

- [4] В. Г. Фастовский. Инертные газы. Изд. «Наука», М., 1964.  
 [5] В. И. Виноградов, А. В. Велецкий. Опт. и спектр., 30, 868, 1971.  
 [6] M. Tsukakoshi, K. Shimoda. J. Phys. Soc. Japan, 26, № 3, 1969.

Поступило в Редакцию 2 октября 1970 г.

УДК 539.121.64+535.338.32

## РЕНТГЕНОВСКИЕ $L_{23}$ -СПЕКТРЫ КВАНТОВОГО ВЫХОДА ФОТОЭМИССИИ СЕРЫ В СУЛЬФИДАХ И СУЛЬФАТАХ

А. В. Иванов, Л. Д. Тимакова и В. Н. Куприянов

На рентгеновском спектрометре [1] с использованием тормозного рентгеновского излучения вольфрамового анода ( $U=3$  кв,  $i=150\div 200$  ма) получены спектры квантового выхода фотоэмиссии для сульфидов и сульфатов цинка, кадмия и ртути в районе  $L_{23}$ -края поглощения серы.

Регистрация спектров велась в режиме автоматической записи. Методика приготовления образцов и экспериментальные условия аналогичны описанным в [2]. Энергетическое разрешение в области спектра около 170 эв составляло 0.35 эв. Реперной линией в исследуемой области спектра служила  $M_2$ -линия испускания циркония ( $\lambda=81.75\pm 0.02$  Å) [3].

Полученные спектры исправлялись на эффективность прибора, определенную по эталонному фотокатоду. Кривые спектрального хода импульсного квантового выхода фотоэмиссии исследованных веществ (отношение числа актов эмиссии к числу упавших квантов) приведены на рисунке, а положения особенностей указаны в таблице.

Таблица энергетических положений особенностей спектра квантового выхода фотоэмиссии и абсолютные значения квантового выхода при энергии квантов 170 эв

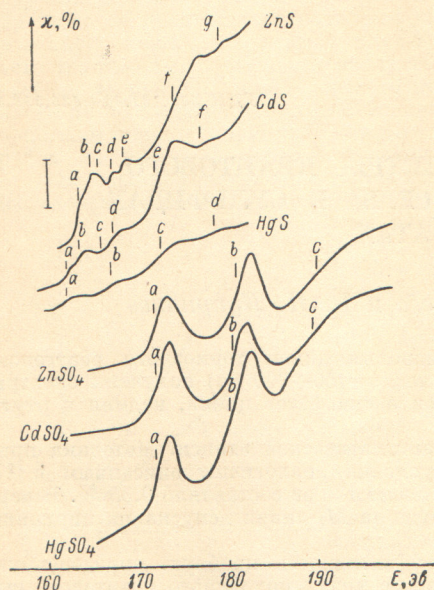
Вещество	Обозначение особенностей							10x, %
	a	b	c	d	t	e	d	
ZnS	163.0	164.3	165.2	166.6	167.8	173.45	178.5	9 ± 1
CdS	161.9	163.2	165.6	166.8	171.9	176.5	—	3.6 ± 0.4
HgS	161.8	166.7	171.7	179.4	—	—	—	2.2 ± 0.2
ZnSO <sub>4</sub>	171.4	180.6	189.4	—	—	—	—	1.8 ± 0.2
CdSO <sub>4</sub>	171.7	180.3	189.2	—	—	—	—	1.2 ± 0.2
HgSO <sub>4</sub>	172.0	180.0	—	—	—	—	—	0.32 ± 0.05

Следует отметить сходство спектров в гомологических рядах соединений серы с цинком, кадмием и ртутью и резкое отличие спектров серы в сульфиде и сульфате для каждого из металлов. Аналогичная картина уже отмечалась ранее [4, 5] для спектров испускания серы в сульфидах и сульфатах. Сравнение полученных нами  $L_{23}$ -спектров квантового выхода фотоэмиссии серы в ZnS и CdS с  $L_{23}$ -спектрами поглощения серы в ZnS и CdS [6, 7] показывает их удовлетворительное согласие между собой.

