

### Список литературы

1. ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами.
2. Щепетков Н.И. Световой дизайн города. М.: Архитектура-С. – 2006.
3. Аройо Ф.В. Эстетика наружного освещения и контроль “светового загрязнения” // Светотехника. – 1995. – № 4/5. – С. 24 – 25.
4. Карта светового загрязнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [astrotver.ru/index.php/home/light-pollution-map.ru](http://astrotver.ru/index.php/home/light-pollution-map.ru)
5. СНИП РФ 23-05-95\*. Естественное и искусственное освещение.

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛА ФЛЮОРИТА ПРИ СИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОННОМ И ОПТИЧЕСКОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

Т.С. ИВАНОВА, В.Е. КОЛОМИН, В.Ф. ШТАНЬКО, Е.П. ЧИНКОВ, С.А. СТЕПАНОВ  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: [stepanovsa@tpu.ru](mailto:stepanovsa@tpu.ru)

## LUMINESCENCE FLUORITE CRYSTAL UNDER A SIMULTANEOUS ELECTRONIC AND OPTICAL EXCITATION

T.S. IVANOVA, V.E. KOLOMIN, V.F. SHTANKO, E.P. CHINKOV, S.A. STEPANOV  
National Research Tomsk Polytechnic University  
E-mail: [stepanovsa@tpu.ru](mailto:stepanovsa@tpu.ru)

*Annotation.* This paper reports optical absorption spectra and rapidly decaying luminescence of  $\text{CaF}_2$  crystals measured at 295 K under excitation pulse of accelerated electrons and excited simultaneous stimulated emission of ZnSe and CdSe crystal. It is shown that the simultaneous excitation of the crystals  $\text{CaF}_2$  pulse accelerated and SE semiconductors in electronic components STE absorption leads to a reduction efficiency of creation of STE and the appearance of fast decaying emission in the UV region of the spectrum..

Кристаллы фторида кальция интенсивно люминесцируют при возбуждении вблизи края фундаментального поглощения. Процессы описываются на основе принципа Франка-Кондона. Большой сдвиг Стокса (~7 эВ) предполагает значительную релаксацию решетки в возбужденном состоянии. В зависимости от расстояния между компонентами (F-H)-пары в решетке флюорита возможны четыре конфигурации автолокализованных экситонов (self-trapped excitons – STE) [1]. Излучательная аннигиляция STE сопровождается появлением триплетной люминесценции на  $h\nu_{\max} = 4,43$  eV и возвращает решетку в невозмущенную конфигурацию.

В работе [2] обнаружено быстрозатухающее свечение (БС) в УФ области при синхронном воздействии на кристаллы флюорита импульса ускоренных электронов и интенсивной подсветки в области электронных компонентов поглощения STE. Так как природа этого свечения остается предметом дискуссий, то целью работы являлось получение дополнительной информации.

Монокристаллы  $\text{CaF}_2$  выращены методом Стокбаргера. Образцы облучались импульсом электронов с параметрами: максимальная энергия электронов 0,28 MeV, длительность импульса на полувысоте 12 ns, временное разрешение 7 ns, плотность энергии  $0,2 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Синхронное оптическое возбуждение кристаллов  $\text{CaF}_2$  осуществлялось вынужденным излучением (ВИ) кристаллов ZnSe ( $h\nu_{\max} = 2,61$  eV,

полуширина полосы  $\delta = 0,011$  eV) и CdSe ( $h\nu_{\max} = 1,87$  eV,  $\delta = 0,015$  eV), которое при высоких уровнях возбуждения носит вынужденный характер, а величина энергии достигает десятков миллиджоулей [3]. Спектры люминесценции корректировались на чувствительность измерительного тракта.

На рис. 1 кривой 1 представлен фрагмент спектра оптического поглощения кристалла CaF<sub>2</sub>, измеренный в области электронного компонента поглощения STE. Спектр катодолюминесценции представлен на рис. 2 кривой 1. Спектрально-кинетические характеристики наведенного импульсом ускоренных электронов оптического поглощения и возбуждаемой люминесценции хорошо согласуются с известными параметрами STE в кристалле CaF<sub>2</sub> [1].

