

## ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЙ РАСПАД ЭКСИТОНА У К-КРАЯ $\text{Li}^+$ В $\text{LiF}$

*А. А. Майсте, А. М. — Э. Саар, М. А. Эланго*

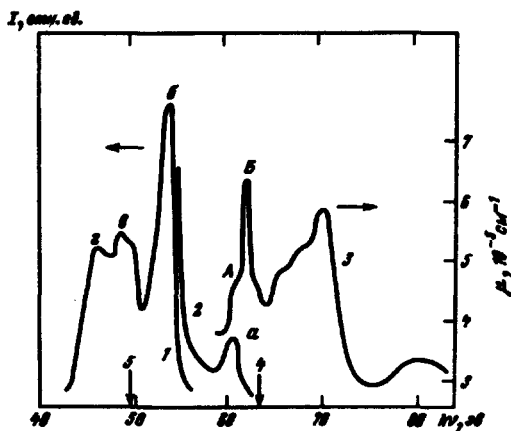
В спектре рентгеновского излучения  $\text{LiF}$  обнаружена полоса при 60,6 эв, резонансная с начальной структурой К-спектра поглощения  $\text{Li}^+$  в  $\text{LiF}$  и свидетельствующая о возбуждении и излучательном распаде связанного состояния электрона у данного края поглощения (так называемого экситона).<sup>1</sup>

Проявление связанных состояний электрона при возбуждении внутренних электронных оболочек атомов и ионов в твердых телах (так называемых рентгеновских экситонов) является одной из актуальных проблем спектроскопии твердого тела (см., например, [1]). В связи с тем, что обычно привлекаемые соображения о форме и расположении полос рентгеновского поглощения не могут дать однозначную информацию о существовании таких состояний (сравни [2, 3]), представляют интерес попытки их появления посредством изучения особенностей продуктов распада. С этой целью Блекшмидт и др. [4] исследовали спектры эмитированных электронов кристалла  $\text{KCl}$ , а авторы настоящего сообщения [5] — спектры запасаения энергии в кристалле  $\text{LiF}$ . Были получены веские доводы в пользу предположения, что по крайней мере в некоторых случаях структура краев рентгеновского поглощения ионных соединений обусловлена рентгеновскими экситонами.<sup>1</sup>

В данном сообщении мы показываем, что в спектре излучения  $\text{LiF}$  имеется полоса, которая прямо свидетельствует о существовании свя-

занного состояния "1s-дырка  $\text{Li}^+$  + электрон" и о возможности излучательного распада этого состояния. '

Спектр излучения  $\text{LiF}$  был измерен при помощи рентгеновского спектрометра-монохроматора РСМ-500. Порошок  $\text{LiF}$ , втертый в рифленую поверхность медной пластинки, облучался электронами с энергией 0,5 – 2 кэВ при токе 0,2 – 10 мА. Ширина щелей монохроматора составила 300 мкм (в области 60 эВ этому соответствует спектральная ширина 0,9 эВ).



$K$ -спектры  $\text{Li}^+$  в  $\text{LiF}$ : 1 – спектр излучения (режим возбуждения 1 кэВ, 0,5 мА), 2 – спектр излучения (2 кэВ, 10 мА), 3 – спектр поглощения [6]. Стрелками отмечены расположения дна зоны проводимости [7, 8] (4) и вершины валентной зоны [8] (5).  $I$  – интенсивность излучения,  $\mu$  – коэффициент поглощения,  $h\nu$  – энергия фотона

