

12-30-2019

## FEATURES OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE MODIFIED SURFACE OF THE p-CdTe – ZnSe FILM HETEROSTRUCTURE WITH DEEP IMPURITY LEVELS

Yuozas Y. Vaytkus

*Institute of Photonics and Nanotechnology, Vilnius University Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius (Lithuania). E-mail: fni@ff.vu.lt*

Nodir E. Alimov

*Ferghana State University, Ferghana, 150100 (Uzbekistan). E-mail: fardu\_info@umail.uz*

Salim M. Otajonov

*Ferghana State University, Ferghana, 150100 (Uzbekistan). E-mail: fardu\_info@umail.uz*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/adu>

 Part of the [Physics Commons](#)

---

### Recommended Citation

Vaytkus, Yuozas Y.; Alimov, Nodir E.; and Otajonov, Salim M. (2019) "FEATURES OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE MODIFIED SURFACE OF THE p-CdTe – ZnSe FILM HETEROSTRUCTURE WITH DEEP IMPURITY LEVELS," *Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research*: Vol. 1 : No. 2 , Article 2. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/adu/vol1/iss2/2>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

УДК 621.315.593

## ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОЧНОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ P – CDTE–ZNSE С ГЛУБОКИМИ ПРИМЕСНЫМИ УРОВНЯМИ

Ю.Ю.Вайткус, Н.Э.Алимов, С.М.Отажонов

*Мақолада чуқур аралашма сатҳга эга, қатламли CdTe-ZnSe гетеротузилма фотокларинине спектрлари таҳлил этилган. Тадқиқот натижаларидан CdTe-ZnSe гетеротузилмада, қуйилган ташқи электр майдон йўналишига мос ҳолда, фотоўтказувчанлик спектрларини ўлчашда янги эффект кузатилди. Бунда қуйилган майдон фото-ЭЮКанинг ҳосил бўлишини стимуллаштиради. Бу эса принципиал жиҳатдан янги имкониятларга эга спектрал характеристикали фотосезгир асбобларни яратиш имконини беради.*

**Калит сўзлар:** фотоўтказувчанлик, яримўтказгич юққа парда, рекомбинация, генерация, фотоочуқланиш, фотосезгирлик.

*В данной статье, рассматриваются спектры фототоков в слоистой пленочной гетероструктуре CdTe-ZnSe с глубокими примесными уровнями. Обнаружено, что в гетероструктуре CdTe-ZnSe наблюдается новый эффект при измерении спектров фотопроводимости в зависимости от приложенного направления электрического поля. При этом приложенное поле стимулирует возникновение фото - ЭДС. Это позволяет создать фоточувствительные приборы со спектральной характеристикой с принципиально новыми возможностями.*

**Ключевые слова:** фотопроводимость, полупроводниковая пленка, рекомбинация, генерация, фотонапряжение, фоточувствительность.

### Введение

Тенденции развития современной электроники показывают, что использование поликристаллических полупроводников, особенно в виде слоев или пленок, становится наиболее перспективным направлением приборостроения. Более того, в ряде поликристаллов и керамиках достигаются такие приборные реализации, которых просто невозможно наблюдать в устройствах на основе монокристаллов (напр., позисторный и варисторный эффекты). Простота технологии и относительная дешевизна получения поликристаллов являются еще в большей степени важными в поиске новых поликристаллических материалов и реализации в них приборных применений.

Для создания фотоприемников наиболее подходящими материалами являются соединения  $A^2B^6$  спектральная чувствительность таких соединений полностью охватывает ближние ультрафиолетовые и видимые диапазоны спектра электромагнитного излучения. В соединениях  $A^2B^6$  существуют прямые оптические переходы, что позволяет получать высокую эффективность генерации электронно-дырочных пар. Однако соединения  $A^2B^6$  имеют некоторые недостатки, такие, как низкие значения подвижности электронов и дырок и времен жизни носителей заряда. Кроме того, среди этих соединений CdTe и ZnTe, ZnSe имеют р-

