

3-123

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р - 2851



Г.И. Забиякин, В.И. Приходько, В.Г. Тишкин,
Л.П. Челноков

КОРРЕКЦИЯ АМПЛИТУДНЫХ СПЕКТРОВ
С ПОМОЩЬЮ ЦВМ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1966

Р - 2851

Г.И. Забнякин, В.И. Приходько, В.Г. Тихин,
Л.П. Чепкоков

КОРРЕКЦИЯ АМПЛИТУДНЫХ СПЕКТРОВ
С ПОМОЩЬЮ ЦВМ

УДК 621.372.6.01
СЕРИЯ ПЕРВАЯ
СЕРИЯ ВТОРАЯ

4442/2 нр

В связи с применением полупроводниковых детекторов, обладающих высоким энергетическим разрешением, в конструировании экспериментальной физической аппаратуры наметилась тенденция к увеличению числа каналов амплитудных анализаторов до нескольких тысяч.

Естественно, что применение аппаратуры с большим числом каналов оправдано лишь в случае, если дрейфы и нестабильности в системе могут быть поддержаны в пределах одного канала.

Основная трудность при проведении точных измерений амплитудных спектров связана с тем, что "нуль" и коэффициент усиления спектрометра недостаточно стабильны.

Изменения "нуля" приводят к соответствующим сдвигам всей спектральной картины, а изменения коэффициента усиления выражаются в смещении спектральных деталей в прямой пропорции по отношению к положению рассматриваемой особенности спектра. Для устранения этих недостатков был предложен ряд систем стабилизации, в которых "нуль" и коэффициент усиления спектрометра автоматически подстраиваются по специальным реперным линиям^{1,2/}.

В качестве реперов могут быть использованы специфические пики в исследуемом спектре, либо пики в спектре от стороннего источника, а также электрические импульсы или световые вспышки от специальных генераторов.

Во всех этих случаях для компенсации изменений стабилизируемых параметров используется отрицательная обратная связь, при этом сигнал ошибки вырабатывает пропорциональные величины коррекции, восстанавливающие реперные линии в спектре (естественные или искусственные) на их правильные позиции.

Несмотря на относительное усложнение аппаратуры, методы стабилизации спектрометров нашли широкое применение в физических экспериментах и дают хорошие результаты практически во всех случаях.

Другое направление в точной спектроскопии связано с применением цифровых вычислительных машин (ЦВМ) для улучшения энергетического разрешения спектральных устройств ^{/3/}. В этом методе коды, характеризующие номер канала поступающего события, записываются индивидуально во временной последовательности в запоминающем устройстве (например, на магнитную ленту ^{/3/}). Вычислительная машина после окончания эксперимента "просматривает" в той же последовательности содержимое запоминающего устройства и, делая простейшие вычисления в каждом коде, корректирует "нуль" и коэффициент усиления системы по двум особенностям исследуемого спектра, которые используются как реперы.

В работе ^{/3/} метод коррекции применяется для улучшения разрешения спектрометра, имеющего небольшое число каналов (128) и предназначенного для работы со сцинтилляционными детекторами. Данный метод может быть применен и для спектрометров с полупроводниковыми детекторами, однако при этом возникает ряд трудностей, которые не всегда удается преодолеть (например, отсутствие достаточно четких линий в начале и в конце спектра, которые можно было бы использовать как реперы; возможность существенного уширения пиков в спектре при небольшой интенсивности детекторных импульсов в реперном пике и значительных дрейфах; необходимость задавать при коррекции спектра узкие "окна" на склоне реперного пика и накладывать ограничение на диапазон дрейфов, так как если в непосредственной близости от реперных пиков будут находиться другие пики, то при сдвигах "нуля" и коэффициента усиления они могут попасть в одно из "окон" и коррекция будет производиться по новому реперу, а это неизбежно приведет к существенным искажениям спектра).

Эти недостатки могут быть устранены, если в качестве репера использовать электрические импульсы от стабильного генератора, преимущество при этом состоит в следующем:

- 1) эталонные импульсы могут быть установлены в любой точке энергетического диапазона, что существенно для получения оптимального соотношения между максимальным диапазоном перекрытия возможных дрейфов в системе и минимальной заданной ошибкой;
- 2) упрощается по сравнению с ^{/2/} выделение эталонных импульсов среди импульсов от детектора (в этом случае достаточно подать от генератора управляющий импульс одновременно с эталонным);
- 3) частота реперных импульсов может быть выбрана любой (в зависимости от скорости дрейфа) и остается практически постоянной при любой интенсивности детекторных импульсов.

