

8797

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



0-67

4/viii-75
13 - 8797

С.И.Орманджиев, В.И.Фоминых, М.И.Фоминых,
В.М.Цупко-Ситников

2771/2-75

ДВУХМЕРНЫЙ АНАЛИЗ
ГАММА-ГАММА-СОВПАДЕНИЙ
С ОТБОРОМ "ПОЛЕЗНОЙ" ИНФОРМАЦИИ
ПО ОБОИМ ПАРАМЕТРАМ

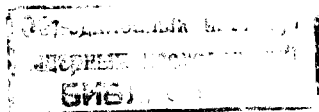
1975

13 - 8797

С.И.Орманджиев, В.И.Фоминых, М.И.Фоминых,
В.М.Цупко-Ситников

**ДВУХМЕРНЫЙ АНАЛИЗ
ГАММА-ГАММА-СОВПАДЕНИЙ
С ОТБОРОМ "ПОЛЕЗНОЙ" ИНФОРМАЦИИ
ПО ОБОИМ ПАРАМЕТРАМ**

Направлено в ПТЭ



В последнее время в области ядерной спектроскопии все большее распространение получают методы многомерного анализа. Отличительной особенностью этих экспериментов является то, что используемые амплитудно-цифровые преобразователи /АЦП/ имеют большое число квантований по каждому из параметров $\sim 10^4$ /. Поэтому, даже при двухмерном анализе, требуемый объем памяти составляет $10^6 \div 10^8$ каналов при работе в интегрирующем режиме. При измерениях в неинтегрирующем режиме возникают значительные трудности, связанные с сортировкой огромных массивов информации, которая хранится на относительно медленных внешних запоминающих устройствах. С другой стороны, всегда имеет место избыточность информации в значениях каждого из параметров, т.к. "полезная" информация в виде пиков спектра сосредоточена в незначительной части ее объема, что особенно характерно при использовании Si(Li) -, Ge(Li) - детекторов, обладающих высокой разрешающей способностью и обеспечивающих получение спектров с ярко выраженным дискретным характером распределения интенсивности излучения по энергии.

Эти обстоятельства стимулировали развитие методов измерений с целью сжатия или отбора "полезной" информации с использованием быстрой /оперативной/ памяти емкостью $\sim 10^4$ каналов. К числу этих методов можно отнести:

1. Сжатие информации посредством введения кусочно-линейной шкалы АЦП ^{/1/}.
2. Сжатие информации путем совместного преобразования кодов регистрируемых величин ^{/2,3/}.
3. Отбор полезной информации посредством введения цифровых окон или дискриминаторов $/4 \div 10/$.
4. Методы ассоциативного анализа ^{/2,5/}.
5. Метод сжатия по "вертикали" ^{/5/}.

Ниже описывается способ регистрации двумерных спектров совпадений с уменьшением необходимого объема памяти без потери существенной информации. Уменьшение достигается тем, что перед записью информации осуществляется переход от поля двумерной матрицы, определяемой числом каналов в спектре каждого параметра N , к полю двумерной матрицы, определяемой числом участков M , выбранных экспериментатором в спектре каждого из параметров /рис. 1/.

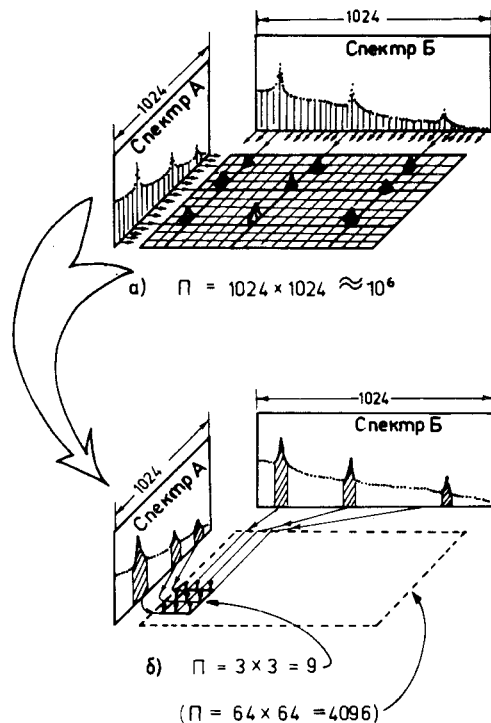


Рис. 1. Иллюстрация перехода от двумерной матрицы, определяемой числом каналов, к матрице, определяемой числом участков разбиения спектра /в данном примере числом "полезных" пиков/.