тип проводимости. Поэтому для создания на основе соединений  $A^2B^6$  эффективных фотоприемников с внутренним усилением необходимо иметь такие материалы с улучшенными параметрами [1. С. 1525]. Эта задача весьма сложная и требует больших технологических усилий и материальных затрат. Тем не менее в последние годы в этом направлении достигнуты определенные успехи, а именно получены крупноблочные пленки соединений  $A^2B^6$  со столбчатой структурой зерен (кристаллитов) [2. С. 42]. В частности, выращены пленки теллуриды кадмия, в которых сочетаются свойства моно и поликристаллов. Монокристаллы селенида цинка являются перспективным материалом для изготовления на их основе светоизлучающих диодов и лазеров, работающих в сине-голубой области спектра, а также легированные переходными элементами, могут быть использованы в качестве активных сред для лазеров среднего инфракрасного диапазона излучения [3. С. 85]. Что касается теллурида кадмия, он является важным материалом для полупроводниковых детекторов, широко применяемых в науке, технике, медицине и других областях. Благодаря большим спектральным диапазонам CdTe-детектор расширяется в высокоэнергетическую область регистрируемых квантов, а более широкая запрещенная зона (1,5 эВ) обе-

## ФИЗИКА

спечивает работу без криогенного охлаждения. В связи с этим актуальной является проблема получения гетеропереходов на основе широкозонных полупроводников, в которых можно использовать их в качестве фотодетекторов сцинтилляционного излучения. Это даёт возможность рассматривать полупроводниковые соединения  $A^2B^6$  как перспективные материалы для источников и приёмников света [1-10], а также для создания плёночных фотопреобразователей с низкой себестоимостью [1. С. 1525]. Эти очевидные потенциальные возможности полупроводниковых соединений  $A^2B^6$  в настоящее время ещё не нашли широкого применения из-за трудностей создания в них эффективных гетеропереходов.

Данная работа посвящена созданию эффективных гетеропереходов на основе двухслойной структуры монокристалл  $ZnSe$  – плёнка  $p-CdTe$  и изучению их фотоэлектрических свойств.

## Экспериментальные результаты и их обсуждение

При создании преобразователей излучения с использованием сцинтилляторов или люминофоров важной является передача сигнала от кристалла преобразователя к фоточувствительному элементу. Известны оптоэлектронные пары  $ZnSe$  люминофор – фотосопротивление, которые обладают фоточувствительностью в области примесной люминесценции  $ZnSe$ . Однако их эффективность небольшая из-за отрицательного влияния отражения, излучаемого  $ZnSe$  света от поверхности фотосопротивления. Перспективным является создание фотоприемника непосредственно на преобразователе, что может увеличить фоточувствительность таких структур. Именно для этих целей изучалась пара  $ZnSe$  (люминофор) –  $p-CdTe$ , в которой кроме прямой передачи световых сигналов может обеспечиваться накопление, если поликристаллический слой будет обладать высокой фоточувствительностью.

Структуры получали по стандартной термовакуумной технологии напылением на поверхность монокристаллические пластинки  $ZnSe$  [2. С. 42]. Плёнки  $CdTe$  синтезировались на поверхности  $ZnSe$ . Слои  $CdTe$  на  $ZnSe$  вырастали более крупноблочными, чем, например, на стекле [2. С. 42]. Это связано с тем, что монокристалл  $ZnSe$  в процессе синтеза оказывает структурно ориентирующее на кристаллизацию. Для определения фоточувствительности фоточувствительной плёнки теллурида кадмия, легированного серебром ( $CdTe:Ag$ ), измеряют спектры в режимах фотопроводимости при фронтальном освещении (рис.1) на монохроматоре ИКС-14 при комнатной

С целью повышения фоточувствительности к излучению, вызывающей люминесценцию ядерного, рентгеновского и ультрафиолетового излучения, путем прямой передачи фотосигнала от сцинтиллятора была изучена плёночная гетероструктура на основе  $CdTe-ZnSe$ . Для повышения эффективности излучения тонкая фоточувствительная плёнка  $CdTe$  с глубокими уровнями получена прямо на поверхность селенида цинка. При этом поверхность  $ZnSe$  имеет шероховатость, которая передает больший фотосигнал, чем шлифованная плоская поверхность.

При выборе пары руководствовались следующими соображениями. Вещество группы  $ZnSe$  нашли широкое применение при создании детекторов ультрафиолетовой и рентгеновской частей спектра. Люминесцентные свойства  $ZnSe$  позволяют конструировать на их основе различные устройства оптоэлектроники.

температуре ( $T=300K$ ), мощность была отградуирована в абсолютных единицах при помощи термоэлемента.

