

Гетероструктура ZnCdS/ZnCdSe/ZnSSe с малым градиентом концентрации по Zn и Cd в квантовой яме

М.Р. Бутаев², В.И. Козловский^{1,2}, Я.К. Скасырский²,
Н.Р. Юнусова^{1,2}

*¹Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ».*

Каширское шоссе, д. 31, 115409, г. Москва

*²Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН. Ленинский пр., д.
53, 119991, г. Москва*

Электр. адрес корресп. автора: mbutayev@mail.ru

Тел.: +7(962)371-66-51

Актуальность работы

Повышенный интерес к полупроводниковым дисковым лазерам (ПДЛ) вызван их интенсивным развитием в последние 10-15 лет многими лабораториями развитых стран мира, что связано с рядом их преимуществ (малая расходимость при высокой мощности излучения, широкий спектральный диапазон, отсутствие релаксационных колебаний и т.д.) перед другими типами лазеров.

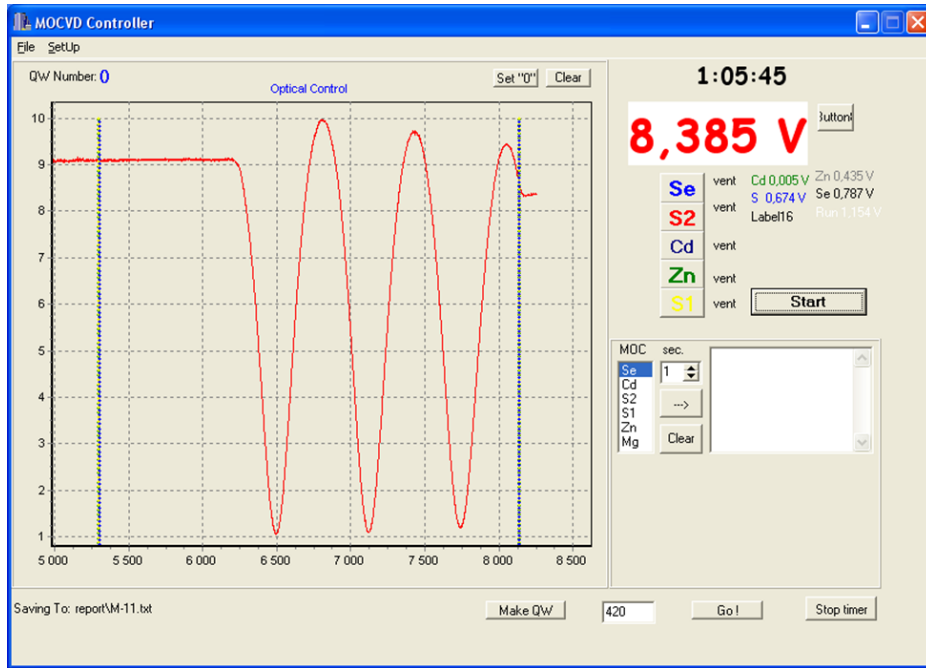
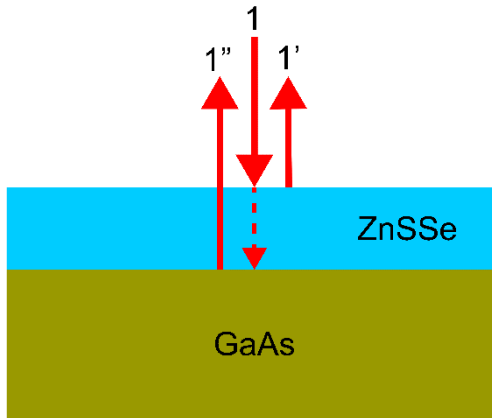
Цель работы

Исследование новой гетероструктуры $Zn_yCd_{1-y}S/Zn_zCd_{1-z}Se/ZnS_xSe_{1-x}/GaAs$ ($x \sim 0.1$, $y \sim 0.5$, $z \sim 0.65$) с малым градиентом концентрации по Zn и Cd в квантовой яме, выращенная методом газофазной эпитаксии из элементоорганических соединений (ГФЭЭОС).

