

Ташкулов Куштарбек Добурбекович, к.ф.-м. н., доцент,
Ошский государственный университет,
Ысакова Уулча Абдивалиевна - преподаватель,
Кыргызско-Узбекский университет,
Салайдин кызы Тахмина магистр, Улукбек кызы Мадина магистр,
Ошский государственный университет
E-mail: ktashkulov@mail.ru

О ВЛИЯНИИ СТЕПЕНИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ФОТОТЕРМИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ F-ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ NaCl.

Изучалось влияние пластической деформации на термо- и фототермостабильность F-центров окраски в кристаллах NaCl. Показано, что фототермическая стабильность F-центров окраски и термическая стабильность части этих центров по мере роста степени пластической деформации возрастают. В результате пластической деформации растет концентрация менее стабильных F-центров окраски. Явление изучено в кристаллах, деформированных до и после возбуждения рентгеновыми лучами. Результаты интерпретированы с точки зрения ионного механизма активации процессов термического и фототермического разрушения центров окраски в щелочно-галогидных кристаллах.

Ключевые слова: центр окраски, термической и фототермической обесцвечивания, термической и фототермической разрушения, пластическая деформация, рентгеновый луч.

Tashkulov Kushtarbek Doburbekovich
Ph.D., associate professor, Osh state university,
Isakova Ulcha Abdivaliyeva - teacher,
Kyrgyz-Uzbek University,
Salaidin kyzy Takhmina - master, Ulukbek gizi Madina - master,
Osh state university

ON THE EFFECT OF THE DEGREE OF PLASTIC DEFORMATION ON THE PHOTO THERMAL STABILITY OF F-CENTERS OF COLOR IN NaCl CRYSTALS

The influence of plastic deformation on the thermal and photo thermal stability of F-centers of color in NaCl crystals was studied. It is shown that the photo thermal stability of the F-centers of color and the thermal stability of some of these centers increase with increasing degree of plastic deformation. As a result of plastic deformation, the concentration of less stable F-centers of color increases. The phenomenon was studied in crystals deformed before and after excitation by X-rays. The results are interpreted from the point of view of the ion mechanism of activation of thermal and photo thermal destruction of color centers in alkali-halide crystals.

Key words: center of coloring, thermal and photo thermal discoloration, thermal and photo thermal destruction, plastic deformation, X-ray.

Исследованиями ряда авторов [1-3] было установлено, что термическая стабильность центров окраски в щелочно-галогидных кристаллофосфорах зависит от условий изготовления фосфоров, наличия примесей, вида возбуждения, истории образца и т. д. Вопрос об изменении стабильности центров окраски при действии на возбужденный кристалл двух или более девиоуждающих факторов изучен слабо, в частности, совершенно недостаточно изучен вопрос об одновременном действии на

Известия ОшГУ, 2018 №1, Часть 1 193

рентгенизованные кристаллы тепловой и лучистой энергии (так называемое фототермическое обесцвечивание). Представляет интерес провести сравнительное исследование термического и фототермического обесцвечивания центров окраски в указанном классе кристаллофосфоров с целью выяснения механизма, приводящего к разрушению центров окраски и рекомбинационной люминесценции.

На наш взгляд, процессы, приводящие к термическому или фототермическому разрушению F -центров окраски, являются более сложными, нежели непосредственная термическая ионизация невозбужденных (или фотовозбужденных) центров окраски. На основе анализа экспериментальных данных, полученных при исследовании процессов термического и фототермического разрушения F -центров окраски, ранее нами был сделан вывод о существенной роли ионных процессов в ходе разрушения центров окраски [2]. Предполагается, что при фототермическом разрушении ионы-разрушители (подвижные дефекты кристаллической решетки или их агрегаты) взаимодействуют с фотовозбужденными центрами окраски. В результате взаимодействия происходит разрушение центров окраски и образуются продукты ионного распада.

Исходя из описанных представлений о существенной роли ионных процессов при фототермическом разрушении F -центров окраски, было получено [3] следующее соотношение, определяющее скорость фототермического разрушения F - центров окраски:

$$-\frac{dn_{p\lambda T}}{dT} = \frac{P_{ov}^*}{\beta} \cdot \frac{n_v}{\gamma_{oN}^*} \cdot 5 \cdot 10^{-16} \cdot \frac{N_o}{c} \cdot p \cdot \tau n_{F\lambda T} \cdot e^{-\frac{Q_v + Q_p^* - Q_3}{kT}} \quad (1)$$

где $\gamma_o^* = \sigma_{o3}/\sigma_{op}^*$ - отношение эффективных сечений взаимодействия ионов-разрушителей с ионными центрами захвата и взаимодействия ионов-разрушителей с возбужденными центрами окраски; N -концентрация ионных центров захвата и n_v – концентрация ионов-разрушителей; p -вероятность фотовозбуждения F - центров окраски; P_{ov}^* -частота колебания ионов вблизи фотовозбужденных F - центров.

