



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

1234 / 2-81

9/III-81

13-80-769

В.М.Головин, В.В.Кондратьев, А.Г.Федунов

О ДИАГНОСТИКЕ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ
АЗОТА ПО ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ
В МИШЕНЯХ ПРИ МАЛОЙ ЭНЕРГИИ ИОНОВ

1980

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы было создание установки для диагностики пучка КУТИ^{1/1} по остаточной активности мишени. Для этого были рассмотрены возможные для пучка ионов азота реакции и выбраны материалы мишеней, а также определен выход реакций в зависимости от толщины мишеней и энергии ионов. При создании аппаратуры основное внимание уделялось точности, оперативности измерений, простоте пользования. Установка выполнена в виде блока детекторов, подключаемого к аппаратуре в крейте КАМАК. Используемая электронная аппаратура разработана в Отделе новых методов ускорения.

В основу измерений был положен широко применяемый на ускорителях метод пороговых ядерных реакций, который позволяет при одновременном облучении тонкой и толстой мишеней получать информацию о числе и энергии ускоренных ионов в одном цикле ускорения. Для расширения диапазона измерения энергии ионов и увеличения выхода были выбраны реакции с низким порогом по энергии на легких ядрах:



Сечения реакций /1/-/5/ представлены на рис. 1. Реакцией с наименьшим порогом является реакция /1/, реакцией с наибольшим выходом - /4/. Выход реакции нашли расчетным путем, используя проинтегрированное по пути частицы сечение. Необходимая для расчета зависимость энергии иона от пути, пройденного им в мишени, была определена из зависимости пробега от энергии, построенной для α -частиц, путем пересчета ее к данному ионам. Результаты расчетов выхода реакций в толстой мишени иллюстри-

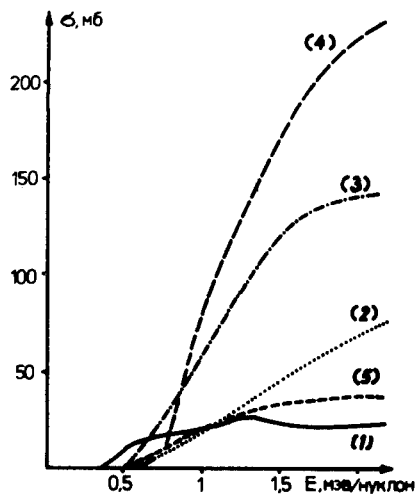


Рис.1. Сечения реакций /1/ ... /5/.

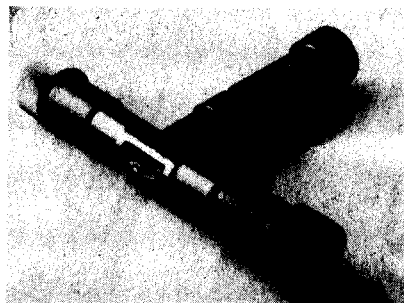


Рис.2. Блок детекторов установки.

Таблица

Выход реакций в толстой мишени

Энергия МэВ/нуклон	Выход			
	/1/	/2/	/3/	/4/
0,50	15	-	-	-
0,70	43	8	28	10
1,03	110	68	200	190
1,37	220	220	630	800
1,70	330	500	1350	1700
1,96	413	820	2050	2600

Приведено количество актов реакций на 10^8 падающих ионов азота.

руются таблицей. Расчет показал, что вклад побочных реакций в активность мишеней несущественен вследствие малого выхода и больших периодов полураспада продуктов этих реакций.

СХЕМА УСТАНОВКИ

Для обеспечения точности измерения величины активности установка работает по методу β - γ -совпадений /что не исключает возможности непосредственных измерений по одному из каналов/ /2/.

