

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ СЧИТЫВАЮЩЕГО ЧИПА С САМОЗАПУСКОМ VA2TA

*В.К. Волошин, А.С. Деев, С.К. Киприч, Н.И. Маслов,
С.В. Наумов, В.Д. Овчинник, М.Ю. Шулика*

*Национальный научный центр “Харьковский физико-технический институт”,
Харьков, Украина*

Создан экспериментальный образец спектрометрической системы на основе многоканального микрострипового детектора с устройством считывания на базе 128-канального чипа с самозапуском VA2TA. Разработанное программное обеспечение позволяет регистрировать и анализировать события в многоканальном детекторе. Полученные спектры входных сигналов и кластеров сигналов записываются в файлы на диск компьютера для дальнейшей обработки. Тестирование системы проведено с подключением к чипу VA2TA кремниевый детектора с низким уровнем шумов. Для тестирования спектрометрической системы использованы источники излучения ^{241}Am , ^{57}Co и ХРИ различных элементов. Энергетическое разрешение измерено на уровне 3,6...3,9 кэВ в диапазоне энергий 26...122 кэВ.

ВВЕДЕНИЕ

Микростриповые детекторы являются инструментом для регистрации энергии и пространственного распределения частиц. Детекторные системы для проведения экспериментов в области физики высоких энергий, например, CMS, ALICE, ATLAS в CERN, Женева, Швейцария, STAR в BNL, США, и др., изготавливаются с применением одно- и двусторонних микростриповых кремниевых детекторов, размеры которых, в зависимости от конкретного назначения, достигают сотен миллиметров, а шаг расположения чувствительных элементов – 50...100 мкм [1 - 3, 12].

Для компактного считывания информации с микростриповых детекторов, имеющих шаг стрипов десятки и сотни микрометров, существуют специальные микросхемы, например: HAL-25, VA1, VA2TA, ALICE-128C. Функциональный состав всех этих микросхем очень похож: малошумящие, с малой потребляемой мощностью зарядо-чувствительные предварительные усилители, усилители-формирователи, схемы сохранения сигнала, мультиплексоры. Ранее в работе [6] была разработана и протестирована считывающая электроника на основе 128-канального чипа «Viking» (IDE AS inc., Norway). Измерены спектры ^{241}Am в одноканальном режиме и ^{90}Sr в 128-канальном режиме, который реализован с помощью внешнего запуска. В настоящей работе рассматриваются вопросы создания многоканальной спектрометрической системы с самозапуском на базе чипа VA2TA (IDE AS), а также регистрация спектров излучения в одноканальном и многоканальном режимах.

1. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Разработанный и изготовленный в ННЦ ХФТИ 64-канальный кремниевый микростриповый детектор имеет следующие характеристики: длина стрипов – 40 мм, шаг стрипов – 100 мкм. Разработана и применяется методика измерения статических характеристик для оценки характеристик и отбраковки детекторов [4, 5, 7]. Энергетическое разрешение детектора измеряется в одноканальном и многока-

нальном режимах считывания [6, 9]. Подключение детектора к чипу реализовано аналогично [12].

Многоканальный детектор подключается к устройству управления – чипу VA2TA, который подключается к компьютеру через интерфейс АЦП/ЦАП ET1255 (Рис. 1). Интерфейс ET1255 предназначен для оцифровки аналоговых сигналов быстропротекающих процессов с последующим вводом данных в компьютер и выполнения других функций [6]. Конструктивно интерфейс представляет собой плату, устанавливаемую в слот шины PCI компьютера с разъемами для подключения внешних сигналов.

