

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

e
f

5518 / 2-81

9/11-81
P9-81-468

В.П.Саранцев, С.И.Тютюнников

ИЗМЕРЕНИЕ ФУНКЦИЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ
ДЛЯ РЕАКЦИЙ ИОНОВ АЗОТА С Ni и Ti .
ОЦЕНКА ПРИРОСТА ЭНЕРГИИ ИОНОВ АЗОТА
В УСКОРЯЮЩЕЙ СЕКЦИИ ПРОТОТИПА КУТИ

Для анализа параметров ионов, ускоряемых на прототипе КУТИ Отдела новых методов ускорения ОИЯИ по ядерным реакциям, необходимо знание функции возбуждения. Поэтому целью настоящей работы явилось измерение выхода изотопов из реакций ионов азота с ядрами мишеней из Ni и Ti в зависимости от энергий ионов азота.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для снятия функций возбуждения производилось облучение мишеней на выведенном пучке У-200 ЛЯР ОИЯИ с максимальной энергией азота 96 МэВ. Мишень представляла собой стопку фольг из титана /толщиной 20 мкм/ и из никеля /толщиной 10 мкм/, между которыми располагались фольги из алюминия /толщиной 5 мкм/, которые играли роль сборника для ядер отдачи. Проводилось несколько циклов облучения: для измерения относительного хода сечения в зависимости от энергии, для абсолютных привязок сечений, для исследования изотопов с периодом полураспада $T_{1/2} \leq 5$ мин. Полученная при облучении активность измерялась Ge(Li)-детектором с анализатором на 4096 каналов. Обработка γ -спектров производилась на ЭВМ "Минск-22" по программе "Activ".

На рис.1 приведен γ -спектр, полученный при исследовании реакции ионов азота с ядрами никеля; энергия ионов азота, рассчитанная по данным работы ^{1/}, составляла 43 МэВ, $t_{изм.} = 15$ мин, $t_{обл.} = 2$ часа, $t_{зад.} = 100$ мин.

На рис.2 показан спектр для реакции ионов азота с ядрами Ti; энергия ионов составляла 73 МэВ, $t_{обл.} = 2$ часа, $t_{изм.} = 20$ мин, $t_{зад.} = 60$ мин. Идентификация полученных в результате реакции изотопов производилась по энергии γ -переходов, относительным интенсивностям и периодам полураспада. Спектроскопические данные взяты из работы ^{2/}. Экспериментально измеренные периоды полураспада совпадали с табличными ^{2/} с ошибкой: 20%. Для определения сечения выхода изотопа используется формула, которую можно легко вывести:

$$\sigma = \frac{e^{\lambda t_{зад.}} \cdot \lambda t_{обл.}}{\epsilon \chi (1 - e^{-\lambda t_{обл.}}) (1 - e^{-\lambda t_{изм.}}) N_0 N_1^{\Sigma}},$$

где σ - сечение выхода в см², $\lambda = \ln 2/T$, T - период полураспада, $t_{обл.}$ - время облучения, $t_{зад.}$ - время от конца облучения до

