

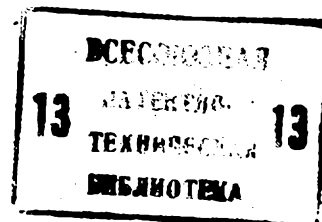


(51)4 G 01 T 1/11

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

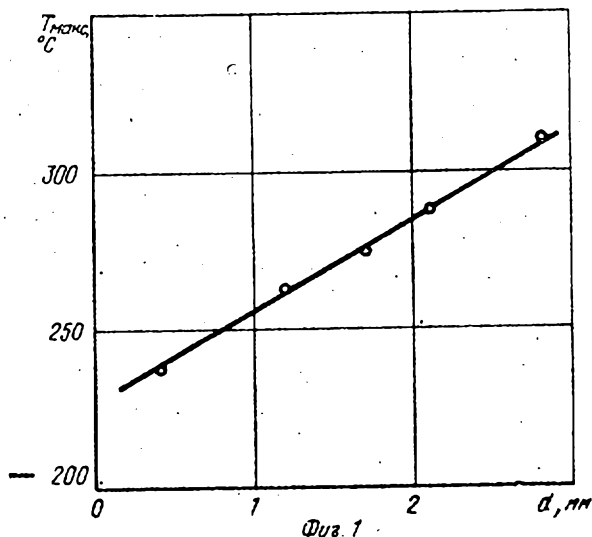


- (21) 3653225/24-25
- (22) 21.10.83
- (46) 30.08.85. Бюл. № 32
- (72) В.И. Готлиб и В.Л. Гребенщиков
- (71) Рижский медицинский институт
- (53) 621.387.464(088.8)
- (56) 1. Авторское свидетельство СССР № 717679, кл. G 01 T 1/11, 1980.
- 2. Патент США № 3835329, кл. 250-484, опублик. 1974.
- 3. Заявка Великобритании № 1557835, кл. G 6 P, опублик. 1979.
- 4. Патент США № 3896306, кл. 250-484, опублик. 1976 (прототип).
- (54)(57) ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ДОЗИМЕТР СМЕШАННОГО ГАММА- И НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, состоящий из радиатора с водородсодержащим материалом и чувствительного к излучению термолюминофора, отличающийся тем, что, с целью увеличения точ-

ности определения гамма, - нейтронных вкладов в смешанном излучении, он выполнен из двух чувствительных к излучению слоев, причем тонкий слой имеет толщину d_1 , соизмеримую с максимальной длиной пробега протонов отдачи в материале люминофора, а толщина толстого слоя d_2 выбирается из условий

$$T_{\max}(d_2) < T_{\text{нт}}$$

где $T_{\max}(d_2)$ - температура максимума пика термовысвечивания, а $T_{\text{нт}}$ - температура появления теплового свечения нагревательного элемента, оба слоя соединены между собой термостойким веществом с теплопроводностью λ , меньшей теплопроводности люминофора, причем радиатор находится в контакте с тонким слоем.



Изобретение относится к технике измерения параметров ионизирующего излучения, в частности к индивидуальной дозиметрии гамма- и нейтронного излучений, и предназначено для регистрации поглощенных доз гамма-излучения и потоков нейтронов в промышленности, медицине, радиобиологии и различных физических экспериментах с использованием источников ионизирующего излучения.

Известно, что при определении вклада смешанного излучения используются детекторы на основе люминофоров, например $\text{CaF}_2 : \text{Mn}$ (фтористый кальций, активированный марганцем) [1]. Эти детекторы имеют высокую чувствительность к рентгеновскому и гамма-излучению, удобный для считывания спектр термолюминесценции, линейную в широком диапазоне зависимость выхода термолюминесценции от дозы излучения. Однако это соединение имеет невысокую чувствительность как к тепловым, так и к быстрым нейтронам, что делает нецелесообразным его использование в детекторах смешанного гамма- и нейтронного излучения.

Известно также, что для измерения потока быстрых нейтронов термолюминесцентные детекторы, обладающие чувствительностью к активации нейтронами, облучаются в смешанном поле излучения [2].

