© Солодін С. В., Моржук Б. А., Шестопапов М. А., Захарук З. І., Фочук П. М., 2019

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,

serhii.solodin@gmail.com**ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ
НЕЛЕГОВАНИХ КРИСТАЛІВ $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ($x=0,05-0,55$)
ПІД ТИСКОМ ПАРИ КАДМІЮ**

Уперше описуються результати дослідження високотемпературних електричних характеристик монокристалів нелегованого $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ у широкому інтервалі $x=0,05-0,55$. Проаналізовано вплив концентрації MnTe на електричну поведінку кристалів. Помічено, що введення значної кількості MnTe ($x \geq 0,15$) призводить до пониження концентрації носіїв заряду на 0,5-0,8 порядки (~ 773 K), що пояснюється впливом атомів Mn, які утворюють міцніший зв'язок з Te, ніж Cd, а тому генерація електронів вимагає більшої енергії, ніж у чистому CdTe. Установлено, що особливість кристалів $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ($x=0,15, 0,55$ та частково 0,3) – це наявність оберненої залежності концентрації носіїв від тиску пари кадмію, що спричинено настанням змішаної провідності цих кристалів в умовах високих температур ($T > 873$ K).

Ключові слова: $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$, ефект Холла, електричні характеристики, термообробка, високо-температурні вимірювання.

Вступ

Кристали $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ (СМТ) останніми роками все частіше розглядаються як можлива заміна кристалів $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ (CZT), що використовуються для виробництва детекторів, оскільки мають ряд беззаперечних переваг [1]. Зокрема, у кристалах СМТ існує можливість варіювати ширину забороненої зони E_g від 1,6 при $x=0,05$ до 2,7 еВ при $x=0,7$ (300 K) [2]. При цьому для детекторів γ -випромінювання найбільш підходящі кристали СМТ з $x=0,05-0,1$ [3-5]. Завдяки особливості впливу Mn, ширина забороненої зони таких кристалів, як порівняти з 6-7 меВ/(ат.%) у випадку Zn [6], зростає на величину ~ 13 меВ/(ат. %) Mn, що зумовлює меншу потребу у вмісті у кристалі першої домішки задля досягнення необхідної величини E_g .

Відчутною перешкодою отримання кристалів СМТ з бажаними електрофізичними характеристиками є брак досліджень у цьому напрямку. І хоча відомо про спроби дослідити ефект Холла у цьому матеріалі, але всі вони обмежувалися низькими температурами (80-420 K) [7-9]. Зокрема, у кристалах СМТ з вмістом мангану $x > 0,06$ спостерігалися процеси релаксації електропровідності (200-420 K) [7]. Крім цього, відбувалась також аномальна ізотермічна зміна концентрації дірок на величину від половини до трьох порядків. Автори припускали, що релаксація питомого опору в таких кристалах може бути спричинена квазіхімічними реакціями за

участі неконтрольованої домішки Cu і дефектів кристалічної структури CdTe, у тому числі і вакансії кадмію. Автори [8] зафіксували нестабільність електричних характеристик кристалів СМТ ($0,1 \leq x \leq 0,45$), яку було пояснено присутністю власних ($V_{\text{Cd}}, V_{\text{Cd}}^{2-}$) і домішкових дефектів у значній кількості, а також комплексів за їхньої участі.

Як відомо з теорії хімії напівпровідників, електрофізичні властивості визначаються спектром точкових дефектів (ТД), рівнями залягання домішок, процесами самокомпенсації тощо, а розуміння взаємозв'язків між цими параметрами дозволить цілеспрямовано отримувати кристали з прогнозованими і відтворюваними характеристиками. Високотемпературні вимірювання (ВТВ) електричних характеристик (ЕХ) під тиском пари кадмію дозволяють дослідити домішково-дефектну систему (ДДС) кристалів СМТ і контролювати зміну електричних властивостей кристалів безпосередньо під час відпалу, тому результати, одержані цими вимірюваннями, допоможуть доповнити існуючі дані та сприятимуть глибшому розумінню процесів у кристалах СМТ.

