

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P6-86-536

Г.А.Кононенко, В.В.Кузнецов, В.М.Цупко-Ситников

**МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ
БЕТА-СПЕКТРОГРАММ И ПОГРЕШНОСТИ
ПРИ АНАЛИЗЕ L-СТРУКТУР ЭВК**

1986

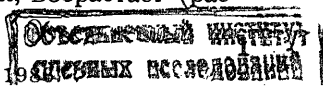
ВВЕДЕНИЕ

Исследования, результаты которых представлены в настоящей работе, проведены с целью получения надежной информации о мультипольном составе переходов при анализе L-структур электронов внутренней конверсии (ЭВК) на бета-спектрограммах, получаемых с помощью магнитных бета-спектрографов на протяжении ряда лет в ЛЯП ОИЯИ.

Бета-спектрографы используются в арсенале технических средств ядерной спектроскопии уже давно. Однако у экспериментаторов, использующих эти приборы, возникают серьезные затруднения при получении точных значений энергий и относительных интенсивностей ЭВК, а также при определении их погрешностей, что связано с рядом причин.

В бета-спектрографах в качестве детектора электронов используется ядерная эмульсия, на которой получают фотографическое изображение спектра ЭВК. Поэтому получение данных об относительных интенсивностях и энергиях ЭВК связано с проблемой обработки фотографического изображения (измерения его параметров). Для получения точных количественных значений параметров фотографического изображения спектра ЭВК необходимо произвести с высокой точностью измерения в сотнях тысяч точек на одной лишь спектрограмме. При ручной обработке, применявшейся с использованием промышленных приборов типа МФ-2 или МФ-4, время, необходимое для получения спектра в величинах электронной интенсивности, составляет сотни часов на одну фотопластинку. Таким образом, успех в использовании бета-спектрографов в значительной мере зависит от степени автоматизации процесса обработки спектрограмм и последующего анализа информации.

Низкая светосила бета-спектрографов (порядка 0,01%) приводит к необходимости использовать источники высокой интенсивности без предварительной их масс-сепарации. Вследствие этого спектры ЭВК получаются сложными и состоят из спектров нескольких нуклидов, что затрудняет их расшифровку и математическую обработку. Математическая обработка спектров ЭВК является сама по себе сложной задачей из-за несимметричности формы линии и зависимости ее параметров от свойств прибора и характеристик источников (толщины, размеров, однородности и т.д.), которые, как правило, неизвестны. Если спектры ЭВК исследуются с помощью бета-спектрографов, то число факторов, влияющих на форму линии, возрастает (рас-



сеяние электронов в фотослое, влияние эффектов проявления, процесса фотометрирования и т.д.). Все эти причины делают задачу математической обработки спектров ЭВК, полученных на магнитных бета-спектрографах, достаточно сложной.

Таким образом, большая информационная емкость бета-спектрограмм, обусловленная насыщенностью спектров линиями и широким диапазоном энергий, охватываемым в одном измерении, трудности в извлечении и расшифровке получаемых данных, а также высокая интенсивность исследований выдвинули задачу автоматизации обработки спектров ЭВК, получаемых на магнитных бета-спектрографах, на основе строгого математического подхода и прямого использования вычислительной техники в измерениях и математической обработке бета-спектрограмм.

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОТОМЕТРИРОВАНИЯ БЕТА-СПЕКТРОГРАММ НА БАЗЕ МИКРОФОТОМЕТРА С ШАГОВЫМИ ПРИВОДАМИ КАРЕТКИ НА ЛИНИИ С ЭВМ

Устройство автоматического фотометрирования (УАФ) было разработано в 1976 г.^{1,2/} и с тех пор с его помощью обработаны сотни бета-спектрограмм. В процессе эксплуатации по мере накопления опыта обработки и модернизаций измерительно-вычислительного комплекса электронная часть прибора усовершенствовалась и дополнялась новыми узлами^{3,4/}, что расширило возможности прибора и позволило повысить точность измерений.

Первоначально прибор был подключен к ЭВМ "Минск-2" и эксплуатировался в этом варианте несколько лет^{1,2/}. С 1981 г. прибор через универсальный вход в стандарте КАМАК подключен к ЭВМ ЕС-1010^{3/}. Использование аналого-цифрового преобразователя в стандарте КАМАК типа КА-206^{6/} на 8192 канала позволило повысить точность измерений и упростить регистрирующую часть прибора. В дальнейшем с появлением совершенных операционных усилителей и других элементов в интегральном исполнении прибор был дополнен аналоговым преобразователем сигнала фотоумножителя в величины оптической и электронной плотности^{4/}. Это позволило отказаться от машинного логарифмирования при определении оптической и электронной плотности и решить несколько задач:

1. В процессе сканирования спектрограммы стало возможным быстрое получение в аналоговой форме спектра конверсионных электронов в оптической (D) или электронной (Q) плотности и вывод его на график без участия ЭВМ. При этом точность получаемой информации достаточна не только для идентификации линий спектра, но и для дальнейшей математической обработки с помощью ЭВМ. Скорость получения графика определяется только возможностями используемого графопостроителя.

