

Оптоэлектронные явления в полуизолирующих монокристаллах CdTe и структурах на их основе

© Г.А. Ильчук, Н.А. Украинец, В.И. Иванов-Омский*, Ю.В. Рудь*, В.Ю. Рудь†

Государственный университет "Львовская политехника",
290646 Львов, Украина

* Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,
194021 Санкт-Петербург, Россия

† Санкт-Петербургский государственный технический университет,
195251 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 19 августа 1998 г. Принята к печати 7 июля 1998 г.)

Развит метод газотранспортных реакций с использованием транспортирующих агентов NH_4Cl (Br, I) и выращены полуизолирующие монокристаллы теллурида кадмия с концентрацией носителей $p = 10^8 \div 10^{10} \text{ см}^{-3}$ при $T = 300 \text{ К}$. Реализованы поверхностно-барьерные структуры In-CdTe с максимальной вольтовой фоточувствительностью $\sim 10^5 \text{ В/Вт}$. Исследованы излучательные свойства кристаллов при $T = 77 \text{ К}$ и особенности спектров фоточувствительности структур. Показано, что излучательные свойства однородных монокристаллов и особенности спектров фоточувствительности структур обусловлены легированием CdTe галогенами Cl, Br и I, поступающими из транспортирующих агентов. При наклонном падении линейно поляризованного излучения в структурах In-CdTe возникает наведенный фотоплекроизм, который растет пропорционально квадрату угла падения. На основании измерений фотоплекроизма структур определен показатель преломления ($n = 2.8$). Сделан вывод о возможности использования полученных структур в качестве фотодетекторов естественного и линейно поляризованного излучения.

Теллурид кадмия принадлежит к числу перспективных полупроводниковых материалов для твердотельных детекторов ядерных излучений [1,2], преобразования энергии солнечного излучения, оптоэлектронной модуляции излучения лазера, получения твердого раствора $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$. При этом на параметры кристаллов и приборов на их основе решающее влияние оказывают условия выращивания, вводимые примеси и образующиеся при этом дефекты решетки [2,3]. В известных работах [3–9] при получении полуизолирующих монокристаллов CdTe в качестве легирующей примеси из элементов VII группы Периодической системы рассматривался только хлор. В настоящей работе исследуются физические свойства однородных монокристаллов CdTe, полученных при помощи развитого нами метода химических транспортных реакций (ХТР) [10–14] с использованием транспортирующих агентов NH_4Cl (Br, I), а также при дополнительном стимулировании роста излучением лазера [15], которые легируются в процессе роста галогенами: хлор, бром, иод.

Образцы и методы измерений

Исследовались образцы монокристаллического полуизолирующего CdTe, выращенные методом химических транспортных реакций (ХТР). В экспериментах по стимулированию процессов роста использовался аргоновый лазер (длина волны излучения $\lambda = 0.44 \text{ мкм}$, мощность $P = 1 \text{ Вт}$) в непрерывном режиме. Электрические свойства монокристаллов исследовались в слабых электрических и магнитных полях на образцах с естественной огранкой в форме параллелепипедов со средними размерами $0.5 \times 0.5 \times 5.0 \text{ мм}^3$. Концентрация носителей

заряда в таких кристаллах из измерений эффекта Холла при температуре $T = 300 \text{ К}$ составляла $10^8 \div 10^{10} \text{ см}^{-3}$ при подвижности $\sim 50 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ и, как следует из анализа знака эффекта Холла и термоэдс, в подавляющем большинстве образцов проводимость осуществлялась дырками. Электрические свойства таких кристаллов были одинаковыми для всех использованных транспортирующих агентов. При исследовании фотолюминесценции (ФЛ) использовалось возбуждение сильно поглощаемым в CdTe сфокусированным излучением гелий-неонового лазера ($\lambda = 0.4 \text{ мкм}$, $P = 15 \text{ мВт}$) с диаметром светового зонда $\sim 0.1 \text{ мм}$. Анализ фотолюминесцентного излучения осуществлялся с помощью монохроматора МДР-3 с дифракционной решеткой 600 штрихов/мм и фотоэлектронного умножителя ФЭУ-62. Регистрация ФЛ проводилась с той же стороны образца, на которую падало возбуждающее излучение. Интенсивность и спектральный контур ФЛ хорошо воспроизводились при сканировании поверхности исследованных монокристаллов, что свидетельствует об их достаточной гомогенности. Поверхность кристаллов перед измерением ФЛ какой-либо обработке не подвергалась. Методом термического напыления в вакууме (при остаточном давлении $p = 10^{-5} \text{ мм рт.ст.}$) слоя индия толщиной $d \simeq 1 \text{ мкм}$ на зеркально-гладкие поверхности монокристаллов CdTe изготовлены поверхностно-барьерные структуры In-CdTe. В качестве омического контакта использовались химически осажденные слои Au. Ни в процессе формирования контактов, ни в последующем структура термообработке не подвергалась. При измерении спектральных зависимостей фоточувствительности структур CdTe использовался монохроматор SPM-2 с призмой SiO_2 . В условиях эксперимента фотоответ был пропорционален интенсивности падающего излучения.

