
ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ

Н.С. Попович, М.А. Чебан, Г.П. Листунов, Б.А. Максименко

ПРИМЕНЕНИЕ CDTE-ДЕТЕКТОРОВ В РАДИАЦИОННОЙ ДОЗИМЕТРИИ

*Институт прикладной физики АН,
ул. Академическая, 5, г. Кишинев, MD-2028, Молдова*

Исследования влияния ионизирующего облучения на биологические объекты берут свое начало, по существу, с момента первых попыток применения радиоактивного излучения. Обусловлено это было тем, что в первых же опытах были обнаружены угрожающие по своим масштабам отрицательные последствия этого явления.

Человек и окружающая среда обитания подвергаются облучению в основном от источников естественной радиации [1]: из космоса и от радиоактивных веществ, находящихся в земной коре. В связи с тем, что с каждым годом растет уровень потребления энергии на душу населения, значительная часть которой вырабатывается за счет сжигания огромного количества угля и нефти, в настоящее время выбросы с золой в атмосферу естественных радионуклидов Sr-90, Cs-137, K-40, Po-210 превышает в 10–100 раз подобные выбросы атомных электростанций такой же мощности. Кроме того, следует учитывать, что с каждым годом растет число учреждений, работающих с радиоактивными элементами: в медицине, биологии, геологии и других областях. Все это выдвигает проблему достоверной оценки радиационной опасности в ранг задачи первостепенной важности.

Особо интенсивно вопросами радиоактивной безопасности стали заниматься после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. В связи с этими событиями радиационная медицина исследовала в основном действие на организм относительно высоких доз облучения, при которых клетки или живые организмы погибают за сравнительно короткий срок (часы, недели, месяцы) и в этой области достигнуты определенные успехи. Что же касается действия на живые организмы и человека малых доз облучения, то эта область изучена значительно меньше. Оказалось, что действие малых доз на биологические объекты сопровождается рядом неизвестных ранее особенностей. В частности, было установлено [2, 3], что биологическое действие излучения не имеет порога. Следовательно, сколь угодно малые дозы обязательно вызывают те или иные мутации, в результате которых повышается смертность потомков, в том числе и достаточно отдаленных. Эти обстоятельства и определяют актуальность исследований, направленных на создание доступных и точных портативных приборов для определения низких уровней радиации.

В дозиметрах радиационного фона в качестве детектора главным образом используется газонаполненный счетчик Гейгера. Характерными недостатками, присущими этим приборам [4], являются низкая тормозная способность, плохое временное и энергетическое разрешение, большое значение времени восстановления, относительно небольшой радиационный ресурс (деградация). Выше перечисленное приводит к уменьшению скорости счета и сильно искажает полученную информацию при изменении потока квантов или частиц. Из-за того, что счетчик Гейгера питается напряжением ~ 400 В, элементная база дозиметра усложнена, а сам прибор имеет большие габаритные размеры. В связи с этими обстоятельствами весьма актуальными представляются исследования, посвященные изучению возможностей применения полупроводниковых кристаллов в качестве регистрирующих элементов в радиационных дозиметрах.

Среди принципиальных преимуществ полупроводниковых детекторов следует отметить в первую очередь небольшую энергию образования электронно-дырочной пары – (3–7) эВ по сравне-

нию с 30 эВ, необходимой для образования электронно-ионной пары в газонаполненных детекторах и порядка 300 эВ для создания фотоэлектрона на фотокатоде; значительно более высокую тормозную способность; сравнимые по величине подвижности электронов и дырок, в результате чего времена их собирания не сильно различаются; существенно меньшие рабочие напряжения и малые токи ($\sim 10^{-8}$ А).

Первые полупроводниковые детекторы ионизирующего излучения были разработаны на базе кремния и германия. Эксплуатация таких приборов, однако, сопряжена с определенными трудностями. В частности, для их эффективной работы кристаллы *Ge* необходимо охлаждать до температуры жидкого азота, что позволяет их использовать в основном только в лабораторных условиях. В свою очередь кристаллы *Si* из-за низкого коэффициента поглощения [5] и большого уровня шума при комнатной температуре способны регистрировать при нормальных условиях ионизирующее излучение с энергией не более 100 кэВ.

