

*В. М. Ажажа, В. Е. Кутний, А. В. Рыбка, Л. Н. Давыдов,  
И. Н. Шляхов, А. А. Захарченко, Д. В. Кутний, Д. В. Наконечный*

Національний научний центр ХФТИ НАН України, Харків

## ПРИБОРЫ НА ОСНОВЕ CdTe и CdZnTe ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА АЭС

**Аннотация:** Описаны приборы на основе широкозонного полупроводникового соединения CdTe, CdZnTe – широкодиапазонный дозиметр  $\gamma$ - и рентгеновского излучений, а также дозиметр для контроля мощности дозы излучения в аварийных ситуациях. Детекторы  $\gamma$ - и рентгеновского излучений на основе CdTe и CdZnTe обладают рядом преимуществ, которые позволяют успешно применять их при дозиметрии и спектрометрии различных источников ионизирующих излучений. К преимуществам CdZnTe-детекторов относятся широкий диапазон измерения потоков и энергии фотонов, высокая эффективность их регистрации и удовлетворительное энергетическое разрешение без необходимости глубокого охлаждения детектора. Разработанные приборы предназначены для систем радиационного контроля и управления технологическими процессами на АЭС и в ядерной энергетике. Они также могут быть использованы при исследовании (характеризации) радиоактивных отходов. Представлены дозиметрические характеристики этих приборов.

**Ключевые слова:** полупроводники, CdTe, CdZnTe, блок детектирования, дозиметры, мощность дозы,  $\gamma$ - и рентгеновское излучения.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Приборы с сенсорами из полупроводниковых кристаллов CdTe и CdZnTe в последнее время находят всё более широкое применение при регистрации  $\gamma$ - и рентгеновского излучений. Благодаря совершенствованию технологии производства создаются кристаллы с необходимыми, а в некоторых случаях уникальными физическими свойствами, что позволяет получать на их основе блоки детектирования ионизирующего излучения с хорошими детектирующими характеристиками. Они отличаются высокой эффективностью регистрации излучения, хорошим соотношением сигнал/шум. Линейность в счетном и токовом режимах работы в широком диапазоне изме-

ряемой мощности дозы и высокая радиационная стойкость CdTe и CdZnTe позволяет применять их при производстве дозиметрических блоков с высоким радиационным ресурсом, в частности для работы в радиационных полях большой интенсивности. Это определяет перспективу использования детекторов на основе CdTe и CdZnTe в системах дозиметрического контроля (на АЭС, на предприятиях по производству и переработке ядерного топлива, при экологическом контроле).

Разработка и создание полупроводниковых сенсоров и блоков детектирования на их основе – достаточно сложная научная и технологическая проблема, требующая объединения усилий специалистов по особо чистым материалам, выращиванию структурно совер-

шенных монокристаллов, механической прецизионной обработке, полупроводниковой электронике, дозиметрии и спектрометрии ионизирующих излучений, ядерной физике.

В Украине имеются институты и предприятия с уникальным опытом изготовления и исследования детектирующих приборов на основе полупроводников. Это ИФП НАНУ [1], Черновицкий национальный университет [2], ОНПУ [3, 4], "Спаринг-Вист Центр", "Интератоминструмент", "Позитрон GmbH". На заводе "Чистые металлы" (ЗЧМ, г. Светловодск) впервые в Украине в промышленном масштабе начали выращивать монокристаллы CdTe. В Харькове в середине 1990-х годов были созданы условия для решения проблем полупроводниковых материалов на основе CdTe и CdZnTe и детекторов ядерных излучений на их основе. Это произошло благодаря объединению усилий Института монокристаллов НАНУ [5] и ННЦ ХФТИ НАНУ [6–18] по выращиванию монокристаллов методом Бриджмена при высоком давлении и изготовлению детекторов для дозиметрии и спектрометрии  $\gamma$ -излучения, разработке электроники и приборов радиационного контроля. Кроме того, большую работу по испытанию приборов проводит центр ионизирующих излучений ННЦ "Институт метрологии".