Методика експерименту

Для вирощування використовували вихідні матеріали (кадмій та телур) чистотою не менше 6N, та манган, який одержували вакуумною дистиляцією (чистота не менше 4N). Синтез кристалів відбувався в циліндричній печі, встановленій під кутом $\sim 45^\circ$ до

горизонту, шляхом повільного (18-20 год.) нагріву від кімнатної температури до ~ 1413 К та подальшої витримки за цієї температури протягом 70 годин. Під час синтезу останніх часто спостерігається взаємодія шихти зі стінками графітізованої кварцової ампули. Тому проведення тривалого синтезу (~ 70 год.), особливо за великого ($x > 0,05$) вмісту MnTe у складі твердого розчину $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$, здійснювалося у склографітовому тиглі, з яким Mn не взаємодіє. Після синтезу ампула з матеріалом установлювалась у вертикальну двозонну піч Бріджмена. Вирощування проводилося при градієнті температури на фронті кристалізації 10-12 К/см та швидкості росту – 3 мм/год. Після закінчення кристалізації злитка відбувалося програмоване охолодження печі зі швидкістю, що варіювалась від 15 до 30 К/год.

ВТВ проводили на стандартних зразках розміром ($12 \times 2 \times 1,5$ мм³) шестизондовим методом після механічної та хіміко-механічної обробки. Контакти (вольфрамовий дріт) уварювали у зразки під дією електричного розряду. Детальніше застосована нами методика описана раніше [10]. Досліджували температурні залежності (ТЗ) питомої електропровідності σ та коефіцієнта Холла R_H , а

також холлівську рухливість носіїв заряду $\mu_H = \sigma R_H$ в інтервалі температур 723-1073 К. При цьому положення зразка у злитку характеризували зведеною координатою $g = x/l$, де x – відстань від початку кристала, а l – довжина кристала.

Наявність вкраплень телуру до і після високотемпературної обробки оцінювали ІЧ мікроскопією. У загальному, кристали СМТ прозорі по відношенню до ІЧ-випромінювання, а вкраплення Те – непрозорі. Як результат, на ІЧ знімках можна виявити форму, розмір і локалізацію вкраплень, а також їхній розподіл в об'ємі кристала. Інфрачервоні зображення об'єму кристала отримували за допомогою мікроскопа Leitz, оснащеного ІЧ камерою Pixelink PL-A741.

Результати та обговорення

Для ВТВ ефекту Холла було відібрано зразки нелегованого СМТ різного складу (Табл. 1). Усі кристали володіли хорошою макрооднорідністю ЕХ уздовж усієї довжини злитка за кімнатних температур, тому для ВТВ відібрано зразки з початку злитка ($g=0,1-0,2$). ІЧ знімки зразків, відібраних для ВТВ, представлені на рис. 1.

Таблиця 1

Електричні характеристики зразків СМТ (300 К)

№ зразка	Шифр кристалу	Вміст Mn, x	Питома електропровідність σ , (Ом $\times$ см) ⁻¹	Тип провідності
1	KMT-284	0,02	$3,6 \times 10^{-2}$	p
2	RKT-89	0,15	6×10^{-3}	p
3	KMT-290	0,30	8×10^{-8}	p
4	KMT-209	0,55	5×10^{-8}	p

Рис. 1. ІЧ знімки зразків СМТ до проведення ВТВ

Аналіз цих знімків дозволив визначити середній розмір вкраплень у кристалах, який становив: для №1 – 4 мкм, №2 – 2 мкм, №3 – 9 мкм та №4 – 7 мкм

Кристал №1 ($\text{Cd}_{0,98}\text{Mn}_{0,02}\text{Te}$). Зразок володів p -типом провідності від 300 і до ~ 750 К, вище 750 К розпочиналася зміна знака постійної Холла і плавне збільшення рухливості за рахунок появи електронної провідності внаслідок впровадження атомів Cd з газової фази у міжвузлові позиції ґратки. Після досягнення ~ 870 К (точка А, рис. 2) відбулося ізотермічне зростання рухливості електронів (від 90 до $140 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ – точка Б рис. 3), що вказує на суттєві зміни в ДДС. Наступне охолодження від 870 до 710 К (точки Б і В) призвело до стрімкого підвищення рухливості з наступним її ізотермічним зниженням за ~ 712 К (від 320 до $180 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$). Очевидними причинами такої перебудови ДДС є: вихід домішок із вкраплень телуру, які топляться за ~ 723 К [11], розпад преципітатів кадмію [12]. Наступні цикли «нагріву-охолодження» були відтворювані і не впливали на характер ТЗ μ_n , що може вказувати на настання рівноваги у ДДС.