Из кинетического уравнения (1), описывающего исследуемый процесс, видно, что скорость разрушения центров окраски определяется, в частности, концентрацией ионных центров захвата N . Мы полагаем, что такими центрами в щелочно-галоидных кристаллофосфорах могут быть дислокации. Известно, что фактором, в сильной степени меняющим концентрацию дислокаций в кристаллах, является пластическая деформация [5].

Целью настоящей работы явилось исследование влияния степени пластической деформации преднамеренно неактивированных кристаллов на термическую и фототермическую стабильность F - центров окраски, а также выяснение характера влияния деформации кристаллов на указанную стабильность до и после их рентгенизации. В результате эксперимента были получены величины следующих параметров, характеризующих термическую и фототермическую стабильность F -центров окраски: $\varepsilon = Q_v + Q_p - Q_3$; $\varepsilon^* = Q_v + Q_p^* - Q_3$; $P_o = \frac{P_{ov}}{\beta} \cdot \frac{n_v}{\gamma_o N}$;
 $P_o^* = \frac{P_{ov}^*}{\beta} \cdot \frac{n_v}{\gamma_o^* N} \cdot 5 \cdot 10^{-16} \cdot \frac{N_o}{c} \cdot p \cdot \tau$; $\frac{n_v}{\gamma_o N} = \frac{P_o}{P_{ov}\beta}$; $\frac{n_v}{\gamma_o^* N} = \frac{P_o^*}{\frac{P_{ov}^* \cdot N_o \cdot 5 \cdot 10^{-16} p \cdot \tau}{\beta}}$; (3)

Экспериментальное исследование процессов термического и фототермического разрушения F -центров окраски в кристаллах NaCl было произведено на трехканальном релаксационном комбайне, позволяющем одновременно изучать процессы фототерморазрушения и фототермовысвечивания, а также регистрировать температуру кристалла. Схема установки приведена в работе [4]. Нагрев производился с постоянной скоростью, равной 0,3 град/сек. Для фотовозбуждения F - центров окраски была использована лампа накаливания с водяным охлаждением. Коэффициент добавочного поглощения Δk_m при термическом и фототермическом обесцвечивании кристаллов измерялся с помощью фотоэлектрического фотометра, состоящего из фотоумножителя типа ФЭУ-29 с фильтром ($\lambda=460$ нм) и усилителя постоянного тока.

Возбуждение кристаллов проводилось на рентгеновский установке типа УРС-55А (при $U=45\text{кв}$, $I=15\text{ма}$, трубка типа БСВ-Си). Время возбуждения 40мин.

В настоящей работе было произведено экспериментальное исследование термической и фототермической стабильности F - центров окраски в пластически деформированных в различной степени кристаллах NaCl естественном (Токтогульского месторождения Кыргызской Республике и выращенных из расплава методом Киропулоса). Из полученных данных следует, что при различных степенях пластической деформации практически изменения спектрального положения F -полосы поглощения не происходит. Этот факт свидетельствует о том, что после пластической деформации кристалла структура и энергетические характеристики F - центров окраски существенно не изменяются.

Экспериментальные кривые термического и фототермического разрушения F - центров окраски NaCl синтетического и NaCl естественного представлены на рис.1.

