

ИЗМЕРЕНИЕ ПОРОГОВ (γ, n) -РЕАКЦИИ У ИЗОТОПОВ КРЕМНИЯ

А. К. БЕРЗИН, Р. П. МЕЩЕРЯКОВ

Измерение порога (γ, n) -реакции у изотопов кремния, в особенности наиболее распространенного из них Si^{28} , связано со значительными трудностями. Метод „непосредственной регистрации“ не дает возможности получить надежные данные непосредственно вблизи порога из-за большого количества нейтронов фона.

При методе „остаточной активности“ неизбежна большая статистическая ошибка вблизи порога, несмотря на высокую энергию позитронов распада ($E_{\beta^+} = 3760$ кэв), позволяющую использовать толстые образцы. Короткий период полураспада (4,07 сек) исключает измерения активности в соседних помещениях, а применение „падающей“ или „качающейся“ аппаратуры неизбежно связано с установкой облучаемого образца в удалении от мишени и тем самым со снижением дозы тормозного излучения.

Кроме того, малое сечение реакции вблизи порога и короткий период полураспада принципиально не дают возможности получить большую величину отсчета при однократном облучении, поскольку общее число радиоактивных ядер, соответствующее активности насыщения, оказывается весьма небольшим. При многократном облучении точность снижается за счет колебаний максимальной энергии излучения (температурный эффект), колебаний интенсивности от отсчета к отсчету и не строго адекватных условий регистрации.

Для надежного определения энергии порога рождения фотонейтронов этого изотопа нами была использована аппаратура, разработанная одним из авторов для измерения короткоживущих изомерных переходов и в основном описанная ранее [1]. Она дает возможность получить отсчеты активности при данной энергии с малой статистической ошибкой, независимо от величины выхода реакции и периода полураспада радиоактивного ядра [2].

Поскольку в случае измерения 4,08 сек активности выгодным оказывается режим работы бетатрона с меньшим числом импульсов излучения в секунду, был изменен блок управления ускорителя.

Параметры схемы даны на рис. 1.

Как видно из рисунка, частота посылок импульсов тормозного излучения определяется длительностью интервала счета временного анализатора и может меняться в широких пределах.

Детектором продуктов распада Si^{27} служил фотоумножитель ФЭУ13Б с кристаллом стибьена.

Регистрация короткоживущих продуктов в течение длительного интервала времени приводит к значительному увеличению фона из-за накопления долгоживущих радиоактивных элементов в материалах коллиматора, ускорителя и других предметов, окружающих установку.

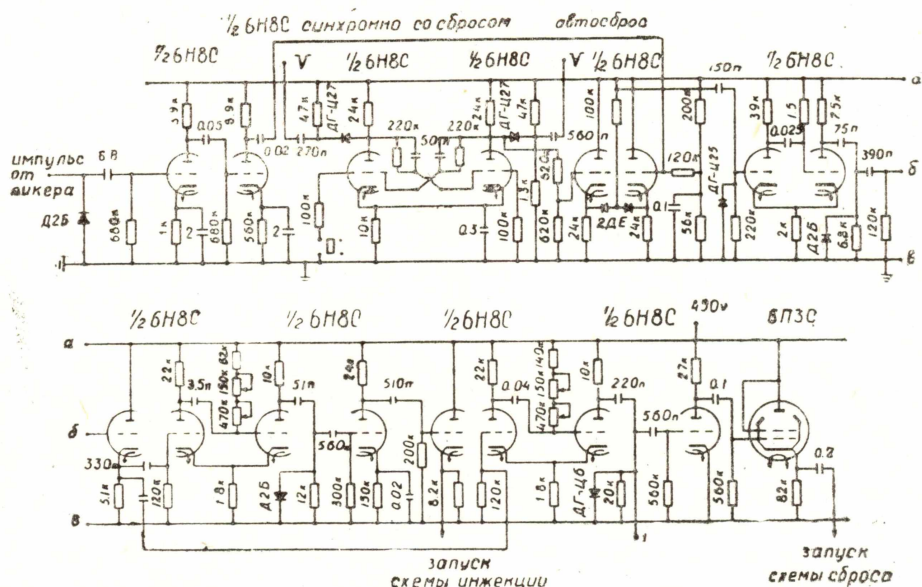


Рис. 1.