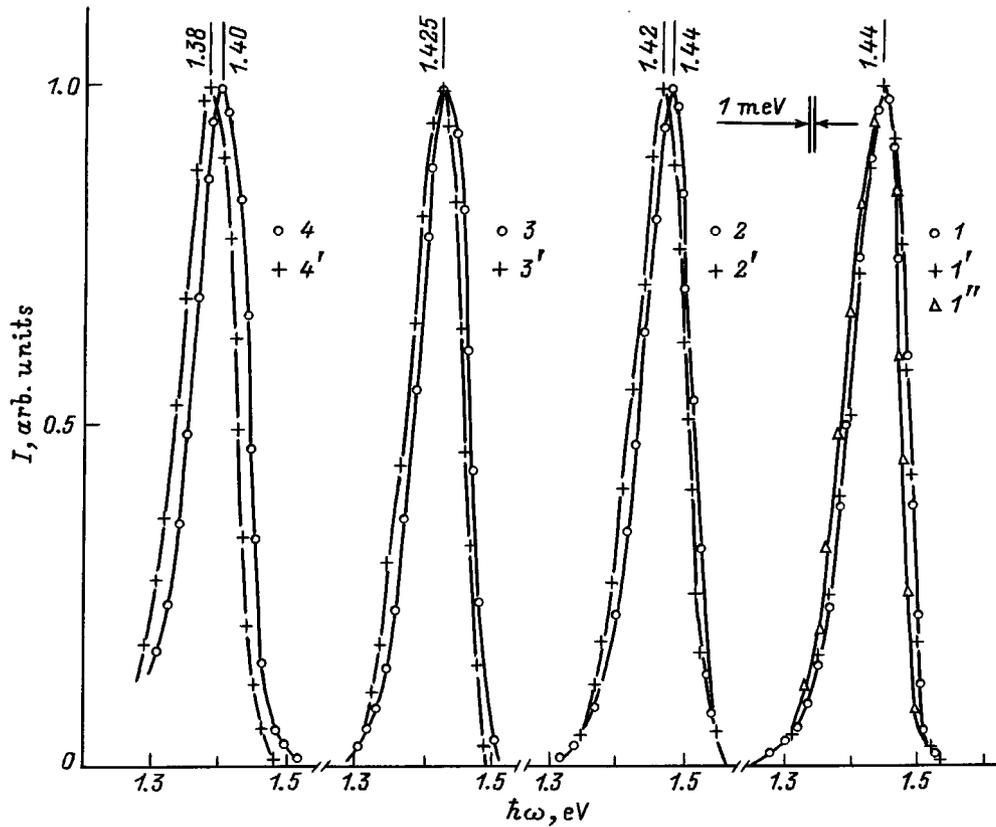


Рис. 1. Спектральные зависимости стационарной фотолуминесценции (I) при $T = 77\text{K}$ монокристаллов CdTe, выращенных методом ХТР с использованием различных транспортирующих агентов: 1, 1', 1'' — NH_4Cl ; 2, 2', 3, 3' — NH_4Br ; 4, 4' — NH_4I без активации (1, 1', 1'', 2, 2', 4, 4') и при активации ростовой среды лазером (3, 3'). Спектры нормированы на максимум интенсивности. Интенсивность возбуждения L/L_0 : (1–4) — 1.0, (1'–4') — 0.15, 1'' — 0.05. Указаны энергии максимумов в эВ. Спектральная ширина щели 1 мэВ.

