frac{a}{2}\vec{i}-\frac{a}{2}\vec{k}\right)}\end{array}\right]$$

$$=E^s+C-4J\left[\cos\frac{k_xa}{2}\cos\frac{k_ya}{2}+\cos\frac{k_ya}{2}\cos\frac{k_za}{2}+\cos\frac{k_xa}{2}\cos\frac{k_za}{2}\right]$$

对于上式表示的能带，其最小值位于倒空间的原点，

$E_{min}=E^s+C-12J$

$E_0=E_{\min}$，令$A=-12J$，则

$$E\left(\vec{k}\right)=E_0-A-4J\left[\cos\frac{k_xa}{2}\cos\frac{k_ya}{2}+\cos\frac{k_ya}{2}\cos\frac{k_za}{2}+\cos\frac{k_xa}{2}\cos\frac{k_za}{2}\right]$$

将上式中三角函数在$k=0$附近展开，可得：

$$E\left(\vec{k}\right)=E_{\min}+Ja^2\left(k_x^2+k_y^2+k_z^2\right)$$

$$=E_{\min}+\frac{\hbar^2k^2}{2m^*}$$

$$m^*=\frac{\hbar^2}{2Ja^2}\succ 0$$

6． **试述固体物理学原胞和结晶学原胞的相似点和区别?**

【答案】固体物理学原胞是只考虑周期性的最小的重复单元，而晶胞是同时计及周期性与对称性的尽可能小的重复单元。两者都体现了晶体结构的周期性，但是结晶学原胞还要考虑到对称性，所以其体积往往是固体物理学原胞的几倍。固体物理学原胞原子都在顶点，而结晶学原胞原子可以在顶点也可以在面心、体心即存在于原胞内部。

7． **电子在周期场中的势能**

$$V(X)=\begin{cases}\frac{1}{2}m\omega^2\left[b^2-\left(x-na\right)^2\right],\text{当}na-b\le x\le na+b\\0,\text{当}(n-1)a+b\le x\le na-b\end{cases}$$

且 a=4b, ω 是常数。试画出此势能曲线，并求此势能的平均值。

【答案】势能曲线为：

$$\overline{V}=\frac{1}{a}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}}V\left(x\right)dx=\frac{1}{a}\int_{-\frac{a}{4}}^{\frac{a}{4}}\frac{1}{2}m\omega^2\left[b^2-\left(x-na\right)^2\right]dx$$

$$=\frac{m\omega^2a^2}{96}$$

8． **如 X 射线沿简立方原胞的 Oz 负方向入射，求证当 $\lambda/a=2l/(k^2+l^2)$ 和 $\cos\beta=(l^2-k^2)/(l^2+k^2)$ 时，衍射光线在 yz 平面上，β 为衍射线和 Oz 轴的夹角。**

【答案】简立方的原胞的正格子基矢为：

$$\vec{a_1}=a\vec{i}$$

$$\vec{a_2}=a\vec{j}$$

$$\vec{a_3}=a\vec{k}$$

$$\Omega=a^3$$

其倒格矢为：

$$\vec{b_1}=\frac{2\pi}{a}\vec{i}$$

$$\vec{b_2}=\frac{2\pi}{a}\vec{j}$$

$$\vec{b_3}=\frac{2\pi}{a}\vec{k},$$

$$\therefore \vec{k_h}=\frac{2\pi}{a}h\vec{i}+\frac{2\pi}{a}k\vec{j}+\frac{2\pi}{a}l\vec{k}$$

由图可知：

$$\sin\theta=\cos\frac{\beta}{2}=\sqrt{\frac{1+\cos\beta}{2}}=\sqrt{\frac{l^2}{l^2+k^2}}$$

将 $\frac{\lambda}{a}=\frac{2l}{k^2+l^2},\sin\theta=\sqrt{\frac{l^2}{l^2+k^2}}$ 代入

$$m\left|\vec{k_h}\right|=2\square\frac{2\pi}{\lambda}\sin\theta\text{得：}$$

$$m\frac{2\pi}{a}(h^2+k^2+l^2)^{1/2}=2\square\frac{2\pi}{\lambda}\square\frac{l}{(l^2+k^2)^{1/2}}$$

$$m(h^2+k^2+l^2)^{1/2}=(k^2+l^2)^{1/2}$$

当 m=1，$h^2=0$ 时，上式可以成立

当 h=0 时，$\vec{k_h}$ 只有 $\vec{k},\vec{j}$ 分量，即 $\vec{k_0}$ 只有 $\vec{k}$ 分量，而 $\vec{k}-\vec{k_0}=\vec{k}_h,\vec{k}$ 亦只有 y，z 分量，即衍射光线在 yz 平面上。

9． **试叙述原子能级与能带之间的对应关系。**

【答案】原子能级与能带之间存在着两种对应关系，一是简单的一一对应，原子的各不同能级在固体中将产生一系列相应的能带，低能级的能带较窄，高能级的能带较宽。二是在形成晶体的过程中，不同原子态之间有可能相互混和，使对应关系变的比较复杂，可认为主要是由几个能级相近的原子态相互结合而形成能带，能带发生了明显的重叠。

10．**近自由电子模型与紧束缚模型各有何特点？它们有相同之处？**

【答案】所谓近自由电子模型就是认为电子接近于自由电子状态的情况，而紧束缚模型则认为电子在一个原子附近时，将主要受到该原子场的作用，把其它原子场的作用看成微扰作用。这两种模型的相同之处是：选取一个适当的具有正交性和完备性的布洛赫波形式的函数集，然后将电子的波函数在所选取的函数集中展开，其展开式中有一组特定的展开系数，将展开后的电子的波函数代入薛定谔方程，利用函数集中各基函数间的正交性，可以得到一组各展开系数满足的久期方程。这个久期方程组是一组齐次方程组，由齐次方程组有解条件可求出电子能量的本征值，由此便揭示出了系统中电子的能带结构。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/425302023001011230