Способ основан на использовании двух систем дискриминаторов, позволяющих разбивать на участки спектры каждого из двух трактов. Такой подход был использован

ранее /7,8,9/ для отбора информации в целях 3-мерного амплитудно-амплитудно-временного анализа /изучение времени жизни возбужденных ядерных уровней/. В настоящей работе этот способ применен для записи спектра совпадений на двумерном поле. При этом предлагаются два подхода в использовании этого способа. Первый вариант можно рассматривать как развитие ассоциативного метода регистрации. В нем совпадения для участков спектров, не содержащих существенной информации /обычно это участки с относительно равномерным комптоновским распределением/ записываются с меньшей точностью /как правило, это более протяженные участки спектров/, но для них не происходит полной потери информации, как это имеет место в обычном ассоциативном режиме. Под регистрацию каждого возможного варианта совпадений между различными участками отводится один канал памяти.

Первый вариант реализован следующим образом: АЦП в обоих каналах дополняются блоками нелинейного преобразования и шифратором с целью конвертирования кодов, снимаемых с АЦП в код номеров участков по заранее заданным границам. Блок-схема такой установки показана на рис. 2. Устройство работает следующим образом. При регистрации акта совпадения гамма-квантов обоими детекторами /1,2/, сигналом совпадения, вырабатываемой схемой временной привязки /3/, запускается блок управления /6/, который выдает импульсы разрешения обоим АЦП /4,5/ на анализ амплитуды входных сигналов, а также устанавливает в "0" счетчики /7,8/ и адресные счетчики-регистры /16,17/.

По окончании преобразования в обоих счетчиках /7,8/ запоминаются соответствующие амплитудам входных сигналов коды, которые сравниваются с предварительно заданными кодами схемы сравнения ($9a \div m$; $10a \div n$).

На выходах каждой схемы сравнения выдается потенциал логической "1" в случае превышения значения кода счетчика над значением кода i, j - схем сравнения и потенциал логического "0", если значения кода счетчика меньше значения кода схем сравнения.

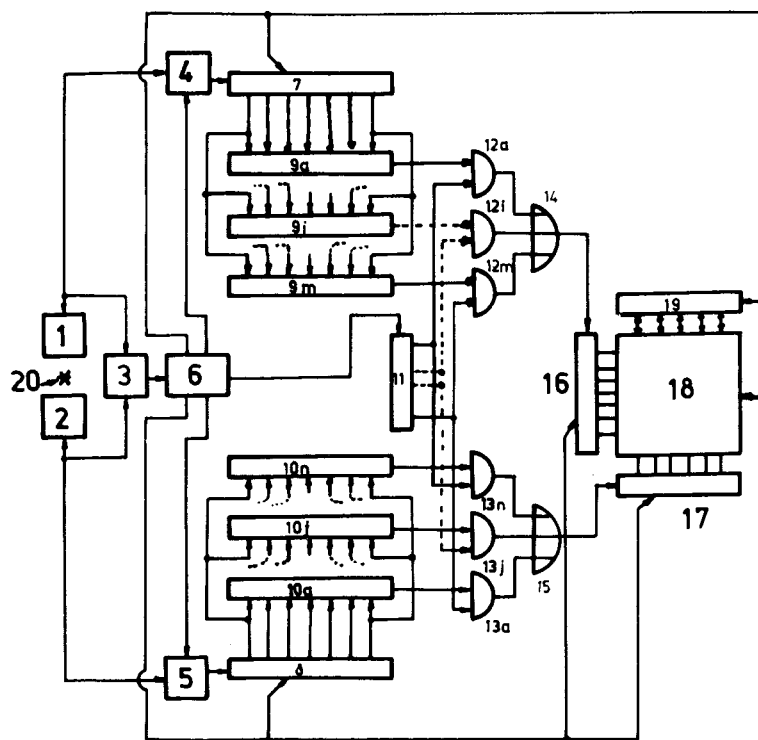


Рис. 2. Блок-схема установки со сжатием информации при регистрации гамма-гамма-совпадений путем перехода от матрицы N^2 , где N - число каналов АЦП, к матрице M^2 , где M - число границ участков разбиения спектра набором дискриминаторов, имеющихся в каждом тракте. /Пояснение назначения узлов схемы - в тексте/.