Результаты эксперимента и их обсуждение

На основании измерений кинетических коэффициентов полученных методом ХТР монокристаллов CdTe можно сделать вывод о том, что выбранные технологические условия приводят к получению полуизолирующего материала независимо от индивидуальности галогена (хлор, брома или иод). Поэтому есть основание считать, что все упомянутые примеси VII группы обеспечивают высокую степень компенсации CdTe. Этот вывод соответствует известным результатам по легированию теллурида кадмия хлором [6,8]. По аналогии с указанными работами этот факт объясняется компенсацией образующихся в теллуриде кадмия в результате растворения галогенов мелких водородоподобных доноров (энергия ионизации $E_D \approx 0.014\text{эВ}$) собственными акцепторами, связанными с однократно заряженными вакансиями в подрешетке кадмия V'_{Cd} (энергия ионизации $E_A = 0.06\text{эВ}$). Следовательно, как и в случае кристаллов CdTe(Cl) [6,8], использованный газофазный процесс позволяет получать сильно компенсированные

монокристаллы вследствие того, что большинство изолированных примесей и дефектов входят в электрически неактивное состояние, обеспечивая "самоочистку" вещества [16].

Типичные спектральные зависимости стационарной фотолуминесценции полученных монокристаллов CdTe приведены на рис. 1. Как следует из рис. 1, спектральные зависимости кристаллов CdTe, выращенных с применением различных транспортирующих агентов, как без, так и с применением активирующего процесс роста лазерного облучения, оказались подобными. Все они включают только одну достаточно широкую полосу. Параметры спектров ФЛ приведены в табл. 1. Из нее следует, что полная полуширина полос на полувысоте $\delta_{1/2}$ оказалась практически нечувствительной к химическому составу транспортирующих агентов и также не зависит от того, применялось или нет в процессе ХТР лазерное облучение. Большое значение $\delta_{1/2} \approx 90\text{мэВ}$ указывает на неэлементарный характер излучательного процесса. Для всех полученных кристаллов CdTe полосы ФЛ оказались несимметричными, причем коротковолновая полуширина δ_{sw} , как правило, была меньше длинноволновой δ_{lw} .

Таблица 1. Параметры фотолуминесценции монокристаллов CdTe(VII) при 77 К

Транспортирующий агент	$\hbar\omega_m$, эВ	$\delta_{1/2}$, мЭВ	δ_{lw} , мЭВ	δ_{sw} , мЭВ	$\Delta\hbar\omega_m$, мЭВ	I
NH ₄ Cl	1.440	92	50	42	0	0.08
NH ₄ Br	1.432	90	55	35	12	1.00
NH ₄ Br*	1.425	92	50	42	0	0.85
NH ₄ J	1.400	90	50	40	16	0.30

Примечание. $\Delta\hbar\omega_m$ — смещение максимума полос ФЛ при снижении плотности возбуждения на порядок. I — интенсивность ФЛ, нормированная на интенсивность ФЛ в монокристаллах, полученных при использовании NH₄Br без активирующего лазерного облучения; условия возбуждения ФЛ стандартные. * В процессе роста применялось активирующее лазерное облучение.

С понижением плотности возбуждающего ФЛ излучения L , как следует из рис. 1, спектральный контур спектров рекомбинационного излучения всех полученных монокристаллов практически не изменялся, но происходило их параллельное смещение в длинноволновую область спектра (кривые 2 и 3) или только крыльев полосы с сохранением "центровки" максимума полосы ФЛ (кривые 1 и 3). С учетом того что энергия максимума спектральных зависимостей ФЛ $\hbar\omega_m$ во всех образцах оказалась меньше значения ширины запрещенной зоны E_g теллурида кадмия [17], а также обнаруживаемого влияния плотности возбуждения на параметры ФЛ (рис. 1 и табл. 1), можно считать, что излучательные переходы в полученных кристаллах CdTe обусловлены донорно-акцепторной рекомбинацией [18]. В таком случае наблюдаемые различия в скорости смещения полос в длинноволновую область спектра $\Delta\hbar\omega_m$ (табл. 1) по мере снижения плотности накачки ФЛ следует связывать с различиями в концентрации донорно-акцепторных пар и природы атома VII группы в составе пары. Наиболее быстрое смещение спектральной полосы ФЛ в случае образцов CdTe, выращенных с применением в качестве транспортера NH₄J, по-видимому, обусловлено наиболее высокой концентрацией образовавшихся в процессе роста донорно-акцепторных пар.

