

Практическое отсутствие в спектрах на рис. 3 пиков в диапазоне частот от 15 до 18 Гц вызвано тем, что в этой области частот перемещение органа регулирования почти на два порядка меньше длины волны акустического поля, созданного внешним излучателем в воде внутри канала. Это приводило к очень малой глубине модуляции амплитуды поля на частотах от 15 до 18 Гц.

Спектры, подобные представленным на рис. 3, были измерены с использованием гидрофона и акустических приемников, расположенных на внешней поверхности корпуса канала в различных точках по его высоте. Характерно, что вид этих спектров слабо зависел от типа акустического приемника и места его размещения. Это свидетельствовало о том, что каждый акустический приемник содержит в своем сигнале информацию о движении органа регулирования и его элементов конструкции во всех сечениях по высоте канала.

Как уже отмечалось, аналогичным свойством обладали сигналы с датчиков пульсаций давления. Вид их спектров также фактически не зависел от места расположения датчика. Учитывая эти обстоятельства, а также то, что сила, вызывающая перемещения органа регулирования,

определяется пульсациями давления в канале, можно было предположить, что при совместной обработке сигнала датчика пульсаций давления и огибающей амплитуды внешнего акустического поля четко выделяются все характерные частоты динамических перемещений.

На рис. 4 представлены результаты измерения взаимных спектров пар сигналов для симметричного и несимметричного входов теплоносителя в канал. Из рисунков следует, что такой способ действительно дает возможность выделить все частоты вибрации органа регулирования, а также зарегистрировать относительное изменение амплитуд вибрации на различных частотах при изменении условия входа потока в канал.

Сравнение спектров (см. рис. 4, а и 2, а; 4, б и 2, б) показывает, что результаты измерения перемещений органа регулирования для различных условий входа теплоносителя в канал, полученные с применением активного акустического метода, хорошо согласуются с результатами, которые были получены с применением датчиков перемещения индукционного типа.

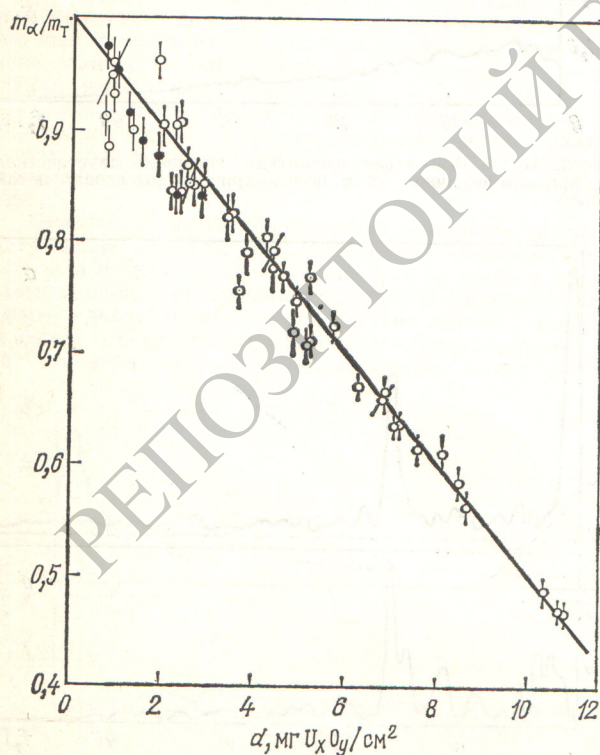
Поступило в Редакцию 15.04.80

УДК 541.135:546.799.516

## Поглощение альфа-излучения в плоских слоях окиси урана

СУРИН В. М.

Для определения количества  $\alpha$ -активных препаратов известного изотопного состава в плоских слоях в измеренную счетчиками с  $2\pi$ -геометрией активность вводят поправки на обратное рассеяние  $\alpha$ -частиц от подложки и на



Экспериментальная зависимость  $m_\alpha/m_T$  от  $d$ : ●, ○ — естественный и обедненный  $^{238}\text{U}$  соответственно

поглощение в веществе слоя. Для материалов подложки с небольшим  $Z$ , например для сплавов алюминия, часто применяемых в ядерно-физических экспериментах, поправкой на обратное рассеяние, не превышающей нескольких десятых процента, можно пренебречь и учитывать только поглощение в активном слое.

Поправка на поглощение зависит от энергии  $\alpha$ -излучения, толщины, природы и структуры поглощающего слоя. По измерениям Вайта [1] она изменяется в пределах 5,2—9,5%  $1/\text{мг} \cdot \text{см}^{-2}$  для слоев  $^{235}\text{U}_3\text{O}_8$ , полученных различными способами. По данным Хатчинсона, Лукаса и Муллена [2], в слое  $^{235}\text{UO}_2$  толщиной  $1,1 \text{ мг}/\text{см}^2$ , изготовленном испарением в вакууме, поглощается 5%  $\alpha$ -частиц.