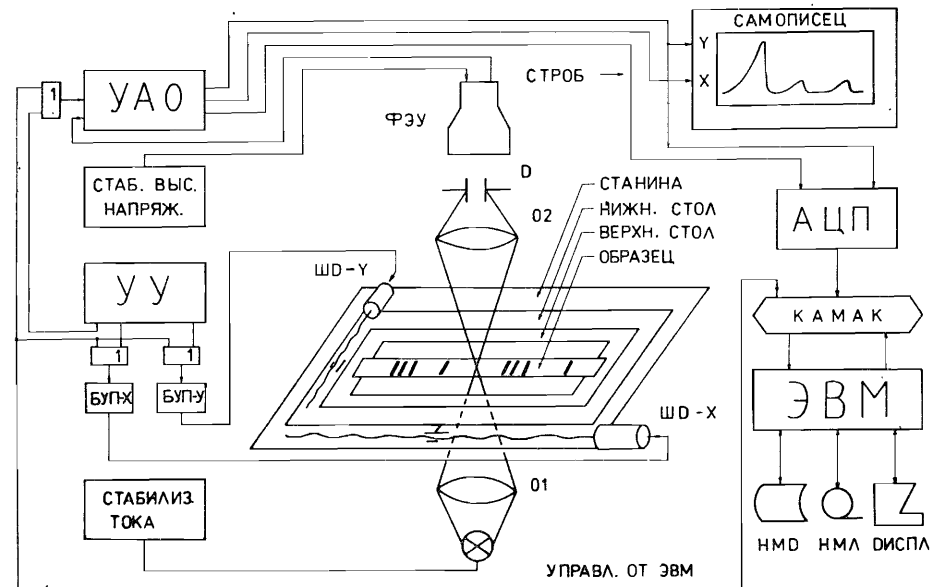


Рис.1. Блок-схема устройства автоматического фотометрирования.

2. Аналоговый преобразователь позволил расширить диапазон измеряемых оптических плотностей до $D=5$ с точностью не хуже 3%^{4/}.

3. При использовании аналогового преобразователя для последующей математической обработки спектрограмм в цифровой форме на 30-40% сокращается машинное время, необходимое для получения спектра в усредненных значениях D или Q с расчетом значений погрешностей в каждой точке.

4. Возможно, в отличие от ранее использованного метода, фотометрирование по отдельным фрагментам.

Таким образом, добавление аналогового преобразователя к УАФ расширяет возможности по предварительному анализу и обработке спектрограмм и других оптических объектов и позволяет получать информацию с достаточной точностью при помощи простых технических средств.

Функциональная блок-схема приведена на рис.1. Она состоит из 1) оптико-механической части, созданной на базе промышленного микрофотометра МФ-2^{2/};

2) электронной части, включающей устройство управления (УУ), узел аналоговой обработки видеосигнала (УАО), блоки управления приводами (БУП-Х и БУП-У) и источников питания;

3) планшетного самописца;

4) аналого-цифрового преобразователя;

5) ЭВМ (ЕС-1010), используемой для накопления и первичной обработки информации.

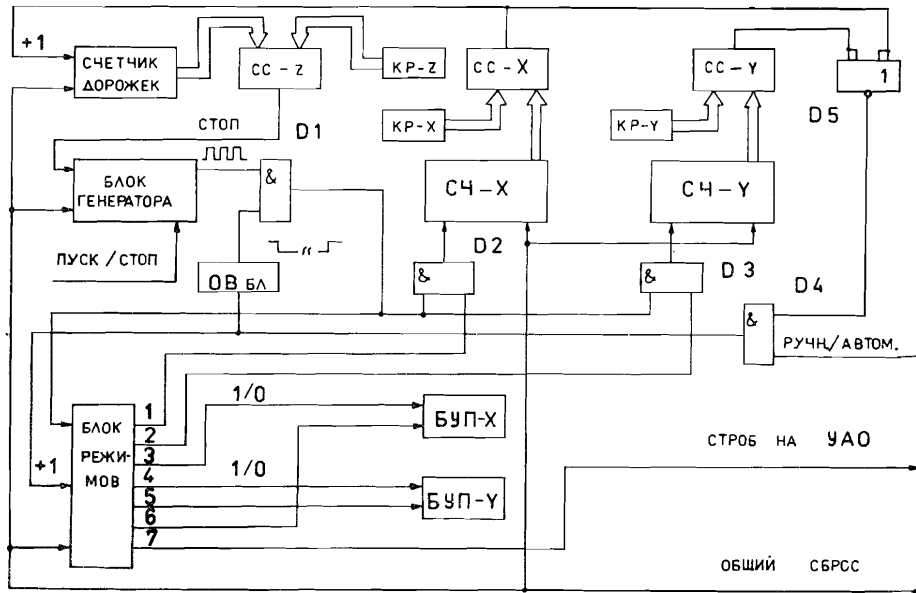


Рис.2. Блок-схема устройства управления.

