

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОТРАНСФЕРНОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ДЕТЕКТОРОВ ТЛД- 500К ДЛЯ ВЫСОКОДОЗНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF TLD-500K PHOTOTRANSFERRED LUMINESCENCE DETECTORS USE FOR HIGH-DOSE MEASUREMENTS

М. Г. Казанцева, В. С. Кортюв
M. G. Kazantseva, V. S. Kortov

Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-Исследовательский институт Технической Физики имени академика Е.И. Забабахина
Russian Federal Nuclear Center – VNIITF

Проведенные в последнее время исследования кристаллов анион-дефектного α - Al_2O_3 и термолюминесцентных (ТЛ) детекторов ТЛД-500К на их основе показали перспективность применения данных детекторов для высокодозных измерений ионизирующего излучения. В этом случае используется дозиметрическая информация, которая запасается и хранится на глубоких ловушках материала. Существуют различные методы считывания этой информации. Один из них связан с фототрансфером носителей заряда из глубоких ловушек на более мелкие. Цель данной работы заключается в оценке возможности использования фототрансферной люминесценции детекторов ТЛД- 500К для высокодозных измерений.

Recent research on a α - Al_2O_3 single crystal and α - Al_2O_3 based TLD-500K thermoluminescence detectors have shown the perspectivity of application of these detectors for the high-ionizing radiation measurements. In this case, the dosimetric information is used and stored and saved in deep traps of the material. There are different methods of information readout. One of them is connected with the electron phototransfer from deep traps into shallow traps. The goal of this work is to evaluate the possibility of TLD-500K phototransferred thermoluminescence (PTTL) detectors use for high-dose measurements.

В настоящее время практически не осталось областей науки и техники, где не применялись бы источники ионизирующих излучений (ИИИ). В промышленности и медицине, оборонном комплексе и транспорте, сельском хозяйстве используются мощные и малые, стационарные и передвижные источники ИИ, аппараты лучевой терапии, дефектоскопы, различные измерители и сигнализаторы, счетчики предметов.

Применяемые изначально источники ионизирующего излучения были низкодозными, так как решаемые с их помощью задачи не требовали высокой интенсивности излучения. Однако с развитием атомной промышленности и энергетики стали использоваться мощные источники ионизирующего излучения на базе радионуклидов большой активности и ускорителей заряженных частиц с пучками высокой интенсивности.

Высокодозные измерения необходимы при использовании радиационных технологий для получе-

ния новых химических веществ и соединений с уникальными свойствами, термостойких полимерных материалов, твердых лакокрасочных покрытий, термоусаживающихся полимерных труб, морозостойких изоляционных материалов и для других целей. Особо следует отметить процессы воздействия ИИ на изделия медицинского назначения с целью достижения высокого уровня их стерильности [1].

Помимо перечисленных областей, ИИ высокой интенсивности используются также в исследованиях радиационной стойкости аппаратуры и составных частей военной техники. Такое широкое применение влечет за собой интенсивное развитие высокодозной дозиметрии, совершенствование известных методов и разработку новых детекторов ИИ и аппаратуры для их регистрации. Особый интерес представляет высокодозная термолюминесцентная дозиметрия.

Возникает проблема: при регистрации термолюминесценции с детектора, облученного высокой дозой радиации, пики на кривой термовысвечива-

ния располагаются в диапазоне повышенных температур (до 700 °С). В данном диапазоне начинают сказываться эффекты, мешающие качественному измерению сигнала с детектора (влияние теплового фона, разрушение детектора и многое другое). Отметим, что при облучении высокими дозами ИИ, основной является дозиметрическая информация, которая запасается и хранится на глубоких ловушках материала, ответственных за высоко-температурные ТЛ пики. Существуют различные методы считывания этой информации. Один из них связан с фототрансфером носителей заряда из глубоких ловушек на более мелкие- метод фототрансферной термолюминесценции (ФТТЛ).

Особенность метода ФТТЛ заключается в фотостимулированном переселении носителей заряда из глубокой ловушки на более мелкие. На начальном этапе эксперимента происходит заполнение носителями заряда как глубоких, так и мелких ловушек. Далее мелкие ловушки опустошаются с помощью термостимуляции. Следующий этап – фотостимуляция, которая вызывает переселение носителей заряда из глубокой ловушки на более мелкие. После этого производится измерение кривой ФТТЛ, которая характеризуется пиками при более низких температурах (100–350 °С). Данный метод позволяет осуществить повторное измерение дозы, т.к. он не уничтожает дозиметрическую информацию при каждом измерении, как это происходит при обычной регистрации кривой термолюминесценции. Более детальные принципы метода ФТТЛ представлены в трудах многих авторов, например [2].

Проведенные в последнее время исследования кристаллов анион-дефектного α -Al₂O₃ и высокочувствительных термолюминесцентных детекторов ТЛД-500К на их основе показали перспективность их применения для высокодозных измерений ионизирующего излучения [3].

Цель данной работы заключается в определении оптимальных параметров фотостимуляции и оценке возможности использования фототрансферной люминесценции детекторов ТЛД-500К для высокодозных измерений.

Образцы и методика эксперимента

Исследовались стандартные термолюминесцентные детекторы ТЛД-500К на основе номинально чистых анион-дефектных монокристаллов α -Al₂O₃. В первой части экспериментов (по подбору оптимальных параметров ФТТЛ) использовались детекторы, облученные тестовой дозой 1 кГр

от источника ⁶⁰Со. Во второй части экспериментов (для измерения дозовой зависимости) образцы облучались электронным пучком с длительностью импульса 2 нс и средней энергией электронов (130±1) кэВ при плотности тока 60 А/см². Один импульс соответствовал дозе 1,5 кГр. Фотостимуляция осуществлялась синими светодиодами. Для измерения фототрансферной термолюминесценции использовалась экспериментальная установка с ФЭУ-130 и возможностью линейного нагрева детекторов от 320 К до 800 К со скоростью 2 К/сек.