Ниже приводится описание метода коррекции амплитудных спектров от полупроводниковых детекторов с использованием в качестве реперов электрических импульсов.

Блок-схема эксперимента, в котором применен данный метод, изображена на рис. 1. Два эталонных импульса от стабильного генератора (3) попеременно поступают на вход предусилителя (2) вместе с детекторными импульсами, измеряются амплитудными кодировщиком (5) и регистрируются в памяти ЦВМ "Минск-2".

Если в процессе измерений спектрометрический тракт стабилен, то эталонные импульсы имеют одни и те же коды (пусть, например, код малого эталонного импульса, корректирующего "нуль", равен $N_{ор}$, а код большого эталонного импульса, корректирующего коэффициент усиления, - $N_{оу}$).

При изменении порога ("нуля") анализатора на некоторую величину Δp и коэффициента усиления на Δk измеренные коды эталонных импульсов будут равны

$$\left. \begin{aligned} N_{р\ из} &= (N_{ор} + N_0) \cdot x + y - N_0 \\ N_{у\ из} &= (N_{оу} + N_0) \cdot x + y - N_0 \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

где $x = 1 \pm \Delta k$,
 $y = \pm \Delta p$.

N_0 - код, соответствующий порогу амплитудного анализатора; знак перед Δk и Δp указывает направление сдвига "нуля" и коэффициента усиления.

Истинное значение кода произвольного события может быть представлено в виде

$$N_1' = (N_{1\ из} - N_0 - y) \cdot \frac{1}{x} - N_0. \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2), получим скорректированный код события N_1 :

$$N_1' = (N_{1\ из} - N_{р\ из}) \cdot \frac{N_{оу} - N_{ор}}{N_{у\ из} - N_{р\ из}} + N_{ор}. \quad (3)$$

Коррекция кодов осуществляется вычислительной машиной "Минск-2" по программе, структурная схема которой приведена на рис. 2.

Все события, полученные в эксперименте, записываются в запоминающем устройстве (8) индивидуально, при этом схема управления режимом работы МОЗУ (7) обеспечивает сохранение временной последовательности событий.

Из МОЗУ информация передается для обработки в ЦВМ "Минск-2" (10) партиями по 2048 событий.

Запись информации в память машины (на магнитную ленту (11)) производится

в режиме прерывания программным путем через систему передачи (9)^{/4/}, обеспечивающую в целях экономии объема памяти запись двух чисел в одну ячейку.

На время передачи информации вход амплитудного кодировщика^{х)} блокируется схемой блокировки (8).

Амплитуда малого эталонного импульса соответствовала 256 каналам, т.е. $N_{ep} = 256$, а амплитуда большого эталонного импульса - 3584 каналам ($N_{ey} = 3584$).

Частота эталонных импульсов в данном эксперименте составила 50 гц. Схема генератора эталонных импульсов аналогична схеме, используемой в работе^{/5/}.

Для выделения эталонных импульсов среди импульсов от источника (5) в адресный счетчик амплитудного кодировщика было добавлено два триггера, состояние которых указывало на принадлежность импульса (управление триггерами осуществлялось от генератора по входу II (рис. 1)).

Наличие "1" в 14 разряде означало, что это импульс, корректирующий коэффициент усиления спектрометра. Признаком импульса, корректирующего "нуль", было наличие "1" в 13 разряде.

При обработке информации, полученной в эксперименте, коды всех событий корректировались в соответствии с выражением (3). На рис. 3 приведены искаженный (а) и скорректированный на уход "нуля" и коэффициента усиления (б) спектры изотопа Co^{60} .

Изучение скорректированных спектров показывает, что в предварительно стабильной системе пики размываются самой процедурой коррекции. Это явление аналогично уширениям пиков в системах стабилизации за счет шумового размыва реперной линии^{/6/}. Количественные оценки этого эффекта, приведенные в работе^{/6/}, справедливы и для данной системы.

З а к л ю ч е н и е

1. Полученные в работе экспериментальные результаты показывают, что данный метод может быть применен для коррекции амплитудных спектров, искаженных за счет уходов "нуля" и коэффициента усиления спектрометра.
2. В зависимости от имеющегося электронного оборудования блок-схема эксперимента может видоизменяться. Если ЦВМ используется в режиме "он-лайн", то коррекция и поканальное суммирование кодов могут осуществляться в процессе набора

^{х)} Измерения проводились на амплитудном кодировщике на 4096 каналов^{/5/}.

