

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЭКСИТОНА В КРИСТАЛЛАХ Cu_2O

Е.Ф.Гросс, Ф.И.Крейнгольд

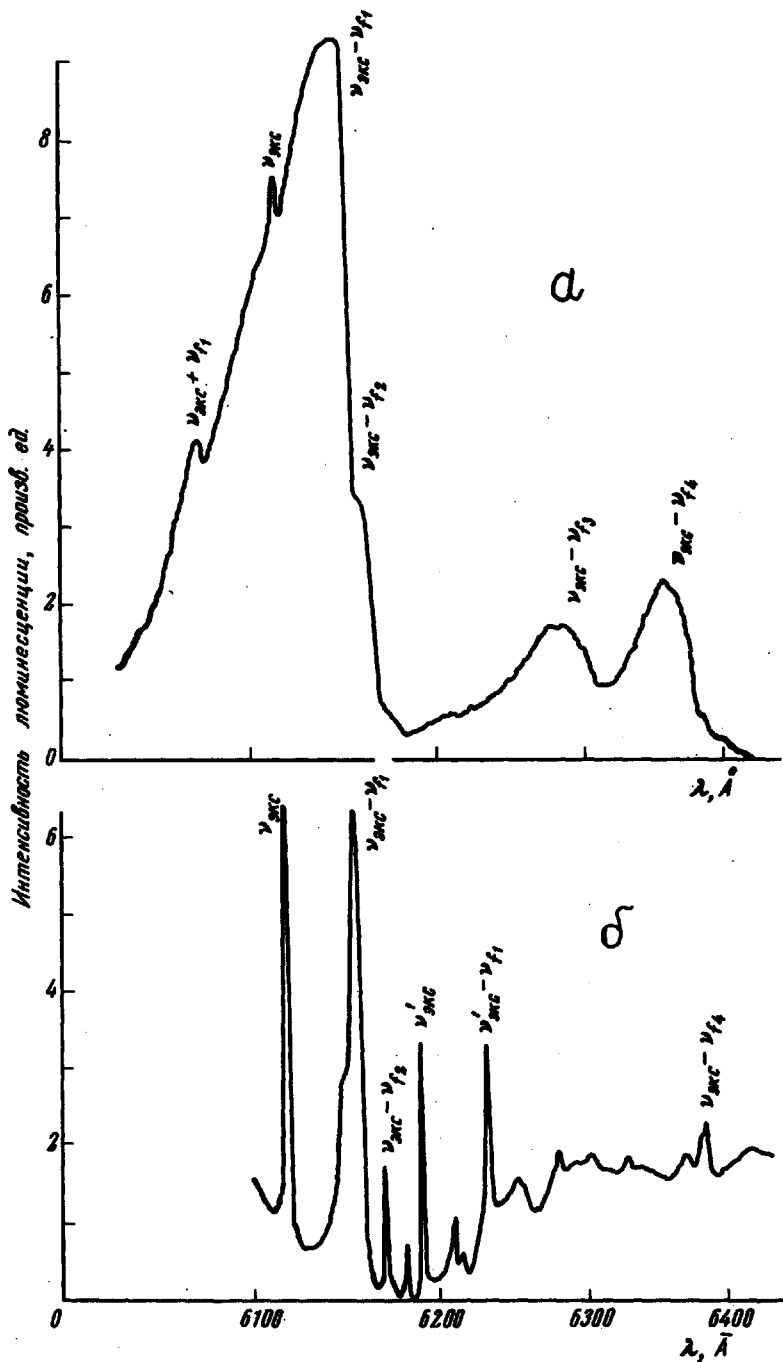
Исследование спектров краевой люминесценции кристаллов позволяет получать обширную информацию о структуре зон, фоновом спектре и природе дефектов. Поэтому исследование люминесценции такого хорошо изученного кристалла, как закись меди, представляет большой интерес. Зонная схема кристалла Cu_2O и его экситонная структура была выяснена рядом авторов различными методами и с большой полнотой (см., например, [1]). Однако несмотря на многочисленные попытки, люминесценцию экситона в Cu_2O никогда не удавалось обнаружить, хотя известная ИК люминесценция этого кристалла [2] хорошо наблюдалась. Это было совершенно непонятно, так как в других кристаллах (Si , CdS , ZnS , CuCl , GaP и др.) люминесценция экситона легко наблюдается.

Нам, наконец, удалось обнаружить люминесценцию экситона в Cu_2O на кристаллах, выращенных методом (из раствора), примененным одним из нас (Ф.К.) при исследовании кристаллов Ag_2O [3].

