

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ СПЕКТРА ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ЦИНКСУЛЬФИДНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ

Ю. В. Ушаков

Работа является продолжением исследований, частично выполненных в [1], с применением более совершенного метода регистрации. Способ снятия спектра электролюминесценции по амплитудам первичного и вторичного пиков волн яркости при возбуждении ее прямоугольными однополярными импульсами напряжения частотой 10 Гц и ниже выявляет более тонкую структуру, энергетические положения максимумов которой хорошо совпадают между собой для разных образцов и с максимумами, выделенными математическим методом в [3]. Это позволяет сделать предположение о возможности разделения спектральных полос электролюминесценции на элементарные составляющие экспериментальным методом. Образцами служили монокристаллы сульфида цинка, выращенные и активированные разными способами, и электролюминесцентный конденсатор на основе люминофора ЭЛ-510.

В работе [1] сообщалось о математическом методе выделения элементарных составляющих из спектральных полос, использованном впоследствии для разложения голубого излучения «самоактивированного» ZnS [2]. Позднее этим методом было проведено разложение спектров электролюминесценции (ЭЛ) и фотолюминесценции ZnS-Cu и ZnS-Cu, Al и сделано заключение о неэлементарности синей, зеленой и красной полос люминесценции [3].

В [4] использовался метод снятия спектра ЭЛ по амплитудам пиков волн яркости при возбуждении ее однополярными прямоугольными импульсами напряжения низкой частоты следования, который выявил ряд спектральных максимумов. Низкочастотное возбуждение вызывает слабую ЭЛ, сопровождающуюся при регистрации нерегулярной помехой — шумами. Поэтому для борьбы с ними регистрация производилась с помощью фотографирования волн яркости с экрана осциллографа.

Настоящая работа является продолжением исследований, частично выполненных в [4], с использованием более совершенного метода регистрации. Для подавления шумов нами была разработана установка, использующая метод преобразования частотного спектра сигнала с последующим накоплением и усреднением [5]. Особенностью установки является возможность применения ее на частоте возбуждения ЭЛ 10 Гц и ниже, получая при этом отношение сигнала к шуму не хуже 20.

Образцами служили монокристаллы сульфида цинка, выращенные методом газотранспортных реакций и активированные медью и хлором в процессе выращивания (ZnS-Cu, Cl, I тип) и выращенные из расплава и активированные медью методом диффузии с поверхности (ZnS-Cu, II тип). Кроме того, для проверки предположения, что выделяющиеся таким методом спектральные максимумы для различных типов образцов в пределах одинаковых областей свечения должны совпадать, в качестве дополнительного образца был еще взят ЭЛ конденсатор, изготовленный по обычной технологии с использованием электролюминофора ЭЛ-510.

Режим возбуждения для всех образцов был таким же, как и в [4]. Длительность П-импульсов составляла 200 мкс, что обусловлено време-

нем сканирования «электронной щели» нашей установки. Контрольным снятием известного спектра было подтверждено, что разработанная установка искажений в результаты измерений не вносит.

Каждая из спектральных кривых снималась не менее 10 раз с последующей статистической обработкой результатов измерений. Доверительные интервалы при доверительной вероятности 0.9 отмечены на рис. 1 и 2, построенных с учетом этих интервалов в виде максимально возможных плавных кривых. На рис. 3 изображены спектральные кривые для ЭЛ-

