

служить хорошим объектом для изучения роли спиновых флуктуаций в формировании прифермиевской корреляционной структуры  $g_f(E)$  в режиме состояния промежуточной валентности Се.

### Список литературы

- [1] Yamaguchi Y., Sakurai J., Teshima F. et al. // J. Phys.: Condens. Matter. 1990. V. 2. N 26. P. 5715–5721.
- [2] Kasaya M., Tani T., Iga F., Kasuya T. // J. Magn. Magn. Mat. 1988. V. 76–77. P. 278–280.
- [3] Aliev F.G., Moshchalkov V.V., Zalyalyutdinov M.K. et al. // Physica B. 1990. V. 163. N 1–3. P. 358–360.
- [4] Ромака В.А., Сичевич О.М., Гладышевский Р.Е. и др. // Физика мет. и металлов. 1983. Т. 56. № 3. С. 479–483.
- [5] Grin Yu.N., Hiebl K., Rogl P. // J. Less-Common Metals. 1985. V. 110. P. 229–305.
- [6] Котерлин М.Д., Бабич О.И., Мороховский Б.С. и др. // Препринт ИМФ. Киев, 1987. № 15. 28 с.
- [7] Котерлин М.Д., Мороховский Б.С., Шерба И.Д., Герман Н.В. // Укр. физ. журн. 1993. Т. 38. № 2. С 262–267.
- [8] Котерлин М.Д., Луцив Р.В. Физика и химия редкоземельных полупроводников. Новосибирск: Наука, 1990. С 18–23.
- [9] Andrei N., Rajan V.T. // J. Appl. Phys. 1982. V. 53. N 11. P. 7933–7935.
- [10] Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971. 1032 с.
- [11] Гринь Ю.Н., Гладышевский Р.Е. Галлиды. Справочное издание. М.: Металлургия, 1989. 304 с.

Львовский государственный университет  
им. Ив.Франко

Поступило в Редакцию  
15 октября 1993 г.

УДК 539.2

© Физика твердого тела, том 36, № 3, 1994  
Solid State Physics, vol. 36, N 3, 1994

## РЕНТГЕНОЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛОВ $\text{LiV}_3\text{O}_5$

*А.Ю.Кузнецов, М.В.Кузнецов, И.Н.Огородников,  
А.В.Кружалов, В.А.Маслов*

Широкозонный диэлектрик ( $E_g = 7.75$  эВ)  $\text{LiV}_3\text{O}_5$  (LVO) обладает комплексом уникальных свойств (большой коэффициент нелинейного оптического преобразования, высокий порог оптического повреждения и др.), обеспечивающих его широкое применение в нелинейной оптике [1]. Для практического использования LVO в качестве рабочего материала квантовой оптики необходимо знание особенностей электронного строения как идеального кристалла, так и кристалла, содержащего дефекты. Детальное теоретическое изучение электронной структуры кристалла в качестве первого шага требует опоры на фундаментальные спектры твердого тела (рентгеноэлектронные, оптические и др.). В настоящем сообщении представлены результаты исследования электронной структуры кристаллов  $\text{LiV}_3\text{O}_5$  методом рентгеноэлектронной спектроскопии (РЭС).

В работе использованы монокристаллы LVO оптического качества, выращенные раствор-расплавным методом [2]. В [3–6] представлены их

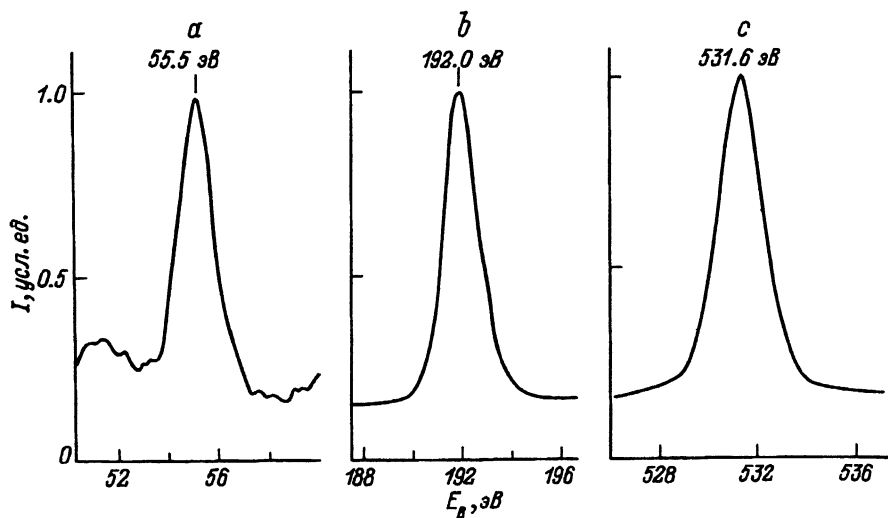


Рис. 1. Рентгеноэлектронные спектры  $Li1s$  (а),  $B1s$  (б) и  $O1s$  (с) уровней кристалла  $LiBO$ .

