

Міністерство освіти і науки України

Національна академія наук України

Мала академія наук України

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Секція
«Академічна й університетська наука»

Збірник наукових праць
за матеріалами

Всеукраїнської науково-практичної конференції
«Сучасні рецепції світоглядно-ціннісних
орієнтирів Григорія Сковороди»

02 грудня 2022 року

Том 2

Полтава 2022

УДК 539.2:621.315.548.0: 612.029.62, 621.315.592

Левицький С.М., Гнатюк Д.В., Стронський О.В.
Інститут фізики напівпровідників ім. В.С. Лашкарьова НАНУ
levytskyi@ua.fm

Шефер О.В.
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
itm.ovshefer@nupp.edu.ua

ВЛАСТИВОСТІ CDTE P-N-ПЕРЕХОДІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЛАЗЕРНОЮ ІМПЛАНТАЦІЄЮ IN В НАПІВІЗОЛЬОВАНИХ P-CDTE:CL

Анотація. У роботі аналізуються електричні і фотоелектричні властивості p-n-переходів p-CdTe:Cl, утворених лазерною імплантацією In у поверхневий шар CdTe та формування Розглядаються вольт-амперні характеристики та спектральна чутливість сформованих структур Au/p-CdTe:Cl/In.

Напівпровідникові матеріали групи A^{II}B^{VI}, зокрема CdTe та Cd_{1-x}Zn_xTe, є одними із найпоширеніших матеріалів, що використовуються для напівпровідникових детекторів іонізуючого випромінювання, фотоприймачів, інфрачервоних (ІЧ) фільтрів, тощо [1-5].

Перевагою монокристалічних детекторів X- та γ- випромінювання на основі напівізольованих матеріалів CdTe або Cd_{1-x}Zn_xTe (x=0.1) є висока ефективність реєстрації випромінювання та здатність експлуатувати при кімнатній температурі. Використання потенціального бар'єру типу діода Шоткі або p-n-переходу в цих матеріалах може зумовити зменшення темного струму в таких детекторах у порівнянні з однорідними (безбар'єрними) детекторами на їх основі при однакових напругах зміщення [2]. Зменшення рівня темного струму детектора, як правило, обумовлює і зменшення його шуму, що сприяє реалізації режиму рахунку квантів радіаційного випромінювання детектором та їх спектрометрії. Враховуючи технологічні аспекти виготовлення детекторного матеріалу, а саме легування домішкою Cl з наступними компенсуючим термовідпалом [2] формування якісних дифузійних p-n-переходів утворюється як із-за обмеження температури дифузії, так і впливом ефекту самокомпенсації. А тому потенційний бар'єр на такому детекторному матеріалі формується або як бар'єр Шоткі [2, 5], або як p-n-перехід виготовлені методом лазерного легування донорною домішкою In p-CdTe [6].

В роботі розглядаються електричні та фотоелектричні властивості CdTe p-n-переходів при T≈293 K, сформованих лазерною імплантацією In у високоомних ($\rho \approx 2 \cdot 10^9 \text{ Ом} \cdot \text{см}$) монокристалах CdTe p-типу, легованих хлором (p-CdTe:Cl). Дослідні зразки розміром 6x6x0,5 мм виготовлялись з пластин напівізольованого p-CdTe:Cl діаметром 25 мм і товщиною 1 мм, що відрізались від злитку за допомогою абразивної струнної різки. У подальшому порушений шар з обох сторін пластин видалявся на установці хіміко-механічного полірування з використанням бромвмісних поліруючих травильних композицій.

