

**КИНЕТИКА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ЛЮМИНОФОРОВ ПОСЛЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ
ИМПУЛЬСОМ ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ**

В.А. Ваганов, Е.Ф. Полисадова, А.А. Мархабаева

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. В.М. Лисицын

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: nba_vitas@mail.ru

LUMINESCENCE KINETICS OF PHOSPHORS AFTER EXCITATION BY ELECTRON BEAM

V.A. Vaganov, E.F. Polisadova, A.A. Marhabaeva

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.M. Lisitsyn

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: nba_vitas@mail.ru

***Abstract.** The luminescence decay of industrial phosphors based on yttrium-aluminum garnet has been investigated at the excitation by an electron beam. The ratio of slow and fast component amplitude in the kinetics of luminescence decay was estimated. It is shown that the luminescence decay time depends on the composition of the phosphor. The luminescence decay time can be used for analysis of the phosphors, to determine their quality.*

Возбуждение люминофоров импульсами потока радиации наносекундной длительности с регистрацией кинетики послесвечения с высоким временным разрешением позволяет получать прямую информацию о процессе передачи энергии возбуждения центрам свечения [1-2]. В настоящей работе приведены результаты исследования импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) группы близких по составу люминофоров.

Для исследований использовались промышленные люминофоры в виде порошков микрокристаллов с размерами зерен не более 30 мкм. Элементный состав выбранных люминофоров был определен с использованием сканирующего электронного микроскопа Quanta3D 200i с системой энергодисперсионного рентгеновского анализа (EDAX). Основу люминофоров составляют твердые растворы окислов Y, Al, Gd, активированных Ce, Pr, Eu. Гранулометрический состав порошков определен с помощью оптического микроскопа «Leica DM 6000 M».

Измерения спектров ИКЛ и их изменения со временем проводились на импульсном оптическом спектрометре. Люминофоры возбуждались при комнатной температуре единичными импульсами потока электронов со средней энергией 250 кэВ, длительностью импульса – 10 нс. Люминесценция при заданной длине волны измерялась в спектральном диапазоне 300-900 нм, во временном интервале $1 \cdot 10^{-8}$ - $1 \cdot 10^{-5}$ с после окончания действия импульса со временным разрешением 10 нс. Для регистрации кинетики люминесценции использовался ФЭУ 84-6, цифровой осциллограф «LeCroy 6030A», монохроматор МДР-3.

На рис.1 (а) приведены результаты исследования кинетических кривых затухания люминесценции люминофора СДЛ 5000 в различных участках спектра. Все кривые нормированы по максимальным

значениям люминесценции при заданной длине волны в начальный момент времени. Во всем исследованном диапазоне спектра от 480 до 590 нм кинетические кривые затухания люминесценции люминофора СДЛ 5000 подобны.

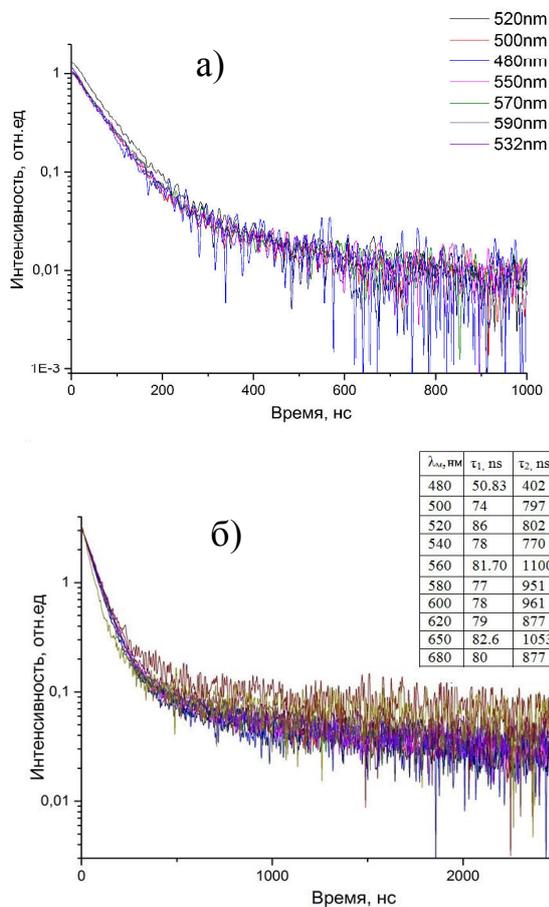


Рис. 1. Кинетика затухания люминесценции люминофора СДЛ 5000 (а) и СДЛ 4100 (б)

Кинетические кривые в интервале времен от 10 нс до 2 мкс достаточно описываются совокупностью двух экспоненциальных кривых с характеристическими временами $\tau_1=61$ и $\tau_2=502$ нс. Соотношение амплитуд компонентов равно $A_1/A_2=3 \cdot 10^4$. Соотношение вкладов компонентов в общий выход люминесценции $A_1 \cdot \tau_1/A_2 \cdot \tau_2=3.65$. Таким образом, вклад коротковременного компонента является достаточно большим, спектр люминесценции не изменяется со временем.

На рис.1 (б) приведены результаты исследования кинетических кривых затухания люминесценции люминофора СДЛ 4100 в различных спектральных диапазонах. На вставке приведена таблица характеристических времен затухания в различных спектральных диапазонах. В отличие от люминофора СДЛ 5000, измеренные в диапазоне спектра от 480 до 680 нм кинетики люминесценции СДЛ 4100 отличаются по времени затухания медленного компонента. Это свидетельствует о том, что спектральный состав широкополосного свечения обусловлен несколькими излучательными переходами в структуре центров свечения.