В настоящей работе экспериментально изучено поглощение  $\alpha$ -излучения в слоях окиси  $^{238}\text{U}$  нестрогой стехиометрии ( $[\text{U}]/[\text{U}_x\text{O}_y] = 0,82 \pm 0,02$ ) при толщине поглощающего слоя  $\leq 11 \text{ мг}/\text{см}^2$ , нанесенного на алюминиевый катод электрохимическим осаждением из раствора нитрата уранила в изопропиловом спирте (ИПС) [3]. Поглощение  $\alpha$ -частиц количественно выражали сравнением результатов определения массы элементарного урана в слое двумя независимыми методами: радиометрическим измерением  $\alpha$ -активности в геометрии  $2\pi$  ( $m_\alpha$ ) и химическим титриметрическим анализом ( $m_T$ ).

Использовали препараты гексагидрата нитрата уранила, хорошо растворимого в ИПС, в которых уран имел естественный изотопный состав или был обеднен по  $^{235}\text{U}$ . Для первого удельная  $\alpha$ -активность  $1 \text{ мг}$  смеси изотопов  $A_{\text{уд}}$ , рассчитанная по известным периодам полураспада и экспериментальным данным изотопного состава, была равна  $(25,31 \pm 0,22) \text{ расп./с.}$  для второго —  $(20,54 \pm 0,25) \text{ расп./с.}$  Парциальная активность  $^{238}\text{U}$  ( $F_\alpha = 4,20 \text{ МэВ}$ ) и  $^{234}\text{U}$  ( $F_\alpha = 4,77 \text{ МэВ}$ ) в естественном уране была одинакова (49%). В обедненном уране она составляла 60 и 37% соответственно.

Электроосаждение урана проводили в течение 30 мин в одинаковых условиях с использованием фторопластовой ячейки с охлаждаемым катодом и платиновым плоскопараллельным неподвижным анодом при напряжении постоянного тока на электродах 450 В. Для улучшения адгезионных свойств по отношению к слою урана поверх-



ность алюминиевого катода обрабатывали мелкозернистой наждачной бумагой. Электродный промежуток составлял 10 мм, площадь катодного осадка — 2 см<sup>2</sup>, объем ИПС (квалификация х. ч.) в ячейке — 5 мл, концентрация элементарного урана в ИПС — 0,8 мг/мл. При этих условиях сила тока уменьшалась от 5—7 мА в начале до 0,5—1 мА в конце осаждения. Полученный катодный осадок, отличающийся высокой степенью равномерности, подвергали термообработке на воздухе при 450° С в течение 30 мин. Увеличение толщины слоя окиси урана >1 мг/см<sup>2</sup> достигали последовательным электроосаждением урана на отожженный слой.

Радиометрические измерения  $\alpha$ -активности проводили с помощью аргоновой ионизационной камеры в 2 $\pi$ -геометрии. Скорость счета регистрировали семиканальным амплитудным анализатором, позволявшим находить полное число  $\alpha$ -частиц, эмиттируемых в чувствительный объем камеры, в единицу времени ( $A_{2\pi}$ ). Каждый образец измеряли не менее 5 раз при статистической погрешности счета  $\leq 1\%$ . По измеренным значениям  $A_{2\pi}$  рассчитывали кажущееся количество элементарного урана в слое:

$$m_{\alpha} = 2A_{2\pi}/A_{уд.}$$

После радиометрических измерений определяли содержание урана во всех образцах химическим методом — окислительно-восстановительным титрованием раствором бихромата калия после растворения слоя окиси урана в горячей концентрированной HNO<sub>3</sub>, восстановления U (VI) до U (IV) в висмутовом редукторе в среде 5 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и перекисления U (IV) до U (VI) избытком Fe (III). Точку перехода Fe (II)/Fe (III) устанавливали по редокс-индикатору дифениламиносульфонату бария [4]. Нормальную концентрацию раствора бихромата устанавливали по BaCrO<sub>4</sub> весовым методом и определяли с погрешностью 0,7%. Из результатов титрования рассчитывали истинное количество урана в слое  $m_T$ . Погрешность анализа составляла 0,9—1,2% для образцов с содержанием урана до 3 мг и 0,7—0,9% при  $m_T > 3$  мг.

Полученные результаты представлены на рисунке в виде зависимости отношений  $m_{\alpha}/m_T$  от толщины слоя окиси урана  $d$ . Значение  $d$  находили по результатам изменения массы инертного катода. Результирующая погрешность  $\Delta(m_{\alpha}/m_T)$ , включающая все источники погрешностей, во всем диапазоне  $d$  находилась в интервале 1,4—3,2%.