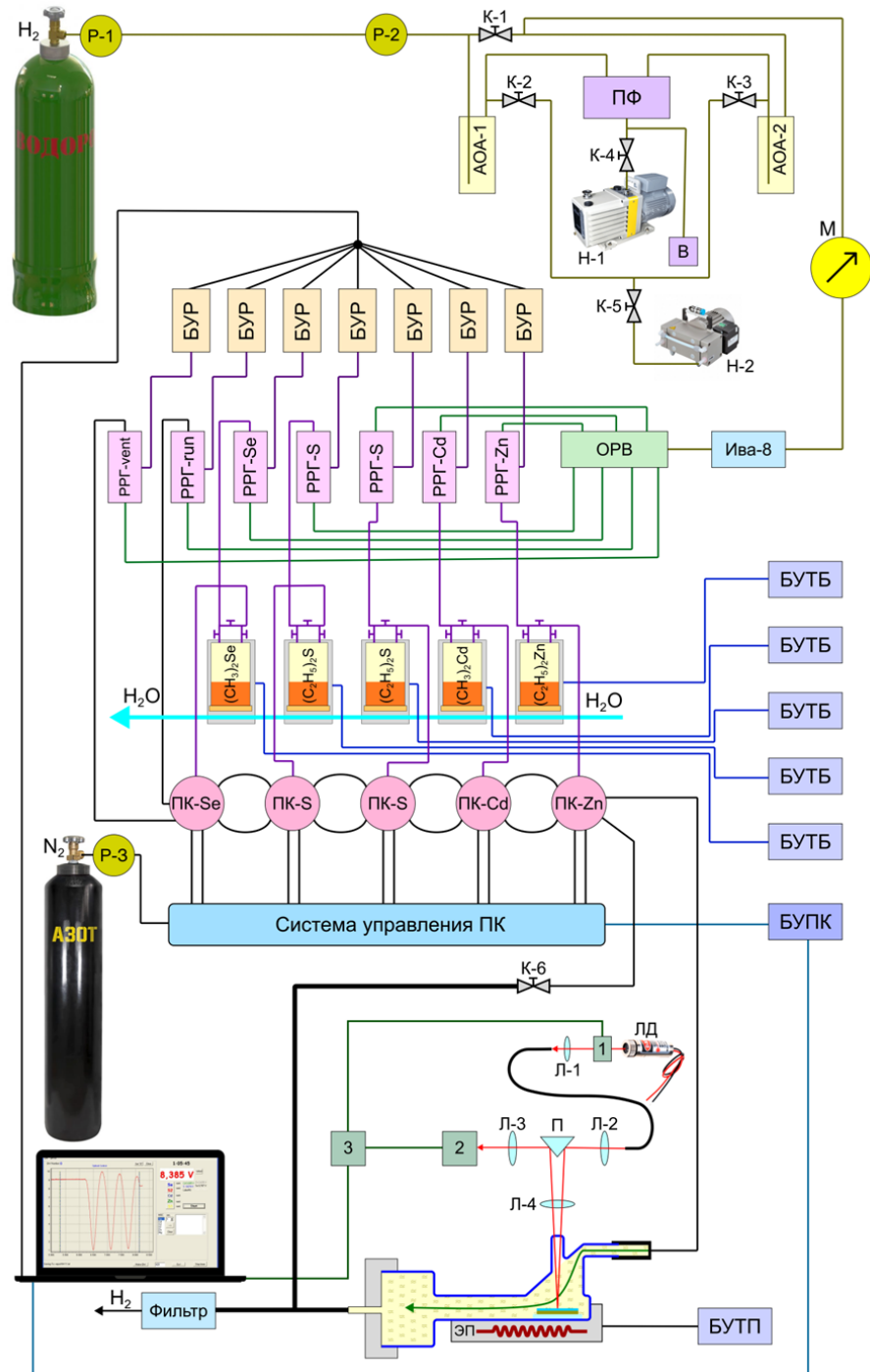
План работы

- 1) Выращивание гетероструктуры.
- 2) Теоретическое исследование гетероструктуры.
- 3) Исследование люминесцентных свойств выращенной гетероструктуры.

