

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
НОВОСИБИРСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

Кафедра радиофизики

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Технические средства автоматизации научных исследований

Лабораторная работа № 7

Преобразование амплитуда-код и спектрометрия

Новосибирск
1986

Лабораторная работа посвящена изучению сцинтилляционного детектора гамма-излучения и блока амплитудного преобразователя. Ознакомившись с принципами работы и техническими характеристиками приборов, студент должен написать программу, позволяющую регистрировать гамма-спектры радиоактивных изотопов.

Составитель: Козак В.Р., Кузин Г.И., Репков А.В., Уваров Н.И.

Рецензент: доц. Осяпов Н.А.

Печатается по решению кафедры радиофизики

Гамма-спектрометры позволяют изучать энергетические спектры излучения радиоактивных элементов и могут использоваться для анализа изотопного состава радиоактивной смеси, исследования схем распада ядер, определения спектров гамма-излучения, прошедшего через защитные материалы, контроля безопасности работы реакторов, поиска полезных ископаемых и т. п.

Спектрометр состоит из датчика, преобразующего энергию гамма-кванта в импульс тока с амплитудой, пропорциональной энергии кванта, блока амплитудного преобразователя и регистратора, который в данной работе выполнен на основе ЭВМ "Электроника-60" с цветным графическим дисплеем.

1. Детекторы гамма-излучения

Спектрометрические детекторы можно подразделить на две группы. К одной относятся детекторы, принцип действия которых основан на использовании ионизирующего действия излучения. Это импульсные ионизационные камеры, пропорциональные счетчики и полупроводниковые детекторы.

Вторую группу составляют сцинтилляционные детекторы, основанные на явлении люминесценции. Световая вспышка, возникающая при попадании ионизирующей частицы в сцинтилляционный кристалл, воспринимается фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) и регистрируется электронным устройством. Амплитуда импульса зависит от интенсивности вспышки, а последняя определяется энергией частицы. Следовательно, сцинтилляционный детектор позволяет исследовать распределение частиц ионизирующего излучения по энергиям. Высокая чувствительность, большая амплитуда выходных сигналов, а также высокое быстродействие обусловили широкое распространение таких детекторов.

В настоящей работе в качестве источника ионизирующего излучения использованы изотопы Na-22 и Cs-137 , ядра которых, испытывая β -распад, переходят в возбужденное состояние, после чего испускают гамма-кванты с энергией, соответ-

ствующей разности между энергетическими уровнями возбужденного и основного состояния. Это излучение — монохроматическое, и именно оно регистрируется детектором, так как β -частицы имеют очень маленькую проникающую способность и задерживаются защитной алюминиевой пластиной сцинтиллятора.

Взаимодействие гамма-излучения с веществом происходит путем трех независимых процессов: фотоэффекта, комптоновского рассеяния и образования электронно-позитронных пар. Поэтому, даже при регистрации моноэнергетического гамма-излучения, кривая распределения амплитуд импульсов спектра, которая носит название "аппаратной линии", имеет довольно сложную форму (рис. 1).

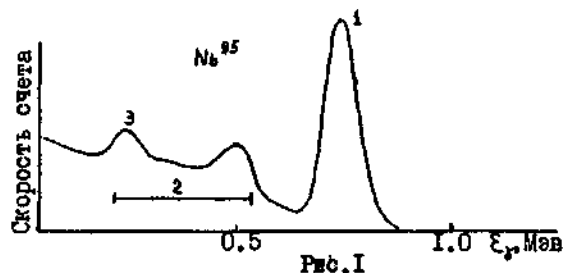


Рис. 1

В распределении амплитуд импульсов присутствуют пик полного поглощения (1), непрерывный спектр комптоновских электронов (2) и так называемый пик обратного рассеяния (3).

Остановимся коротко на процессах, определяющих форму амплитудного спектра импульсов.

Фотопоглощение и многократное рассеяние.

При фотоэлектронном поглощении γ -кванта его энергия передается образуемому свободному электрону. Ионизированный атом излучает рентгеновский квант, который поглощается в кристалле. Суммарная энергия электронов, образующихся в кристалле при фотопоглощении, равна энергии γ -кванта, и, следовательно, спектр импульсов, обусловленных фотопоглощением, имеет форму пика. Амплитудный спектр импульсов от многократного рассеяния γ -квантов в кристалле также имеет форму пика и неотделим от пика фотопоглощения. Этот суммарный пик имеет фундаментальное значение для сцинтилляционной γ -спектрометрии и носит название пика полной энергии. Положение максимум

пика определяет энергию γ -кванта, а площадь под ним — интенсивность излучения.

Комптоновское рассеяние γ -квантов в кристалле вызывает непрерывное распределение амплитуд импульсов в спектре, полученном при регистрации моноэнергетического излучения. Расчеты показывают, что спектр комптоновских электронов имеет подъем вблизи своей правой границы (рис. 1).