Для эффективной работы в качестве регистрирующего элемента в детекторах ионизирующего излучения полупроводниковый кристалл должен обладать определенным набором значений ряда фундаментальных параметров [6]: сравнительно большой шириной запрещенной зоны E_g , малой величиной энергии образования электронно-дырочной пары E_p , большим значением среднего атомного числа Z , а также большими значениями подвижности и времени жизни носителей заряда. В связи с этим из множества известных полупроводниковых материалов для этих задач подходит весьма ограниченный ряд кристаллов, а для задач создания полупроводниковых детекторов ионизирующего излучения, работающих при комнатной температуре, это число еще меньше.

В настоящей работе приведены результаты исследования по разработке детекторов гамма-излучения на базе теллурида кадмия. Монокристаллы CdTe были получены вертикальным методом Бриджмена [7]. При синтезе теллурида кадмия были использованы коммерческий кадмий марки В5 и теллур марки ТВ-4, зоноочищенный. Для компенсации собственных дефектов кристаллы легировались примесью хлора (концентрация $\leq 10^{18}$ см⁻³). Во время роста контролировался профиль распределения температуры с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$. Выращенные монокристаллы теллурида кадмия имели удельное сопротивление $\sim 10^6$ Ом·м.

Из полученных монокристаллов были изготовлены детекторы гамма-излучения [8], которые представляли собой структуры Au-p-CdTe-Au. Контакты наносились методом химического осаждения.

Анализ результатов измерений показал, что изготовленные детекторы имеют энергетический эквивалент шума не более 48 кэВ, рабочий диапазон энергий 50 кэВ – 3 МэВ при эффективности регистрации по Cs – 137 до 65–70%. Эти параметры удовлетворяют стандартам, предъявляемым к детекторам ионизирующего излучения. Полученные CdTe-детекторы показывают сравнительно высокую чувствительность ~ 100 имп/мкР·см² при напряжении питания 30–40 В. Все вышеприведенные параметры относятся к комнатной температуре.

На базе полученных CdTe-детекторов был изготовлен экспериментальный макет радиационного дозиметра, предназначенного для оперативной оценки радиационной обстановки, в том числе и в бытовых условиях. Прибор позволяет определить мощность экспозиционной дозы излучения по цифровому табло и оценить интенсивность излучения при помощи звуковой сигнализации.

Основной особенностью дозиметра является высокая чувствительность, достигнутая за счет использования полупроводникового детектора ионизирующего излучения на базе кристалла CdTe. Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы составляет 10^{-2} – 10 мР/ч, при погрешности измерения не более 25 %. Время одного измерения составляет 20 с. Продолжительность непрерывной работы, без смены элементов питания 50 ч, при напряжении – (7–9) В.

Макетный образец был изготовлен на базе дискретных радиоэлементов широкого применения, которые определили габаритные размеры $140 \times 50 \times 20$ мм³. Для их уменьшения и снижения потребляемой мощности (увеличения ресурса работы) целесообразно применение специально разработанных гибридных схем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиация. Дозы, эффекты, риск: / Пер. с англ. М., 1990.
2. Сахаров А.Р. Радиоактивный углерод ядерных взрывов и непороговые биологические эффекты. Советские ученые об опасности испытания ядерного оружия. М., 1959.
3. Сивинцев Ю.В. Насколько опасно облучение. М., 1991.

4. *Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С.* Основы экспериментальных методов ядерной физики. М., 1977.
5. *Malm H.L., Raudorf T.W., Martini M., Zanio K.R.* Gamma ray efficiency comparisons for Si (Li), Ge, CdTe and HgI₂ detectors, IEEE Trans. Nucl. Sci. 1973. V. 20. N 1.
6. *Siffert P.* Detecteurs a semiconducteurs, progres recents. J. Phys. 1978. V. 36. N 6. Collog. N 3.
7. *Максименко Б.А., Чебан М.А., Сотников Г.А. и др.* Выращивание CdTe для медицинской томографии // Всесоюзная конференция "Материалы для оптоэлектроники", 9–11 сентября 1980 г.: Тез. докл. Ужгород, 1980.
8. *Ruscu R., Popovici N., Ceban M. and all.* X-and gamma – ray detection with CdTe, National Phys. Conference, Sibiu, September 21–24, 1994.

Поступила 14.03.2000

Summary

The detectors for ionizing radiation have been investigated. This detectors were designed on the base of CdTe(Cl) crystals. The noise parameters and radiation damage resistance of such detectors were obtained. The specifications of portable dosimeter elaborated on the base of these detectors are presented.
