

## ДІАГНОСТИКА СТРУКТУРНИХ НЕДОСКОНАЛОСТЕЙ У ФОСФІДО-ГАЛІЄВИХ СВІТЛОДІОДАХ

**М.Р. Вернидуб<sup>1</sup>, Л.А. Кот<sup>1</sup>, П.Г. Литовченко<sup>2</sup>, І.В. Петренко<sup>2</sup>,  
Д.П. Стратілат<sup>2</sup>, В.П. Таргачник<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна*

<sup>2</sup> *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна*

Прості і дешеві фосфідо-галієві світлодіоди (СД) використовуються як джерела точкового випромінювання у різноманітних галузях промисловості, мікроелектронної техніки, відео зв'язку, медицині, біології, сільському господарстві та ін.

Сучасна оптоелектроніка потребує матеріалів з великою квадратною нелінійною сприйнятливістю і високим показником заломлення. Обидві якості властиві кристалам фосфіду галію і підвищують його конкурентну спроможність на ринку сировинних матеріалів, необхідних для виробництва фотоелектронних модулів сумісних за параметрами ґратки із кремнієм.

Особливо важливим застосуванням кристалів GaP слід вважати вирощування на їхній основі нанодротів, враховуючи широкий діапазон прозорості (0,6 – 1,1 мкм) фосфіду галію. Нанокристалічні об'єкти подібного виду можуть служити будівельними блоками для оптоелектронних застосувань.

Надійність і стабільність базових елементів оптоелектронної техніки забезпечує безперебійну роботу великомасштабних систем зв'язку, телекомунікаційних ліній, інформаційно-обчислювальних блоків, космічної техніки, військового обладнання.

Діагностика вихідних пошкоджень діодних структур, до яких належать як різні типи СД, так і перетворювачі енергії протилежного призначення - сонячні елементи, може здійснюватися багатьма способами, однак технічно найпростіший із них - метод аналізу вольт-амперних характеристик (ВАХ). Відомо, що залежність  $I(U)$  р-п переходу добре узгоджується зі законом Шоклі [1]:

$$I = I_s \left( e^{\frac{qU}{nkT}} - 1 \right) \quad (1)$$

$I_s$  – тепловий струм, або струм насичення;  $n$  - параметр ідеальності (неідеальності) діода, який якраз і характеризує відхилення експериментальної кривої від ВАХ ідеального р-п переходу.

У разі, коли  $n = 1$  через перехід тече дифузійний струм; коли  $n = 2$  – струм рекомбінаційного походження; якщо  $n > 2$  – переважає його тунельна складова, як ознака присутності у зразку порушень структури складної конфігурації, між якими можливий розвиток процесу тунелювання носіїв. Інтервал значень  $1 < n < 2$  ототожнюється з рекомбінацією носіїв переважно на точкових дефектах.

Для встановлення виду кристалічних порушень СД GaP, активних на різних ділянках ВАХ, ми скористалися рівнянням Шоклі (1).

На рис. 1 приведені ВАХ досліджуваних СД, зняті за температур 300 К і 77 К («а» і «б» відповідно) у межах струмів  $I = 10^{-8} \div 1$  А. Коефіцієнт « $n$ » кривої «а» в інтервалі  $I = 10^{-8} \div 10^{-4}$  А рівний 1,86; засвідчуючи протікання переважно рекомбінаційного струму через точкові дефекти; кривій «б» відповідає величина  $n = 1,82$ .

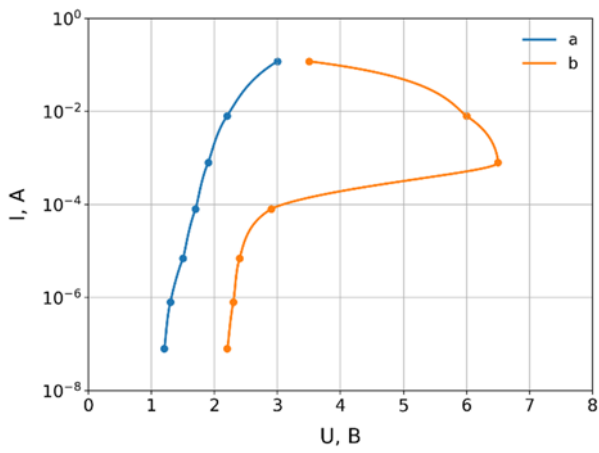


Рис. 1. ВАХ СД GaP; а при 300 К; b при 77 К

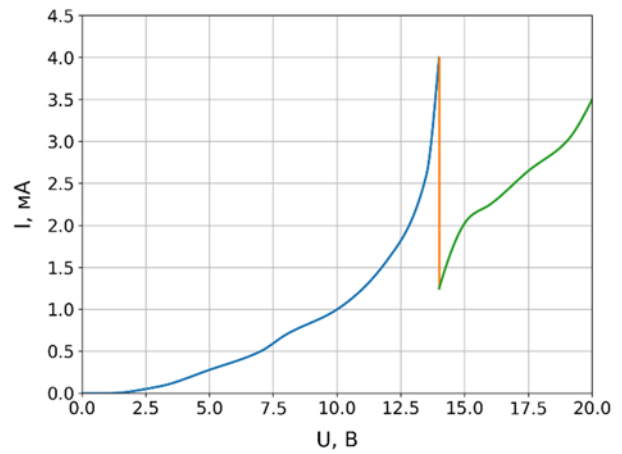


Рис. 2. Нестабільність N-типу СД GaP (N) при 77 К

Низькотемпературна ВАХ після  $I=10^{-3}\text{A}$  демонструє виникнення області від'ємного диференційного опору, зумовленої міждефективним тунелюванням носіїв.

Опромінення нейтронами реактора ( $\Phi = 10^{16}\text{см}^{-2}$ ) приводить до виникнення нестабільностей N-типу в області додатних зміщень рис. 2, які виявляються у режимі генератора струму при  $U = 14\text{ В}$ .

Стрімке падіння струму - очевидно польовий ефект, пов'язаний із захватуванням носіїв глибокими рівнями складних дефектів, розупорядкованих областей, породжених нейтронами.

1. S.M. Sze. Physics of Semiconductor Devices. New York. 1981. P. 455