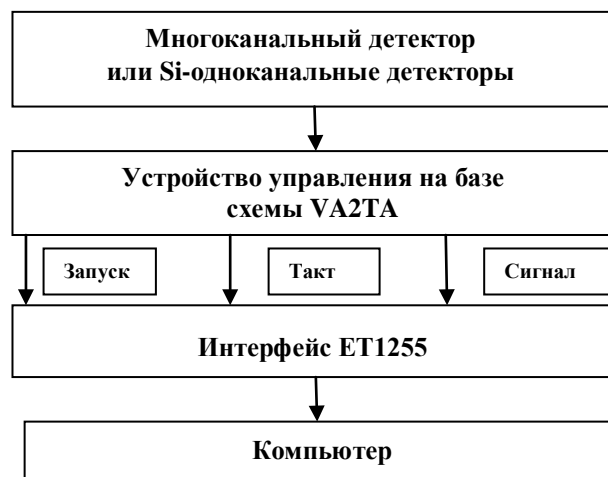


Рис. 1. Схема подключения многоканального детектора

Через соответствующие контакты разъемов на интерфейсную плату подаются сигналы запуска, тактирования и по дифференциальному входу информация от подключенных каналов. Сигнал запуска сигнализирует о начале опроса многоканального детектора и запускает работу интерфейса. По сигналам тактирования происходит поочередное подключение каналов от детектора на вход АЦП и запуск преобразования. Полученные значения записываются во внутреннюю память АЦП. По заполнении буфера массив значений передается в компьютер.

Программное обеспечение в компьютере позволяет регистрировать и анализировать события в подключенном многоканальном детекторе.

При разработке программного обеспечения используется драйвер и библиотеки для подключения интерфейсной платы ET1255 к компьютеру. При запуске программы начальные значения параметров программы загружаются из файла на диске. Эти параметры доступны для изменения. Параметры задаются на соответствующей вкладке программы. Измененные параметры могут быть записаны в файл на диск.

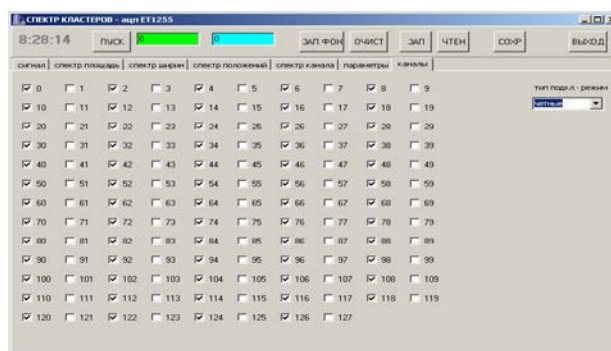
Производится начальная инициализация драйвера интерфейса и установка начальных параметров для управления АЦП, получения информации и проведения обработки. Драйверу задается номер канала АЦП, к которому подключен выход устройства управления и устанавливается режим работы АЦП. Количество измерений в одном цикле работы АЦП определяется начальным адресом буферной памяти в обращении к драйверу. Также задаются значения коэффициента усиления и смещения для входного сигнала. Смещение входного сигнала обрабатывается с помощью одного из каналов встроенного ЦАП. Значения усиления и смещения могут быть изменены в ходе работы программы путем указания параметров в соответствующих окнах программного интерфейса.

Программа работает в циклическом режиме с ожиданием признака окончания преобразования АЦП. Для АЦП устанавливается режим аппаратного запуска и внешнего тактирования. При регистрации события в детекторе схемы устройства управления вырабатывают сигнал запуска АЦП и затем вместе с тактовыми сигналами на вход АЦП последовательно подаются сигналы с каналов детектора. АЦП выполняет преобразование сигнала в цифровую форму и записывает данные во внутреннюю буферную память. После выполнения заданного количества преобразований АЦП вырабатывает признак окончания преобразования. Программа считывает данные из буферной памяти АЦП в память компьютера, производит обработку и выводит на экран компьютера в графическом виде (Рис. 2).

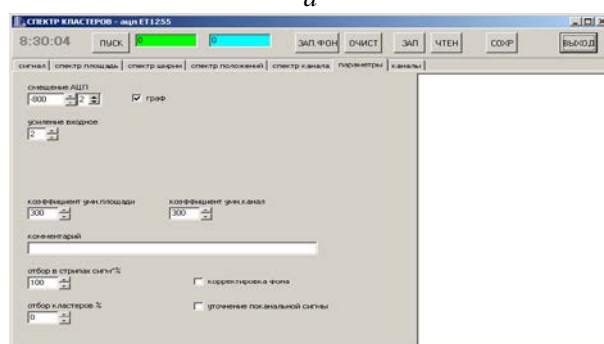
По полученному массиву определяется средний уровень сигнала и соответствующее смещение базовой линии относительно среднего уровня. Текущие данные корректируются на уровень этого смещения. Входной и скорректированные массивы отображаются на соответствующей вкладке программы. Имеется возможность выбора отображаемой информации, масштабирования и вырезания интересующих областей.

