

МОДИФІКАЦІЯ АКТИВНОЇ ОБЛАСТІ РЕЗОНАНСНО-ТУНЕЛЬНОГО ДІОДУ

Яцун К.С.

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

Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних
приладів та пристроїв, тел.(057) 702-13-62
email: meru@kture.kharkov.ua, факс (057) 702-11-13

This design explains the principles of modifying the active region of a resonance-tunnel diode by changing the height of potential barriers and the width of a quantum well.

Важливою характеристикою резонансно-тунельного діоду є наявність падаючої ділянки на ВАХ. У загальному випадку, положення квантоворозмірних рівнів та відповідних їм хвильових функцій у ямі можливо розрахувати, вирішуючи стаціонарне рівняння Шредінгера. При деякій напрузі рівень Фермі попаде у резонанс із підзоною розмірного квантування. Тоді електрони можуть резонансним чином тунелювати у яму. При подальшому підвищенні напруги, тунельний струм різко падає, утворюючи, таким чином, область з негативним диференціальним опором.

Оскільки бар'єри мають кінцеву висоту, то електрони не повністю локалізовані у ямі, та квазірівні у ямі мають кінцеву ширину $\Delta E \approx \hbar/\tau_n$, де час релаксації:

$$\tau_n = \frac{1}{v_n} \frac{4}{|D_1|^2 + |D_2|^2},$$

де частота класичного руху у ямі $v_n = \hbar R q k_n / mL$, D_1 , D_2 – амплітуди проходження крізь бар'єри, $|D_1|^2$, $|D_2|^2$ – коефіцієнти проходження крізь бар'єри, k_n – хвильовий вектор.

Для прямокутних бар'єрів коефіцієнт проходження крізь всю структуру поряд з енергією квазірівня E_n приблизно можна уявити:

$$|D|^2 = \frac{4|D_1 D_2|^2}{(|D_1|^2 + |D_2|^2)} \frac{\frac{\hbar^2}{\tau_n^2}}{|E - E_n|^2 + \frac{\hbar^2}{\tau_n^2}}.$$

При накладанні зовнішнього електричного поля змінюється форма і висота бар'єрів так, що амплітуди проходження D_1 , D_2 стають різними, тому загальний коефіцієнт проходження $|D|^2$ буде зменшуватися.

Величина і ширина піку залежності коефіцієнта проходження від енергії визначають вид ВАХ. При низьких температурах струм через діод можна записати:

$$I = \frac{qSm}{2\pi^2 \hbar^3} \int_0^\mu (\mu - E) |D(E)|^2 dE ,$$

приблизно, при $|D_1|=|D_2|$ отримаємо:

$$I = \frac{qSm}{2\pi^2 \hbar^3} \int_0^\mu (\mu - E) \frac{\left(\frac{\hbar^2}{\tau_n^2}\right) dE}{\left(E - E_n - \frac{qV}{2}\right)^2 + \frac{\hbar^2}{\tau_n^2}} .$$

Основними параметрами ВАХ, визначаючими робочі характеристики резонансно-тунельного діоду є відношення максимального та мінімального струму і максимальне значення негативної диференціальної провідності g_{\max} :

$$I_{\max} = \frac{emS\mu}{2\pi \hbar^2 \tau_n} ,$$

$$g_{\max} = \frac{q^2 m S \mu}{4\pi^2 \hbar^3} .$$

При проведенні математичного моделювання були отримані графіки ВАХ резонансно-тунельного діоду зображені на рис 1.

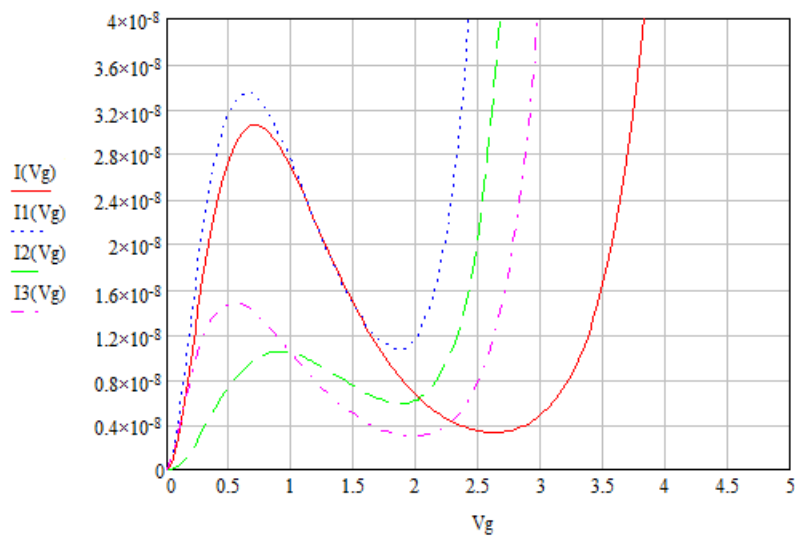


Рисунок 1 – Вольт-амперні характеристики резонансно-тунельного діоду отримані експериментальним шляхом