

погрешностям при определении количественного содержания этих радионуклидов.

Поступило в Редакцию 12.VIII.77

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронков А. А. и др. В кн.: Доклады совещания специалистов стран — членов СЭВ по вопросам транспортировки отработавших твэлов и неразрушающим методам определения в них содержания делящихся материалов. М., изд. СЭВ, 1976, с. 3.
2. Плаксин И. Н., Малышева Н. Г., Старчик Л. П. «Докл. АН СССР», 1964, т. 159, № 4, с. 803.
3. Бекурц К., Виртл К. Нейтронная физика. М., Атомиздат, 1968, с. 36.
4. Wattenberg A. «Phys. Rev.», 1947, v. 71, p. 497.

УДК 539.1.04

Влияние температуры на радиационное окрашивание детекторов на основе кристаллов иодистого натрия, активированных таллием

Цирлин Ю. А., Виноград Э. Л., Гуревич Н. Ю., Бугай Е. А., Лифиц А. Л.

Известно, что облучение сцинтилляционных детекторов на основе активированных кристаллов NaI(Tl), CsI(Na), CsI(Tl) высокоинтенсивным рентгеновским и γ -излучением приводит к изменению их спектральных характеристик — энергетического разрешения и технического светового выхода S [1—3].

Значение S определяется конверсионной эффективностью (физическим световым выходом) — η и коэффициентом светособирания τ ($S = \eta\tau$)*.

Цель настоящей работы — выяснение влияния рентгеновского и γ -излучения на изменение коэффициента светособирания детекторов на основе кристаллов иодистого натрия с различным содержанием таллия в интервале температуры от +100 до -100 °С.

Исследования проводились на сцинтилляционных кристаллах NaI (Tl), упакованных без иммерсии. Была разработана специальная установка, позволяющая непосредственно в процессе облучения образцов измерять радиолуминесценцию и коэффициент светособирания (рис. 1).

Кристалл помещали в термостат специальной конструкции, позволяющей регулировать температуру с погрешностью 1—2 °С. Интегральный световой выход образцов измеряли с помощью ФЭУ-93 при облучении их γ -излучением от ^{137}Cs . Измерительным прибором служил микроамперметр М-95.

Измерение τ и показателя поглощения проводили с помощью специального приспособления по способу, предложенному в работе [4]. Замеры проводили после кратковременного прекращения действия источника возбуждающей радиации. Аналогично [5] определяли спектральный состав свечения облученных и необлученных образцов. Кристаллы устанавливали перед входной щелью монохроматора ДМР-4 и облучали гамма-источником ^{241}Am активностью 2 Ки. Свечение их регистрировалось фотоумножителем ФЭУ-93 с записью на электронном потенциометре типа ЭППВ.

На рис. 2 представлено изменение τ и J детекторов (мощность дозы 110 рад/ч, концентрация активности в кристаллах $5 \cdot 10^{-2}$ мас.%) в зависимости от времени облучения. Характер зависимостей $\tau/\tau_0(t)$ и $J/J_0(t)$ совпадает. Следовательно, уменьшение светового выхода кристаллов NaI (Tl) вызвано уменьшением их прозрачности к свету собственной люминесценции. Про-

цесс создания центров окраски (ц.о.) имеет двухстадийный характер. На первой (быстрой) стадии ц.о. преимущественно образуются за счет дефектов, имеющихся в кристалле до облучения; на второй (медленной) — возникновение их связано с дефектами, создающимися в процессе облучения [6]. Температурный ход ухудшения коэффициента светособирания, а следовательно, и спектральных характеристик детекторов на первой и второй стадиях создания ц.о. показан на рис. 3.

Уменьшение прозрачности к собственному излучению на первой стадии изменяется немонотонно с температурой. Максимум создания красящих центров наблюдается в области комнатной температуры. На второй стадии окрашиваемость резко увеличивается