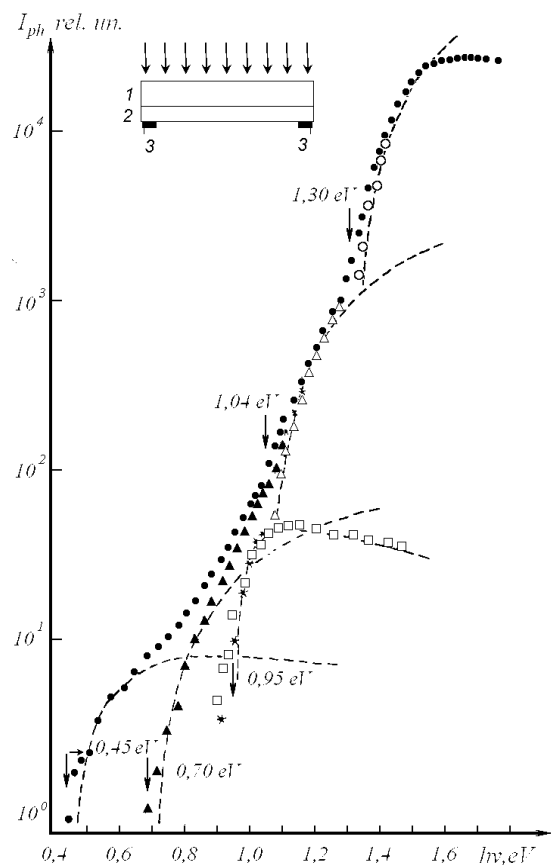


Рис.1. Спектры фотопроводимости плёнок  $CdTe<Ag><Cu>$  при фронтальном освещении.

На рис.1 представлена спектральная зависимость пленки CdTe, стрелками показаны энергии ионизации глубоких уровней, вызывающих фотонапряжение в пленке теллурида кадмия при её освещении. На вставке рис показана схема пленочной структуры CdTe-ZnSe: 1-ZnSe, 2-CdTe:Ag, 3-контакты.

Принцип излучения пленочной гетероструктуры заключается в следующем. Излучение проходит через сцинтиллятор, ионизирует атомы и молекулы. Возвращаясь в исходное состояние, ионизированные атомы и молекулы испускают фотоны, которые попадают на граничащую с ZnSe поверхность фотоприемника - пленку CdTe и вызывают в ней возникновение напряжения. Это напряжение снимают с контактов (3) и регистрируют электрометром (рис.1). Сигнал напрямую передается от сцинтиллятора 1 к фотоприемнику 2, так как они оптически связаны между собой. В экспериментах гетероструктуру освещают ультрафиолетом или рентгеновским излучением, вызывающим люминесценцию ZnSe.

Коэффициент отражения рассчитывают по формуле

$$R = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} = \frac{3,4 - 2,6}{7} = \frac{0,8}{7} = 0,1,$$

где  $R$  - коэффициент отражения от границы раздела между ZnSe и CdTe:

$n_1$  - показатель преломления ZnSe;

$n_2$  - показатель преломления CdTe.

Коэффициент отражения ( $R$ ), известных дозиметрических датчиков учитывает отражение на границе сцинтиллятора и воздуха ( $n_0 = 1$ ), тогда  $R=0,5$ . В наших гетероструктурах (если сравнивать их с известными дозиметрическими датчиками, так как они расположены друг от друга отдельно) [2. С. 42] потеря фотосигнала на отражение незначительна по сравнению с известными датчиками. Если оценить изменение эффективности датчиков в нашем случае составляет 80%, так как исключается коэффициент отражения воздуха. В известных дозиметрических датчиках [4. С. 809] потеря сигналов составляет 60-70% из-за влияния воздуха между сцинтилляторами и полупроводниковыми датчиками.

Оценим изменение эффективности дозиметра с фоточувствительной плёнкой:

$$L_R = R \cdot L_0,$$

$$L_R = (R - \Delta R) \cdot L_0,$$

где  $R$  - коэффициент отражения,  $L_0$  - интенсивность падающего света.

$$T = \frac{L_0 - L_R}{L_0} = 1 - R,$$

где  $T$  - коэффициент пропускания. Тогда

$$T' = \frac{L_0 - (R - \Delta R)L_0}{L_0} = 1 - (R - \Delta R) \quad \%$$

$$x = \frac{T'}{T} \cdot 100\% = \frac{1 - (R - \Delta R)}{1 - R} \cdot 100\% = \left(1 + \frac{\Delta R}{1 - R}\right) \cdot 100\%,$$

$$\text{Тогда } \Delta x = \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta R}{1 - R}, \quad \Delta x = \frac{0,4}{1 - 0,5} = 0,8;$$

то есть эффективность увеличивается на 80%.

