

Б.В. ЧЕРНИШОВ, А.В. МЕРІУЦ, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Розрахунок вольт-амперної характеристики бар'єру Шотткі з урахуванням двох типів носіїв заряду.

Контакти метал-напівпровідник широко застосовуються для випрямлення струму, у якості одного з основних елементів у ряді напівпровідникових НВЧ-пристроїв, а також для дослідження фундаментальних фізичних параметрів напівпровідникових матеріалів і тому доволі детально вивчені.

Існують декілька підходів різної складності для опису процесів переносу у таких структурах. Однак загальним недоліком цих підходів з те, що при теоретичних розрахунках вольт-амперної характеристики контакту метал-напівпровідник завжди розглядають тільки один тип носіїв заряду. Це не дозволяє врахувати інверсні шари, які можуть виникати на контактах та рекомбінаційні процеси. Ще одним з недоліків є те, що контактні шари, які виникають на границях, розглядаються окремо [1,2]. Проте з розвитком мікро- та наноелектроніки розміри напівпровідникових шарів постійно зменшуються. Це приводить до необхідності враховувати взаємодію шарів об'ємного заряду, що виникають на різних контактах до напівпровідникового шару.

Метою роботи було одержати вираз для вольт амперної характеристики структури метал-напівпровідник-метал, на одному з контактів якої утворено бар'єр Шотткі, з врахуванням наявності двох типів носіїв заряду та можливості інверсії типу провідності на контакті.

Було отримано вираз для ВАХ, який на відміну від існуючих в літературі враховує можливість появи інверсного шару а також рекомбінації на контактах. У спрощеному вигляді, коли рекомбінація на контактах сильна (прямує до нескінченності) цей вираз має наступний вигляд:

$$j = \frac{\sigma_n V_t \exp\left(\frac{-j/\sigma_n^r}{V_t}\right)}{r_d \int_0^a e^{-\varphi} dx} \left[1 - \exp\left(\frac{j r_c - V}{V_t}\right) \right] + \frac{\sigma_p V_t \exp\left(\frac{j/\sigma_n^r}{V_t}\right)}{r_d \int_0^a e^{\varphi} dx} \left[\exp\left(\frac{V - j r_c}{V_t}\right) - 1 \right], \quad (1)$$

де $\sigma_{n,p}$ – електронна та діркова електропровідність, r_c – опір контактів, σ_n^r – поверхнева електропровідність правого контакту, r_d – дебаєвська довжина екранування, $V_t = k_B T/e$ – тепловий потенціал, a – розмір зразка, $\varphi(x)$ – розподіл електричного потенціалу в шарі об'ємного заряду.

Проведені числові ВАХ показали, що у порівнянні з наявними в літературі виразами для ВАХ одержаний вираз має схожий якісний вигляд але з меншою величиною струму і зі слабшою залежністю струму від напруги за рахунок додаткової залежності струму насичення від напруги, що показано на рис. 1.

Встановлено, що для, наприклад, для Si *n*-типу при концентраціях електронів $>10^{14}$ см⁻³ струм на прямій гілці майже повністю визначається електронами. При менших концентраціях електронів внесок дірок у повний струм необхідно враховувати.

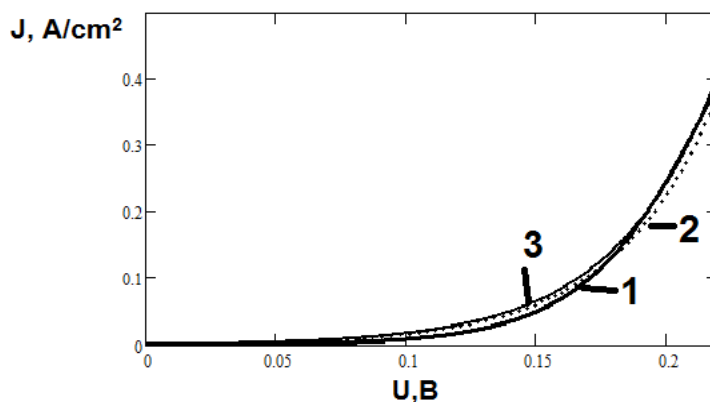


Рис. 1 – ВАХ за виразом (1) (1), за дифузійною теорією (2), за діодною теорією (3)

Виявлено, що на зворотній гілці ВАХ електронна компонента струму має ділянку з від’ємним опором (див рис. 2). Тобто ігнорування діркової компоненти, як це зазвичай робиться в літературі, призводить до того, що теоретичний вираз для ВАХ не відповідає експериментальній картині.

Таким чином, можна зробити висновок, що для адекватного опису експериментально спостережених ВАХ необхідно враховувати діркову компоненту струму, або вважати, що при зворотному включенні протікання струму визначається як дифузійним так і діодним механізмами.

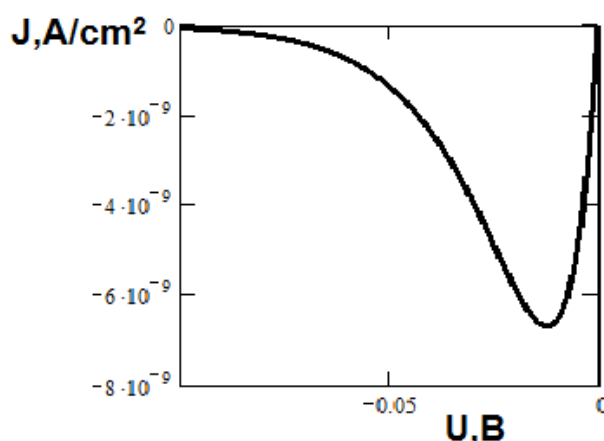


Рис. 2 – Електронна компонента зворотної гілки ВАХ

Список літератури:

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов, т.1. – М.: Мир, 1984.
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977.