Термолюминесценция, обусловленная облучением мгновенным гамма-излучением, в течение короткого временного интервала устранялась отжигом при высокой температуре. Затем термолюминофор выдерживался при достаточно низкой температуре в камере, защищенной от радиоактивного излучения, для того, чтобы материал дозиметра воспринял дозу облучения, обусловленную распадом радиоактивных ядер, образованных при облучении нейтронами. Обусловленная самооблучением термолюминесценция также считывается и коррелируется с нейтронным потоком.

К недостаткам известного способа можно отнести необходимость отжига в строго ограниченных режимах и потребность в сложных дополнительных расчетах.

Дозиметр гамма- и нейтронного излучения [3] содержит держатель из поглощающего нейтронное излучение ма-

териала и подложки, внутренние поверхности которых покрыты термолюминесцентным веществом, чувствительным к нейтронному излучению. На наружные поверхности подложек нанесен слой термолюминесцентного вещества, нечувствительного к нейтронному излучению. Однако при использовании такого дозиметра возникают трудности в сравнении поглощенных сигналов, так как нейтронный сигнал срабатывает в очень узком слое сравнительно с гамма-сигналом, из-за чего его выделение затруднено, т.е. дозиметр имеет недостаточную точность.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является термолюминесцентный дозиметр смешанного гамма- и нейтронного излучения, состоящий из радиатора с водородсодержащим материалом и чувствительного к излучению термолюминофора [4].

Это так называемые альbedo-дозиметры, содержащие одну или несколько пар детекторов из ${}^6\text{LiF}$ и ${}^7\text{LiF}$, в котором для поглощения быстрых нейтронов и их регистрации по действию протонов отдачи используется радиатор из водородсодержащего материала, например тефлона. При этом один из детекторов пары служит для регистрации гамма-излучения, а другой - для регистрации суммарного гамма- и нейтронного излучения, по разнице в показаниях которых определяется вклад гамма-излучения. Описанный дозиметр взят в качестве прототипа.

К недостаткам прототипа можно отнести тот факт, что в смешанных гамма-нейтронных полях погрешность в разнице показаний детекторов возрастает по мере сближения вкладов гамма- и нейтронного излучения, а также из-за большей энергии нейтронов и относительно более низкой чувствительности к гамма-излучению. Фактически при определении вкладов в смешанном излучении с помощью известного дозиметра приходится каждый раз осуществлять дополнительную калибровку либо прибегать к использованию системы альbedo-дозиметров с последующими трудоемкими расчетами.

Целью предлагаемого изобретения является увеличение точности определения гамма-, нейтронных вкладов

в смешанном излучении при сокращении трудоемкости процесса измерения.

Цель достигается тем, что термолюминесцентный дозиметр смешанного гамма- и нейтронного излучения, состоящий из радиатора с водородсодержащим материалом и чувствительного к излучению термолуминофора, выполнен из двух чувствительных к излучению слоев, причем тонкий слой имеет толщину d_1 , соизмеримую с максимальной длиной пробега протонов отдачи в материале люминофора, а толщина толстого слоя d_2 выбирается из условий $T_{\text{макс}}(d_2) < T_{\text{нт}}$, где $T_{\text{макс}}(d_2)$ - температура максимума пика термовысвечивания, а $T_{\text{нт}}$ - температура появления теплового свечения нагревательного элемента, оба слоя соединены между собой термостойким веществом с теплопроводностью λ , меньшей теплопроводности люминофора, причем радиатор находится в контакте с тонким слоем.

Особенность изобретения заключается в том, что для определения собственно вклада нейтронного излучения пользуются рабочим слоем люминофора, толщина которого соответствует именно тому узкому промежутку, в котором наблюдается действие протонов отдачи и вместе с тем минимальная погрешность в определении пика кривой термовысвечивания образца, связанная с толщиной самого детектора.

Таким образом, процесс определения вклада смешанного излучения удается упростить за счет того, что однажды проведенная калибровка дозиметра для определенного соотношения толщин тонкого и толстого слоев оказывается универсальной на все время его эксплуатации. При этом следует отметить, что точность измерений сохраняется при достаточно высоких скоростях нагрева термолуминофоров, имеющих четкий пик КТВ.