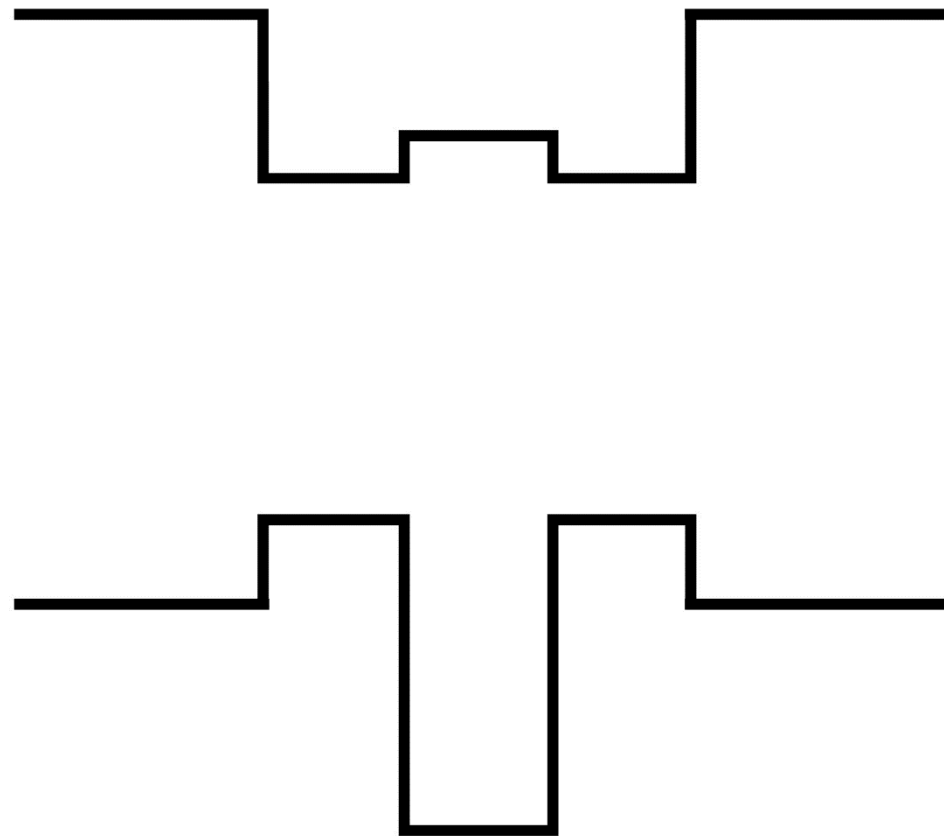
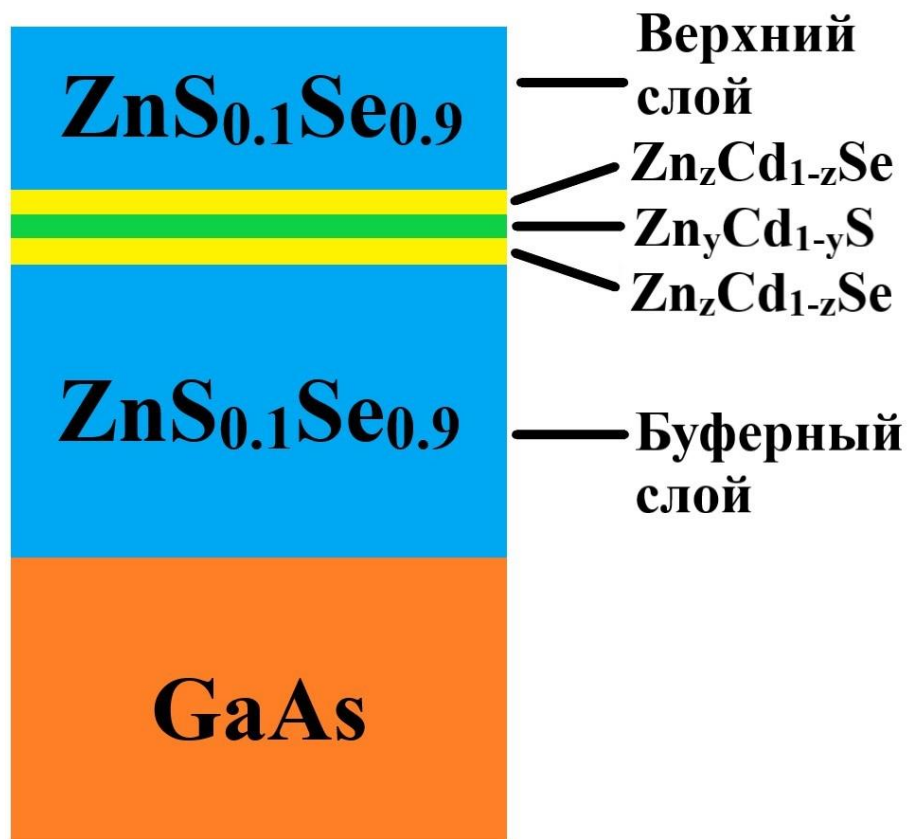
Установка ГФЭЭОС



$$2 \cdot d \cdot n = m \cdot \lambda$$



Гетероструктура $Zn_yCd_{1-y}S/Zn_zCd_{1-z}Se/ZnS_xSe_{1-x}/GaAs$ ($x \sim 0.1, y \sim 0.5, z \sim 0.65$)