С описанными гетероструктурами можно производить измерения интенсивности лучистого потока, если фиксировать время действия этого потока. Его чувствительность продлится в широком диапазоне спектральной области  $\lambda=3,1$  мкм ( $h\nu=0,4$  эВ) до 0,41 мкм ( $h\nu=3,0$  эВ)

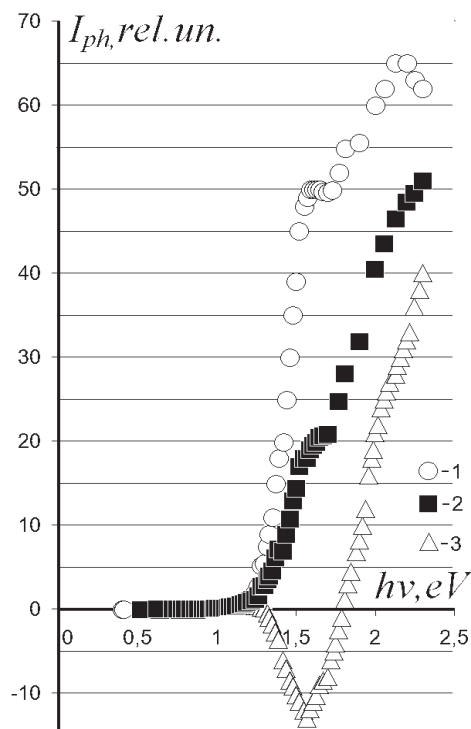


Рис. 2. Спектры фототока пленки CdTe, полученной на ZnSe, при фронтальном освещении: 1 – когда полярность приложенного поля совпадает с полярностью фотонапряжения и противоположно – 3.  $U_{\text{вн}}=18$  В, 2 - кривая, полученная по формуле (3).

Для иллюстрации работоспособности гетероструктуры освещалась со стороны ZnSe ультрафиолетовым светом с помощью спектрометра СФ – 26 и был получен сигнал 2 В, а при возбуждениях мягкими рентгеновскими лучами (ДРОН - 4 с трубкой 0,4 БСВ – 4С, напряжение на трубке

## ФИЗИКА

20 кв.) фотосигнал- 5В. Для определения фоточувствительности гетероструктуры CdTe – ZnSe в примесной области поглощения рассчитывают оптическую энергию ионизаций глубоких уровней, измеряют спектры тока короткого замыкания слоя теллурида кадмия, легированного медью, которая в интервале энергии квантов света  $h\nu = 0,9 - 2,3$  эВ обусловлена фоточувствительной плёнкой теллурида кадмия. В плёнках CdTe фото ЭДС возникает не только в собственной области поглощения, а также при примесной области поглощения из-за находящихся глубоких уровней в запрещённой зоне, равной 1,04; 1,15; 1,32эВ.

Пленка CdTe является стимулятором возникновения люминесценции селенида цинка с малыми потерями на отражение от границы ZnSe – CdTe.

На рис.2 показаны спектральные зависимости фототока через пленку при освещении сцинтиллятора видимым и ультрафиолетовым светом. При этом на пленку подавали внешнее напряжение  $V = 18$  В, меняя полярность. Ток, протекающий через пленку можно представить в виде

$$I_{\Phi 1} = \frac{V_{\text{эдс}} + V}{R}, \quad (1)$$

$$I_{\Phi 2} = \frac{V_{\text{эдс}} - V}{R}, \quad (2)$$

$$I_{\Phi} = \frac{I_{\Phi 1} + I_{\Phi 2}}{2} = \frac{V_{\text{эдс}}}{2R}, \quad (3)$$

В слоях CdTe фото-ЭДС возникает как при возбуждении зона – зона и из глубоких уровней. В этом случае охватываются практически все полосы люминесценции ZnSe. Как видно из рисунка 2, в данной структуре приложенное поле стимулирует возникновение фото-ЭДС. В области края поглощения CdTe возникает большое фото-ЭДС, приводящее к изменению знака фотопроводимости. Это обусловлено тем, что приложенное электрическое поле втягивает носители в область асимметричных барьеров, из-за чего возрастает фото-ЭДС. Не исключена перспективность данного эффекта для создания фотоприёмников, знак фотоответа которых зависит от длины волн света.

