

УДК 548.4:539.12.04:535.343.2

## ФОТО – И ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ АКТИВАТОРНЫХ ЦЕНТРОВ В NaCl-Ag

Арапов Т.Б., Ташкулов К.Д., Арапов Б.

Ошский Государственный Университет, Ош, e-mail: baish-arapov@yandex.ru

Установлено, что в облученных кристаллах NaCl-Ag образуются радиационно-наведенные активаторные центры, ответственные за фото и термостимулированную люминесценцию. Исследуемый кристалл NaCl-Ag может оказаться пригодным для использования в качестве дозиметрического материала.

**Ключевые слова:** кристаллы, люминесценция, центры, спектр возбуждения, спектр свечения, термопик, дозиметрическая свойства

## PHOTO AND THERMALLY STIMULATED LUMINESCENCE OF THE ACTIVATOR CENTERS IN NaCl-Ag

Arapov T.B., Tashkulov K.D., Arapov B.

Osh State University, Osh, e-mail: baish-arapov@yandex.ru

It was found that radiation-induced activator centers are formed irradiated crystals NaCl-Ag, responsibility for photos and thermally stimulated luminescence. The test crystal NaCl-Ag can be suitable for use as dosimetric (дозиметрический) material.

**Keywords:** crystals, luminescence, centers, excitement range, luminescence range, thermopeak, dosimetric properties

Исследование различных физических свойств щелочно-галогидных кристаллов (ЩГК), обусловлено тем, что радиационные дефекты в нем определяют многие ценные в практическом отношении свойства. Следовательно, для получения веществ с заданными свойствами необходимо научиться управлять типом и количеством дефектов, обуславливающих те или иные свойства твердых тел.

В работах [1, 2] изучены дозиметрические свойства ЩГК. Преимуществом этих материалов по сравнению с другими является его низкий эффективный атомный номер, в результате чего поглощение ионизирующих излучений в нем близко к поглощению в тканях человеческого тела.

Нами в работах [3, 4] исследованы фото- и термостимулированной люминесценции облученных кристаллов, имеющих большое прикладное значение. Это основано на том, что при нагревании облученного ЩГК происходит обратимые изменения, т.е. кристалл возвращается в исходное состояние.

### Фотостимулированная люминесценция

До сих пор остается спорным вопрос о расположении ионов активатора, ответственных за поглощение и свечение, и их связи с дефектами кристаллической решетки. Весьма перспективным в связи с этой проблемой является совместное исследование природы центров люминесценции в возбужденных и невозбужденных кристаллах.

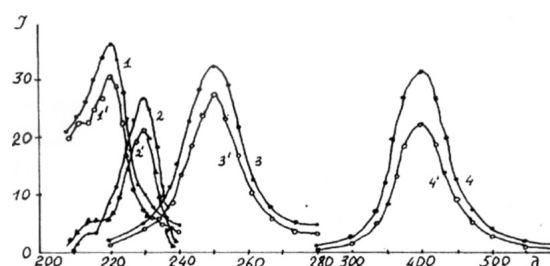


Рис. 1. Спектральные характеристики центров I и центров II NaCl-Ag, полученные до и после (штрих) рентгеновского облучения: 1, 1' – спектры возбуждения для  $\lambda_{\text{св}} = 248$  нм; 2, 2' – спектры возбуждения для  $\lambda_{\text{св}} = 400$  нм; 3, 3' – спектры свечения при  $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм; 4, 4' – спектры свечения при  $\lambda_{\text{возб}} = 230$  нм

Наблюдения за этими изменениями велись по спектрам оптического поглощения, свечения и по спектрам возбуждения люминесценции.

Объектами исследования были монокристаллы NaCl-Ag (0,1 моль %), полосы активаторного поглощения, которого расположены у длинноволнового края собственного поглощения кристалла и обнаруживают структуру в виде трех максимумов. Первые два максимума у NaCl – Ag приписываются поглощению изолированных ионов серебра (центры I), а третий – спаренным ионам серебра (центры II). Как известно центры II образованы ионами серебра, расположенными вблизи каких-то нарушениях кристаллической решетки. Центры I имеют коротковолновое излучение с максимумом при

248 нм, а центры II – более длинноволновое излучение с максимумом при 400 нм.

