

Бекташов А.С.

Институт физико-технических проблем и материаловедения им. Ж.Ж. Жеенбаева
Национальной академии наук Кыргызской Республики,
720071, Кыргызстан, Бишкек. пр.Чуй, 265-а

ИМПУЛЬСНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ, АКТИВИРОВАННОГО ЕВРОПИЕМ

Введение

Кристаллы, активированные редкоземельными элементами (РЗЭ), давно привлекают внимание как перспективные сцинтилляционные материалы, пригодные для регистрации ионизирующего излучения, для создания лазеров и т.д. Свойства европия, который является типичным лантаноидом с внутренней оболочкой $4f^7$, изучались в различных работах. Однако данных по импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) для состава KCl:РЗЭ нами не было обнаружено в научной литературе, известны, в частности, данные для KCl:Eu, полученные нами ранее в Томском политехническом университете при возбуждении образцов импульсным пучком электронов: $E = 300$ кэВ, $\tau = 10$ нс, ток пучка 1000 А [1]. В настоящем сообщении этот пробел восполняется и приведены новые данные по кинетике ИКЛ тех же самых образцов KCl:Eu, полученные при возбуждении образцов импульсным пучком электронов с более низкой (на три порядка) плотностью.

Образцы и аппаратура

Монокристаллы хлористого калия, чистые и легированные европием, выращены в Институте физико-технических проблем и материаловедения Национальной академии наук Кыргызской Республики методом Стокбаргера в вакууме, а также модифицированным методом Киропулоса (метод ступенчатого роста или перетяжек), разработанным Г.Ф. Добржанским и А.А. Алыбаковым (рис.1), в платиновой чашке на воздухе из реактива особой чистоты. Примесь европия вводили в шихту перед выращиванием кристалла в виде треххлористого европия. Спектральный анализ образцов показал, что в легированных кристаллах содержится 0.1 масс % европия и небольшое количество других примесей. Для исследования из выращенных кристаллов выкалывались образцы, которые представляли собой прозрачные пластинки размерами $5 \times 10 \times 0,5$ мм.

Спектры поглощения кристаллов измеряли в видимой и ультрафиолетовой области на двухлучевом спектрофотометре SP8-100 (PYE UNICAM).

В спектрах поглощения кристаллов KCl:Eu, выращенных в вакууме, наблюдаются две основные полосы, обусловленные переходами с нижнего $4f^6 5d$ - уровня, расщепленного на два подуровня, на верхний $4f^7$. При низких температурах эти полосы обнаруживают электронно-колебательную структуру, которую связывают с расщеплением $4f^7$ – уровня в результате взаимодействия электрона, принадлежащего европию, с колебаниями решетки [2, 3]. Было сделано предположение: европий входит в решетку в основном в двухвалентном состоянии.

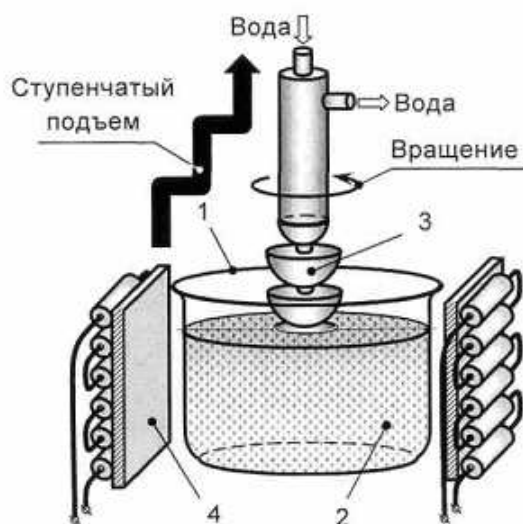


Рис.1. Схема установки для выращивания кристаллов методом Добржанского-Алыбакова: 1 - тигель; 2 – расплав; 3 – кристалл; 4 – нагреватель.

Измерения импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) выполнены на установке АСНИ РОСТТ (рис.2) Уральского государственного технического университета–УПИ имени первого президента России Б.Н.Ельцина. Возбуждение ИКЛ осуществляли импульсными пучками электронов от аппарата МИРА-2Д. Средняя амплитуда тока пучка – 1 А, максимальная энергия электронов – 150 кэВ, длительность импульса – 15 нс), так что плотность тока была на 3 порядка меньше, чем в экспериментах[1], что не могло не сказаться на особенностях дефектообразования в исследуемых кристаллах. Регистрацию кривых затухания ИКЛ для кристаллов KCl:Eu осуществляли в области основного максимума спектра свечения ионов Eu^{2+} 420 нм.