Для определения фоточувствительности структуры CdTe-ZnSe рассчитывают оптическую энергию ионизации глубоких уровней, измеряют спектральную характеристику тока короткого замыкания слоя теллурида кадмия, легированного серебром, которая в интервале энергии квантов света  $h\nu = 0,45 - 2,7$  эВ обусловлена фоточувствительной пленкой теллурида кадмия (рис.2). В слое теллурида кадмия фото-ЭДС возникает как при возбуждении зона-зона, так и из глубоких уровней

с энергией оптической ионизации, равной 1,04; 1,15; 1,32 эВ, чем охватываются практически все полосы люминесценции селенида цинка (рис. 2).

Сравнение результатов, представленных на рис. 1, с результатами рис. 2 говорит о том, что фоточувствительность структуры в интервале  $h\nu = 0,45 - 2,7$  эВ обусловлена плёнкой CdTe. Сопоставление спектров ФП и  $I_{\text{кз}}$  позволяет определить распределение глубоких уровней в структурах. То, что в ФП участвуют уровни в интервале  $\Delta E = 0,45$  и  $2,7$  эВ (рис.2) которые не появляются при генерации фото ЭДС, а также обладают малым удельным весом, говорит о том, что, по – видимому, они расположены в нижней части запрещенной зоны и взаимосвязаны с уровнями  $\Delta E = 1,04$  и  $0,95$  эВ соответственно.

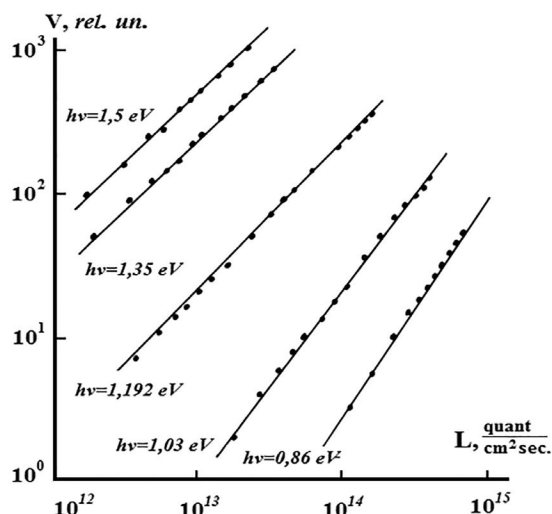
Возможна и другая интерпретация пары уровней  $0,7 - 0,95$  эВ, согласно которой уровень  $0,7$  эВ находится ближе зоны проводимости, но для того чтобы возникла фото ЭДС с порогом при  $0,95$  эВ, необходимо считать, что генерированные дырки асимметрично захватываются в барьере.

Как видно из рис. 2, характеризуется полярность приложенного поля, которая совпадает с полярностью фоточувствительной пленки теллурида кадмия; кривая - 2, когда полярность приложенного поля противоположна. Фотонапряжение пленки теллурида кадмия определяют путем измерения фотопроводимости в зависимости от направления приложенного извне электрического поля. Приложенное электрическое поле стимулирует возникновение большое фотонапряжение. В области края поглощения теллурида кадмия возникает большой фоточувствительность, приводящая к изменению знака фотопроводимости. Выделенный фотосигнал пленки совпадает со знаком фото-ЭДС (кривая 1). Это обусловлено тем, что приложенное электрическое поле втягивает носители в область асимметричных барьеров, из-за чего возрастает фото-ЭДС (кривая 1).

Управляя влиянием барьеров на поверхности CdTe и у поверхности ZnSe, можно получать как одинаковые, так и разные знаки фото-ЭДС в двух областях энергии квантов света, равных  $1,4; 1,7$  эВ и  $1,9; 2,3$  эВ (рис.2). Не исключена перспективность данного эффекта для создания фотоприёмников, знак фотоответа которых зависит от длины волны света.

