

ИМПУЛЬСНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^{2+}$.

Спектры импульсной катодолюминесценции (ИКЛ), исследованных кристаллов были получены при облучении кристаллов электронным пучком с высокой плотностью тока (длительность импульса 2 нс, энергия электронов $E=160-200$ кэВ, плотность тока в пучке $j=100-300$ А/см²) от ускорителя РАДАН. Спектры люминесценции были зарегистрированы ССД-детектором, подключенным к компьютеру, в спектральном интервале от 300 до 800 нм.

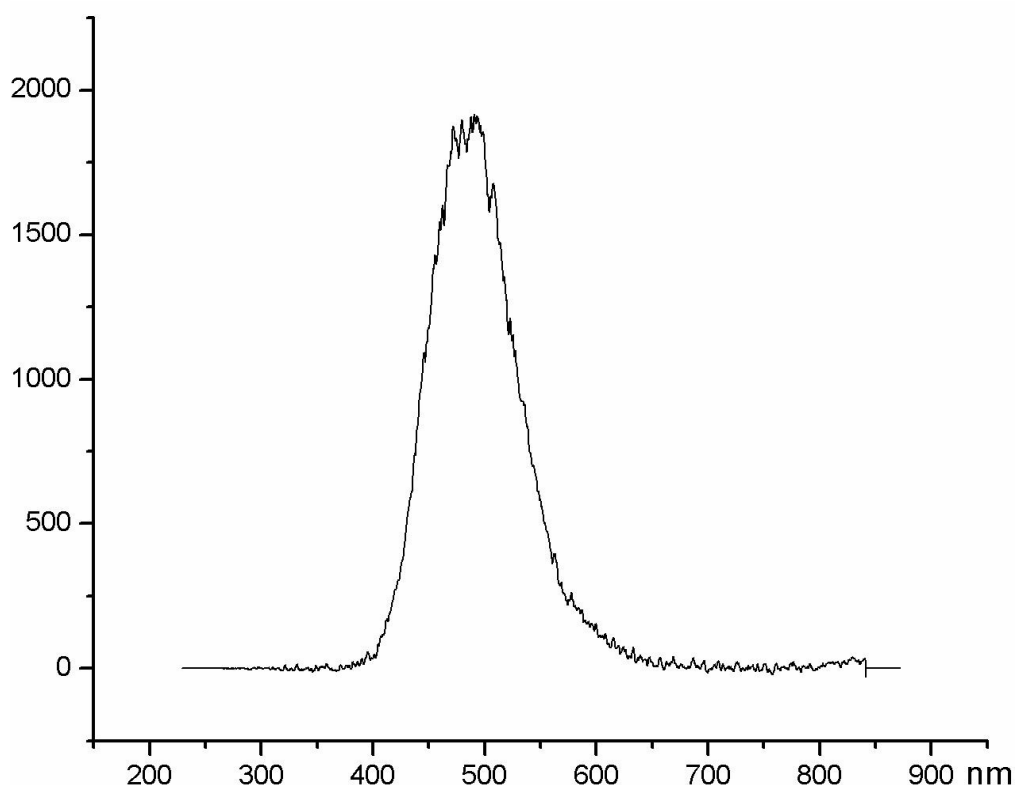


Рис. 1. Спектр импульсной катодолюминесценции кристалла $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^{2+}$.

При исследовании импульсной катодолюминесценции нами обнаружена новая для $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^{2+}$ полоса с максимумом около 2,7 эВ (470-480 нм). Также при проведенных ранее исследованиях [1] наблюдалась полоса при 5,8 эВ (214 нм), обусловленная экситонными проявлениями. Полоса 214 нм проявлялась и ранее в других сульфатах, в частности, она была обнаружена Ч.Б.Лушиком и др. в облученном электронами неактивированном сульфате калия K_2SO_4 и связывалась с молекулярными экситонами и кросслюминесценцией. Полоса 214 нм наблюдалась также и в активированном кристалле $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Cu}^+$. В кристалле $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Cu}^+$ медь не проявлялась как индивидуальный активатор - возникновение УФ-люминесценции 214 нм связывалось с миграцией ионов O^- и их рекомбинацией с ионами SO_3^- .

Для выяснения влияния ионов меди на дырочно-рекомбинационные процессы и выявления эффектов их индивидуального проявления в спектрах свечения нами были проведены эксперименты по измерению люминесцентных характеристик кристаллов $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^+$. При лазерном возбуждении с энергией, заведомо меньшей ширины

запрещенной зоны E_g , т.е. для случая, экситонных эффектов ожидать нельзя, а можно только наблюдать проявление примесных эффектов.