Рис. 2. Внешний вид установки АСНИ РОСТТ

При регистрации кривых затухания ИКЛ KCl:Eu применяли импульсный фотоэлектронный умножитель ФЭУ-97 и цифровой осциллограф Tektronix TDS2024B. Для сглаживания регистрируемых кривых затухания использовался режим «накопления – усреднения» не менее, чем по пяти импульсам. Обработка кривых затухания ИКЛ $U(t)$ с

целью аппроксимации экспоненциальными кривыми осуществлялась средствами программы Origin7.0, позволяющей быстро и удобно в плане оформления результатов выполнить аппроксимацию с использованием до трех компонент вида

$$U(t) = \sum_{i=1}^3 U_{oi} \times \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right),$$

где – U_{oi} – амплитуда i -той компоненты, а τ_i - её постоянная времени.

Результаты и обсуждение

Результаты измерений кривых затухания ИКЛ (в полосе 420 нм) кристаллов KCl:Eu приведены на рис. 3 и рис. 4. Кривая затухания ИКЛ $U(t)$ бескислородного кристалла KCl:Eu хорошо аппроксимируется одной экспонентой (рис.3) с параметром $\tau = 1102$ нс (критерий качества аппроксимации $\chi^2 < 10^{-3}$), что хорошо согласуется по порядку величины с данными [1]: $\tau = 1000$ нс, полученными при воздействии импульса электронного пучка с током 1000 А.

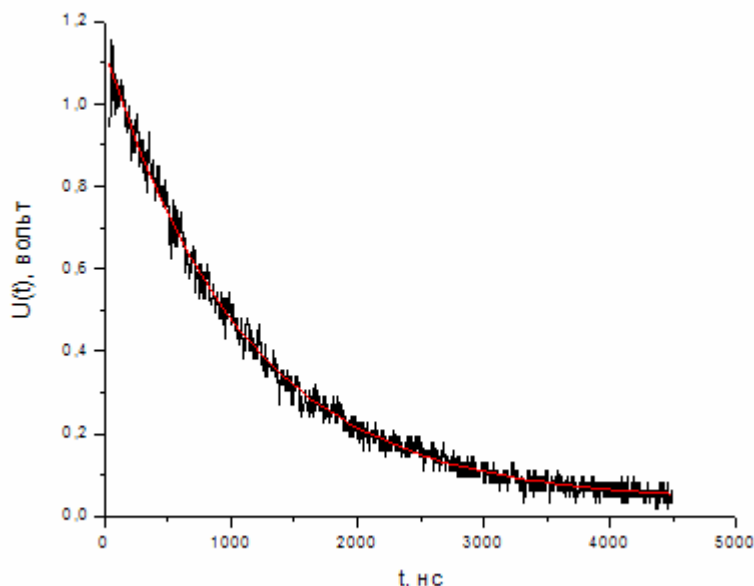


Рис. 3. Кривая затухания ИКЛ для кристалла KCl:Eu, выращенного в вакууме, и линия тренда (результат аппроксимации)

Для кристалла KCl:Eu содержащего кислород, кривая затухания аппроксимируется одной экспонентой (рис. 4) с параметром $\tau = 210$ нс. Полученные данные для кислородосодержащих образцов дополняют известные результаты [1]. Так в работе [1] было определено, что время затухания люминесценции кристалла KCl:Eu с длиной волны 420 нм зависит от содержания кислорода, а само затухание описывается для каждого типа кристаллов одной экспоненциальной кривой, рис.5.

