

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОНИКА, НАНОТЕХНОЛОГИИ

УДК 678.046.82

Гальченко Татьяна Георгиевна**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФОТОСТИМУЛИРОВАННОЙ
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ZnS: Cu, Pb
ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ Pb**

В статье представлено исследование образцов твердых растворов $(Zn_{0,9999-x}Cu_{0,0001}Pb_x)S$, изучены зависимости интенсивности фотостимулированной люминесценции от концентрации ионов свинца при облучении УФ светом с $\lambda = 365$ нм и стимуляции лазерным излучением с длиной волны 940 нм. В результате анализа полученных зависимостей определен состав люминофора, при котором интенсивность фотостимулированной люминесценции максимальна.

Ключевые слова: фотостимулированная люминесценция, ион, твердый раствор.

Galchenko Tatyana Georgievna**STUDY OF THE DEPENDENCE OF PHOTOSTIMULATED LUMINESCENCE OF SOLID SOLUTIONS OF ZnS: Cu, Pb FROM Pb ION CONCENTRATION**

A study of samples of solid solutions $(Zn_{0,9999-x}Cu_{0,0001}Pb_x)S$, studied as a function of the intensity of photostimulated luminescence on the concentration of lead ions by irradiation with UV light with $\lambda = 365$ nm and stimulated by laser radiation with a wavelength of 940 nm. As a result of the analysis of the relationships, the composition of the phosphor in which the intensity of photostimulated luminescence maximum.

Key words: photostimulated luminescence, ion, solid solution.

На современном этапе развития науки и техники весьма остро стоит проблема создания люминофора на основе ZnS, обладающего при ИК-стимуляции лазером 940 нм интенсивной фотостимулированной вспышкой. Проведение работ в этой области привело к получению фотостимулированной вспышки люминесценции на монокристаллах ZnS, с нанесением пленки Ag [1], нанокластерах [2], нанокристаллах [3] и т. д. Люминофоры на основе сульфида цинка являются весьма чувствительны к наличию каких-либо примесей. Эти люминофоры, называемые обычно вспышечными, нашли широкое применение в ряде специальных приборов отображения информации (дозиметры, приборы ночного видения [4] и т. д.), а также преобразователей, чувствительных к внешним физическим воздействиям, таким как тепло [5], давление [6], радиация [7], поэтому создание люминофора с указанными техническими характеристиками является актуальной задачей, имеющей важное научно-практическое значение.

Целью настоящей работы является изучение и оптимизация состава фотостимулированного люминофора на основе сульфида цинка, активированного ионами меди и свинца.

Объектами исследования служила концентрационная серия образцов $(Zn_{0,9999-x}Cu_{0,0001}Pb_x)S$. Концентрация меди составляла 0,0001 ат./моль ZnS и была выбрана произвольно, а концентрация свинца варьировалась в пределах $1 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-2}$ ат./моль ZnS. Концентрационная серия образцов была приготовлена методом твердофазного синтеза при температуре 950 °С в течение 2 часов.

Спектры люминесценции, интенсивность и кинетику фотостимулированной люминесценции измеряли с применением монохроматора МДР-204, фотоприемного устройства ФПУ-1, лазера АТС-С3000-380-АМФ-810-5-F400. При измерениях интенсивности и кинетики ФСЛ образцы предварительно облучали излучением светодиода с длиной волны 365 нм в течение 5 минут, затем после выдержки в темноте в течение 30 мксек стимулировали ИК-излучением АТС-С3000-380-АМФ-810-5-F400 с длиной волны излучения 0,940 мкм и длительностью импульса 5 мсек. Фотостимулированную люминесценцию регистрировали с помощью фотоприемного устройства ФПУ-1 в слое порошка без связующего (геометрия 0–45°). На экране ПК регистрировали кривую разгорания и затухания (кинетику) фотостимулированной люминесценции [8].

Известно, что ИК излучение может оказывать как тушащее, так и стимулирующее действие на люминофоры [9]. Стимуляция обычно проявляется в виде резкого кратковременного увеличения

интенсивности люминесценции (вспышки), после чего наступает тушение. Поэтому на начальной стадии эксперимента была поставлена задача определения оптимальной концентрации одного из активаторов (свинца), обеспечивающей максимальное значение интенсивности фотостимулированной люминесценции.

Для определения оптимальной концентрации свинца были синтезированы образцы с переменной концентрацией свинца и постоянной концентрацией меди ($Zn_{0,9999}XCu_{0,0001}PbX$)S. Концентрация меди составляла $0,0001$ ат./моль ZnS и была выбрана произвольно. Концентрация свинца варьировалась в пределах $1 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-2}$ ат./моль ZnS. Формулы образцов представлены в таблице.

