



Физика для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)
Решение задачи 4. Эпитаксия нанослоя

1. Низкое давление необходимо для увеличения длины свободного пробега молекул распыляемого вещества.
2. Общее число молекул найдем, выразив объемную концентрацию по формуле

$$p = nkT$$

$$N = \frac{p}{kT} V = \frac{10^{-6} \text{ Па}}{1.3 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 293 \text{ К}} 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \approx 5.4 \cdot 10^{12}$$

3. Интенсивное испарение при столь низком давлении будет происходить без плавления, т. е. вещества будут возгоняться. Данная в условии зависимость давления насыщенных паров от температуры позволяет определить точку при которой начнется интенсивное испарение. Для As $T_{As} \approx 420 \text{ К}$, а для Al $T_{Al} \approx 940 \text{ К}$. При указанных температурах давление насыщенных паров этих веществ сравнивается с давлением воздуха в камере. Чтобы найти тепловую энергию, необходимую для нагрева навесок (кусочков) этих веществ, найдем табличные значения удельной теплоемкости и запишем Q_{As} и Q_{Al} :

$$Q = cm\Delta T$$

$$Q_{As} = 328 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot (420\text{К} - 293\text{К}) \approx 208\text{Дж}$$

$$Q_{Al} = 904 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot (940\text{К} - 293\text{К}) \approx 2911\text{Дж}$$

$$P_{As} = \frac{Q_{As}}{\tau} = 3 \text{ Вт}$$

$$P_{Al} = \frac{Q_{Al}}{\tau} = 48 \text{ Вт}$$

4. Среднеквадратичные скорости молекул найдем, используя теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы:

$$\frac{3kT}{2} = \frac{4m_{As}\langle V_{As}^2 \rangle}{2}$$

$$\frac{3kT}{2} = \frac{m_{Al}\langle V_{Al}^2 \rangle}{2}$$

$$\langle V_{As} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{4m_{As}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 420\text{К}}{2 \cdot 74 \cdot 1.6 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}} \approx 185 \text{ м/с}$$

$$\langle V_{Al} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_{Al}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 940\text{К}}{26 \cdot 1.6 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}} \approx 938 \text{ м/с}$$