Результаты и обсуждение

В начале исследования необходимо определить параметры режима фотостимуляции (ток через диоды и время стимуляции) для облученных детекторов ТЛД-500К. Для этого образцы облучались тестовой гамма дозой 1 кГр. Затем с облученных образцов снимался сигнал ФТТЛ (время стимуляции составляло 30 секунд), при этом в каждом измерении менялся ток через диоды, то есть мощность светового потока при фотостимуляции. Результаты представлены на рис. 1.

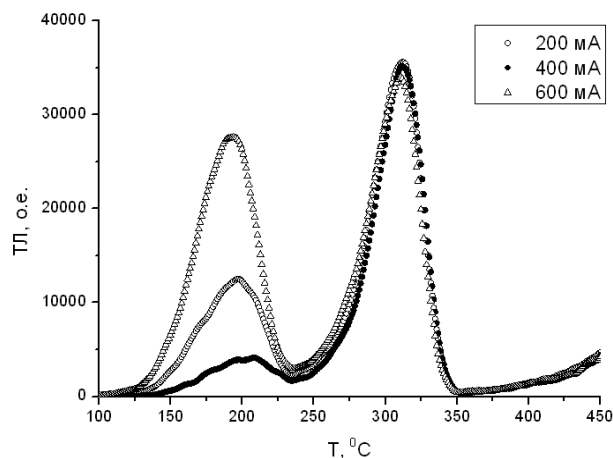


Рис. 1. ФТТЛ детекторов ТЛД-500К, облученных дозой 1 кГр, при различном токе светодиодов. Время фотостимуляции 30 секунд

Затем с облученных образцов измерялся сигнал ФТТЛ при фиксированном значении тока 600 мА через диоды, при этом в каждом измерении изменялось время фотостимуляции. Результаты представлены на рис. 2.

Измерена дозовая зависимость интенсивности пика ФТТЛ при 310 °С после фототрансфера электронов из глубоких ловушек. Исходя из данных рис. 1 и 2, для регистрации ФТТЛ были выбраны

следующие параметры фотостимуляции: 600 мА и длительность 30 секунд. Установлено, что выход ФТТЛ исследуемого пика увеличивается сублинейно с ростом дозы D в диапазоне 1–130 кГр и пропорционален $D^{0,35}$ (рис. 3). Сублинейность дозовой зависимости не является принципиальным препятствием для использования детекторов ТЛД-500К при высокодозных измерениях, при этом требуется провести градуировку измерительного тракта прибора.

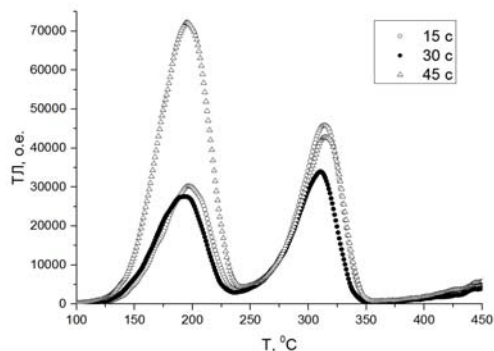


Рис. 2. ФТТЛ детекторов ТЛД-500К, облученных дозой 1 кГр, при токе через светодиоды 600 мА и при различной длительности фотостимуляции

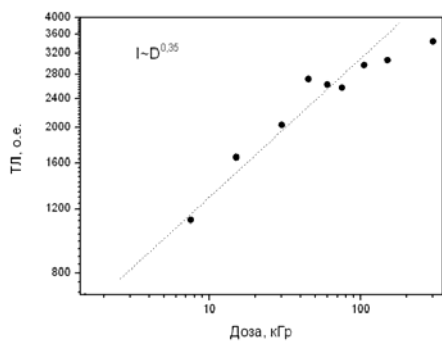


Рис. 3. Дозовая зависимость ФТТЛ детекторов ТЛД-500К при облучении импульсным пучком электронов

Следующим шагом в оценке возможности регистрации высоких доз ФТТЛ является получение дозовой зависимости при облучении детекторов ТЛД-500К от гамма-источников. В настоящее время авторы продолжают заниматься данными исследованиями.

Выводы

Экспериментально найдены режимы фотостимуляции при регистрации ФТТЛ детекторов ТЛД-500К, облученных высокой дозой. Проведенные исследования показали возможность использования фототрансферной люминесценции детекторов ТЛД-500К для высокодозных измерений при облучении электронным пучком. Для дальнейшего развития ФТТЛ как метода высокодозной дозиметрии необходимо глубже изучить механизмы ФТТЛ и получить дозовые зависимости ФТТЛ детекторов ТЛД-500К, облученных ИИ различных типов.

Список литературы

1. Красовский П. А. Обеспечение единства измерений в радиационных технологиях. Менделеево: ВНИИФТРИ, 2007.
2. Moscovitch M. The Principles of Phototransferred Thermoluminescence // *Conspect and Trends in Medical Radiation Dosimetry*. 2011. Vol. 1345. P. 323–334.
3. Nikiforov S. V., Kortov V. S., Zvonarev S. V., Moiseykin E. V., Kazantseva M. G. Basic Luminescent and Dosimetric Properties of $Al_2O_3:C$ Irradiated by Pulse Intensive Electron Beam // *Radiation Measurements*. 2014. N 71. P. 74–77.