

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 535.373.132

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА СУЛЬФИДА СТРОНЦИЯ,  
АКТИВИРОВАННОГО САМАРИЕМ

М.-Л. Ю. Аллсалу, О. В. Кондаков, В. В. Михайлин, В. В. Нелипа, Э. Ю. Педак

*(кафедра теоретической физики)*

В спектрах люминесценции сульфидов, активированных самарием, обычно проявляется свечение, обусловленное трехзарядными ионами самария. Это вызвано тем, что ионы  $\text{Sm}^{3+}$  легко могут быть введены в решетку, когда как активация ионами  $\text{Sm}^{2+}$  происходит не полностью даже при восстановительных условиях синтеза [1]. В работе [2] свечение двухвалентного иона самария в  $\text{SrS}$  не обнаружено. Для  $\text{CaS}-\text{Sm}$  оно наблюдалось лишь при температуре жидкого азота [3]. В полученных нами спектрах люминесценции  $\text{SrS}-\text{Sm}$  линейчатое свечение также обусловлено ионами  $\text{Sm}^{3+}$ . Помимо него в спектрах люминесценции  $\text{SrS}-\text{Sm}$  наблюдаются широкие полосы свечения.

Нами исследовалась зависимость люминесценции и спектров возбуждения люминесценции  $\text{SrS}-\text{Sm}$  от концентрации активатора, атмосферы синтеза, температуры и времени прокалики, а также от наличия и количества плавня. Фазовая чистота фосфоров 98—99%.

Свечение ионов  $\text{Sm}^{3+}$  обусловлено переходами в  $f$ -конфигурации. Схема энергетических уровней свободных ионов  $\text{Sm}^{3+}$  дана в работе [3]. Аналогичная схема, рассчитанная для ионов  $\text{Sm}^{3+}$  в растворе, дает хорошее совпадение с экспериментом [4]. Однако Рабинер [5] за возбужденные уровни принимает уровни  ${}^4F_{5/2}$  и предположительно  ${}^4F_{7/2}$  и  ${}^4F_{9/2}$ . При интерпретации структуры спектра свечения  $\text{SrS}-\text{Sm}$ , обусловленного ионами  $\text{Sm}^{3+}$ , будем придерживаться схемы, предложенной в работе [3].

Свечение иона  $\text{Sm}^{3+}$  в  $\text{SrS}$  состоит из трех групп интенсивных линий в области 1,8—2,2 эВ и малоинтенсивной группы линий в области 1,7 эВ (рис. 1). Линии свечения в области 2,15—2,25 эВ приписаны нами переходам  ${}^4G_{5/2} \rightarrow {}^6H_{5/2}$ ,  ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^6H_{7/2}$ ,  ${}^4G_{7/2} \rightarrow {}^6H_{9/2}$ , линии в области 2,02—2,12 эВ — переходам между уровнями энергий  ${}^4G_{5/2} \rightarrow {}^6H_{7/2}$ ,  ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^6H_{9/2}$ ,  ${}^4G_{7/2} \rightarrow {}^6H_{11/2}$ , линии в области 1,85—1,95 эВ — переходам  ${}^4G_{5/2} \rightarrow {}^6H_{9/2}$ ,  ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^6H_{11/2}$ ,  ${}^4G_{7/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ , а линии в области 1,7 эВ — переходам  ${}^4G_{5/2} \rightarrow {}^6H_{11/2}$ ,  ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$  в ионе  $\text{Sm}^{3+}$ . Число наблюдаемых штарковских компонент хорошо объясняется, если предположить, что переходы происходят с нерасщепленных возбужденных уровней на расщепленные уровни основного  ${}^6H$  термина иона  $\text{Sm}^{3+}$ , а локальная симметрия иона  $\text{Sm}^{3+}$  в  $\text{SrS}$  является кубической. Это предположение согласуется с экспериментально полученным числом штарковских компонент.

