

93-139



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Р6-93-139

А.А.Абдуразаков¹, Ю.С.Бутабаев¹, К.Я.Громов,
Н.А.Лебедев, Р.А.Ниязов¹, П.Н.Усманов²,
А.Х.Холматов¹, В.Г.Чумин

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
БЕТА-СПЕКТРОГРАФА
С ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ
ДЕТЕКТОРОМ

Направлено в Оргкомитет 43 Международного совещания по
ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Дубна,
апрель 1993 года

¹Ташкентский государственный университет

²Московский государственный университет

Экспериментальное исследование свойств нуклидов, удаленных от полосы бета-стабильности, в частности, изучение спектров электронов внутренней конверсии (ЭВК) короткоживущих изотопов предполагает использование многоканальных спектрометров высокого разрешения с высокой степенью эффективности регистрации. Прибором подобного типа является бета-спектрограф с позиционно-чувствительным детектором (ПЧД) на основе микроканальных пластин (МКП) /1/.

Данная работа является продолжением комплекса работ, связанных с усовершенствованием конструкции прибора, созданного в ЛИЯФ им.Константинова /2/. Аналогичный прибор с улучшенными характеристиками создан в ЛЯП ОИЯИ.

Вакуумная камера бета-спектрографа изготовлена из дюралюминия и находится в магнитном поле прибора. При изготовлении камеры предусмотрена возможность работы установки в режимах "off-line" и "on-line". В "off-line" режиме радиоактивный источник доставляется в камеру на штоке с помощью шлюза, позволяющего осуществлять замену источника без нарушения вакуума. Время, затрачиваемое на смену источника, составляет 30 сек. Радиоактивный источник изготавливается методом электролитического осаждения на платиновую проволоку диаметром 0,1 мм.

Для работы в режиме "on-line" создан лентопротяжный механизм, представляющий собой вакуумную камеру с подающей и принимающей кассетами. Имплантация радиоактивных атомов осуществляется на майларовую ленту в ионопроводе масс-сепаратора, затем подложка с имплантированным

радиоактивным веществом протягивается в камеру и останавливается на фиксированное время напротив щели, в это же время радиоактивные атомы имплантируются на ленту в ионопроводе. Для уменьшения геометрических размеров подложки предусматривается возможность наклона широкого источника в камере. Входная щель расположена от источника на расстоянии $30 \pm 0,1$ мм. Ширина щели регулируется двумя независимыми шторками без нарушения вакуума. Для подавления γ -фона источник отделен от детектора свинцовой защитой.

Максимальный радиус траектории регистрируемых электронов бета-спектрографа составляет 23 см, минимальный - 5 см. Следовательно, при наличии магнитного поля $B=100$ Гс на участке фокальной плоскости длиной в 38 см можно одновременно регистрировать электроны с энергией от 22 до 347 кэВ. Для регистрации всего диапазона энергий бета-спектрометра в камере предусмотрена возможность перемещения ПЧД вдоль фокальной плоскости.

Для нормального функционирования МКП существует необходимость создания в камере безмасляного вакуума не хуже $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст. Система откачки установки состоит из двух "линий": форвакуумной и линии "высоковакуумной откачки". Форвакуумная линия позволяет откачивать объем камеры вплоть до 10^{-3} мм рт.ст. Для исключения дрейфа паров масел в вакуумной системе предусмотрены азотные ловушки. Высокий вакуум создается работой турбомолекулярного насоса. Включение турбомолекулярного насоса (ТМН) в линию производится при наличии вакуума 10^{-3} мм рт.ст. в объеме камеры, при этом форвакуумная линия отключается непосредственно от камеры, оказываясь включенной в линию последовательно, через ТМН. Время откачки камеры до уровня необходимого давления составляет 10 мин.

Позиционно-чувствительный детектор состоит из двух МКП размером 12×60 мм, собранных в шевронную сборку, и резистивного анода. Ширина зазора между МКП составляет 0,3 мм. Напряжение, подаваемое на каждую МКП, и напряжение, прикладываемое между МКП и анодом, составляет ~ 910 В и 200 В соответственно. Анод представляет собой резистивную

полоску размером 57×12 мм, полученную в результате нагрева, испарения и осаждения нихрома на сеталовую подложку в замкнутой камере в условиях вакуума. Сопротивление анода составляет 240 кОм.