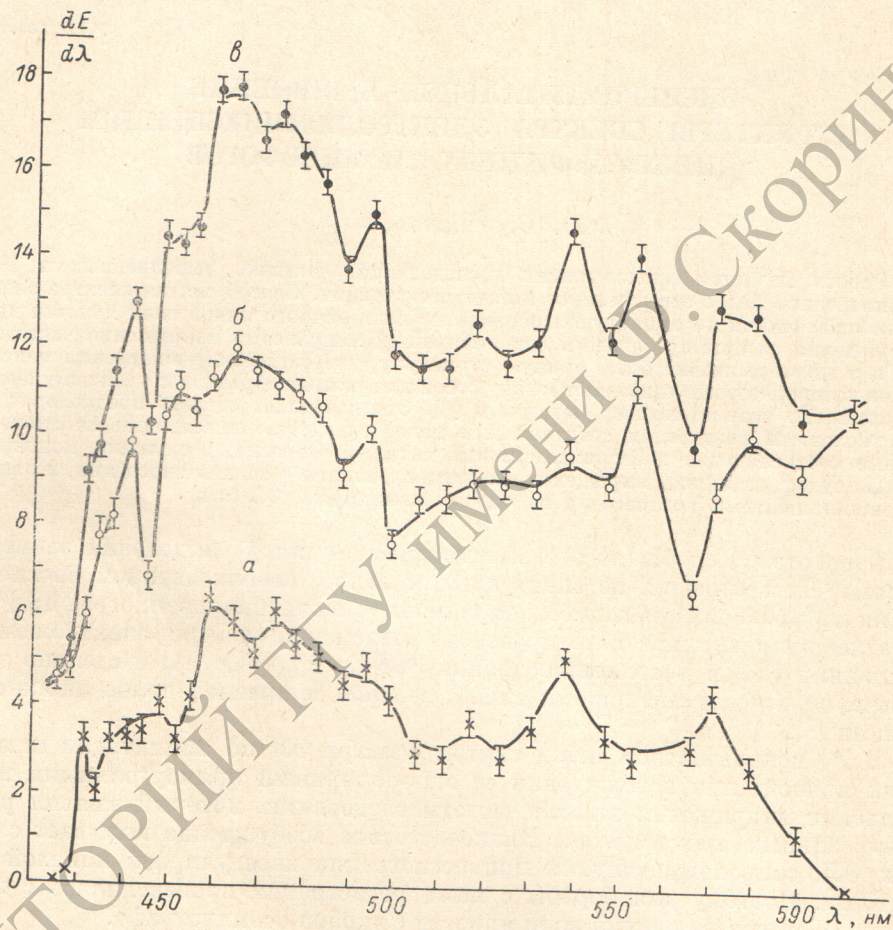


Рис. 1. Спектральные кривые ЭЛ образца II типа.

510, где суммарная кривая *в* соответствует известному спектру данного люминофора. Это также является косвенным подтверждением того, что использованная установка не внесла искажений в результаты эксперимента. С целью наглядности амплитудных соотношений спектров первичного и вторичного пиков волн яркости графики не нормировались. На рис. 2 кривая *а* изображена в увеличенном масштабе.

Выделившиеся на рис. 1 и 2 максимумы сведены в таблицу для сопоставления между собой и с [3]. Из нее видно, что для образцов I и II типа наблюдается хорошее совпадение энергетических положений максимумов с отмеченными в [3]. Однако, как и в [4], спектры первичных и вторичных пиков волн яркости не везде совпадают. На рис. 3 видно, что максимумы кривой *б* выделяются гораздо слабее, с плохим разрешением, но энергетические положения их соответствуют положениям максимумов одноименных кривых на рис. 1 и 2. Худшее проявление структуры в спектре ЭЛ-510 по сравнению с образцами I и II типов, по-видимому, связано с раз-