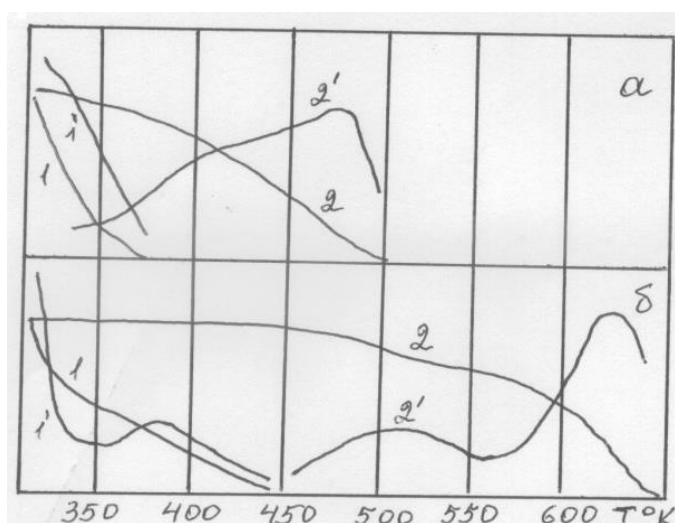


Рис. 1. Экспериментальные кривые разрушения F - центров окраски а- NaCl синтетический, б- NaCl естественный. 1- изменение концентрации F - центров окраски при фототерморазрушении; 2-изменение концентрации F - центров при терморазрушении; 1'- скорость изменения F - центров окраски при фототерморазрушении; 2'- скорость изменения F - центров окраски при терморазрушении;

Видно, что фототермическое разрушение центров окраски в NaCl синтетическом (так же как и термическое разрушение) происходит при более низких температурах, чем в NaCl естественном. Таким образом, F - центры окраски в натуральных кристаллах NaCl обладают более высокой не только термической, но и фототермической стабильностью (ср. кривые 1 а и 1 б рис. 1). Было проведено сравнительное исследование влияния степени деформации кристаллов NaCl до и после рентгенизации на термическую и фототермическую стабильность F - центров окраски. Характерные результаты такого исследования представлены на рис. 2 и 3.

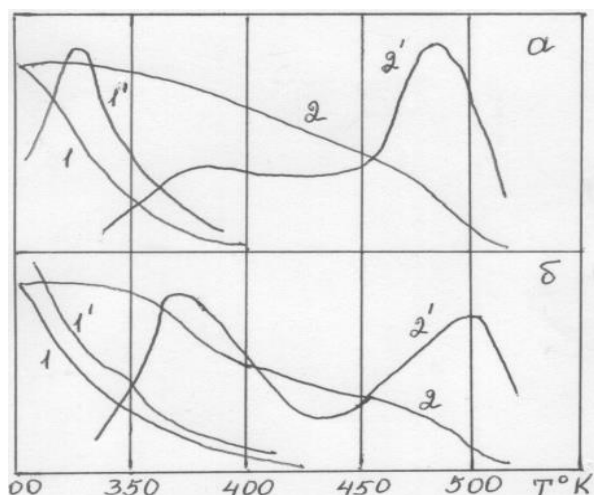


Рис. 2. Экспериментальные кривые разрушения F- центров окраски синтетических кристаллов NaCl: а- степень деформации (до рентгенизации) 6%, б- степень деформации (после рентгенизации) 6%.

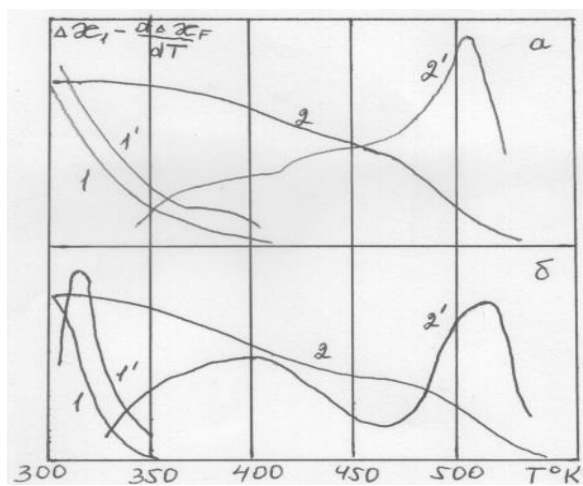


Рис. 3. Экспериментальные кривые разрушения F- центров окраски синтетических кристаллов NaCl: а- степень деформации (до рентгенизации) 23%, б - степень деформации (после рентгенизации) 23%.

Из приведенных кривых видно, что при пластической деформации кристаллов перед рентгенизацией и после рентгенизации происходит увеличение стабильности определенной доли концентрации F- центров окраски (ср. кривые 1 и кривые 2 рис. 2, рис.3) и усиливается низкотемпературный спад кривой термообесцвечивания. Это усиление ярче выражено в том случае, если пластическая деформация произведена после возбуждения кристалла рентгеновыми лучами. Картина выглядит так, будто действие пластической деформации на первую стадию кривой термообесцвечивания частично устраняется при облучении рентгеновыми лучами. Картина выглядит так, будто действие пластической деформации на первую стадию кривой термообесцвечиванию частично устраняется при облучении рентгеновыми лучами.

