

УДК 535.37:548.736

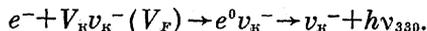
Б. Д. ЛОБАНОВ, Л. П. СМОЛЬСКАЯ, А. И. НЕПОМНЯЩИХ и Л. М. ГЕОРГИЕВСКАЯ
О РЕКОМБИНАЦИОННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ LiF

В настоящей работе исследовались рентгено- и термостимулированная люминесценция (РЛ и ТСЛ) кристаллов LiF, «чистых» и с добавками Si, Eu и Mg, в интервале температур от 90 до 420° К. Концентрация вводимых примесей Li_2SiF_6 , EuF_3 и MgF_2 составляла 0,01–0,5 вес. %. Возбуждение осуществлялось рентгеновскими лучами (20 ма, 50 кВ, W-антикатод). Наиболее интересными представляются следующие результаты.

Спектральный состав РЛ изменяется в зависимости от природы вводимой примеси. Во всех исследуемых кристаллах LiF при комнатной температуре наблюдается излучение с $\lambda_{\text{макс}}=440$ нм, интенсивность которого с увеличением содержания кремния растет. В LiF–Mg появляются полосы люминесценции в области 300–400 нм, а в LiF–Eu и в некоторых образцах LiF–Si с $\lambda_{\text{макс}}=510$ нм. В спектрах РЛ при 90° К присутствуют те же полосы свечения, что и при 300° К, и дополнительно во всех образцах появляются полосы с $\lambda_{\text{макс}}=270$ и 330 нм. Первая связана с излучением α -центров [1], относительно второй в литературе сведений не имеется.

Интенсивность РЛ в зависимости от температуры рентгенизации кристалла проходит через максимум при 140–160° К. Спад РЛ в области 110–140° К, обусловленный автолокализацией дырок [1, 2], говорит о том, что в РЛ осуществляется электронный рекомбинационный механизм [3]. Об этом же свидетельствуют опыты по разгоранию РЛ. Если образцы, возбужденные рентгеновскими лучами при 90° К, нагреть до температуры делокализации V_k -центров, то при повторном рентгеновском облучении при 90° К во всех исследуемых кристаллах LiF наблюдается вспышка РЛ.

Эти данные представлены для LiF–Si на рис. 1, а. Очевидно, усиление интенсивности РЛ обусловлено процессом запасаания дырок на центрах свечения во время частичного отжига кристаллов, как было установлено, например, в работе [4] для KI–Ti. Как видно из рис. 1, а, вспышка РЛ характерна не только для видимого свечения, но и для излучения 330 нм. Обнаружено, что интенсивность излучения 330 нм растет с увеличением концентрации V_F -центров, которые, как известно [5], представляют собой катионные вакансии, захватившие дырки (полоса поглощения V_F -центров с $\lambda_{\text{макс}}=340$ нм [5] измерялась нами при 90° К после нагревания до температуры делокализации V_k -центров). Кроме того, обнаружено, что после термического разрушения V_F -центров вспышка РЛ при 90° К для излучения 330 нм не наблюдается, тогда как для видимого излучения она не исчезает (рис. 1, а). На основании существующей связи между концентрацией V_F -центров и интенсивностью свечения 330 нм можно сделать заключение, что это свечение связано с V_F -центрами и возникает, по всей вероятности, при рекомбинации электронов с этими центрами:



В области низких температур в различных образцах LiF наблюдается пять основных максимумов термовысвечивания. Пики при 115, 140 и 253° К

сопоставлены соответственно с термическим разрушением H -, V_k - [6] и V_F -центров [7]. Пики ТСЛ при 160 и 190° К имеют электронную природу [6]. Обращает на себя внимание тот факт, что в электронных и дырочных пиках ТСЛ во всех изученных кристаллах LiF наблюдается свечение одинакового спектрального состава, характерное для определенных примесей, присутствующих в кристаллах (рис. 1, б и в). Согласно механизму, предложенному в работе [8], излучение как в электронных, так и в дырочных пиках ТСЛ обусловлено дырками. Предполагается, что дырки освобождаются при рекомбинации электронов с V_3 -центрами и затем захватываются активаторными центрами. Но тогда следует ожидать, что при F -освещении при 80° К образцов, окрашенных рентгеновскими лучами при более высокой температуре, должны наводиться дырочные пики при 138 и 250° К. Согласно же данным авторов [6], F -светом наводятся только электронные пики ТСЛ.

Непонятно, почему автор [8] игнорирует возможность непосредственной локализации дырок на активаторных центрах свечения при радиационном воздействии. О захвате дырок активаторными центрами свечения свидетельствует, как показано выше, эффект нарастания яркости РЛ при 90° К после прогрева до температуры делокализации V_k -центров: активаторное свечение возбуждается в электронном рекомбинационном процессе, т. е. при последовательном захвате примесными ионами (или комплексами двухвалентный примесный ион+катионная вакансия и более сложными) дырки, а затем электрона. Интересно отметить, что в образцах LiF—Si нам удалось наблюдать стимулируемую F -светом люминесценцию с $\lambda_{\text{макс}}=440$ нм, которая, очевидно, обусловлена рекомбинацией F -электронов с дырками, локализованными на центрах свечения, включающих ионы кремния.

Таким образом, на основании изложенного материала можно заключить, что, по крайней мере, при низких температурах механизм, предложенный в работе [8], не работает. Мы полагаем, что в кристаллах LiF активаторная люминесценция одинакового спектрального состава эффективно возбуждается как на электронных, так и на дырочных стадиях рекомбинационного процесса, аналогично некоторым другим щелочногалогидным фосфорам (например, KI—Tl, NaCl—Ag [9]). Т. е. на дырочных стадиях рекомбинационного процесса при подходе V_k -центра к электронному центру свечения, включающему двухвалентный ион, образуется экситон, который передает энергию возбуждения центру свечения.

Научно-исследовательский институт
прикладной физики
Иркутского государственного
университета
им. А. А. Жданова
Институт геохимии
Сибирского отделения
Академии наук СССР

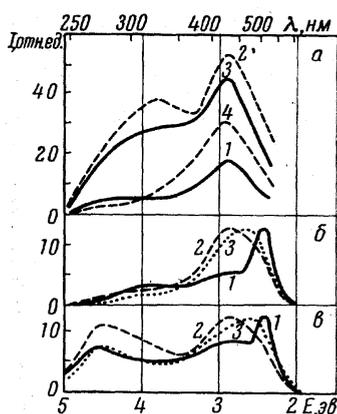


Рис. 1. а) Спектры РЛ при 90° К кристалла LiF—Si (0,5 вес. % I_2SiF_6): 1 — для свежего образца; 2 — после 30 мин рентгенизации при 90° К и нагревания до 150° К; 3 и 4 — после последующих нагреваний до 200 и 260° К. б, в) Спектры ТСЛ кристаллов LiF, содержащих по 0,5 вес. % EuF_3 (кривые 1), Li_2SiF_6 (2) и MgF_2 (3) в пиках термовысвечивания при 190° К (б) и 140° К (в)