

麻省理工学院

电气工程和计算机科学系

新加坡分校

微纳米系统材料课程

MIT6.012/SMA5111 复合半导体

习题组 2

发布: 三月四日, 2003 交作业: 三月 11, 2003

注: 需用列在习题后的材料参数来解题。

习题 1 想像你构造一个量子结构, 层厚控制精度为加减一个单层, 或 $\pm 0.25\text{nm}$ 。计算下列结构中的最低量子数态在导带上的能量:

- (a) $5\text{nm} \pm 0.25\text{nm}$ 宽的量子阱
- (b) $5\text{nm} \pm 0.25\text{nm} \times 5\text{nm} \pm 0.25\text{nm}$ 的量子盒
- (c) 量子线, 其 $n=1$ 的能级与 (a) 的结果相同, 并给出量子线的尺度。
- (e) 一个量子盒, 其 $n=1$ 的能级与 (a) 的结果相同, 并给出量子盒的尺度。

假设结构由 GaAs 制成 ($m^*=0.07m_0$) 而且势垒无穷高。给出能级的标称值和由于尺寸不确定造成的变化。

习题 2 该习题两部分都涉及异质结。(a) 部分为 P - n 结, (b) 部分为 N - p 结:

- (a) 有一 P - n 异质结, $N_{AP} = 5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $N_{DN} = 10^{17} \text{cm}^{-3}$, 画出能带草图并标出尺寸。
- (b) 考虑一个 N - p 异质结, $N_{DN} = 2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $N_{AP} = 6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$:
 - a) 导带的尖峰相比与在 p 一侧准中性区域的导带边缘高出多少? (即 $x > x_p$ 的区域)?
 - b) 需加多大的反向偏置将尖峰移入导带内?
 - c) 将 N 侧的界面做成最小宽度的梯度将尖峰消除。让梯度从 E_{gN} 至 E_{gp} , 在多大的距离上需将界面梯度化?

习题 3

- (a) 在一 4nm 宽的 GaAs ($m^*=0.07m_0$) 量子阱中, 当 $n=2$ 填充前, 电子面密度是多少? (即在 $E=E_1$ 和 $E=E_2$ 间 $n=1$ 中的态密度是多少) 假设零温度 $T=0\text{K}$ 和无限深势阱。
- (b) 在 $n=3$ 填充前, 重复此计算;
- (c) 对于 $m^*=0.5m_0$ 重空穴重复此计算。

习题 4

如需以 $1\mu\text{m}$ 每小时的速率在 100 取向的基底上外延生长 GaAs,

- (a) 镓原子必须以什么速率供应给该表面?
- (b) 生长一单层 GaAs 需多少时间? 单层定义为一层镓和一层砷原子。该定义是有争议

的，但这里采用该定义。

- (c) 假设在表面的镓原子有 RMS 的热运动速度对应于 $kT/2$ 。该速度有多大？在镓原子层完成并被砷原子覆盖形成晶格前，镓原子运动的平均距离是多少？对 $T = 800\text{K}$ 和 300K 两种情况求解。

习题 1 - 3 涉及异质结，采用下列参数计算。

NOTE: In Problems 1 thru 3 concerning heterostructures, use the following parameters values for the two semiconductors:

	<u>Wider bandgap</u> ($\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$)	<u>Narrower bandgap</u> (GaAs)
Electron Affinity (eV)	3.63	4.07
Energy gap (eV)	1.92	1.42
Conduction band density of states, N_C (cm^{-3})	5.0×10^{17}	4.7×10^{17}
Valence band density of states, N_V (cm^{-3})	8.0×10^{18}	7.0×10^{18}
Relative dielectric constant, ϵ_r	11.6	12.9