

11578

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

18/ix - 78



B-166

4075/2-78

P7 - 11578

Д.Вальцог, В.Нойберт, Х.Зодан,
Н.К.Скобелев

О ВОЗМОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ПРОДУКТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
С ПОМОЩЬЮ ЛАВИННЫХ СЧЕТЧИКОВ

1978

P7 - 11578

Д. Вальцог,* В. Нойберт,* Х. Зодан,
Н. К. Скобелев

О ВОЗМОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ПРОДУКТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
С ПОМОЩЬЮ ЛАВИННЫХ СЧЕТЧИКОВ

Направлено в ПТЭ

*ЦИЯИ, АН ГДР, Россендорф.

Вальцог Д. и др.

P7 - 11578

О возможности идентификации продуктов ядерных реакций с помощью лавинных счетчиков

Описаны основные узлы установки с лавинным счетчиком для временных измерений в реакциях с тяжелыми ионами. Изучены временные и энергетические спектры упругорассеянных ионов ^{136}Xe , ускоренных на 310-см циклотроне ОИЯИ. Временное разрешение лавинного счетчика составляет ~ 370 пкс. Возможности установки демонстрируются на примере идентификации ядер отдачи углерода и золота по времени пролета и удельной ионизации.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Walzog D. et al.

P7 - 11578

On a Possibility of Identification of Nuclear Reaction Products by Means of Avalanche Counters

The performance of a transmission parallel plate avalanche counter for timing measurements in heavy ion reactions is described. Energy and time-of-flight spectra were investigated from ^{136}Xe scattered ions using the beam of the U-310 cm cyclotron. The time resolution of the transmission parallel plate avalanche counter was 375 picoseconds (FWHM). Possibilities of the arrangement are demonstrated, taking as an example the identification of carbon and gold recoils in time-of-flight experiment.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

Для измерения времени пролета продуктов ядерных реакций с тяжелыми ионами было применено устройство с лавинным детектором, разработанным в ЦИЯИ/Россендорф, ГДР/ и описанным в работе^{1/}.

Лавинный детектор представляет собой плоскопараллельный конденсатор, пластинами которого являются две органические пленки с напыленными на них тонкими слоями золота. Проходящая газовый объем частица ионизирует молекулы, возникающие при этом электроны в сильном электрическом поле создают ударную ионизацию. Быстро нарастающий сигнал электронной лавины используется для временных отметок. Детектор размещается в стальной камере с входным и выходным вакуумными окнами, которые отделяют газовый объем счетчика /давление от 5 до 20 Тор/ от реакционной камеры и ионопровода с высоким вакуумом. Выбранная конструкция /рис. 1а/ позволяет разместить в камере два лавинных детектора. В качестве вакуумных окон и пластин используются тонкие фольги из формвара /толщиной около 40-50 мкг/см²/. Вакуумные окна поддерживаются растровой сеткой из латуни с прозрачностью 60%. Вакуумное уплотнение пленок осуществляется с помощью однокомпонентного клея низкой вязкости типа FIMOFIX*.

На рис. 1б изображена вакуумная система устройства. Откачка детектора и заполнение газом производится таким образом, что давление внутри камеры остается

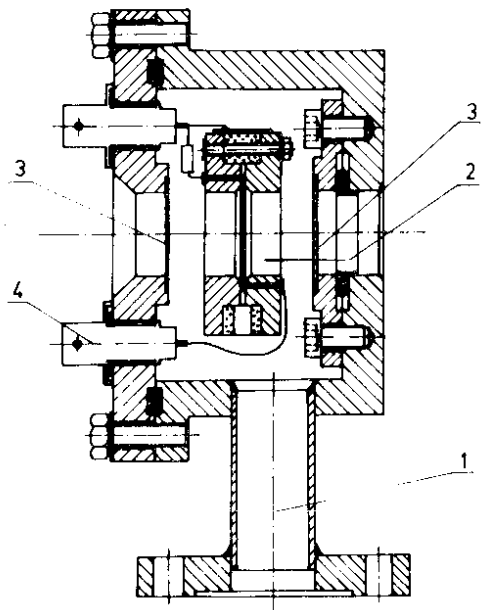


Рис.1а. Монтажная схема камеры лавинного счетчика: 1 - подвод газа, 2 - лавинный счетчик, 3 - растровая сетка с вакуумной пленкой, 4 - вакуумный разъем.