информации, в этом случае коды из амплитудного кодировщика передаются непосредственно в ЦВМ, а их обработка ведется с использованием только оперативной памяти машины (т.е. можно обойтись без внешнего накопителя).

3. При регистрации редких событий в качестве внешнего накопителя может быть использована перфокарта (в режиме, аналогичном записи на магнитную ленту).

4. Использование данного метода удобно в том случае, когда процедура коррекции является частью общего вычислительного процесса при обработке спектров на ЦВМ, а сама вычислительная машина является частью экспериментального оборудования, что характерно для современных измерительных центров.

Авторы благодарят сотрудников ОИЯИ А.И. Бараковского и В.А. Владимирова за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. R. Chase. IRE Trans. on Nucl. Sci. NS-9, 1, 1962, p. 4.
2. R. Dudley, R. Scarpatetti. Nucl. Instr. Meth., 25, N2, 227 (1964).
3. J. Ladd, J. Kenedy. In "Instr. Techn. in Nucl. Pulse Analysis", Washington, 1964, p. 150.
4. Г.И. Забязки, В.Н. Замиря. Труды VI конференции по ядерной радиоселектронике, том III, часть I, стр. 100. Атомиздат, 1965.
5. В.И. Приходько, В.Г. Тишин. Препринт ОИЯИ, 2492, Дубна, 1965.
6. В.И. Приходько, В.Г. Тишин. Препринт ОИЯИ, 2707, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 августа 1966 г.

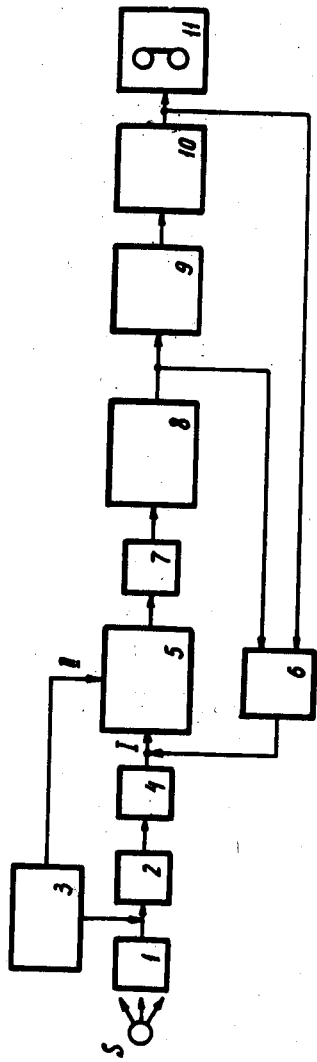


Рис. 1. Блок-схема эксперимента, в котором для улучшения энергетического разрешения амплитудный спектр корректируется по электрическим резервам импульсам, 8 - источник излучения; 1 - детектор; 2 - зарядный предусилитель; 3 - генератор ступенчатых импульсов, 4 - линейный усилитель; 5 - амплитудный кодировщик; 6 - схема блокировки; 7 - система управления режимом работы запоминающего устройства; 8 - запоминающее устройство (МОЗУ); 9 - система передачи информации в вычислительную машину; 10 - ЦВМ "Минск-2"; 11 - магнитная лента.