Характеристические времена затухания люминесценции в полосе на 540 нм равны $\tau_1=78$ и $\tau_2=770$ нс. Соотношение амплитуд компонентов в максимуме полосы равно $A_1/A_2=20$, вкладов компонентов в общий выход люминесценции $A_1 \cdot \tau_1/A_2 \cdot \tau_2 = 2,05$. Сопоставление кинетических характеристик люминесценции близких по составу люминофоров СДЛ 5000 и СДЛ 4100 позволяет констатировать, что они могут очень существенно изменяться от соотношения элементов состава: Y/Al/Ga/O = 17.36 /24.75 /9.14 /48.75 для СДЛ5000 и 13.74 /31.53 /0 /54.73 для СДЛ4100.

На рис.3 приведены результаты исследования кинетических кривых затухания люминесценции люминофора СДЛ 2345 при различных длинах волн, показан спектр ИКЛ люминофора и дисперсия характеристического времени затухания коротковременного компонента по спектру. Из кинетических кривых хорошо видно, что имеет место увеличение характеристического времени затухания люминесценции от 30 до 70 нс с ростом длины волны от 380 до 600 нм.

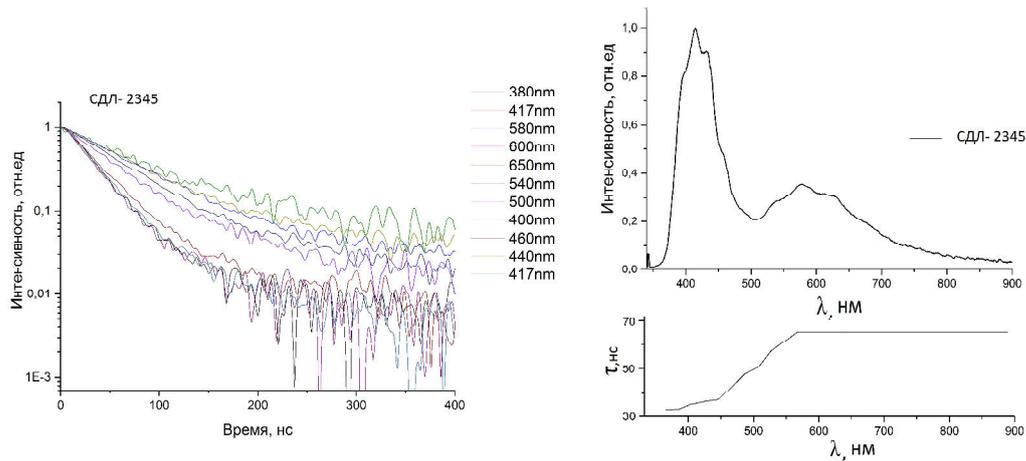


Рис. 2. Кинетики затухания люминесценции люминофора СДЛ 2345 и дисперсия τ по спектру

В оранжево-красной и ближней ИК области время затухания не меняется. Полосы люминесценции на 585 и 416 нм обусловлены центрами свечения, время жизни которых в возбужденном состоянии различается более чем с два раза.

Таблица 1

Время затухания и светосумма ИКЛ в основных полосах свечения люминофоров

№	Образец	λ_{max} , нм	Соотношение Y/Al/Ga/O	A_1	τ_1 , $\mu\text{с}$ τ_1 , мкс	$A_1 \times \tau_1$	A_2	τ_2 , $\mu\text{с}$	$A_2 \times \tau_2$
1	СДЛ-3400	582		3,20	128,2	411,26	0,438	1568,1	686,78
2	СДЛ-3000	575		3,47	103,9	360,81	0,630	687,8	433,31
3	СДЛ-3300	572		2,35	105,6	248,16	0,405	1014	410,67
4	СДЛ-1000	633		3,2	75	240	0,2	1092	218
5	СДЛ-2700	580		2,28	43,68	99,59	0,288	405,4	116,75
6	СДЛ-2466	571		2,44	72,66	177,29	0,072	1445	104,04
7	СДЛ-5100	532	17.4 /24.8/9.1/48.8	3,90	70,02	273,22	0,05	1528,8	76,44
8	СДЛ-4100	535	13.7/31.5/0/54.7	1,88	78	147,11	0,094	760	71,44
9	СДЛ-5000	534		0,92	61,39	56,85	0,031	502,2	15,57
10	СДЛ-2345	585		0,63	67,98	42,83	-	-	-

В таблице 1 приведены характеристики кинетики ИКЛ в максимумах основных полос люминесценции исследованных люминофоров. В микросекундном диапазоне кинетика затухания ИКЛ хорошо описывается двумя экспоненциальными функциями с характеристическими временами от 33 до 130 нс и от 0.2 до 1.6 мкс в зависимости от состава люминофора. Наибольшая светосумма медленного компонента характерна для люминофора СДЛ-3400.

Таким образом, показано, что кинетические характеристики затухания свечения люминофора и светосумма в основных спектральных полосах зависят от соотношения основных компонентов и могут использоваться для анализа люминофора в процессе производства и оценки его качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lisitsyn, V. M., Valiev, D. T., Tupitsyna at al. Effect of particle size and morphology on the properties of luminescence in ZnWO₄ // Journal of Luminescence. - 2014 - Vol. 153. - p. 130-135.
2. Bikhert E. V., Lisitsyn V. M., Lisitsyna L. A. at al. Pulsed cathodoluminescence of YLiF₄ crystals at 15 K // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B. - 2014 - Vol. 327.- pp. 121-123.