На одну із сторін зразків напилялись тонкі (~0,8 мкм) плівки Au, розміром 5x5 мм². Термовідпал структури Au/ p-CdTe:Cl в атмосфері чистого водню при T ≈ 280 C впродовж 8-10 хв. забезпечував омичність контакту та сприяв стехіометризації поверхні зразків. Після цього на протилежну поверхню напилялись тонкі (~0,5 мкм) плівки In аналогічного розміру. Вся поверхні плівки In опромінювалась наносекундним одиночним імпульсом неодимового лазера з густиною енергії ~0,11 Дж/см². У подальшому плівки In розчинялись в розчинах соляної кислоти, а на середину поверхні напилялись контактні площадки діаметром 0,8 мм до яких приєднувались провідники. При вимірюванні спектральної фотопровідності таких структур у фотovoltaїчному режимі контактні площадки з In затінялись.

Результати дослідження вольт-амперних характеристик (ВАХ) структур у лінійних

координатах наведено на рис. 1 з якого видно їх чіткий діодний характер. Прямий ВАХ відповідає негативна полярність прикладеної напруги до In контакту. Зворотна ВАХ не має ділянки насичення темного струму, що вказує на незначний вклад у зворотній струм дифузійної компоненти і характеризується плавним характером поведінки ВАХ у передпробійній області. Аналізується переважаючий вклад у зворотній струм структур генераційної та поверхневої компоненти струму.

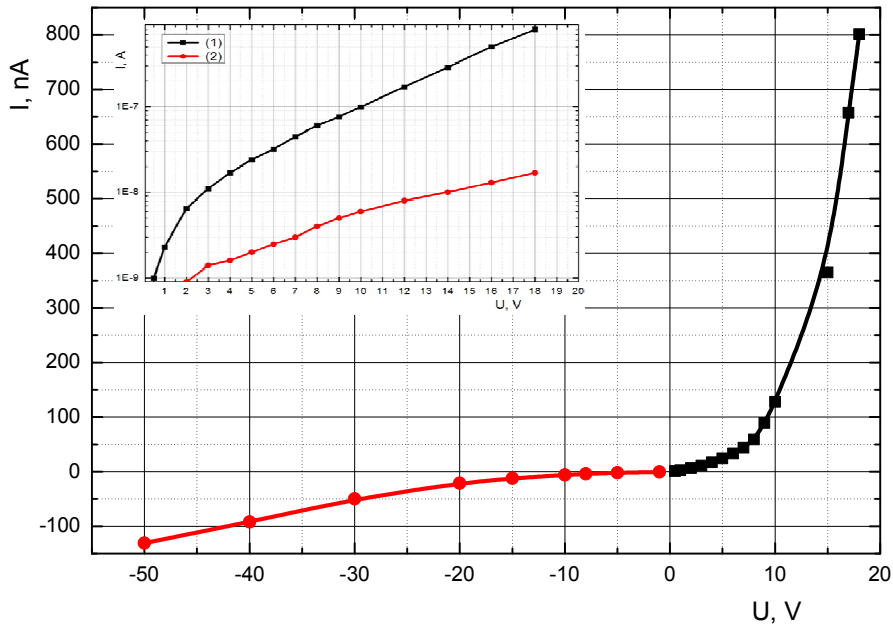


Рисунок 1 – ВАХ структури Au/p-CdTe:Cl/In у лінійних та напівлогарифмічних координатах

На вставці, рис.1. пряма (крива 1) та зворотна (крива 2) ВАХ наведені у напівлогарифмічних координатах. Видно, що експериментальні результати прямої ВАХ (крива 1) при напругах зміщення $U \geq 6$ В задовільно лінеаризуються, що вказує на експоненціальний характер поведінки ВАХ при значній інжекції носіїв заряду в і-область структур, згідно теорії n-i-p-переходів [7].

Типова спектральна фоточутливість структури при освітленні зі сторони затемненого In контакту, яка виміряна у фотовольтаїчному режимі наведена на рис. 2.