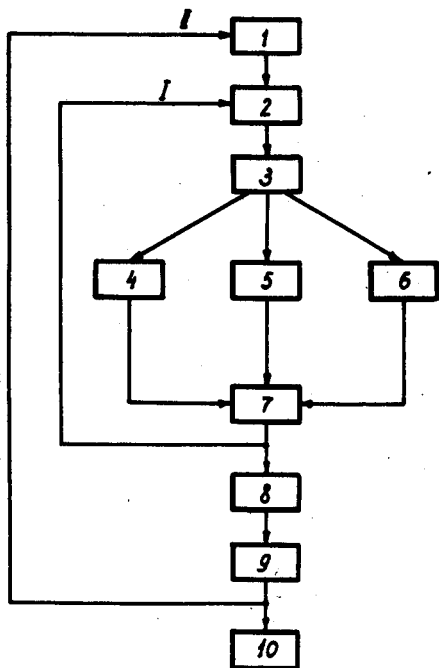


Рис. 2. Структурная схема программы коррекции спектров. 1 - считывание партии информации с магнитной ленты в МОЗУ ЦВМ; 2 - выбор кода очередного события N_i (все события обрабатываются в порядке их поступления в эксперименте); 3 - определение принадлежности события N_i ; 4 - замена $N_{p_{из}}$ и формирование новых констант в уравнении (3) (если N_i - код эталонного импульса, корректирующего "нуль"); 5 - замена $N_{y_{из}}$ и формирование новых констант в уравнении (3) (если N_i - код эталонного импульса, корректирующего коэффициент усиления); 6 - коррекция кода N_i (N_i - код события в исследуемом спектре); 7 - запись новых констант или N_i' в МОЗУ; I - цикл по числу кодов в партии (2048); 8 - поканальная сортировка событий; 9 - запись рассортированной информации в определенный участок МОЗУ; Π - цикл по числу партий информации; 10 - представление результатов обработки (печать, перфорация, осциллограф и т.д.).

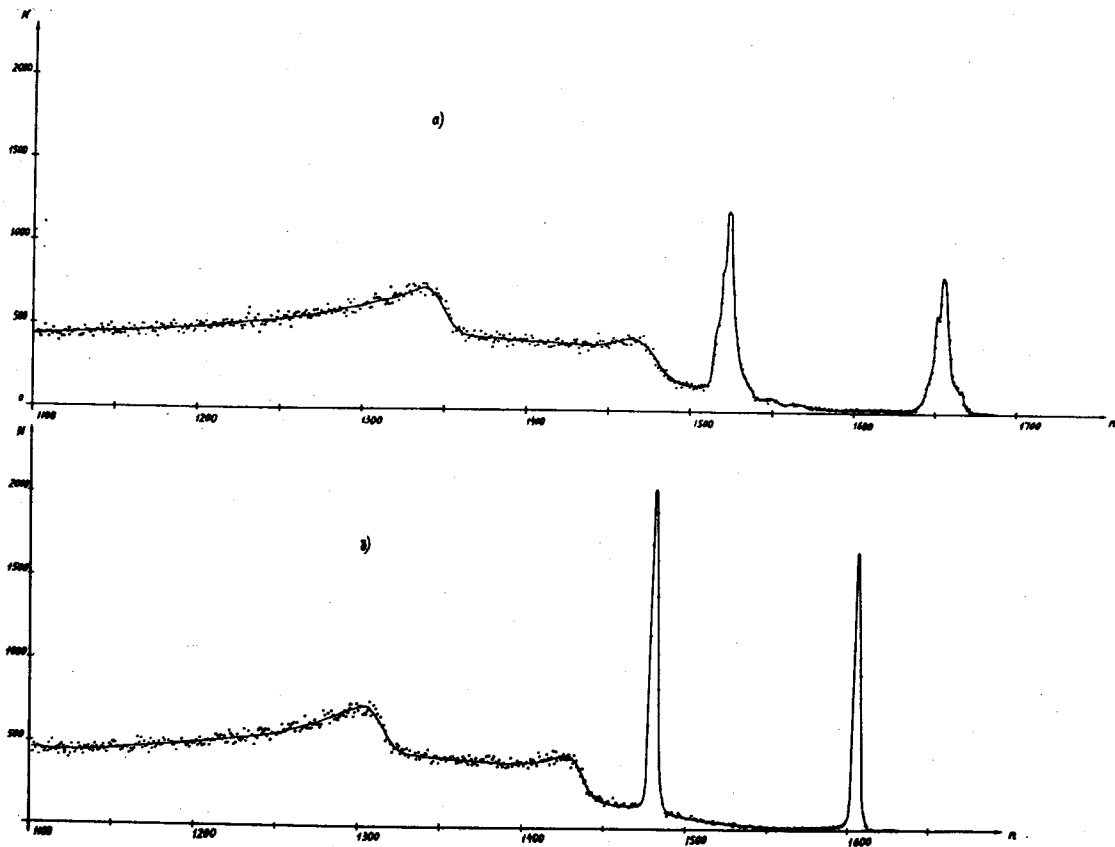


Рис. 3. а) Некорректированный спектр изотопа Co^{60} . б) Спектр изотопа Co^{60} , скорректированный на уход "нуля" и коэффициента усиления спектрометра.