Обратное рассеяние. Ближайшие к кристаллу части конструкции спектрометра (окно ФЭУ и пр.) являются источниками рассеянного излучения, часть которого может быть зарегистрирована. Поскольку в кристалл могут попадать лишь кванты, рассеянные в интервале углов от 90° до 180° , обусловленный ими пик получил название пика обратного рассеяния (см. рис. 1).

2. Амплитудные анализаторы

Амплитудный анализатор состоит из преобразователя амплитуда-код и регистратора. Преобразователь ставит в соответствие непрерывной шкале изменения амплитуды входных импульсов дискретную шкалу выходных кодов. Таким образом, весь измеряемый амплитудный диапазон разбивается на равные интервалы (каналы), а импульсам, амплитуда которых попадает в один интервал, сопоставляется одно значение цифрового кода (номер канала).

Преобразователь определяет измерительные характеристики анализатора: диапазон регистрируемых амплитуд импульсов, дифференциальную нелинейность (максимальное отклонение ширины каналов от их среднего значения), монотонность (большему значению амплитуды должно соответствовать большее значение кода), стабильность ширины каналов, дрейф нуля. На рис. 2 представлена характеристика квантования прибора с дифференциальной нелинейностью $(B - A)/A$ в участке немонотонности.

Указанные характеристики нужно обязательно учитывать при интерпретации полученных результатов. Например, дифференциальная нелинейность и немонотонность могут привести к появлению ложных спектральных линий в энергетическом спектре.

Регистратор накапливает информацию в цифровом виде. При этом каждому каналу анализатора соответствует ячейка оперативной памяти, в которой запоминается число импульсов с амплитудой, соответствующей данному каналу. Количество каналов

регистратора может быть меньше числа каналов преобразователя. Тогда в один канал регистратора укладывается несколько каналов преобразователя. Помимо накопления информации регистратор должен обеспечивать её наблюдение в процессе измерения и вывод на внешние устройства после окончания измерений. Сделать регистратор достаточно удобным и адаптируемым к требованиям конкретного эксперимента можно только на основе использования ЭВМ (микроЭВМ).

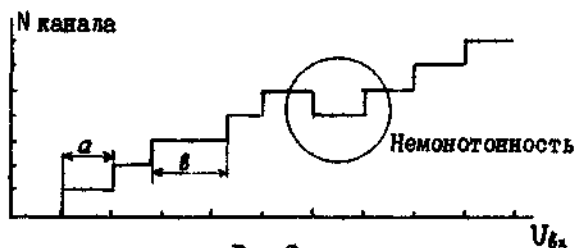


Рис. 2

3. Описание блока амплитудного преобразователя (БАП)

Рассмотрим работу БАП, функциональная схема которого представлена на рис. 3.

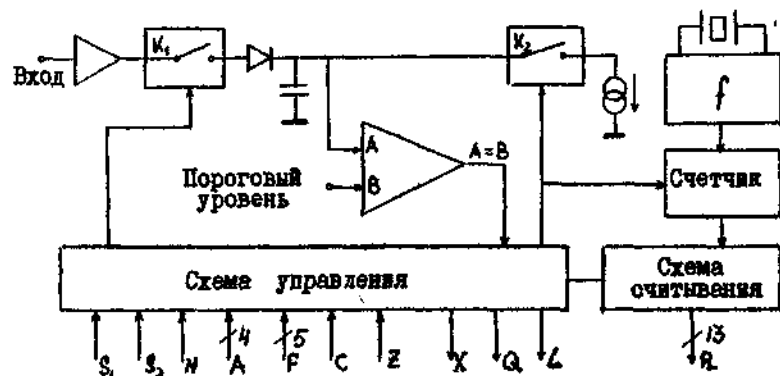


Рис. 3

Входной сигнал через буферный усилитель подключается к запоминающей емкости. Если сигнал превысит некоторый пороговый уровень, определяемый дискриминатором, то через время, превышающее длительность входного импульса, будет осуществляться преобразование запоминаемой на емкости амплитуды импульса в код. Для этого емкость отключается от буферного усилителя и разряжается до нуля стабильным током. На время разряда, пропорциональное амплитуде импульса, включается счетчик, который считает количество импульсов, поступивших на него за это время от кварцевого генератора. Полученный таким образом код может быть считан на шину данных магистрали КАМАК. Запуск прибора на измерение может производиться и от внешнего сигнала (не от дискриминатора); этот режим запуска выбирается включением тумблера "разрешение внешнего запуска" (см. рис. 4). Опорное напряжение для генератора стабильного тока может подаваться тоже от внешнего источника (включением соответствующего тумблера). В данной работе используется режим внутреннего запуска и внутренний источник опорного напряжения (оба тумблера выключены).