Дизайн гетероструктуры

Зонная диаграмма гетероструктуры

Расчет коэффициента усиления и спектра излучения гетероструктуры

$$g(\hbar\omega) = C_g(\hbar\omega) \cdot \int_{E_{cv}}^{\infty} |M|^2 \cdot \rho_r^{QW} \cdot I^2 \cdot (f_e(E) + f_h(E) - 1) \cdot L(\hbar\omega, E) \cdot dE \quad (1)$$

$$R(\hbar\omega) = C_R(\hbar\omega) \cdot \int_{E_{cv}}^{\infty} |M|^2 \cdot \rho_r^{QW} \cdot I^2 \cdot f_e(E) \cdot f_h(E) \cdot L(\hbar\omega, E) \cdot dE \quad (2)$$

$$I = \int \psi_e(z) \cdot \psi_h(z) dz \quad (3)$$

$$\frac{\hbar^2}{2} \cdot \left[\frac{d}{dz} \left(\frac{1}{m_e^*} \cdot \frac{d\psi_e(z)}{dz} \right) \right] + [E_{e1} - U_e(z)] \cdot \psi_e(z) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\hbar^2}{2} \cdot \left[\frac{d}{dz} \left(\frac{1}{m_h^*} \cdot \frac{d\psi_h(z)}{dz} \right) \right] + [E_{h1} - U_h(z)] \cdot \psi_h(z) = 0 \quad (5)$$

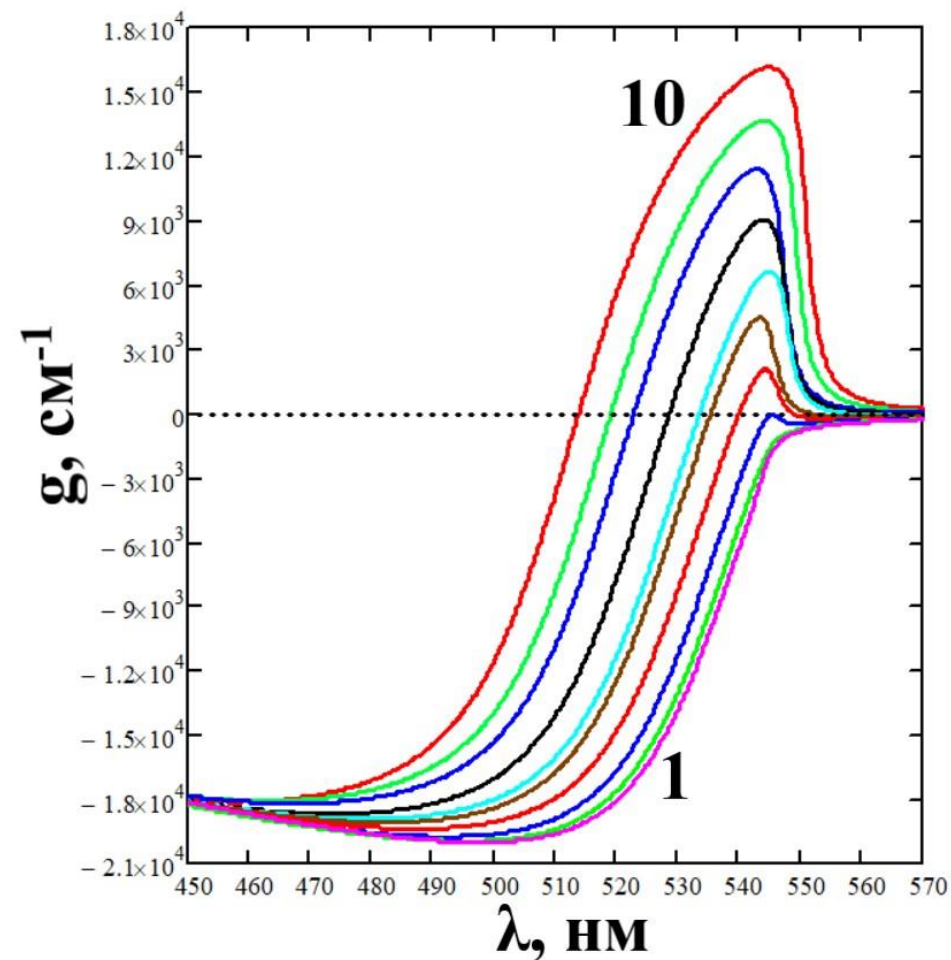
$$\frac{d}{dz} \left[\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{dV(z)}{dz} \right] + q_e \cdot \sigma \cdot \left[\frac{|\psi_e(z)|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} |\psi_e(z)|^2 \cdot d(z)} - \frac{|\psi_h(z)|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} |\psi_h(z)|^2 \cdot d(z)} \right] = 0 \quad (6)$$