После корректировки уровня смещения для каждого из каналов учитывается фон, определяемый во время проведения измерений или заранее измеренный, или загруженный из файла. Для каждого из каналов накапливается спектр входного сигнала и спектр скорректированного канала. Эти спектры доступны на одной из вкладок программы. При отображении спектров в отдельных каналах рассчитываются их характеристики. По полученному массиву сигналов производится поиск кластеров в ка-

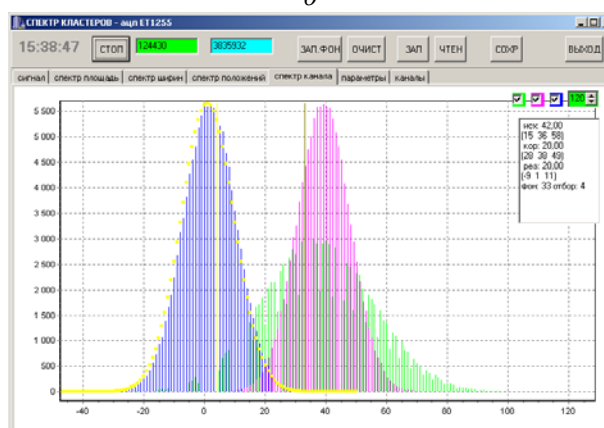
налах детектора. Наличие полезного сигнала в каждом канале определяется по отношению к среднеквадратичному отклонению сигнала в данном канале.



а



б



в

Рис. 2. Вид экранов программы (вкладки) при выводе принятой с АЦП информации: а) указываются номера подключенных к чипу каналов; б) задаются параметры работы интерфейса ET1255 (параметры отображения и обработки сигналов и параметры для определения кластеров); в) работа программы по компенсации смещения и обработке фона в отдельных каналах

Кластеры сигналов определяются наличием полезного сигнала в одном или нескольких каналах. Найденные кластеры выделяются на соответствующей вкладке программы на экране компьютера цветом. Программа накапливает спектры площадей, ширин и расположения найденных кластеров. Эти спектры выводятся на экран компьютера на соответствующих вкладках программы в графическом виде (Рис. 3).

Полученные спектры входных сигналов и кластеров могут записываться в файлы на диск компь-

ютера для дальнейшей обработки. Ранее записанные спектры могут быть прочитаны программой, обработаны и выведены на экран компьютера.

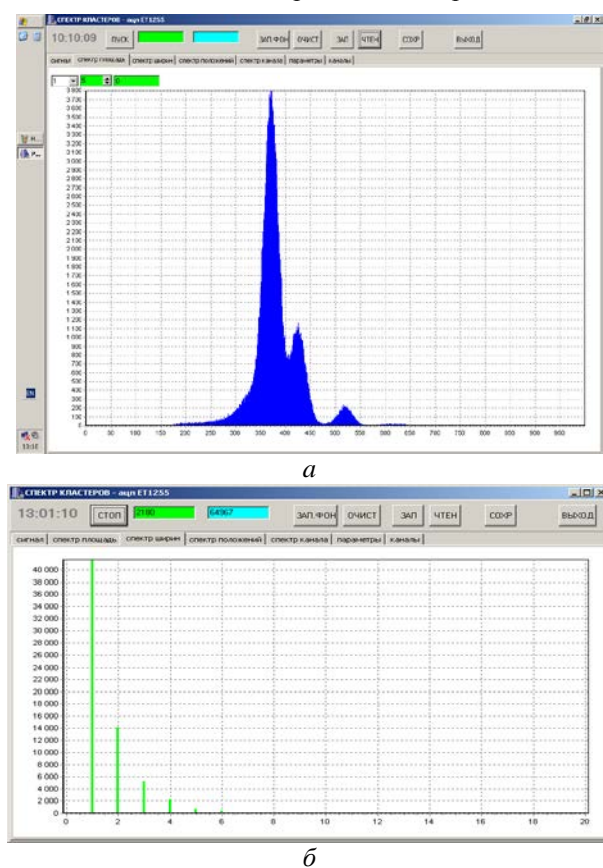


Рис. 3. Вид экранов программы при отображении спектра площади кластеров (а) и распределении кластеров по ширине (количеству сработавших каналов) (б)

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментальные результаты измерений энергии излучения γ -квантов и потерь электронов на разработанных в ННЦ ХФТИ экспериментальных детектирующих системах на основе неохлаждаемых кремниевых детекторов представлены в [8, 11]. Для γ -излучения в диапазоне энергий 5...140 кэВ получены экспериментальные значения энергетического разрешения FWHM~1...1,2 кэВ, предельной снизу энергии регистрируемого излучения $E_{\min \gamma} \sim 3,5$ кэВ и края шумов $\sim 1,7$ кэВ для спектрометрической системы на основе герметизированного детектирующего модуля и зарядочувствительного усилителя с резистивно-емкостной обратной связью.