В целом сходство в спектральных зависимостях ФЛ полученных монокристаллов CdTe может быть отражением сходной микроструктуры излучающих центров, представляющих собой донорно-акцепторные пары между атомами замещения из VII группы на местах атомов теллура и ближайшей в подрешетке кадмия вакансией. Из табл. 1 также следует, что наиболее интенсивная ФЛ наблюдается в кристаллах CdTe, полученных без лазерной активации роста в присутствии транспортера NH₄Br.

Исследования ФЛ были дополнены экспериментальным изучением фотовольтаического эффекта в структурах In-CdTe(VII). При освещении всех полученных структур обнаруживается фотовольтаический эффект, знак которого не зависит от места попадания возбуждающего излучения на структуру и энергии фотонов. Это позволяет считать, что фотовольтаический эффект

обусловлен разделением фотогенерированных носителей электрическим полем одного энергетического барьера. Для всех полученных структур фотовольтаический эффект был наибольшим при освещении со стороны индиевого контакта, который во всех случаях заряжался отрицательно относительно CdTe. Максимальная вольтовая фоточувствительность ($S_v^m = 10^5$ В/Вт при $T = 300$ К) оказалась характерной для структур на основе монокристаллов, выращенных с применением в качестве транспортера NH₄Br и без активации ростового процесса лазерным излучением. Наиболее низкая величина S_v^m (см. табл. 2) наблюдалась на структурах из кристаллов CdTe, полученных с применением иодсодержащего транспортера. При сопоставлении вольтовой фоточувствительности с ФЛ (табл. 1 и 2) обратим внимание на то, что эти эффекты максимальны в кристаллах CdTe, выращенных с использованием бромсодержащего транспортера NH₄Br и без активации ростового процесса лазерным излучением. Этот факт, по-видимому, означает, что эффект самоочистки теллурида кадмия в результате компенсации доноров VII группы собственными акцепторами V_{Cd} оказывается максимальным в случае проведения газотранспортного процесса с применением NH₄Br. Типичные спектральные зависимости относительной квантовой эффективности фотопреобразования (η) в структурах In-CdTe(VII) представлены на рис. 2, а некоторые параметры их фоточувствительности сведены в табл. 2.

Главные закономерности в фоточувствительности поверхностно-барьерных структур заключаются в следующем. Спектры фоточувствительности структур, как и спектры ФЛ исходных монокристаллов CdTe (рис. 1), оказались подобными (рис. 2, кривые 1-3). Длинноволновый край фоточувствительности во всех структурах имеет экспоненциальный вид и достаточно высокую крутизну $S = d(\ln \eta)/d(\hbar\omega) \approx 32 \div 35$ эВ⁻¹, что характерно для прямых межзонных оптических переходов. Именно такие переходы должны проявляться в CdTe [18]. Экспоненциальный рост фоточувствительности во всех поверхностно-барьерных структурах сменяется резким коротковолновым спадом, который может быть вызван влиянием поверхностной рекомбинации.

Второй характерной особенностью спектров фоточувствительности полученных структур является смещение абсолютного максимума (энергия $\hbar\omega_m$) в длинноволно-

Таблица 2. Параметры фоточувствительности поверхностно-барьерных структур CdTe(VII) при 300 К

Транспортирующий агент	$\hbar\omega_m$, эВ	S , эВ ⁻¹	S_v^m , В/Вт	$w_{1/2}$, мЭВ	Φ_u^m , В/Вт·град
NH ₄ Cl	1.475	35	$9 \cdot 10^4$	120	$1 \cdot 10^5$
NH ₄ Br	1.450	33	10^5	75	$1.2 \cdot 10^5$
NH ₄ J	1.360	35	$6 \cdot 10^3$	60	$7 \cdot 10^3$

Примечание. Φ_u^m — максимальное значение Φ_u . $w_{1/2}$ — ширина полосы на полувисоте.