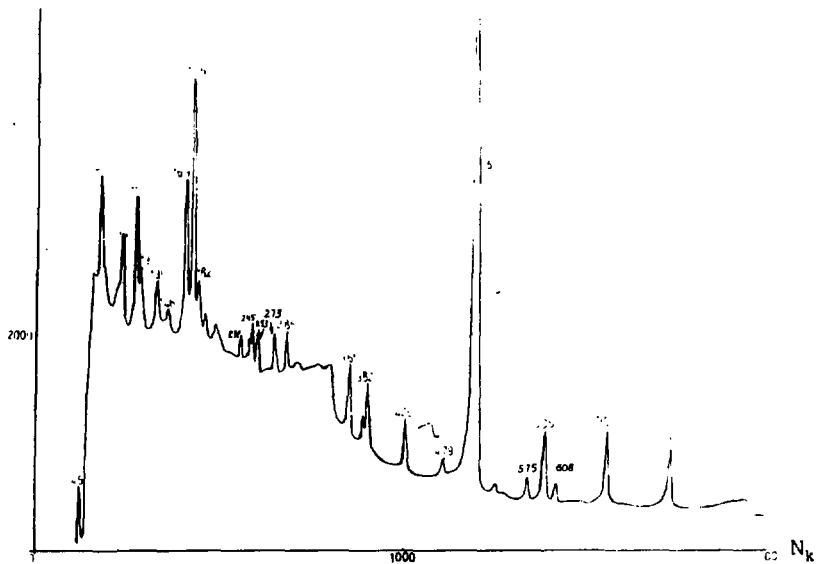


Рис.1. γ -спектр из реакции ионов азота с ядрами мишени из Ni.

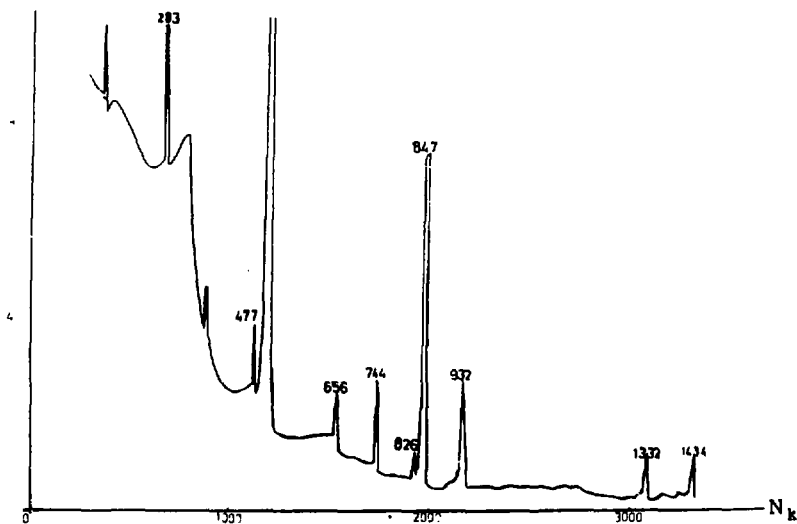


Рис.2. γ -спектр из реакции ионов азота с ядрами мишени из Ti.

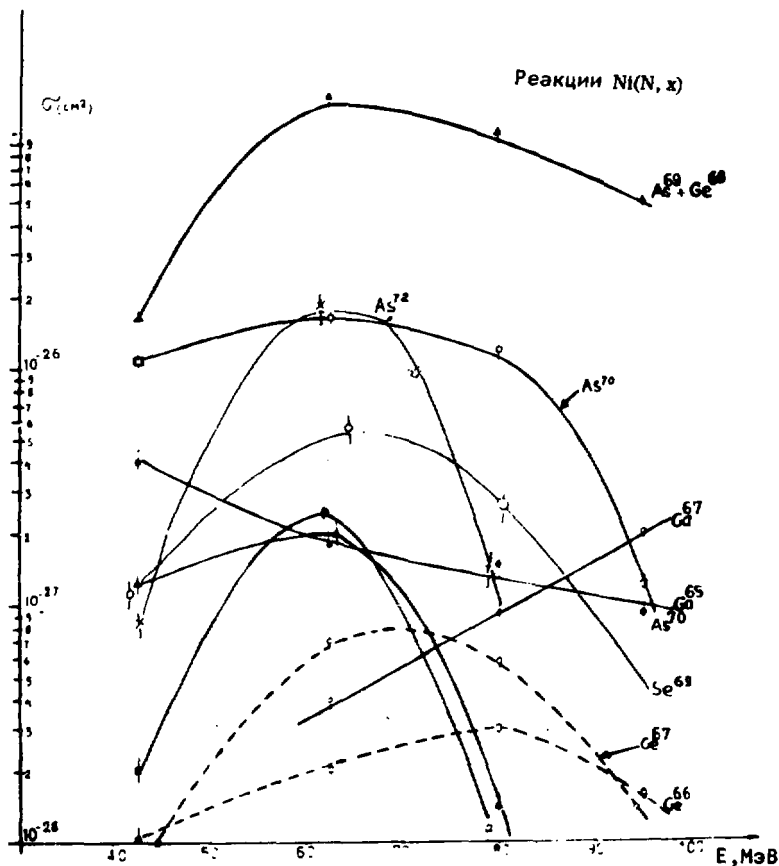


Рис.3. Зависимость выходов изотопов из реакций ионов азота с ядрами мишени из Ni от энергии налетающих ионов.