Выходы схем сравнения подключены к одному из 2-х входов схем "И" ($12a \div m$; $13a \div n$), вторые входы которых связаны с выходами коммутатора последовательного опроса /11/.

Коммутатор, запускаемый от блока управления /после окончания преобразования/ последовательно подает сигналы логической 1 на вторые входы очередных схем "И". При совпадении сигналов логической "1" с выходов соответствующих схем "И" поступают импульсы на схему "ИЛИ" и далее на входы адресных счетчиков-регистров

/16,17/, где эти импульсы после подсчета формируют коды адреса ячейки памяти запоминающего устройства /ЗУ/18/, к содержимому которой с помощью арифметического устройства /19/ добавляется единица. При использовании данного режима целесообразно выбирать начало каждого следующего участка в точках, где изменяется характер амплитудного распределения импульсов на линейном спектре. При этом длины участков в общем случае могут быть неодинаковыми. Это требует проведения дополнительного нормирования на этапе обработки накопленной информации, но за счет усреднения значений на интервалах большой длины повышается точность в определении совпадений на фоновых участках с равномерным /комптоновским/ распределением.

Второй вариант рассчитан на регистрацию заведомо лишь части информации, отвечающей выбранным участкам-окнам в спектрах каждого из параметров.

В случае двухмерного анализа гамма-гамма-совпадений с числом каналов по каждому параметру $\sim 10^3$, требуемый объем памяти составляет $\sim 10^6$ каналов. Однако из сложившегося опыта измерений известно, что экспериментатора интересуют возможные взаимные совпадения примерно 50 различных участков в каждом спектре, в пределах которых находятся или пики, или участки комптоновского распределения. Если под регистрацию каждой возможной комбинации совпадений отводить только один канал, то требуемый объем памяти составит $50 \times 50 = 2500$ каналов. Такие потребности может удовлетворить практически любой анализатор.

Второй вариант может быть реализован программным путем, когда функции преобразования и шифрования кодов выполняет ЭВМ на основании предварительно введенных в память значений границ участков /цифровых окон/. Последний вариант был нами реализован на базе ЭВМ "Минск-2". Распределение МОЗУ для этого режима дается на рис. 3.

При емкости МОЗУ - 8к по 37 бит - одновременно регистрируются 2 интегральных спектра совпадений по 2048 каналов с установленными цифровыми окнами и 4096 взаимных совпадений 64 участков и цифровыми окнами одного спектра с 64 участками второго спектра.

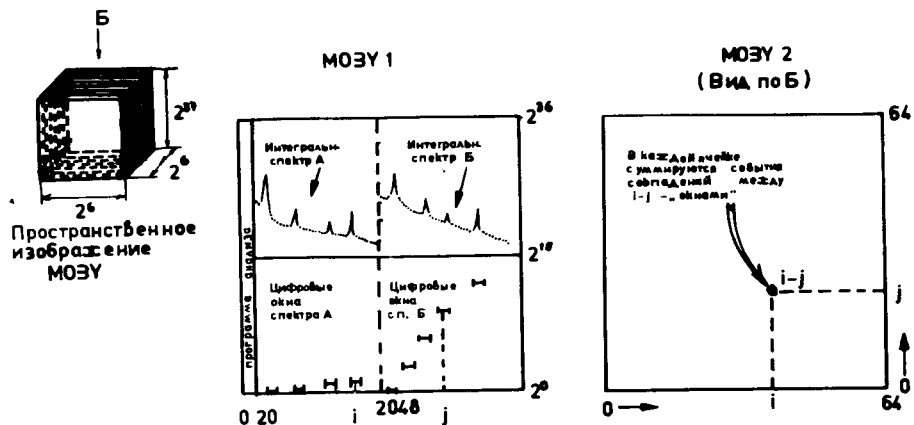


Рис. 3. Распределение оперативной памяти ЭВМ "Минск-2" в режиме регистрации гамма-гамма-совпадений с отбором полезной информации по двум каналам.