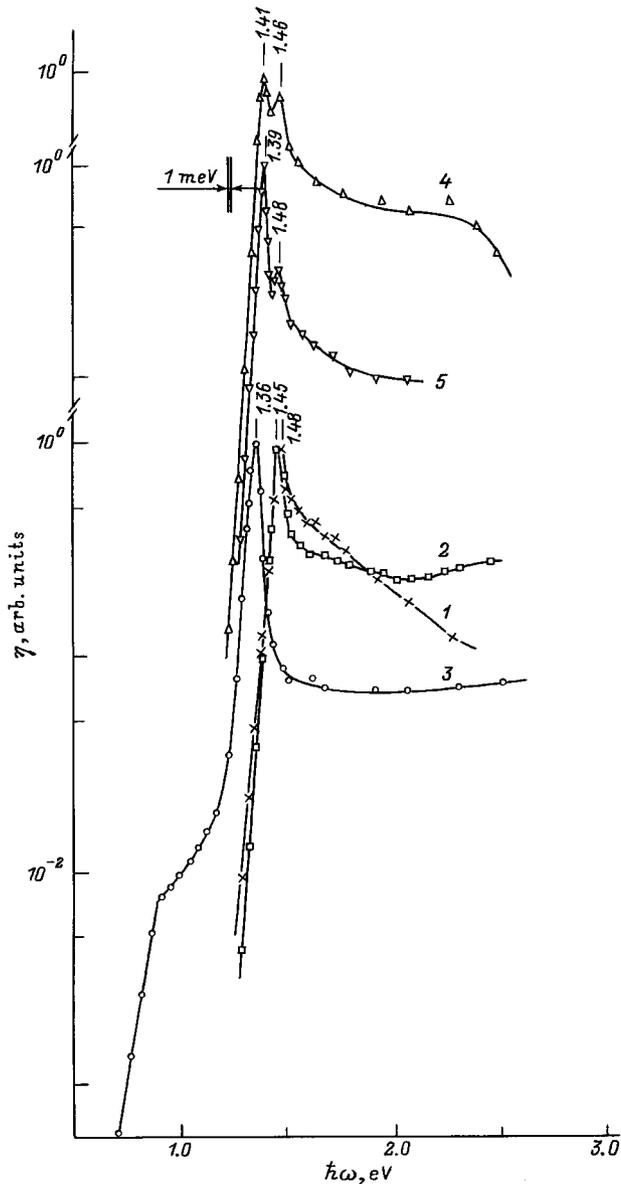


Рис. 2. Нормированные на абсолютный максимум спектральные зависимости квантовой эффективности фотопреобразования структур In-CdTe(VII) на основе монокристаллов CdTe, полученных с использованием транспортирующих агентов NH_4Cl (1), NH_4Br (2, 4, 5), NH_4I (3) при $T = 300\text{ K}$. Активация ростовой среды не применялась. 5, 4 смещены по оси ординат. Указаны энергии максимумов в эВ. Спектральная ширина щели 1 мэВ.

вую область спектра по мере замены в транспортирующем агенте хлора на бром, а затем на йод (рис. 2, кривые 1–3). Такой же характер влияния транспортирующего агента наблюдается и в спектрах ФЛ (рис. 1). По-видимому, это обстоятельство указывает на связь энергетического положения абсолютного максимума с природой легирующей примеси. При этом следует заметить, что спектральное положение абсолютного максимума фоточувствительности $\hbar\omega_m$ структур на основе

монокристаллов CdTe, выращенных с использованием хлор- и бром-содержащих транспортеров, практически близко в ширине запрещенной зоны CdTe [19–21]. Это обстоятельство может служить дополнительным аргументом в пользу наиболее эффективной самоочистки CdTe [4] именно при использовании в технологическом процессе NH_4Br и NH_4Cl . С переходом к NH_4I максимум фоточувствительности располагается при энергиях, существенно меньших E_g , и при этом в длинноволновой области спектра ярко проявляется достаточно широкая полоса с началом роста η при $\hbar\omega \approx 0.7\text{ эВ}$. Такая полоса может быть приписана переходам электронов из валентной зоны на локализованный в середине запрещенной зоны уровень V''_{Cd} [8]. На основании данных рис. 2 (кривые 1–3) можно сделать вывод, что концентрация таких центров наибольшая при выращивании CdTe в присутствии NH_4I .

Для некоторых поверхностно-барьерных структур на основе монокристаллов CdTe, выращенных с использованием NH_4Br , в спектрах η была обнаружена дополнительная особенность (рис. 2, кривые 4 и 5); помимо коротковолнового появляется еще и длинноволновый пик фоточувствительности, причем соотношение между ними изменялось с переходом от одной структуры к другой. Такая особенность может быть следствием того, что эффект самоочистки ослабляется, и в результате этого помимо коротковолнового пика фоточувствительности возникает еще и длинноволновый, указывающий на фотоактивное поглощение с участием уровней возникающих дефектов решетки. Следовательно, спектральные зависимости фотовольтаического эффекта могут быть использованы для контроля совершенства полуизолирующих монокристаллов CdTe, необходимых для создания на их основе детекторов ядерных излучений.