Эксплуатация прибора в течение 10 лет и накопленный опыт обработки бета-спектрограмм позволили более четко сформулировать требования, предъявляемые к устройству автоматического фотометрирования как к специализированному прибору, предназначенному для обработки фотографических изображений спектров ЭВК. На основе этих требований был разработан новый вариант электронной части прибора.

Блок-схема устройства управления приведена на рис.2. В УУ использованы два установочных счетчика: пятиразрядный (СЧ-Х) и четырехразрядный (СЧ-У) с соответствующими клавишными регистрами. На клавишном регистре КР-Х задается база перемещения по X-координате, а на КР-У - по Y-координате. В УУ также используется двухразрядный установочный счетчик с индикацией (счетчик дорожек), с клавишным регистром КР-З. Этот счетчик служит для подсчета числа строк сканирования. Используется также пятиразрядный реверсивный счетчик с индикацией (на рис.2 не показан), служащий для показания текущего положения каретки по X-координате.

Управление работой приводов осуществляется или в ручном режиме (рис.2), или в двух автоматических (АВТ.1 или АВТ.2), задаваемых на блоке режимов с помощью кнопки КН.1 (рис.3). Из нескольких возможных вариантов растров сканирования реализованы три типа: "а", "с" и "d" (рис.4). В режиме АВТ.1 сканирование осуществляется или растром типа "а" при левом положении переключателя П1 (рис.3), или растром "с" при правом положении П1. В режиме АВТ.2

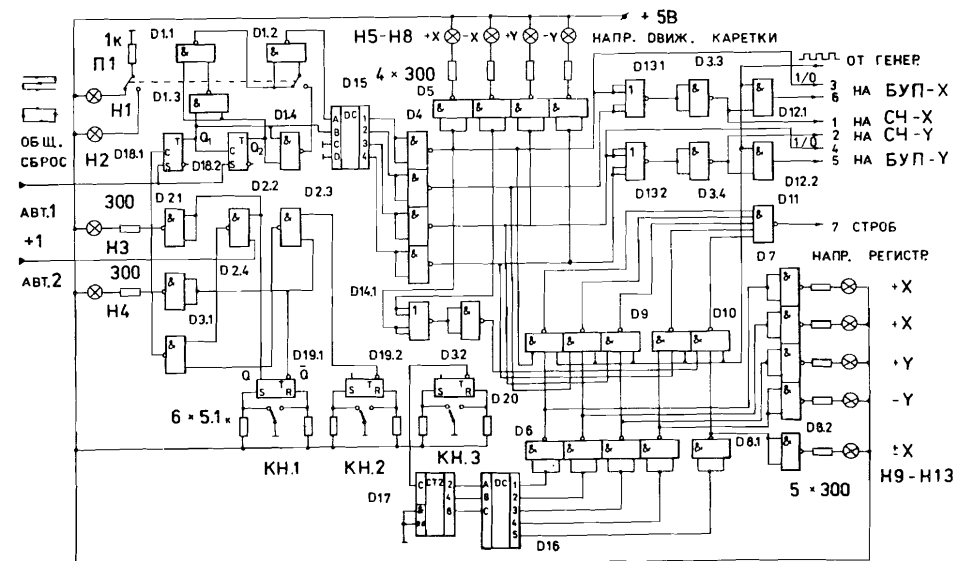


Рис.3. Блок режимов: Д1-Д8-К155ЛА3, Д9-Д10-К155ЛА4, Д11-К155ЛА2, Д12-К155ЛИ1, Д13-Д14-К155ЛР1, Д15-Д16-МН7442, Д17-К155ИЕ4, Д18-Д20-К155ТВ1.

сканирование осуществляется растром "d". Растр "с" является наладочным, "а" и "d" - рабочие. С помощью кнопки КН.2 осуществляется выбор направления движения для ручного режима или режима АВТ.2. Кнопка КН.3 служит для выбора направления регистрации. Режим работы, тип растра, направление движения каретки и направление регистрации отображается на панели индикации с помощью индикаторов Н1-Н13.

