

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 Ag₂S (сравнение теории с экспериментом)

Нанокристаллы узкозонного полупроводника Ag₂S (ширина запрещенной зоны E_g = 0,9 эВ) сферической формы могут быть получены при введении в водный раствор желатины водных растворов AgNO₃ и Na₂S определенной концентрации. Изменение концентрации AgNO₃ и Na₂S приводит к возникновению нанокристаллов Ag₂S 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 Ag₂S 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 Ag₂S ширина запрещенной зоны E_g = 0.9 эВ, m_e = 0.286 m₀, m_h = 1.096 m₀, ε = 5.95 (λ = 350 нм) (здесь m₀ – масса электрона).

Люминесценция возбужденного нанокристалла возникает в результате перехода 1S_e → 1S_h. Сопоставление вычисленных энергий переходов с экспериментальными результатами дает основание сделать вывод, что наблюдаемая широкая полоса люминесценции с λ_{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 → 1S_e и 3S_h → 1S_e переходами в указанных нанокристаллах.