В настоящей работе координата падения конверсионных электронов (КЭ) на детектор определялась по методу деления заряда. Измерительная система собрана из электронных блоков в стандарте КАМАК и управляется персональным компьютером.

С целью определения нелинейности детектора при измерении координаты линий КЭ и эффективной светосилы прибора проведены измерения спектров ЭВК, образующихся при распаде ^{169}Yb и ^{167}Tm . Спектры ЭВК ^{167}Tm и ^{169}Yb , измеренные при помощи бета-спектрографа с ПЧД на основе МКП, изображены на рис.1. Ширина линии на полувысоте для $K-207$ ^{167}Tm составляет 320 мкм, что соответствует приборному разрешению $\Delta V_p/V_p = 0,11\%$ ($\Delta E = 300$ эВ). Детектор длиной 60 мм при $B=100$ Гс (при фиксированном положении) одновременно регистрирует участок спектра протяженностью в 65 кэВ. Для определения нелинейности детектирования линия ЭВК $K-207$ ^{167}Tm измерялась 8 раз по 20 минут. При каждом новом измерении детектор передвигался на 5 мм в сторону возрастания ρ , что позволило осуществить регистрацию линии $K-207$ на различных участках детектора.

Исследования показали, что точность определения координаты максимума пика линии КЭ лучше 20 мкм, соответственно нелинейность детектора составила 0,04 % (см. рис.2). Светосила прибора определялась по линии $K-198$ ^{169}Yb . Гамма-спектр ^{169}Yb был измерен на $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторе с чувствительным объемом $V = 100$ см³. Для определения эффективности гамма-спектрометра использовался стандартный калибровочный источник ^{182}Ta . Таким образом, светосила прибора оказалась равной $1,3 \times 10^{-3}\%$ (~10% геометрической). С учетом многоканальной регистрации спектра эффективная светосила составила примерно 1,3%.

Зависимость эффективности регистрации электронов ПЧД от энергии нами исследовалась ранее и приведена в работе /2/.

Значение собственного фона для чувствительной области детектора площадью 10×57 мм составляет 2-3 имп./час·см². В среднем на площадь МКП, соответствующей отдельному спектральному пику, приходится порядка 0,09 имп./час.

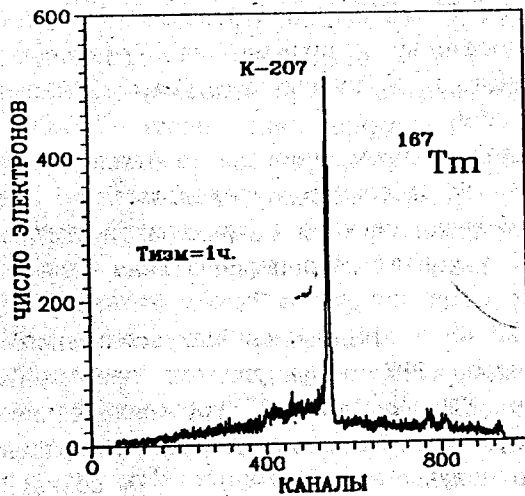


Рис.1. а. Конверсионная линия К-207 из распада ^{167}Tm
 $\Delta V_p/V_p=0,11\%$

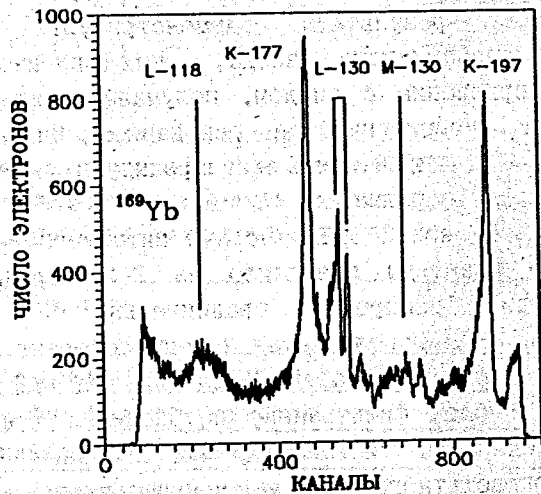


Рис.1. в. Спектр ЭВК, образуемый при распаде ^{169}Yb .
 Для линии К-177 $\Delta V_p/V_p=0,27\%$

