

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 539.1.074

АНАЛИЗАТОР РЕНТГЕНОВСКОГО И γ -ИЗЛУЧЕНИЯ “РАДИАНТ”
НА ОСНОВЕ CdTe-*p-i-n*-ДЕТЕКТОРОВ

© 2019 г. А. Х. Хусаинов, А. В. Дербин, В. А. Соловей, В. Н. Муратова,
В. Г. Муратов, С. В. Бахланов, М. П. Жуков, Т. А. Антонова, В. В. Лысенко

Поступила в редакцию 29.08.2018 г.
После доработки 26.09.2018 г.
Принята к публикации 27.09.2018 г.

DOI: 10.1134/S0032816219020241

На основе оригинальной технологии изготовления CdTe-*p-i-n*-детекторов высокой разрешающей способности [1] создан портативный анализатор рентгеновского и γ -излучений. Анализатор состоит из блока детектирования с CdTe-*p-i-n*-детектором, блока амплитудного анализатора и оригинального программного обеспечения. Анализатор успешно решает задачи элементного анализа состава вещества в полевых и промышленных условиях, задачи по обнаружению и анализу ядерных материалов.

“Радиант” – это анализатор рентгеновского и γ -излучения, который состоит из блока детектирования с CdTe-*p-i-n*-детектором, универсального блока питания, электронных модулей анализаторного блока в конструктиве “Евромеханика 3У 42ТН” (усилитель, аналого-цифровой преобразователь, интерфейс для связи с компьютером) и специализированного программного обеспечения [2].

Анализатор используется для регистрации рентгеновских и γ -квантов в диапазоне энергий от 3 кэВ до 1 МэВ и может применяться в составе портативных устройств. Прибор автономен и может питаться от комплекта аккумуляторных батарей или от сети переменного тока 220 В, 50 Гц. На рис. 1 показан внешний вид анализатора “Радиант”.

Блок детектирования состоит из CdTe-*p-i-n*-детектора, зарядочувствительного предусилителя, корректора амплитуды и вентилятора с малым уровнем акустических шумов. Размеры чувствительного объема детекторов (*i*-области *p-i-n*-структуры) составляют от 25 мм³ (5 × 5 × 1 мм) до 100 мм³ (7 × 7 × 2.1 мм). Эффективность регистрации γ -квантов с энергией 122 кэВ (изотоп ⁵⁷Co) для детекторов толщиной 1 мм составляет 50%, а для детекторов с толщиной 2 мм – 78%. Для других энергий γ -квантов эффективность регистрации можно найти в [3].

Блок детектирования может работать при температуре окружающей среды от –10°C до +30°C и влажности до 90% при температуре +25°C. На задней его панели расположен разъем для подключения к модулю питания (RS-232), для генераторного входа (LEMO), для подачи напряжения смещения (HV, LEMO) и для выходного сигнала с предусилителя (LEMO).

Модуль питания обеспечивает блок детектирования всеми необходимыми для его работы напряжениями. В состав модуля входит комплект батарей, низковольтный источник питания, высоковольтный источник питания детектора (до 3 кВ), таймер, схема стабилизации температуры охлаждающего элемента, схема управления высоковольтным источником, а также схема формирования сигнала *Inhibit* и схема индикации и сигнализации о режимах работы модуля питания. Масса блока детектирования с блоком питания составляет 2.3 кг.



Рис. 1. Анализатор рентгеновского и γ -излучений “Радиант”. Сверху вниз – блок детектирования, источник питания, электронные модули в стандарте “Евромеханика”.