Как следует из рисунка, поглощение  $\alpha$ -излучения в пределах погрешностей определения отношений  $m_{\alpha}/m_T$  можно представить линейной зависимостью:

$$m_{\alpha}/m_T = -K_n d + 1,$$

где  $K_n$  — коэффициент поглощения.

Экспериментальные данные  $m_{\alpha}/m_T = f(d)$  обрабатывали на ЭВМ «Мир-1» по методу наименьших квадратов. Расчетное значение  $K_n$  составило 0,0502 1/мг·см<sup>-2</sup>.

Для идеально равномерного слоя толщиной  $d$  доля поглощенных  $\alpha$ -частиц с пробегом  $R_{\alpha}$  выражается отношением:

$$\Theta = d/2R_{\alpha},$$

а при  $d = 1$  мг/см<sup>2</sup>  $\Theta = K_n = 1/2 R_{\alpha}$ . Для слоя <sup>238+234</sup>U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>  $R_{\alpha} \approx 11$  мг/см<sup>2</sup> [5]. Тогда  $K_n \approx 0,05$  1/мг·см<sup>-2</sup>.

Из приведенных значений видно, что найденное в настоящей работе  $K_n$  хорошо согласуется с расчетом и результатами работы [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. White P. «Nucl. Instrum. Methods», 1970, v. 79, № 1, p. 1.
2. Hutchinson J., Lucas L., Mullen P. Ibid., 1976, v. 27, № 1, p. 43.
3. Parker W., Bildstein H., Getoff N. Ibid., 1964, v. 26, № 1, p. 55.
4. Аналитическая химия урана. Под ред. Д. И. Рябчикова, М. М. Сеявина, М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 82, 91.
5. Немец О. Ф. Гофман Ю. В. Справочник по ядерной физике. Киев, «Наукова думка», 1975, с. 82.

Поступило в Редакцию 05.05.80

УДК 539.1.074.88

## Термолюминесцентные детекторы гамма-, бета-нейтронного дозиметра

СОКОЛОВ А. Д.

В конце шестидесятих годов наметилась тенденция использовать в приборах вместо свободного поликристаллического люминофора монолитные детекторы. Это обстоятельство и необходимость получения тонкостенного детектора для регистрации  $\beta$ -излучения определили круг исследований возможных конструктивно-технологических решений детекторов [1]. Из большого разнообразия вариантов [2] были исключены конструкции типа «лампочки», «иглы» и т. п.

В детекторе  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучения решено использовать фтористый литий. Для определения основного параметра детектора дозиметра быстрых нейтронов — относительной чувствительности к тяжелым и легким заряженным частицам — была разработана специальная методика [3], включающая некоторые принципиальные положения:

для дисперсной системы, работающей по протонам отдачи, отношение значений конверсионной эффективности люминофора к протону и  $\beta$ -частице должно быть больше на коэффициент качества отношения концентрации водорода в мягкой ткани и в основе дисперсной системы [4];

относительно сложное определение чувствительности люминофора к протону или дозиметра к нейтрону практически удобно смоделировать измерением значения  $K$  ( $\alpha/\gamma$ -отношения люминофора);

чтобы исключить влияние различных условий приготовления образцов и определить их параметры, значение  $K$

следует измерять в относительных единицах по отношению к базовому люминофору, в качестве которого был выбран серникоксидный кальций.

Измерение параметров различных люминофоров, проводимое по разработанной методике, показало, что у известных люминофоров  $K \sim 1$ . Для специальных люминофоров, созданных на основе сернистого цинка и кальция [5, 6],  $K \sim 100$  и более [3, 7]. Для двух вариантов построения дозиметра — дисперсного [4] и плоского [7] — экспериментально было уточнено значение  $K$  для люминофора (170 и 380 соответственно).

При разработке технологии получения таблетированных и слоистых детекторов использовались некоторые материалы: лак КО-08, каучук СКТ, смола КМ9К и т. п. Каждую технологическую цепочку оценивали по результатам испытания готового детектора. Эти испытания, как и в партиях изготовленных детекторов, проводили последовательно в три этапа (см. таблицу). Если на первом (или втором) этапе получали отрицательные результаты, дальнейшую проработку цепочки прекращали. Так, отказались от использования смолы КМ9К, лака ПАК-4, пленки ПМ для слоистых детекторов и операции приклеивания и герметизации для таблетированных детекторов, сварка давала отрицательный результат на втором этапе.

Таким образом, были разработаны три самостоятельные технологические схемы для таблетированного детектора