Блок-схема фотометрической системы с узлом аналоговой обработки видеосигнала приведена на рис.5. Фотометрическая система прибора построена по прямоотсчетной схеме с выделением растр-элемента на увеличенном в 20 раз оптическом изображении оригинала, что позволило реализовать максимальное пространственное разрешение при сканировании, равное 240 отсчетам на миллиметр. Для получения высокой точности измерений светового потока были

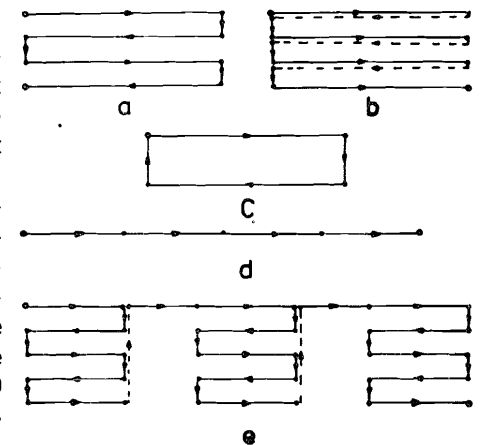


Рис.4. Схемы растров сканирования.

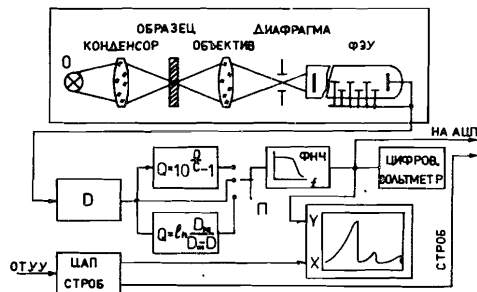


Рис.5. Блок-схема фотометрической системы с узлом аналоговой обработки сигнала фотоумножителя.

приняты специальные меры. Так, в качестве фотоприемника использован ФЭУ-92 с небольшим значением темнового тока и высоким максимальным значением анодного тока, которые равняются соответственно

10^{-10} и $5 \cdot 10^{-3}$ А. ФЭУ включен с неполной диодной системой (шесть последних диодов соединены с анодом), установлено невысокое напряжение питания (800 В), фотокатод работает при больших засветках, и ток диодного делителя превышает максимальный рабочий ток анода, равный 200 мкА, в 200 раз. Это обеспечило линейность световой характеристики ФЭУ не хуже 1% и высокое значение отношения сигнал/шум. В качестве осветителя использована лампа накаливания типа ОП-13-50, которая подключена к источнику тока, стабилизированному с точностью 0,01%.

Узел аналоговой обработки видеосигнала (рис.5) содержит преобразователь текущих значений тока ФЭУ в величины оптической или электронной Q плотности, активный фильтр Баттерворса [18] со ступенчато-регулируемой частотой среза в зависимости от скорости фотометрирования, цифровой вольтметр, необходимый для установления значения $D = 0$ на выходе при относительных измерениях оптической плотности и выставления параллельности спектральной линии и U -привода, системы сканирования и блока цифроаналогового преобразователя с устройством формирования стробирующих импульсов.

Для аналогового определения относительных значений исходных электронных интенсивностей Q (рис.6) в устройстве реализовано два типа характеристических кривых (ХК), которые описывают зависимость D от экспозиции H , соответствующих двум выражениям [7]:

$$Q = H \cdot \epsilon = 10^{D/C} - 1, \quad (1)$$

$$Q = H \cdot \epsilon = \lg \frac{D_m}{D_m - D}. \quad (2)$$

Здесь $\epsilon = \epsilon(E_e)$ - зависимость чувствительности фотоматериала от энергии электронов E_e ; C , D_m - параметры, равные $6,2^{1/8}$ и $4^{1/7}$ соответственно. Первое выражение хорошо описывает ХК бета-спектрограмм с толщиной фотоэмульсии 70 мкм и выше для диапазона оптических плотностей $0 < D \leq 1,5$ и низких значений энергий электронов $30 < E_e < 150$ кэВ. Второе выражение используется для получения графического изображения спектра ЭВК в единицах Q .