Рис. 2. Температурна залежність рухливості носіїв заряду під максимальним тиском пари Cd для кристалу КМТ-284. Пунктирні лінії - подібні залежності для нелегованого CdTe у випадку електронів і дірок [13]

У ході першого нагріву помітно вплив донорних домішок у кристалі, оскільки експериментальна лінія $\lg[e^-]$ знаходиться суттєво (~ 1 - $1,4$ порядків) вище від тієї для модельного (нелегованого) CdTe. У кінцевому випадку термообробка призвела до зниження концентрації електронів у 32 рази за ~ 622 К відносно початкових значень (рис. 3а). Лінії тискової залежності для зразка демонстрували майже такий самий нахил, як нелегований CdTe,

однак знаходилися на $\sim 1,5$ разу вище, ніж для останнього, що вказує на присутність ТД донорної природи у кристалі $\text{Cd}_{0,98}\text{Mn}_{0,02}\text{Te}$.

Рис. 3. Температурна (а) та тискова (б) залежність концентрації носіїв заряду для кристалу КМТ-284. Пунктирні лінії відповідають теоретично чистому нелегованому CdTe (модель)

Кристал №2 ($\text{Cd}_{0,85}\text{Mn}_{0,15}\text{Te}$). Починаючи з ~ 800 К зразок демонстрував n -тип провідності, хоча рухливість носіїв була сильно занижена і сягала майже типових значень рухливості дірок (рис. 4а). На відміну від попереднього зразка, у цьому не було зафіксовано ніяких ізотермічних релаксацій, лише відбулося незначне підвищення рухливості μ_n у ході термообробки. ТЗ концентрації електронів має дещо складніший характер (рис. 4б), порівняно з попереднім зразком, що може бути зумовлено вищим вмістом MnTe. У ході нагріву «плато» концентрації електронів мало місце при $\lg[e^-] \sim 15,3$ до ~ 850 К, а за вищої температури помічено два нахили ліній $\lg[e^-] = f(1000/T)$. Охолодження від вищих температур до ~ 830 К призвело до зменшення концентрації електронів у 2,5 рази порівняно з початковим значенням. Отримана залежність показує, що концентрація носіїв заряду в даному зразку на 0,5-0,8 порядку нижча, ніж для нелегованого CdTe, що вказує на вплив

домішки Mn, який сильніше стягує до себе сусідні атоми, тому генерація електронів вимагає більшої енергії, ніж у чистому CdTe.

Рис. 4. Температурна залежність рухливості носіїв заряду (а) та їх концентрації (б) для кристала PKT-89. Пунктирні лінії на рис. 4а - подібні залежності для нелегованого CdTe у випадку електронів і дірок [13]. Пунктирна лінія на рис. 4б відповідає теоретично чистому нелегованому CdTe (модель)

Нетиповою була залежність $\lg[e^-]$ від тиску пари Cd (рис. 5а) за 973 та 1073 K: концентрація носіїв заряду зменшувалася зі зростанням тиску пари Cd.

Це може вказувати на те, що домінуючими ТД у цих умовах є вакансії Cd (V_{Cd}^{2-}), аналогічно до [14]. У цьому випадку нахил концентрації дірок повинен наближатися до $-1/3$ і апроксимоване рівняння електронейтральності матиме вигляд:

$$[h^+] = [V_{Cd}^{2-}] \quad (1)$$

Кристал №3 ($Cd_{0.7}Mn_{0.3}Te$). Провідність цього зразка була дірковою протягом усього процесу (за знаком постійної Холла в ході ВТВ), хоча рухливість носіїв заряду була вищою, ніж типові значення для дірок у CdTe, що може вказувати на присутність значної

Рис. 5. Тискова залежність концентрації носіїв заряду та добутку σR_H (б) для кристала PKT-89. Пунктирні лінії відповідають теоретично чистому нелегованому CdTe (модель). На рис. 5а числа відповідають нахилу лінії

Рис. 6. Температурна залежність рухливості носіїв заряду під максимальним $P(Cd)$ для кристала KMT-290. Пунктирні лінії - подібні залежності для нелегованого CdTe у випадку електронів і дірок [13]

кількості електронів, але недостатньої для зміни знака постійної Холла на негативний (рис. 6.).