Благодаря предложенной конструкции дозиметра, разработанной на основе исследований по смещению КТВ без искажения ее формы в зависимости от толщины образца под влиянием сопротивления R_0 теплового контакта с нагревательным элементом, удается получить одновременно разнесенные по температурной оси кривые термовысвечивания, характеризующие вклад

нейтронного и гамма-излучений в смешанном потоке. Кроме того, благодаря соединению слоев люминофора термостойким веществом удается решить проблему обращения с очень тонким детектором, воспринимающим нейтронный поток, толщина которого не должна превышать несколько десятков микрон: в случае его автономного расположения (см. прототип) соответствующее физической сущности выполнение детектора крайне тонким неосуществимо из-за хрупкости и сложности многократного использования.

Выполнение промежуточного слоя из материала с теплопроводностью λ , меньшей теплопроводности люминофора, объясняется увеличением разнесения пиков за счет увеличения теплового сопротивления. Кроме того, промежуточный слой должен быть прозрачным для спектра термолуминесценции.

На фиг. 1 изображена зависимость $T_{\text{макс}}$ относительно толщины образца; на фиг. 2 - наложение сигнала ТЛ на температурное свечение; на фиг. 3 - собственно детектор; на фиг. 4 - кривая термовысвечивания детектора.

Установлено, что при контактном методе нагрева, обычно применяемом для регистрации термолуминесценции, размеры образца, в частности его толщина, влияют на положение кривой термовысвечивания КТВ на температурной оси из-за наличия контактного сопротивления R_0 . Одним из основных параметров КТВ является температура максимума пика термовысвечивания $T_{\text{макс}}$. С увеличением толщины образца d , независимо от его диаметра, происходит линейное увеличение $T_{\text{макс}}$ относительно температуры нагревательного элемента (фиг. 1). Поскольку максимум спектра термолуминесценции детекторов на LiF лежит в области 420 нм, а температурное свечение обычно применяемых нагревательных элементов при температуре 280-300⁰С в этой части спектра становится соизмеримым с термолуминесцентным сигналом детекторов, облученных малыми дозами, и при дальнейшем росте температуры экспоненциально возрастает, при толщинах детектора порядка 2-3 мм выделение сигнала ТЛ затруднено. Поэтому необходимым условием точного функционирования предлагаемого ТЛ-

дозиметра является ограничение по толщине детектора из условия

$$T_{\max}(d) \leq T_{\text{нт}},$$

где $T_{\text{нт}}$ - начало влияния температурного нагрева нагревательного элемента (фиг.2).

Изготовленный исходя из упомянутых теоретических предпосылок детектор (фиг.3) содержит первый тонкий слой d_1 , выполненный, например, из ${}^7\text{LiF}$, соединенный с вторым слоем d_2 , также изготовленным из ${}^7\text{LiF}$, термостойким слоем R_T с теплопроводностью λ , меньшей теплопроводности ${}^7\text{LiF}$. В непосредственном контакте с d_1 находится водородсодержащий радиатор из полиэтилена. Детектор, предназначенный для измерения вкладов в дозу гамма- и нейтронных компонентов излучения, помещается в смешанный поток таким образом, что излучение проходит сначала через радиатор, затем сквозь тонкий слой d_1 и второй слой d_2 . При этом толщина слоя d_1 такова, что полностью поглощает протоны отдачи с энергией до 14 МэВ.

Облученный детектор (фиг.3) помещается на нагревательный элемент источника термолюминесценции (не показан) таким образом, что тонкий слой лежит на нагревательном элементе. Полученная при постепенном нагреве с постоянной скоростью нагрева кривая термовысвечивания (фиг.4) состоит из двух пиков, которые достаточно хорошо выделены. Первый пик, полученный от тонкого слоя d_1 , несет в себе информацию о суммарном вкладе γ - и n -излучения, во втором пике, полученном от слоя d_2 , сосредоточена информация о вкладе γ -излучения, причем разнесение пиков обусловлено как значительной разницей толщин d_1 и d_2 , так и наличием промежуточного слоя с большим тепловым сопротивлением. Для определения конкретного вклада интенсивности γ - и n -излучения используются значения градуировочных коэффициентов, полученных при предварительном облучении детектора однородным гамма-излучением определенной интенсивности (набор нескольких доз), причем калибровочные коэффициенты для каждого пика

$$k_1 = \frac{D}{J}, \quad \text{Гр/ед.инт}, \quad k_2 = \frac{D_2}{J_2}, \quad \text{Гр/ед.инт}$$

