



ІХ УКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ З ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ УНКФН–9

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ



Національна академія наук України
Міністерство освіти та науки України
Наукова рада з проблеми «Фізика напівпровідників
і діелектриків» при Відділенні фізики і астрономії
Національної академії наук України
Українське фізичне товариство
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
Ужгородський національний університет
Інститут електронної фізики НАН України

*Конференція присвячена 120-річчю
з дня народження академіка Лашкарьова В.Є. і
100-річчю з дня народження проф. Чепура Д.В.*

**ІХ УКРАЇНСЬКА НАУКОВА
КОНФЕРЕНЦІЯ З ФІЗИКИ
НАПІВПРОВІДНИКІВ
УНКФН–9**

**IX UKRAINIAN SCIENTIFIC
CONFERENCE ON PHYSICS
OF SEMICONDUCTORS
(USCPS-9)**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
ABSTRACTS**

Ужгород, Україна
22 - 26 травня 2023

Uzhhorod, Ukraine
May 22-26, 2023

Вплив еліптичності та поперечного електричного поля на енергетичний спектр квантового дроту GaAs

Головацький В.А., Ярема В.В.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського 2, 58012 Чернівці, Україна, e-mail: ktf@chnu.edu.ua

Сучасні технології дозволяють вирощувати напівпровідникові квантові дроти різної форми поперечного перетину. Теоретичні дослідження виконують в основному для циліндричних квантових дротів, оскільки у цьому випадку існують точні розв'язки рівняння Шредінгера. Хвильові функції отримуються в аналітичному вигляді через функції Бесселя. Це дозволяє використовувати їх для побудови розв'язків складніших задач.

Еліптичні нанодроти завдяки анізотропії форми володіють унікальними фізичними властивостями, на основі яких можуть бути створені нові електронні наноструктури з яскраво вираженою анізотропією інтенсивності та поляризації випроміненого світла.

У даній роботі досліджено вплив перпендикулярного електричного поля на енергетичний спектр та хвильові функції квазічастинок у еліптичному квантовому дроті. Для цього знайдено розв'язки рівняння Шредінгера, яке в декартовій системі координат має наступний вигляд

$$-\frac{\hbar^2}{2} \vec{\nabla} \frac{1}{\mu(x,y)} \vec{\nabla} \Psi(x,y) + eFx + U(x,y)\Psi(x,y) = E\Psi(x,y) \quad (1)$$

$$U(x,y) = \begin{cases} 0, & x^2/a^2 + y^2/b^2 \leq 1, \\ V = \infty, & x^2/a^2 + y^2/b^2 > 1, \end{cases} \quad (2)$$

де F – напруженість електричного поля. У випадку $F = 0$ рівняння (1) має точні розв'язки в еліптичній системі координат, в якій змінні ξ і η розділяються, тому загальний розв'язок має вигляд

$$\Phi(\xi, \eta) = R_m(\xi)\theta_m(\eta). \quad (3)$$

Кутова та радіальна частини функції (3) виражаються через парні та непарні кутові та радіальні функції Мат'є першого роду.

$$\theta_m(q, \eta) = \begin{cases} ce_m(q, \eta), \\ se_m(q, \eta). \end{cases} \quad (4)$$

$$R_m(q, \xi) = \begin{cases} Je_m(q, \xi), & m = 0, 1, 2, \dots \\ Jo_m(q, \xi), & m = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (5)$$

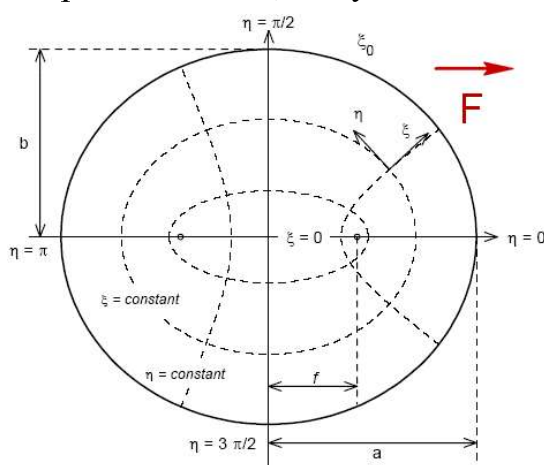


Рис.1. Еліптична система координат.

Функції $\theta_m(q, \eta)$ задовольняють умови періодичності, а радіальна частина $R_m(q, \xi)$ збіжна при $\xi = 0$. Енергетичний спектр знаходиться з умови $R_m(\xi_0) = 0$. Хвильові функція $\Psi(\xi, \eta)$, які описують стани

електрона в квантовому дроті, поміщеному в електричне поле знайдено у вигляді розкладу за ортонормованим базисом функцій $\Phi(\xi, \eta)$

$$\Psi(\xi, \eta) = \sum_m C_m R_m(\xi) \theta_m(\eta) \quad (5)$$

Результати розрахунку для еліптичного квантового дроту з співвідношенням півосей $a/b=2$ рівновеликого за площею з циліндричним дротом радіуса $r_0 = 10\text{нм}$ наведено на рис.2-4. На рис. 2 зображено хвильові функції найнижчих станів $|\Phi(\xi, \eta)|^2$.