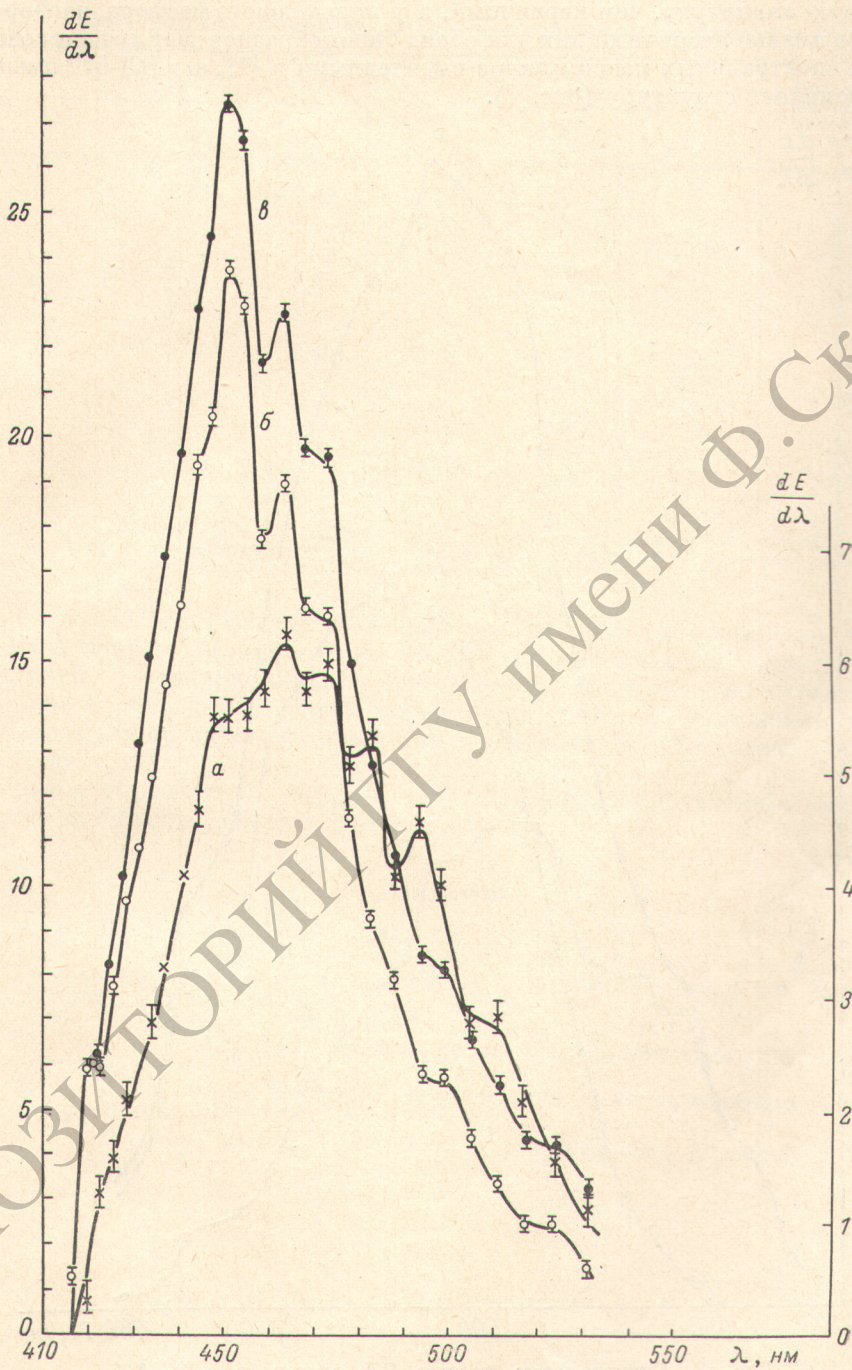


Рис. 2. Спектральные кривые ЭЛ образца I типа.

К кривой а относится правая ось ординат.

личиями в условиях возбуждения монокристаллов и люминофора, находящегося в связующей диэлектрической среде конденсатора.

Хотя в случае монокристаллов вторичный пик волн яркости ЭЛ имеет большую амплитуду, чем первичный, а у порошкового фосфора, наоборот, однако именно вторичный пик для обоих типов образцов дает лучшие совпадения спектральных максимумов с выделенными в [3], а у ЭЛ-510 именно он проявляет структуру (рис. 3).