и т.д., где D - доза, J - интенсивность пика, а также соотношение пиков $k_n = \frac{k_1}{k_2}$, близкое к соотношению толщин слоев d_1 и d_2 . Исходя из предварительно имеющихся значений калибровочных коэффициентов, определяется суммарный вклад смешанного излучения $D_{\gamma+n} = k_1 \cdot J_1$, затем соответственно $D_\gamma = k_2 \cdot J_2$ и собственно вклад нейтронного излучения $D_n = D_{\gamma+n} - D_\gamma$

15 Пример конкретного определения вклада смешанного излучения с помощью предлагаемого детектора.

При калибровке детектора, в котором $d_1 = 200$ мкм, $d_2 = 2$ мм, слои изготовлены из ${}^7\text{LiF}$ и соединены термостойким неорганическим клеем типа ГИПК-251 (толщина прослойки 20 мкм), диаметр детектора 3 мм. Полиэтиленовый радиатор толщиной 0,5 см был нанесен на тонкий слой d_1 , использовались дозы 0,15 и 1,50 Гр; при скорости нагрева 4,3 град/с первый пик имел максимальное значение при $T = 220^\circ\text{C}$, второй - при $T_2 = 285^\circ\text{C}$; значения коэффициентов:

$$k_1 = 0,1 \text{ Гр/ед.инт}, \quad k_2 = 1 \text{ Гр/ед.инт}, \\ k_n = 10.$$

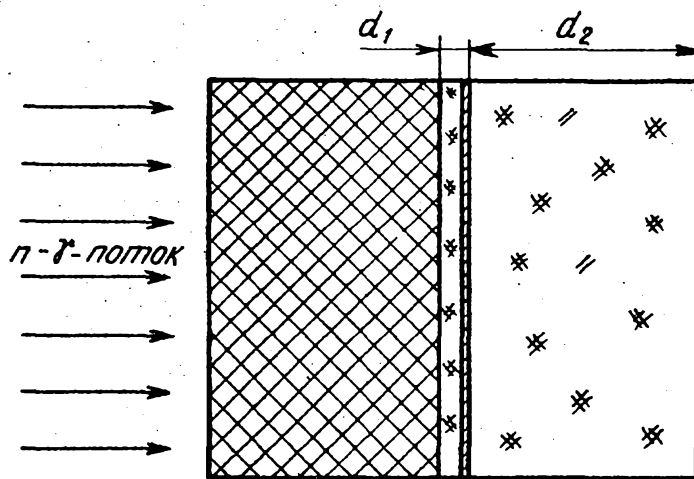
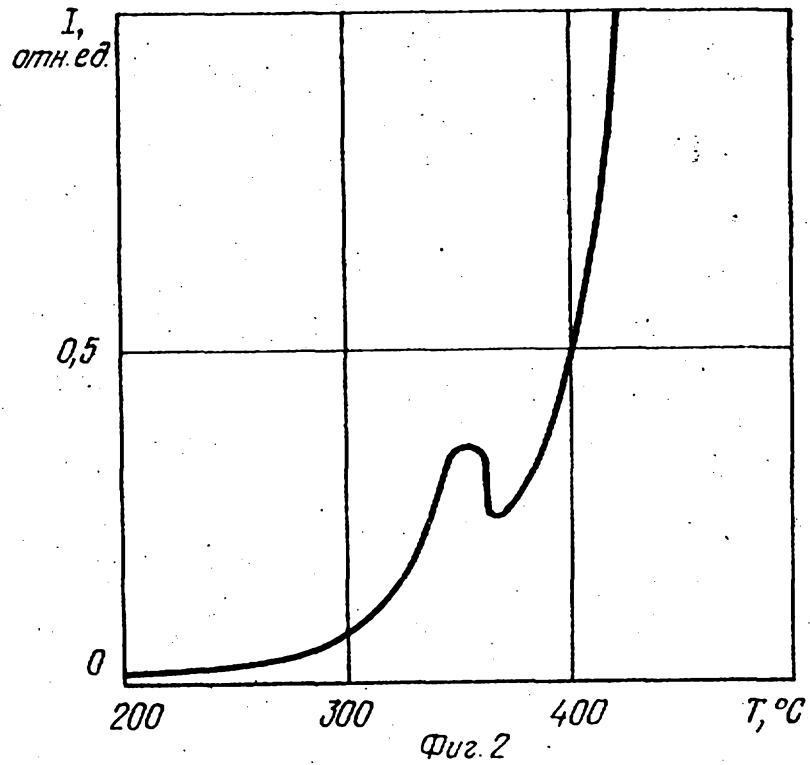
35 После определения калибровочных коэффициентов детектор облучался в смешанном потоке от нейтронного генератора. Снятие кривых термовысвечивания затем проводилось при аналогичной скорости нагрева. Первый пик КТВ при температуре 220°C дал дозу 0,6 Гр (смешанное излучение), второй пик КТВ при температуре 285°C показал дозу 0,25 Гр (чистое гамма-излучение) 40 Отсюда доза нейтронного излучения составила $0,6 - 0,25 = 0,35$ Гр (в гамма-эквивалентах).

