Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0821U100227

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 12-02-2021

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Солодін Сергій Володимирович
2. Solodin Serhii Volodymyrovych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 102

Назва наукової спеціальності: Хімія

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 05-02-2021

Спеціальність за освітою: Хімія

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 76.051.005

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, м. Чернівці, Чернівецька обл., 58012, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, м. Чернівці, Чернівецька обл., 58012, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 31.15.19 , 31.17

Тема дисертації:

1. Дефектна структура та вплив термодинамічних умов відпалу на властивості монокристалів CdTe<Mn>

2. Defect structure and influence of thermodynamic annealing conditions on the properties of CdTe <Mn> single crystals

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена вивченню електрофізичних властивостей кристалів CdTe як мікролегованого Mn, так і кристалів твердих розчинів Cd1-xMnxTe у залежності від технології вирощування та способу термічної обробки. У першому розділі аналізуються літературні джерела за темою дисертаційної роботи. Розглядаються електрофізичні та оптичні властивості кристалів системи Cd-Mn-Te, аналізуються структурні дефекти у кристалах Cd1-xMnxTe, які виникають в процесі їх вирощування/охолодження, а також описуються їх детекторні характеристики. У другому розділі описуються технології вирощування кристалів та методики експериментальних досліджень, які використані у дисертаційній роботі для дослідження кристалів системи Cd-Mn-Te. Описана розроблена методика термічного відпалу «суха зона», яка використовувалася для очистки кристалів від вкраплень Te та від неконтрольованих домішок. Третій розділ

присвячено опису та обговоренню результатів, одержаних для кристалів твердих розчинів Cd1-xMnxTe. У першому підрозділі наведено результати вимірювання коефіцієнту Холла. Знайдено, що кристали Cd1-xMnxTe володіють підвищеним вмістом неконтрольованих акцепторів, порівняно з кристалами Cd1-xZnxTe. У результаті застосування методики термічної обробки «суха зона» до кристалів Cd1-xMnxTe було понижено вміст вкраплень Te (до 10 мкм) приблизно на порядок та знизити концентрації іонізуючих центрів ~ у 3 рази. Дослідженнями ефекту Холла та низькотемпературної фотолюмінесценції було підтверджено, що кристали, які спершу очищалися методом рухомого нагрівника, а далі вирощувалися вертикальним методом Бріджмена володіли високим питомим опором (□~109-1010 Ом×см) та були електрично однорідні за довжиною злитку. У кристалі Cd0.9Mn0.1Te при концентрації введеної домішки Індію C0 = 3,5×1017 см-3 було досягнуто високий ступінь компенсації донорів до k>0,9. Кристали з одночасно великим вмістом MnTe (Cd¬¬0,8Mn0,2Te, Cd¬0,7Mn0,3Te) та In (8×1017 - 8×1018 см-3) дуже низькими значеннями рухливості електронів (μе < 5 см2/(В×с)), що, ймовірно, зумовлено погіршенням мікронеоднорідності домішково-дефектної системи, внаслідок нерівномірного розчинення In у матриці кристалу. Відповідно, такі кристали непридатні для практичного використання. Установлено, що кристали Cd1-xMnxTe (x<0,1) леговані Ge (C0 = 8×1018 см-3) демонстрували вищий (на ~6 порядків) питомий опір, у порівнянні з нелегованими кристалами Cd1-xMnxTe, а також кращу макроскопічну однорідність електричних параметрів. Підтверджено, що мікронеоднорідність електричних параметрів у цьому матеріалі виражена слабо, що разом з високим питомим опором (□ ~ 108-109 Ом×см) робить кристали Cd1-xMnxTe-Ge перспективними для їх використання в якості детекторів. У другому підрозділі наведено результати високотемпературних досліджень ефекту Холла як у нелегованих, так і легованих домішкою In кристалах Cd1-xMnxTe. Установлено, що для кристала з малим вмістом MnTe (x=0,02) лінії тискової залежності концентрації електронів знаходилися на ~1,5 рази вище, ніж для нелегованого CdTe, що вказує на присутність точкового дефекта донорної природи у кристалі Cd0,98Mn0,02Te, найймовірніше, за рахунок іонізації Mn □ Mn . Натомість для кристала Cd0,7Mn0,3Te помічено пониження концентрації електронів на тисковій залежності, відносно CdTe, що пояснюється зменшенням розчинності власного донорного міжвузлового Cd внаслідок зменшення відстаней у кристалічній ґратці Cd0,7Mn0,3Te. Четвертий розділ присвячено опису та обговоренню результатів, одержаних для CdTe, легованих Mn. Спектроскопія анігіляції позитронів у кристалах p-CdTe:Mn виявила лише одну складову часу життя позитронів. У той же час у кристалах n-CdTe:Mn виявлено підвищене значення концентрації V від 1,5×1016 до 6,5×1016 см-3, що свідчить про те, що у кристалах n-CdTe:Mn спостерігаються донори домішкового (ймовірно Mn) походження. Використовуючи результати високотемпературних досліджень ефекту Холла та застосовуючи комп'ютерне моделювання спектру точкових дефектів у кристалах CdTe:Mn було розроблено систему квазіхімічних рівнянь дефектоутворення, яка добре описала одержані експериментальні залежності концентрації електронів. Комп'ютерним моделюванням була підтверджена можливість існування у кристалах як поодинокі Mn так і Mn-вмісних асоціатів (Mn V)-. Установлено, що розчинність Mn , навіть в умовах високих (T = 873 K) температур складає біля ~ 1×1017 см-3, а енергія іонізації Mn Ed складає ~ 100 меВ, Ці особливості пояснюють одержаний розкид значень електрофізичних параметрів і відсутність кореляції між ними та умовами вирощування, схемою легування чи концентрацією домішки після охолодження легованих Mn кристалів CdTe до ~300 К. З цього остаточно випливає, що Манган практично непридатний для отримання кристалів CdTe:Mn з відтворюваними електронними параметрами за кімнатних температурах.

