

Наложение ВЧ поля изменяет эту картину лишь в том отношении, что концентрация электронов падает не до нуля, а до некоторой величины  $n_e$ , характерной для ВЧ разряда. Устранение из объема «лишних» заряженных частиц обеспечивают реакции (6) и (7), так как в первые мгновения после прекращения импульса  $T_e$  сильно падает, несмотря на наличие добавочного разряда [7].

Нами получено значение константы скорости процесса тушения метастабильного состояния электронами  $k_3 = (2 \pm 1) \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ сек.}^{-1}$ , что соответствует эффективному сечению  $10^{-16} \text{ см}^2$ . Значение константы получено для средней энергии электронов 6–8 эв.

Случайные ошибки определения  $k_3$  обусловлены в основном плохой воспроизводимостью условий возбуждения и погрешностями определения  $n_e$ . Кроме того, в связи с наличием бегущих страт появляются систематические ошибки определения концентрации электронов из-за неточного измерения  $T_e$ . В результате действия этих систематических ошибок полученное нами значение константы  $k_3$  может быть завышено по сравнению с истинным в 1.2–1.5 раза.

В заключение автор приносит свою благодарность С. Э. Фришу за постоянное внимание к работе, а также Н. П. Пенкину за полезную дискуссию.

### Литература

- [1] R. S. Mulliken. J. Chem. Phys., 55, 288, 1971.
- [2] Н. Н. Ким, Н. Марантз. Appl. Opt., 9, 359, 1970.
- [3] R. J. Donovan, D. Husain. Progr. Chem., 468, 123, 1971.
- [4] I. J. Deakin, D. Husain. J. Chem. Soc. Farad. Trans II 68, 1603, 1972.
- [5] R. J. Donovan, D. Husain. Adv. Photochem., 8, 1, 1971.
- [6] M. A. Biondi, R. E. Fox. Phys. Rev., 109, 2012, 1958.
- [7] Г. К. Виноградов, Ю. Б. Голубовский, В. А. Иванов, Ю. М. Коган. ЖТФ, 43, 2584, 1973.

Поступило в Редакцию 16 апреля 1974 г.

УДК 548.0 : 535

## ОКОЛОАКТИВАТОРНЫЕ $V_K$ -ЦЕНТРЫ В ГАЛОГЕНИДАХ КАЛИЯ, ЛЕГИРОВАННЫХ СЕРЕБРОМ

А. Ф. Печеев, В. П. Авдонин и Б. Т. Плаченов

Основными радиационными дефектами в монокристаллах KCl-Ag и KBr-Ag при 78° К являются  $V_K$ - и  $Ag^0$ -центры [1–3]. При прогреве предварительно возбужденных ионизирующим излучением кристаллов происходит делокализация аксиальнорелаксированных дырок, которые в процессе миграции могут захватываться ионами серебра с образованием  $Ag^{++}$ -центров [4–7]. Нами было показано [8], что генерация  $Ag^{++}$ -центров в основном происходит не в области делокализации  $V_K$ -центров, а при более высоких температурах, что указывает на наличие неких эффективных центров перезахвата дырок (ЦПД).

Для выяснения природы ЦПД исследовалась зависимость накопления  $Ag^{++}$ - (в KCl-Ag и KBr-Ag) и ЦПД (в KBr-Ag) от температуры частичного отжига кристаллов, облученных  $\beta$ -частицами ( $Sr^{90} + Y^{90}$ ) при 78° К (методику эксперимента см. в [9]). Концентрация дырочных центров определялась по интенсивности вспышки характерной люминесценции (~4.5 эв в KCl-Ag, ~4.4 и 2.3 эв [8] в KBr-Ag).

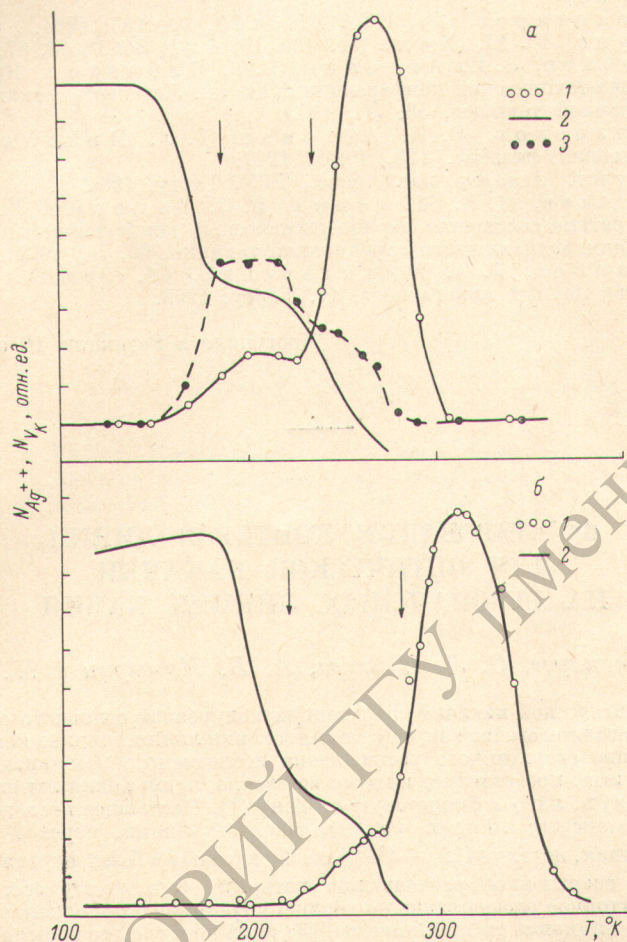
На рисунке (кривые 1а и 1б) хорошо видно, что при температурах делокализации  $V_K$ -центров увеличение концентрации дважды ионизированных ионов серебра сравнительно невелико. Вторая стадия пересадки дырок, характеризующаяся возрастанием  $Ag^{++}$ -центров более чем на порядок, наблюдается в температурном интервале 270–300° К в KCl-Ag и 220–260° К в KBr-Ag.