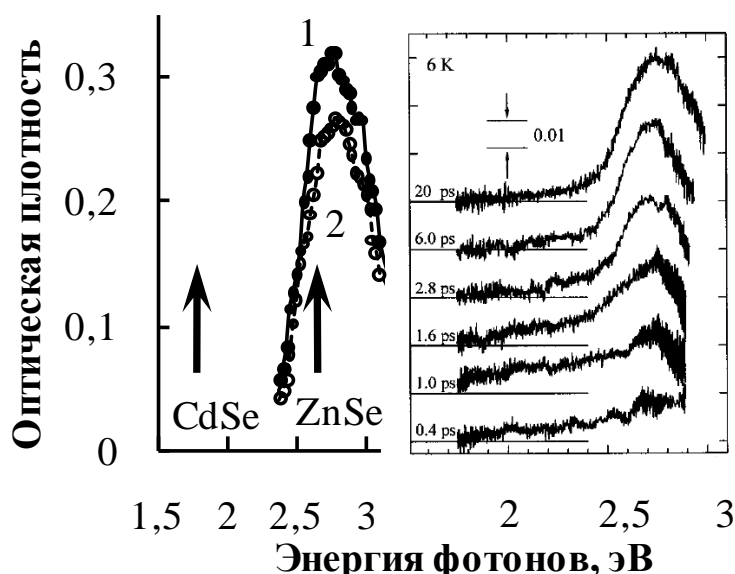


Рисунок 1 – Слева – спектры поглощения кристалла CaF<sub>2</sub> при облучении электронами (1) и синхронном довозбуждении ВИ кристалла ZnSe (2), измеренные при 295 К спустя 10 ns после окончания облучения. Стрелками показано спектральное положение максимумов ВИ кристаллов ZnSe и CdSe. Справа – временная эволюция спектров поглощения кристалла CaF<sub>2</sub> по данным работы [4].

Синхронное воздействие на кристалл CaF<sub>2</sub> импульса электронов и интенсивного оптического излучения полупроводников сопровождается уменьшением эффективности создания STE и появлением БС в УФ области спектра (рис. 1 и рис. 2).

Оптическое возбуждение только тех STE, которые находятся на стадии решеточной релаксации, приводит к появлению БС в УФ области. Прямым подтверждением является обнаружение БС в УФ области при синхронном возбуждении кристалла CaF<sub>2</sub> ВИ кристалла CdSe (рис. 2, кривая 3). В спектральной области, соответствующей оптической стимуляции кристалла CaF<sub>2</sub> ВИ кристалла CdSe ( $h\nu_{\max} = 1,87$  eV) оптическое поглощение STE, прошедших стадию релаксации, отсутствует (см. рис. 1).

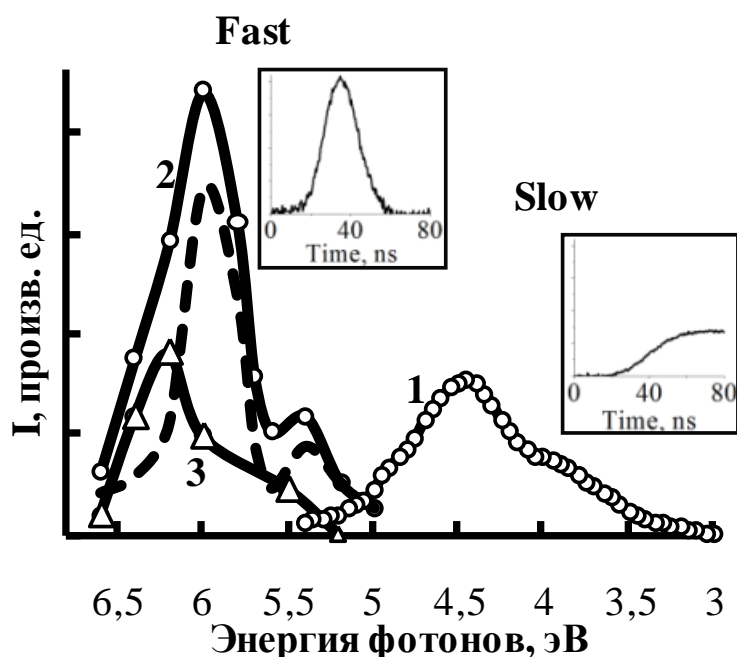


Рисунок 2 – Спектры люминесценции кристалла  $\text{CaF}_2$  при облучении электронами (1) и синхронном возбуждении ВИ кристаллов  $\text{ZnSe}$  (2) и  $\text{CdSe}$  (3). Спектры измерены при 295 К спустя 10 ns после окончания облучения. Пунктиром показана разность между спектрами 2 и 3. На вставках показаны кинетики затухания люминесценции в разных спектральных диапазонах.

