

## **ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПІДКЛАДКИ ТА УМОВ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНТАКТІВ Au-CdTe НА ЇХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**

Створено контакти метал-напівпровідник на основі телуриду кадмію, поверхня якого компенсована киснем. Вивчено вплив режимів відпалу та питомого опору базової підкладки на основні параметри фотодіодів. Обговорюються можливості практичного використання досліджуваних структур.

Телурид кадмію – перспективний матеріал для виготовлення сонячних елементів з гетеропереходом (ГП) любого типу. Це пов'язано, насамперед, з тим, що його ширина забороненої зони ( $E_g=1,5$  еВ при 300 К) є оптимальною для перетворення сонячної енергії в електричну. Аналіз попередніх досліджень показує, що на властивості ГП і характеристики готових приладів суттєвим чином впливають як об'ємні параметри напівпровідникової підкладки, так і умови підготовки її поверхні перед формуванням гетеропереходу [1,2]. Поверхневі дефекти приводять до збільшення надлишкових струмів різної природи, а в кінцевому результаті – до зменшення напруги холостого ходу  $V_{oc}$  і фактора заповнення  $ff$  навантажувальної характеристики. Один з шляхів покращення вищезгаданих параметрів – термообробка кристалів [3] або плівок [4] CdTe в атмосфері кисню. Зазначимо, що струм короткого замикання  $I_{sc}$ , як і значення  $V_{oc}$  і  $ff$ , залежать також від параметрів базової підкладки, насамперед, її провідності. В даній роботі вивчається вплив режимів термообробки кристалів телуриду кадмію з різним питомим опором на основні фотоелектричні властивості контактів Au-CdTe.

Вихідні кристали CdTe мали електронну провідність, яка при 300 К змінювалась в межах  $10^{-5}$ – $10^0$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>. Підкладки типорозміром 4×4×1 мм<sup>3</sup> піддавались механічному та хімічному поліруванню, після чого на одну із сторін вплавлялись омичні індієві контакти. На протилежну сторону зразка після його термообробки напилювалась напівпрозора плівка золота площею  $10^{-1}$  см<sup>2</sup>. Вибір золота зумовлений тим, що воно створює з n-CdTe досить великий бар'єр, а його тонким шаром притаманні високі електропровідність та прозорість в широкому (1–6 еВ) спектральному діапазоні [5]. Зразки з омичними контактами відпалювались на повітрі при температурі 500°C на протязі різного часу t.

Атмосферний кисень, дифундуючи в телурид кадмію, приводить до компенсації приповерхневого шару напівпровідника. Дослідження показали, що основні параметри фотодіодів з такою модифікованою поверхнею кращі ніж у контрольних, які не пройшли стадію відпалу.

Це ілюструється даними таблиці 1, в якій наведено залежності напруги холостого ходу  $V_{oc}$  і струму короткого замикання  $I_{sc}$  від часу відпалу для діодів, виготовлених на основі CdTe з  $\rho=20$ –50 Ом·см.

Таблиця.1

t, хв	0	5	10	30	60
$V_{oc}$ , В	0,4	0,5	0,7	0,25	0,2
$I_{sc}$ , мА	1	1,5	3	0,5	0,01

Вимірювання проведені в умовах сонячного освітлення АМ2, а в таблиці вказані параметри, які усередненні по 5 зразках для кожного значення t.

Залежності середніх значень  $V_{oc}$  та  $I_{sc}$  від питомого опору підкладки контактів Au-CdTe<O> при t=10 хв наведено в таблиці2.

Таблиця.2

$\rho$ , Ом·см	1–5	20–50	$10^3$	$10^5$
$V_{oc}$ , В	0,5	0,7	0,3	0,2
$I_{sc}$ , мА	2	3	0,2	0,03

Аналіз даних таблиць показує, що оптимальні параметри контактів Au-CdTe досягаються для матеріалу з  $\rho = 20\text{--}50$  Ом·см та часу відпалу  $t=10$  хв. К.к.д. перетворення сонячної енергії в електричну в умовах освітлення АМ2 для кращих зразків може досягати при 300 К 13%. Струм короткого замикання таких діодів змінюється від напруги холостого ходу по закону  $I_{sc} = I_{sc}^0 \exp(eV_{oc} / 2kT)$ , що вказує на переважаючу генерацію фотоносіїв в області просторового заряду. Залежність  $I_{sc}$  від освітленості  $L$  лінійна в широкому діапазоні її зміни. Напруга холостого ходу змінюється по закону  $V_{oc} \sim \ln(L)$  при малих значеннях освітленості, прямує до насичення при великих  $L$ . Спектр фоточутливості обмежений діапазоном енергій 1,4–6,0 еВ. Широкий спектр чутливості в поєднанні з високою радіаційною стійкістю телуриду кадмію дозволяють використовувати такі структури в жорстких умовах, зокрема, у відкритому космосі.

Темнові та світлові вольтамперні характеристики діодів з високоомною ( $\rho \approx 10^5$  Ом·см) базою описуються в рамках теорії струмів обмежених просторовим зарядом. В таких структурах реалізується внутрішнє підсилення, коефіцієнт якого при відносно низьких напругах може досягати декількох тисяч [6]. В зв'язку з цим, інжекційні фотодіоди можуть знайти використання в різних функціональних вузлах оптоелектронної апаратури.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент / Пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна.- М.: Энергоатомиздат, 1987.-С.280.
2. The effect of surface preparation on properties of cadmium telluride thin film heterojunctions / Yi X., Lin Q., Zhao X., Wong G.K. // J. Phys. D. Appl.- 1990.- **23**, N7.- P. 912-915.

3. Raychaudhuri P.K. Hight-efficiency Au/CdTe photovoltaic cells // J. Appl. Phys.– 1987.– **62**, N7.– P.3025-3028.
4. Tynn Y.S. Topics on thin film CdS/CdTe solar cells. // Solar Cells.– 1988.– **23**, N1-2.– P. 19-29.
5. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Том 2 / Пер. с англ. под ред. Р.А. Суриса.– М.: Мир, 1984.– С.456.
6. Анисимова И.Д., Викулин И.М., Зайтов Ф.А., Курмашев Ш.Д. Полупроводниковые фотоприемники: Ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра – М.: Радио и связь, 1984.– С.216.

## **SUMMARY**

DEMYCH N.V., GORLEY P.N.,  
MAKHNIY V.P., ULYANITSKIY K.S.

### **INFLUENCE PARAMETERS SUBSTRATES AND CONDITION of PREPARATION by CONTACTS Au–CdTe ON THEIRS PHOTOELECTRICAL PROPERTIES**

Contacts of the metal–semiconductor n-CdTe, which surface is compensative by oxygen, have been doing. Influence of the region by annealing and resistivity base-substrates on the main parameters of photodiodes are studied. Possibilities of practical utilize of the research structures are discussed.