

Рис. 1 Залежність концентрації власних дефектів у  $CdTe$  від парціального тиску пари при закалюванні зразків.

№3.- С. 475-480.

2. Крөггер Ф. Химия несовершенных кристаллов.-М.:Мир, 1969.-620 с.
3. Зякун Д.Г., Кунченко А.Л., Тыркусова Н.В. Расчёт концентрации собственных дефектов в пленках теллурида кадмия методом квазихимических реакций // Тези науково-технічної конференції викладачів співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету.- 15-30 квітня 2002.- Суми СумДУ.-2002.-С. 148-150.

## ВРАХУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ НАПІВПРОВІДНИКА ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ ЛОКАЛІЗОВАНИХ СТАНІВ

Колесник М.М., Опанасюк А.С.

Електричні властивості ізолюючих та напівізолюючих матеріалів в значній мірі визначаються присутністю в них локалізованих станів (ЛС). Для знаходження параметрів ЛС в напівпровідниках у теперішній час широкого використання набув метод, заснований на аналізі вольт-амперних характеристик (ВАХ) в режимі струмів, обмежених просторовим за-

рядом (СОПЗ). У своєму класичному вигляді цей метод базується на порівнянні експериментальних ВАХ з теоретично розрахованими для ряду модельних розподілів ЛС у забороненій зоні (ЗЗ) матеріалу. При цьому при одержанні теоретичних кривих струм-напряга вважається, що зразки є просторово однорідними. Дане припущення може бути застосоване у випадку монокристалічних та аморфних плівок, але неприпустимо для полікристалічних плівок, одержаних вакуумною конденсацією. Добре відомо, що у цьому випадку поблизу підкладки формується перехідний шар з підвищеним вмістом структурних дефектів, які можуть виступати пастками. Дефектний шар може також виникати на поверхні матеріалу під час її обробки та нанесення струмоз'ємних контактів, в результаті розподіл пасток за товщиною плівки стає неоднорідним. Це може суттєвим чином вплинути на вигляд ВАХ та привести до значних похибок при визначенні параметрів ЛС.

У роботі аналізується вплив просторової негомogeneousності напівпровідникового матеріалу на надійність визначення параметрів пасток із ВАХ СОПЗ.

У випадку протікання через зразок з довільним розподілом пасток у ЗЗ матеріалу монополярних струмів виконується закон подоби

$$\frac{j}{L} = f\left(\frac{U}{L^2}\right), \quad (1)$$

де  $j$  – густина струму;  $U$  – напряга на зразку;  $L$  – його товщина. Для випадку неоднорідного розподілу пасток це рівняння може бути записано у вигляді

$$\frac{j}{L} \left(\frac{L}{L_{ef}}\right) = f\left(\frac{U}{L^2} \left(\frac{L}{L_{ef}}\right)^2\right), \quad (2)$$

де якщо розподіл пасток за енергією у ЗЗ матеріалу є експоненціальним

$$L_{ef} = \left\{ \frac{2\eta - 1}{\eta} \int_0^L \left( \int_0^t S(x) dx \right)^{\frac{\eta-1}{\eta}} dt \right\}^{\frac{\eta}{2\eta-1}}. \quad (3)$$

де  $S(x)$  – функція, що характеризує просторовий розподіл пасток;  $\eta = \frac{d \ln j}{d \ln U}$  – нахил ВАХ у подвійних логарифмічних координатах.

З співвідношення (2) видно, що плівка з неоднорідним просторовим розподілом еквівалентна гомогенній плівці, якщо її реальну товщину замінити на ефективну. Таким чином врахувати просторову неоднорідність зразка можна, розрахувавши відношення  $L_{ef}/L$  в залежності від параметрів розподілу.

Моделювання проводились для розподілу пасток за товщиною плівки, що описується експонентою, подвійною експонентою або гаусовою функцією з максимумом густини на поверхні зразка. Відповідні функції нормувалися на одиницю. Параметри просторового розподілу змінювалися у широкому інтервалі значень  $l = \eta - 1$ .

Це дозволило одержати результати для двох крайніх випадків: однорідного просторового розподілу ( $l = 1$ ) та пасток, зосереджених біля поверхні плівки (монорівень,  $l = 59$ ). Результати моделювання для розподілу пасток з максимумом густини на інжектуючому електроді наведені на рис. 1.