Люминесценция Cu_2O изучалась при $T = 77$ и $4,2^\circ\text{K}$. В спектре люминесценции при $T = 77^\circ\text{K}$ наблюдается узкая резонансная линия, обусловленная аннигиляцией первого члена "желтой" серии экситона Cu_2O . Кроме того, спектр содержит ряд полос, наиболее интенсивная из которых имеет $\lambda = 6169 \text{ \AA}$. Микрофотограмма спектра люминесценции, полученного при $T = 77^\circ\text{K}$, приведена на рисунке *а*. Происхождение наблюдающихся нами полос люминесценции можно объяснить, если учесть взаимодействие экситона ($n = 1$) с фононами. В частности, полоса $\lambda = 6169 \text{ \AA}$ возникает в результате излучательной рекомбинации экситона ($n = 1$) с одновременным рождением фонона $\nu_{f_1} \approx 107 \text{ см}^{-1}$. Данное значение хорошо совпадает с частотой фонона 105 см^{-1} , полученной при исследовании непрямых экситонных переходов в поглощении [4]. Длины волн полос люминесценции Cu_2O при $T = 77^\circ\text{K}$ и их идентификация даются в таблице. В четвертом и пятом столбцах таблицы сопоставлены значения частот фононов, полученных из спектров люминесценции и спектров инфракрасного поглощения.

В спектре люминесценции Cu_2O при $T = 4,2^\circ\text{K}$, также как и при $T = 77^\circ\text{K}$, мы наблюдали резонансное излучение первого члена "желтой" серии экситона и ряд полос, обусловленных одновременным излучением экситона и фонона. Микрофотограмма спектра люминесценции, полученного при $T = 4,2^\circ\text{K}$, приведена на рисунке *б*. Линия резонансного излучения экситона при охлаждении до $4,2^\circ\text{K}$ смещается от $\lambda = 6127 \text{ \AA}$ ($T = 77^\circ\text{K}$) до $\lambda = 6099 \text{ \AA}$. Полосы излучения экситона ($n = 1$) с одновременным рождением фононов ν_{f_1} , ν_{f_2} и ν_{f_4} имеют соответственно $\lambda = 6141$, 6156 и 6355 \AA .

Кроме фоновых повторений экситона ($n = 1$), в спектре люминесценции Cu_2O при $T = 4,2^\circ\text{K}$ наблюдаются еще ряд узких линий и полос. Две наиболее интенсивные узкие линии люминесценции отвечают $\lambda = 6175 \text{ \AA}$ и $\lambda = 6216 \text{ \AA}$. Обращает на себя внимание то, что расстоя-



Микрофотограмма спектра люминесценции кристаллов Cu_2O : а – при $T = 77^\circ\text{K}$, б – при $T = 4,2^\circ\text{K}$

ние между этими линиями равно 108 см^{-1} , т.е. совпадает с величиной фонона, наиболее сильно взаимодействующего с экситоном. Эти линии одновременно пропадают при незначительном (\sim на 10°) нагревании кристалла выше $4,2^\circ\text{K}$. Узость линий и их температурная зависимость

позволяют думать, что одна из них вызвана излучением связанного экситона ($\lambda = 6175 \text{ \AA}$), а другая ($\lambda = 6216 \text{ \AA}$) является ее фоннным повторением.

Положение линий люминесценции в Cu_2O при $T = 77^\circ\text{K}$, значения фононов $\nu_{\text{ЭКС}} - \nu$ и их сравнение с данными ИК поглощения [5,6]

$\lambda, \text{ \AA}$	$\nu, \text{ см}^{-1}$	$\nu_{\text{ЭКС}} - \nu$	ν_f [5,6]	расшифровка
6087	16428	109	110	$\nu_{\text{ЭКС}} + \nu_{f_1}$
6127	16319	107	110	$\nu_{\text{ЭКС}}$
6169	16212	151	147	$\nu_{\text{ЭКС}} - \nu_{f_1}$
6185	16168	491	485	$\nu_{\text{ЭКС}} - \nu_{f_2}$
6318	15828			$\nu_{\text{ЭКС}} - \nu_{f_3}$
6384	15664	635	660	$\nu_{\text{ЭКС}} - \nu_{f_4}$

Для идентификация остальных полос люминесценции, наблюдаемых при $T = 4,2^\circ\text{K}$, необходимы дополнительные исследования.

Следует отметить, что мы пока не обнаружили линий, соответствующих излучению экситона "зеленой" серии и более высоких членов "желтой" серии.

Исследование люминесценции кристаллов Ag_2O при $T = 77^\circ\text{K}$ показало, что в этих кристаллах, также как и в Cu_2O , наблюдается люминесценция экситона и его фоннные повторения.

Ленинградский
государственный университет
им. А.А.Жданова

Поступило в редакцию
9 февраля 1968 г.

Литература

- [1] Е.Ф.Гросс. УФН, 63, 575, 1957; 76, 433, 1962.
- [2] M.Seibt. Verh. Deutsch. Phys. Ges., |3|, 20, 99, 1939.
- [3] Ф.И.Крейнгольд. Физ.тех.полупр., 2, 271, 1968.
- [4] К.Ф.Гросс, А.А.Каплянский, В.Т.Агемян. ФТТ, 4, 1009, 1962.
- [5] И.Пастерняк. ЖОС, 6, 107, 1959.
- [6] C. Bouster, I. Claudel. X.Gerbaux, A.Hadni. Ann. de Phys., 8, 299, 1963.