

же токе нейтронный выход падает в три раза. По-видимому, можно утверждать, что в результате искажения решетки титана при бомбардировке его ионами трития атомы трития, вбитые в решетку, удерживаются сильнее, чем атомы трития, внесенные в титан путем сорбции.

Итак, проведенные исследования показывают, что наиболее подходящей мишенью для нейтронного генератора является набивная мишень. В качестве под-

ложки следует использовать материалы, обладающие низким коэффициентом диффузии трития и большой теплопроводностью. Такими материалами являются серебро, медь, молибден.

В заключение считаем своим долгом выразить благодарность О. К. Горпинич за участие в проведении данной работы и В. А. Степаненко за изготовление мишеней.

Поступило в Редакцию 18/VII 1968 г.

Перезарядный ускоритель для ядерных исследований с поляризованными пучками ускоренных ионов

А. К. ВАЛЬТЕР, В. Х. БЕЛЯЕВ, Ю. З. ЛЕВЧЕНКО, Л. И. ПИВОВАР, И. Е. КИСЕЛЕВ, Р. П. СЛАВОСПИЦКИЙ, А. С. ДЕЙНЕКО, А. Я. ТАРАНОВ, С. П. ЦЫТКО

УДК 621.384.653.4

В 1960 г. в ФТИ АН УССР был изготовлен перезарядный ускоритель горизонтального типа [1] для исследований ядерных реакций с пучками ускоренных поляризованных протонов и дейтронов в области энергий 0,8—3,1 Мэв.

Пучок отрицательных поляризованных ионов (полученный из инжектора с энергией 45 кэв) перед вводом



Перезарядный ускоритель укомплектован двумя инжекторами. Один из них [2] служит для образования пучков неполяризованных отрицательных ионов водорода и дейтерия и расположен под углом 90° к оси ускорителя. Второй инжектор [3] служит для образования пучков отрицательных поляризованных ионов водорода и дейтерия и расположен по оси ускорителя.

На рисунке представлена схема ускорителя. Перезарядный ускоритель с неполяризованными пучками вступил в эксплуатацию в 1965 г., а с поляризованными пучками — в 1966 г.

Схема электростатического перезарядного ускорителя:

1 — источник отрицательных поляризованных ионов; 2 — источник отрицательных ионов; 3 — фокусирующая линза; 4 — электростатический перезарядный ускоритель; 5 — роторный вольтметр; 6 — перезарядная мишень; 7 — стрела коронной триода; 8 — высоковакуумный масляный насос на 1000 л; 9 — анализирующий магнит; 10 — мишень; 11 — высоковакуумный масляный насос на 500 л; 12 — щелевой прибор коронной триода; 13 — масс-спектрометр с широкой дорожкой.

в ускорительную трубку фокусируется линзами в мишень в перезарядной камере, расположенной внутри кондуктора ускорителя. Фольговые перезарядные мишени, изготовленные из углеродных пленок методом термовакuumного испарения [4], устанавливаются в кассету, представляющую собой диск с двадцатью окнами для мишеней. Замена фольговой мишени по мере надобности осуществляется дистанционно с использованием светового луча. Фольговые мишени, используемые для перезарядки ускоренных отрицательных ионов, изготавливаются толщиной $\leq 0,1$ мк. При такой толщине мишени рассеяние ионов с энергиями > 400 кэв незначительно.

Число ионов, проходящих через перезарядный ускоритель в прямом канале, составляет до 70% и при работе с неполяризованными пучками ток на рабочую мишень равен 4 мка при диаметре пучка 4 мм.

Пучок поляризованных ионов дейтерия в первых исследованиях использовался только в прямом канале. Интенсивность поляризованного пучка дейтронов, измеряемая на входе в ускоритель, равнялась $1 \cdot 10^{-9}$ а. Ток поляризованных дейтронов, прошедший через диафрагму (диаметром 3,5 мм) рабочей мишени, устойчиво удерживался на уровне $2 \cdot 10^{-10}$ а, что соответствует прохождению 20% пучка.

Энергия ускоренных ионов при работе на прямом канале измерялась с помощью роторного вольтметра, проградуированного по резонансам реакции $Al^{27}(p, \gamma) Si^{28}$ [5]. Точность измерения ускоряющего напряжения без стабилизации 1%.

На выходе ускорителя расположен магнитный анализатор с выходами для пучков под углами $\alpha_1 = 0^\circ$ (прямой канал), $\alpha_2 = 85^\circ$ и $\alpha_3 = 120^\circ$ с радиусами

$R_2 = 1590$ см и $R_3 = 1300$ см соответственно, что позволяет проводить исследования как на прямом, так и на отклоненных пучках.

При работе с неполяризованными ионами на рабочей мишени магнитного спектрографа с широкой дорожкой [6] ($\alpha_2 = 85^\circ$) получен ток 0,9 мка при диафрагме диаметром 3 мм, а на рабочей мишени выхода ($\alpha_3 = 120^\circ$) — ток 0,5 мка при диафрагме диаметром 1 мм [7].

Для стабилизации ускоряющего напряжения используется коронирующий триод с датчиком от щелевого прибора. Коронирующий одноигольчатый триод проверен в работе при измерениях ширины ядерных резонансов в реакциях $Al^{27}(p, \gamma)Si^{28}$ и $Ne^{22}(p, \gamma)Na^{23}$ [8]. В измерениях обеспечивается моноэнергетичность ускоренных ионов до значения 0,05%. Определение энергии ускоренных ионов в отклоненных пучках производится с помощью ядерного магнитного резонанса. Ошибка в определении энергии ускоренных ионов $\pm 0,1\%$.