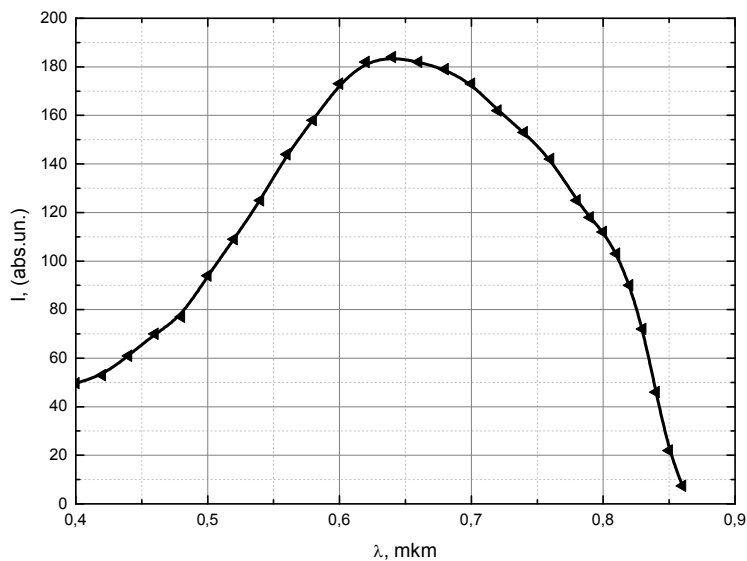


Рисунок 2 – Спектральна фоточутливість структури Au/p-CdTe:Cl/In

Видно, що у спектральному діапазоні фото чутливості $\Delta\lambda = 0,40-0,86$ мкм полярність сигналу фотовідгуку не змінює знаку і генерується негативна полярність на In контактi, що вказує на присутність лише одного потенціального бар'єра у досліджуваних структурах. Максимальна фотоЕРС насичення, яка генерується у структурах при їх освітленні концентрованим випромінюванням від кварцово-галогенної лампи потужністю 250 Вт становила $U_x \approx (90 \pm 5)$ мВ при $T \approx 293$ К.

Стравлювання приповерхневої області CdTe:Cl зі сторони In контакту глибиною $\sim 0,12$ мкм призводить до зникнення фотовольтаїчного ефекту структур та суттєвої зміни їх ВАХ. Сукупність експериментальних результатів у досліджуваних структурах пояснюється конверсією типу провідності тонкої при поверхневої області p-CdTe:Cl з утворенням n-p-переходу при лазерній імплантації донорної домішки In в цю область. Обговорюються параметри рівномірної енергетичної діаграми таких CdTe:Cl n-p-переходів.

Література

1. Zanio K. *Cadmium telluride, Semiconductors and Semimetals. Vol. 13. New York: Academic Press, 1978. – 235 p.*
2. Д.В. Корбутяк, С.Г. Мельничук, І.П. Корбут та ін. *Телурид кадмію: домішково-дефектна структура та детекторні властивості. Київ: Вид-во «Іван Федоров», 2000.*
3. Gnatyuk V.A., Aoki T., Hatanaka Y., Vlasenko O.I. *Defect formation in CdTe during laser-induced doping and application to the manufacturing nuclear radiation detectors // Phys. Stat. Sol. C. – 2006. – Vol. 3. – P. 1221- 1224.*
4. V.A. Gnatyuk, T. Aoki, O.I. Vlasenko, S.N. Levytskyi, B.K. Dauletmuratov, C.P. Lambropoulos *Modification of the surface state and doping of CdTe and CdZnTe crystals by pulsed laser irradiation // Appl. Surf. Sci. – 2009. – Vol. 255. – P. 9813-9816.*
5. Л.А. Косяченко, В.М. Склярчук, О.Л. Маслянчук и др. *Особенности электрических характеристик диодов Шоттки на основе CdTe с почти собственной проводимостью. Письма в ЖТФ. 2006. 32, №24. С. 29 – 37.*
6. V.A. Gnatyuk, T. Aoki, O.I. Vlasenko et al. *CdTe diode detectors with a p-n junction formed by laser-induced doping. IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record. 2011. P. 4506–4509.*
7. В.И. Стафеев. *Влияние сопротивления толщи полупроводника на вид вольт-амперной характеристики диода. ЖТФ, 1958, 28, 8, с. 1631 – 1641.*