Блок детекторов /рис. 2/ состоит из двух сцинтилляторов и трёх фотоумножителей. Два быстрых фотоумножителя ФЭУ-87 "просматривают" пластический сцинтиллятор, во внутренней полости которого помещена исследуемая мишень /рис. 3/. При помощи этого детектора осуществляется регистрация бета-частиц с фильтрацией шумов фотоумножителей на самосовпадениях. Гамма-кванты, рождающиеся при аннигиляции позитрона в пластическом сцинтилляторе, регистрируются с помощью кристалла NaJ и фотоумножителя ФЭУ-85. На выходе этого фотоумножителя имеется RC-фильтр, подавляющий быстрые импульсы шумов ФЭУ, средняя амплитуда которых становится существенно ниже порога формирователя, и одновременно сглаживающий форму медленного импульса от сцинтилляции.

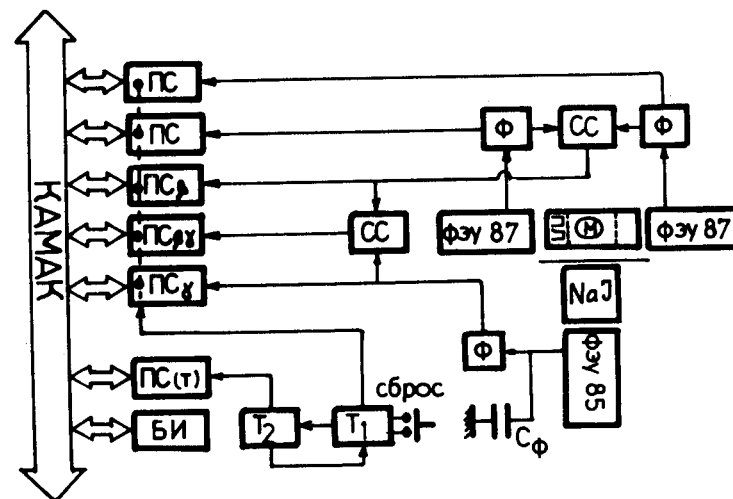


Рис.3. Схема электронной аппаратуры: Ф - формирователь; М - мишень; Т - таймер; ПС - пересчетная схема; БИ - блок индикации; ПЛ - пластический сцинтиллятор; СС - схема совпадений.

Генератор-таймер T_1-T_2 стробирующим импульсом длительностью T_1 открывает пересчетные схемы и по его окончании в течение стробирующего импульса T_2 инициирует считывание с них числа зарегистрированных событий в каналах бета, гамма-и бета-гамма-совпадений за истекший интервал T_1 и текущего времени, задаваемого числом циклов генератора-таймера. По окончании импульса T_2 пересчетные схемы /за исключением счетчика времени/ "очищаются", и цикл счета повторяется. В случае автономной работы увеличение T_2 дает возможность записи показаний блока индикации БИ в каждом цикле генератора таймера без вмешательства в процесс измерения.

Считываемая информация накапливается в ЭВМ М-6000 с одновременным выводом для оперативного контроля^{/4/}. Обработанные ЭВМ результаты измерения включают величину активности в момент активации, период полураспада, график изменения величины активности во времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

В качестве контрольной в измерениях использовалась активность изотопа ^{22}Na . Как известно, величина измеряемой активности в методе β - γ -совпадений

$$A = C \cdot \frac{N_{\beta} N_{\gamma}}{N_{\beta\gamma}},$$

где C - постоянная, характеризующая схему распада; N_{β} , N_{γ} и $N_{\beta\gamma}$ - скорость счета в каналах бета, гамма-и бета-гамма-совпадений соответственно. Как следует из схемы распада $^{22}\text{Na}/s/$,

$$C = \frac{\epsilon_1 + 2\epsilon_2(1 - \epsilon_1)}{\epsilon_1 + 2\epsilon_2 W_{\beta}(1 - \epsilon_1)},$$

где ϵ_1 и ϵ_2 - эффективность регистрации ядерных и аннигиляционных гамма-квантов соответственно; W_{β} - вероятность испускания позитрона. В нашем случае $\epsilon_1, \epsilon_2 \ll 1$; $C = \frac{\epsilon_1/\epsilon_2 + 2}{\epsilon_1/\epsilon_2 + 1,81}$ и ϵ_1/ϵ_2 взято равным отношению эффективностей "поглощения" соответствующих γ -квантов веществом сцинтиллятора, при этом $C = 1,075$. Контрольные измерения проведены при различных величинах коэффициента усиления фотоумножителей в диапазоне эффективности γ -канала $0,3 \pm 4\%$ и β -канала - $3 \pm 11\%$. Счетная характеристика установки /рис. 4/ имеет плато в области изменения эффективности одновременно как в γ -канале /в пределах $1,7 \pm 3,4\%$,

