

В.І. Гривул, М.В. Демич, В.П. Махній, М.М. Сльотов

Оптичні властивості шарів CdTe:Sn

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, Україна, 58012, E-mail: oe-dpt@chnu.edu.ua

Досліджено оптичні властивості кристалів телуриду кадмію, легованих амфотерною домішкою олова з парової фази. Відсутність фотолюмінесценції об'єктів досліджень у діапазоні енергій 0,6 - 1,6 еВ при температурах 77 - 300 К пояснюється флуктуацією домішкового потенціалу, викликаного ефектами сильного легування і компенсації.

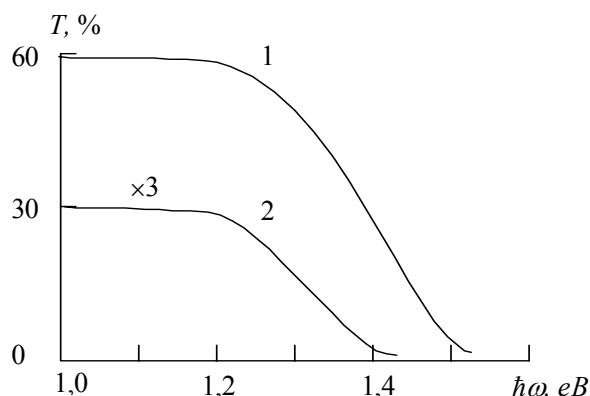
Ключові слова: телурид кадмію, амфотерна домішка, компенсація, гофрування зон, час життя.

Стаття постуила до редакції 16.05.2005; прийнята до друку 15.12.2005

Телурид кадмію – перспективний напівпровідник для створення детекторів випромінювання в оптичному, Х- та γ -діапазонах спектру [1]. Поліпшення деяких важливих параметрів матеріалу (збільшення часу життя носіїв заряду та їх рухливості, питомого опору, часової та температурної стабільності тощо) на даний час актуальна і складна задача. Широко розповсюджені кристали телуриду кадмію з домішкою хлору відповідають деяким з наведених вище вимог, однак різко погіршують свої параметри навіть при короточасному нагріванні до 150°C. Ця температура типова при створенні індієвих контактів, які служать для зняття електричного сигналу з детектора. Один з можливих шляхів усунення зазначених недоліків – легування телуриду кадмію амфотерною домішкою олова, яка дозволяє при певних технологічних умовах створювати досить високоомні 10^{10} - 10^{11} Ом·см шари. [2] У даній роботі досліджуються основні оптичні характеристики таких шарів, які виготовлені на низькоомних підкладках n-CdTe і можуть бути основою діодних структур типу метал-ізолятор-напівпровідник.

Типовий спектр оптичного пропускання T базових підкладок зображено на рисунку кривою 1. Екстраполяція високоенергетичного “крила” залежності $T(\hbar\omega)$ до перетину з віссю абсцис відсікає $\hbar\omega \approx 1,5$ еВ, що узгоджується з шириною забороненої зони E_g телуриду кадмію при 300°C [1]. Легування зразків оловом призводить не лише до зменшення абсолютного значення оптичного пропускання, але й до зміщення точки перетину кривої $T(\hbar\omega)$ з віссю енергій до $\hbar\omega \approx 1,4$ еВ, крива 2. Це можна пояснити виникненням “хвостів” станів дозволених зон, які виникають внаслідок сильного легування кристалів. Натомість провідність шарів стає малою внаслідок процесів компенсації, оскільки амфотерна домішка

олова викликає одночасну генерацію мілких донорних і акцепторних центрів.



В області кімнатних температур люмінесценція не спостерігається для обох типів об'єктів досліджень. При 80 К спектри фотолюмінесценції (ФЛ) базових кристалів складаються з трьох смуг. Найбільш інтенсивна з них при $\hbar\omega \approx 1,6$ еВ зумовлена міжзонними переходами вільних носіїв заряду. Дещо слабша смуга ФЛ з $\hbar\omega \approx 1,45$ еВ викликана рекомбінацією за участю центрів з енергією іонізації 0,15 еВ, природа яких не зовсім зрозуміла. Смуга випромінювання з $\hbar\omega \approx 1,05$ еВ найімовірніше зумовлена переходами через глибокі акцепторні рівні двохзарядної вакансії кадмію.

Найбільш несподіваним результатом є повна відсутність люмінесцентного випромінювання у діапазоні енергій фотонів 0,6 - 1,6 еВ. Для пояснення цього ефекту на наш погляд слід залучити модель, основою якої є спотворення кристалічної ґратки поблизу глибокорівневого домішкового атома.[3] Воно призводить до того, що для зворотного переходу електрона із зони провідності на глибокий

центр необхідно подолати певний потенціальний бар'єр E_p . Наслідком цього є різке збільшення часу життя електрона, що описується виразом

$$\tau = \tau_0 \exp(E_p/kT), \quad (1)$$

де τ_0 - час життя електрона у кристалі, який не містить глибокої домішки. У нашому випадку гігантське збільшення τ виникає внаслідок одночасного легування глибокого N_A та мілкового N_D рівнів, які утворює амфотерна домішка олова. Якщо припустити, що $N_A > N_D$ то некомпенсована частка глибокого центра у концентрації ($N_A - N_D$) внаслідок великої енергії іонізації по суті не буде іонізована. Ступінь компенсації при цьому буде близькою до одиниці, а кристал набуде надзвичайно високого опору, що і спостерігається на досліді.

Якщо ж мілка та глибока домішки будуть ще й сильно розчинними у напівпровіднику, то кристал може виявлятися і сильно легованим. В умовах

сильних легування та компенсації виникають крупномасштабні флуктуації домішкового потенціалу і, як наслідок, ефект гофрування зон.[4] У результаті нерівноважні електрони і дірки у відповідних дозволених зонах виявляються просторово рознесеними, а для їх рекомбінації необхідно подолати потенціальний бар'єр E_i . У даному випадку час життя також визначається виразом (1), однак фізичний зміст τ_0 - час життя у відсутності сильної компенсації. Побічним підтвердженням сильного легування і гофрування зон є зменшення абсолютної величини пропускання та зміщення краю спектра T_ω в область менших енергій. Натомість, відповідь на те, яка з даних моделей відповідає реальній ситуації може дати лише подальший більш детальний аналіз із залученням додаткових методів досліджень.

- [1] Д.В. Корбутяк, С.В. Мельничук, Є.В. Корбут, А.М. Борисик. *Телурид кадмію: домішково-дефектні стани та детекторні властивості*. К., Іван Федорів, 198 с. (2000).
- [2] В.П. Махній, М.В. Демид. *Спосіб компенсації провідності кристалів CdZnTe*. Декл. патент України №6510А пр. від 15.04.2004р.
- [3] В.И. Фистуль. *Атомы легирующих примесей в полупроводниках*. М., Изд. Физ.-мат. лит., 432 с. (2004).
- [4] А.Л. Эфрос, Б.И. Шкловский. *Электронные свойства легированных полупроводников*. М., Наука, 416 с. (1979).

V.I. Hryvul, M.V. Demych, V.P. Makhniy, M.M. Slijotov

Optical Properties of Stratums CdTe:Sn

'Jury Fedkovich' Chernovtsy National University

Optical properties of cadmium telluride crystals alloyed by an amphoteric impurity of tin from a vapour phase are explored. Absence of a photoluminescence of examinations objects in a range of energies 0,6-1,6 eV at the temperatures 77 - 300 K are speaks fluctuation of the impurity potential caused by effects of the strong doping and neutralization.