

## НАБЛЮДЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СВЕРХСТРУКТУРЫ В ЛИТИИ

*Ю.М.Кобзарь, Н.Н.Боднар, В.Я.Козыч, В.Г.Ковтун*

Исследована электрон-фотонная эмиссия лития в области энергий фотонов 0,23 – 3 эВ. Впервые обнаружен ряд особенностей в спектре излучения лития, что позволило предположить наличие энергетической сверхструктуры, образованной волнами плотности заряда.

На протяжении последних нескольких лет целый ряд исследований как теоретических<sup>1, 2</sup>, так и экспериментальных<sup>3 – 5</sup>, было направлено на изучение особенностей и новой границы края поглощения в дальней инфракрасной (ИК) области спектра у простых металлов с почти свободными электронами. В нашей работе представлены результаты исследований аномалий в спектре, но не поглощения, а обратного эффекта: электрон-фотонной эмиссии – излучения неравновесных электронов при переходе возбужденных энергетических состояний в более низкие, т. е. за счет внутризонных и междузонных переходов, при облучении металла медленными электронами. Мишень представляет собой толстую пленку лития, полученную термическим испарением из кварцевого тигля навески Li, чистотой 99,99%, в вакууме  $7 \cdot 10^{-8}$  Па на подложку из монокристалла кремния Si (111). Исследования выполнены на сверхвакуумной установке с сапфировым окном выхода излучения. Излучение в видимой области спектра регистрировалось ФЭУ-84 в режиме счета фотонов, а в ИК – охлаждаемым фотосопротивлением в режиме синхронного детектирования.

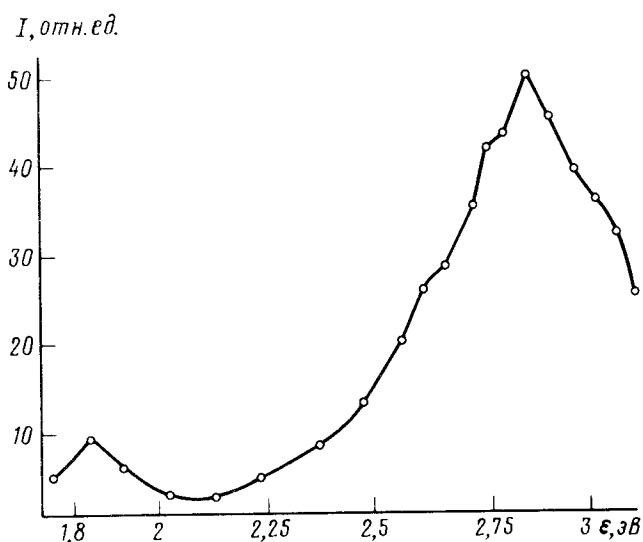


Рис. 1. Спектр электрон-фотонной эмиссии лития в видимой области

В видимой области спектра (рис. 1) нами наблюдалось две ярко выраженные особенности при  $E_1 = 2,85$  эВ и  $E_2 = 1,85$  эВ. Положение этих особенностей хорошо согласуется с расчетами<sup>6, 7</sup>, которые показывают, что  $E_1$  и  $E_2$  обусловлены прямыми междузонными переходами в окрестности точек  $N$  и  $F$  энергетической зонной структуры лития. Это позволило определить фурье-компоненты псевдопотенциала  $V_{110} = 1,43$  эВ и  $V_{200} = 0,93$  эВ.

Наиболее интересным оказалось наблюдение особенности  $E_3 = 0,23$  эВ (рис. 2), которая не предсказывалась в работах, посвященных электронной структуре лития, за исключением работ Оверхаузера <sup>8</sup>, предполагавшем наличие волн плотности заряда (ВПЗ) у лития и соответственно образование ими сверхструктуры с различными энергетическими щелями между зонами, построенными на волновом векторе ВПЗ. Особенности в спектре рекомбинационного излучения электронов, заброшенных в эти зоны внешним источником, обусловлены законом дисперсии незанятых состояний <sup>9</sup>, и как предполагалось в работе <sup>9</sup> спектр излучения должен содержать особенность при энергии фотонов, равной удвоенному значению энергетической щели на границе зоны.

$\lg I$ , отн. ед.

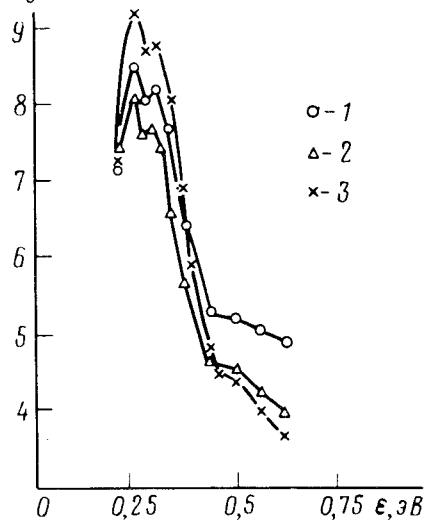


Рис. 2. Спектр электрон-фотонной эмиссии лития в ИК области (○ – 295 K; Δ – 77 K; × – 4,2 K)

Исследования, выполненные на пленке лития, напыленной на охлажденную до 77 K подложку, не изменили результатов эксперимента. В то же время, понижение температуры лития от комнатной до азотной существенно повлияло на форму спектра (рис. 2, кривая 1 и 2). Изменение наклона кривой 2 у основания особенности  $E_3$  при охлаждении, по всей видимости, связано с уменьшением вклада излучательных внутризонных переходов. Значительное увеличение интенсивности особенности  $E_3$  при понижении температуры лития до 4,2 K (рис. 2, кривая 3), обусловлено мартенситным превращением в решетке и соответственно большей стабилизации ВПЗ структуры, что ведет за собой рост числа переходов с  $\hbar\omega = 2\alpha$ , где  $2\alpha$  – энергетический зазор между зонами, созданный потенциалом ВПЗ.

#### Литература

1. Sivers A.J. Phys. Rev. B, 1980, **22**, 1600.
2. Fragachan F.E., Overhauser A.W. Phys. Rev. B, 1984, **29**, 2912.
3. Hietel B., Mayer H. Z. Phys., 1973, **264**, 21.
4. Кулюпин Ю.А. и др. ФТТ, 1986, **28**, 3500.
5. Кулюпин Ю.А. и др ФТТ, 1986, **28**, 3502.
6. Шнейдер И. Столл Е. Вычислительные методы в теории твердого тела. Под ред. Овчинникова А.А. М.: Мир, 1975, с. 196.
7. Ching W., Callaway J. Phys. Rev. B, 1974, **9**, 5115.
8. Overhauser A.W. Phys. Rev. Lett., 1960, **4**, 462; Phys. Rev., 1962, **128**, 1437; 1968, **167**, 691; Adv. Phys. 1978, **27**, 343.
9. Гегузин И.И. ФТТ, 1982, **24**, 2868.