

ПЕРЕНОРМУВАННЯ ЕКСИТОННОГО СПЕКТРУ БАГАТОФОНОННИМИ ПРОЦЕСАМИ В НАПІВПРОВІДНИКОВИХ КРИСТАЛАХ

Розраховані залежності енергії основного рівня екситона в одно-, двох- та трьохфононному наближенні в напівпровідникових кристалах з великою силою екситон-фононного зв'язку. Показано, що багатофононні процеси вносять суттєвий вклад в зміну спектру.

Більшість теоретичних робіт присвячених дослідженню перенормування екситонного спектру виконані в припущенні, що хвильовий вектор екситона рівний нулю, а масовий оператор (МО) екситонної функції Гріна слабо залежить від частоти [1-3]. В основному автори обмежувались однофононним наближенням через математичні труднощі, що виникають при розрахунках.

Мета даної роботи полягає в тому, щоб шляхом інтегрування знайти аналітичну залежність МО від частоти при довільних значеннях k , що дозволить визначити залежність енергії основного рівня екситона від величини його квазіімпульса та проаналізувати роль фононних процесів вищих порядків в формуванні спектру.

Для визначення енергії основного рівня екситону та її залежності від квазіімпульсу використовувався метод запропонований в [4]. Перевага даного методу в тому, що повний МО представлено в вигляді безмежного ланцюгового дробу, обрив якого на n -му кроці відповідає врахуванню вкладів фононних процесів до n -го, включно.

Маючи на меті дослідження якісних характеристик спектру, скористаємось тим, що відома з літератури [1] функція екситон-фононного зв'язку

$$K = \sqrt{\frac{\hbar^2}{2m_{ex}\Omega}}k; \quad Q = \sqrt{\frac{\hbar^2}{2m_{ex}\Omega}}q;$$

k, q – квазіімпульси екситона та фононів відповідно. Решта позначень аналогічні [1, 2] або загальноприйняті.

Конкретні обчислення проводились числовими методами для моделі кристала з параметрами CdS ($\tilde{a} = 0.483$; $Q_0 = 0.5618$).

Залежності енергії основного рівня від величини квазіімпульса, що знайдені, як розв'язки дисперсійного рівняння, яке має в безрозмірних змінних вигляд:

$$x - M(K, x) = 0,$$

приведені в вигляді графіка на рис. 1.

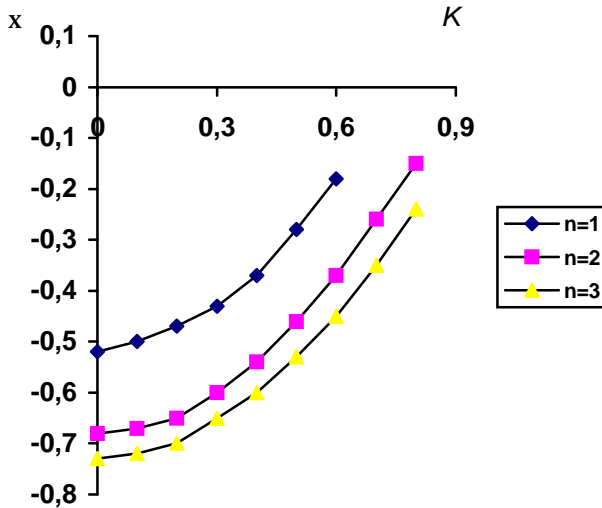


Рис.1. Залежність енергії основного рівня від величини безрозмірного квазіімпульсу K екситона в одно-, дво-, та трьохфононному наближеннях.

З графіка видно, що положення основного екситонного рівня через взаємодію з поляризаційними коливаннями кристалу зсувається в довгохвильову область. Врахування фононних процесів вищих наближень дозволяє суттєво уточнити його (близько 30% – двофононне і 40% – трьохфононне) при доволіному значенні квазіімпульсу. Залежність енергії основного рівня від величини K виявляється слабшою ніж квадратична, що була у вільного екситона. Це свідчить про незначну перевагу процесів, що проходять з поглинанням фононів над процесами, пов'язаних з їх випромінюванням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Давыдов А.С. Теория твёрдого тела.– М.: Наука, 1976.– 640 с.
2. Ткач Н.В., Вороняк Я.М., Ницович В.М. Теоретические исследования причин различных направлений температурного сдвига экситонных пиков в спектрах полупроводниковых кристаллов // УФЖ.– 1981.– **26**, № 1.- С. 43-50.
3. Ткач Н.В. Исследование условий реализации нормального или аномального температурного сдвига экситонного пика поглощения света.– ФТТ.- 1979.– **21**, №8.– С.2506-2508.
4. Ткач Н.В. Система точных уравнений для массового оператора квазичастиц, взаимодействующих с фононами // ТМФ.– 1984.– **61**, №3.– С. 400-407.

SUMMARY

VAL' O.D., FARTUSHINSKY R.B.

THE RENORMALIZATION OF THE EXITON SPECTRUM BY MULTYPHONONS PROCESSES IN THE SEMICONDUCTORS CRYSTALS

The dependence of energy of ground state of exciton in one, two and three phonon approximations are calculated. It is shown that the multiphonons processes plays an important role in renormalization of exciton spectrum.