К чипу VA2TA подключался одноканальный Si-планарный детектор. На специальной площадке над детектором помещались источники излучения ^{241}Am , ^{57}Co . На Рис. 4 показаны экспериментально измеренные спектры для этих источников.

Перед источником ^{241}Am помещалась Gd-фольга, в которой генерировалось ХРИ с энергией $K_{\alpha} = 42,99$ кэВ и $K_{\beta} = 48,69$ кэВ. Спектр состоит из трех линий излучения с полуширинами FWHM $\sim 3,4...3,6$ кэВ. Для источника ^{57}Co разрешение составило 3,6 кэВ. Это позволило откалибровать энергетическую шкалу и показать ее линейность.

На Рис. 5 экспериментально зарегистрирована линия ^{241}Am с энергией 26,34 кэВ для двух геометрий эксперимента (с Gd-фольгой и без).

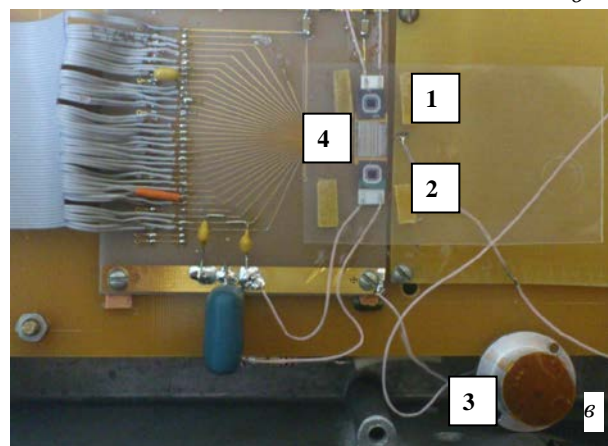
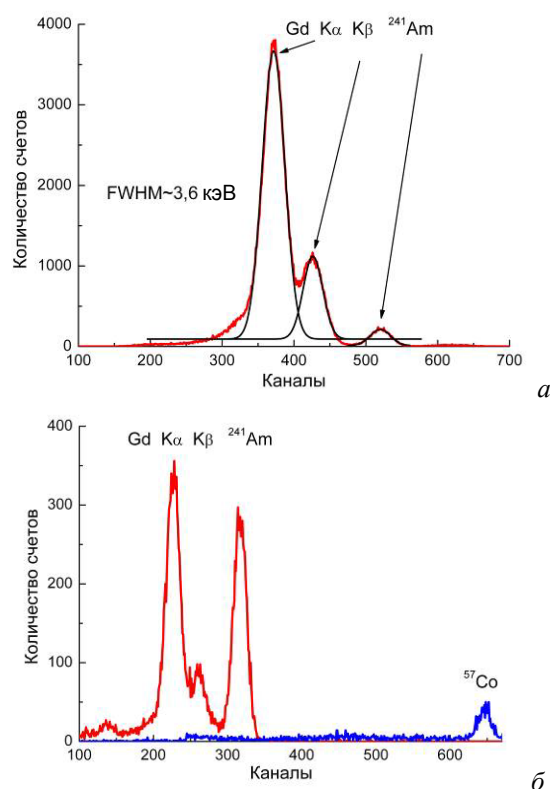


Рис. 4. Спектры источников излучения ^{241}Am , ^{57}Co для планарного детектора, подключенного через VA2TA (а и б); подключение одноканального детектора к чипу (в)

Таким образом, диапазон энергий, регистрируемых системой – чип VA2TA и Si-планарный детектор, составляет 26...122 кэВ. Разрешение системы по линии 59,54 кэВ ^{241}Am составило FWHM $\sim 3,4$ кэВ.

Проведено измерение положения пиков на энергетической шкале и ширин пиков (FWHM) ^{241}Am для планарного детектора с различной длиной L контактных проводов. Ширины пиков для $L = 1$ см – 3,4 кэВ, $L = 7$ см – 6,5 кэВ, $L = 15$ см – 12 кэВ. Такое уменьшение энергетического разрешения накладывает ограничения, например, на размер многоканального детектора, состоящего из набора планарных Si-детекторов, позволяющего проводить изме-

рения пространственного и энергетического распределения потока гамма-квантов.

