

Ысык-Кульский государственный университет
им.К.Тыныстанова, г. Каракол

ТЕРМОАКТИВИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КРИСТАЛЛАХ LiF-U, Sr и NaF-U, Ti

В статье приводятся данные по исследованию ТСЭЭ кристаллов LiF-U, Sr и NaF-U, Ti. Определены параметры ТСЭЭ. Результаты представляют интерес для высокотемпературных детекторов излучений.

Исследование термоактивационных процессов в облученных диэлектрических кристаллах позволяет изучить влияния дефектов на процессы диссипации энергии, на свето- и энергозапасание, что необходимо для разработки запоминающих термоактивационных и фотоактивационных детекторов ионизирующих излучений. В этом плане кристаллы LiF, NaF и активированные составы на их основе с простой кубической структурой представляются удобными модельными объектами для проведения таких фундаментально-прикладных исследований.

Активированные ураном кристаллы LiF-U и NaF-U относятся к классу уникальных полифункциональных материалов. На основе соактивированных составов предложены термолюминесцентные, сцинтилляционные, абсорбционные, электронно-парамагнитные (ЭПР) и термоэкзоэмиссионные детекторы электромагнитного и корпускулярного излучений, рабочие элементы для лазеров на центрах окраски, оптические среды для записи и хранения информации [1-4]. Создаваемые на базе (Li,Na)F-U, Me рабочие вещества для термоэкзоэмиссионных детекторов с повышенными рабочими температурами представляют интерес для высокотемпературной дозиметрии ионизирующих излучений.

В настоящей работе проведены измерения кривых ТСЭЭ. Для ТСЭЭ образцов LiF-U, Sr в области температур 300-750K (рис.1а) характерен высокий выход эмиссии электронов в интервале 320-500K. При заполнении только глубоких ловушек при высокотемпературном облучении ($T > 500K$) на кривых ТСЭЭ проявляется пик при 737K.

На рис.1(б) приведены кривые ТСЭЭ кристаллов NaF-U, Ti, облученных электронами с флюенсом $-5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$. Обнаружено девять пиков ТСЭЭ с энергиями активации эмиссионных процессов 0,75-1,59эВ.

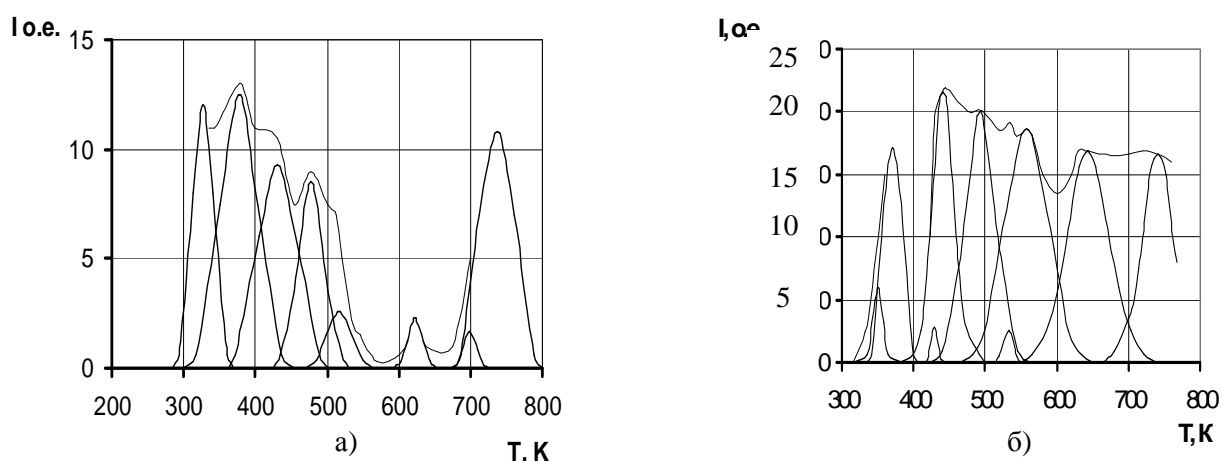


Рис. 1. Кривые термостимулированной экзоэлектронной эмиссии кристаллов LiF-U, Sr (а) и NaF-U, Ti (б), облученных электронами.

Механизм эмиссии можно представить следующим образом. Возбуждение приводит к заполнению энергетических уровней центров захвата, которые присутствуют в приповерхностных областях исследуемого кристалла. При отсутствии стимулированного воздействия электроны находятся на ловушках в течение времени, которое определяется энергетической глубиной ловушки и температурой. Соответственно, чтобы опустошить центры захвата, необходима добавочная энергия, которая складывается из энергии связи электрона в ловушке (энергии активации) и энергии, необходимой для преодоления поверхностного энергетического барьера.