Исследования фоточувствительности полученных структур в линейно поляризованном излучении (ЛПИ) показали, что в условиях освещения этих барьеров вдоль нормали к поверхности любое изменение положения электрического вектора \mathbf{E} световой волны относительно главных кристаллографических плоскостей подложек из CdTe различного происхождения практически не влияет на величину фототока во всей области фоточувствительности. Это обстоятельство, с одной стороны, является следствием того, что вероятность межзонных оптических переходов в кубическом кристалле CdTe не зависит от поляризации излучения, а с другой стороны, позволяет также сделать вывод, что использованные технологические условия не приводят к возникновению направленных деформаций в получаемых образцах.

На рис. 3 приведены типичные для всех структур зависимости фототоков короткого замыкания, когда световая волна поляризована в плоскости падения $\mathbf{E} \parallel \text{ПП}$ (фототок i^p) и перпендикулярной ($\mathbf{E} \perp \text{ПП}$) (фототок i^\perp),

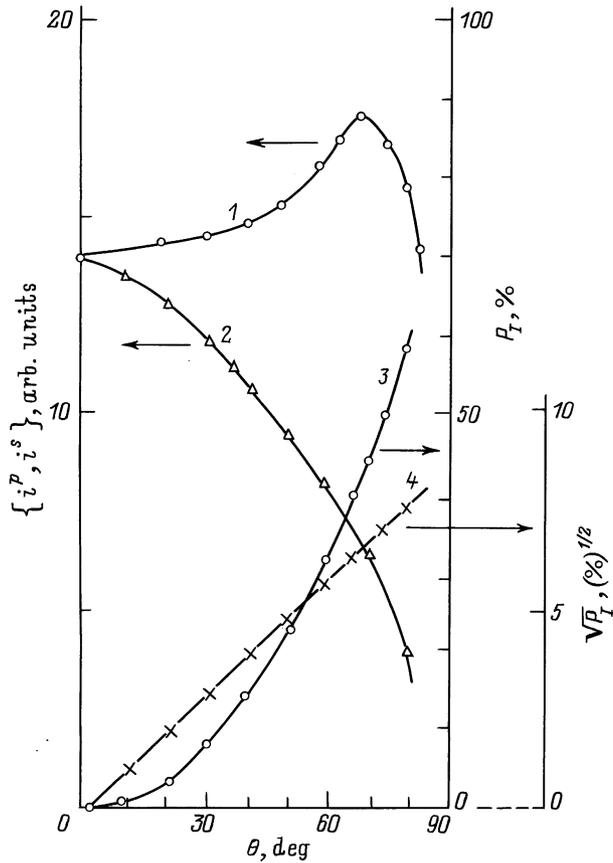


Рис. 3. Зависимости фототоков короткого замыкания i^p (1), i^s (2) и коэффициента наведенного фотоплеохроизма P_l (3, 4) от угла падения θ линейно поляризованного излучения на поверхность структур In–CdTe при $T = 300$ К для энергии фотонов $\hbar\omega = 1.48$ эВ. Кристалл CdTe получен с использованием NH_4Cl без лазерного облучения ростовой среды. Угловое разрешение 1° .

и коэффициента наведенного фотоплеохроизма

$$P_l = \frac{i^p - i^s}{i^p + i^s}$$

от угла падения θ линейно поляризованного излучения на поверхность структуры. Методика поляризационных исследований подробно изложена в [22]. Из рис. 3 видно, что фототок i^p с ростом угла падения вначале возрастает, вблизи $\theta \approx 60^\circ$ проходит через максимум и затем при $\theta > 60^\circ$ наблюдается его спад. В то же время фототок i^s монотонно спадает как только $\theta > 0^\circ$. Эти закономерности находятся в соответствии с анализом оптических процессов на основании формул Френеля [23,24] при наклонном падении ЛПИ на границу воздух–CdTe. В этой модели рост фототока i^p свидетельствует об эффективном устранении потерь на отражение света с поляризацией $\mathbf{E} \parallel \mathbf{ПП}$, которое достигает минимума в окрестности псевдобрюстеровского угла $\theta_B \approx 60^\circ$ (рис. 3, кривая 1). Полученное отношение $i^p(\theta_B)/i^p(\theta = 0^\circ)$ в изученных структурах обычно лежит

в пределах $1.2 \div 1.3$ и находится в соответствии с эффектом устранения потерь на отражение.