начала измерения, N_0 - толщина мишени в ат./см², N_1^Σ - суммарный поток ионов на мишень, χ - квантовый выход для γ -перехода, ϵ - абсолютная эффективность детектора.

На рис.3 приведены экспериментальные результаты для выхода разных изотопов в зависимости от энергии ионов, которая рассчитывалась по таблицам из работы [1].

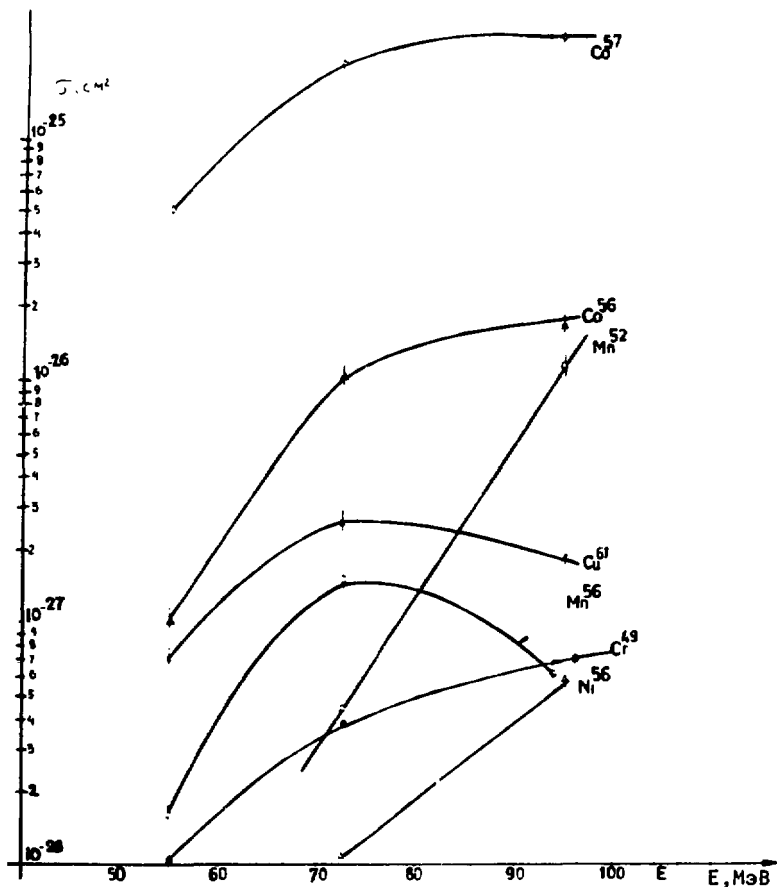


Рис.4. Зависимость выхода изотопов из реакции ионов азота с ядрами мишени из Ti от энергии налетающих ионов.

На рис.4 приведены измеренные функции возбуждения для ионов азота с ядрами титана. Какие основные выводы следуют из анализа функций возбуждения?

1. В реакции $^{56}\text{Ni} + ^{14}\text{N}$ образуется компаунд-ядро ^{72}Br , которое является граничным для нейтрондефицитных изотопов. Это

и определяет большие сечения испарения заряженных частиц, особенно большое сечение имеет канал реакции $^{58}\text{Ni} (^{14}\text{N}, 3p)$.

2. Для функций возбуждения $^{14}\text{N} + \text{Ti}$ наибольшее сечение имеет канал, связанный с испусканием α -частиц.

Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы для измерения прироста энергии ионов азота в электрическом поле индукционной ускоряющей секции.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ПРОТОТИПЕ КУТИ

В аналогичных описанным в работе ^{/8/} условиях на прототипе КУТИ производилось облучение фольги из никеля толщиной 10 мкм ускоренными ионами азота при включении ускоряющего электрического поля секции и без него. Эффективное значение $E_z = 5$ кВ/см.

Измерение полученной активности выполнялось Ge(Li) детектором с анализатором LP-4096. Обработка спектров осуществлялась с помощью программы "Proba". Время между концом облучения и началом измерения составляло 30 с. На рис.5 приведены γ -спектры активности, измеренной Ge(Li) детектором при облучении Ni мишени. Как видно, в спектре присутствуют линии с $E_\gamma = 119$ кэВ и с $E_\gamma = 144$ кэВ. Для этих линий был измерен период полураспада, который составляет соответственно 50 с и 1,5 мин. Переходу с $E_\gamma = 144$ кэВ и $T_{1/2} = 1,5$ мин соответствует изотоп $^{89\text{m}}\text{Se}$ /реакция типа $^{58}\text{Ni} (^{14}\text{N}, 2n1p) ^{89\text{m}}\text{Se}$ /.

В зависимости от включения электрического поля ускоряющей секции выход активности по линии $E_\gamma = 144$ кэВ возрастает в три раза. Исходя из анализа функции возбуждения для реакции $^{58}\text{Ni} (^{14}\text{N}, 2n1p) ^{89}\text{Se}$ /рис.3/ можно оценить прирост энергии в электрическом поле. При этом используется тот факт, что энергетические зависимости для реакций $^{58}\text{Ni} (^{14}\text{N}, 2n1p) ^{89}\text{Se}$ и $^{58}\text{Ni} (^{14}\text{N}, 2n1p) ^{89\text{m}}\text{Se}$ одинаковы ^{/4,5/}, поэтому при начальной энер-

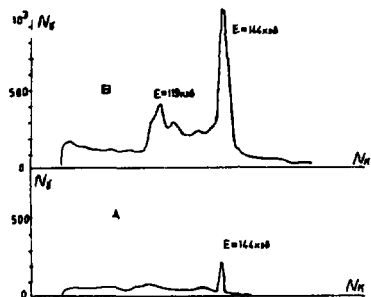


Рис.5. γ -спектры, полученные при взаимодействии ионов азота, ускоряемых на прототипе КУТИ, с ядрами мишени из Ni. А - γ -спектр получен без включения ускоряющей секции, В - γ -спектр получен с включением ускоряющей секции.

гии ионов азота $E_1=44$ МэВ, соответствующей загрузке для $P = 5 \cdot 10^{-8}$ Торр, приросту активности для ^{69}Se в три раза соответствует изменение энергии на 12 МэВ. Идентифицировать активность с $E_\gamma=199$ кэВ не удалось.

Было также проведено облучение мишени из Ni пучком γ -квантов с $E_{\text{гран.}}=16$ МэВ на микротроне Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Активности с $E_\gamma=119$ кэВ и периодом полураспада $T_{1/2}=50$ с, а также с $E_\gamma=144$ кэВ и $T_{1/2}=1,5$ мин обнаружены не были.

В заключение авторы выражают благодарность своим коллегам по работе А.П.Сумбаеву, В.И.Миронову, А.К.Красных, А.С.Щеулину за помощь в проведении измерений на прототипе КУТИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Northcliffe Nuclear Data Tables, Section A, 1970, vol.7, No.3-4.
2. Atomic Data and Nucl.Tables, 1974, vol.13, No.2-3.
3. Долбилов Г.В. и др. ОИЯИ, Р9-12414, Дубна, 1979.
4. Preiss I.L. et al. Nucl.Phys., 1973, A205, p.619.
5. Hodson P.E. Nucl.Heavy Ion Reaction. Oxford, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 августа 1981 года.