В спектре свечения наблюдается широкая полоса в области 4,9-1,54 эВ (250-800 нм), т.е. свечение простирается даже в антистоксову (по отношению к длине волны возбуждения $\lambda=337$ нм) область. Основная светосумма высвечивается в синей области с максимумом при 3,1 эВ (400 нм). Наблюдается также слабая полоса в области 1,6 эВ (778 нм). При разложении на гауссианы, кроме полосы 3,1 эВ, выявляется дополнительная полоса с максимумом при 2,7 эВ (460 нм), а также две слабые полосы при 2,3 эВ (540 нм) и 2 эВ (620 нм). По нашим оценкам, ширина запрещенной зоны кристаллов $\text{LiKSO}_4 > 6,2$ эВ (решеточное поглощение начинается при длинах волн < 200 нм). В связи с этим при облучении кристаллов LiKSO_4 лазерным излучением с длиной волны 337 нм (3,6 эВ) электронно-дырочные пары не создаются. Наблюдаемое свечение обусловлено, по-видимому, ионами Cu^+ . Известно проявление индивидуальных свойств активаторов - ионов Cu^+ в целом ряде матриц, например в CdCl_2 и CdBr_2 [2]. Для сравнения в таблице приведены энергии полос излучения кристаллов $\text{CdCl}_2\text{-Cu}^+$, $\text{CdBr}_2\text{-Cu}^+$ и $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^+$ (основные полосы).

Позиции полос люминесценции составов, активированных ионами

Таблица 1

Состав	Энергия полос излучения, эВ			Литература
$\text{CdCl}_2\text{-Cu}^+$	1.75	2.85	3.3	[2]
$\text{CdBr}_2\text{-Cu}^+$		2.77	3.13	[2]
$\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{+*}$	1.6	2.7	3.1	Наши данные

* Указаны основные полосы

На базе кристаллов $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^+$, был предложен сцинтилляционный детектор для регистрации альфа-излучения и нейтронов [3]. Он пригоден для использования в комплексах и системах радиоэкологического мониторинга для установления зон радиационного загрязнения, а также для целей персональной дозиметрии. Состав $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^+$ ранее использовался в качестве пиро- или сегнето-электриков, а также в качестве датчика электронного парамагнитного резонанса - ЭПР-датчика. Применение кристаллов LiKSO_4 в качестве неорганических сцинтилляторов стало возможным благодаря обнаруженному сцинтилляционному эффекту с повышенным быстродействием и близости эффективного атомного номера $Z_{\text{эфф}}=12$. Последнее снимает проблему "хода с жесткостью" и обеспечивает выполнение метрологических требований для индивидуальной дозиметрии. Световыход сцинтилляций $S_{\text{отн}}$ для кристаллов $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$ составляет 30% относительно световыхода известных кристаллов LiI-Eu , однако предложенный сцинтиллятор обладает в 15 раз меньшей длительностью сцинтилляций и обеспечивает соответственно в 10-15 раз более высокую загрузочную способность. Сцинтиллятор на основе $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$ обладает более высокой химической стойкостью (негигроскопичен) по сравнению с LiI-Eu . Сцинтиллятор $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$ регистрирует, как и кристалл LiI-Eu , тепловые нейтроны в соответствии с реакцией ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$, т.е. тепловые нейтроны поглощаются ядрами изотопа ${}^6\text{Li}$ (до 7% в естественной смеси изотопов или обогащенные по ${}^6\text{Li}$ составы до $10^{21}\text{-}10^{22}$ см $^{-3}$) с последующим альфа-распадом и образованием ядер трития ${}^3\text{H}$. Световыход сцинтилляций $S_{\text{отн}}$ для кристаллов $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$ составляет ~10-12% относительно световыхода кристаллов CsI-Tl , однако предложенный сцинтиллятор обладает 11 раз более короткой длительностью сцинтилляций, нежели кристаллы CsI-Tl . Дополнительным преимуществом сцинтиллятора $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$ является его определенная избирательность к альфа-излучению и нейтронному излучению на фоне гамма-излучения. Эта избирательность обусловлена низким эффективным атомным

номером кристаллов $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$, что особенно при малых толщинах кристаллов делает их слабо чувствительными к гамма-излучению.

Низкий $Z_{\text{эфф}}$ кристаллов LiKSO_4 обеспечивает меньшую энергетическую зависимость чувствительности изготавливаемых на их основе детекторов.

Литература:

1. K. Sharsheev, B.V. Shulgin, D.V. Raikov, Ch.T. Ordobaeva, V.I. Solomonov, S.G. Mikhailov. Luminescence of $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}$ single crystals.
2. H. Matsumoto, H. Nakawa, H. Kuwatara. J. Phys. Sol. Jap., 44 (1978), 957-964.