В настоящей статье описаны результаты испытаний приборов на основе CdTe и CdZnTe, разработанных в ННЦ ХФТИ: широкодиапазонных дозиметров  $\gamma$ - и рентгеновского излучений, работающих в счетном режиме; дозиметров для контроля аварийных ситуаций, которые в токовом режиме способны работать в широком диапазоне мощности доз  $\gamma$ - и рентгеновского излучений. Сенсоры из CdTe и CdZnTe, в отличие от традиционно используемых Ge(Li)-детекторов, не требуют криогенного охлаждения и могут использоваться в системах дистанционного контроля, что особенно важно для дозиметрии  $\gamma$ -излучения радиоактивных отходов.

## **2. КОНТРОЛЬ МОЩНОСТИ ДОЗЫ $\gamma$ - И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ**

Широкодиапазонный дозиметр  $\gamma$ - и рентгеновского излучений (далее блок детектирования – БД) позволяет производить измерения мощности дозы в счетном (импульсном) режиме. БД представляет собой сенсор на основе CdZnTe и стандартный измерительный тракт (канал регистрации), состоящий из зарядочувствительного предварительного усилителя, формирующего усилителя, интегрального дискриминатора и стабилизированного источника напряжения для питания детектора. Сигнал из выхода БД поступает на пересчетный прибор.

Дозиметр предназначен для применения в автоматизированной системе контроля радиационной безопасности (АСКРБ) [7], предназначенной для комплексного контроля радиационной безопасности на АЭС. Блоки детектирования в составе системы АСКРБ представляют собой распределенную сеть сбора данных, характеризующих радиационную безопасность объекта контроля, функционирующую в реальном масштабе времени во всех режимах работы АЭС (режим нормальной эксплуатации, режим остановки реакторной установки, аварийный и поставарийный режи-



**Рис. 1.** Широкодиапазонный дозиметр  $\gamma$ - и рентгеновского излучений на основе CdZnTe

мы). Этот компактный прибор снабжен электронным бленкером, т. е. может контролировать свою работоспособность непосредственно в процессе эксплуатации.

Общий вид широкодиапазонного дозиметра  $\gamma$ - и рентгеновского излучений показан на рис. 1.

На приведенных ниже диаграммах показаны результаты испытаний БД с сенсором на основе CdZnTe объемом  $\sim 150 \text{ мм}^3$ . Испытания проводились в полях излучения радиоактивных источников  $^{241}\text{Am}$  (59,5 кэВ),  $^{137}\text{Cs}$  (661,7 кэВ) и  $^{60}\text{Co}$  (1173,2 и 1332,5 кэВ). При регистрации  $\gamma$ -излучения от разных источников в счетном режиме работы БД скорость

счета линейно зависит от мощности экспозиционной дозы (МЭД). Линейность счетной характеристики в широком диапазоне мощности дозы – это одна из определяющих характеристик БД.

На рис. 2 показано изменение скорости счета БД с детектором на основе CdZnTe в широком динамическом диапазоне МЭД  $\gamma$ -излучения от 20 мкР/час до 0,6 Р/час.

Аппроксимация приведенных на рис. 2 результатов измерений линейной функцией вида  $v_{\text{сч}} = \delta_{\gamma} \cdot P$  разрешает получить т. н. дискретную чувствительность регистрации  $\gamma$ -излучения. Дискретная чувствительность – один из основных параметров дозиметрического работающего в счетном режиме БД – измеряется в имп./мкР и вычисляется по формуле

$$\delta_{\gamma} = \frac{v_{\text{сч}} - v_{\text{ф}}}{PT}, \quad (1)$$

где  $v_{\text{сч}}$  – число импульсов, зарегистрированных при размещении детектора в поле ионизирующего излучения,  $P$  – мощность экспозиционной дозы,  $v_{\text{ф}}$  – число фоновых импульсов,  $T$  – экспозиция.