При возбуждении фотонами разных энергий от 3,6 до 4,8 эВ структура линий сохраняется. Понижение температуры образцов от комнатной до температуры жидкого азота ведет к заметному перераспределению интенсивностей линий, что связано с уменьшением числа частиц на высоких колебательных уровнях, а также с уменьшением возмущающего действия окружающей ионы решетки.

Исследования кинетики затухания свечения  $\text{SrS}-\text{Sm}$  при комнат-

ной температуре показали, что закон затухания один и тот же для свечения в областях  $\sim 2,05$  и  $\sim 2,13$  эВ с временами жизни  $\tau_1 \cong 11$  нс и  $\tau_2 \cong 45$  нс. Такое время жизни характерно для разрешенных переходов в дискретных центрах, т. е. воздействие кристаллического поля снимает запрет для соответствующих переходов внутри  $f$ -конфигурации иона  $\text{Sm}^{3+}$ .

В спектре диффузного отражения  $\text{SrS—Sm}$  наблюдаются очень слабые линии в области от 2,5 до 3,24 эВ, которые можно связать с переходами на вышележащие возбужденные уровни.

Спектры возбуждения линий свечения  $\text{SrS—Sm}$  состоят из широких полос в области от 3 до 5 эВ (максимумы при 3,8; 4,2 и 4,5 эВ),

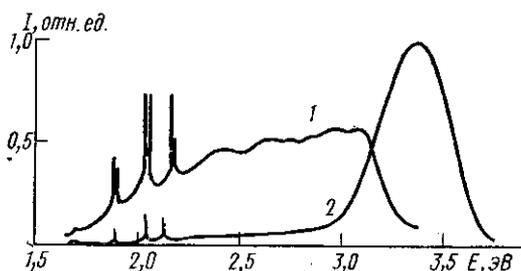


Рис. 1. Спектры люминесценции  $\text{SrS—Sm}$  (0,1 мол. %) при 80 К и  $E_{\text{возб}} = 3,8$  (1) и 4,6 (2) эВ

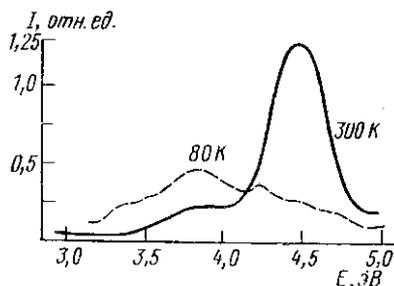


Рис. 2. Спектры возбуждения полосы свечения 2,05 эВ  $\text{SrS—Sm}$  (0,1 мол. %)

интенсивность которых перераспределяется в зависимости от температуры образца и наличия плавня  $\text{NaCl}$  (рис. 2).

Возбуждение линий свечения происходит при рекомбинации электронно-дырочных пар на ионе самария. Рекомбинационный процесс возбуждения линий свечения подтверждается наличием медленной компоненты, кроме быстрых компонент разгорания и затухания.

Вид спектров возбуждения свечения  $\text{SrS—Sm}$  сильно зависит от концентрации активатора и от наличия и количества плавня  $\text{NaCl}$ . Это связано частично с тем, что свечение, обусловленное ионами  $\text{Sm}^{3+}$ , проявляется на фоне сплошного свечения, свойственного собственному свечению  $\text{SrS}$ .