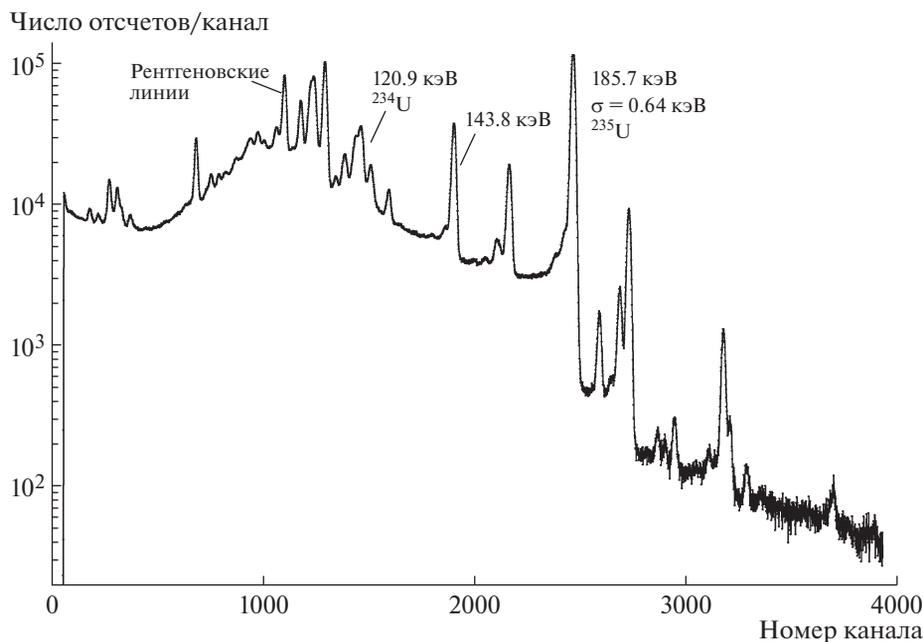


Рис. 2. Спектр обогащенного урана (стандарт МАГАТЭ, 93% ^{235}U), измеренный анализатором “Радиянт” с CdTe-детектором объемом 25 мм³ за 1000 с.

В модуле питания в качестве первичного источника питания используется комплект из трех аккумуляторных батарей NP-F750 фирмы SONY. Напряжение батарей равно 7.2 В, суммарная емкость трех батарей составляет 9 А/ч.

Блок анализатора собран из модулей, разработанных на базе конструктива “Евромеханика 3U 42TH”, и состоит из усилителя-формирователя RA.165.14, амплитудно-цифрового преобразователя RA.166.190, времяцифрового преобразователя RA.166.900, блока питания низковольтного напряжения для питания элементов цепей RV-422/33, блока питания высоковольтного напряжения до 3000 В и корзины “Евромеханика” (рис. 1). Размеры блока 400 × 150 × 220 мм, масса 4.5 кг.

Используемое программное обеспечение предназначено для работы с анализаторами RA.166.900, RA.161.15.01 и RV.161.15.01, разработанными в ПИЯФ. Амплитудный анализатор с программно-управляемыми параметрами подключается к компьютеру через интерфейс USB. Анализатор рассчитан на высокую входную загрузку и выполняет накопление данных до 2³² событий/канал. Пользователь устанавливает число каналов анализатора (от 128 до 8192), время измерения в секундах, период вывода данных на дисплей и порог дискриминатора нижнего уровня аналого-цифрового преобразователя. Пределы изменения порога дискриминации могут быть установлены в интервале от 0 до 1 В, что зада-

ется кодом от 0 до 4095. В программе предусмотрены 3 варианта контроля времени измерения: время измеряется часами компьютера; время измеряется собственными часами анализатора, при этом учитываются потери времени при промежуточных считываниях данных для вывода на дисплей; измеряется только “живое” время накопления, когда анализатор свободен и не занят обработкой событий.

Анализатор может использоваться как для измерения γ -спектров радиоактивных изотопов, так и для проведения рентгенофлуоресцентного анализа при использовании внешнего источника возбуждения в виде радиоактивного источника или рентгеновской трубки.

На рис. 2 приведен спектр рентгеновского и γ -излучений образца урана стандарта МАГАТЭ, степень обогащения по изотопу ^{235}U составляет 93%. Энергетическое разрешение анализатора “Радиянт” позволяет уверенно идентифицировать тип ядерных материалов, используя энергии и интенсивности зарегистрированных пиков.

Работа выполнена при поддержке МАГАТЭ (контракты № 7627/RB, № 7627/R1/RB, № 9984/RBF, № 9984/RO/RBF) и РФФИ (проекты 16-29-13014 и 17-02-00305).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Khusainov A.Kh., Antonova T.A., Lysenko V.V., Makhkamov R.K., Morozov V.F., Ilves A.G., Arlt R.D.* // Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res. 2001. V. A458. P. 242.
2. *Derbin A.V., Khusainov A., Muratova V., Mouratov O., Arlt R.* // Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res. 2001. V. A458. P. 169.
3. *Redus B.* Amptek Application Note. ANCZT-1 Rev-2. 2002.
Адрес для справок: Россия, 188300, Гатчина Ленинградской обл., Орлова роща, 1, Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт". Тел. 8(81371) 36247. E-mail: khusainov_akh@npi.nrcki.ru