

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

М. Е. МОВСЕСЯН, В. А. ГЕВОРКЯН, Д. Ж. Х. ГРИГОРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ БОРАТА СТРОНЦИЯ,  
АКТИВИРОВАННОГО САМАРИЕМ

Интерес к люминесценции веществ, активированных редкоземельными элементами, за последние годы резко усилился. Особый интерес представляют вещества, имеющие линейчатую люминесценцию при комнатной температуре. Линейчатая структура люминесценции редких земель объясняется тем, что у этих элементов переходы на электронном уровне защищены от внешних возмущений заполненной оболочкой  $5s^2 5p^6$ . Но все-таки внешние факторы сильно влияют на характер люминесценции, на интенсивность, спектральную ширину и т. д. [1—6].

В настоящей работе сообщается о синтезировании и исследованиях бората стронция, активированного самарием.

1. Экспериментальная часть

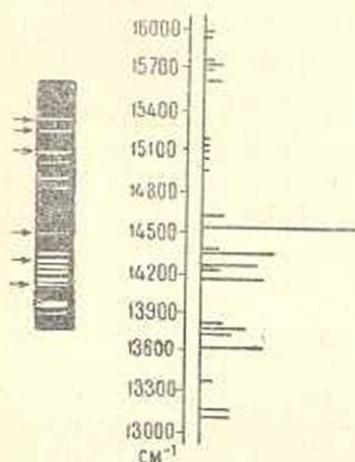
Кристаллофосфор получался спеканием смеси окиси стронция и борной кислоты с добавкой 1% *Sm*. Полученный поликристаллический фосфор имел желтовато-красную окраску. Кристалличность фосфора подтвердилась рентгеноструктурными исследованиями. Люминесценция возбуждалась кварцевортутной лампой ПРК—2 в обычном эллиптическом осветителе. Спектры исследовались на спектрографе ИСП—73. Интенсивности спектральных линий определялись методом фотографической фотометрии.

Для измерения температуры была изготовлена печь (на кварцевой трубке), которая помещалась в эллиптический осветитель. Температура образца, помещенного в эту печь, измерялась термопарой медь—константан. Длины волны люминесценции определялись на компараторе ИЗА—2 сравнением со спектром железа.

Для измерения затухания была собрана установка на базе спектрографа ИСП—51 с фотоэлектрической приставкой ФЭП—1. Исследуемый образец помещался в эллиптический осветитель, где освещался импульсной ксеноновой лампой. Кратковременные световые импульсы получались разрядкой конденсаторов емкостью в  $4 \mu F$  на импульсные лампы. Выход фотоумножителя подавался на осциллограф ИО—4, с экрана которого фотографировались импульсы. Установка давала возможность измерять длительности  $10^{-5}$  сек и больше.

## 2. Полученные результаты и их обсуждение

Спектр люминесценции кристаллофосфора приведен на фиг. 1. В табл. 1 приведены длины волн, частоты и относительные интенсивности наблюдаемых линий люминесценции в области от 6200 Å до 7700 Å°. Интенсивности измерены в относительных единицах. Для наиболее интенсивной линии, для линий 6855 Å°, принята интенсивность 250. Условно, спектральные линии мы разбили на две группы по длинам волн (см. табл. 1).



Фиг. 1. Спектр люминесценции бората стронция, активированного самарием.

На фотографии участка спектра (позитив) стрелками отмечены линии ртути. Крайние стрелки соответствуют линиям ртути  $\lambda_1 = 6123 \text{ Å}^\circ$  и  $\lambda_2 = 7681 \text{ Å}^\circ$

Таблица 1

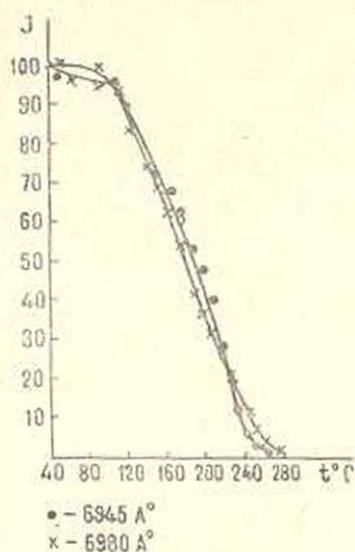
I группа			II группа		
$\lambda(\text{Å}^\circ)$	$\nu(\text{см}^{-1})$	I	$\lambda(\text{Å}^\circ)$	$\nu(\text{см}^{-1})$	I
			6813	14678	3
			6855	14587	250
6270	15948	1	6935	14421	1
6282	15918	1	6945	14399	3
6359	15726	1	6980	14326	11
6369	15701	2	6992	14302	1
6388	15654	1	7046	14193	25
6431	15550	2	7219	13851	6
6578	15202	0,5	7246	13801	13
6598	15156	0,5	7288	13721	1
6633	15076	0,5	7349	13607	22
6678	14976	0,5	7460	13405	1
			7620	13123	7
			7662	13051	7