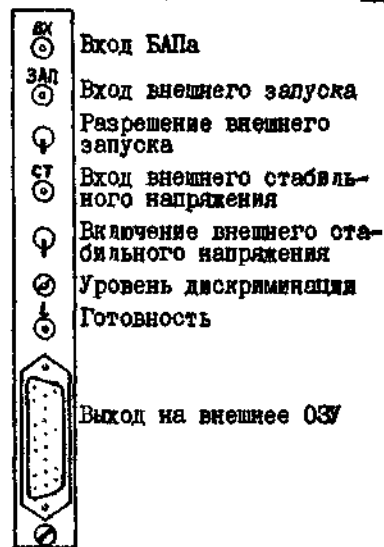


Рис. 4

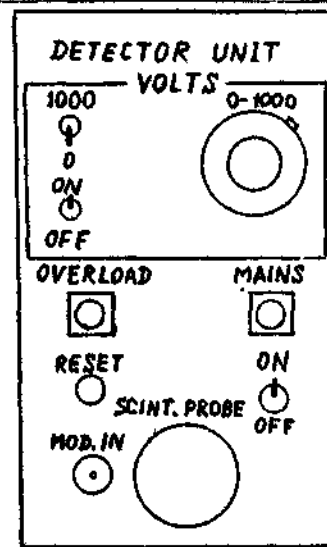


Рис. 5

Установка блока в исходное состояние производится командой "Z". После этого блок готов к измерению. По окончании измерения блок устанавливает запрос "L" - признак готовности данных для считывания. Следующее измерение блокируется до считывания информации из блока. Считывание информации может производиться командами:

F0-считывание без сброса (в данной работе не используется),
F2-считывание со сбросом счетчика.

Запрос "L" устанавливается по окончании измерения и сбрасывается по командам "Z", F0, F2.

Ответы "X", "Q" отдаются на команды F0, F2 всегда (даже если блок не готов для считывания).

ВНИМАНИЕ! Блок не имеет команд F8, F16, F24, F26!

Время преобразования $T < 100$ мкс, разрешающая способность - $1/8192$ (13 разрядов), дифференциальная нелинейность - $+7\%$, вес младшего разряда - $0,5$ мВ.

Конструктивно прибор выполнен в виде модуля КАМАК одинарной ширины. Выше приведен вид передней панели блока с элементами ручного управления.

4. Описание блока питания ФЭУ

Блок питания вырабатывает регулируемое в пределах 0-2000 В стабилизированное высокое напряжение питания для ФЭУ, а для усилителя ФЭУ создает напряжение питания +24 В. Прибор имеет вход "MODE IN", с помощью которого можно дополнительно регулировать величину высокого напряжения. На рис. 5 приведен вид передней панели блока.

Органы управления прибора:

ON - OFF	сетевой выключатель,
ON - OFF /VO&T\$ /	выключатель высокого напряжения,
0,1000	переключатель ступеней /+ 1000 В/,
0 - 1000	плавная регулировка высокого напряжения,
SCINT.PROBE	разъем для подключения ФЭУ,
MODE, IN	входной разъем регулятора (модулирующего),
RESET	сброс защиты после устранения перегрузки,

MAINS
OVERLOAD

сигнальная лампа сетевого напряжения,
сигнальная лампа короткого замыкания.

5. Практическая часть

1. Проверьте напряжение питания ФЭУ. Сетевой тумблер и выключатель высокого напряжения должны быть включены, а переключатель ступеней /+1000 В/ - выключен. При этом на лампе плавного регулятора напряжение должно быть 880 В. Научитесь считывать данные из БАП по запросу "L". Напомню еще раз, что блок команды F8 (проверка L) не имеет.

2. Напишите программу гамма-спектрометра. Результатом работы должен быть график распределения амплитуд импульсов на цветном дисплее, где по оси X отложена амплитуда, а по оси Y - число зарегистрированных импульсов, амплитуда которых попадает в заданный интервал. Поскольку разрешающая способность БАП - 13 двоичных разрядов, то придется объединять до 32 каналов измерения в один отсчет. Для возможности накопления статистики и нормировки графика желательно зарезервировать два массива: первый - для регистрации, второй - для хранения нормированного графика. Индексом массива будет нормированная амплитуда, содержимое элемента массива - количество зарегистрированных импульсов данной амплитуды.

3. Спектр изотопа $Na-22$ содержит две линии полного поглощения - $0,51$ МэВ и $1,27$ МэВ, причем линия $1,27$ МэВ примерно в 5 раз слабее. Используя спектр $Na-22$ в качестве реперного, определите энергии линии полного поглощения в спектре $CS-137$.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
"Технические средства
автоматизации научных исследований"

Лабораторная работа № 7.
Преобразователи амплитуда-код и спектрометрия

Составители: Козак В.Р., Кузин Г.И., Репков А.В., Уваров Н.П.

Ответственный за выпуск Г.И. Кузин

Подписано в печать 5.09.86

Формат 60x84 I/I6

Бумага писчая

Уч.-изд.л. 0,75

Тираж 500 экз. Заказ № 1072

Бесплатно

Редакционно-издательский отдел Новосибирского университета;
участок оперативной полиграфии ИГУ;
630090, Новосибирск-90, ул. Пирогова, 2.