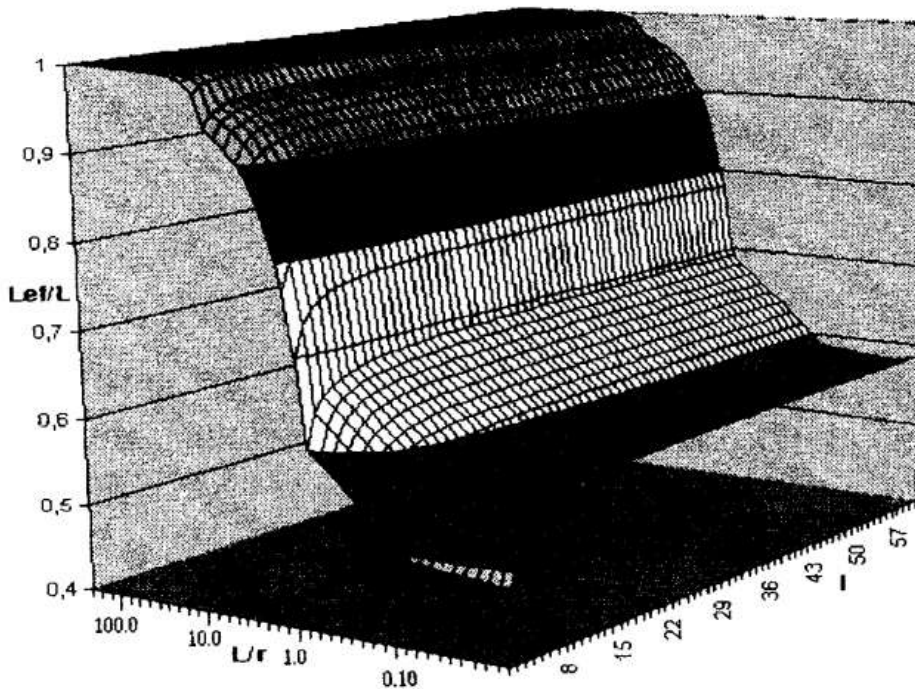


Рис.1 Залежність  $L_{ef}/L$  від  $L/r$  для різних значень  $l$ . Просторовий розподіл ЛС задається співвідношенням  $S(x) = 1 + S_0 \exp(-x/r)$ , де  $S_0 = 2$ .

Аналіз кривих наведених на рис.1, дозволив встановити, що вплив неоднорідності просторового розподілу є більш виражений у випадку

тонких зразків та зростає при наближенні розподілу до гомогенного.

Отримані результати дозволяють врахувати неоднорідність просторового розподілу пасток за товщиною плівки і одержати коректні результати при визначенні концентрації та глибини залягання пасток.

## ІНЖЕКЦІЙНА СПЕКТРОСКОПІЯ ЛОКАЛІЗОВАНИХ СТАНІВ В УМОВАХ ПРОСТОРОВОЇ НЕГОМОГЕННОСТІ ЗРАЗКІВ

Шевченко М., Опанасюк А.С., Тиркусова Н.В.

Метод, що базується на аналізі вольт-амперних характеристик (ВАХ) струмів обмежених просторовим зарядом (СОПЗ), в наш час набув широкого використання для отримання інформації про концентрацію і енергетичне положення у забороненій зоні апівізолуючих матеріалів локалізованих станів (ЛС), які зумовлені домішками або власними структурними дефектами.

В роботах [1-2] запропоновано та розвивається різновид цього методу (інжекційна спектроскопія), який дозволяє знайти функцію, що описує енергетичний розподіл ЛС в зразках безпосередньо з експериментальних ВАХ шляхом їх диференціальної обробки та одержати максимально повну інформацію про параметри пасток. При цьому вважається, що просторовий розподіл ЛС у матеріалі є однорідним. Разом з тим, це припущення не може бути придатним у випадку плівкових зразків, відкрита поверхня та границя розділу плівка-підкладка яких слугують джерелами додаткових ЛС. У зв'язку з цим у роботі аналізується вплив градієнта густини пасток вздовж зразків на вигляд ВАХ СОПЗ.

Для розрахунку  $j - U$  залежностей використовувалися наступні співвідношення.

$$j = e\mu E(x) n_f(x), \quad (1)$$

$$E(L) = \frac{\alpha U}{L} \delta_1, \quad n_t(L) = \frac{\alpha \beta \epsilon \epsilon_0 U}{e L^2} \delta_2, \quad (2)$$

$$n_f(x) = N_c(v) \exp\left(\frac{E_F}{kT}\right), \quad n_t(x) = \frac{h(E, x)}{1 + g \exp[(E - E_F)/kT]}, \quad (3)$$