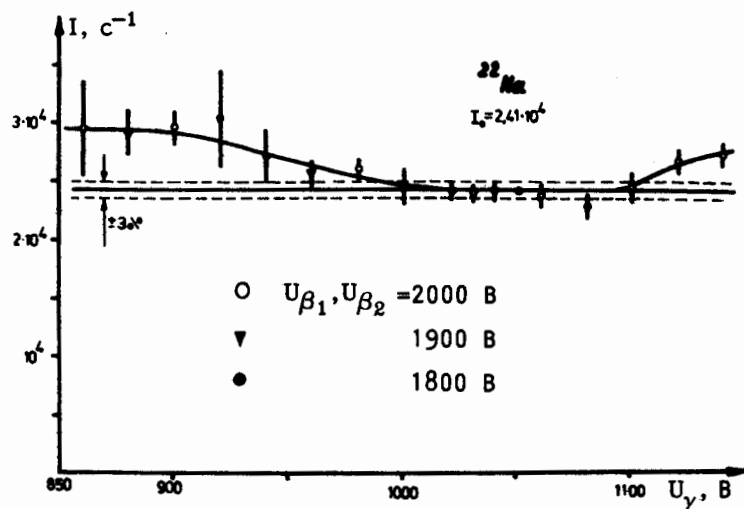


Рис. 4. Счетная характеристика установки.

так и в β -канале $3 \pm 11\%$. Отклонение уровня плато от величины контрольной активности существенно меньше ее паспортной погрешности, равной 3%. Чувствительность установки определяют преимущественно геометрическая эффективность γ -детектора /2%/ и фоновые источники, куда входят естественная радиоактивность вещества сцинтиллятора, космическое излучение и шумы ФЭУ. В случае пластического сцинтиллятора первый источник имеет уровень регистрации $\sim 1 \text{ с}^{-1}$ на каждые 20 г массы сцинтиллятора и практически преобладает над другими источниками. Чувствительность установки, приведенная для соотношения сигнал/фон=1, наилучшая вблизи начала плато /400 с^{-1} / и ухудшается /до 750 с^{-1} / в конце плато. В случае необходимости чувствительность легко может быть улучшена в 10-20 раз в результате замены кристалла $\text{NaI } 25 \times 40 \text{ мм}^2$ на больший по размерам.

Характерный пример измерения позитронного распада ядер ^{15}O , образующихся на пучке ионов азота циклотрона Лаборатории ядерных реакций в мишени из дейтерированного полиэтилена, иллюстрируется рис. 5.

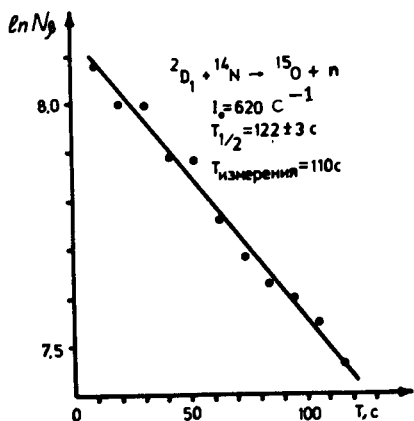


Рис. 5. Регистрация распада ядер ${}^{15}\text{O}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш Л.С. и др. ОИЯИ, Р9-7697, Дубна, 1974.
2. Экспериментальная ядерная физика /под ред. Э.Сегре/. ИИЛ, М., 1961, т. 3.
3. Джелепов Б.С., Пекер Л.К. Схемы распада радиоактивных ядер. "Наука", М.-Л., 1966.
4. Беспалова Т.В. и др. Р13-8271, Р13-8272, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 ноября 1980 года.