Подчеркнем также такую характерную деталь (рис. 3, кривые 3 и 4), как "выход" кривой наведенного фотоплеохроизма из нуля. Этот факт обусловлен изотропным характером фотоактивного поглощения в CdTe при $\theta = 0^\circ$ и, как только угол падения ЛПИ становится отличным от 0° , возникает возрастающий по квадратичному закону $P_l \propto \theta^2$ наведенный фотоплеохроизм, что соответствует анализу [25]. При углах падения $\theta = 80^\circ$ величина $P_l = 55 \div 58\%$ для структур из всех полученных кристаллов. Оценка показателя преломления на основании этих значений дает величину 2.8, что хорошо согласуется с известными значениями этого параметра [21].

Типичная спектральная зависимость наведенного фотоплеохроизма для одной из поверхностно-барьерных структур In–CdTe(VII) приведена на рис. 4. При $\theta = \text{const}$ наведенный фотоплеохроизм для исследованных структур во всей области фоточувствительности оказался практически постоянным, что подтверждает выводы [25].

Главным параметром поляриметрического детектора принята его азимутальная фоточувствительность $\Phi_u = 2S_u P_l$ [22,26]. С учетом неселективного характера P_l (рис. 4) и спектральных зависимостей η (рис. 2) можно считать, что при $\theta = \text{const}$ максимальная величина Φ_u (табл. 2) определяется спектральным положением максимума η (рис. 2) и, принимая во внимание достигнутое значение Φ_u , можно сделать заключение о том, что поверхностно-барьерные структуры на основе выращенных монокристаллов CdTe(VII) могут найти применение

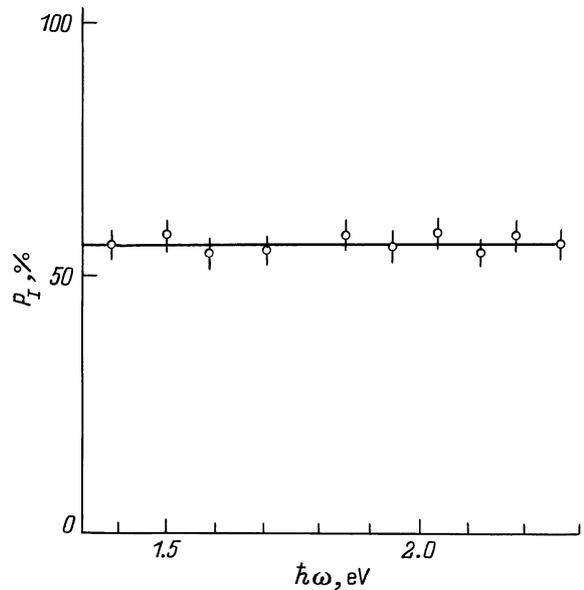


Рис. 4. Спектральная зависимость коэффициента наведенного фотоплеохроизма структур In–CdTe при $T = 300$ К. Кристалл CdTe выращен с использованием NH_4Cl без активации ростовой среды. $\theta = 80^\circ$.

в качестве высокочувствительных широкодиапазонных фотоанализаторов ЛПИ, режим фотогенерации которых может экспрессно изменяться от поляризационно нечувствительного ($\theta = 0^\circ$) к поляриметрическому режиму ($\theta \neq 0^\circ$).