За нижчих T (рис. 7а) помітне приблизно

на порядок менше значення $\lg[e^-]$ відносно нелегованого CdTe, однак у ході нагріву відбувається генерація донорів (скоріш за все Cd_i^{2+}) аж до ~ 1080 К, за якої досягається значення концентрації носіїв, характерне для чистого CdTe. На тисковій залежності концентрації носіїв (рис. 7б) помітна тенденція до зменшення різниці у $\lg[e^-]$ між нелегованим CdTe та $\text{Cd}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{Te}$ зі зростанням температури, а за 1173 К спостерігається відсутність тискової залежності $[e^-]$, що вказує на вплив акцепторів, які іонізувалися за $T > 1080$ К (область Б, рис. 7а) та почали конкурувати з власними донорами Cd_i^{2+} у рівнянні електронейтральності.

Рис. 7. Температурна (а) та тискова (б) залежність концентрації носіїв заряду для кристала КМТ-290. Пунктирні лінії відповідають теоретично чистому нелегованому CdTe (модель)

Кристал №4 ($\text{Cd}_{0,45}\text{Mn}_{0,55}\text{Te}$). Вище $T > 673$ К знак постійної Холла переважно вказував на електронний тип провідності, однак у ході циклів термообробки він періодично змінювався на позитивний, що може бути пояснено конкуренцією між донорами й акцепторами у рівнянні електронейтральності залежно від термодинамічних умов, що

призводить до змішаного типу провідності. Останнє підтверджується тим фактом, що зі зростанням тиску пари Cd концентрація електронів спадає (рис. 8а), а добуток σR_X зростає (рис. 8б). Як і у випадку зі зразком №3 $1/R_X$, у цьому кристалі в умовах ВТВ характеризує умовну, а не реальну концентрацію носіїв заряду. Тому для аналізу треба використовувати залежності питомої електропровідності σ , а не $[e^-]$.

Рис. 8. Тискова залежність концентрації носіїв заряду (а) та добутку σR_X (б) для кристала КМТ-209. Пунктирні лінії відповідають теоретично чистому нелегованому CdTe (модель). На рис. 8а числа відповідають нахилу лінії

Очевидно, що на початку ВТВ (рис. 9) ДДС кристала не знаходилася у рівноважному стані, оскільки вже за ~ 773 К почалася повільна релаксація питомої провідності, яка значно підсилилася за ~ 873 К. Після наступного охолодження до ~ 773 К σ знизилася майже на порядок. Природу цього можна пояснити, якщо залучити вкраплення Te, які присутні у цьому кристалі у значній кількості (рис. 1, №4). Правдоподібно релаксаційна картина

відображає суперпозицією результатів взаємодії впроваджених з газової фази донорних атомів Cd з власними акцепторними ТД (компенсація) та взаємодією домішок між матрицею і вкрапленнями Те. Зазначимо, що легований Індієм кристал $\text{Cd}_{0,95}\text{Mn}_{0,05}\text{Te}$ демонстрував діаметрально протилежну поведінку у ході ізотермічної витримки – різке ~ 2 порядки підвищення σ та зниження μ в ході ізотермічної витримки при ~ 770 К [15].

Рис. 9. Часова температурна залежність питомої електропровідності кристала КМТ-209.

Висновки

Досліджено вплив термодинамічних умов відпау на дефектну структуру кристалів $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ у широкому інтервалі $x=0,02-0,55$.

Установлено, що особливістю кристалів $\text{Cd}_{0,85}\text{Mn}_{0,15}\text{Te}$ та $\text{Cd}_{0,45}\text{Mn}_{0,55}\text{Te}$ в умовах високих температур ($T \sim 873$ К) є змішана провідність, результат якої – нетиповий характер зміни (зменшення) концентрації носіїв зі зростанням тиску пари Cd. Для $\text{Cd}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{Te}$ вона проявляється лише за ~ 1173 К. Відповідно, для цих кристалів значення $1/R_x$ у момент настання змішаної провідності характеризує умовну, а не реальну концентрацію носіїв заряду.

У кристалах $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ($x \geq 0,15$) помічено зниження концентрації носіїв зарядку на $0,5-0,8$ порядку (за ~ 773 К), що пояснюється впливом домішки Mn, який утворює міцніший зв'язок з Те, тому генерація електронів вимагає більшої енергії, ніж у чистому CdTe.