Самая сильная наблюдаемая линия (6855 Å°) появляется уже при концентрациях  $10^{-6} \text{ г/г}$ . Ширина этой линии при комнатной температуре составляет примерно  $10 \text{ см}^{-1}$ . Интенсивности этой и других линий II группы с повышением температуры остаются постоянными до температуры 80 °C, а потом быстро падают. При температурах 280°—300° они практически отсутствуют. Для некоторых линий II группы результаты приведены на фиг. 2.

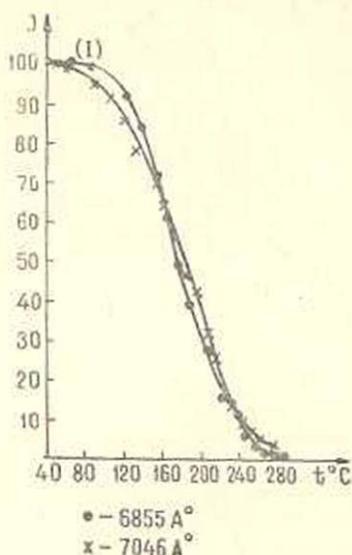
Интенсивности линий I группы при комнатной температуре очень малы. С повышением температуры до 150 °C интенсивности этих линий возрастают, а при дальнейшем повышении температуры падают. На фиг. 3 приведены зависимости интенсивности люминесценции от температуры для четырех линий I группы.

Нами исследовано поведение затухания линии люминесценции от температуры. Измерения показали, что при комнатной температуре длительность свечения линий 6855 Å° составляет  $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ сек}$ . На фиг. 4 приведены результаты измерений относительной длительности люминесценции линий 6855 Å° при разных температурах.

Интересно отметить, что ход кривой зависимости относительной длительности от температуры совпадает с кривой зависимости интенсивности люминесценции от температуры (фиг. 2).

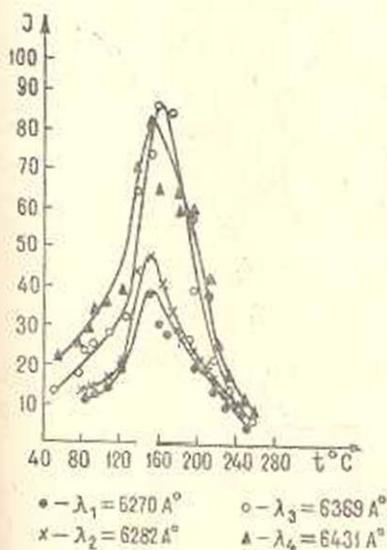


Фиг. 2а.

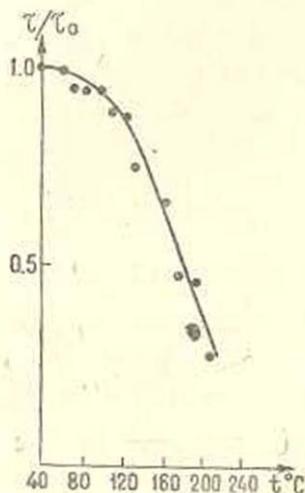


Фиг. 2б.

Зависимость относительной интенсивности люминесценции некоторых линий II группы от температуры.



Фиг. 3. Зависимость относительной интенсивности люминесценции некоторых линий I группы от температуры.



Фиг. 4. Зависимость относительной длительности люминесценции от температуры для линии  $\lambda = 6855 \text{ \AA}$ .

Поглощение синтезированного кристаллофосфора в видимой области измерялось следующим образом: пластинка кристаллофосфора толщиной в 1 мм освещалась отдельными участками видимого спек-

тра. Прошедший рассеянный свет изучался спектрографом. Спектры показали, что поглощение кристаллофосфора линейчатое и самые сильные линии поглощения расположены на длинах волн  $\lambda = 4735 \text{ \AA}$  и  $4765 \text{ \AA}$ . В табл. 2 приведены линии поглощения.