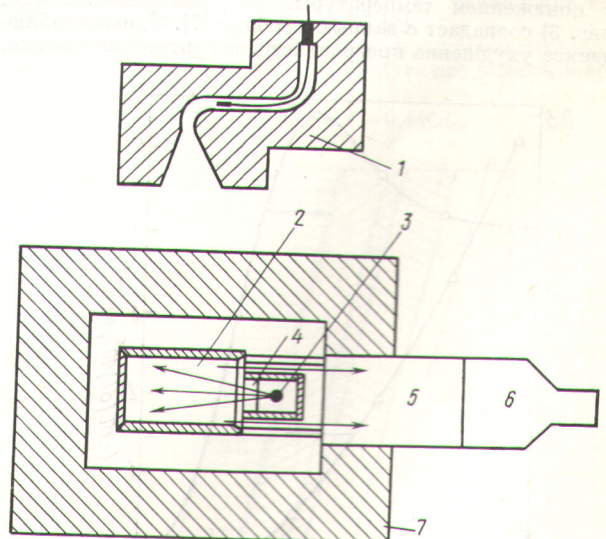


Рис. 1. Схема установки для измерения оптических и люминесцентных характеристик сцинтилляционных детекторов при одновременном воздействии температурных и радиационных факторов:

1 — свинцовый коллиматор с радиоактивным ^{137}Cs ; 2 — исследуемый детектор; 3 — источник света (лампа накаливания); 4 — оптический светофильтр СС-14; 5 — кварцевый световод; 6 — фотоэлектронный умножитель ФЭУ-93; 7 — термостат

* В случае измерения интегрального светового выхода кристаллов $J = \eta\tau$.

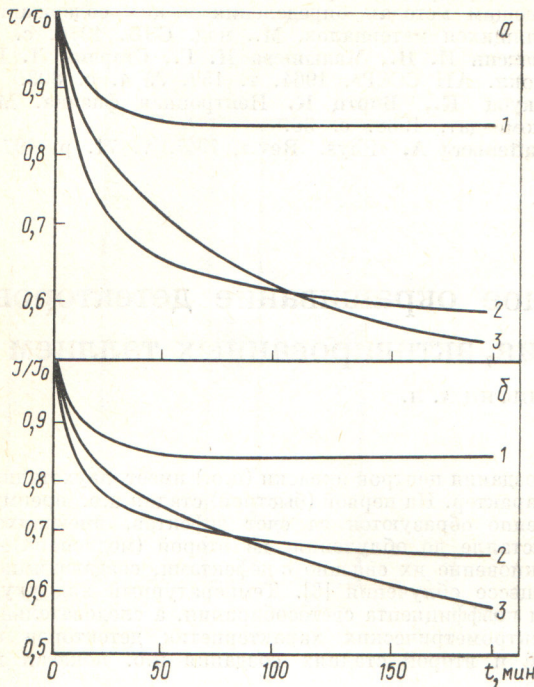


Рис. 2. Относительные изменения коэффициента светособирания τ/τ_0 (а) и интегрального светового выхода J/J_0 (б) детекторов NaI(Tl) под воздействием γ -излучения при температуре +50 (1); 20 (2) и -100 °С (3)

с понижением температуры. Вид зависимостей (см. рис. 3) совпадает с данными работы [7]. Однако наблюдаемое ухудшение прозрачности, вероятно, не связано,

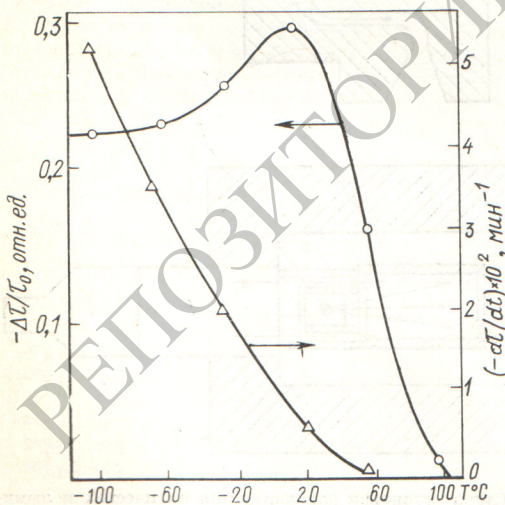


Рис. 3. Температурный ход относительного изменения коэффициента светособирания на первой $-\Delta\tau/\tau_0$ (○) и второй $(-\partial\tau/\partial t) \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ (Δ) стадиях радиационного окрашивания детекторов NaI(Tl) под воздействием γ -излучения (мощность дозы 110 рад/ч, концентрация активатора в кристаллах $5 \cdot 10^{-2}$ мас.%)

как в работе [7], с F -полосой, максимум возбужденного поглощения которой в кристаллах NaI (Tl) составляет ~ 580 нм.