всегда несколько бóльшим, чем снаружи. Детектор наполняется насыщенными парами гептана, температура которого поддерживается постоянной с помощью элемента Пельтье. При этом гарантируется постоянство давления газа в пределах $\pm 0,1$ Тор, что оказывается весьма существенным для стабильной работы лавинного детектора.

Параметры данного устройства были проверены на циклотроне У-300 ЛЯР ОИЯИ с помощью ионов ^{136}Xe , ускоренных до энергии 112 МэВ, а также на изохронном циклотроне У-200 с помощью рассеянных α -частиц. Схема опыта представлена на рис. 1б. Мишень из

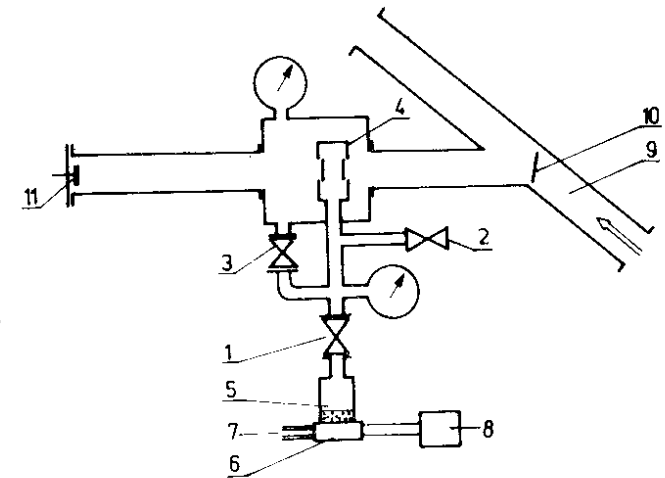


Рис.1б. Схематическое изображение устройства с лавинным счетчиком; 1,3 - вентили, 2 - игольчатый вентиль, 4 - камера детектора, 5 - сборник жидкости, 6 - элемент Пельтье, 7 - охлаждение, 8 - выпрямитель, 9 - ионопровод, 10 - мишень, 11 - кремниевый детектор.

золота толщиной ~ 100 мкг/см² облучалась α -частицами или ионами ^{136}Xe . Упругорассеянные частицы регистрировались детектором под углом 20° к направлению пучка. На рис. 2 приведены амплитуды сигналов, полученных со счетчика при различных напряжениях между потенциальными фольгами, для α -частиц и ионов ксенона, соответственно. При небольшой напряженности электрического поля для ионов ^{136}Xe в отличие от α -частиц, наблюдается заметное отклонение от экспоненциального роста амплитуды, характерного для уравнения Таунсенда. Этот эффект указывает на наличие значительного пространственного заряда. При регистрации α -частиц, которые обладают меньшей удельной ионизацией, это явление наблюдается только вблизи искрового порога. Поэтому отношение амплитуд сигналов для ионов ксенона и α -частиц с увеличением напряженности электрического поля значительно отклоняется от отношения