Дискретная чувствительность регистрации  $\gamma$ -излучения широкодиапазонного дозиметрического БД представлена на рис. 3.

Видно, что для источника  $^{137}\text{Cs}$  дискретная чувствительность широкодиапазонного БД равна  $\delta_{\gamma} \sim 200$  имп./мкР ( $\pm 20\%$ ). При этом динамический диапазон МЭД  $\gamma$ -излучения  $^{137}\text{Cs}$ , в котором используется БД, составляет от 20 мкР/ч. до 0,6 Р/ч.

Нами были исследованы некоторые эксплуатационные характеристики приборов на основе CdTe и CdZnTe. Были проведены калибровочные измерения чувствительности широкодиапазонного дозиметра к постоянному и переменному магнитному и электрическому полям и к температуре. Испытания проводились в широком диапазоне напряженностей электрического и магнитного полей: электрического поля – от 0 до 6 000 В/м; по-

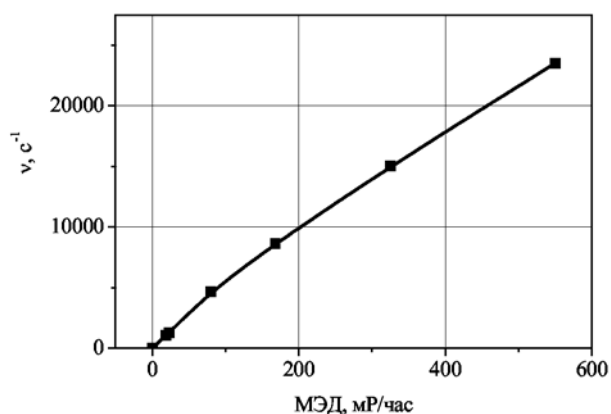


Рис. 2. Зависимость скорости счета БД от МЭД  $\gamma$ -излучения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$

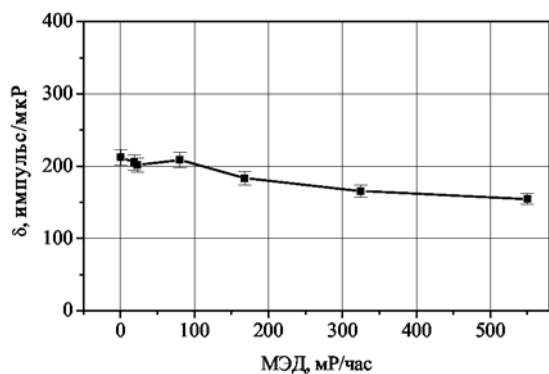


Рис. 3. Зависимость дискретной чувствительности регистрации широкодиапазонного дозиметрического БД от МЭД  $\gamma$ -излучения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$

стоянного магнитного поля – от 0 до 400 А/м; переменного (50 Гц) магнитного поля – от 0 до 400 А/м. В этих интервалах напряженности внешних электрического и магнитного полей характеристики устройства не изменялись в пределах ошибки измерений.

С изменением температуры было отмечено небольшое (до 20 %) понижение скорости счета фонового излучения при понижении температуры ниже 10 °С (рис. 4). При необходимости учета температурной зависимости БД легко может быть оснащен термодатчиком для автоматической или ручной коррекции его показаний.

Был проведен статистический анализ счетных показаний БД в процессе каждого измерения при разных значениях МЭД. В целом экспериментальные результаты соответствуют нормальному распределению. Статистический анализ показал, что уровень значимости (т. е. вероятность того, что данное распределение экспериментальных значений не является нормальным) составляет 5 %.

Коррекция энергетической зависимости чувствительности БД на основе CdTe была выполнена по методике, разработанной в [18]. При этом дополнительная погрешность, связанная с зависимостью чувствительности БД от энергии, не превышала  $\pm 20$  %.

