

ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВИХ ТОЧОК У СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЯХ

Сосницька Н.Л., д.п.н.,

Дяденчук А.Ф., к.т.н.,

Морозов М.В., к.ф.-м. н.

alena.dvadenchuk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Актуальність та постановка проблеми. Стрімкий розвиток у галузі нанотехнологій спонукав до вивчення проблеми квантових станів електрона в низьковимірних системах (квантові ями, квантові нитки і квантові точки). Дані системи знаходять все більш широке застосування в елементній базі сучасної електроніки, в тому числі при перетворенні сонячної енергії в електричну. Властивості таких структур, а отже і приладів на їх основі, в основному визначаються їх електронним спектром, який відрізняється від електронного спектру об'ємних матеріалів. Ця відмінність обумовлена ефектами розмірного квантування, а також ефектами змішування електронних станів на гетерограницях. Крім того особливістю сучасного етапу розвитку наноелектронних приладів є ускладнення їх конструкції для створення якісно нових систем з поліпшеними характеристиками. Оскільки створення якісних напівпровідникових гетероструктур з квантовими структурами є дорогим і трудомістким процесом, важливим є завдання попереднього чисельного розрахунку параметрів приладів з даними структурами і діагностика вже створених приладів. Дослідження властивостей напівпровідникових гетероструктур є одним з основних наукових напрямів сучасної фізики напівпровідників, опто- і наноелектроніки тощо.

Для виготовлення сонячних панелей наразі найефективнішим є використання поруватого кремнію [1], що дозволяє підвищити коефіцієнт поглинання. Найпростішою моделлю структури поруватого кремнію є набір квантових ниток циліндричної форми з оболонкою. Для такої квантової структури рух носіїв заряду обмежений у радіальному напрямку [2], тому представляє інтерес розрахунок енергетичного спектру у цьому випадку.

В останні декілька десятиліть квантові точки GaN почали привертати до себе увагу завдяки зміщенню основної смуги фотолюмінесценції в глибоку ультрафіолетову область спектру. Відмінною особливістю квантово-розмірних систем є більш яскрава вираженість квантових ефектів, таких, як поява дискретного енергетичного спектру, прояв співвідношення невизначеностей та інші. Актуальною задачею залишається розгляд квантових точок та їх використання у сонячних батареях з метою підвищення коефіцієнту корисної дії.

Метою даної роботи є розгляд технології отримання квантових точок GaN на поверхні поруватого GaAs та математичного моделювання стану електронів у квантовій точці для оптимізації параметрів сонячних батарей третього покоління.

Основні матеріали дослідження. Запропонована будова сонячного елемента на основі структури, що являє собою квантові точки GaN на поруватому GaAs (рис. 1).

Для вирощування квантових точок GaN використано підкладки поруватого GaAs, одержані методом анодного електрохімічного травлення монокристалічних пластини n-GaAs орієнтації (001). Більш детально методика одержання поруватих

напівпровідників описана в роботі [3]. Для отримання квантових точок GaN на поруватому GaAs обрано метод радикало-променевої епітаксії.

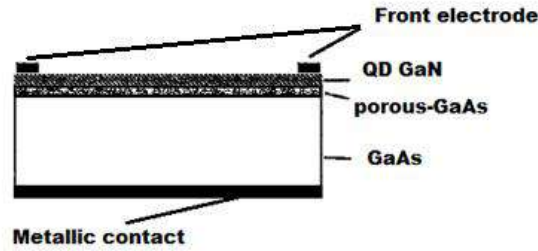


Рисунок 1. Структура сонячного елемента на основі гетероструктури GaN/porous-GaAs/GaAs

Для виготовлення сонячних елементів використано гетероструктури з тетраедральними квантовими точками. Розміри квантових точок наступні: довжина ребра $a=8\dots 12$ мкм; кут $\alpha=60^\circ$. Додатковий енергетичний спектр електронів у тетраїдній квантовій точці залежить від її розмірів:

$$E = \frac{\hbar^2}{8ma^2} \left(n_1^2 + n_2^2 + \frac{3}{2} n_3^2 \right). \quad (1)$$

Крім того, пори у GaAs є аналогом квантових ниток (циліндричних квантових точок, в яких висота багато більше діаметра ($h \gg d$)). Тому рух носіїв заряду у радіальному напрямку обмежений та власні значення енергії дорівнюють:

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{4\xi_n^2}{d^2} + \frac{\pi^2 n_4^2}{h^2} \right), \quad (2)$$

де $n_1, n_2, n_3, n_4 = 1, 2, 3, \dots$ – квантові числа; ξ_n – нулі функції Бесселя.

Висновок. Досягається розширення діапазону спектра поглинання та збільшуються коефіцієнт використання сонячної енергії і корисної дії сонячного елемента. Результати досліджень можна застосовувати при розробці імітаційних віртуальних лабораторних робіт на основі комп'ютерного моделювання квантових явищ та процесів при вивченні курсу «Фізико-математичне забезпечення магістерських програм» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» [4].

У подальшому представляє інтерес розрахунки спектрів поглинань та дослідження впливу дисперсії розмірів квантових точок на ширину смуги спектра поглинань з метою підвищення коефіцієнту корисної дії сонячних батарей з використанням квантових точок.

Список використаних джерел

1. Хрипко С. Л., Кідалов В. В. Сонячні батареї створенні на основі низько-розмірних нанокондитивних структур. *Журнал нано- та електронної фізики*. 2016. Т. 8, № 4(2). С. 04071-1-04071-10.
2. Морозов М. В., Халанчук Л. В. Моделювання стану електрона у циліндричній квантовій точці з оболонкою. *Вісник Запорізького національного університету: Збірник наукових статей. Фізико-математичні науки*. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. №2. С. 117-123.
3. Dyadenchuk A. F. Obtaining and research of properties of porous GaAs. *International Journal of Modern Communication Technologies & Research*. 2014. V. 2, Issue 11.
4. Sosnytska N., Morozov M., Khalanchuk L. Modeling of Electron State in Quantum Dot Structures. *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. Kremenchuk, 2020. Pp. 1-5.