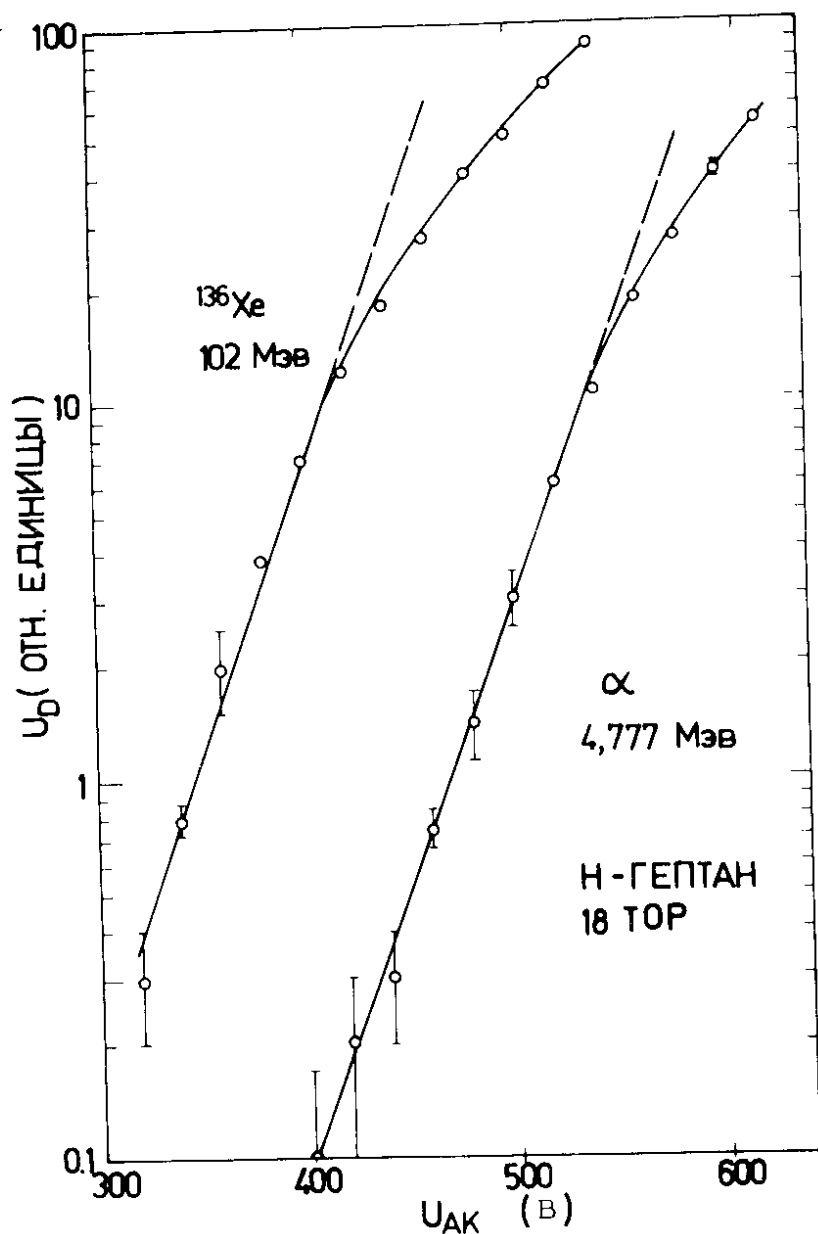


Рис.2. Зависимость высоты импульсов от напряжения между анодом и катодом $U_{ак}$ для α -частиц и ионов ксенона.

$\Delta E(\text{Xe}) / \Delta E(\alpha) \approx 70$, рассчитанного с учетом потерь энергии частиц в объеме детектора.

На рис. 3а показан типичный амплитудный спектр, характеризующий потери энергии ΔE между потенциальными фольгами детектора. Флуктуации в процессе развития лавины на небольшом расстоянии $d = 1,5$ мм накладывают ограничения на энергетическое разрешение. Для ионов ^{136}Xe наилучшее разрешение было получено при давлении ≥ 20 Тор и составляло величину $\delta E / \Delta E \approx 15\%$.

Характерной особенностью лавинного счетчика является быстро нарастающий сигнал электронной лавины, которая отделяется от ионной составляющей путем подбора постоянной времени дифференцирующей цепи ~ 40 нс/. На быстром выходе предусилителя П213 ^{12/} типичная амплитуда импульса для ионов ксенона достигает $\sim 5 \cdot 10^{-2}$ В с фронтом нарастания не больше 5 нс. Эти быстрые сигналы усиливаются и пропускаются через формирователь с пересечением нуля.

На рис. 3б показан типичный временной спектр, полученный с помощью двух идентичных лавинных счетчиков при прохождении через них ионов ^{136}Xe . Временное разрешение за вычетом электронного разрешения аппаратуры ~ 90 пкс/, отнесенное к одному детектору, составляет 370 пкс.