Формулы образцов

№ п/п	Формула образца
1	$(Zn_{0,9969}Cu_{0,0001}Pb_{0,0001})S$
2	$(Zn_{0,9996}Cu_{0,0001}Pb_{0,0003})S$
3	$(Zn_{0,9989}Cu_{0,0001}Pb_{0,0010})S$
4	$(Zn_{0,9969}Cu_{0,0001}Pb_{0,003})S$
5	$(Zn_{0,99}Cu_{0,0001}Pb_{0,0085})S$
6	$(Zn_{0,97}Cu_{0,0001}Pb_{0,0250})S$

Результаты измерения фотостимулированной люминесценции некоторых образцов данной серии представлены на рис. 1. Как следует из представленных результатов, при увеличении концентрации свинца от $3 \cdot 10^{-4} - 8,5 \cdot 10^{-3}$ ат./моль ZnS наблюдается увеличение интенсивности фотостимулированной вспышки люминесценции, при дальнейшем увеличении концентрации свинца происходит спад интенсивности. При введении свинца в сульфид цинка образуются центры красной люминесценции ($PbZn^{2+}$) и глубокие электронные ловушки ($PbZn^{4+}$). При больших концентрациях свинца (более $8,5 \cdot 10^{-3}$ ат./моль ZnS) происходит увеличение вероятности безызлучательной рекомбинации вследствие усиления взаимодействия центров свечения и мы наблюдаем концентрационное тушение, соответственно наблюдается резкий спад интенсивности фотостимулированной вспышки люминесценции (практически в два раза).

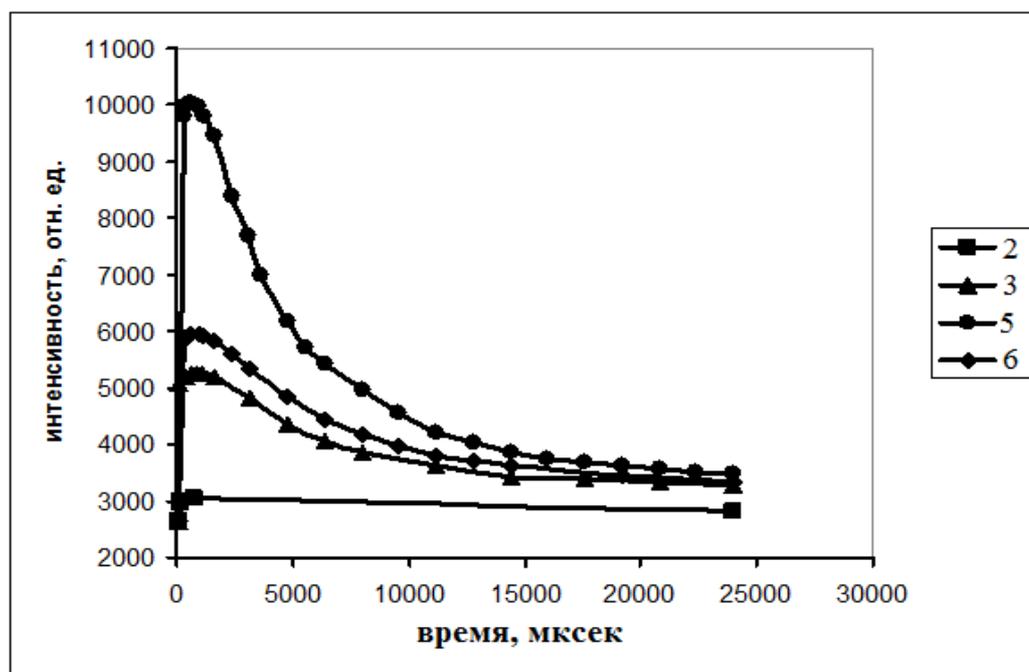


Рис. 1. Зависимость фотостимулированной вспышки люминесценции от времени облучения ИК-светом $\lambda = 940$ нм при постоянном облучении светом $\lambda = 365$ нм от концентрации Pb при постоянной концентрации Cu = 0,0001 [ат.д.]

По результатам измерений была определена зависимость интенсивности фотостимулированной вспышки люминесценции от концентрации меди, которая представлена на рис. 2. В результате анализа полученных результатов была установлена оптимальная концентрация второго активатора – свинца ($8,5 \cdot 10^{-3}$ ат./моль ZnS), при которой наблюдается наиболее интенсивная фотостимулированная вспышка люминесценции.