На рис. 1 приведены спектры свечения и возбуждения центров I и II в NaCl-Ag, до (кр. 1-4) и после (кр. 1'-4') рентгенизации кристалла. Как видно из этих данных, рентгенизация кристалла приводит к уменьшению интенсивности излучения как центров I, так и центров II типа

Непосредственно после рентгенизации у NaCl-Ag (0,1 моль %) имеется также свечение с максимумом около 585 нм (рис. 2, кр. 3).

Кривая 4 рис. 2 представляет один из полученных спектров возбуждения для свечения  $\lambda_m = 585$  нм. Спектр возбуждения занимает широкую спектральную область и состоит из двух полос с максимумами при 297 нм и 335 нм.

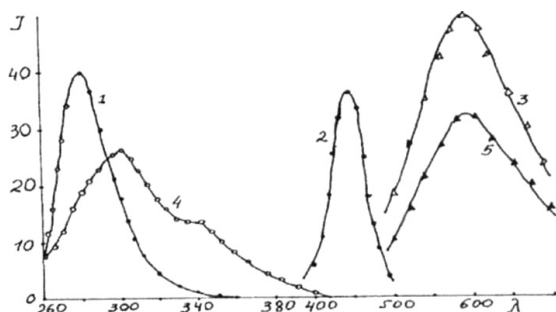


Рис. 2. Спектры свечения NaCl-Ag (0,1 моль %) при  $\lambda_{возб} = 278$  нм (2), при  $\lambda_{возб} = 330$  нм до (3) и после прогрева до 150 °С (5) и спектры возбуждения этого фосфора для свечения с  $\lambda_m = 440$  нм (1) и с  $\lambda_m = 585$  нм (4)

Весьма интересные изменения возникают в спектрах свечения и возбуждения после нагревания кристалла с последующим охлаждением. Нагревание кристалла до 500 К приводит к исчезновению свечения 585 нм и к одновременному появлению сильного устойчивого зеленого свечения с максимумом  $\lambda_m = 540$  нм. Рентгенизованного и прогретого до 550 К кристалла NaCl-Ag спектр возбуждения этого свечения максимум которого лежит около 310 нм, которая совпадает с максимумом С – полосы поглощения.

Как видно из рис. 1 кр. 4, полоса свечения центров II несколько простирается в зеленую область спектра, поэтому, если попробовать снять спектр возбуждения для свечения 540 нм у нерентгенизованного кристалла NaCl-Ag, то получится типичная для центров II полоса возбуждения с максимумом при 230 нм. Так как облучение преобразуют часть ионных центров в наведенные, то после облучения мы наблюдаем уменьшение ионной полосы воз-

буждения и появление, новой наведенной полосы, принадлежащей С – центрам. Новая полоса возбуждения для зеленого свечения прогретого кристалла явно не элементарна и на первый взгляд состоит из трех полос. Тот факт, что данный эффект снимается прогревом образца до 700 К, который разрушает все наведенные центры свечения и кристалл девозбуждается, говорит о том, что этот рост обусловлен ионной природой полос возбуждения в данной области спектра (210-250 нм). Это подтверждается и характером спектра свечения, полученного при возбуждении кристалла светом из области поглощения центров II ( $\lambda_m = 228$  нм), в котором, кроме чисто ионной полосы свечения при 400 нм, появляется зеленая наведенная полоса около 540 нм, что может свидетельствовать о существовании передачи энергии возбуждения от ионных центров к наведенным.

### Термостимулированная люминесценция (ТСЛ)

На рис. 3 представлены кривые ТСЛ кристалла NaCl-Ag (0,1 моль %), облученных различной дозой облучения. Изучение кривых ТСЛ показало, что в интервале температур от 280 К до 500 К кривые ТСЛ имеют несколько ярко выраженных пиков (397 К, 332 К, 367 К). При увеличении дозы облучения кривые ТСЛ сильно усложняются, появляется несколько новых максимумов ТСЛ (390 К, 420 К) и перераспределяются интенсивности термопиков. Необходимо отметить, что при увеличении дозы облучения наблюдаются неодинаковый рост различных термопиков. Из этого следует, что для каждого термопика существует определенная доза облучения, при которой запасенная светосумма достигает максимальной величины. Дальнейшее увеличение времени возбуждения может привести уменьшению и исчезновению отдельных термопиков и появлению новых, более высокотемпературных пиков.