На рис. 4 приведена блок-схема программы данного режима. В качестве примера в табл. 1 приведены результаты калибровочных измерений гамма-гамма-совпадений с изотопами: ^{226}Ra , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na . При этом в каждом из спектров длиной 2048 каналов выбиралось по 16 участков, соответствующих наиболее интенсивным гамма-переходам и участкам фона в непосредственной близости от этих пиков. Результаты иллюстрируются на рис. 5.

Дальнейшее повышение эффективности установки и использования памяти достигается введением дополнительного признака /на месте 14 разряда в коде цифровых окон/, позволяющего при одном и том же коде цифрового окна отличать участки совпадений с i -пиком от участков совпадений с фоном i -пика. Таким образом, учет фоновых эффектов проводится в процессе эксперимента при одновременном уменьшении потребностей памяти, что иллюстрируется рис. 6.

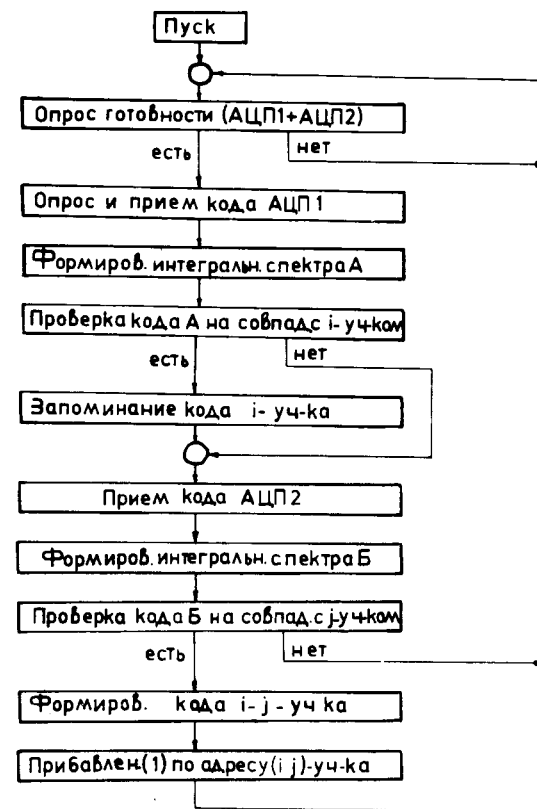


Рис. 4. Блок-схема программы режима 2- мерного анализа гамма-гамма-совпадений с отбором "полезной" информации по двум каналам.

Таблица 1
 Результаты измерений гамма-гамма-совпадений
 с прибором "полезной" информации по двум каналам

Номер участка в тракте	номер - участка в тракте Б																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
16	167%	1	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0
15	132%	2	7	3	15	14	9	8	5	9	9	100	1	0	0	1	0	0
14	126%	2	2	1	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	127%	7	31	9	16	223	6	3	1	4	3	7	1	0	0	3	1	0
12	116%	1	0	2	3	6	2	4	0	0	0	0	4	0	0	0	7	0
11	1173%	7	10	10	12	19	5	11	7	16	10	19	8	5	1	106	5	0
10	67%	2	9	1	1	23	2	0	3	1	2	11	1	0	0	7	0	0
9	66%	3	8	5	3	31	1	4	2	4	0	9	1	1	0	9	0	0
8	67%	2	4	3	6	23	3	6	2	3	1	10	1	0	0	9	1	0
7	609%	7	12	10	8	29	7	5	2	6	1	9	0	1	0	8	0	0
6	520%	8	9	7	4	29	4	7	4	7	1	14	1	12	0	11	0	0
5	511%	25	33	27	21	60	23	16	18	27	13	14	3	192	0	16	1	0
4	362%	4	15	6	7	42	4	2	1	4	6	12	0	13	0	14	0	0
3	352%	5	16	7	13	32	3	7	5	5	2	15	1	16	0	10	0	0
2	305%	7	14	10	10	35	5	15	8	8	7	14	0	27	0	9	0	0
1	295%	4	15	7	9	27	3	10	5	6	3	10	1	15	0	5	0	0