Согласно [8], поглощение в области 350–500 нм соответствует возбужденному поглощению сложных таллиевых ц.о. Следовательно, изменение спектральных характеристик детекторов в процессе облучения обусловлено самим активатором. Была исследована кинетика окрашиваемости кристаллов иодистого натрия с различной концентрацией таллия при облучении их рентгеновским излучением установки РУП 150/300-10-1, работающей в следующем режиме: $I_a = 6$ мА, напряжение 130 кВ, расстояние до трубки 15 см, время облучения 4 мин. Поглощенная доза при этом составила 3 крад. Из данных, приведенных на рис. 4, следует, что температура, соответствующая максимальной окрашиваемости образцов, с увеличением концентрации активатора в них смещается в область более высоких температур. Смещение $T_{\text{макс}}$ можно объяснить, предположив, что в ухудшении прозрачности кристаллов участвуют сложные активаторные ц.о., имеющие различное строение, термическая стабильность которых увеличивается с ростом концентрации таллия в кристалле.

Изучение спектрального состава радиолюминесценции образцов размером 30×5 мм, упакованных (в целях уменьшения τ) в черную бумагу, не показало заметного его изменения после облучения γ - и рентгеновским излучениями. Следовательно, перераспределение полос люминесценции, замеченного автором работы [5] для кристаллов CsI (Tl) при облучении, в кристаллах NaI (Tl) не происходит.

Проделанная работа позволяет сделать выводы о том, что все радиационные эффекты, ответственные за ухудшение спектротрического качества детекторов NaI (Tl) при воздействии на них γ - и рентгеновским излучениями до доз порядка 3 крад, обусловлены

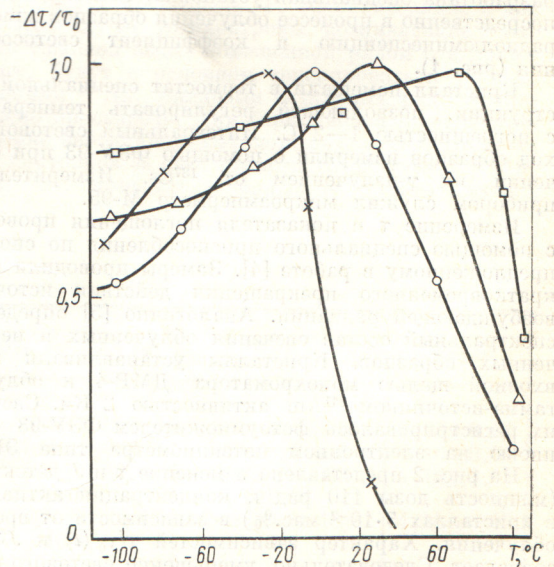


Рис. 4. Температурный ход относительного изменения коэффициента светособирания детекторов NaI(Tl) под воздействием рентгеновского излучения (доза облучения 3 крад) с содержанием активатора — Tl в кристаллах $3 \cdot 10^{-3}$ (×); $4,5 \cdot 10^{-2}$ (○); $5 \cdot 10^{-2}$ (Δ) и 10^{-1} мас. % (□) [кривые нормированы по максимуму]

в основном снижением прозрачности кристаллов к собственному излучению, а изменение коэффициента светосбора кристаллов NaI (Тl) в зависимости от температуры облучения имеет сложный характер и в значительной мере зависит от концентрации активатора в образце.

Поступило в Редакцию 15.VIII.77
В окончательной редакции 22.XI.77

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захарко Я. М., Чепелев В. В. «Изв. АН СССР, Сер. физ.», 1965, т. 29, № 1, с. 78.
2. Гуревич Н. Ю. и др. В кн.: Монокристаллы и техника. Вып. 3. Харьков, 1970, с. 188.

3. Цирлин Ю. А. и др. В кн.: Монокристаллы, скитилляторы и органические люминофоры. Вып. 6, ч. 2. Черкассы, 1972, с. 79.
4. Гуревич Н. Ю., Цирлин Ю. А., Берловский А. Я. «Бюл. изобрет.», 1969, № 30, с. 193 (Авт. свид. № 251099).
5. Березин И. А. и др. «Атомная энергия», 1973, т. 35, вып. 5, с. 364.
6. Эланго М. А. В кн.: Труды Ин-та физики и астрономии АН ЭССР, № 17. Тарту, 1961, с. 135.
7. Анненков Ю. М., Франгульян Т. Е. В кн.: Радиационная физика неметаллических кристаллов. Т. III, ч. 3. Киев, «Наукова думка», 1971, с. 25.
8. Панова А. Н., Мустафина Р. Х., Быкова Е. М. В кн.: Монокристаллы и техника. Вып. 1 (8). Харьков, 1973, с. 33.