Таблица 2

$\lambda (\text{ \AA})$	$\lambda (\text{ \AA})$	$\lambda (\text{ \AA})$
5430	4735	4430
5370	4665	4410
5332	4643	4383
5150	4584	4376
4920	4551	4360
4865	4532	4340
4810	4487	4325
4765	4460	4305

При возбуждении в этих линиях наблюдались все линии люминесценции II группы. Линии люминесценции I группы не наблюдались, возможно из-за малой интенсивности. Согласно литературным данным [1, 3] зависимость интенсивности люминесценции кристаллофосфоров от температуры в большинстве случаев подчиняется следующему закону

$$J_l = \frac{J_0}{1 + Ae^{-\frac{E_1 - E_2}{KT}}}, \quad (1)$$

где  $E_1$  и  $E_2$  — величины энергий, вызывающих соответственно безизлучательный и излучательный переходы в нормальное состояние.

Полученная нами кривая на фиг. 2 хорошо аппроксимируется функцией такого типа. Если принять  $E_2 = 0$ , то из экспериментальных данных возможно определить  $A$  и  $E_1$ . Наши вычисления дают для  $A = 10^{10}$  и для  $E_1 = 1 \text{ eV}$ . Сплошная кривая (1) на фиг. 2б представляет функцию (1) с этими параметрами. Для линий I группы механизм люминесценции другой. Такую зависимость (фиг. 3) тоже можно представить функцией типа (1), когда  $E_2 \neq 0$ . Сравнение полученных линий поглощения и люминесценции с известными уровнями трехкратно ионизированного самария дает возможность предположить, что линии люминесценции обусловлены переходами с верхнего возбужденного электронного уровня на разные уровни основного состояния. Переходы, по-видимому, заканчиваются на достаточно высоких уровнях нижнего состояния, так как в спектрах поглощения длины волн, совпадающих с линиями люминесценции, отсутствуют.

Одинаковая зависимость  $\tau$  и  $\frac{J_l}{J_0}$  от температуры для линии  $6855 \text{ \AA}$  показывает, что  $\tau$  тоже можно представить функцией (1) с теми же параметрами. Это подтверждает, что тушение люминесценции кристаллофосфора подчиняется закону Вавилова [7].

Մ. Ե. ՄՈՎՍԻՅԱՆ, Վ. Ա. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Զ. Խ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ՍՏՐՈՆԻՆԻՄՈՎ ԱԿՏԻՎԱՅԱՆ ՍՏՐՈՆԻՆԻՄ ԲՈՐԱՏԻ  
ՅՈՏՈՒՅՈՒՄԻՆԵՍԵՆՑԻԱՅԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

## Ա մ փ ո փ ու ռ

Սինթեզված և ռատմաստրված է Տո-ով տկտիվացված ստրոնցիում բորատի ֆոտոլյումինացիան: Չափվել է լյումինացիայի դժերի ալիքի երկարությունը և հարաբերական ինտենսիվությունը: Ուսումնասիրվել է լյումինացիայի ինտենսիվության և տևողության կախումը ջերմաստիճանից՝ 20°C—280°C տիրույթում:

Պարզվել է, որ՝

1. 6813—7662 Å° դժերի լյումինացիայի ինտենսիվությունը մինչև 80°C հաստատուն է: Մնում, իսկ ջերմաստիճանի հետագա բարձրացմամբ՝ նվազում է:

2. 6270—6678 Å° դժերի լյումինացիայի ինտենսիվությունը մինչև 150°C աճում է, ապա նվազում:

Նկատվել է, որ 6813 Å°—7662 Å° լյումինացիայի դժերի ինտենսիվությունը և տևողությունը, ջերմաստիճանից կախված, փոխվում են միմյանից օրենքով:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Лешин В. Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. Гостехиздат, М.—Л., 1951.
2. Ельшвиц М. А. Спектры редких земель. Гостехиздат, М., 1953.
3. Принсгейм П. Флуоресценция и фосфоресценция. ИЛ, М., 1951.
4. Карапетян Г. О. Люминесценция стекол с редкоземельными активаторами. Известия АН СССР, серия, физ., 25, № 6, 1963.
5. Ларинов Я. И. О спектрах люминесценции редкоземельных ионов. Известия АН СССР, сер. физ., 5, 1941, 107.
6. Tomaschek R., Deutschbein O. Поведение самария в оксидах второй группы. Ann. D. Phys., 16, 1933, 930. Nature, 131, 1933, 473.
7. Василос С. И., Севченко А. Н. Загущание люминесценции растворов редких земель. ДАН СССР, 27, 1940, 541.