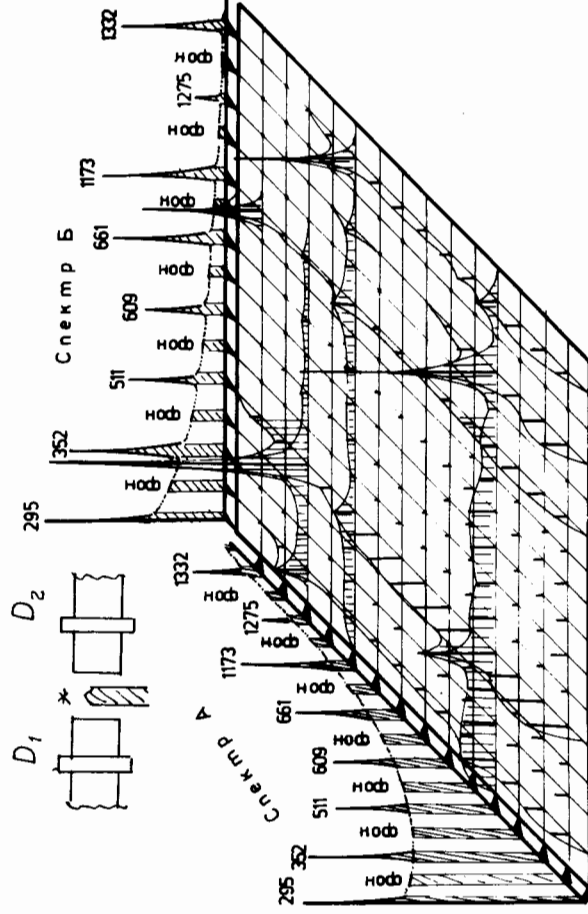


Рис. 5. Иллюстрация результатов измерений гамма-гамма-совпадений в режиме отбора информации по двум каналам /по данным таблицы 1/. Цифрами над пиками спектров указана энергия гамма-излучения в кэВ. Заштрихованные участки в спектрах А и Б соответствуют установленным цифровым окнам. Высота линий в точках на плоскости соответствует интенсивности совпадений отвечающих этим точкам участков спектров А и Б. /Счет в данном канале памяти/.

Заключение

Кратко предлагаемый способ измерений в режиме двухмерного анализа может быть охарактеризован следующим образом:

1. При относительно небольших объемах памяти, используя АЦП и МОЗУ с практически одинаковым числом каналов, он позволяет выделять и регистрировать с необходимой точностью "полезную" информацию о совпадениях, сохраняя, при необходимости, хотя и с меньшей точностью, всю остальную информацию о совпадениях.

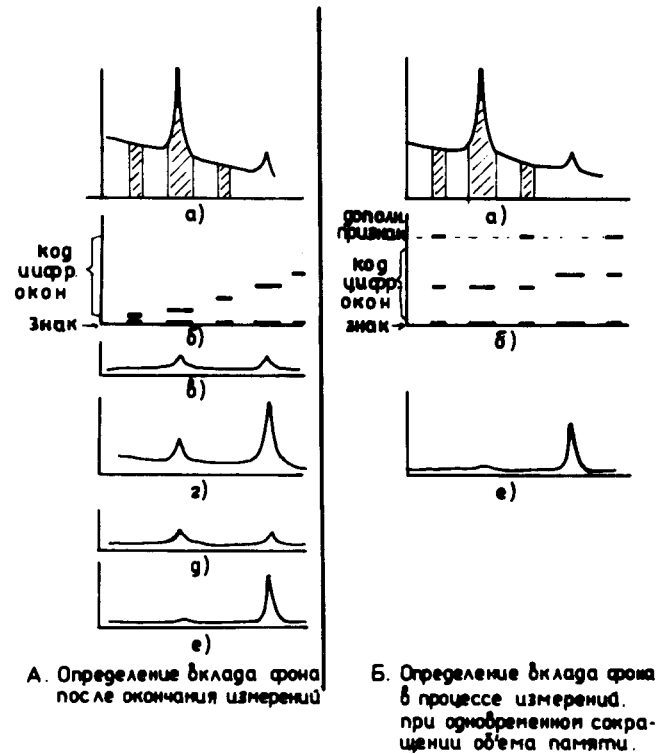
2. Отпадает необходимость в длительном и трудоемком процессе сортировки информации и в дополнительных процедурах по вычитанию фона, поскольку полученные результаты представляются уже в виде, необходимом для последующего анализа.