Для определения вышеизложенных свойств полученных гетероструктур измеряли люкс-вольтовые характеристики CdTe – ZnSe (ЛХВ) в примесной области поглощения света. На рис. 3 показано для пленок CdTe ЛХВ при монохроматическом освещении. Как видно, ЛХВ при малой интенсивности света — эта линейность не нарушается. В примесной





**Рис.3.** Люкс-вольтовые характеристики пленок CdTe: Ag, полученных на поверхности ZnSe, при монохроматическом свете.

области  $\alpha=1$ , когда  $h\nu=(0,86-1,35)$  эВ, а ближе к собственному  $\alpha$  незначительно отличается от единицы (когда  $h\nu=1,5$  эВ). Как видно из рисунка, что ЛВХ обладают одним типом линейности  $V_{\text{фото-ЭДС}} \sim L^\alpha$  и наклон всех кривых почти одинаков ( $\alpha$  меняется в пределах  $0,99 \div 1,23$ ), что ростом энергии падающих квантов сечения их захвата, связанная с генерацией фото ЭДС растёт, причем этот рост при малых энергиях кванта в области примесного поглощения более существен, а с приближением  $h\nu$  к  $E_g$  (ширина запрещенной зона) сечение захвата фотонов насыщается и при дальнейшем росте  $h\nu$  она практически не зависит, что отражает спектр коэффициент на поглощения [2. С. 42].

Важной особенностью фоточувствительной

пленки на основе теллурида кадмия является ее автономный характер, что представляет особый интерес в пленочной оптоэлектронике, в качестве преобразователя излучения при ультрафиолетовых и рентгеновских излучениях, в широком диапазоне принимаемого электромагнитного излучения.

Под действием люминесценции ZnSe освещается пленка CdTe без потерь сигналов, в результате чего появляется фотосигнал в виде фото-ЭДС. На пленке CdTe значение фотосигнала два раза больше, чем сигнал от селенида цинка.

С целью повышения фоточувствительности к излучению, вызывающего люминесценцию ядерного, рентгеновского и ультрафиолетового излучения, путем прямой передачи фотосигнала от сцинтиллятора была изучена пленочная гетероструктура на основе CdTe-ZnSe. Для повышения эффективности излучения тонкая фоточувствительная пленка CdTe с глубокими уровнями получена прямо на поверхность селенида цинка. При этом поверхность ZnSe имеет шероховатость, которая передает больший фотосигнал, чем шлифованная плоская поверхность.

Проведенные исследования фоточувствительности в зависимости от различных рентгеновских, ультрафиолетовых излучений показали, что фотосигнал в CdTe повышается на 80%. Так как исключается коэффициент отражения воздуха. С повышением эффективности собирания фотосигнала был создан полупроводниковый дозиметрический датчик. Его чувствительность продлится в широком диапазоне спектральной области  $\lambda=3,1$  мкм ( $h\nu=0,4$  эВ) до  $0,41$  мкм ( $h\nu=3,0$  эВ) включая примесную и собственную области поглощения.

## Заключение

Таким образом, на основе полученных экспериментальных результатов следует отметить, что возможно создание фотоприемника прямо на преобразователе, который имеет высокую эффективность регистрации сигналов структуры на основе CdTe – ZnSe.

Созданная гетероструктура обладает чувствительностью к излучению ультрафиолетового света

и мягким рентгеновским лучам. В CdTe – ZnSe гетероструктуре наблюдается новый эффект при измерении фотопроводимости в зависимости от направления приложенного электрического поля. При этом приложенное поле стимулирует возникновение фото-ЭДС. Это позволяет создать фоточувствительные приборы со спектральной характеристикой с принципиально новыми возможностями.

## Литература

1. Мирсагатов Ш.А., Лейдерман А.Ю., Атабоев О.К. Механизм переноса тока в инжекционном фотодиоде на основе структуры In-n<sup>+</sup>-CdS-n-CdS<sub>x</sub>Te<sub>1-x</sub>-p-Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Te-Mo // Физика твёрдого тела. – 2013. – Том 55. – Вып. 8. – С. 1525 – 1535.
2. Отажонов С.М. Фотодетектор для регистрации рентгеновского и ультрафиолетового излучений на основе CdTe-ZnSe. // Прикладная физика, 2005. – №2. – С. 42 – 45.