Напротив, ЦПД эффективно образуются при температурах делокализации релаксированных дырок (кривая 3а), а разрушение этих центров (280° К в KCl-Ag и 225° К в KBr-Ag) приводит к созданию избыточной концентрации  $Ag^{++}$ -центров.

Хорошая корреляция полученных зависимостей с кривыми неизотермической релаксации ЭПР  $V_K$ -центров [10] (кривые 2а и 2б) позволяет предположить, что центром перезахвата является  $V_K$ -центр, имеющий в ближайшем окружении точечный дефект кристаллической решетки (на изменение окружения указывает уширение линий спектра ЭПР [10]). Такими дефектами, в принципе, могут быть примесные ионы или катионные вакансии.

Использованные в работе монокристаллы выращивались по методу Стокбаргера из солей марки ХЧ, подвергнутых дополнительной очистке [11, 12], и содержали не

более  $10^{-6}\%$  примесей тяжелых металлов и не более  $1 \cdot 10^{-2}\%$  гомологических примесей. Специальными исследованиями было показано, что «неактиваторные» включения в столь малых концентрациях не влияют на характер и абсолютные величины зависимостей, приведенных на рисунке (концентрация серебра в кристаллах  $\sim 0.05$  моль.%). Увеличение дефектности образцов, достигаемое путем закалки кристаллов от  $700$  до  $-190^\circ\text{C}$ , также не оказывает влияния на характер этих зависимостей. С другой стороны, вид экспериментально полученных кривых полностью определяется концентрацией введенного серебра.



Зависимость концентрации  $\text{Ag}^{++}$ - (кривые 1),  $V_K$ - (кривые 2) и  $V_{KA}(\text{Ag})$ -центров (кривая 3) от температуры отжига, облученных при  $78^\circ\text{K}$  кристаллов  $\text{KBr-Ag}$  (а) и  $\text{KCl-Ag}$  (б).

Стрелками указаны температуры разрушения  $V_K$  и  $V_{KA}(\text{Ag})$ -центров.

Таким образом, наиболее вероятной моделью ЦПД является  $V_K$ -центр, имеющий в ближайшем окружении  $\text{Ag}^+$  ион, т. е. аналог  $V_{KA}$ -центра.

Сам факт существования  $V_{KA}(\text{Ag})$ -центров указывает на неосуществимость захвата активатором релаксированных дырок. Для «нижней» ионизации  $\text{Ag}^+$ -иона в процессе термической пересадки дырок необходима некоторая энергия активации, которая, по нашим расчетам, близка для  $\text{KCl-Ag}$  и  $\text{KBr-Ag}$  и равна  $(0.23 \pm 0.03)$  эв.

С этих позиций понятно, что наличие первой стадии в зависимости концентрации  $\text{Ag}^{++}$ -центров от температуры отжига кристаллов обусловлено частичным разрушением  $V_K$ -центров и созданием «зонных» дырок. Основная же часть  $V_K$ -центров делокализуется в виде квазимолекулярных ионов  $\text{Hal}_2^-$ , диффузия которых приводит к образованию  $V_{KA}(\text{Ag})$ -центров. И лишь при разрушении последних ( $\sim 280^\circ\text{K}$  в  $\text{KCl-Ag}$  и  $225^\circ\text{K}$  в  $\text{KBr-Ag}$ ) процесс «нижней» ионизации активатора идет с большой вероятностью.