УДК 621.039.523.21

Проницаемость конструкционного графита и ее изменение при облучении

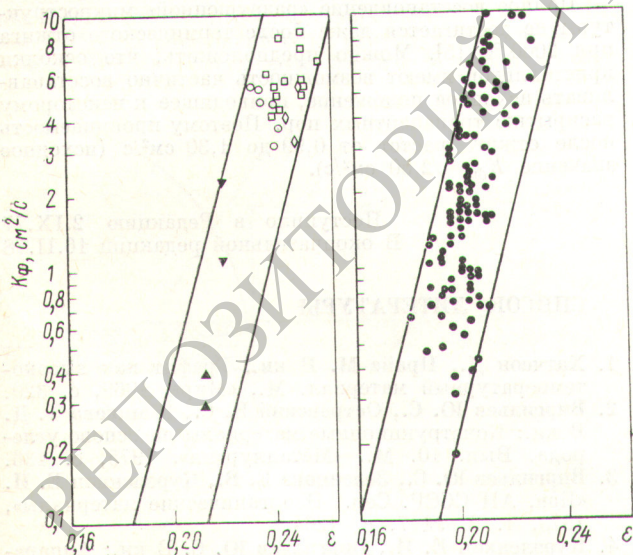
ВИРГИЛЬЕВ Ю. С., КИРЕВА Г. Г., КУРОЛЕНКИН Е. И.

Использование реакторного графита в газовых средах требует знания его проницаемости, которая может быть неодинаковой для различных марок конструкционного графита и к тому же изменяться в результате облучения.

В работе [1] показано, что связь проницаемости и пористости описывается уравнением

$$K_{\phi} = \Pi^n, \tag{1}$$

где K_{ϕ} — проницаемость, $\text{см}^2/\text{с}$; Π — открытая пори-



Р и с. 1. Зависимость проницаемости от общей пористости графита марки ГМЗ без уплотнения (○, ◇, □) и уплотненного пропиткой пеком (▽, ●) и смолой (▲). Образцы из заготовок ГМЗ сечением: \varnothing 70 мм (○, ▽); диаметром 90 мм, уплотненных смолой ФА (▲); диаметром 140 мм (◇); 250 × 250 мм (□, ●)

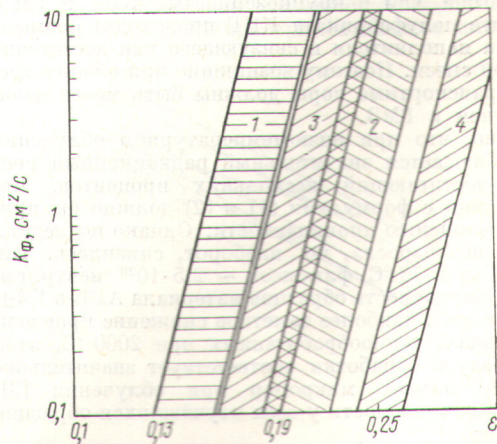
стость; A, n — параметры, зависящие от вида материала.

Для серии графитовых образцов, пористость которых варьировали [1] пропиткой пеком, $n = 3,5$. Однако для аналогичных образцов, содержащих 23% связующего, этот параметр составляет 14, что свидетельствует о наличии довольно крупных трещин.

Проницаемость конструкционного графита марки ГМЗ, в том числе подвергнутого уплотнению синтетическими смолами с последующей термообработкой, также описывается соотношением (1), однако при этом показатель степени n равен 14 [2].

В экспериментах определяли проницаемость образцов графита для воздуха, а общую пористость вычисляли по формуле

$$\varepsilon = 1 - d_K/d_H \approx 1 - 0,442d_H, \tag{2}$$



Р и с. 2. Сопоставление результатов определения проницаемости образцов марки КПГ (1); ГМЗ, вырезанных параллельно (2) и перпендикулярно оси продавливания (3); АРВ (4)