Полученные результаты позволили определить ряд кинетических параметров процесса ионного разрушения F- центров окраски в изучаемых кристаллах, в частности, ε^* ; ε ; P_0^* ; P_0 ; $\frac{n_v}{\gamma_0^* N}$; $\frac{n_v}{\gamma_0 N}$; Соответствующие данные эксперимента для различных степеней деформации кристаллов, подвергнутых возбуждению рентгеновыми лучами до деформации, сведены в табл. 1. Из таблицы видно, что с увеличением степени пластической деформации энергия ε на второй стадии увеличивается; для фототермического режима в том же интервале температур значение ε^* уменьшается. Аналогичная картина наблюдается и для параметров P_0 и P_0^* . Характерные результаты соответствующей обработки кривых термического и фототермического разрушения F- центров окраски NaCl синтетических, рентгенизованных после деформации, представлены в табл. 2. Из приведенных здесь данных видно, что в этом случае с увеличением степени деформации параметр P_0 уменьшается для первой стадии разрушения

Таблица 1

Данные эксперимента для различных степеней деформации кристаллов, подвергнутых возбуждению рентгеновыми лучами до деформации

Пара метры	Недеформированы(свежие)				Процент деформации кристаллов NaCl(синт) и интервал температур релаксации(кристаллы рентгенизованы до деформации)					
	NaCl Естест.	Интервал Т° К	NaCl Синт.	Интервал Т° К	6%	Т° К	17%	Т° К	23%	Т° К
ε (эВ)	0,40 1,40	460-510 560-640	0,30 0,65	340-440 450-480	0,50 0,80	340-370 450-510	0,50 0,80	320-350 450-530	0,20 1,15	330-380 470-530
ε^* (эВ)	-0,20 0,30	320-350 60-400	0,20 -	320-370 -	0,10 -	310-400 -	-0,10 -	320-350 -	0,20 -	310-340 -
P_0	$1,6 \cdot 10^4$ $2 \cdot 10^{11}$	460-510 560-640	10^4 $5,6 \cdot 10^6$	340-440 450-480	$5 \cdot 10^5$ $3,210^2$	340-370 450-510	$4 \cdot 10^4$ $3,2 \cdot 10^6$	320-350 450-530	$1,8 \cdot 10^3$ $1,6 \cdot 10^{11}$	330-380 470-530
P_0^*	$1,6 \cdot 10^{-3}$ $1,6 \cdot 10^4$	320-350 360-400	$1,4 \cdot 10^3$ -	320-370 -	$1,6 \cdot 10^{-1}$ -	310-400 -	$1,9 \cdot 10^{-1}$ -	320-350 -	$1,6 \cdot 10^{-2}$ -	310-340 -
$\frac{n_v}{\gamma_0 N}$	$1,7 \cdot 10^{-9}$ $2,2 \cdot 10^{-2}$	460-510 560-640	$1,1 \cdot 10^{-9}$ $5,8 \cdot 10^{-7}$	340-440 450-480	$3,1 \cdot 10^{-8}$ $2,1 \cdot 10^{-4}$	340-370 450-510	$2,5 \cdot 10^{-9}$ $2,1 \cdot 10^{-7}$	320-350 450-530	$1,2 \cdot 10^{-10}$ $1,1 \cdot 10^{-2}$	330-380 470-530
$\frac{n_v}{\gamma_0^* N}$	-	-	-	-	$1,1 \cdot 10^{-14}$	310-400	$1,3 \cdot 10^{-14}$	320-350	$1,1 \cdot 10^{-11}$	310-340

Таблица 2

Характерные результаты соответствующей обработки кривых термического и фототермического разрушения F- центров окраски NaCl синтетических, рентгенизованных после деформации