- [1] C. J. Delbecq, B. Smaller, P. H. Yuster. *Phys. Rev.*, **111**, 1235, 1958.
- [2] C. J. Delbecq, W. Hayes, M. C. M. O'Brien, P. H. Yuster. *Proc. Roy. Soc.*, **271**, 243, 1963.
- [3] П. Г. Баранов. Автореф. канд. дисс., ЛПИ, Л., 1973.
- [4] Г. К. Золотарев, Тр. ИФА АН ЭССР, **23**, 175, 1963.
- [5] C. J. Delbecq, A. K. Ghosh, P. H. Yuster. *Bull. Am. Phys. Soc.*, **4**, 629, 1964.
- [6] Г. К. Золотарев. Тр. ИФА АН ЭССР, **26**, 135, 1964.
- [7] Л. А. Пунг, Ю. Ю. Халдре. Тр. ИФА АН ЭССР, **38**, 67, 1970.
- [8] А. Ф. Нечаев, В. П. Авдонин, Б. Т. Плаченнов. Краткие сообщения научно-технической конференции ЛТИ им. Ленсовета, секция радиохимии и сорбционной техники, **58**. Л., 1973.
- [9] Б. Т. Плаченнов, В. П. Авдонин, Г. А. Михальченко. Сб. «Радиационная физика», **123**. Рига, 1967.
- [10] Л. А. Пунг. Автореф. канд. дисс., ТГУ, Тарту, 1966.
- [11] А. Ф. Нечаев, М. И. Моченов, В. П. Авдонин, Б. Т. Плаченнов. Краткие сообщения научно-технической конференции ЛТИ им. Ленсовета, секция радиохимии и сорбционной техники, **66**. Л., 1971.
- [12] И. К. Карпов, Г. А. Михальченко. Сб. «Проблемы чистоты и совершенства ионных кристаллов», **11**. Тарту, 1969.

Поступило в Редакцию 16 апреля 1974 г.

УДК 539.184

## ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРОВ ЛИНИЙ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКИ НА РЕЗОНАНСНЫХ ЛИНИЯХ КАЛИЯ

Е. Б. Александров, С. Л. Изотова, А. Б. Мамырин и М. С. Фриш

Проблема оптической накачки сверхтонких подуровней основного состояния атомов щелочных металлов ставит вопрос о формировании линии, ширина контура которой близка к величине сверхтонкого расщепления исследуемого резонансного перехода. Одновременно с этим представляет интерес возможность смещения линии в некоторых пределах в красную, либо в фиолетовую сторону.<sup>[1]</sup> Настоящее исследование проводилось на резонансных линиях  $K^{39} \lambda = 7699 \text{ \AA}$  ( $D_1$ -линия, переход  $4^2S_{1/2} - 4^2P_{1/2}$ ),  $\lambda = 7665 \text{ \AA}$  ( $D_2$ -линия, переход  $4^2S_{1/2} - 4^2P_{3/2}$ ), возбуждаемых в безэлектродной лампе типа Белла—Блюма, сверхтонкое расщепление которых по нижнему состоянию равно 461.7 Мгц. Сверхтонкое расщепление по верхнему состоянию приблизительно на порядок меньше и во внимание не принимается. Ширина контура резонансной линии в таком источнике света в 2.5—3 раза больше доплеровской ширины, соответствующей комнатной температуре и равной 740 Мгц.

Формирование контура линии шириной меньше доплеровской ширины линии излучения осуществлялось приемом изотопической фильтрации, причем в качестве поглощающего фильтра использовались пары изотопа  $K^{41}$ , резонансные линии которого смещены в фиолетовую область на 228 Мгц. Поглощающая кювета помещалась в термостат, температура которого варьировалась в пределах  $(60-100)^\circ \text{C}$ . Величина интегрального поглощения для этого интервала изменялась от 0.6 до 0.97 от интегрального контура излучения. Полученный в результате изотопической фильтрации сигнал оказался достаточным для регистрации фотоэлектрическим способом. Экспериментальная установка описана в работе [2].

Изучение контуров линий проводилось с использованием эталона Фабри—Перо с интервалом свободной дисперсии 5000 Мгц ( $t=30 \text{ мм}$ ), что позволяло наблюдать  $D$ -линии калия с малым переналожением на крыльях линий, которое практически не сказывалось на интерпретации полученных результатов. Экспериментально измеренная ширина аппаратного контура установки, зарегистрированная с помощью  $Ne-Ne$  одночастотного стабилизированного лазера фирмы Spectra-Physics, оказалась равной 290 Мгц при воспроизводимости 30 Мгц. Постоянный контроль за аппаратным контуром показал, что ширина его незначительно изменялась от опыта к опыту. Вид аппаратной функции описывается достаточно точно дисперсионной кривой.

Результат фильтрации излучения  $K^{39}$  кюветой, содержащей изотоп  $K^{41}$ , иллюстрируется регистрограммой, представленной на рис. 1 (кривая 2). Эксперименты показали, что в результате фильтрации наблюдаются две компоненты с провалом между ними практически до нуля при температуре кюветы  $100^\circ \text{C}$ . При всех исследуемых темпера-