

НЕЛІНІЙНІ ВОЛЬТ-АМПЕРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРИ МЕТАЛ-ВЛАСНИЙ НАПІВПРОВІДНИК-МЕТАЛ В УМОВАХ ОСВІТЛЕННЯ

Меріуц А.В., Шелест Т.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Контакти метал – напівпровідник є складовою частиною електронних приладів, зокрема, сонячних елементів (СЕ). Однак в цих приладах вони зазвичай відіграють допоміжну роль, слугуючи для виведення струму і напруги у зовнішнє електричне коло. Можливість створення СЕ на основі контакту метал-напівпровідник раніше розглядалася тільки при наявності бар'єру на такому контакті. Ми розглянули структуру метал – власний напівпровідник – метал, яка не має бар'єрів на контактах в умовах освітлення, використавши підхід, заснований на дифузійно-дрейфовій теорії. Для проникнення світла в напівпровідник, в якості одного з контактів має бути використаний прозорий провідний окисел або сітчастий металевий контакт. В припущенні, що поглинання сильне, тобто все світло поглинається в тонкому шарі поблизу прозорого контакту, швидкість рекомбінації на освітленому контакті прямує до нуля, а на неосвітленому – до нескінченності, було отримано наступний вираз для ВАХ такої структури:

$$V = -j r_c + V_T \frac{2(j - J_{ph})}{j - (1 + u_n / u_p) J_{ph}} \ln \left[1 + \frac{(1 + u_n / u_p) J_{ph} - j}{2 j_{ni}} \right].$$

Тут $j_{ni} = q n_i u_n V_T / a$, $V_T = k_B T / q$ – тепловий потенціал, $J_{ph} = q \beta I_0$ – має сенс густини фотоструму, β – квантова ефективність, I_0 – густина потоку фотонів, $2a$ – товщина напівпровідника, k_B – константа Больцмана, T – температура, $-q$ – заряд електрона, n_i – концентрація електронів у власному напівпровіднику, $u_{n,p}$ – рухливість електронів та дірок, r_c – опір контактів.

Аналіз отриманого виразу для ВАХ показав, що для напівпровідникових матеріалів з власним типом провідності і співвідношенням рухливостей $u_n > u_p$ генерована напруга є досить незначною а ВАХ, в області напруг де структура працює як генератор, має майже трикутну форму. Наприклад для власного Si ($u_n / u_p \approx 2$), який освітлено монохроматичним світлом з густиною квантів $I_0 = 10^{17} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, напруга дорівнює 0.14 В з фактором заповнення ВАХ рівним $FF = 0.29$. В той же час для AlSb, у якого зворотне співвідношення рухливостей $u_p > u_n$ ($u_p / u_n \approx 2$), напруга буде 0.56 В, а фактор заповнення $FF = 0.38$. Для СЕ з гіпотетичного матеріалу з $u_p / u_n = 20$ і іншими параметрами подібними до кремнію, фактор заповнення буде дорівнювати $FF = 0.56$ і форма ВАХ буде близькою до тої, яку мають ефективні СЕ. Таким чином, існує принципова можливість створення достатньо ефективного СЕ на основі структури метал-напівпровідник-метал без бар'єрів. Такі СЕ могли б бути однією зі складових тандемних структур в яких зазвичай буває складно узгоджувати СЕ з різним розташуванням шарів різного типу провідності.