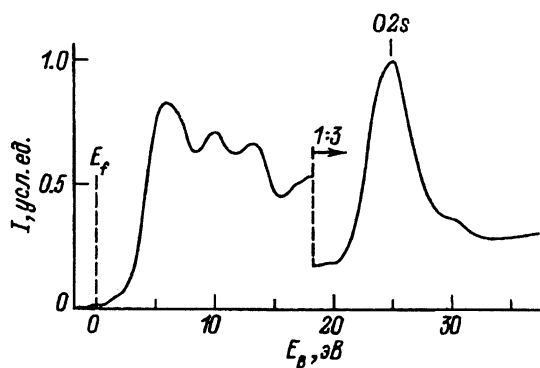


Рис. 2. Рентгеноэлектронный спектр валентной полосы  $LiBO$ .

основные характеристики и результаты первичных исследований. Для РЭС исследований были подготовлены пластинки  $5 \times 8 \times 0.5$  мм с естественной гранью роста. РЭС спектры получены на рентгеноэлектронном спектрометре ESCALAB MK II с использованием немонахроматического  $MgK_{\alpha 1,2}$ -источника. Вакуум в камере анализатора поддерживался на уровне  $10^{-8}$  Па. Калибровку спектрометра осуществляли по линии  $Au4f_{7/2}$  ( $84.0$  эВ), при этом точность определения энергии связи составила  $\pm 0.1$  эВ. Электрическую зарядку поверхности образцов оценивали по линии  $C1s$  ( $284.6$  эВ).

На рис. 1, 2 представлены РЭС спектры основных уровней и валентной полосы кристаллов  $LiB_3O_5$ . Валентная полоса расположена в области  $3-15$  эВ ниже уровня Ферми ( $E_f$ ) и имеет три характерных пика. Пик в области  $25$  эВ ниже  $E_f$  соответствует квазиостовным состояниям  $O2s$ . Полученный рентгеноэлектронный спектр согласуется со спектром, приведенным в [7]. Однако использование более совершенной технологии выращивания кристаллов  $LiBO$  и высокоточного

спектроскопического оборудования позволило выявить дополнительные детали спектра LBO. Нами обнаружено плечо со стороны больших энергий в линии квазиостовного кислорода  $O2s$  (рис. 2). Данная особенность рентгеноэлектронного спектра может быть обусловлена а) поверхностными дефектами; б) состояниями ионов кислорода, находящихся в неэквивалентных позициях, например в связях O-B и O-Li; в) фундаментальными свойствами электронной структуры LBO.

Обсудим это подробнее. Известно, что в кристаллической структуре LBO имеются сквозные каналы, параллельные оси  $c$ , в которых размещены ионы  $Li^+$ . Эти катионы достаточно подвижны, что доказано наличием одномерной ионной проводимости LBO (вдоль оси  $c$ ) [8], и могут диффундировать к поверхности кристалла с образованием гидроксидных группировок. РЭС анализ поверхностного слоя  $LiV_3O_5$  (3-5 нм), в том числе с применением ионной очистки поверхности, показал, что элементный состав, найденный из соотношения РЭС линий с учетом сечений фотоионизации [7], совпадает с формульным. Облучение LBO электронами ( $\Phi_e \approx 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ) до уровня создания макродефектов в виде трещин [3] не изменило общей картины. В этой связи можно заключить, что диффузии лития к поверхности как в обычных условиях, так и при радиационном воздействии не происходит и полученные РЭС спектры отражают электронную структуру самого монокристалла LBO.

Из рис. 1 видно, что энергия связи  $Li1s$  уровня составляет 55.5 эВ, тогда как для гидроксида лития  $E_{св} Li1s$  составляет 54.9 эВ [9]. Это свидетельствует об отсутствии соединений лития неструктурного характера даже в приповерхностном слое кристалла LBO. Энергия связи  $V1s$  равна 192.0 эВ, что близко к  $E_{св} V1s$  в оксиде  $V_2O_5$  ( $E_{св} = 191.4 \text{ эВ}$  [9]). Линия  $O1s$  (рис. 1) с  $E_{св} = 531.6 \text{ эВ}$  соответствует структурному кислороду. Плечо со стороны больших энергий, генетически связанное с гидроксидными группами, обычно присутствующими в поверхностном слое, не наблюдается. Также не удалось разделить неэквивалентные состояния кислорода, ответственные за O-B и O-Li связи.