3. Рыжиков В.Д., Гальчинецкий Л.П., Старжинский Н.Г. Свойства и применение полупроводниковых сцинтилляторов на основе селенида цинка // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2002. – № 3. – С. 85 – 89.
4. Илчук Г.А., Руд В.Ю., Руд Ю.В., Бекимбетов Р.Н. Фоточувствительность структур на основе монокристаллов ZnSe. // Физика и техника полупроводников, 2000. – Том 34. – Вып. 7. – С. 809 – 813.
5. Ваксман Ю.Ф., Ницук Ю.А., Пуртов Ю.А., Шапкин П.В. Собственные и примесные дефекты в монокристаллах ZnS:In, полученных методом свободного роста // Физика и техника полупроводников, 2001. – Том 35. – Вып. 8. – С. 920 – 926.
6. Ваксман Ю.Ф., Ницук Ю.А., Пуртов Ю.А., Шапкин П.В. Получение и оптические свойства кристаллов ZnSe:Ni // Физика и техника полупроводников, 2010. – Том 44. – Вып. 2. – С. 149 – 153.
7. Косяченко А.А., Маслячук Е.Л., Склярчук В.М. Особенности переноса заряда в диодах Шоттки на основе полуизолирующего CdTe. // Физика и техника полупроводников, 2005. – Том 39. – Вып. 6. – С. 754 – 761.
8. Соболев В.В., Перевошиков Д.А. Оптические переходы в кристаллах ZnSe и CdTe с участием d-зон катионов // Физика и техника полупроводников, 2018. – Том 52. – Вып. 3. – С. 304 – 310.
9. Ницук Ю.А. Энергетические состояния иона Cr<sup>+</sup> в кристаллах ZnSe // Физика и техника полупроводников, 2013. – Том 47. – Вып. 6. – С. 728 – 731.
10. Абдуллаев Э.А., Вайткус Ю.Ю., Отажонов С.М. Сцинтилляционный фотодетектор излучения. Патент Рес. Узб. № IHDP 9700909.1. от 25.09.1998 г.

## FEATURES OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE MODIFIED SURFACE OF THE p-CdTe – ZnSe FILM HETEROSTRUCTURE WITH DEEP IMPURITY LEVELS

J. J. Vaytkus<sup>1</sup>, N.E. Alimov<sup>2</sup>, S.M. Otajonov<sup>2</sup>

*Ilmiy xabarнома. Fizika-matematika tadqiqotlari – Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research. 2019. 2. 15 – 21.*

<sup>1</sup>Institute of Photonics and Nanotechnology, Vilnius University Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius (Lithuania). E-mail: fni@ff.vu.lt

<sup>2</sup>Ferghana State University, Ferghana, 150100 (Uzbekistan). E-mail: fardu\_info@umail.uz

**Keywords:** photoconductivity, semiconductor film, recombination, generation, photovoltage, photosensitivity.

This article analyzes the spectrum of the photocurrent in a layered film heterostructure CdTe-ZnSe with deep impurity levels. The experimental results demonstrated that the heterostructure CdTe-ZnSe observed a new effect in the measurement of the photoconductivity spectra, depending on the direction of the applied electric field, and the applied field stimulates the emergence of photo-emf.

The spectrum of the photocurrent in a layered CdTe-ZnSe heterostructure film with deep impurity levels are considered in the article. It follows from the experimental results that a new effect is observed in the CdTe-ZnSe heterostructure when measuring the photoconductivity spectra depending on the applied direction of the electric field. In this case, the applied field stimulates the appearance of photo-emf. This allows the creation of photosensitive devices with spectral characteristics with fundamentally new features.

The structures were prepared using standard thermal vacuum technology by spraying single-crystal ZnSe plates on the surface. CdTe films were synthesized on the surface of ZnSe. CdTe layers on ZnSe grew larger in blocks than, for example, on glass. This is due to the fact that the single crystal ZnSe during the synthesis process has a structure-oriented crystallization.

To determine the photosensitivity of a photosensitive film of cadmium telluride doped with silver, spectra are measured in photoconductivity modes with frontal illumination on an IKS-14 monochromator at room temperature, the power was calibrated in absolute units using a thermoelement.

In the layers of CdTe, photo-emf arises as if excited by a zone-zone and from deep levels. In this case, virtually all ZnSe luminescence bands are covered. As can be seen from Figure 2, that in this structure the applied field stimulates the appearance of photo-emf. In the region of the absorption edge of CdTe, a large photo-emf occurs, leading to a change in the sign of photoconductivity. This is due to the fact that the applied electric field draws in carriers in the region of asymmetric barriers, which increases the photo-emf.

By controlling the effect of barriers on the CdTe surface and on the ZnSe surface, one can get both identical and different signs of photo-emf in two regions of the energy of light quanta equal to 1.4; 1.7 eV and 1.9; 2.3 eV. It is possible that this effect will be perfected to create photodetectors, whose photoresponse sign depends on the wavelength of the light.