Возможности данного детектора испытаны в эксперименте, в котором лавинный счетчик был применен в качестве детектора "Нуля времени" для регистрации тяжелых частиц. Мишень из золота толщиной ~ 100 мкг/см², напыленная на тонкую подложку из углерода ~ 50 мкг/см² /, облучалась ионами $^{136}\text{Xe}^{+7}$ с энергией 112 МэВ, а под углом 45° регистрировались рассеянные ионы ^{136}Xe /72,5 МэВ/, ядра отдачи золота /53,9 МэВ/ и углерода /16,6 МэВ/. Прошедшие лавинный счетчик /суммарная толщина около 400 мкг/см²/ частицы регистрировались в конце пролетной базы длиной 74 см кремниевым детектором, с помощью которого измерялась их энергия. С этого же детектора снимался сигнал для временной отметки "стоп". Большая толщина полупроводникового детектора /1 мм/ и высокое удельное сопротивление > 5 кОм·см/ ограничивали его вре-

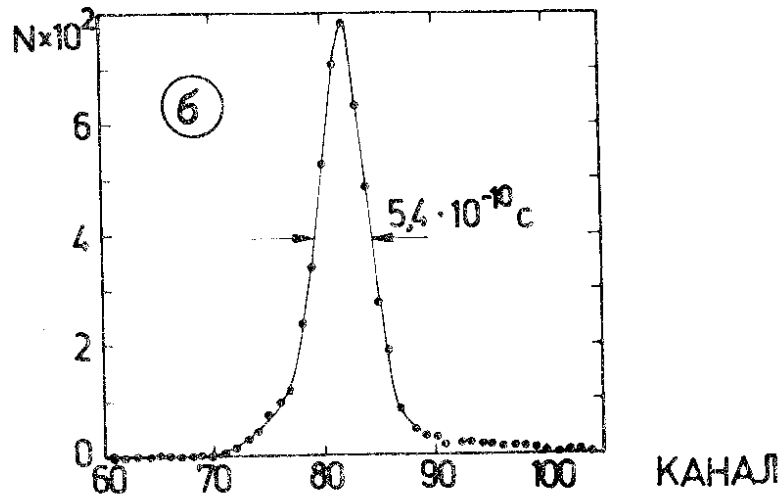
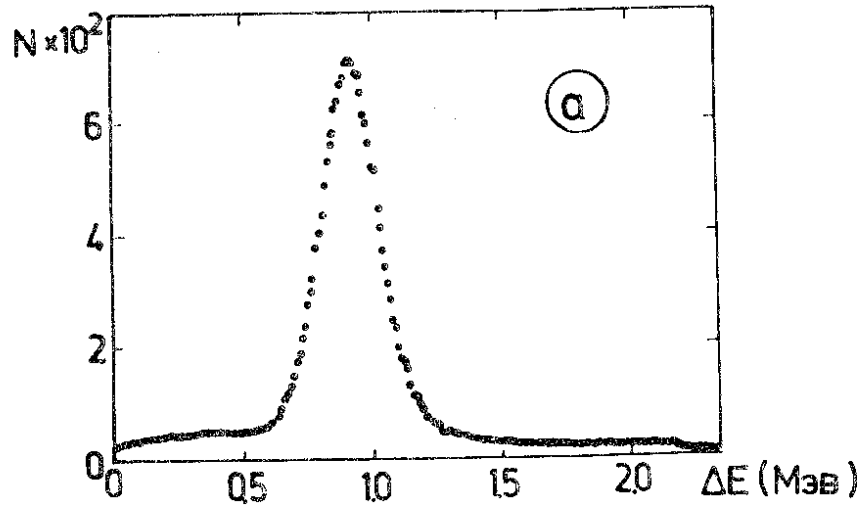


Рис.3. а/ Амплитудный ΔE -спектр упругорассеянных ионов ^{136}Xe с энергией 72,5 МэВ. /Лавинный счетчик $d=1,5$ мм, давление п-гептана 12 Тор и $U_{\text{ак}}=580$ В/. б/ Временной спектр, полученный с помощью двух лавинных счетчиков, расположенных друг за другом на расстоянии 2,5 см, при прохождении ионов ^{136}Xe с энергией 72,5 МэВ. Данные детекторов: $p=6$ Тор п-гептана, $d=1,5$ мм, $F=2,5$ см², $U_{\text{ак}}(1)=+450$ В, $U_{\text{ак}}(2)=+520$ В.