Приведенные выше результаты свидетельствуют, что БД на основе CdZnTe удовлетворяют современным требованиям к приборам контроля радиационной обстановки на АЭС.

### 3. ДОЗИМЕТРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МОЩНОСТИ ДОЗЫ РЕНТГЕНОВСКОГО И $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЯ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

При высокой интенсивности излучения, которая может возникнуть на АЭС при аварийной ситуации, предпочтительнее измерение тока, индуцированного облучением, или "то-

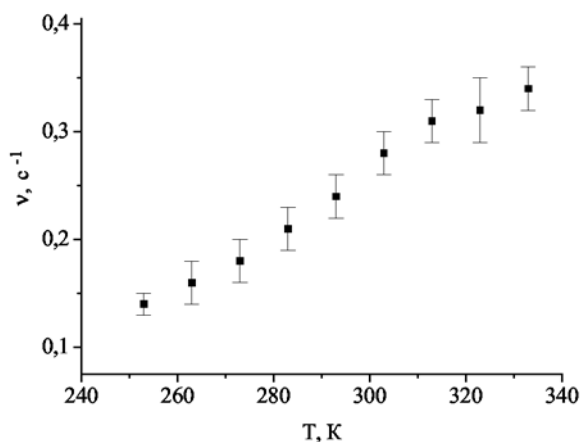


Рис. 4. Зависимость скорости счета от температуры

ковый" режим работы сенсора. Переход на токовый режим оказывается необходимым при скорости поглощения фотонов больше  $10^4$  имп./с.

Для измерения больших (аварийных) доз был разработан блок детектирования, который работает в токовом (аналоговом) режиме. Такой БД, кроме сенсора на основе CdZnTe, содержит преобразователь ток–напряжение (нормализующий усилитель) и блок контроля работоспособности устройства (бленкер). Общий вид БД для дозиметрии больших доз  $\gamma$ -излучения показан на рис. 5.



Рис. 5. Блок детектирования на основе CdZnTe для контроля мощности дозы  $\gamma$ -излучения в аварийных ситуациях

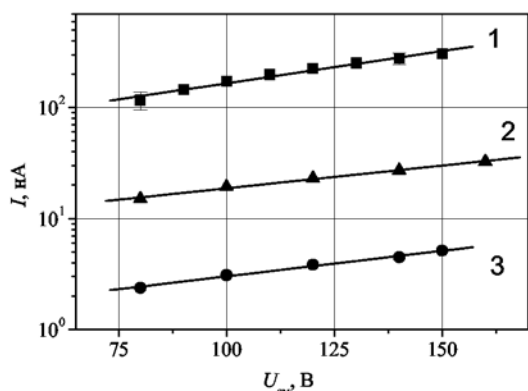


Рис. 6. Зависимость вызванного радиацией фототока (1) и темнового тока при 20 °С (3) и 60 °С (2) от напряжения смещения БД для аварийного контроля мощности дозы с сенсором на основе CdZnTe

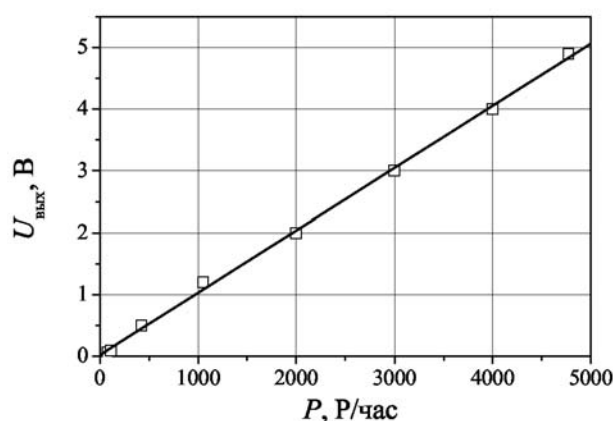


Рис. 7. Зависимость напряжения на выходе преобразователя БД (CdZnTe) от МЭД источника  $\gamma$ -излучения  $^{60}\text{Co}$

В токовом режиме работы ток, возникающий в результате воздействия  $\gamma$ -кванта на сенсор, поступает на преобразователь ток–напряжение с коэффициентом преобразования  $\sim 900$  мВ/мкА. На выходе прибора возникает напряжение, пропорциональное МЭД. Как показали испытания, сигналы, поступающие с детектора, можно передавать по кабельным каналам связи на расстояния до 50 м.