$$\psi_e(z) = \exp \left[- \left(\frac{|z|}{a} \right)^b \right] \quad (7)$$

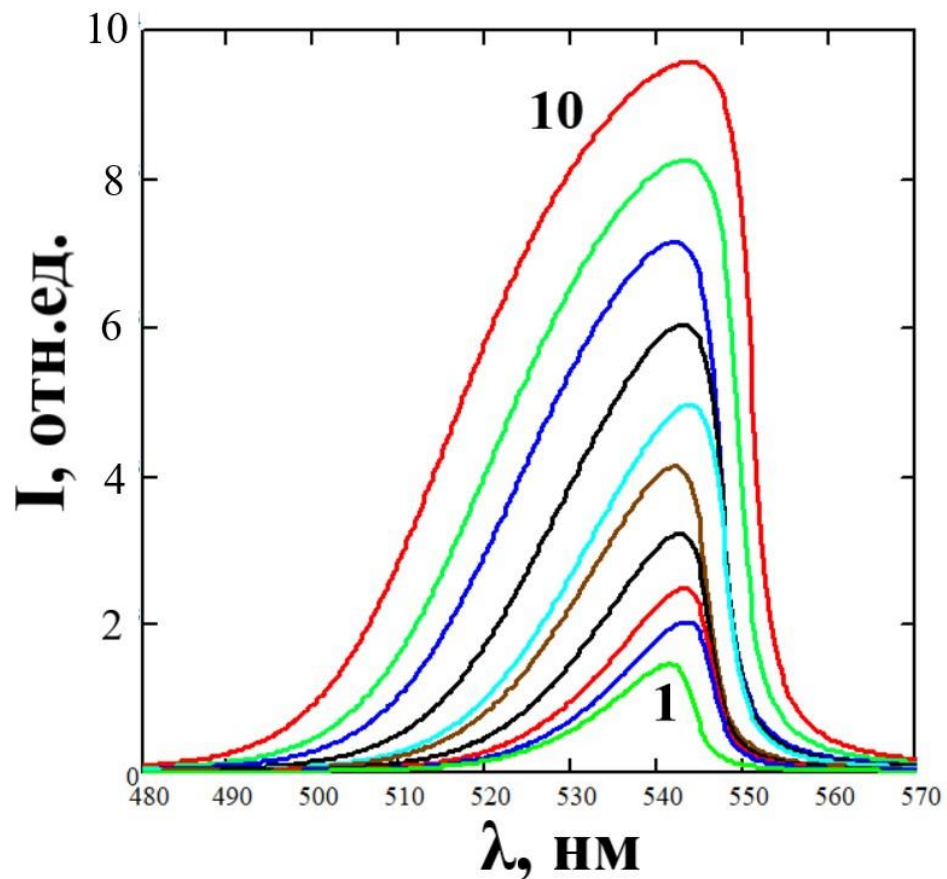
$$\psi_h(z) = \exp \left[- \left(\frac{|z-z_0|}{c} \right)^d \right] + \exp \left[- \left(\frac{|z+z_0|}{c} \right)^d \right] \quad (8)$$

$$U_e(z) = U_{0e}(z) + V(z), \quad U_h(z) = U_{0h}(z) + V(z) \quad (9)$$

Результаты расчетов (T=300 К)



