

Решение

Луч света в полупроводниковой решетке (физика) (6 баллов)



Пренебрегая потерями на отражение, можно записать закон Бугера — Ламберта — Бера, описывающий ослабление света в поглощающей среде:

$$I = I_0 e^{-kx}, \text{ где}$$

I_0 -интенсивность падающего света,
 I - интенсивность света после прохождения гетероструктуры,
 k - коэффициент поглощения,
 d - толщина слоя.

Тогда для данной задачи этот закон запишется в виде:

$$I = I_0 e^{-(k_1 N h_1 + k_2 N h_2)}$$

$$-N(k_1 h_1 + k_2 h_2) = \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = \ln \frac{1}{m} = -\ln m$$

Поскольку толщина сверхрешетки h , то можно записать второе уравнение:

$$N(h_1 + h_2) = h, \text{ где } N\text{-число чередующихся пар слоев.}$$

Имеем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} k_1 h_1 + k_2 h_2 = \frac{\ln m}{N} \\ h_1 + h_2 = \frac{h}{N} \end{cases}$$

$$\begin{cases} k_1 \frac{h}{N} - h_2 (k_1 - k_2) = \frac{\ln m}{N} \\ h_1 = \frac{h}{N} - h_2 \end{cases}$$

$$h_2 = \frac{1}{N(k_1 - k_2)} (k_1 h - \ln m) = \frac{1}{10 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 10^2 (3-1) \text{ м}^{-1}} (6 \cdot 10^4 \cdot 10^2 \cdot 350 \cdot 10^{-9} - 1,1) \approx 25 \text{ нм}$$

$$h_1 = \frac{1}{N} \frac{(\ln m - k_2 h)}{(k_1 - k_2)} = \frac{1}{10} \frac{1,1 - 350 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^4 \cdot 10^2 (3-1) \text{ м}^{-1}} \approx 10 \text{ нм}$$

Для нахождения расстояния, на которое сместится прошедший луч, запишем закон преломления на границе воздух-AlGaAs:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_2$$

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n_2}, \operatorname{tg} \gamma = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha}}$$

$$d_2 = h_2 \operatorname{tg} \gamma = h_2 \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha}}$$

и на границе AlGaAs-GaAs:

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\sin \beta = \frac{n_2 \sin \gamma}{n_1} = \frac{n_2}{n_1} \frac{\sin \alpha}{n_2} = \frac{\sin \alpha}{n_1}, \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha}}$$

$$d_1 = h_1 \operatorname{tg} \beta = h_1 \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha}}$$

Тогда общее смещение луча света равно:

$$d = Nd_2 + Nd_1 = N \sin \alpha \left(\frac{h_2}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha}} + \frac{h_1}{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha}} \right) = 10 \frac{1}{2} \left(\frac{25}{\sqrt{3^2 - 1/4}} + \frac{10}{\sqrt{3.3^2 - 1/4}} \right) nm \approx 58 \text{ нм}$$