

В.Ф. Солодовников, аспирант, мл. науч. сотр.¹;
 А.Ю. Ахмеров, зав. лабораторией, ст. науч. сотр.¹;
 О.И. Свиридова¹; В.М. Белоус¹; А.М. Акоюн²

¹Научно-исследовательский институт физики
 Одесского национального университета им. И.И. Мечникова,
²Одесский национальный морской университет

Размерный эффект в люминесценции нанокристаллов Ag_2S (сравнение теории с экспериментом)

Нанокристаллы узкозонного полупроводника Ag_2S (ширина запрещенной зоны $E_g = 0,9$ эВ) сферической формы могут быть получены при введении в водный раствор желатины водных растворов $AgNO_3$ и Na_2S определенной концентрации. Изменение концентрации $AgNO_3$ и Na_2S приводит к возникновению нанокристаллов Ag_2S различных размеров. Указанные нанокристаллы люминесцируют при низкой температуре ($T = 77K$) в ближней инфракрасной области спектра. Увеличение размера нанокристалла сопровождается смещением его спектра люминесценции в длинноволновую область спектра. Сделанный вывод дополнительно подтверждается сопоставлением данных электронно-микроскопических наблюдений исследованных слоев желатины, которые позволяют установить распределение нанокристаллов (кластеров) по размерам, с результатами люминесцентных измерений этих же образцов. Свечение нанокристаллов Ag_2S возбуждается светом из широкого диапазона длин волн. Зависимость энергии кванта поглощения от размера (R) нанокристалла описывается формулой:

$$h\nu = E_g + \left(\frac{\hbar^2}{2m_e R^2} K_{n,l}^2 + \frac{\hbar^2}{2m_h R^2} K_{n,l}^2 \right) - 1.8 e/\epsilon R \quad ,$$

где $K_{n,l}$ - n -й корень сферической функции Бесселя 1-го порядка (значения $K_{0,0} = 3,14$, $K_{1,0} = 6,28$, $K_{2,0} = 9,42$), ϵ - диэлектрическая проницаемость полупроводника, e - заряд электрона, m_e и m_h - приведенные массы электрона и дырки. В случае Ag_2S ширина запрещенной зоны $E_g = 0,9$ эВ, $m_e = 0,286 m_0$, $m_h = 1,096 m_0$, $\epsilon = 5,95$ ($\lambda = 350$ нм) (здесь m_0 - масса электрона).

Люминесценция возбужденного нанокристалла возникает в результате перехода $1S_e \rightarrow 1S_h$. Сопоставление вычисленных энергий переходов с экспериментальными результатами дает основание сделать вывод, что наблюдаемая широкая полоса люминесценции с $\lambda_{max} = 920$ нм связана с перекрытием полос люминесценции совокупности нанокристаллов с близкими размерами (от 30 Å до 34 Å), а наличие максимумов в спектре возбуждения обусловлено $2S_h \rightarrow 1S_e$ и $3S_h \rightarrow 1S_e$ переходами в указанных нанокристаллах.