С одной стороны, можно предположить, что БС с максимумом  $\sim 6$  eV (см. рис. 2) в кристалле  $\text{CaF}_2$  возникает при переходах из синглетных состояний STE. Однако, во-первых, не ясно, почему эти состояния не заселяются в процессе создания и дальнейшей релаксации STE. Во-вторых, это противоречит распространенному мнению о том, что в кристаллах флюорита синглетные переходы STE ( $h\nu \approx 3,6$  eV) расположены по шкале энергии ниже, чем триплетные ( $h\nu \approx 4$  eV).

С другой стороны, БС УФ свечение в кристалле  $\text{CaF}_2$  может быть приписано переходам из возбужденных состояний, которые предшествуют образованию релаксированных STE.

Таковыми предсостояниями в кристалле  $\text{CaF}_2$  могут являться нерелаксированные состояния различных конфигураций STE, поскольку затраты энергии на их образование различны [5].

Таким образом, импульсная спектроскопия диэлектрических материалов с синхронным оптическим возбуждением может служить наиболее информативным методом тестирования возбужденных состояний различных дефектов.

#### Список литературы

1. Williams R.T., Kabler M.N., Hayes W., Stott J.P. Time-resolved spectroscopy of self-trapped excitons in fluorite crystals. // *Phys. Rev.* – 1976. – V.B14, – № 2. – P.725–740.
2. Штанько В.Ф., Чинков Е.П. Структура спектров короткоживущего поглощения и свечения фторидов бария и кальция при импульсном облучении электронами. // *Письма в ЖТФ.* –1997. – Т. 23, – № 21. – С. 45–50.

3. Штанько В.Ф., Олешко В.И., Намм А.В. и др. Импульсная катодоллюминесценция CdS и CdS<sub>0.83</sub>-Se<sub>0.17</sub>, выращенных кристаллизацией из газовой фазы. // ЖПС. – 1991. – Т.55, – № 5. – С.788–793.
4. Tanimura K. Femtosecond time-resolved spectroscopy of the formation of self-trapped excitons in CaF<sub>2</sub>. // J. Phys. Rev. –2001, – В63, – P.184303.
5. Adair M., Leung C.H., Song K.S. Equilibrium configuration of the self-trapped exciton in CaF<sub>2</sub> and SrF<sub>2</sub>. // J. Phys. C: Sol. State Phys. – 1985. – V.18, – № 28. – P.L909–L913.

## СВЕТОДИОДНЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ ДЛЯ ТЕПЛИЦ

В.И.КОРЕПАНОВ, Н.И.ОМИРОВА, А.Ш.ОМАРХАН

Томский политехнический университет

Институт физики высоких технологий

E-mail: [korepanov@tpu.ru](mailto:korepanov@tpu.ru)

## LED IRRADIATOR FOR GREENHOUSES

V.I.KOREPANOV, N.I.OMIROVA, A.SH.OMARKHAN

Tomsk Polytechnic University

Institute of High Technology Physics

E-mail: [korepanov@tpu.ru](mailto:korepanov@tpu.ru)

***Annotation.** The spectra and solar radiation fluxes in Tomsk. The principles of supplementary lighting control options depending on the time of year, time of day and weather conditions. A LED illuminator for greenhouses with science – based emission spectrum, versatility and ability to adapt to changing external conditions.*

**Введение.** Для нормального развития растений требуется определенный набор благоприятных внешних факторов [1]. Условия, близкие идеальным, можно создавать в теплицах и этот способ производства сельхозпродукции постоянно расширяется. Учитывая масштабы тепличного хозяйства, определяющим фактором развития становится внедрения новых технологий производства сельскохозяйственной продукции в теплицах.

Одна из главных задач – оптимизация падающего на растения потока фотонов и их соотношения в различных областях спектра [2]. Среди технологий, позволяющих это реализовать, наиболее перспективными являются технологии, основанные на внедрении светодиодных систем облучения. Светодиодные облучатели позволяют создавать облучательные установки с любым соотношением потоков фотонов в различных областях спектра, а также управлять параметрами облучения в зависимости от требуемого уровня облученности количества и качества солнечного радиации, то есть позволяют создавать адаптивные системы облучения.

Все изменения (уменьшения) солнечного излучения должна компенсировать искусственная досветка. Для реализации таких систем облучения наметились две основные тенденции:

- Разработка облучателей с оптимальным качеством (спектром) излучения;
- Разработка способов, методов и конкретных систем управления количеством и качеством излучения.