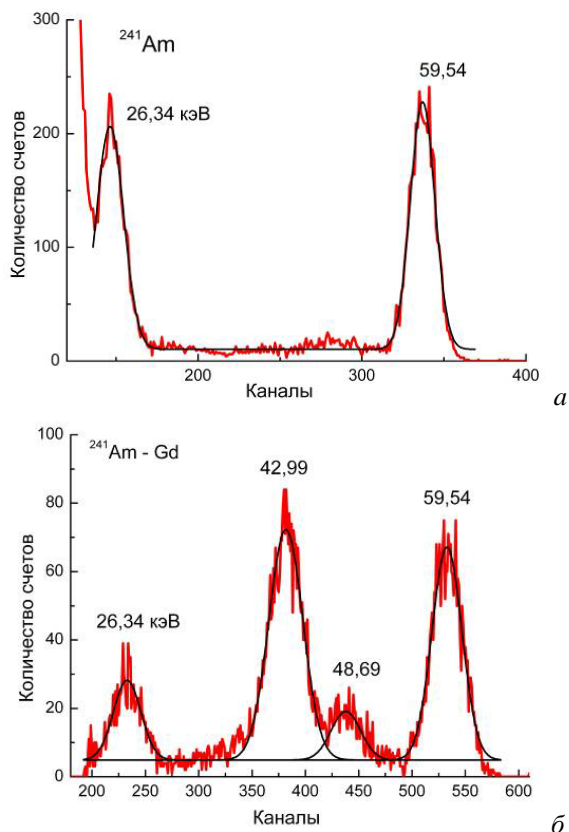


Рис. 5. Спектры от источника ^{241}Am для планарного детектора, подключенного через VA2TA: без Gd-фольги (а); с Gd-фольгой (б)

Выполнено подключение одновременно трех одинаковых Si-планарных детекторов к чипу ($L=1$ см). Детекторы одновременно облучались источником ^{241}Am . Регистрировались спектры излучения, определялись положение и ширины пиков. Ширины пиков (FWHM) составили 3,3...3,6 кэВ. Положение пиков на энергетической шкале одинаковое.

ВЫВОДЫ

Создан экспериментальный образец многоканальной считывающей спектрометрической системы на основе 128-канального считывающего чипа с самозапуском VA2TA фирмы IDEAS. Чип подключается к компьютеру через интерфейс ET1255. Разработанное программное обеспечение позволяет регистрировать и анализировать события в подключенном многоканальном детекторе.

Тестирование системы проведено с подключением к чипу VA2TA кремниевого детектора с низким уровнем шумов. Использованы источники излучения ^{241}Am , ^{57}Co и ХРИ Gd. Энергетическое разрешение измерено на уровне 3,4...3,6 кэВ в диапазоне энергий 26...122 кэВ.

Проведено измерение ширины пиков (FWHM) линии 59,54 кэВ ^{241}Am для планарного детектора с различной длиной L контактных проводов. Ширины пиков для $L=1$ см – 3,4 кэВ, $L=7$ см – 6,5 кэВ, $L=15$ см – 12 кэВ.

Подключено одновременно три планарных детектора. Ширины пиков 3,4...3,6 кэВ. Положение пиков на энергетической шкале одинаковое. Программа обработки позволяет выводить суммарный спектр и три отдельных спектра для каждого детектора. Суммарный спектр равен сумме трех спектров от отдельных детекторов.