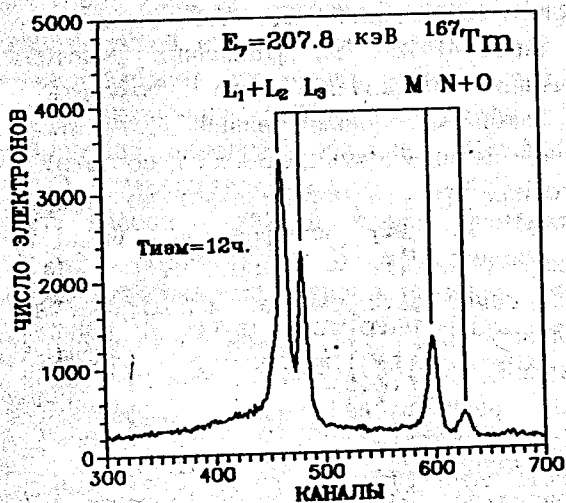


Рис.1. б. Конверсионные линии L_{1-3} , М, N+O-207
 из распада ^{167}Tm . Для линии L_3 $\Delta V_p/V_p=0,11\%$

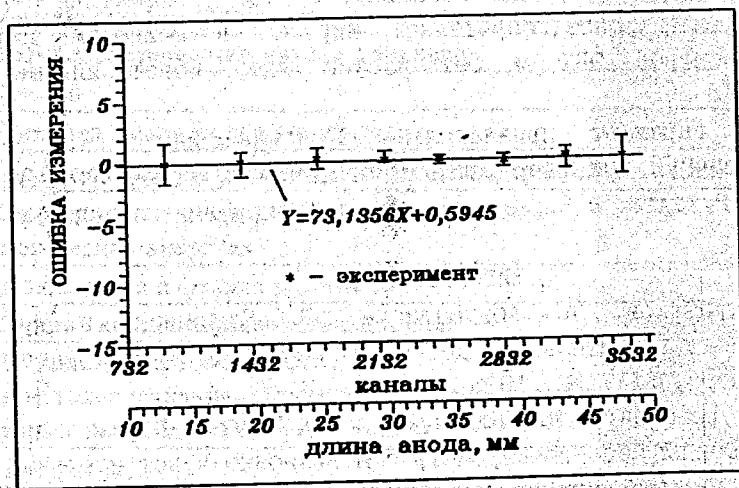


Рис.2. Оценка точности определения координаты пика линии К207.
 По оси абсцисс - № канала пика линии К207. По оси ординат -
 разность измеренного и вычисленного каналов пика линии К207

Полученные результаты демонстрируют несомненное преимущество резистивного анода, изготовленного методом напыления, по сравнению с анодом, получаемым ручной намоткой проводника на диэлектрическое основание. ПЧД с подобной конструкцией анода использовались в предыдущих экспериментах и имели нелинейность порядка 1-2 %.

Использование новой схемы подачи питающего напряжения на микроканальные пластины позволило на 2-3 порядка улучшить фоновые условия измерений сравнительно с предыдущими экспериментами [2]. Используемая схема содержит резистивный делитель, позволяющий подавать напряжение на МКП ступенчато, по 100 В, и блок фильтрации, необходимый для уменьшения паразитной генерации источника напряжения. В качестве источника высоковольтного напряжения используется модуль КАМАК - ВИНКД.

Полученные эксплуатационные характеристики бета-спектрографа с ПЧД на МКП позволяют сделать вывод о необходимости использования прибора в точных спектроскопических измерениях с высоким разрешением и с учетом таких характеристик, как многоканальность и эффективность регистрации электронов, определяют широкие возможности для изучения спектров ЭВК и бета-частиц ядер короткоживущих изотопов.

Авторы выражают признательность Солнышкину А.А. за помощь, оказанную при разработке и создании прибора, а также благодарят Рухадзе Н.И. за помощь в измерениях γ -спектра ^{169}Yb .

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А.Абдуразаков, А.А.Абдумаликов, Ю.С.Блинников и др. Позиционно-чувствительный детектор многоканального бета-спектрометра, ПТЭ, №2, 1990, с.56-61.
2. А.А.Абдуразаков, Ю.С.Блинников, Ю.С.Бутабаев и др. Многоканальный бета-спектрометр с позиционно-чувствительным детектором на основе микроканальных пластин. В кн.: "Вопросы точности ядерной спектроскопии". Вильнюс, 1990.

Рукопись поступила в издательский отдел

23 апреля 1993 года.