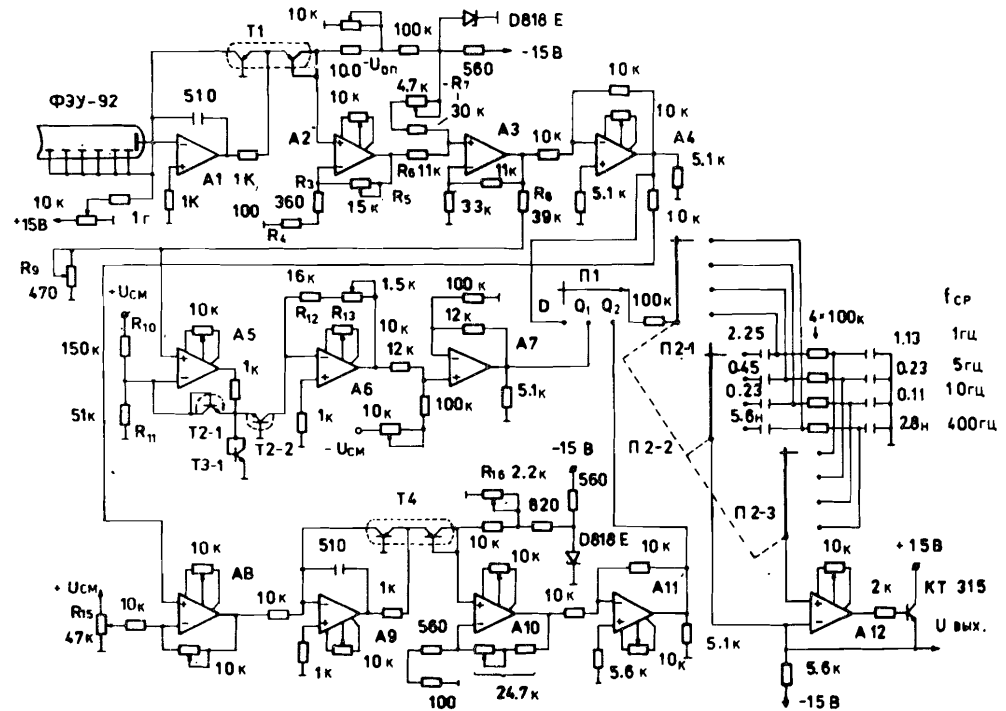


Рис.6. Принципиальная схема аналогового преобразователя: А1 - К544УД1А, А2-А12 - К140УД6, Т1 - К198НТ6Б, Т2 - К159НТ1В.

Сканирование спектрограммы осуществляется за счет перемещения ее относительно неподвижного светового луча в перпендикулярной к нему плоскости с помощью X - и Y -приводов на шаговых двигателях. Степень дискретизации спектра определяется шагом фотометрирования в микрометрах: $h = (1000/240) \cdot n$, где $n = 1, 2, 3, \dots, 99$ - коэффициент, устанавливаемый на блоке формирования стробирующего импульса. Используемый шаг фотометрирования обычно составляет 25 мкм. Погрешность измерения координат не превышает 10 мкм.

Электроника управления и узел аналоговой обработки видеосигнала конструктивно выполнены в крейте системы "Вектор". Отдельно выполнен силовой блок, в котором размещены источники питания всех узлов установки и фазные усилители шаговых двигателей. Крейт "Вектор" и силовой блок размещены в стойке. Элементной базой устройства являются интегральные схемы средней степени интеграции, транзисторные сборки, операционные усилители и полупроводниковые матричные индикаторы.

ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ЭВК

Погрешность определения относительных интенсивностей ЭВК складывается из погрешности определения оптической плотности, которая обусловлена аппаратурной погрешностью и шумами фотослоя, и из погрешности перехода от оптической плотности к исходным электронным интенсивностям.

Аппаратурная погрешность σ_D обусловлена нестабильностью источников питания ФЭУ и осветителя, шумами измерительного тракта, темновым током ФЭУ, его усталостью, временным дрейфом ФЭУ и электроники, погрешностью аналогового расчета D и нелинейностью световой характеристики ФЭУ.

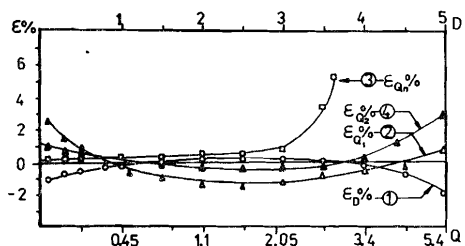


Рис.7. Относительные погрешности $\epsilon_{Q_1}\%$, $\epsilon_{Q_2}\%$ аналогового расчета по выражениям (1) и (2) величин Q - кривые 2 и 4, относительные погрешности $\epsilon_{Q_n}\%$ программного расчета величины Q - кривая 3, относительные погрешности аналогового расчета оптической плотности $\epsilon_D\%$ - кривая 1.

Систематические погрешности в определении D, Q_1 (по выражению (1)) и Q_2 (по выражению (2)) в виде относительных отклонений (в процентах) величин D, Q_1 , Q_2 , определенных аналоговым способом, от истинных D_n , Q_{1n} и Q_{2n} приведены на рис.7. Там же приведены значения $\epsilon = \frac{Q_n - Q_n}{Q_n} \cdot 100\%$ при программном расчете $Q_n^{1,2}$.

Погрешность аналогового расчета, так же как и погрешность в определении D из-за нелинейности световой характеристики, имеет систематический характер и учитывается при последующей математической обработке спектров на ЭВМ.

