

УДК 538.9

В.І. Бойчук, І.В. Білинський, О.А. Сокольник, І.О. Шаклеїна
*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
м. Дрогобич, Україна*

ВПЛИВ ФОРМИ КВАНТОВОЇ ТОЧКИ ГЕТЕРОСИСТЕМИ GaAs/AlAs НА КОЕФІЦІЄНТ ПОГЛИНАННЯ ПРИ МІЖРІВНЕВИХ ДІРКОВИХ ПЕРЕХОДАХ

Останнім часом квантові точки (КТ) привертають увагу дослідників не лише як об'єкт для вивчення цікавих фізичних властивостей наногетероструктури, але й як можливість для різноманітного застосування КТ у повсякденному житті.

У роботі для КТ GaAs у напівпровідниковій матриці AlAs досліджено вплив форми КТ на енергетичний спектр дірки та оптичні властивості, зумовлені міжрівневими переходами заряду, на основі гамільтоніана 4×4 .

Нехтуючи гофрованістю ізоенергетичних поверхонь у k -просторі (сферичне наближення), гамільтоніан сферичної КТ можна записати у вигляді:

$$\mathbf{H} = \frac{1}{2} \left(\gamma_1 + \frac{5}{2} \gamma \right) \mathbf{p}^2 - \gamma (\vec{\mathbf{p}} \cdot \vec{\mathbf{J}})^2 + \Pi(r). \quad (1)$$

Хвильову функцію, що є розв'язком рівняння з гамільтоніаном (1), задано як добуток власних функцій оператора повного моменту імпульсу і радіальних функцій.

Обчислення енергії діркових станів для КТ кубічної, еліпсоїдальної, циліндричної та тетраедричної форми проводились за допомогою теорії збурень з врахуванням гібридизації станів при зміні об'єму квантової точки.

Для кожної геометричної форми КТ розглядається випадок, коли її опромінено лінійно-поляризованим світлом вздовж осі z , що збігається з віссю симетрії форми квантової точки найвищого порядку.

Коефіцієнт поглинання світла, що зумовлений міжрівневим переходом дірки із одного стану з енергією E_i в інший стан з енергією E_j , визначимо як

$$\alpha(\omega) = \omega \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0 \varepsilon}} \sum_{i,j} \sum_{\alpha,\beta} \frac{\sigma |M_{i\alpha,j\beta}|^2 \hbar \Gamma_{i\alpha,j\beta}}{(E_j - E_i - \hbar\omega)^2 + (\hbar \Gamma_{i\alpha,j\beta})^2}, \quad (2)$$

де $\alpha = 1, 2, \dots, s_\alpha$, $\beta = 1, 2, \dots, s_\beta$, s_α - кратність виродження рівня i , s_β - кратність виродження рівня j , ω - частота електромагнітної хвилі, ε_0 - електрична стала, μ_0 - магнітна стала, ε - діелектрична проникність КТ, $\hbar \Gamma_{i\alpha,j\beta}$ - енергія релаксації, що зумовлена електрон-фононою взаємодією та іншими факторами розсіяння.

На основі проведених обчислень енергії та визначених хвильових функцій станів дірки встановлено правила відбору та досліджено залежність коефіцієнту міжрівневого діркового поглинання світла від форми та об'єму КТ.

Проведені обчислення дають змогу, на основі вимірювання $\alpha = \alpha(\omega)$, встановити форму КТ, яка суттєво впливає на оптичні характеристики гетероструктури.