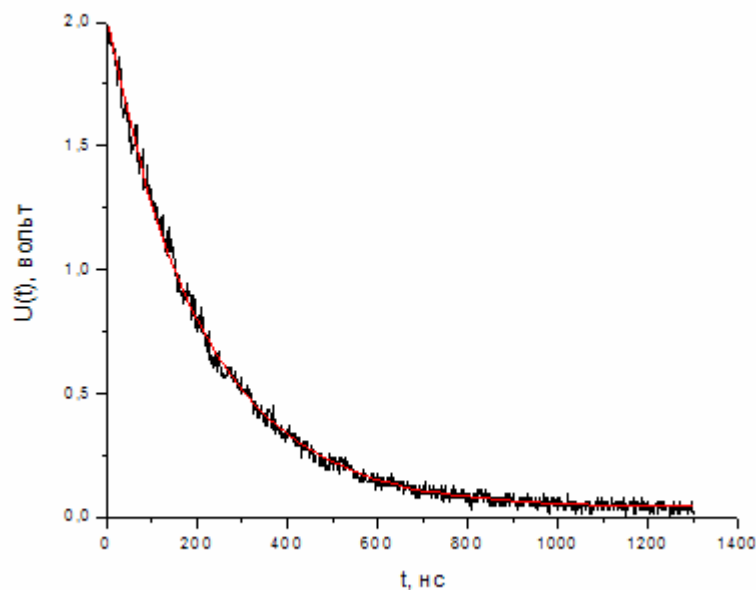


Рис. 4. Кривая затухания ИКЛ для кристалла КСl:Eu, выращенного на воздухе

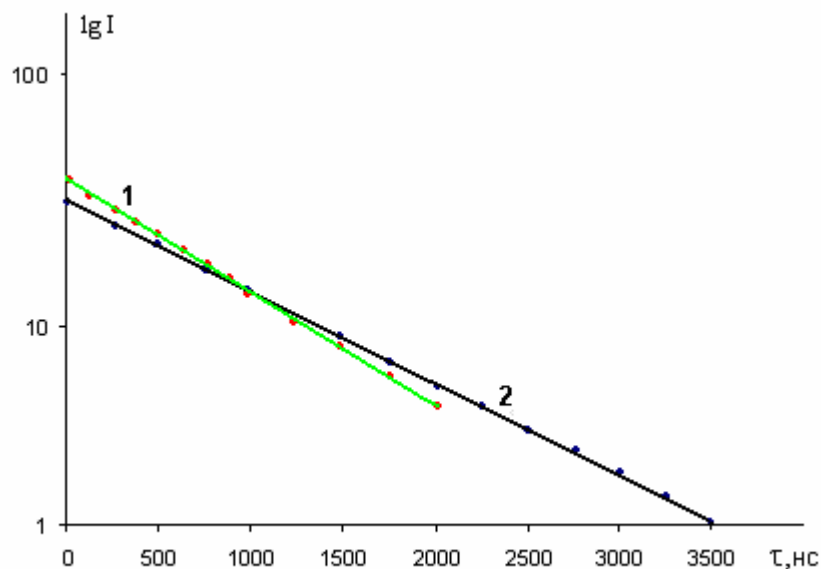


Рис. 5. Затухание люминесценции кристаллов NaCl-Eu, выращенных на воздухе (1) и в вакууме (2) [1]

В бескислородных кристаллах КСl:Eu [1], имеющих $\tau = 1000$ нс, природа центров свечения связывалась с известными $\text{Eu}^{2+}\text{v}_c^-$ центрами. Возможно, из-за очень большой плотности возбуждения и активного дефектообразования в кислородсодержащих кристаллах КСl:Eu в [1] наблюдалась тоже только однокомпонентность с длительностью 850 нс. Ее природа связывалась только с одним из известных для кристаллов КСl:Eu [3,4], кислородсодержащих $\text{O}^{2-}\text{Eu}^{2+}$ - или $\text{O}^-\text{Eu}^{2+}\text{v}_c^-$ - центров свечения.

Автор благодарит Г.С. Денисова за полезные консультации, а Л.В. Викторова за помощь в проведении эксперимента.

Литература:

1. М.М.Кидибаев, Г.С.Денисов, А.С.Бекташов. Исследование кристаллов KCl, активированных европием. //Известия НАН КР». Бишкек., №1, 2008., С. 41-43
2. Walter E.Bb, Wagner M. Vibrational Coupling of Nearly Degenerate Electronic States, - Phys. Rev., v.145. - №2.- p.689-698. - 1966
3. Шуралёва Е.И., Парфианович И.А., Ивахненко П.С. Люминесценция и энергетическая структура центров свечения фосфоров, активированных двухвалентным европием. // Спектроскопия кристаллов /Под. ред. Каминский А.А., Наука, 1975, с. 320-325
4. Писаренко В.Ф. Люминесценция и электрические свойства ионных кристаллов, активированных ионами редкоземельных элементов: Дисс. на соискание ученой степ. докт. физ.-мат. наук, Краснодарский Гос. Ун-т. – 1976