The created heterostructure is sensitive to ultraviolet light and soft X-rays. In the CdTe-ZnSe heterostructure, a

new effect is observed when measuring photoconductivity depending on the direction of the applied electric field. In this case, the applied field stimulates the appearance

of photo-emf. This allows the creation of photosensitive devices with spectral characteristics with fundamentally new features.

### References

1. Mirsagatov SH. A., Leyderman A.Yu., Ataboev O.K. (2013) Mexanizm perenosa toka v injektsionnom fotodiode na osnove struktury  $In-n^+-CdS-n-CdS_xTe_{1-x}-p-Zn_zCd_{1-x}Te-Mo$ . [The mechanism of current transfer in the injection photodiode based on the structure  $In-n^+-CdS-n-CdS_xTe_{1-x}-p-Zn_zCd_{1-x}Te-Mo$ ]. *Fizika tvyordogo tela*. Vol. 55, Issue 8. Pp. 1525-1535.
2. Otazonov S.M. (2005) Fotodetektor dlya registratsii rentgenovskogo i ul'traioletogo izlucheniya na osnove CdTe-ZnSe [Photodetector for registration of X-ray and ultraviolet radiation on the basis of CdTe-ZnSe]. *Prikladnaya fizika*. 2. Pp. 42-45.
3. Ryzhikov V.D., Gal'chineckij L.P., Starzhinskij N.G. (2002) Svoystva i primeneniye poluprovodnikovyyh scintillyatorov na osnove selenida cinka [Properties and applications of zinc selenide-based semiconductor scintillators]. *Poverhnost. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovaniya*. 3. Pp. 85-89.
4. Ilchuk G.A., Rud V.Yu., Rud Yu.V., Bekimbetov R.N. (2000) Fotochuvstvitelnost struktur na osnove monokristallov ZnSe. [Photosensitivity of structures based on single crystals ZnSe]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov*. Vol. 34. Issue 7. Pp. 809-813.
5. Vaksman Yu.F., Nitsuk Yu.A., Purtov Yu.A., Shapkin P.V. (2001) Sobstvennyye i primesnyye defekty v monokristallakh ZnS:In, poluchennykh metodom svobodnogo rosta [Intrinsic and extrinsic defects in single crystals of ZnS: In, produced by free growth]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov*. Vol. 35. Issue 8. Pp. 920-926.
6. Vaksman Yu.F., Nicuk Yu.A., Purtov Yu.A., Shapkin P.V. (2010) Polucheniye i opticheskiye svoystva kristallov ZnSe:Ni [Production and optical properties of ZnSe:Ni crystals]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov*. Vol. 44. Issue 2. Pp. 149-153.
7. Kosyachenko A.A., Maslyachuk Ye.L., Sklyarchuk V.M. (2005) Osobennosti perenosa zaryada v diodah SHottki na osnove poluizoliruyushchego CdTe [Especially charge transfer in Schottky diodes based on semi-insulating CdTe]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov*. Vol. 39. Issue 6. Pp. 754-761.
8. Sobolev V.V., Perevoshikov D.A. (2018) Opticheskie perekhody v kristallakh ZnSe i CdTe s uchastiem d-zon kationov [Optical transitions in ZnSe and CdTe crystals with the participation of d bands of cations]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov*. Vol. 52. Issue 3. Pp. 304-310.
9. Nicuk Yu.A. (2013) Energeticheskie sostoyaniya iona Cr<sup>+</sup> v kristallakh ZnSe [Energy state of Cr<sup>+</sup> ion in ZnSe crystals]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov*. Vol. 47. Issue 6. Pp. 728-731.
10. Abdullayev E.A., Vaytkus Yu., Otazonov S.M., (1998) Scintillyatsionnyy fotodetektor izlucheniya [Stabilization photodetector of radiation] Patent of the Republic of Uzbekistan. № IHDP 9700909.1. From 09/25/1998.

#### Сведения об авторах:

**Вайткус Юозас Юозович** – академик АН Литвы, доктор физико-математических наук, профессор Института Нанотехнологии и фотоники при Вильнюсском университете.

**Алимов Нодир Эсоналиевич** – преподаватель кафедры физики Ферганского государственного университета. E-mail: allnod@mail.ru

**Отажонов Салим Мадрахимович** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Ферганского государственного университета. E-mail: otajonov\_s@mail.ru