Список литературы

- [1] С.М. Рывкин, О.А. Матвеев, Н.Б. Строкан. *Полупроводниковые счетчики ядерных частиц* [Полупроводники, вып. 10 (Ленингр. отд-ние о-ва "Знание", 1963)].
- [2] Е.Н. Аркадьева, О.А. Матвеев, Ю.В. Рудь, С.М. Рывкин. *ЖТФ*, **34**, 1146 (1966).
- [3] R. Triboulet, Y. Marfainy, A. Corriet, P. Siffert. *J. Appl. Phys.*, **45**, 2759 (1974).
- [4] P. Höschl. *Rev. Phys. Appl.*, **12**, 229 (1977).
- [5] Н.В. Агринская, Т.В. Машовец. *ФТП*, **28**, 1505 (1994).
- [6] Н.В. Агринская, О.А. Матвеев. *ФТП*, **17**, 394 (1983).
- [7] Н.В. Агринская, Н.Н., Зиновьев, О.А. Матвеев, И.Д. Ярощеский. *ФТП*, **14**, 172 (1980).
- [8] Н.В. Агринская, О.А. Матвеев. *ФТП*, **21**, 542 (1987).
- [9] Н.В. Агринская, О.А. Матвеев, А.В. Никитин, В.А. Солодкова. *ФТП*, **21**, 676 (1987).
- [10] Й.Д. Набитович, Ю.Г. Ахроменко, Г.А. Ильчук, С.П. Павлишин. *Изв. АН СССР. Неорг. матер.*, **18**(2), 211 (1982).
- [11] Й.Д. Набитович, Ю.Г. Ахроменко, Г.А. Ильчук, С.П. Павлишин. *Журн. физ. химии*, **57**(6), 1356 (1983).
- [12] Ю.Г. Ахроменко, Г.А. Ильчук, И.Е. Лопатинский, С.П. Павлишин. *Изв. АН СССР. Неорг. матер.*, **17**(8), 1357 (1981).
- [13] Ю.Г. Ахроменко, Г.А. Ильчук, С.П. Павлишин, С.И. Петренко. *Изв. АН СССР. Неорг. матер.*, **18**(7), 1117 (1982).
- [14] Ю.Г. Ахроменко, Г.А. Ильчук, И.В. Курило, С.П. Павлишин. *Изв. АН СССР. Неорг. матер.*, **20**(9), 1494 (1984).
- [15] G.A. Ilchuk, I.F. Viblyi, V.O. Dol'nikov, N.A. Ukrainets. *E-MRS'96 Spring Meeting* (Strasburg, 1998).
- [16] О.Л. Матвеев, Е.Н. Аркадьев, Л.А. Гончаров. *ДАН СССР*, **221**, 325 (1975).
- [17] Ю.В. Рудь, К.В. Санин, Ю.Г. Шретер. *ФТП*, **5**, 654 (1971).
- [18] Ж. Панков. *Оптические процессы в полупроводниках* (М., Мир, 1973).
- [19] А. Милнс, Д. Фойхт. *Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник* (М., Мир, 1975).
- [20] *Физика и химия соединений A^2B^6* , под ред. С.А. Медведева (М., Мир, 1970).
- [21] *Физико-химические свойства полупроводниковых веществ*. Справочник (М., Наука, 1978) с. 340.
- [22] В.Ю. Рудь. Автореф. канд. дис. (СПб., ФТИ РАН, 1995).
- [23] Р. Аззам, Н. Башара. *Эллипсометрия и поляризованный свет* (М., Мир, 1981).
- [24] Г.С. Ландсберг. *Оптика* (М., Высш. шк., 1976).
- [25] G.A. Medvedkin, Yu.V. Rud'. *Phys. St. Sol. (a)*, **67**, 333 (1981).
- [26] G.A. Medvedkin, Yu.V. Rud', M.A. Tairov. *Phys. St. Sol. (a)*, **115**, 11 (1989).

Редактор Л.В. Шаронова

Optoelectronic effects in the semiisolating CdTe single crystals and in structures on their basis

G.A. Ilchuk, N.A. Ukrainets, V.I. Ivanov-Omskii*, Yu.V. Rud'*, V.Yu. Rud'†

State University "Lviv'ska Politehnika",
290646 Lviv, Ukraine

* A.F. Ioffe Physicotechnical Institute,
Russian Academy of Sciences,
194021 St.Petersburg, Russia

† State Technical University,
195251 St.Petersburg, Russia

Abstract Method of the transport reactions with NH_4Cl (Br, J) as a transport agent is developed and semiisolating cadmium telluride single crystals with a carrier concentration of $p = 10^8 \div 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ at $T = 300 \text{ K}$ are grown. The In-CdTe surface-barrier structures with maximum voltaic photosensitivity $\sim 10^5 \text{ V/W}$ are realized. The emission properties at $T = 77 \text{ K}$ and peculiarities of the photosensitivity spectrum are investigated. It is shown that these peculiarities and the emission properties of the homogeneous single crystals are caused by Cl, Br, J as doping impurities. At oblique incidence of the linear-polarized radiation in In-CdTe structures the induced photopleochroism arises. On the basis of the measured photopleochroism of the structures the refraction index is determined: $n = 2.8$. The conclusion is done about the possibility to use the obtained structures as photodetectors of natural and linear-polarized radiation.