Список літератури

1. R. Rafiei, M. I. Reinhard, K. Kim, D. A. Prokopovich, D. Boardman, A. Sarbutt, G. C. Watt, A. E. Bolotnikov, L. J. Bignell, and R. B. James. High-purity CdMnTe radiation detectors: A high-resolution spectroscopic evaluation // IEEE Transac-

- tions on nuclear science. – 2013. – V. 60. P.1450-1456.
2. J. K. Furdyna. Diluted magnetic semiconductors // J. Appl. Phys. – 1998. – Vol. 64. – P. R29–R64.
3. W. Wu, J. Zhang, L. Wang, J. Min, X. Wen, X. Liang, J. Huang, K. Tang. Growth interface of CdMnTe crystal by traveling heater method // Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.) – 2016. – Vol. 26. – No.5. – P. 1433–1438.
4. K. Kim, G. Jeng, P. Kim, J. Choi, A. E. Bolotnikov. Influence of the cooling scheme on the performance and presence of carrier traps for CdMnTe detectors // J. Appl. Phys. – 2013. – Vol. 114. – No. 6. – P. 063706-1-063706-4.
5. W. Wu, J. Zhang, L. Wang, J. Min, X. Liang, and X. Wen. Traveling heater method growth and characterization of CdMnTe crystals for radiation detectors // Phys. Status Solidi C. – 2016. – Vol. 13. – No. 7–9. – P. 408-412.
6. A. Mycielski, L. Kowalczyk, R. R. Gałazka et al. Is the (Cd,Mn)Te crystal a prospective material for X-ray and γ -ray detectors // Phys. Status Solidi C. – 2005. – Vol. 2. – No.5. – P. 1578-1585.
7. E. S. Nikonyuk, Z. I. Zakharuk, M. I. Kuchma, V. L. Shlyakhoviy, A. I. Rarenko, and I. M. Yuriyuk. Relaxation processes in conductivity of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ crystals ($0.02 < x < 0.55$) // Semiconductors. – 2008. – Vol. 42. – No. 9. – P. 1012-1015.
8. A. V. Savitsky, M. I. Ilashchuk, O. A. Parfenyuk, R. D. Ivanchuk, D. D. Ivanchuk, K. S. Ulyanytsky, V. R. Burachek. Improvement of quality of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ crystals by special annealing // J. Cryst. Growth. – 1998. – Vol. 192. – No. 1-2. – P. 196-199.
9. N. S. Yurtsenyuk, L. A. Kosyachenko, V. M. Sklyarchuk, O. L. Maslyanchuk, O. F. Sklyarchuk, and E. V. Grushko. Self-compensation mechanism in semi-insulating CdMnTe crystals intended for X/ γ -ray detectors // Acta Phys. Pol. A. – 2011. – Vol. 120. – No. 5. – P. 957-959.
10. P. Fochuk, Y. Nykonyuk, Y. Verzhaket al. Dopant Content and Thermal Treatment of $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$: Effects on Point Defect Structure // IEEE Trans. Nucl. Sci. – 2009. – Vol. 56. – P.1784-1790.
11. Никонюк Е. С., Шляховий В. Л., Захарук З. І., Ковалець М. А. Самоочистка в кристалах p-CdTe при термічній обробці. // Неорган. Матер. – 1995. – Т. 31,

