



Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 8. Нанодинамик

Рассчитаем мощность, W , выделяемую в нанонити с поперечным сечением S . Согласно закону Ома:

$$W = \frac{U^2}{R}, \quad (1)$$

где R – сопротивление нанонити, которое можно выразить через удельное сопротивление серебра ρ_E :

$$R = \frac{\rho_E L}{S}. \quad (2)$$

Протекание электрического тока будет приводить к нагреву, тепловому расширению. Относительное уширение нанонити будет равно:

$$\epsilon = \frac{\Delta r}{r} \quad (3)$$

ϵ связано повышением температуры нанонити ΔT через коэффициент линейного расширения, α :

$$\alpha = \frac{\epsilon}{\Delta T} \quad (4)$$

Напишем уравнение теплового баланса для нанонити:

$$Q = W\Delta t = Cm\Delta T = C\rho_M SL\Delta T, \quad (5)$$

где m – масса нанонити, C – теплоемкость серебра, а ρ_M – его плотность, Δt – время нагрева. Последнее будем считать равным периоду акустических колебаний, т.е. величине, обратной к частоте. Отсюда получим выражение для температуры:

$$\Delta T = \frac{W\Delta t}{C\rho_M SL} = \frac{U^2}{C\rho_M L^2 \rho_E \nu}. \quad (6)$$

Возьмем следующие табличные значения для серебра:

$$\alpha = 20 \cdot 10^{-6} \text{с}^{-1} \quad (7)$$

$$\rho_E = 1.6 \Omega \text{м} \quad (8)$$

$$C = 2.35 \text{Дж/кг} \cdot \text{м}^3 \quad (9)$$

$$\rho_M = 10^4 \text{кг/м}^3 \quad (10)$$

Подставляем данные значения в формулу:

$$\Delta T = \frac{1}{2.35 \cdot 10^4 \cdot 10^{-4} \cdot 1.6 \cdot 10^4} = 26 \text{мкК} \quad (11)$$

Увеличение радиуса нанонити будет равно:

$$\Delta r = r\alpha\Delta T = 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 2.6 \cdot 10^{-5} = 5 \cdot 10^{-18} \text{м} \quad (12)$$