Точность определения значения МЭД  $\gamma$ -излучения на нижнем пределе ее определения зависит от величины темнового тока в полупроводниковом сенсоре. На рис. 6 пока-



Рис. 8. Блок детектирования для контроля мощности дозы в рентгеновских полях высокой интенсивности

зана зависимость индуцированного радиацией тока (МЭД 40 Р/ч,  $^{137}\text{Cs}$ ) при 20 °С и темнового тока БД при температурах 20 и 60 °С от величины напряжения смещения детектора. Из рисунка видно, что при температуре окружающей среды до + 20 °С вкладом темнового тока в показания БД с CdZnTe можно пренебречь (величина темнового тока составляет  $\sim 2\%$  от фототока). При увеличении температуры до + 60 °С доля темнового тока увеличивается только до  $\sim 20\%$ . Необходимо отметить, что относительная погрешность измерения индуцированного радиацией тока и темновых токов БД не более  $\sim 10\%$  и  $\sim 5\%$  соответственно.

Поэтому при измерении МЭД в диапазоне 10–40 Р/час в токовом режиме работы сенсора на основе CdZnTe необходимо учитывать поправку, обусловленную температурной зависимостью темнового тока. Для этого достаточно, например, внести данные, индивидуальные для данного БД и аналогичные приведенным на рис. 6, в процессор, находящийся в периферийном измерителе.

Для оценки работы БД на верхнем пределе по мощности дозы были проведены измерения на установке с источником большей мощности ( $^{60}\text{Co}$ , 5 000 Р/час). Как следует из рис. 7, при регистрации  $\gamma$ -излучения в токовом



режиме измерений чувствительность БД не зависит от МЭД в диапазоне 80–5 000 Р/час [12].

С целью выяснения работоспособности сенсоров на основе CdTe и CdZnTe в рентгеновских полях высокой интенсивности были проведены измерения на технологической рентгеновской установке (трубка с Мо-анодом) [19]. Для этого в корпусе БД было сделано специальное окно из Ве-фольги, что позволило регистрировать рентгеновское излучение в диапазоне энергий, начиная с 5 кэВ. Общий вид такого БД показан на рис. 8.

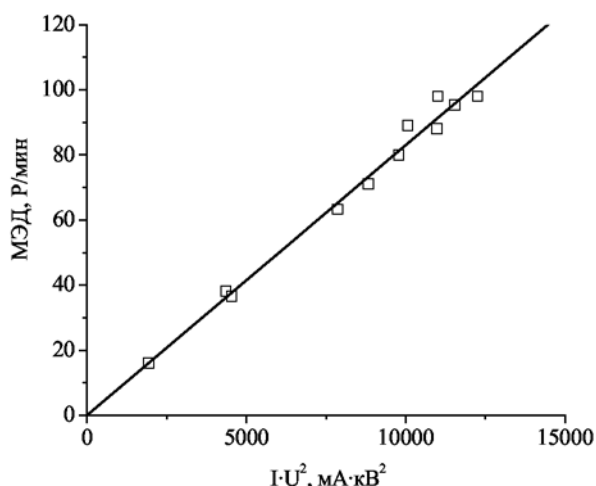


Рис. 9. Калибровочная зависимость рентгеновской установки, полученная с помощью дозиметра RFT 27 012