Предложенный дозиметр в отличие от базового объекта - альbedo-дозиметра обеспечивает как сравнительную быстроту измерений (достаточно однократной калибровки), так и их достоверную повторяемость при необходимой для оценки радиологической обстановки степени точности (порядка 50 10%).

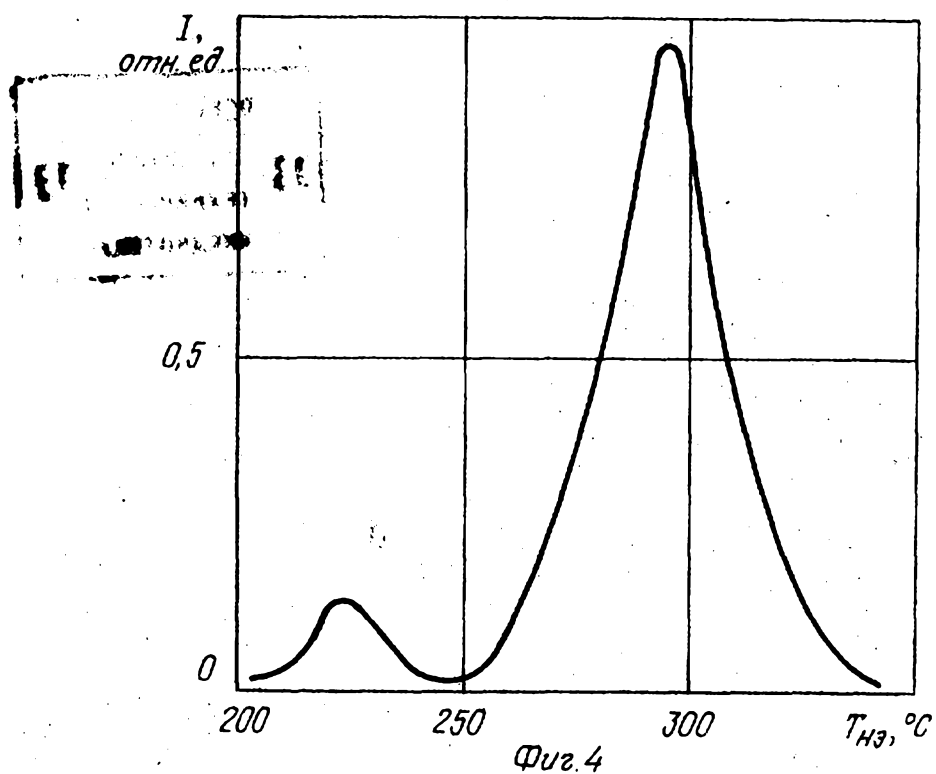
Использование предложенного дозиметра расширяет арсенал применяемых

современных термолуминесцентных детекторов, созданных на основе оригинальных теоретических разработок и является особо перспективным в об-

ластях народного хозяйства, связанных с использованием атомной энергии, а также для индивидуальной дозиметрии в радиобиологии и медицине.



Фиг. 3



Составитель С. Кондратенко

Редактор С. Титова Техред Т. Фанта Корректор С. Шекмар

Заказ 5774/4

Тираж 748

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4