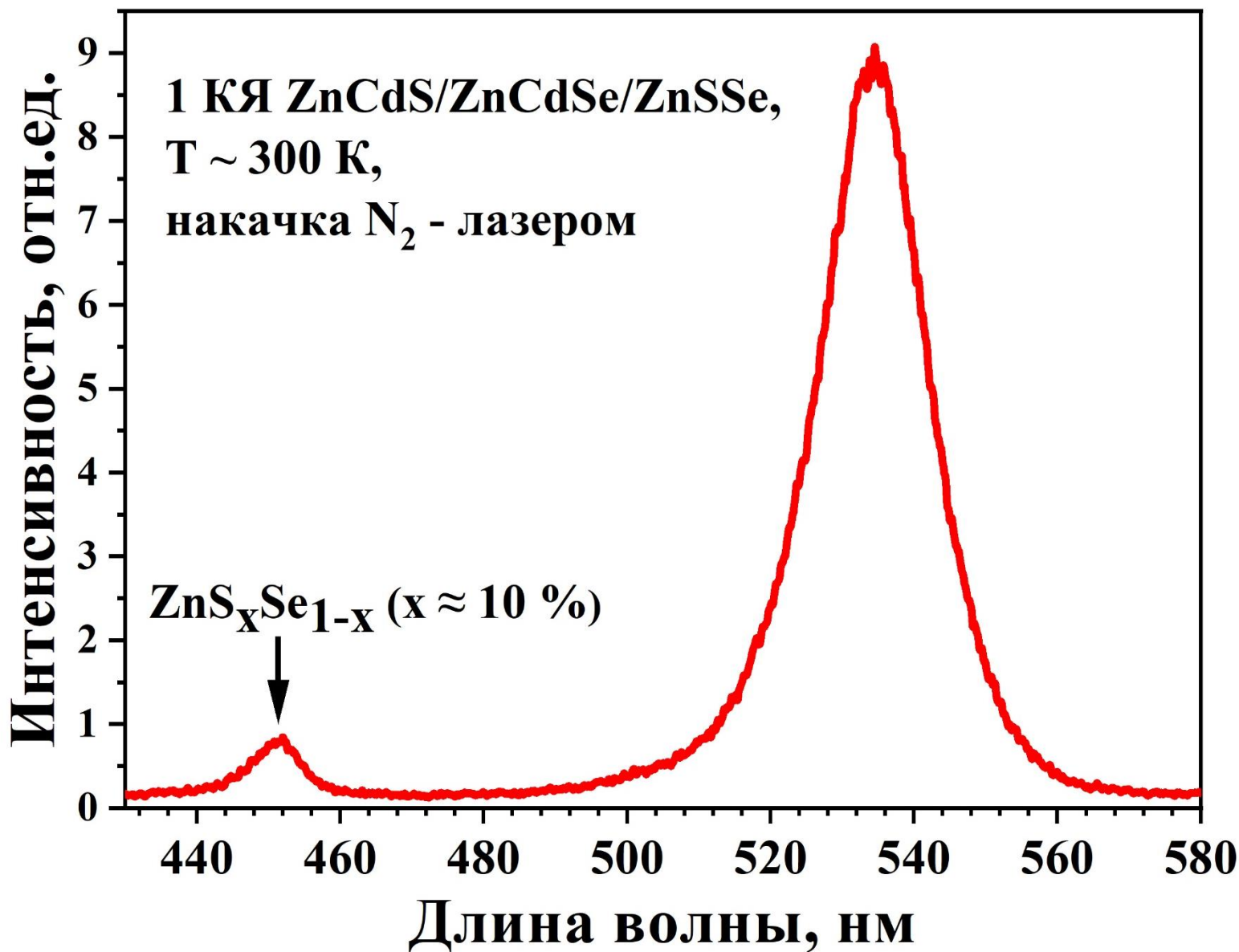
Спектры усиления



Спектры излучения

σ_{e-h} : 1 – $1 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 2 – $2 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 3 – $2.5 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 4 – $3 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} ,
5 – $3.5 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 6 – $4 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 7 – $5 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 8 – $6 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 9 –
 $7 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , 10 – $8.5 \cdot 10^{12}$ cm^{-2}

Спектр излучения выращенной гетероструктуры с 1 квантовой ямой



Выводы

- Методом ГФЭЭОС выращена новая гетероструктура $Zn_yCd_{1-y}S/Zn_zCd_{1-z}Se/ZnS_xSe_{1-x}/GaAs$ ($x \sim 0.1$, $y \sim 0.5$, $z \sim 0.65$);
- Проведены теоретические исследования данной гетероструктуры;
- Выращенные структуры показали высокую интенсивность люминесценции при комнатной температуре в зеленой области спектра.