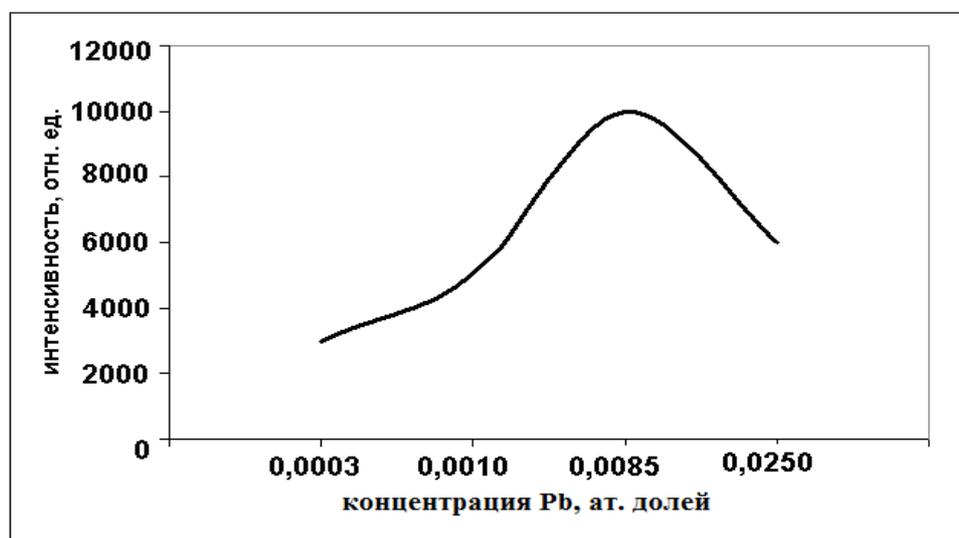


Рис. 2. Зависимость интенсивности фотостимулированной вспышки люминесценции при облучении ИК-светом $\lambda = 940$ нм при постоянном облучении светом $\lambda = 365$ нм от концентрации Pb при постоянной концентрации Cu = 0,001 [ат.д.]

Для образца с максимальным содержанием свинца была измерена кинетика фотостимулированной люминесценции в более коротковолновой и более длинноволновой областях спектра. Как показали результаты измерений в области 450–580 нм при облучении ИК-излучением наблюдается интенсивное тушение люминесценции. Фотостимулированной вспышки люминесценции не наблюдается.

При измерениях в длинноволновой области спектра наблюдается ИК-стимулированная люминесценция предварительно заряженных образцов, однако с увеличением длины волны регистрации интенсивность фотостимулированной вспышки люминесценции заметно уменьшается (рис. 3). На длине волны 680 нм интенсивность фотостимулированной вспышки люминесценции меньше примерно в два раза в сравнении с интенсивностью в полосе 640 нм.

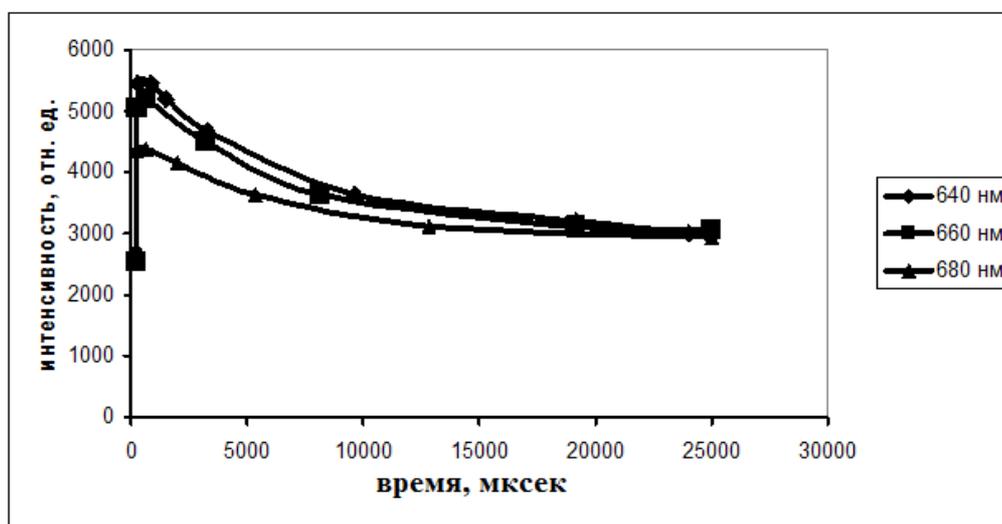


Рис. 3. Зависимость ФСЛ от времени облучения ИК-светом $\lambda = 940$ нм при постоянном облучении светом $\lambda = 365$ нм образца $(Zn_{0,99}Cu_{0,0001}Pb_{0,0085})S$

