

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 535.33 : 666.22

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВОЗБУЖДАЮЩЕЙ РАДИАЦИИ
НА ХАРАКТЕР ИЗЛУЧЕНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ СТЕКОЛ

Т. Б. Гавриленко и Г. О. Карапетян

Ранее достаточно детально была изучена люминесценция стекол, активированных церием и тербием при фото- [1-4], катодном [5, 6, 9] и γ -возбуждении [7]. Сопоставление с данными ЭПР показывает, что при возбуждении ионизирующей радиацией оказываются эффективными только те активаторы, которые образуют дырочные центры захвата [8]. Люминесценция при этом носит рекомбинационный характер. Совпадение спектров излучения стекол при термовысвечивании и в момент возбуждения подтверждают такую точку зрения. Целью настоящей работы является попытка объяснить наблюдаемые различия в характере излучения стекол, активированных церием и тербием, при фото- и катодном возбуждении [6, 9].

Люминесценция церия связана с разрешенными $d-f$ -переходами (${}^2D \rightarrow {}^2F_{5/2}, {}^2F_{7/2}$), а у тербия — с запрещенными $f-f$ -переходами с двух уровней возбужденного состояния 5D_3 и 5D_4 на подуровни основного состояния 7F . Основные различия фото- и катодолюминесценции активированных стекол могут быть сведены к следующим.

1. Полуширина полосы люминесценции образцов при катодном возбуждении всегда существенно превышает полуширину полосы излучения тех же образцов при фотовозбуждении.

2. Максимум полосы люминесценции церия при фотовозбуждении смещен в длинноволновую область относительно спектра при катодном возбуждении для стекол с одинаковой концентрацией церия; в стеклах с тербием такого смещения не наблюдается.

3. В спектрах люминесценции силикатных стекол с тербием при переходе от фотовозбуждения к катодному происходит не только перераспределение интенсивности между группами полос излучения с уровней 5D_3 и 5D_4 , но и меняется относительная интенсивность полос внутри группы, соответствующей переходам с одного и того же уровня 5D_4 .

4. В концентрационном ряду для стекол с церием при катодолюминесценции помимо сужения полуширины полосы излучения с ростом концентрации имеет место резкое смещение максимума спектра излучения в коротковолновую область при повышении концентрации до 0.3%, а затем, при дальнейшем увеличении концентрации постепенное длинноволновое смещение максимума спектра излучения; в то же время при фотолюминесценции положение максимума не меняется, хотя некоторое сужение полосы и имеет место. Для стекол с тербием наблюдается незначительное сужение полосы с повышением концентрации без изменения положения максимумов, а также снижение относительной интенсивности коротковолновой группы полос и ее полное исчезновение при концентрации > 3 вес.% тербия.

Исследования спектров фотолюминесценции стекол с церием при повышении температуры [9] показали, что положение максимума при этом не меняется, а полуширина спектра незначительно увеличивается. Это означает, что разогревание образцов при катодолюминесценции мало влияет на спектральный состав излучения. Поэтому для объяснения наблюдаемых различий фото- и катодолюминесценции исследованных стекол было сделано предположение о том, что поскольку большая часть энергии торможения электронов поглощается матрицей стекла, при катодном возбуждении в рабочем слое образца значительно возрастает плотность фононного поля. В случае церия, возбужденное состояние которого относится к $5d$ -оболочке, весьма чувствительной к окружающим полям, сдвиг максимума спектра излучения в коротковолновую область спектра и расширение полосы излучения (для одинаковых концентраций церия) при катодном возбуждении могут быть связаны с электронно-колебательной природой переходов в самом центре свечения. Увеличение плотности фононного поля приводит к заселению высоких колебательных подуровней в возбужденном ионе церия после рекомбинации. Следствием этого является смещение максимума полосы катодолюминесценции в коротковолновую область спектра и уширение полосы. Для концентраций $< 0.1\%$ активатора в стекле вероятность поглощения фонона на ионе церия очень мала, поскольку ионы активатора расположены редко, а стеклообразная структура сильно рассеивает фононы. Коротковолновое смещение