Для кристаллофосфоров  $\text{SrS—Sm}$  наблюдаются широкие полосы свечения в области от 2 до 3,6 эВ (см. рис. 1). Для образцов, синтезированных в парах серы, наблюдаются полосы свечения лишь при температуре жидкого азота — свечение в области 2,0—3,2 эВ, которое ослабевает при росте концентрации активатора и при использовании в синтезе плавня  $\text{NaCl}$ . Аналогичное свечение наблюдалось и для чистого  $\text{SrS}$  в работе [6]. Природа его до конца не выяснена. При наличии плавня при  $E_{\text{возб}} = 3,8$  эВ из свечения в области 2,0—3,2 эВ проявляется лишь полоса с максимумом около 2,45 эВ. Спектр возбуждения полосы свечения 2,45 эВ состоит из интенсивной полосы с максимумом 4,0 эВ и слабой полосы 3,4 эВ. Полосу свечения 2,45 эВ можно, вероятно, связать со свечением  $V''_{\text{Sr}}\text{Cl}_5$ . Введение  $\text{NaCl}$  несколько снижает интенсивность этого свечения, а свечение ионов  $\text{Sm}^{3+}$  увеличивает. Кроме свечения 2,45 эВ при температуре жидкого азота в полосе 4,6 эВ возбуждается свечение 3,35 эВ, которое тушится при введении  $\text{NaCl}$ . Синтез при ограниченном доступе воздуха ведет к усилению этой полосы

и в таком случае она проявляется и в образцах, синтезированных с плавнем.

Спектр возбуждения ультрафиолетового свечения состоит из полос около 4,6 эВ, что соответствует области межзонных переходов. Природа этого свечения, изучавшегося и в [6], точно не установлена. По аналогии с «глубым свечением» BaS [7], ее можно связать со свечением катионной вакансии  $V''_{Sr}$ , захватившей экситон.

В спектрах люминесценции SrS—Sm проявляются также полосы 3,1 и 2,55—2,7 эВ. Свечение 2,55 эВ усиливается в фосфорах, синтезированных при ограниченном доступе воздуха, и тушится при введении NaCl. Эти полосы мы связываем с кислородными центрами, возможно, это  $SO_4^{2-}$ .

Синтез при ограниченном доступе воздуха сильно уменьшает интенсивность линий свечения ионов  $Sm^{3+}$ , что связано с тушащим действием кислорода.

Таким образом, нами было подробно исследовано свечение SrS—Sm, связанное как с  $f-f$ -переходами в ионах  $Sm^{3+}$ , так и с центрами свечения SrS.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Kaiser W., Garrett C. G. B., Wood D. L. Phys. Rev., 1961, 123, p. 766.  
[2] Keller S. P. J. Chem. Phys., 1958, 29, p. 180. [3] Lehmann W. J. Lum., 1972, 5, p. 87. [4] Carnall W. F., Fields P. R., Kajnak K. J. Chem. Phys., 1968, 49, p. 4412. [5] Гурвич А. М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров. М.: Высшая школа, 1982. [6] Терешенко И. В. Канд. дис. М. (МГУ), 1983. [7] Ефанова Е. П. Канд. дис. М. (МГУ), 1980.

Поступила в редакцию  
21.03.84

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1984, т. 25, № 5

УДК 517.43

### О ТОЧНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА В ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ РАССЕЯНИЯ ( $l=0$ )

Г. А. Иванов, А. М. Попова

(НИИЯФ)

Задача о восстановлении потенциала с использованием точно решаемых квантовых моделей [1] потенциалов баргмановского типа находит сейчас новые интересные физические приложения, например при определении параметров потенциалов, зависящих линейно от энергии [2], при интерпретации дибарионных резонансов ( ${}^1D_2$  и  ${}^3F_3$ ) [3] в рамках потенциальной модели. Однако из-за неустойчивости этой задачи по отношению к исходным данным возникает вопрос о достоверности найденных потенциалов. Ошибка, с которой восстанавливается потенциал, вызывается двумя причинами: неточностью в определении фаз до энергии  $N^2$ , а также отсутствием информации о данных рассеяния выше  $N^2$ . Рассмотрим вторую из указанных причин, поскольку она является основной. Заметим, что если бы фазы рассеяния для потенциала с  $S$ -матрицей, аналитичной в полосе  $\text{Re } k \in (-\infty, \infty)$ ;  $\text{Im } k \in [-ia, ia]$ ; ( $a > 0$ ), были бы измерены с абсолютной точностью, то при определении ошибки для восстановленного потенциала вторая причина не играла бы роли. Это справедливо в силу теоремы о единственности продолжения аналитической функции.