Пара метры	Процент деформации кристаллов NaCl и интервалы температур релаксации (кристаллы рентгенизованы после деформации)											
	6%	Т° К	8%	Т° К	12%	Т° К	14%	Т° К	22%	Т° К	25%	Т° К
ε (эВ)	0,40 0,90	350-380 440-510	0,60 1,00	380-430 480-530	0,35 1,00	330-350 480-520	0,25 0,90	340-390 460-500	0,40 0,90	360-410 460-530	0,60 1,10	350-380 470-510
ε^* (эВ)	0,15	320-390	-0,04	330-380	0,10	320-390	0,20	310-380	0,20	310-360	-0,07	310-360
P_0	$1,2 \cdot 10^2$ $1,6 \cdot 10^9$	350-380 440-510	$5 \cdot 10^6$ $6,3 \cdot 10^9$	380-430 480-530	$5 \cdot 10^3$ $2,5 \cdot 10^9$	330-350 480-520	$2,5 \cdot 10^2$ 10^7	340-390 460-500	$5 \cdot 10^2$ $1,6 \cdot 10^7$	360-410 460-530	10^2 $1,3 \cdot 10^7$	350-380 470-510
P_0^*	$6,6 \cdot 10^1$	320-390	$1,5 \cdot 10^{-1}$	330-380	$1,5 \cdot 10^{-1}$	320-390	$5,2 \cdot 10^1$	310-380	$3,3 \cdot 10^2$	310-360	$1,6 \cdot 10^{-1}$	310-360
$\frac{n_v}{\gamma_0 N}$	10^{-11} $1,4 \cdot 10^{-4}$	350-380 440-510	$3,3 \cdot 10^{-7}$ $4,2 \cdot 10^{-4}$	380-430 480-530	$3 \cdot 10^{10}$ $1,3 \cdot 10^{-4}$	330-350 480-520	$1,6 \cdot 10^{-11}$ $6,7 \cdot 10^{-7}$	340-390 460-500	$3 \cdot 10^{-11}$ 10^{-6}	360-410 460-530	$6,7 \cdot 10^{-12}$ $8 \cdot 10^{-5}$	350-380 470-510
$\frac{n_v}{\gamma_0^* N}$	$4,4 \cdot 10^{-12}$	320-390	10^{-14}	330-380	10^{-14}	320-390	$3 \cdot 10^{-12}$	310-380	$2 \cdot 10^{-11}$	310-360	$1,2 \cdot 10^{-14}$	310-360

Из табл. 1 и 2 видно, что энергия активации процесса фототермического разрушения центров окраски ε^* иногда принимает отрицательные значения (см. также [4]). В рамках установившихся в литературе представлений о тепловой ионизации возбужденных центров окраски (см., напр., [6,8]) этот факт представляется труднообъяснимым. С точки зрения развиваемых в настоящей работе (см. также [2-4]) представлений он получает естественную интерпретацию. В самом деле, энергия активации процесса фототерморазрушения центров окраски ε^* представляет собой алгебраическую сумму трех энергий: энергии активации движения ионов-разрушителей по решетке Q_v , энергии активации взаимодействия ионов-разрушителей с возбужденными F-центрами Q_p^* и энергии активации захвата этих ионов на ионных центрах захвата Q_z . Из этого соотношения $\varepsilon^* = Q_v + Q_p^* - Q_z$ естественно следует, что энергия активации фототермического разрушения центров окраски может быть отрицательной. Физически это означает, что энергия активации захвата ионов на ионных центрах Q_z оказывается большей, чем сумма энергий $Q_v + Q_p^*$ (т. е. энергий активации движения подвижных дефектов решетки и взаимодействия с фотовозбужденными центрами окраски). Такой процесс, по-видимому, и реализуется в нескольких отмеченных выше случаях (см. также [4]).

Отметим, наконец, что значения энергий термического разрушения центров окраски ε , а также спектра примесей основной решетки являются необходимыми, но недостаточными условиями для выяснения природы ионов-разрушителей центров окраски. Для решения этой трудной задачи необходимо в комплексе исследовать процессы разрушения центров окраски и некоторые электрические характеристики кристалла.

Литература:

1. **Дударев, Е.С.** Физика №6, С. 12-17, 1967. [Текст] / Ф.Н. Заитов, Ю.Л. Луканцевер // Изв. вузов СССР,
2. **Гарбер, Р.И.** Кристаллография, 10, 63, 435с, 1965 [Текст] / И.А. Гиндин, И.М. Неклюдов, Д.Ф. Смелова //
3. **Сидляренко, В.И.** Опт. и спектр., 20 в. 3, С. 450-456, 1966 [Текст] / Ф.Н. Заитов, Ю.Л. Луканцевер //
4. **Пекар, С.И.** Исследования по электронной теории кристаллов, [Текст] ГИТТЛ, 185с. 1951.
5. **Камалов, К.** Влияние примесей на лазерное фотообесцвечивание центров окраски в ЩГК. [Текст] / К. Д.Ташкулов, Б.А. Арапов // Труды междунар. науч. конф. имени А.А. Алыбакова по радиационной физике. -Бишкек-Каракол, 2003. – С. 73-74.
6. **Ташкулов, К.Д.** Фото- и термостимулированные ионные процессы распада радиационных дефектов в щелочно галоидных кристаллах. дис. канд. физ.- мат. наук, [Текст] Ош, 2011. – 147 с.