ЕФЕКТ ААРОНОВА–БОМА В ЛІНЗОПОДІБНИХ КВАНТОВИХ ТОЧКАХ

Головацький Володимир Анатолійович, Маханець Олександр Михайлович, Головацький Ігор Володимирович
Кафедра термоелектрики та медичної фізики,
Чернівецький національний університет, Чернівці, v.holovatsky@chnu.edu.ua

Квантові точки, що вирощені методом молекулярно-променевої епітаксії можуть мати різну форму: куполоподібну, пірамідальну, лінзоподібну, напівсферичну та інші [1].

В даній роботі виконано комп'ютерне моделювання енергетичного спектру електронів в лінзоподібних квантових точках InAs/GaAs/AlAs. Досліджувана наноструктура формується шляхом самоорганізації КТ GaAs на підкладці AlAs через напружений змочуючий шар, після чого структура покривається додатковим шаром InAs. Така архітектура забезпечує локалізацію хвильових функцій електрона в плівці InAs та дозволяє керувати електронними станами електрона в широких межах як електричним так і магнітним полем.

Чисельний розв'язок рівняння Шредінгера здійснено методом кінцевих елементів у середовищі COMSOL Multiphysics. На гетеромежах InAs/GaAs та GaAs/AlAs для хвильової функції електрона використано граничні умови Бен-Даніела-Дюка. Геометрична схема наноструктури зображена на рис.1. Для розрахунків використовувались такі розміри квантової точки: h=10 нм, □=5 нм, rs=22.4 нм. Товщина змочувального шару GaAs – 0.5 нм, а плоского шару InAs – 2нм.

Вигляд хвильових функцій та значення енергій електрона в основному та збуджених станах наведено на рис.2.

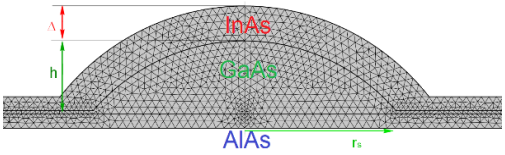

Рис.1. Геометрична схема квантової точки InAs/GaAs/AlAs.

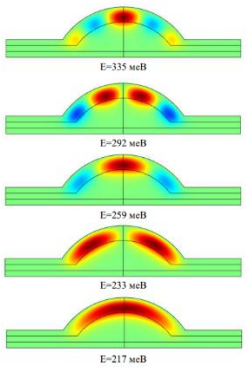

Рис. 2. Вигляд хвильових функцій основного та збуджених станів електрона

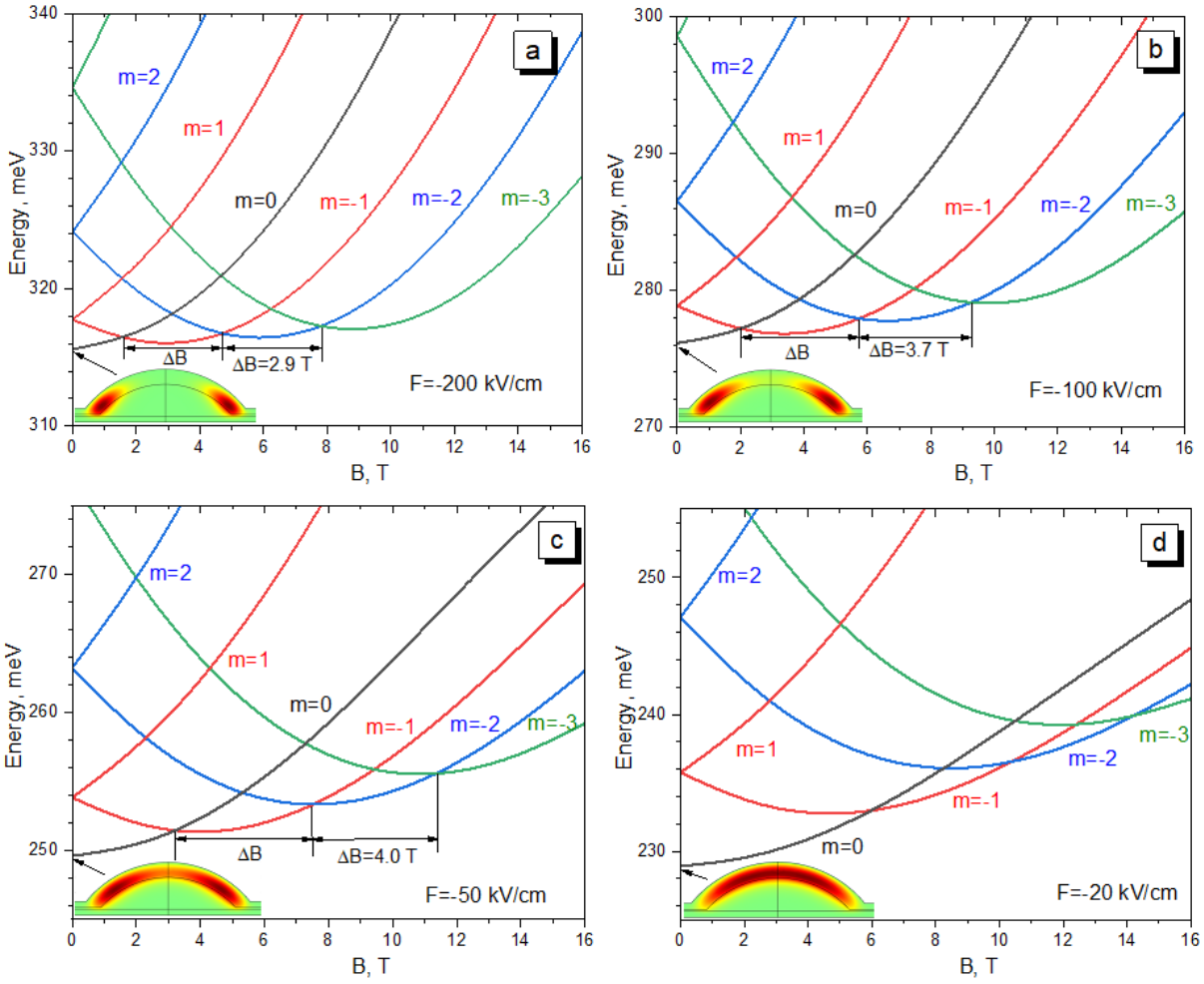

Рис. 3. Формування осциляцій Ааронова-Бома в лінзоподібній квантовій.

Під дією електричного поля, перпендикулярного до основи квантової точки, змінюється топологія хвильової функції основного стану електрона і з'являється можливість для утворення осциляцій Ааронова-Бома [2].

На рисунку 3 показано, як змінюється форма хвильової функції та як виникають осциляції основного стану електрона. Період цих осциляцій залежить від величини прикладеного сталого електричного поля. Чим сильніше електричне поле, що притискає електронну густину до основи квантової точки, тим більшою є область поблизу осі квантової точки, де хвильова функція дорівнює нулю. У результаті період осциляцій основного стану зменшується, тобто зростає частота осциляцій.

Виявлені властивості лінзоподібних квантових точок можуть бути використані при створенні сучасних напівпровідникових наноприладів.

Список літератури

1. Holovatsky V. A., Holovatskyi I. V., Duque C. A. Electric field effect on the absorption coefficient of hemispherical quantum dots. Mol. Cryst. Liq. Cryst. 768 (14), 718 (2024).
2. Llorens J.M., Wewior L. et al. Type II InAs/GaAsSb quantum dots: Highly tunable exciton geometry and topology Appl Phys Lett. 107(18), 1-4, (2015). doi:10.1063/1.4934841