3. Наличие, наряду с данными о совпадениях, 2-х интегральных спектров совпадений позволяет легко проводить последующий анализ результатов. Подсветка выбранных участков с цифровыми окнами позволяет в процессе эксперимента судить о правильности измерений или необходимости вводить соответствующие коррективы.

4. Наиболее эффективным этот способ оказывается при использовании однотипных детекторов и симметричном расположении "цифровых окон" на обоих спектрах. При этом появляется возможность удвоения результатов эффекта совпадений путем суммирования значений одинаковых комбинаций.

5. Применительно к нашим условиям с конкретными АЦП и ЭВМ "Минск-2" максимальная интенсивность регистрации событий совпадений составляет $1 \div 1,3 \cdot 10^3$ сов/сек. При этом 30% "мертвого" времени определяют АЦП и 70% - ЭВМ. Применение других более современных АЦП и ЭВМ позволит значительно увеличить число регистрируемых совпадений.

Авторы выражают благодарность И.Звольски, К.Я.Громову за полезные обсуждения.



А. Определение вклада фона после окончания измерений

Б. Определение вклада фона в процессе измерений, при одновременном сокращении объема памяти.

Рис. 6. Способы учета совпадений с фоном. А - определение вклада фоновых совпадений после измерений. Б - определение вклада фона в процессе измерений /вычитание фона в процессе измерений/. а/ Интегральные спектры совпадений, б/ Шкала с цифровыми окнами, в, д/ Спектры совпадений с фоном до и после пика, г/ Спектр совпадений с пиком и его фоном, е/ Спектр совпадений с пиком.

Литература

1. Э.Г.Имаев, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, Хоанг Зыонг Куан. ОИЯИ, Р10-3754, Дубна, 1968.
2. И.Ланг, Ф.Тере, Л.Сани, Б.В.Фефилов, Л.П.Челноков. ОИЯИ, 10-3632, Дубна, 1967.
3. К.Я.Громов, З.Зайдлер, С.Орманджиев, В.И.Фоминных, М.И.Фоминных, В.М.Цупко-Ситников. ОИЯИ, Р6-7355, Дубна, 1973; ПТЭ №4, 1974, с. 64.
4. С.С.Курочкин. Многомерные статистические анализы. М., Атомиздат, 1968.
5. Б.В.Фефилов, Л.И.Челноков, ОИЯИ, 13-4720, Дубна, 1969.
6. В.С.Александров, Ф.Дуда, О.И.Елизаров и др. Изв. АН СССР, сер. физ., т. 34, с. 69-77, 1970.
7. В.О.Вяземский, И.И.Ломоносов, А.Н.Писаревский, Х.В.Протопопов, В.А.Рузин, Е.Д.Тетерин. Сцинтилляционный метод в радиометрологии, М., Атомиздат, 1961, с. 272.
8. Ц.Вылов, З.Зайдлер, Й.Звольски, Е.Т.Кондрат, В.В.Кузнецов, В.А.Морозов, М.И.Фоминных, В.И.Фоминных, В.М.Цупко-Ситников, ОИЯИ, 10-7034, Дубна, 1973.
9. С.В.Медведь, А.Н.Синаев, Х.Хаупт, Г.Ю.Цахер, Л.П.Челноков. ОИЯИ, 10-6884, Дубна, 1973.
10. Р.Арльт, С.В.Медведь, А.Н.Синаев, Б.Хан, Х.Хаупт. ОИЯИ, Р10-7723, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 апреля 1975 года.