Для уменьшения числа ложных отсчетов детектор вместе с образцом был защищен экраном из висмута толщиной 80 мм. Последний, надежно защищая детектор от фона долгоживущей активности, сам является источником γ -квантов с энергией 930 и 500 кэв, возникающих в результате реакции $Bi^{208}(\gamma, n)Bi^{207m}$ с периодом полураспада $3,4 \cdot 10^{-3}$ сек. Столь короткий период полураспада позволяет отделить фон, возникающий в результате этой реакции с помощью временной селекции. Для этого ширина накала была выбрана равной 4096 мксек, что соответствует режиму работы с частотой 14 герц. Счет велся отдельно во 2—7 и 15 канале для определения величины фона. 8—14 каналы работали на общее пересчетное устройство. Общее время задержки, равное длительности первого канала и времени запираания, составляло, таким образом, немногим более 4100 мксек. Общая продолжительность измерений зависела от показаний камеры-монитора и колебалась в интервале 50 мин—1,5 часа в зависимости от максимальной энергии ускоренных электронов. Вклад долгоживущей активности учитывался измерением фона после выключения интенсивности ускорителя.

В выбранном режиме работы число отсчетов на каждую измеряемую точку было в 20—25 раз больше величины, соответствующей активности насыщения.

Дальнейшее повышение точности ограничивается ошибкой, возникающей за счет колебаний интенсивности и отключения счетного устройства до конца распада исследуемого элемента.

Полное число актов распада, которое может быть зарегистрировано установкой при фиксированной максимальной энергии тормозного излучения, может быть записано в виде

$$N = \frac{m(1-e^{-\lambda\tau})(1-e^{-\lambda T_c})e^{-\lambda T_s}}{\lambda(1-e^{-\lambda T_n})} \sum J_k - \frac{J_{cp} \cdot m(1-e^{-\lambda\tau})(1-e^{-\lambda T_c})e^{-\lambda T_s}}{\lambda(1-e^{-\lambda T_n})^2}$$

где τ — длительность импульса излучения,

λ — константа распада,

T_n — интервал времени между импульсами ускорителя,

T_c — интервал времени счета,

T_s — интервал времени задержки,

J_k — интенсивность в „к—ом“ импульсе ускорителя.

Второй член приведенного выражения дает величину ошибки, возникающей из-за отключения счетного устройства до конца распада исследуемого элемента.

Поскольку интенсивность, зафиксированная камерой—свидетелем, может быть записана в виде $g_1 \cdot \kappa \cdot J_{cp}$, где g_1 — коэффициент пропорциональности, а приведенное выше выражение в виде $g_2 \cdot J_{cp} \cdot (\kappa - 1)$, то, при достаточно большом времени эксперимента, ошибкой, возникающей за счет второго члена, в выражении для полного числа актов распада можно пренебречь.

Более серьезные ограничения на точность измерений оказывают колебания интенсивности и, за счет конечной постоянной времени дозиметра, связанное с ними неточное определение дозы, полученной образцом. Применяемый в наших экспериментах интегральный дозиметр имел время разрядки в условиях естественного фона порядка трех часов.

Расчет показывает, что это ограничивает воспроизводимость показаний до $\pm 0,3\%$.

Все измерения проводились с образцами естественного изотопического состава. Пороги (γ , n)-реакции двух других изотопов определялись методом непосредственной регистрации.

Результаты измерений приведены в таблице.

Таблица

| Изотоп | Энергия порога реакции | Ошибка |
|------------------|------------------------|------------|
| Si ²⁸ | 17,14 | $\pm 0,12$ |
| Si ²⁹ | 8,47 | $\pm 0,07$ |
| Si ³⁰ | 10,62 | $\pm 0,07$ |

ЛИТЕРАТУРА

1. Кислов, Мещеряков и др. Труды III Межвузовской конференции по ускорителям, Томск, 1961.
- 2 F. Ferrero, R. Malvano, C. Tribuno. Nuovo Cimento, 2, № 5, 1135—36, 1955.