

### Решение:

Гипотетически, кремниевые квантовые точки можно использовать для создания источников красного, желтого и зеленого цвета. При изменении размеров частиц в диапазоне от 2 до 3 нм центральная длина волны спектра фото- (или электро-)люминесценции кремниевых квантовых точек изменяется от зеленого (порядка 530 нм) до красного (порядка 650 нм) цвета.

*Первый уровень сложности.* При ответе необходимо продемонстрировать представление о значениях длин волн соответствующего цвета, правильно оценить порядок размеров квантовых точек для каждого из цветов.

*Второй уровень.* Продемонстрировано знание основ квантовой теории, модели потенциального ящика, при описании способа возбуждения показано знание методик фото- и электролюминесценции, дано понятие о необходимой дисперсии размеров квантовых точек.

*Третий уровень сложности.* Использован метод эффективной массы для сферических наночастиц, дана оценка роли электрон-фононного взаимодействия в ширине спектра люминесценции кремниевых квантовых точек.

Энергии фотонов люминесценция кремниевой ой кв.точки могут быть определены в приближении эффективной массы. Для бесконечно больших потенциальных барьеров в пренебрежении экситонными эффектами и электрон-фононным взаимодействием имеем для ширины запрещенной зоны кв.точки:

$$E_g = E_{g0} + \Delta E_{1,0} = E_{g0} + \frac{2\hbar^2\pi^2}{m_r d^2},$$

где  $d$  - диаметр,  $E_{g0} = 1.12$  эВ,  $m_r = 0.3 m_0$ .

Тогда длины волн свечения точек  $d_1 = 2.05$  нм,  $d_2 = 2.3$  нм  $d_3 = 2.55$  нм соответствуют

$$\lambda_{1,2,3} = \frac{1.24}{E_g (eV)} = 532, 595 \text{ и } 652 \text{ нм, соответственно.}$$

С учетом конечности потенциального барьера ( $E_g - E_{g0} \cong d^{-1.6}$ ), Кулоновского взаимодействия между электроном и дыркой (экситонные эффекты уменьшают энергию фотонов люминесценции на 100-200 мэВ), а также процессов поглощения-испускания фононов (электрон-фононное взаимодействие уменьшает энергию фотонов на энергию фононов 50-100 мэВ) требуемые размеры уменьшаются до  $d_1 \approx 1$  нм,  $d_2 \approx 1.5$  нм  $d_3 \approx 2$  нм. Такие кв.точки проще всего возбуждать светом (фотолюминесценция), но можно и электрическим током (электролюминесценция).