Рассмотрим погрешность измерения оптической плотности, обусловленную нестабильностью источника питания осветителя. Электрические и световые характеристики ламп накаливания взаимосвязаны. Для небольших изменений режима питания лампы накаливания можно записать ^{/9,10/}:

$$\frac{\Delta\Phi}{\Phi} = 2,22 \cdot \frac{\Delta W}{W} = 3,51 \cdot \frac{\Delta U}{U} = 6,05 \cdot \frac{\Delta I}{I} = 8,36 \cdot \frac{\Delta R}{R}. \quad (3)$$

Здесь Φ - световой поток, W - мощность, U - напряжение, I - ток, R - сопротивление нити накаливания. Из этого выражения следует, что наиболее эффективным средством стабилизации светового потока лампы на-

каливания является стабилизация тока лампы или сопротивления нити накаливания. Стабилизация величины R не дает заметных преимуществ перед стабилизацией тока лампы для обычных ламп накаливания из-за наличия переходных сопротивлений ^{/11/}. По этой причине лампа осветителя питается от источника тока, стабилизированного с точностью 0,01%, что приводит к погрешности измерения оптической плотности $\sigma_D = 3 \cdot 10^{-4}$. Погрешность σ_D , обусловленная изменением коэффициента усиления (ΔG) ФЭУ вследствие нестабильности питающего напряжения, составляет величину $8 \cdot 10^{-4}$ и рассчитывается по следующей формуле ^{/10/}:

$$\Delta D = (0,7 - 1,0) \cdot n \cdot \lg e \cdot \frac{\Delta U}{U}, \quad (4)$$

где n - число используемых диодов; $\frac{\Delta U}{U}$ - относительное изменение напряжения питания ФЭУ; e - основание натурального логарифма.

Погрешность ΔD_T , обусловленная темновым током (I_T) ФЭУ, определяется из следующего соотношения:

$$\Delta D = \lg\left(1 + \frac{I_T}{I_0} \cdot T \cdot 10^D\right), \quad (5)$$

где I_0 - величина тока ФЭУ для D = 0. Для D = 3 погрешность составляет $2,2 \cdot 10^{-4}$, для D = 5 она возрастает до значения $2,1 \cdot 10^{-2}$.

Погрешность измерения оптической плотности, обусловленная шумами измерительного тракта, составляет 0,7% для D = 0,1 и 0,2% для D = 3.

Экспериментально измеренная нестабильность всего измерительного тракта, включая аналоговый преобразователь видеосигнала и АЦП, за 30 минут (при двухчасовой предварительной тренировке ФЭУ для максимального тока анода (200 мкА) и прогреве в течение такого же времени электроники) составила 1,1%.

Суммарная аппаратурная погрешность измерения оптической плотности D = 3, обусловленная нестабильностью источников питания ФЭУ и осветителя, шумами, темновым током ФЭУ, составляет 0,3%. При D = 0,1 эта погрешность достигает 2%.

Погрешность в измерении D за счет временной нестабильности измерительного тракта может быть уменьшена в несколько раз за счет сокращения времени фотометрирования при обработке бета-спектрограмм отдельными фрагментами.

В работе ^{/3/} нами были рассмотрены погрешности измерения оптической плотности σ_D , обусловленные зернистой структурой фотографического изображения спектра ЭВК. Эта составляющая общей погрешности измерений оптической плотности в несколько раз превышает аппаратурную погрешность. Для объективного определения погрешности D в каждой точке спектра и одновременного ее снижения нами было предложено ^{/3/} использовать при фотометрировании спектрограмм метод накопления, который заключается в многократном фотометрировании их по разным неперекрывающимся дорожкам.

Результаты каждого фотометрирования запоминаются в памяти ЭВМ и затем используются для расчета среднего значения \bar{D} и $\sigma_{\bar{D}}$ в каждой точке спектра. Значительный вклад в погрешность \bar{D} могут вносить дефекты фотослоя и загрязненность его поверхности. В таких случаях применяется фильтрация результатов многократного фотометрирования перед их усреднением и расчетом $\sigma_{\bar{D}}$.

Заметный вклад в погрешность определения относительных интенсивностей ЭВК вносит процесс пересчета спектра от оптических плотностей к относительным значениям исходных электронных интенсивностей. Этот переход осуществляется с помощью характеристической кривой (ХК) бета-спектрограмм, устанавливающей связь между экспозицией N (число электронов, зарегистрированных единицей поверхности фотослоя) и оптической плотностью D и с помощью кривой спектральной чувствительности (зависимости чувствительности фотоэмульсии от энергии электронов). Линии ЭВК на L -, M - и др. подболочках мало отличаются по энергии. Поэтому при определении относительных интенсивностей, например, $L_1: L_2: L_3$ линий ЭВК γ -перехода, требуется учитывать лишь первую зависимость.