Особенно необходимо обратить внимание на пик при 297 К, так как в отличие от других пиков ТСЛ этот пик отделяется и интенсивность пика растет по определенной закономерности с увеличением дозы облучения.

Это приводит к мысли о том, что с увеличением времени рентгенизации, увеличивается число носителей заряда, запасенных на данном уровне. Как известно, термолюминесценция кристаллофосфоров используется при дозиметрии ионизирующих излучений для определения дозы радиации. Использование кристаллов в дозиметрии основано на том, что светосумма запаса-

емая кристаллом при облучении, пропорциональна полученной дозой образцом. Однако, не все ЩГК удовлетворяют требованиям, предъявляемым к материалам для термолюминесцентной дозиметрии.

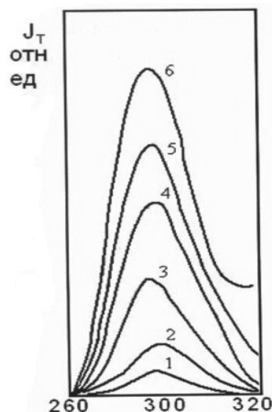


Рис. 3. ТСЛ термопика 297К кристалла NaCl-Ag (0,1 моль %) при различных дозах облучения. 1-5 мин, 2-10 мин, 3-15 мин, 4-20 мин, 5-30 мин, 6-60 мин

Одним из требований для дозиметрического материала является наличие не перекрываемого с соседними полосами излучения изолированного термопика ТСЛ, находящегося достаточно недалеко от комнатной температуры. Кроме того, для более точной регистрации интенсивность этого пика должна быть достаточно высока по сравнению тепловым фоном.

В кристаллах NaCl-Ag (0,1 моль %) дозиметрический пик расположен при 297 К, то есть он является достаточно высокотемпературным и изолированным, что позволя-

ет хранить дозиметрическую информацию достаточно долго. В промышленно применяемых дозиметрах ТЛД – 100 дозиметрический пик находится при 470 К [3, 4], а в дозиметрических материалах, предложенных в работах [1, 2], термопик находится при 384 К.

Расположение термопика при 297 К дает определенное преимущество, что не увеличивается расход энергии и время для подготовки образца к следующим измерениям и не очень возрастает фон нагревательной системы.

Следующее условие заключается в том, что интенсивность дозиметрического термопика должна быть прямо пропорционально полученной образцом дозе в широком интервале доз.

Таким образом из вышеизложенных данных можно сделать заключение, о том что термостимулированный пик 297 К удовлетворяет ряду условий, предъявляемых к применяемым дозиметрическим излучениям, а кристалл NaCl-Ag (0,1 моль %) может оказаться пригодным для использования в качестве дозиметрического материала.

#### Список литературы

1. Денисов Г.С., Кидибаев М.М. Низкотемпературные термолюминесцентные дозиметры // Конференция по радиационной физике. – Бишкек, 1999. – С. 112–113.
2. Райков Д.В., Иванов Ю.В., Шульгин Б.В. и др. Сцинтилляционные среды на основе облученных кристаллов (Li,Na) F-U, Me с центрами окраски // Труды III междунар. конф. «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах». – Томск, 2002. – С. 239–242.
3. Садырова М., Ташкулов К. Фото и термостимулированная люминесценция наведено-активаторных центров в NaCl-Ag // Поиск. сер. ест. и техн. наук. – Алма-Ата, 2008. – № 1. – С. 7–11.
4. Ташкулов К., Камалов К., Арапов Б. Термолюминесцентные дозиметрические свойства кристалла NaCl-Ag // Вестник ОшГУ. – 2002. – № 5. – С. 231–235.