2. The dissertation is devoted to a study of the electrophysical properties of CdTe crystals, both microdoped with Mn and crystals of Cd1-xMnxTe solid solutions, depending on the growth technology and the method of heat treatment. The first section analyzes literary sources on the topic of dissertation. The electrophysical and optical properties of Cd-Mn-Te crystals are considered, structural defects in Cd1-xMnxTe crystals that arise during their growth/cooling were analyzed, and their detector characteristics were described. The second section describes the technologies of crystals growth and experimental research techniques, used in the dissertation to study crystals of the Cd-Mn-Te system. The developed method of thermal annealing "dry zone" was described, which was used to purify the crystals from Te inclusions and from uncontrolled impurities. The third section was devoted

to the description and discussion of the results obtained for crystals of Cd1-xMnxTe solid solutions. The first subsection shows the results of measuring the Hall coefficient. It was found that Cd1-xMnxTe crystals have an increased content of uncontrolled acceptors in comparison with Cd1-xZnxTe crystals. As a result of the application of the thermal treatment method "dry zone" to crystals Cd1-xMnxTe, the content of Te inclusions (up to 10 μm) was reduced by about an order of magnitude and the concentration of ionizing centers was reduced by ~ 3 times. Studies of the Hall effect and low-temperature photoluminescence confirmed that crystals that were first purified by the traveling heater method and then grown by the vertical Bridgman method had a high resistivity (□ ~ 10 9-10 10 Ohm × cm) and were electrically uniform both along the length of the ingot. In the Cd0.9Mn0.1Te crystal at the concentration of the introduced impurity in indium C0 = 3.5 × 10 17 cm-3, a high degree of donor compensation, k>0.9, was achieved. Crystals with a simultaneously high content of MnTe (Cd0.8Mn0.2Te, Cd0.7Mn0.3Te) and In (8×10 17 - 8×10 18 cm-3) very low electron mobility (μe <5 cm2/(c×s)), which was probably due to the deterioration of the microheterogeneity of the impurity-defect system due to the uneven dissolution of In in the crystal matrix. Hence, such crystals are unsuitable for practical use. It was found that Ge-doped Cd1-xMnxTe crystals (x <0.1) (C0 = 8×10 18 cm-3) demonstrated a higher (by ~ 6 orders of magnitude) resistivity compared to undoped Cd1-xMnxTe crystals, as well as better macroscopic uniformity of electrical parameters. It was confirmed that the micro-inhomogeneity of electrical parameters in this material was weakly expressed, which, along with a high resistivity (□ ~ 10 8-10 9 Ohm-cm), makes Cd1-xMnxTe-Ge crystals promising for their use as detectors. The second subsection presents the results of high-temperature studies of the Hall effect in both undoped and In-doped Cd1-xMnxTe crystals. It was found that for a crystal with a low MnTe content (x = 0.02), the electron concentration dependence lines were ~ 1.5 times higher than for undoped CdTe, which indicates the presence of a donor point defect in the Cd0.98Mn0.02Te crystal most likely due to ionization Mn □ MnCd+. For the Cd0.7Mn0.3Te crystal, decrease in the concentration of electrons at the pressure dependencies was observed, relative to CdTe, which was explained by a decrease in the solubility of the intrinsic donor interstitial Cdi2+ due to a decrease in the distances in the crystal lattice of Cd0.7Mn0.3Te. The fourth section is devoted to the description and discussion of the results obtained for CdTe doped with Mn. Positron annihilation spectroscopy in p-CdTe: Mn crystals revealed only one component of the positron lifetime. At the same time, in n-CdTe:Mn crystals, an increased value of VCd2- concentration was revealed from 1.5×10 16 to 6.5×10 16 cm-3, which indicated that donors of impurity (probably MnCd+) origin. Using the results of high-temperature studies of the Hall effect and applying computer modeling of the spectrum of point defects in CdTe:Mn crystals, a system of quasi-chemical equations of defect formation was developed, and the obtained experimental dependences of the electron concentration were well described. Computer simulation confirmed the possibility of the existence in crystals of both single Mn and Mn-containing associates (MnCd+VCd2-)-. It was found that the solubility of Mn, even at high (T = 873 K) temperatures, is about ~ 1 × 1017 cm-3, and the ionization energy of MnCd+ Ed is ~ 100 meV. These features explain the resulting scatter in the values of the electrophysical parameters and the lack of correlation between them and the growing conditions, the doping scheme or the dopant concentration after cooling the Mn-doped CdTe crystals to ~ 300 K. Hence, it finally follows that Manganese is practically unsuitable for obtaining of CdTe:Mn crystals with reproducible electronic parameters at room temperatures.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фочук Петро Михайлович

2. Fochuk Petro Mykhailovych

Кваліфікація: д.х.н., 02.00.21

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Томашик Василь Миколайович

2. Tomashyk Vasyl Mykolaiovych

Кваліфікація: д. х. н., 02.00.01, 02.00.21

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горічок Ігор Володимирович

2. Gorichok Ihor Volodymyrovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.07, 02.00.21

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кобаса Ігор Михайлович

2. Kobasa Ihor Mykhailovych

Кваліфікація: д. х. н., 02.00.01, 02.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Халавка Юрій Богданович

2. Khalavka Yurii Bohdanovych

Кваліфікація: к.х.н., 02.00.21

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Фодчук Ігор Михайлович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні Фодчук Ігор Михайлович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Т.А.