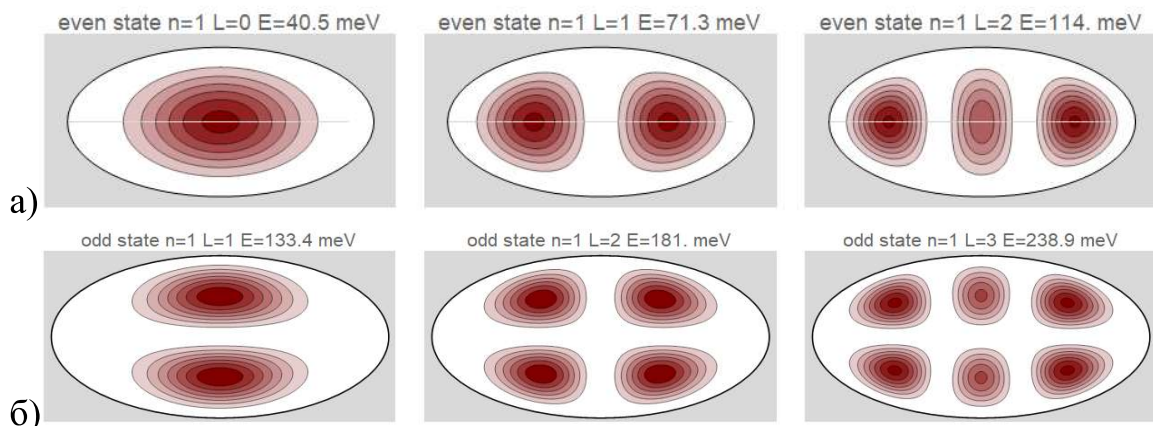


Рис. 2. Хвильові функції парних (а) на непарних (б) станів.

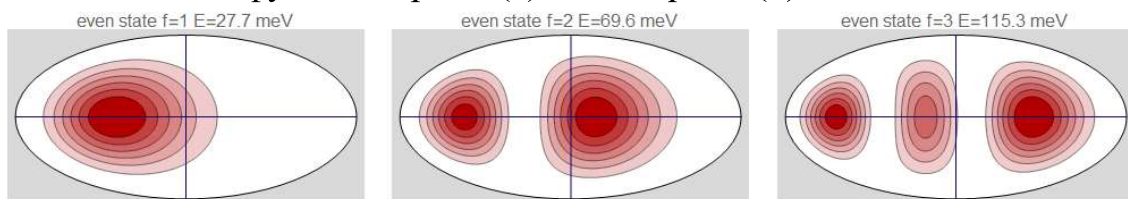


Рис. 3. Хвильові функції найнижчих станів $|\Psi(\xi, \eta)|^2$ при $F=50\text{кВ/см}$.

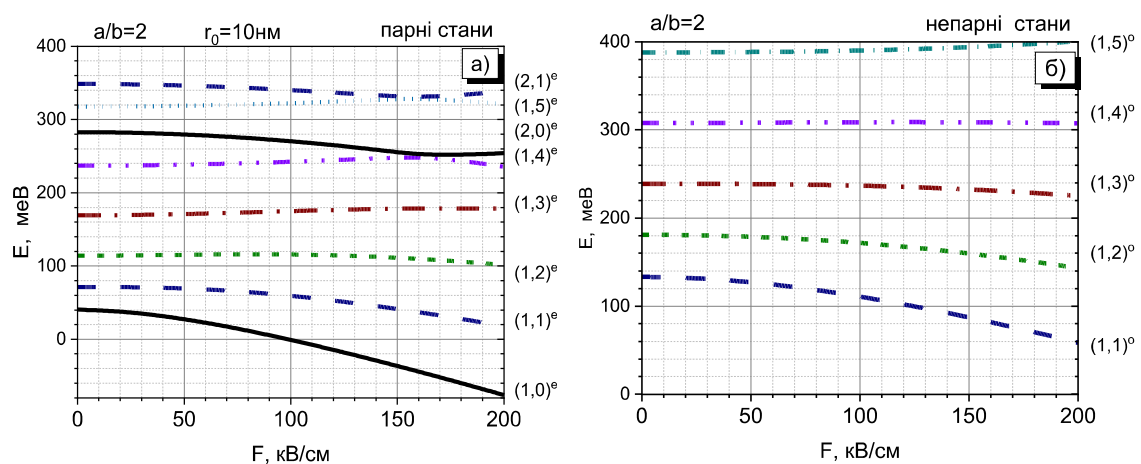


Рис.4. Залежність енергій парних та непарних станів електрона від напруженості електричного поля для еліптичного квантового дроту $a/b=2$.

Як видно з результатів розрахунків найбільшого зсуву під дією електричного поля зазнає основний стан електрона. Його хвильова функція найбільше деформується. Це відображається на оптичних властивостях еліптичних квантових дротів.