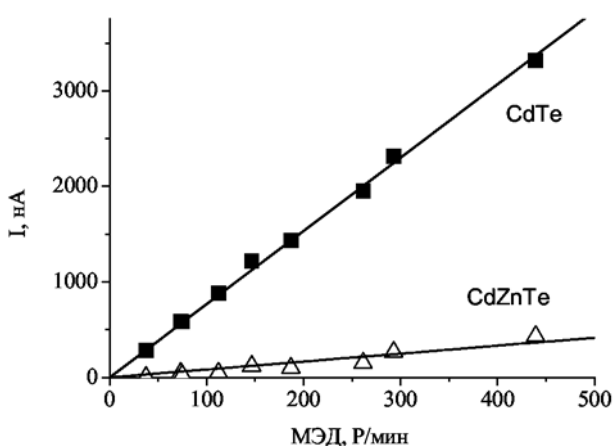


Рис. 10. Сравнение токов в БД с сенсорами на основе CdTe и CdZnTe в зависимости от МЭД.  $U_{см} = 120$  В

Вначале была проведена калибровка технологической рентгеновской установки ДРОН-4 для измерения МЭД в зависимости от режима работы рентгеновской трубки. В дальнейшем установка служила источником рентгеновского излучения при испытании детектора. Калибровка проводилась поверенным медицинским дозиметром фирмы VEB RFT 27 012 в точке, удаленной на 150 мм от источника (рис. 9). Полная мощность излучения ( $W_p$ ) непрерывного рентгеновского спектра определяется как [20]

$$W_p = k Z i U^2, \quad (2)$$

где  $k$  – калибровочная постоянная,  $Z$  – атомный номер материала анода,  $i$  – ток, протекающий через рентгеновскую трубку,  $U$  – напряжение на трубке.

Калибровочная зависимость на рис. 9 позволяет определить коэффициент  $kZ = 0,0083$  (Р/мин)/(мА·кВ<sup>2</sup>) для пересчета произведения  $I \times U^2$  рентгеновской трубки в мощность дозы.

Зависимость от МЭД величины тока, создаваемого БД для контроля мощности дозы в аварийных ситуациях с сенсорами на основе CdTe и CdZnTe, представлена на рис. 10. Эти зависимости с достаточной точностью можно считать линейными, но сенсор на основе CdZnTe вырабатывает при той же МЭД меньший ток, что коррелирует с его более высоким удельным сопротивлением. Это позволяет БД на основе CdZnTe сохранять работоспособность при большей интенсивности излучения, чем БД на основе CdTe.

#### 4. ВЫВОДЫ

1. На основе полупроводниковых соединений CdTe и CdZnTe разработаны приборы для технологического контроля и мониторинга радиационной обстановки на АЭС.
2. В широком диапазоне доз и энергий  $\gamma$ -излучения проведены дозиметрические ис-

следования изготовленных блоков детектирования.