Существенное различие полученных нами спектров квантового выхода в сульфидах и в сульфатах (форма спектральных кривых и абсолютная величина квантового выхода) не позволяет отождествить краеобразную деталь в спектрах сульфидов, наблюдаемую также и в спектре элементарной серы [2] в области 172–175 эв, с примесью сульфата, как это предполагалось для спектра поглощения серы в CdS [7]. К аналогичным выводам из других соображений относительно спектров поглощения серы в ZnS и CdS пришел и автор [6].

Нами не обнаружено заметной разницы в  $L_{23}$ -спектрах квантового выхода серы в сульфатах переходных металлов Zn, Cd и Hg (см. рисунок и таблицу). Отметим, что в  $L_{23}$ -спектрах испускания серы в сульфатах переходных, щелочных и щелочноземельных металлов [5] также не было замечено существенной разницы.

В  $L_{23}$ -спектрах квантового выхода сульфатов в отличие от сульфидов не проявляется спин-дублетное расщепление  $L_2$ - и  $L_3$ -уровня атома серы, равное 1.2 эв [3], несмотря на достаточное аппаратное разрешение (0.3 эв) и, по-видимому, значительную ширину  $L_2$ - и  $L_3$ -уровня. Так, проведенные в [8] оценки ширины  $L_2$ - и  $L_3$ -уровня соседнего с серой элемента хлора дают соответственно  $0.14 < \Gamma_{L_2} < 0.28$  эв и  $0.02 < \Gamma_{L_3} < 0.095$  эв. Наблюдаемое «замазывание» спектров, по-видимому, обусловлено наличием достаточно широких зон незаполненных состояний.



Кривые спектрального хода квантового выхода фотоэмиссии  $\chi$ .

Кривые для ZnS, CdS и HgS приведены в одном вертикальном масштабе (длина вертикального отрезка соответствует изменению  $\chi$  на 0.1%), для ZnSO<sub>4</sub> и CdSO<sub>4</sub> увеличены по вертикали в два раза, а для HgSO<sub>4</sub> — в 10 раз. Черточками указаны положения особенностей *a*, *b*, *c* и т. д., соответствующих срединам скачков в спектральном ходе  $\chi$ .

обусловлен наличием квазистационарных значений энергии.

Определение положения основного  $L_{23}$ -края поглощения серы в спектрах квантового выхода сульфидов требует специального рассмотрения, которое нами здесь не проводится.

### Литература

- [1] А. В. Иванов, С. П. Розов, Н. Т. Фирсов. *Опт.-мех. промышл.*, № 2, 21, 1966.
- [2] А. В. Иванов, Л. Д. Тимакова. *Опт. и спектр.*, 29, 805, 1970.
- [3] J. A. Bearden, *X-Ray Wavelengths*. Oak Ridge, Tennessee, 1964.
- [4] А. И. Ефремов, А. В. Иванов. *Опт.-мех. промышл.*, № 10, 45, 1963.
- [5] A. Meisel, I. Steuer, R. Szargan. *Spectrochim. Acta*, B23, 527, 1968.
- [6] R. Szargan. *Dissertation*, Karl-Marx Universität, Leipzig, 1969.
- [7] G. Eichhoff. *Ann. Phys.*, 7, 55, 1958.
- [8] А. П. Лукирский, Т. М. Зимкина. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 28, 765, 1964.
- [9] В. И. Нефедов. В сб.: *Рентгеновские спектры и электронная структура вещества*, 2, 201. Киев, 1969.
- [10] W. Lotz. *J. Opt. Soc. Am.*, 60, 206, 1970.
- [11] Р. Л. Баринский, В. И. Нефедов. *Рентгеноспектральное определение заряда атомов в молекулах*. Изд. «Наука», М., 1966.
- [12] В. И. Нефедов, В. А. Фомичев, *Ж. структ. химии*, 9, 126, 279, 1968.

Поступило в Редакцию 2 ноября 1970 г.