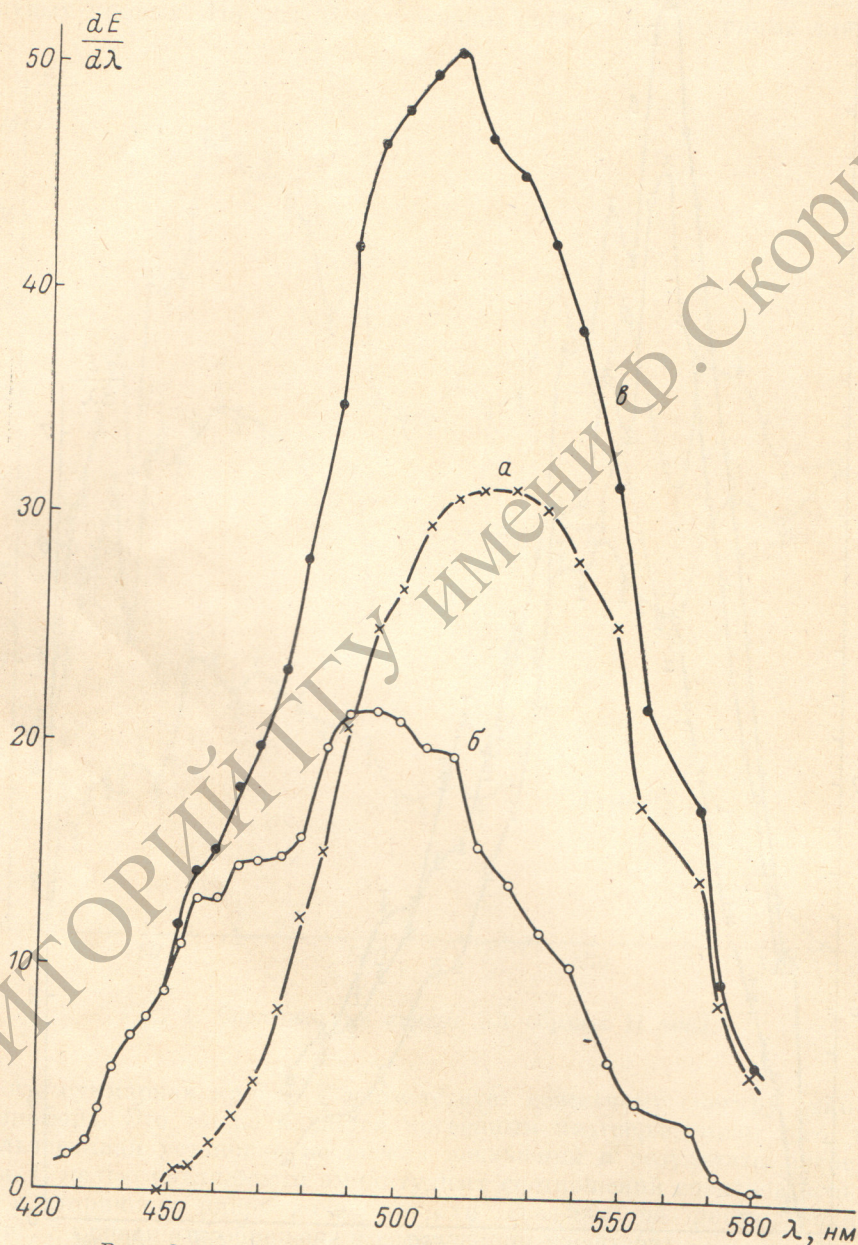


Рис. 3. Спектральные кривые ЭЛ люминофора ЭЛ-510.

Наблюдаемая хорошая сопоставимость между энергетическими положениями элементарных полос, выделенных математическим методом, и положениями спектральных максимумов, выделенных экспериментально (см. таблицу), позволяет сделать предположение о возможности разделения спектральных полос ЭЛ на элементарные составляющие экспериментальным методом. При этом вероятней всего, что во внимание должны приниматься спектральные максимумы, выделяемые и по первичному, и по

вторичному пикам волн яркости. В пользу этого говорит факт совпадения положений максимумов коэффициентов тушения ЭЛ с положениями самих максимумов в спектрах, снятых по соответствующим пикам волн яркости [4]

Энергетические положения максимумов спектральных кривых в (эВ)

I			II			Положения спектральных максимумов по [3]
а	б	в	а	б	в	
	2.95	2.95	2.87			2.90
2.77	2.74	2.74	2.77	2.81	2.81	2.82
2.67	2.67	2.67	2.70	2.74	2.77	2.74
2.62	2.62	2.62	2.62	2.67	2.67	2.65
2.57					2.62	
2.51	2.48	2.48	2.51	2.51	2.51	2.57
2.42			2.40	2.40	2.40	2.44
	2.36	2.36				2.37
			2.30	2.30	2.30	
			2.17	2.24	2.24	2.27
				2.14	2.17	2.14

Примечание. I и II — типы образцов; а, б — положения максимумов спектральных кривых соответственно первичных и вторичных пиков волн яркости; в — положения максимумов суммарных спектров, полученных сложением кривых а и б.

В данной работе также было качественно проверено влияние частоты возбуждающего электрического поля на выделяемость спектральной структуры у монокристалла II типа. Установлено, что по мере увеличения частоты происходит смещение максимумов спектров, снимаемых по амплитудам обоих пиков волн яркости и постепенное сглаживание огибающих спектра.

Автор выражает благодарность М. В. Фоку за проявленное внимание к работе, ценные советы и замечания.

Литература

- [1] М. В. Фок. Ж. прикл. спектр., 11, 926, 1969.
- [2] Е. Е. Букке, Т. И. Вознесенская, Н. П. Голубева, Н. А. Горбачева, З. Н. Галева, Е. И. Панасюк, М. В. Фок. Ж. прикл. спектр., 12, 1047, 1970.
- [3] А. М. Немченко. Ж. прикл. спектр., 19, 134, 1973.
- [4] Ю. В. Ушаков. Тр. IV Совещ. по электролюминесценции. Изд. «Наукова думка», Киев, 1972.
- [5] А. М. Бонч-Бруевич, Радиоэлектроника в экспериментальной физике. Изд. «Наука», М., 1966.

Поступило в Редакцию 2 сентября 1974 г.