Для исследуемых бета-спектрограмм характерна нелинейная зависимость D от N в области $D \leq 1-1,5$, которая в ряде случаев может быть описана зависимостью (1) для параметра $C = 6,20$, и низкий уровень насыщения оптической плотности, расположенный в области $D \approx 4$. Мы показали ^{/7/}, что эти особенности ХК бета-спектрограмм обусловлены эффектами проявления.

Исследуемые спектрограммы были получены в течение ряда лет различными экспериментаторами. Они проявлялись стандартным образом по одинаковой методике для разных толщин фотослоя и энергий электронов. В этих условиях неизбежны отклонения в форме ХК, а также в положении уровня насыщения D . Так, с ростом толщины фотоэмульсии для небольших энергий электронов, глубина проникновения в фотослой которых меньше его толщины, уровень насыщения оптической плотности сдвигается в сторону больших D , и прямолинейный участок на ХК расширяется. Неизбежные отклонения в режимах проявления спектрограмм, вызванные отклонениями температуры проявителей, времени проявления, кинетики проявления и т.д., будут также сказываться на положении уровня условного насыщения D и соответственно на форме ХК, особенно в области больших плотностей. Отсюда следует, что использование усредненной ХК, описываемой выражением (1) с параметром $C = 6,2$ для больших ($D > 2$) оптических плотностей, будет приводить к существенным погрешностям в определении относительных интенсивностей ЭВК.

Для уменьшения этого источника погрешностей была разработана методика определения индивидуальных ХК для спектрограмм, основанная на использовании L -групп ЭВК с известными характеристиками ^{/13/}.

Проведенные нами исследования, результаты которых представлены в ^{/7/}, показали также, что на используемых фотоэмульсиях типа Р с толщиной фотослоя порядка 50 мкм могут быть получены оптические плотности $D \gg 5$ практически для всего диапазона энергий ЭВК, исследуемых с помощью бета-спектрографов. Линейный же участок на ХК может быть увеличен до значений $D \approx 4$, если использовать проявитель D19 и активную кинетику проявления. Наличие обширного линейного участка на ХК существенно упрощает процедуру извлечения данных из спектрограмм и позволяет существенно повысить точность получаемых данных.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕКТРОВ ЭВК

Из-за сложности и многочисленности процессов, оказывающих влияние на формирование спектральной линии ЭВК, очень трудно выбрать аналитическое выражение, которое бы достаточно полно ее описывало в широком диапазоне энергий E_e от 3 до 3300 кэВ. Поэтому для математической обработки спектров ЭВК нами было предложено ^{/13/} использовать программу с табличным заданием модельной линии ^{/12/}. В качестве модели используется либо гистограмма реального распределения одиночной K -, L -линии, либо модель в виде таблицы, созданная на основе любого подходящего аналитического выражения.

Для математической обработки спектров ЭВК разработано соответствующее программное обеспечение на ЭВМ ЕС-1010 и ЕС-1040. Программное обеспечение ЭВМ ЕС-1010 позволяет осуществлять программный прием информации с УАФ и пересчитывать к оптической или электронной плотности результаты многократного фотометрирования с фильтрацией данных и расчетом дисперсий для каждой точки спектра. Результаты фотометрирования в виде усредненного спектра в оптических или электронных плотностях с соответствующим спектром дисперсий записываются на магнитную ленту. В состав математического обеспечения входят также программа предварительной разметки спектра с записью данных на магнитную ленту и ряд сервисных программ, предназначенных для периодического контроля характеристик УАФ. Предварительная разметка спектра осуществляется в рамках, предусмотренных программой UPEAK ^{/12/}. Для каждого обрабатываемого участка спектра указываются границы модельных пиков (не более двух моделей на один обрабатываемый участок), затем указываются границы участка и далее последовательно отмечается координата пика и модель для него.

Обработка спектров осуществляется на ЭВМ ЕС-1040, для чего разработаны соответствующие программы. Это основная обрабатывающая программа, обращающаяся к программе UPEAK, три вспомогательные программы, которые предназначены для параметризации фор-

мы линии, описываемой соответственно функциями "Гаусс плюс экспонента" и "Гаусс плюс две экспоненты" от энергии электронов, и программы, предназначенные для энергетической калибровки спектра по методу трех реперов и расчета полуширин линий.