К перспективам разработки следует отнести возможность создания многоканального матричного детектора, позволяющего проводить измерения пространственного и энергетического распределения потока гамма-квантов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. K. Aamodt et al. The ALICE experiment at the CERN LHC. The ALICE Collaboration. 2008, JINST 3 S08002., doi: 10.1088/1748-0221/3/08/S08003.
2. S. Chatrchyan et al. The CMS experiment at the CERN LHC. The CMS Collaboration. 2008, JINST 3 S08004, doi: 10.1088/1748-0221/3/08/S08004.
3. K. Aamodt, N. Maslov, et al. The ALICE Collaboration. The ALICE Experiment at the CERN LHC, 2008_JINST_3_S08002, 245 p.
4. G.L. Bocek, V.I. Kulibaba, N.I. Maslov, S.V. Naumov, A.F. Starodubtsev. Silicon pad detectors for a simple tracking system and multiplicity detectors creation // *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Nuclear Physics Investigations"*. 2001, №1(37), p. 36-39.
5. V.I. Kulibaba, N.I. Maslov, S.V. Naumov, V.D. Ovchinnik, S.M. Potin, A.F. Starodubtsev. Development and application of a silicon coordinate detectors // *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Nuclear Physics Investigations"*. 2003, № 2, p. 85-88.
6. V.I. Kulibaba, N.I. Maslov, S.V. Naumov, V.D. Ovchinnik, I.M. Prokhorets. Readout electronics for multichannel detectors // *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Nuclear Physics Investigations"*. 2001, №5(39), p. 177-179.
7. P. Kuijer, A. Kaplij, V. Kulibaba, N. Maslov, V. Ovchinnik, S. Potin, A. Starodubtsev. Control complex for a double-sided microstrip detector production and tests // *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Nuclear Physics Investigations"*. 2000, № 2(36), p. 41-45.
8. Г.Л. Бочек, Н.И. Маслов, С.В. Наумов и др. Регистрация заряженных частиц в условиях фона гамма-излучения // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2005, №4, с. 68-71.
9. V. Kulibaba, N. Maslov, V. Perevertailo, S. Potin, A. Starodubtsev, P. uijer, A.P. de Haas. Radiation tolerance of single-sided microstrip detector with Si_3N_4 insulator // *Nuclear Physics B*. 1999, №78, p. 689-694.
10. S.V. Naumov, L. Bosisio, N.I. Maslov, A.F. Starodubtsev. Investigation of the dynamic characteristics of silicon double-sided microstrip detectors // *Journal of Kharkov University. Series "Nuclei, Particles, Fields"*. 2006, №732, p. 101-104.

11. G.L. Bochek, O.S. Deiev, N.I. Maslov, V.K. Voloshyn. X-ray lines relative intensity depending on detector efficiency, foils and cases thickness for primary and scattered spectra // *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Nuclear Physics Investigations"* (55). 2011, №3(73), p. 42-49.
12. H. Tajima et al. Low noise double-sided silicon strip detector for multiple-compton gamma-ray telescope // *SLAC-PUB-9493, ISAS-RN-754*, September, 2002. <http://cds.cern.ch/record/594804/files/0212053.pdf>

Статья поступила в редакцию 16.10.2013

MULTICHANNEL SPECTROSCOPY SYSTEM BASED ON VA2TA FRONT-END SELF-TRIGGERED CHIP

V.K. Voloshin, O.S. Deyev, S.K. Kiprich, N.I. Maslov, S.V. Naumov, V.D. Ovchinnik, M.Y. Shulika

An experimental prototype of a spectroscopy system that is based on 128-channel self-triggered VA2TA chip has been created. Software which allows registering and analyzing events in a multistrip silicon sensor has been developed. Main parameters of the measurement are defined in a program window and they control how the information from the connected channels is being processed. Low noise silicon planar and multistrip sensors have been bonded to the VA2TA chip and the energy resolution of the system has been tested. Spectra from ^{241}Am , ^{57}Co and characteristic X-ray radiation have been measured to test the energy resolution which was approximately 3.6...3.9 keV for a planar sensor for the energies in a range of 26...122 keV.

БАГАТОКАНАЛЬНА СПЕКТРОМЕТРИЧНА СИСТЕМА НА ОСНОВІ ЗЧИТУЮЧОГО ЧИПУ З САМОЗАПУСКОМ VA2TA

В.К. Волошин, О.С. Деев, С.К. Кіпріч, М.І. Маслов, С.В. Наумов, В.Д. Овчинник, М.Ю. Шуліка

Створено експериментальний зразок спектрометричної системи на основі багатоканального мікροстріпового детектора з пристроєм зчитування на базі 128-канального чипу з самозапуском VA2TA. Розроблене програмне забезпечення дозволяє реєструвати і аналізувати події в багатоканальному детекторі. Отримані спектри вхідних сигналів та кластерів сигналів записуються в файли на диск комп'ютера для подальшої обробки. Тестування системи проведено з підключенням до чипу VA2TA кремнієвого детектора з низьким рівнем шумів. Для тестування спектрометричної системи використані джерела випромінювання ^{241}Am , ^{57}Co та ХРВ різних елементів. Енергетична роздільність виміряна на рівні 3,6...3,9 кеВ у діапазоні енергій 26...122 кеВ.