максимума полосы излучения при повышении концентрации означает значительное возрастание взаимодействия ионов активатора с фононным полем. С дальнейшим повышением концентрации церия в стекле (в условиях вероятного образования ассоциаций) растет возможность того, что дырка, захваченная одним из активаторных ионов, в присутствии фононного поля высокой плотности перемещается на энергетически более выгодные уровни соседних ионов церия, а также возрастает вероятность миграции возбужденного состояния по ионам активатора. Следствием этого является высвечивание на ограниченном числе центров, т. е. должно иметь место сужение неоднородно уширенной полосы излучения и длинноволновое смещение ее максимума с ростом концентрации, что и наблюдается в эксперименте. Отсутствие такого рода изменений в спектре стекол, содержащих ионы тербия, по-видимому, связано с тем, что здесь переходы совершаются в пределах хорошо экранированной 4f-оболочки.

Исследования температурной зависимости фотолюминесценции силикатных стекол с содержанием окиси тербия $\leq 3\%$ показали, что при температуре 120°C наблюдается почти полное тушение коротковолновой группы полос спектра излучения без изменения длинноволновой группы. По всей вероятности, повышение температуры рабочего слоя при катодолюминесценции приводит к безызлучательному размену энергии между уровнями возбужденного состояния 5D_3 и 5D_4 и соответственно уменьшению интенсивности коротковолновой группы полос катодолюминесценции по сравнению с фотолюминесценцией тех же образцов. Таким образом, совпадение интенсивностей коротковолновой группы полос катодо- и фотолюминесценции стекол, содержащих $\leq 3\%$ окиси тербия, может дать сведения о температуре разогрева рабочего слоя образца при катодолюминесценции. Измерение температуры рабочего слоя при катодном возбуждении может быть определено, как показано в работе [10], и на основании кинетических измерений. В частности, в нашем случае в рабочем режиме катодного возбуждения при $v=20$ кв и $j=5 \cdot 10^{-7}$ а/см² рабочий слой имел температуру около 80°C .

Литература

- [1] Г. О. Карапетян, С. Г. Лунтер. Ж. прикл. спектр., 5, 3, 1966.
- [2] Г. О. Карапетян. Изв. АН СССР, сер. физ., 23, 11, 1959.
- [3] С. М. Бреховских, Н. Ф. Шаповалова. Изв. АН СССР, сер. физ., 25, 4, 1961.
- [4] F. S. Strud. J. Chem. Phys., 35, 3, 1961.
- [5] Т. Б. Гавриленко, В. Н. Качибая, А. З. Микадзе. Сообщения АН СССР, 48, 1, 1967.
- [6] Т. Б. Гавриленко, Г. О. Карапетян. Ж. прикл. спектр., 13, 1, 1970.
- [7] Ш. Вахидов, Б. Санаев, Г. О. Карапетян. Докл. на V Всесоюз. совещ. по стеклообразному состоянию, 1969.
- [8] Д. Г. Галимов, С. П. Лунькин, Д. М. Юдин. Ж. прикл. спектр., 11, 1969.
- [9] Т. Б. Гавриленко, Г. О. Карапетян. Ж. прикл. спектр., 13, 2, 1970.
- [10] В. А. Архангельская, Н. А. Толстой. Опт. и спектр., 5, 415, 1958.

Поступило в Редакцию 18 марта 1971 г.

УДК 535.8

К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ОДНОРОДНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА

А. П. Соболев

При наличии локального термодинамического равновесия плотность потока излучения с поверхности однородного цилиндрического источника

$$S = \int_0^\infty S_{\nu,p} d\nu = \int_0^\infty S_{\nu,p} \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/4} \int_0^{\pi/4} \left[1 - \exp\left(-\frac{k_\nu D_0}{\sin \theta} x\right) \right] \sin^2 \theta d\theta \frac{xdx}{\sqrt{1-x^2}} d\nu, \quad (1)$$

где $S_{\nu,p}$ — спектральная плотность потока излучения черного тела, k_ν — спектральный коэффициент поглощения, D_0 — диаметр цилиндра. Для вычисления S разложим подынтегральную функцию в ряд. Вводя функцию

$$\varphi(\xi) = \int_0^{\pi/2} \exp\left(-\frac{\xi}{\sin \theta}\right) \sin^2 \theta d\theta, \quad \xi = k_\nu D_0 x \quad (2)$$