

# ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛОКАЛІЗОВАНИХ СТАНІВ В ПРОСТОРОВО НЕГОМОГЕННИХ ЗРАЗКАХ МЕТОДОМ СТРУМІВ ОБМЕЖЕНИХ ПРОСТОРОВИМ ЗАРЯДОМ

М.М. Колесник, А.С. Опанасюк

Одержання інформації про основні параметри локалізованих станів (ЛС) у напівізолюючих матеріалах, їх глибину залягання та концентрацію, є актуальною науковою задачею, оскільки ці стани зумовлюють такі важливі характеристики матеріалу, як час життя носіїв заряду, їх довжину вільного пробігу та інше. У теперішній час з цією метою широкого використання набув метод, що заснований на аналізі вольт-амперних характеристик (ВАХ) струмів, обмежених просторовим зарядом (СОПЗ) [1]. Як правило при обробці ВАХ СОПЗ вважається, що просторовий розподіл ЛС у зразках є однорідним. Однак, це припущення не може бути використане для багатошарових структур, де на межі напівпровідник-метал в наслідок технологічних операцій можуть утворюватися перехідні шари з підвищеним вмістом точкових дефектів та поверхневі ЛС. Таким чином, просторова негомогенність плівок може суттєвим чином вплинути на вигляд ВАХ СОПЗ та привести до некоректності визначення параметрів ЛС у напівпровідникових шарах.

У зв'язку з цим, у роботі досліджена достовірність визначення концентрації та глибини залягання ЛС в неоднорідних зразках з ВАХ СОПЗ.

При дослідженні використовувалось наближення [2], яке припускало, що функція яка описує розподіл ЛС може бути розділена на дві частини, одна з яких залежить від енергії, а друга від просторової координати:  $h(E, x) = h(E)S(x)$ . Вважалося, що у зразку присутні

об'ємні та поверхневі стани, які локалізовані біля одного з електродів. Тоді просторовий розподіл пасток може бути заданий у вигляді  $S(x) = S_0 + S_1 \exp(-x/r)$ , або  $S(x) = S_0 + S_1 \exp((x-L)/r)$ , де  $S_0$  – концентрація об'ємних, а  $S_1$  – міжфазних станів,  $r$  – параметр просторового розподілу. Використовувалася наступна умова нормування:  $S_0 + S_1 = 1$ . Енергетичний розподіл ЛС описувався експоненціальною функцією.

Корегуючі коефіцієнти  $\delta_1$  та  $\delta_2$ , що враховують неоднорідність розподілу пасток за товщиною зразка розраховані із наступних співвідношень

$$\delta_1 = \frac{L}{L_{ef}} \left( \frac{\int_0^L S(x) dx}{L_{ef}} \right)^\beta,$$

$$\delta_2 = \left( \frac{L}{L_{ef}} \right)^2 \left( \frac{\int_0^L S(x) dx}{L_{ef}} \right)^{\beta-1},$$

де  $\beta = 1 - \gamma$ ;  $L$  – дійсна;  $L_{ef}$  – ефективна товщина зразків;

$\gamma = \frac{d^2 \lg U}{(d \lg I)^2}$  – нахил ВАХ у подвійних логарифмічних координатах.

Розрахунки корегуючих коефіцієнтів  $\delta_1$  та  $\delta_2$  для різних параметрів просторового розподілу пасток наведені на рис.

Встановлено, що неоднорідність розподілу пасток за товщиною зразка приводить до суттєвої зміни напруги повного заповнення пасток і відповідно похибок у визначенні дійсної концентрації ЛС. Шляхом моделювання показано, що якщо просторовий градієнт пасток не враховується, виникає систематичний зсув їх енергетичного положення,

який складає  $-kTl\ln\delta_1$ , відповідно концентрація ЛС може бути завищеною або

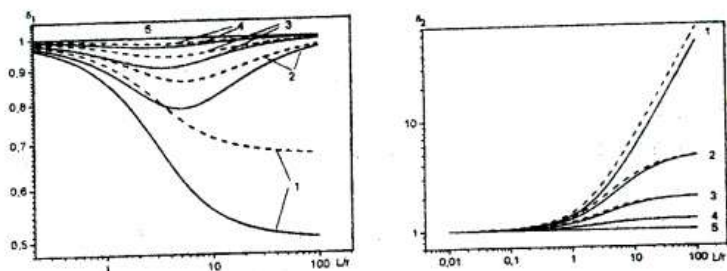


Рис. 1 – Залежність корегуючи коефіцієнтів  $\delta_1$  і  $\delta_2$  від співвідношення  $L/r$  для випадку максимуму ЛС на інжектуючому електроді: 1 –  $S_0=0$ ; 2 –  $S_0=0,2$ ; 3 –  $S_0=0,5$ ; 4 –  $S_0=0,8$ ; 5 –  $S_0=1$ . Сполошні лінії –  $\beta=1$ , штрихові лінії –  $\beta=0,5$ .

заниженою у  $\delta_2$  разів. При цьому максимальна похибка визначення енергії пасток в неоднорідних зразках при ігноруванні неоднорідності не перевищує 15 %, в той же час похибка у визначенні їх концентрації може сягати 1-2 порядки за величиною.

Отримані результати показують, що густина ЛС одержаних з експериментальних ВАХ СОПЗ можуть бути переоцінені або недооцінені як мінімум на декілька порядків по величині, але їх енергетичний профіль повинен бути принаймні схожим з дійсним.

- [1] В.О. Любчак, А.С. Опанасюк, Н.В. Тиркусова, В.І. Харченко Метод інжекційної спектроскопії для вивчення глибоких центрів у плівках телуриду кадмію // УФЖ – 1999 – Т.44, №6. – С. 741-747.
- [2] К. Као, В. Хуанг Перенос електронів в твердых телах: В 2 т.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – Т.1 Перенос електронів в твердых телах. – 352 с.