Таким образом, результаты данной работы позволяют сделать следующие выводы.

1. Рентгеноэлектронный спектр валентной полосы совершенного LBO (рис. 2) имеет три характерных пика, расположен в области 3-15 эВ ниже уровня Ферми и обусловлен  $2p$ -состояниями кислорода с примесью состояний бора. Электронная структура совершенного LBO определяется главным образом борокислородным каркасом  $V_3O_5$ , что хорошо согласуется с результатами кристаллографического анализа структуры  $LiV_3O_5$  [8].

2. Обнаружена дополнительная особенность рентгеноэлектронного спектра в виде плеча со стороны больших энергий в пике, обусловленном квазиостовным кислородом ( $O2s$ ). Эта особенность не связана с поверхностными дефектами LBO и отражает, скорее всего, фундаментальные свойства электронного строения идеальных кристаллов трибората лития. Точная идентификация плеча требует дополнительных теоретических исследований электронной структуры совершенных и содержащих точечные дефекты кристаллов  $LiV_3O_5$ , что является целью наших дальнейших исследований.

3. Кристаллы трибората лития  $\text{LiV}_3\text{O}_5$  характеризуются высокой химической инертностью и отсутствием выхода щелочной компоненты на поверхность.

Авторы благодарны за помощь и участие в работе А.Б.Соболеву и Л.А.Ольховой.

### Список литературы

- [1] Chuangtian Chen, Yicheng Wu, Aidong Jaing et al. // J. Opt. Soc. Am. B. 1992. V. 6. N 4. P. 616-625.
- [2] Maslov V.A, Olkhovaya L.A., Osiko V.V., Shcherbakov E.A. // Tenth Int. Confer. on Crystal Growth. 15 Oral Presentation Abstracts., San Diego, USA, 1992. P. 11.
- [3] Огородников И.Н., Иванов В.Ю., Кузнецов А.Ю. и др. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. № 2. С. 14-17.
- [4] Огородников И.Н., Иванов В.Ю., Кузнецов А.Ю. и др. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. № 11. С. 1-5.
- [5] Огородников И.Н., Кудяков С.В., Кузнецов А.Ю. и др. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. № 13. С. 77-80.
- [6] Огородников И.Н., Иванов В.Ю., Маслаков А.А. и др. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. № 16. С. 42-47.
- [7] French R.H., Ling J.W., Ohuchi F.S., Chen C.T. // Phys. Rev. B. 1991. V. 44. N 16. P. 8496-8502.
- [8] Радаев С.Ф., Сорокин Н.И., Симонов В.И. // ФТТ. 1991. Т. 33. № 12. С. 3597-3600.
- [9] Нефедов В.И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений. Справочник. М.: Химия, 1984. С. 256.

Уральский государственный  
технический университет  
Екатеринбург

Поступило в Редакцию  
15 октября 1993 г.

УДК 539.216.2

© Физика твердого тела, том 36, № 3, 1994  
Solid State Physics, vol. 36, N 3, 1994

## ЭФФЕКТ СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ В ДВУХСЛОЙНОЙ ПЛЕНОЧНОЙ СТРУКТУРЕ

*В.Ф.Шкарь, В.В.Петренко, В.С.Деллалов, В.Н.Саяпин*

Ранее было обнаружено [1], что доменная структура в основном легкоосном слое приводит к формированию двух типов доменов в легкоплоскостном подслое, причем от каждого типа доменов наблюдается свой сигнал ферромагнитного резонанса (ФМР). Установлено также, что в насыщенном состоянии взаимодействия между магнитными возбуждениями, локализованными в слое и подслое, могут привести к их расталкиванию [2] или анизотропии интенсивности [3].

Цель настоящей работы — выяснить, к чему приводит взаимодействие между колебаниями, возбужденными в подслое, и доменным ФМР (ДФМР) в основном слое в районе пересечения их спектров.

Исследования были проведены в диапазоне частот 0.4–10.5 ГГц при комнатной температуре на двухслойной структуре, полученной методом жидкофазной эпитаксии на подложке (111) галлий-гадолиниевого граната. Первый наращиваемый на подложку слой (подслой)