3. Результаты исследований свидетельствуют, что скорость счета и токовый отклик приборов линейные в широком интервале МЭД  $\gamma$ -излучения. Линейная зависимость скорости счета от МЭД сохраняется в диапазоне от  $\sim 20$  мкР/ч до сотен Р/ч в зависимости от объема детектора. В токовом режиме измерений БД с детектором на основе CdZnTe имеют линейную зависимость от МЭД  $\gamma$ -излучения в широком диапазоне (до 5 000 Р/ч).
4. Разработанные блоки детектирования на основе CdTe и CdZnTe обеспечивают современные требования к приборам, которые используются в системах контроля и управления технологическими процессами на АЭС и в ядерной энергетике. Эти приборы могут быть использованы для реконструкции существующих БД типа БДМГ-41 или БДРГ.
5. Проведена метрологическая аттестация разработанных и изготовленных блоков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Телурид кадмію: домішково-дефектні стани та детекторні властивості / Корбутяк Д. В., Мельничук С. В., Корбут Є. В., Борисюк М. М. – К.: Іван Федоров, 2000. – 198 с.
2. **Косяченко Л. А., Маслячук Е. Л., Склярчук В. М.** Особенности переноса заряда в диодах Шоттки на основе полужизолирующего CdTe. // ФТП. – 2005. – № 39(6). – С. 754–761.
3. **Мокрицкий В. А., Леонов С. В., Маслов О. В., Савельев С. А.** Обработка монокристаллов CdZnTe для применения в датчиках  $\gamma$ -излучения. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2001. – № 3. – С. 9–10.
4. **Мокрицкий В. А., Маслов О. В., Николаенко Ю. Е., Максимов М. В.** Блок детектирования гамма-излучения на основе CdZnTe для систем радиационного контроля. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – № 3. – С. 15–17.
5. **Комарь В. К., Пузиков В. М.** Получение кристаллов тройных соединений CdZnTe для полупроводниковых детекторов гамма-излучения. Монокристаллы группы АІВVI. Выращивание, свойства, применение. – Харьков: Институт монокристаллов, 2002. – С. 177.
6. **Ажажа В. М., Григорьев А. Н., Грибанов Ю. А. и др.** Применение полупроводниковых детекторов на базе кремния, арсенида галлия и теллурида кадмия в радиометрии и спектрометрии ядерных излучений. // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Вакуум, чистые материалы и сверхпроводники. – 1998. – Вып. 1(2). – С. 95–98.
7. **Кутний В. Е., Рыбка А. В., Шляхов И. Н. и др.** Перспективы использования полупроводниковых материалов из CdTe (CdZnTe) при реконструкции АЭС Украины. // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2000. – Вып. 4. – С. 203–207.
8. **Abysov A. S., Davydov L. N., Kutny V. E. et al.** Correlation Between Spectrometric Ability and Physical Properties of Semi-conductor Detectors // Functional Materials. – 2000. – Vol. 7, № 4(2). – P. 827–835.
9. **Рыбка А. В., Прохорец И. М., Шляхов И. Н. и др.** Дозиметрические характеристики детекторов рентгеновского и гамма-излучения на основе CdTe (CdZnTe). // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2000. – Вып. 4. – С. 208–211.
10. **Rybka A. V., Leonov S. A., Prokhoretz I. M. et al.** Influence of Detector Surface Processing on Detector Performance. // Nucl. Instr. and Meth. A. – 2001. – Vol. 458. – P. 248–253.
11. **Кутний В. Е., Рыбка А. В., Прохорец И. М. и др.** Исследование радиационной стойкости детекторов ионизирующих излучений на основе CdTe и CdZnTe. // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2000. – Вып. 4. – С. 212–214.
12. **Ажажа В. М., Кутний В. Е., Рыбка А. В. и др.** Применение детекторов на основе широкозонных полупроводников CdTe, CdZnTe и GaAs для контроля безопасности АЭС. // Атомная энергия. – 2002. – Т. 92, вып. 6. – С. 473–477.
13. **Давыдов Л. Н., Довбня А. Н., Захарченко А. А. и др.** Применение полупроводниковых детекторов для учета и контроля РАО. // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2002. – Вып. 3(81). – С. 142–146.
14. **Rybka A. V., Davydov L. N., Shlyakhov I. N. et al.** Gamma-radiation dosimetry with semiconductor CdTe and CdZnTe detectors. Nucl. Instr. and Met. – A Vol. 531, № 1–2, 2004. – P. 147–156.