менное разрешение ≈ 2 нс/. Был проведен двумерный анализ по времени пролета и остаточной энергии частиц /или величине энергетических потерь частиц/. Результаты измерений показаны на рис. 4.

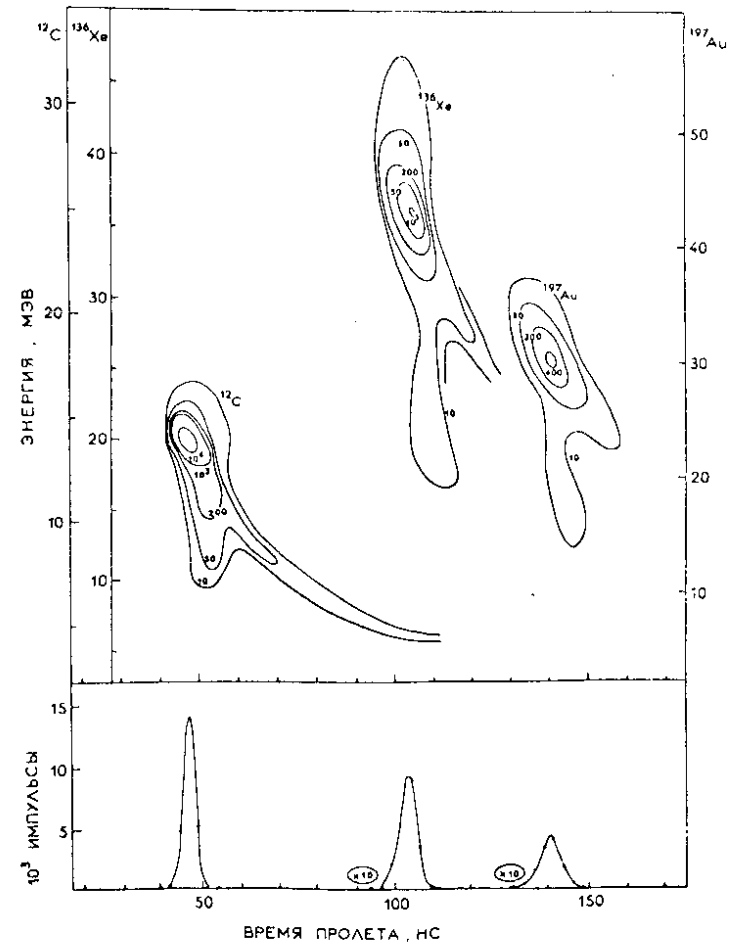


Рис.4. Двумерный спектр продуктов реакций, возникающих при облучении мишени золота ~ 100 мкг·см⁻² на подложке углерода ~ 50 мкг·см⁻² ионами ^{136}Xe с энергией 112 МэВ. По оси абсцисс представлено распределение по времени пролета, а по оси ординат - остаточная энергия частиц, измеренная кремниевым детектором.

Из рис. 4 видно, что двумерные спектры позволяют четко выделить продукты различных масс, причем наиболее существенное разделение может быть получено на основе измерений времени пролета продуктов реакций.

Результаты проведенных опытов показывают, что данное детектирующее устройство может быть использовано как детектор "Нуля времени" для измерения времени пролета заряженных частиц /в том числе, и осколков деления/, а также в качестве тонкого ΔE -детектора.

Авторы выражают свою благодарность У.Бауман за помощь при изготовлении счетчиков и К.Шиллингу за испытания вакуумных пленок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Neubert W. et al. Jahresbericht ZfK Rossendorf 1977, Beitrag 6.11; 6.12.
2. Арльт Р. и др. ОИЯИ, 13-3769, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 мая 1978 года.