- №2. – С. 185-187.
(Nikonjuk E. S., Shljahovyj V. L., Zaharuk Z. I., Kovalec M. A. Samoochistka v kristallah p-CdTe pri termicheskoy obrabotke. // Neorgan. Mater. – 1995. – T. 31, N 2. – S. 185-187.)
12. П.М. Фочук, Є.С. Никонюк, З.І. Захарук, Г.І. Паренко, А.С. Опанасюк, М.О. Ковалець, В.Я. Левшенюк. Вплив умов росту кристалів телуриду кадмію з надстехіометричним кадмієм на їх електрофізичні властивості // Журнал нано- та електронної фізики. – 2017. – Т. 9, № 1. – P.01007(5cc). (P.M. Fochuk, Ye.S. Nykonjuk, Z.I. Zakharuk, Gh.I. Rarenko, A.S. Opanasjuk, M.O. Kovalecj, V.Ja. Levshenjuk. Vplyv umov rostu krystaliv telurydu kadmiju z nadstekhiometrychnym kadmijem na jikh elektrofizychni vlastyivosti // Zhurnal nano- ta elektronnoji fizyky. – 2017. – T. 9, N 1. – P.01007(5cc).)
13. I. Turkevych, R. Grill, J. Franc, E. Belas, P. Höschl and P. Moravec. High-temperature electron and hole mobility in CdTe // Semicond. Sci. Technol. – 2002. – Vol. 17. – P. 1064-1066.
14. F. T. J. Smith. A high temperature study of native defects in ZnTe // J. Phys. Chem. Solids. – 1971. – Vol.32. P.2201-2209.
15. Ye. Nykoniuk, S. Solodin, Z. Zakharuk, S. Dremlyuzhenko, B. Rudyk, P. Fochuk. Compensated donors in semi-insulating $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$:In crystals // J. Cryst. Growth. – 2018. – Vol. 500. – P 117.

Summary

Solodin S. V., Morzhuk B. A. Shestopalov M. A., Zakharuk Z. I., Fochuk P. M.

Chernivtsi National University, 2, Kotsiubynskogo St., 58012 Chernivtsi, Ukraine

Corresponding author: serhii.solodin@gmail.com

HIGH-TEMPERATURE ELECTRICAL PROPERTIES OF UNDOPED $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ($x = 0.05-0.55$) CRYSTALS UNDER CADMIUM VAPOR PRESSURE

For the first time, the results of a study of the high-temperature electrical characteristics of undoped $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ single crystals in a wide composition range $x = 0.05-0.55$ are described. For this purpose, a study of Hall effect was made at the temperatures of 723–1073 K and isothermal and temperature dependences of electrical parameters were constructed. At 300 K, all the samples studied had a p-type conductivity, and $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ crystals with $x = 0.02$ and 0.15 had a low resistivity ($10^2-10^3 \text{ Ohm}\times\text{cm}$) while with $x = 0.3$ and 0.55 they had a relatively high $\rho \sim 10^7 \text{ Ohm}\times\text{cm}$, which is due to an increase in the band gap with an increase in the MnTe content. The sample with the lowest Mn content ($x = 0.02$) showed the instability of the impurity-defect system during the first heating-cooling cycles: the conductivity type changed from p- to n- above 750 K and the mobility gradually increased as a result of the introduction of Cd atoms from the gas phase to the interstitial positions of the lattice. In this sample, during the first heating, the influence of donor impurities is noticeable, since the experimental line $\lg[e^-]$ is significantly ($\sim 1-1.4$ orders of magnitude) higher than that for model (undoped) CdTe, probably due to the donor behavior of Mn atoms. The crystal with the highest MnTe content ($\text{Cd}_{0.45}\text{Mn}_{0.55}\text{Te}$) also demonstrated the instability of the impurity-defect system, which was reflected in the decrease in the electrical conductivity after heat treatment at 773-873 K by almost one order of magnitude, which can be explained by a superposition of the results of the interaction of donor Cd atoms introduced from the gas phase with its native acceptor point defects (compensation) and the interaction of impurities between the matrix and Te inclusions. It has been established that a peculiarity of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ crystals with a high content MnTe ($x = 0.15, 0.55$, and partially 0.3) is the inverse dependence of the carrier concentration on the cadmium vapor pressure caused by the onset of mixed conductivity of these crystals at high temperatures ($T > 873 \text{ K}$). Accordingly, for these crystals, the value $1/R_H$ at the moment of the onset of mixed conductivity characterizes the conditional rather than real mobility of the charge carriers. On the

pressure dependences of the charge carrier concentration, the corresponding dependences are lower than the undoped CdTe (especially at low temperatures) for samples with $x \geq 0.15$ indicating that the introduction of a significant amount of MnTe ($x \geq 0.15$) leads to a decrease in the charge carrier concentration by 0.5-0.8 orders of magnitude (at ~ 773 K). This is due to the influence of Mn atoms, which form a stronger bond with Te than Cd, and therefore the generation of electrons requires more energy than in pure CdTe.

Keywords: $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$, Hall effect, electrical characteristics, thermal treatment, high-temperature measurements.