Природа термоактивированных процессов в исследуемых кристаллах может быть связана, теми же процессами, которые были показаны ранее для аналогичных систем [7]. Для LiF-U, Sr температурная область активной термоэмиссии электронов совпадает с областью терморазрушения как простых F-электронных центров окраски, так и агрегатных электронных центров окраски: F_2^- , F_2^{+} – и F_3^- – типов. Температурная область начала наибольшего ослабления F_2^- – полосы согласуется с положением основного максимума на кривых ТСЭЭ (363-400K). Более высокотемпературные пики ТСЭЭ в LiF-U, Sr связаны по-видимому, с деструкцией F^- – и F_A^- – полос. Разрушение электронных центров окраски может быть обусловлено их рекомбинацией с дырочными H-центрами (междоузельными атомами галоида), которые в соактивированных кристаллах LiF-U, Me имеют повышенную термостабильность. Возможно участие в деструкции электронных центров окраски и дырочных центров иной природы. Для кристаллов NaF-U, Me, в которых доминирующими центрами окраски (из агрегатных центров) являются F_3^{+} – центры, наблюдаемые термоактивированные процессы могут быть связаны с деструкцией F_3^{+} – и F- центров.

При измерении ТСЛ наблюдались максимумы схожие с максимумами при измерении ТСЭЭ. Наблюдаемое совпадение на кривых термовысвечивания и экзоэмиссии показывает, что эти процессы возможно имеют общие центры захвата электронов. При этом термическая делокализация электронов из ловушек может сопровождаться целым рядом рекомбинационных процессов со сложными дырочными центрами, продуктами которых могут быть H-центры и экситоны. Также возможны прямые рекомбинации электронов, освобожденных из электронных ловушек с дырочными активаторными центрами свечения по механизму Мейха [8] и Непомнящих [9]. Возбуждения активаторной люминесценции в процессе термостимуляции (урановые или Me-центры свечения, где Me=Sr, Ti) может быть обусловлено и другими причинами. Во первых при захвате H-центра анионной вакансией возможно преобразование H-центров в V_k -центры с последующей рекомбинацией V_k -центров с электронными активаторными центрами свечения. Во вторых возможна резонансная передача энергии мигрирующего экситона активаторным центрам свечения, и в третьих возможно создание околоактиваторного экситона и передача энергии возбуждения активатору. Рассмотренные механизмы ТСЛ требуют уточнения и дополнительных исследований, связанных с анализом спектрального состава каждого пика.

Эксперименты по ТСЭЭ и ТСЛ позволяют определить наличие дефектов - уровней захвата, влияющих на эмиссионные свойства материала и глубину этих уровней захвата. Уровни захвата влияют на длительные компоненты послесвечения в ИКЛ, в фотолюминесценции и именно они могут быть ответственны за фосфоресценцию. Наблюдаемые при ВУФ-возбуждении длительные компоненты свечения могут быть прямо или косвенно обусловлены наличием данных глубоких ловушек, определенных при ТСЭЭ. По результатам ТСЭЭ мы определили новые самые глубокие уровни захвата, это важно и в практическом плане.

Литература:

1. Феофилов П.П. Оптика и спектроскопия. 1959. Т.7. Вып..1. С.126-128.
2. Каплянский А.А., Москвин Н.А., Феофилов П.П. Оптика и спектроскопия. 1962. Т.13. вып.4. С.542-549.
3. Беляев Л.М., Доброжанский Г.Ф., Феофилов П.П. //Изв.АН СССР. Сер.физ., 1961. Т. 25. № 4. С. 548-556.
4. Кидибаев М.М. Радиационно стимулированные процессы в кристаллах (Li, Na)F-U, Me. - Монография, УГТУ, Каракол-Екатеринбург, 1999. 220 с.
5. Кортвов В.С., Исаков В.Г., Слесарев А.И. //Дефектоскопия. 1996. №1. С.50-59.
6. Исаков В.Г., Кортвов В.С, Главотских И.А. Программное обеспечение для эмиссионной дефектоскопии. //Дефектоскопия. 1998. №12. С.14-27.
7. Слесарев А.И., Жамангулов А.А., Кидибаев М.М., Кортвов В.С., Шульгин Б.В. Термостимулированная экзоэлектронная эмиссия кристаллов фторидов лития и натрия, активированных ураном. //Письма в ЖТФ, 2000, т.26, вып.9, С.60-64
8. Mayhugh M., Christy R.W., Jonson N.M. J.Appl. Phys. 1970. Vol.41, №7. P.2968-2976.
9. Непомнящих А.И., Раджапов Е.А. Люминесцентные приемники и преобразователи ионизирующего излучения. Новосибирск, 1985. С.3-13.