Выполненные исследования на перезарядном ускорителе по изучению поляризации дейтонного пучка по угловому распределению протонов из реакции $He^3(\alpha, p)He^4$ [9] показывают хорошую стабильность поляризации ускоренного пучка, что позволяет проводить исследования ядерных взаимодействий, зависящих от спиновых состояний.

Применение нейтронного активационного анализа

для определения содержания флюорита в рудничных вагонетках

В. И. ПРОКОПЧИК, А. П. ВУШКОВ, К. Г. БЕРНАДСКИЙ

УДК 543.53:539.172.4

В настоящее время в практике геологоразведочных работ и при эксплуатации месторождений большое значение приобретает нейтронный активационный метод определения флюорита (CaF_2) в рудах, основанный на регистрации жесткого γ -излучения (энергия γ -квантов 6,13 и 7,11 Мэв) короткоживущего радиоактивного изотопа N^{16} ($T_{1/2} = 7,5$ сек), образующегося в результате ядерной реакции $F^{19}(n, \alpha)N^{16}$ на быстрых нейтронах Ро — Ве-источника [1—3].

Для определения содержания флюорита в рудах в естественном залегании проводится активационный каротаж скважин и опробование открытых выработок; кроме того, в лабораторных условиях анализируются пробы руд и продуктов обогащения. Однако иногда возникает необходимость экспрессного определения содержания флюорита в руде, находящейся в больших емкостях, например в вагонетках. Для решения этой задачи была разработана установка, схема которой представлена на рис. 1.

Установка состоит из металлической стойки 1 с блоком 2, через который проходит стальной трос 3. Один конец троса укреплен на барабане 4, приводимом в движение электродвигателем, на втором конце троса закреплен источник нейтронов 5 и детектор излучения 6 (расстояние между ними — 2 м). На этой же стойке помещается толкатель 7, управляемый электромотором 8. В комплект установки входят также блоки регистрирующей аппаратуры 9 и блок автоматического управления работой 10. Установка работает следующим образом. В исходном положении источник нейтронов находится в металлической трубе 11, закопанной в грунт и заполненной водой для защиты от излучения. В момент, когда вагонетка с рудой 12 останавливается возле установки, включается электродвигатель и трос, накручиваясь на бара-

бан, поднимает источник до уровня центра вагонетки. Затем толкатель прижимает источник к стенке вагонетки и в течение заданного времени (60 сек) происходит активация руды. После окончания активации толкатель отходит, включается электродвигатель, который, вращаясь в обратную сторону, быстро (примерно за 2 сек) опускает источник в трубу с водой. На место источника помещается детектор излучения, который тем же толкателем прижимается к стенке вагонетки. В этот момент начинается регистрация γ -излучения наведенной активности. После окончания измерения (время измерения также 60 сек) толкатель отходит и установка возвращается в исходное состояние.

Поступило в Редакцию 23/VIII 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. К. Вальтер и др. Электростатические генераторы. Сб. ст. под редакцией А. К. Вальтера. М., Атомиздат, 1959, стр. 193.
2. Я. М. Фогель, А. Г. Коваль, А. Д. Тимофеев. ЖТФ, XXIX, 1381 (1959).
3. Р. П. Слабоспицкий и др. «Изв. АН СССР. Сер. физ.» 32, 134 (198).
4. И. Я. Малахов, А. С. Дейнеко, Г. Б. Андреев. «Приборы и техн. эксперим.», 3, 218 (1966).
5. P. Erdt, C. Van Der Zeun. Nucl. Phys. 34, № 1, 115 (1962).
6. А. К. Вальтер и др. «Приборы и техн. эксперим.», 4, 216 (1968).
7. Л. И. Пивовар, Ю. З. Левченко. ЖЭТФ, 52, 42 (1967).
8. Г. Б. Андреев и др. «Изв. АН СССР. Сер. физ.», XXX, № 6, 1396 (1966).
9. Р. П. Слабоспицкий и др. «Ядерная физика», 6, 992 (1967).

бан, поднимает источник до уровня центра вагонетки. Затем толкатель прижимает источник к стенке вагонетки и в течение заданного времени (60 сек) происходит активация руды. После окончания активации толкатель отходит, включается электродвигатель, который, вращаясь в обратную сторону, быстро (примерно за 2 сек) опускает источник в трубу с водой. На место источника помещается детектор излучения, который тем же толкателем прижимается к стенке вагонетки. В этот момент начинается регистрация γ -излучения наведенной активности. После окончания измерения (время измерения также 60 сек) толкатель отходит и установка возвращается в исходное состояние.

Для активации используется Ро — Ве-источник мощностью $1-2 \cdot 10^7$ нейтр/сек. Детектор γ -излучения выполнен в виде кассеты размером $30 \times 19 \times 5$ см, состоящей из 17 газоразрядных счетчиков СИ-22Г, размещенных в два ряда. Газоразрядные счетчики по некоторым показателям уступают сцинтилляционным с кристаллом NaI(Tl). Сцинтилляционные счетчики позволяют, например, с помощью амплитудного дискриминатора регистрировать γ -излучение только изотопа N^{16} , избавляясь при этом от помех, создаваемых активацией других элементов, входящих в состав флюоритовых руд. Однако в тех случаях, когда не требуется высокой точности анализа, вполне допустимо использование газоразрядных счетчиков, так как различие в периодах полураспада образующихся изотопов позволяет уменьшить мешающее действие большинства элементов. Так, результаты опытов свидетельствуют о том, что в этом случае вклад активации других элементов не превышает величины, эквивалентной содержанию 3—5% флюорита. Применение газоразрядных счетчиков оправдывается также большой простотой и надежностью регистрирующей аппаратуры.