15. **Давыдов Л. Н., Кутний Д. В., Кутний В. Е. и др.** Радиационная стойкость полупроводниковых детекторов корпускулярного и гамма-излучения (обзор). – Харків: Вісник ХНУ, 2005. – № 627. Серія "Ядра, частинки, поля", вип. 1 (26). – С. 3–22.
16. Пат. № 23951А, Україна, МПК С 01 Т 1/00, 1/16, 1/24. Пристій для вимірювання потоку ядерного випромінювання / Рибка О. В., Григор'єв О. М., Кузьмічов М. О., Кутний В. Є., Олексієнко М. М. (Україна); ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут". – № 96030958; заявл. 12.03.96; опубл. 31.08.98; – 9 с.
17. Пат. № 70034А, Україна, 7 G01T1/00, 1/16, 1/24. Пристій для вимірювання потоку гамма-випромінювання / Кутний В. Є., Рибка О. В., Шляхов І. М., Кутний Д. В. (Україна); ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут". – № 20031212185; заявл. 23.12.2003; опубл. 15.09.2004; – 6 с.
18. **Захарченко А. А., Кутний В. Е., Прохорец С. И. и др.** Моделирование энергетической зависимости чувствительности CdTe детекторов для дозиметрии гамма-излучения. // Тезисы докладов IV конференции по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям. 27 февраля – 3 марта 2006 г. – Харьков, 2006. – С. 77.
19. **Захарченко А. А., Кутний В. Е., Прохорец С. И. и др.** Сенсоры на основе CdZnTe для измерений рентгеновского излучения. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – № 2. – С. 23–26.
20. **Русаков А. А.** Рентгенография металлов. – М.: Атомиздат, 1977. – 480 с.

**В. М. Ажажа, В. Є. Кутній, О. В. Рибка, Л. М. Давидов, І. М. Шляхов, О. О. Захарченко, Д. В. Кутній, Д. В. Наконечний. ПРИЛАДИ НА ОСНОВІ CdTe і CdZnTe ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ НА АЕС.**

**Анотація:** Описані прилади на основі широкозонної напівпровідникової сполуки CdTe, CdZnTe – широкодіапазонний дозиметр  $\gamma$ - і рентгенівського випромінювань та дозиметр для контролю потужності дози випромінювання в аварійних ситуаціях. Детектори  $\gamma$ - та рентгенівського випромінювань на основі CdTe і CdZnTe мають ряд переваг, які дають можливість успішно застосовувати їх при дозиметрії та спектрометрії різних джерел іонізуючих випромінювань. До переваг CdZnTe-детекторів відносяться широкий діапазон вимірювання потоків і енергії фотонів, висока ефективність їх реєстрації та задовільне розподілення за енергією без необхідності глибокого охолодження детектора. Розроблені прилади призначені для систем радіаційного контролю та керування технологічними процесами на АЕС і в ядерній енергетиці. Вони також можуть бути використані при дослідженні (характеризації) радіоактивних відходів. Представлені дозиметричні характеристики цих приладів.

**Ключові слова:** напівпровідники, CdTe, CdZnTe, блок детектування, дозиметри, потужність дози,  $\gamma$ - й рентгенівське випромінювання.

**V. M. Azhazha, V. E. Kutny, A. V. Rybka, L. N. Davydov, I. N. Shlyakhov, A. A. Zakharchenko, D. V. Kutny, D. V. Nakonechny. DOSIMETERS WITH CdTe and CdZnTe SENSORS FOR IN-PROCESS MEASUREMENT AND MONITORING OF NPP RADIATION ENVIRONMENT.**

**Abstract:** The paper presents two designs of detector units: wide-range X- and gamma-ray dosimeter; dosimeter for X- and gamma-ray dose-rate emergency monitoring. Detectors of X- and gamma-radiation, using wide-gap semiconductor compounds CdTe and CdZnTe, have a number of advantages which allow to apply them successfully for dosimetry and spectrometry of different ionizing radiation sources. Among the advantages of CdZnTe detectors are: a wide operating interval of photon energy and flux, high efficiency of the radiation registration and a satisfactory energy resolution without necessity of the detector deep cooling. The detector units are developed for in-process measurement and monitoring of radiation environment at NPPs and other nuclear energy installations. In particular, they can be used for the investigation (characterization) of the radioactive waste. The specifications of the devices are presented.

**Keywords:** semiconductors, CdTe, CdZnTe, dosimeters, detectors, dose rate, X-rays, gamma-radiation.