



Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Решение задачи 4. Нагрев электронным пучком

1. Для того, чтобы разрешать отдельные атомы, необходимо, чтобы длина волны де Бройля была меньше межатомного расстояния. Межатомное расстояние имеет порядок единиц ангстрем. Поэтому $\lambda \leq 0,1 \text{ \AA}$.

Длина волны

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2m_e E}}$$

Энергия

$$E = \frac{h^2}{2m_e \lambda^2} = \frac{6^2 \cdot 10^{-68} \text{ Дж}^2 \text{ с}^2}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 10^{-22} \text{ м}^2} = 2 \cdot 10^{-15} \text{ Дж} \approx 10 \text{ кэВ}$$

На практике энергия в ПЭМ достигает 100 кэВ.

2. Энергия, которую электрон потратил, пошла на возбуждение атома с последующим испусканием рентгеновского кванта. Избыточная энергия выбитого электрона (т. к. вторичных электронов не было зарегистрировано, то он остался в нанокристалле) была передана кристаллической решетке, и пошла на нагрев с плавлением.

$$\begin{aligned} Q &= E_{K\alpha 1} + cv\Delta t + \lambda v = \\ &= 24,2 \text{ кэВ} + \left(26,7 \frac{\text{Дж}}{\text{Кмоль}} \cdot 136 \text{ К} + 3,24 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \right) \frac{7,3 \frac{\text{Г}}{\text{см}^3} \frac{4\pi}{3} 10^{-18} \text{ см}^3}{114 \frac{\text{Г}}{\text{моль}}} = 35,7 \text{ кэВ} \end{aligned}$$

Энергия одного электрона в 2 раза больше Q и равна 71,4 кэВ.