Анализ результатов, получаемых при обработке L-групп ЭВК из бета-спектрограмм с помощью разработанной аппаратуры и методики, проводится путем сравнения экспериментальных и теоретических значений отношений коэффициентов внутренней конверсии (КВК) для чистых по мультипольности переходов типа E2. Нами был уточнен ^{14/} мультипольный состав перехода 108,12 кэВ ¹⁵¹Tb как M1+41,7 (6) %E2 (M1+50%E2 ^{15/}) и перехода 164,98 кэВ ¹⁴⁹Tb как M1+46,8 (8) %E2 (M1+40%E2 ^{16/}). В работе ^{17/} были приведены данные мультипольности некоторых γ -переходов в ядрах тулия и гольмия, определенные нами по описанной выше методике. Для переходов типа E2 экспериментальные величины $L_1 : L_2 : L_3$ в пределах ошибок совпадают с расчетными. Это свидетельствует о том, что полученные погрешности реальны. Для ряда γ -переходов существенно уточнены выводы об относительных интенсивностях $L_1 : L_2 : L_3$ -линий ЭВК и, соответственно, уточнены данные о мультипольности этих переходов.

Таким образом, полученные результаты показывают, что разработанное устройство автоматического фотометрирования и созданная методика анализа экспериментальных данных, получаемых на магнитных бета-спектрографах с постоянным магнитным полем, позволяет измерять относительные интенсивности компактно расположенных групп линий $L_1 : L_2 : L_3$ и $M_1 : M_2 : M_3$ и т.д. с высокой точностью (порядка 5-10%), что существенно повышает точность определения коэффициентов смешивания мультипольностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононенко Г.А. и др. В кн.: Тезисы докл. XXVII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1977, с.367.
2. Исламов Т.А., Кононенко Г.А. и др. ОИЯИ, P10-12794, Дубна, 1979.
3. Абдуразаков А.А., и др. В сб.: Прикладная ядерная спектроскопия. Энергоатомиздат, Л., 1984, вып.13, с.110.
4. Кононенко Г.А. и др. В сб.: Прикладная ядерная спектроскопия. Энергоатомиздат, Л., 1984, вып.13, с.203.
5. Бруданин В.Б. и др. ОИЯИ, 6-82-624, Дубна, 1982.
6. Габриэль Ф. и др. ОИЯИ, P13-11201, Дубна, 1978.
7. Кононенко Г.А. и др. ОИЯИ, 13-85-125, Дубна, 1985.
8. Абдуразаков А.А. и др. ОИЯИ, 6-84-597, Дубна, 1984.
9. Преснухин Л.Н. и др. Фотоэлектрические преобразователи информации. "Машиностроение", М., 1974.
10. Гришин М.П. и др. Автоматический ввод и обработка фотографических изображений на ЭВМ. "Энергия", М., 1976.
11. Мейси Г. Приборы для научных исследований. 1976, № 2, с.124.
12. Злоказов В.Б. ОИЯИ, P10-10350, Дубна, 1976.

13. Злоказов В.Б. и др. ОИЯИ, P6-85-606, Дубна, 1985.
14. Кононенко Г.А. и др. ОИЯИ, P6-85-717, Дубна, 1985.
15. Бадалов Н.Б. и др. ОИЯИ, P6-81-345, Дубна, 1981.
16. Вылов Ц. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1972, т.36, с.2118.
17. Громов К.Я. и др. В кн.: Тезисы докл. XXXVI совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1986, с.115.
18. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы. "Советское радио", М., 1979, с.195.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 августа 1986 года

Кононенко Г.А., Кузнецов В.В., Цупко-Ситников В.М.
Методика обработки бета-спектрограмм и погрешности
при анализе L-структур ЭВК

P6-86-536

Описывается устройство автоматического фотометрирования (УАФ) с приводами каретки по двум осям на шаговых двигателях, установленное на линии с ЭВМ. Устройство предназначено для обработки бета-спектрограмм. Рассмотрены погрешности определения относительных интенсивностей конверсионных электронов, вызванные свойствами фотоэмульсии, используемой для регистрации ЭВК, характеристиками бета-спектрограмм и УАФ. Описана методика обработки спектров ЭВК. Для математической обработки спектров используется программа UPEAK с табличным заданием модельной линии. Сделан вывод о том, что с помощью УАФ и разработанной методики обработки спектров ЭВК из бета-спектрограмм могут быть получены значения отношений интенсивностей L-, M-линий ЭВК с погрешностью 5-10%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Kononenko G.A. et al.

P6-86-536

Procedure of Beta-Spectrogram Processing and Errors
at the Analysis of ICE L-Structures

The device for automatic photometric measuring with pitch drives of the carriage on both axes on-line with the computer is described. It is intended for processing β -spectrograms from magnetic spectrographs. Errors at determining the relative intensities of conversion electrons due to the properties of photoemulsions used for spectrum detection, β -spectrogram properties and to characteristics of β -spectrograms and of the device for automatic photometric measurement. The procedure of ICE spectrum processing is described. For mathematical processing of spectra UPEAK program is used which applies table task of the model line. The conclusion is drawn that the relations of ICE L-, M-line intensities could be obtained from the beta-spectrograms using this equipments and the elaborated procedure of processing with 5-10% error.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986