



Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 10. Квантовый размерный эффект в кремниевых нанокристаллах

1. Красным (синим) смещением называют эффекты, связанные с увеличением (уменьшением) длины волны света, характерной для рассматриваемого процесса. В случае фотолюминесценции кремниевых нанокристаллов можно использовать термин синее смещение подразумевая, что с уменьшением размера нанокристаллов наблюдается сдвиг максимума спектра в сторону уменьшения длины волны, т.е. в сторону коротковолнового («синего») края спектра.
2. Общая закономерность квантования энергетического спектра носителей заряда в полупроводниковых нанообъектах состоит в возникновении добавки к энергии носителей заряда, пропорциональной величине $\frac{1}{d^2}$, где d – средний размер квантовых точек. Запишем энергию в виде суммы энергии оптических переходов E_0 в объемном кремнии ($d \rightarrow \infty$) и добавки $\frac{k}{d^2}$, где k – коэффициент пропорциональности:

$$E = E_0 + \frac{k}{d^2}.$$

Т.о. энергия, соответствующая максимумам фотолюминесценции, линейно зависит от $\frac{1}{d^2}$. Длина волны (в нм) связана с энергией (в эВ) соотношением:

$$E \approx \frac{1240}{\lambda}.$$

Искомый размер можно определить по графику зависимости энергии оптических переходов от $\frac{1}{d^2}$. Т.к. максимуму фотолюминесценции 855 нм соответствует энергия 1.45 эВ, средний размер нанокристаллов при этом равен ~ 3 нм ($\frac{1}{d^2} \approx 0.11$).