Установлены зависимости интенсивности фотостимулированной люминесценции от концентрации активатора – свинца при накачке УФ-светом с $\lambda = 365$ нм и стимуляции лазерным излучением с длиной волны 940 нм. На основе анализа полученных зависимостей и определена оптимальная концентрация свинца – $8,5 \cdot 10^{-3}$ ат./моль ZnS, для люминофора $(\text{Zn}_{0,9999-x}\text{Cu}_{0,0001}\text{Pb}_x)\text{S}$, где концентрация меди – второго активатора, была выбрана произвольно.

Литература

1. Новиков П. В. Эффект уменьшения высвеченной светосуммы вспышки люминесценции в монокристаллах ZnS / П. В. Новиков, А. Н. Латышев, О. В. Овчинников, Д. А. Минаков, М. С. Смирнов; под общ. ред. П. В. Новикова // Электролюминесценция и электрофотолюминесценция. Серия «Физика, Математика». 2008. № 15. С. 15–20.
2. Охотников С. С. Формирование монодисперсных нанокластеров / С. С. Охотников, А. Н. Латышев, О. В. Овчинников, А. А. Молев, М. С. Смирнов // Воронежский государственный университет. 2004. № 10. С. 25–30.
3. Song Wei Lua. Synthesis and photoluminescence enhancement of Mn^{2+} – doped ZnS nanocrystals / Song Wei Lua, Burtrand I. Leea, Zhong Lin Wangb, Wusheng Tongc, Brent K. Wagnerc, Wounjhang Parkc, Christopher J. Summerse // Journal of Luminescence, Clemson University. 2001. № 92. P. 73–78.
4. Деркач В. П., Корсунский В. М. Электролюминесцентные устройства. Киев: Наукова думка, 1968. 301 с.
5. Королько Б. Н. Электронные и дырочные энергетические переходы при инфракрасной электролюминесценции соединений АПВVI // Обзор литературы по хозтеме 3 – 76 – 17. Киев. 1976. 103 с.
6. Татмышевский К. В. Механолюминесцентные (светогенерационные) сенсорные элементы для современных информационно-измерительных технологий // Микросистемная техника. 2004. № 12. С. 4–10.
7. Вавилов В. С. Действие излучений на полупроводники. М.: Физматгиз, 1963. 264 с.
8. Гальченко Т. Г. Исследование ФСЛ $(\text{Zn}_{0,999-x}\text{Pb}_{0,001}\text{Cu}_x)\text{S}$ // XI международная конференция «Химия твердого тела: наноматериалы, нанотехнологии». Ставрополь: СевКавГТУ. 2012. С. 204.
9. Гурвич А. М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров: учебное пособие. СПб.: Высшая школа, 1971. 336 с.

УДК 621.382.2/3:621.314

Косова Елена Николаевна, Пономаренко Николай Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ. КОМПОНЕНТЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В статье излагаются общие свойства основных компонентов силовой электроники и особенности их развития и эффективного использования в составе высокочастотных преобразователей.

Ключевые слова: силовая электроника, высокочастотные преобразователи, полупроводниковые ключи.

Kosova Elena Nikolaevna, Ponomarenko Nikolay Ivanovich **RESEARCH AND EFFICIENCY CONVERTERS.** **COMPONENTS OF HIGH-FREQUENCY CONVERTERS**

In this paper we present general properties of the basic component of power electronics, feature of their development and effective use in high-frequency converters.

Key words: power electronics, high frequency inverters, semiconductor switches.

Особенность современной преобразовательной техники заключается в том, что ее основной элементной базой становятся силовые полупроводниковые приборы и микроэлектроника, которые в совокупности с традиционными элементами, такими как конденсатор, индуктивность и трансформатор, открывают принципиально новые потенциальные возможности развития силовой электроники. Особую роль сыграли полупроводниковые транзисторы, которые ранее в теории цепей определялись как элементы с управляемым сопротивлением, как элементы для усиления электрических сигналов. Силовая электроника базируется, в сочетании с микроэлектронной элементной базой цепей управления, на ключевых свойствах полупроводниковых ключей.