

## МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЗОНАНСНО-ТУНЕЛЬНОГО ДІОДУ

Яцун К.С.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Пащенко О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки  
електронних приладів та пристроїв, тел. (057) 702-13-62)

Email: [deadwoldi@gmail.com](mailto:deadwoldi@gmail.com) т. 0997630809

The work is devoted to methods for modeling the frequency characteristics of a GaAs composite semiconductor based on a resonant tunneling diode, presented in mathematical form with the aim of further constructing a theoretically calculated current-voltage characteristic of a diode in accordance with the experimental characteristic. In particular, the method of transfer matrices, which belongs to conditionally analytical methods for calculating electronic transparency, and the method of Green's function, which is a numerical method for calculating transparency, are considered.

Метод матриць перенесення [1]. Даний метод полягає в знаходженні матриці  $T$ , що зв'язує амплітуди  $A$  і  $B$  які поширюються у протилежні сторони.

Потенційний профіль розбивається на кінцеве число  $N-1$  малих ділянок з кроком  $a$ , потенціал в кожному з яких умовно вважається постійним для всього ділянки. У кожній з ділянок аналітично вирішується рівняння Шредінгера і на всьому просторі застосовуються умови безперервності і гладкості хвильової функції. Матриця переносу через кожен елементарну область складається з матриці безперервності і матриці поширення при проходженні ділянки між бар'єрами.

Матриця безперервності має вигляд:

$$d_{i-1,i} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 + \frac{k_i}{k_{i-1}} & 1 - \frac{k_i}{k_{i-1}} \\ 1 - \frac{k_i}{k_{i-1}} & 1 + \frac{k_i}{k_{i-1}} \end{pmatrix}.$$

Матриця поширення:

$$p_i = \begin{pmatrix} e^{-ik_i a} & 0 \\ 0 & e^{ik_i a} \end{pmatrix}.$$

Елементарна матриця переносу:

$$T_i = d_{i-1,i} p_i$$

Розгляд різних фізичних процесів, наприклад, розсіювання електронів в структурі, проводиться за допомогою спеціальних коефіцієнтів [2], які дозволяють привести теоретично розраховану ВАХ.

Метод функції Гріна є чисельним методом розрахунку прозорості [3]. Гамільтоніан в рівнянні Шредінгера приведений до матриці з використанням апроксимації другої похідної, а саме рівняння з урахуванням дискретного представлення хвильової функції і потенціалу записується також у матричному вигляді:

$$[EI - H]\{\psi\} = 0.$$

При розгляді системи «контакт-канал-контакт», де каналом є гетероструктура, рівняння Шредінгера має вигляд:

$$[EI - H - \Sigma_1 - \Sigma_2]\{\psi\} = \{S\}.$$

Функція Гріна є матрицею, на яку необхідно помножити вектор  $\{S\}$ , щоб отримати вектор хвильової функції  $\{\psi\}$ . Фізичний сенс функції Гріна проявляється в її тимчасовому відображенні і полягає в реакції на імпульсна збудження каналу електронами контактів.

Для обліку розсіювання носіїв в рамках когерентної середовища в модель гетероструктури вводяться проби Буттікера, що відображають «плаваючі зонди» - центри розсіювання електронів в різних точках каналу. Математично проби Буттікера виражаються як додаткові резервуари, приєднані до будь-якої точки структури і характеризуються своєю матрицею зв'язку  $\Sigma_i$ .

Ефективний коефіцієнт перенесення можливо визначити за умовною електричної схеми, що складається з контактів і провідників, поміщених між ними. Так як провідність пропорційна коефіцієнту переносу носіїв між контактами, ефективний коефіцієнт прозорості визначається з співвідношень для паралельно і послідовно з'єднаних провідників.

За допомогою цих методів математичного моделювання можливо побудувати N-образну ВАХ резонансно-тунельного діоду та розрахувати два важливі параметра, а саме струм піку ( $I_p$ ) та струм долини ( $I_d$ ) зміна яких впливає на активну область РТД.

#### Список джерел

1 Разжувалов А. Н. Гистерезис туннельного тока в двухбарьерных структурах w-GaN/AlGaN(0001)/А.Н. Разжувалов – Физика и техника полупроводников, 2008. – Т.42. вып.5. С. 595–603.

2 Москалюк В. А., Тимофеев В. И., Федяй А. В. Сверхбыстродействующие приборы электроники: Учебное пособие / В. А. Москалюк – Киев: НТУУ «КПИ», 2012. – 479 с.

3 Ветрова Н. А., Скороходов Е. А., Шашурин В. Д. К вопросу о надежности радиоэлектронных средств на наноприборах / Н. А. Ветрова – Инженерный журнал: наука и инновации, 2013. — вып.6. С. 242-249.