Полученный спектр излучения вместе с  $K$ -спектром поглощения  $\text{Li}^+$  в  $\text{LiF}$  [6] приведен на рисунке. Наиболее интересным обстоятельством является почти полный резонанс полосы излучения  $a$  (60,6 эВ) с начальной структурой спектра поглощения. Ввиду сильной реабсорбции с коротковолновой стороны эта полоса может быть несколько смещена в длинноволновую область, поэтому трудно однозначно установить, связана ли она генетически с коленом  $A$  (60,8 эВ) или максимумом  $B$  (61,9 эВ) спектра поглощения (в теоретической работе [2] эти детали спектра связываются с экситонами соответственно в  $L_1$ - и  $\Gamma_1$ -точках зоны Бриллюэна). Учитывая ширину верхней запрещенной зоны  $\text{LiF}$  (13,6 эВ [7]) и расстояние между  $K$ -оболочкой  $\text{Li}^+$  и потолком валентной зоны  $\text{LiF}$  (49,6 эВ [8]), можно однако, заключить, что полоса излучения  $a$  обусловлена распадом экситона у  $K$ -края поглощения  $\text{Li}^+$ . Она является аналогом так называемого "краевого излучения" наблюдаемого в оптических спектрах различных твердых тел. '

Аналогичные полосы в  $K$ -спектрах излучения бора в различных ковалентных соединениях наблюдались в работах [9].

Относительно происхождения полос излучения  $\beta$ ,  $\epsilon$  и  $\zeta$  можно сказать следующее. На основе данных фотоэлектронной спектроскопии о расстоянии между  $K$ -оболочкой  $Li^+$  и потолком валентной зоны, а также о ширине этой зоны (49,6 и 4,6 эв соответственно [8]) можно предположить, что полоса  $\zeta$  обусловлена излучательными переходами "валентная зона  $LiF$  -  $1s$ -оболочка  $Li^{++}$ ". Полоса  $\beta$  по форме и расположению хорошо совпадает с полосой излучения металлического  $Li$  [10] и обусловлена, по-видимому, переходами в металлической фазе  $Li$ , возникающей в результате радиолиза  $LiF$  (возникновение слоя с характерным металлическим блеском можно наблюдать глазом при достаточно больших мощностях облучения). Природа полосы  $\epsilon$  остается пока неясной. Следует отметить, что относительные интенсивности полос  $\beta$  и  $\epsilon$  зависят от условий возбуждения излучения.

Таким образом, можно считать доказанным, что начальная структура в  $K$ -спектре поглощения  $Li^+$  в  $LiF$  обусловлена возникновением связанных состояний электронов. Это дает основание предположить аналогичную ситуацию и в случае краев рентгеновского поглощения других ионных соединений.

Институт физики и астрономии  
Академии наук ЭССР

Поступила в редакцию  
25 июня 1973 г.

### Литература

- [1] F.C.Brown, Ch.Gähwiler, H.Fujita, A.B.Kunz, W.Scheifley, N.Carrega. Phys. Rev., B2, 2126, 1970.
- [2] A.B.Kunz, T.Miyakawa, S.Oyama. Phys. stat. sol., 34, 581, 1969.
- [3] F.C.Brown, Ch.Gähwiler, A.B.Kunz, N.O.Lipari. Phys. Rev. Lett., 25, 927, 1970.
- [4] D.Blehschmidt, M.Skibowski, W.Steinmann. Phys. stat. sol., 42, 61, 1970.
- [5] А. М. ± Э. Саар, А. А. Майсте, М. А. Эланго. ФТТ, 15, 1973 (в печати).
- [6] А. П. Лукирский, О. А. Ершов, Т. М. Зимкина, Е. П. Савинов. ФТТ, 8, 1787, 1966.
- [7] D.M.Roessler, W.C.Walker. J.Phys. Chem. Solids, 28, 1507, 1967.
- [8] K.Hamrin, G.Johansson, U.Gelius, C.Nordling, K.Siegbahn. Phys. Scripta, 1, 277, 1970.
- [9] В. А. Фомичев. ФТТ, 9, 3167, 1967; И. И. Ляховская, Т. М. Зимкина, В. А. Фомичев. ФТТ, 12, 174, 1970.
- [10] D.E.Bedo, D.H.Tomboulian. Phys. Rev., 109, 35, 1958.