

ВЛИЯНИЕ «МЕРТВОГО» СЛОЯ НА ФОРМУ СПЕКТРОВ ЭКСИТОННОГО ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ LiH

© А.А.О'Коннель-Бронин

Институт физики,
ЕЕ-2400 Тарту, Эстония
(Поступила в Редакцию 12 марта 1996 г.)

Для объяснения отклонения экспериментальных экситонных спектров отражения (ЭСО) от рассчитанных с помощью классической диэлектрической теории Хопфилл и Томас впервые [1] учли эффект пространственной дисперсии. При этом была определена область приповерхностного отталкивающего потенциала, в которой свободные экситоны полностью ионизуются. Соответствующий безэкситонный поверхностный слой позднее получил название «мертвого» слоя (МС). Его минимальная глубина равна примерно двум экситонным радиусам. В случае присутствия в приповерхностном слое различного рода заряженных дефектов (собственных или примесных) его глубина значительно увеличивается, что вызывает изменение формы ЭСО. Интенсивные исследования, проведенные на полупроводниковых кристаллах (см., например, [2-6]), показали зависимость толщины МС и соответственно формы ЭСО от рода дефектов, а также влияния таких факторов, как облучение поверхности фотонами, электронами или отжига.

В широкощелевых диэлектриках изменение глубины МС впервые было зарегистрировано в ЭСО кристалла LiH при облучении его электронами [7]. Недавно аналогичные эффекты были обнаружены в щелочно-галоидных кристаллах NaI, KI и RbI [8-10]. В настоящей работе исследованы изменения ЭСО LiH в зависимости от температуры образца, облучения поверхности фотонами, а также отжига кристалла.

1) В эксперименте использовались чистые и малоактивированные (Ca, Na) кристаллы LiH, выращенные методом Чохральского. ЭСО последних практически не отличались от спектров чистых кристаллов. Подробно методика эксперимента описана ранее [8,9].

2) Влияние облучения фотонами (в экситонной области с $n = 2$) на форму ЭСО кристаллов LiH, сколотых при $T \simeq 250^\circ \text{C}$ и охлажденных до температуры жидкого гелия (LHeT), иллюстрирует рис. 1. Как видно, ЭСО необлученного образца имеет относительно низкую интенсивность как в области $n = 1$, так и в области $n = 2$ полос отражения. Это обусловлено большой глубиной МС, определяемой нестехиометричностью приповерхностной области образца. Нестехиометричность, очевидно, возникает вследствие десорбции водорода из приповерхностной

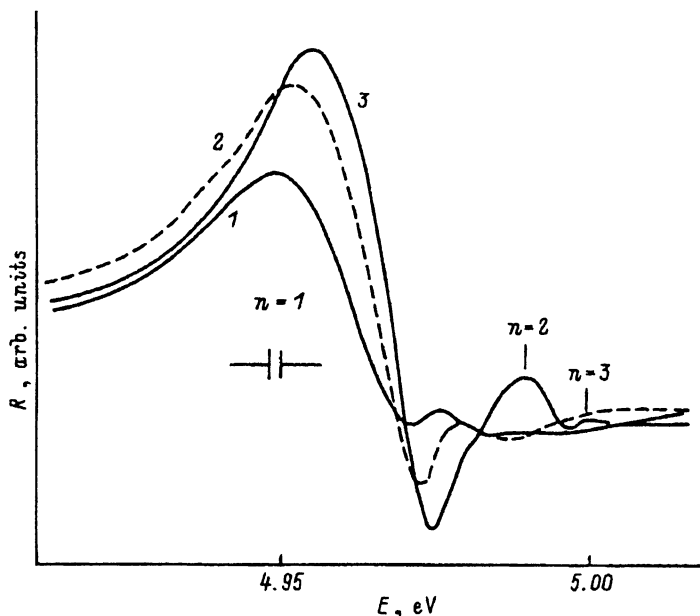


Рис. 1. Спектры отражения кристалла LiH, сколотого при $T \approx 250^\circ \text{C}$ и охлажденного до LHeT (4.2 K).

1 — сразу после охлаждения, 2 — после небольшой дозы облучения, 3 — после значительно большей дозы облучения в области $n = 2$ полосы отражения. Указаны положения $n = 1, 2, 3$ экситонных полос.

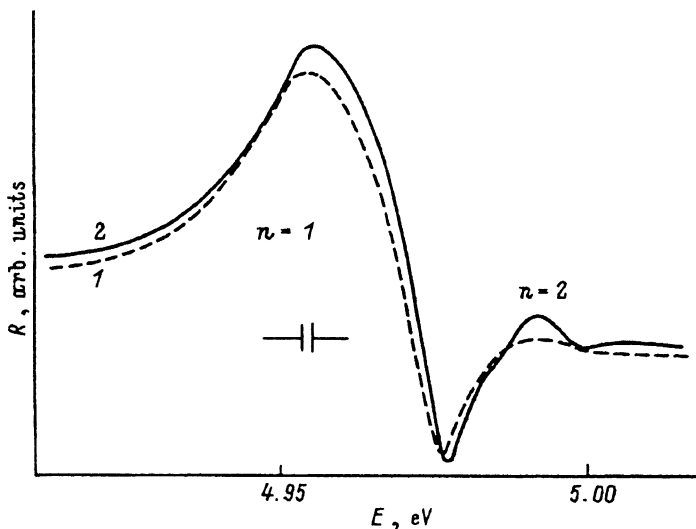


Рис. 2. Спектры отражения кристалла LiH, сколотого при LHeT.

1 — сразу после скола, 2 — после облучения.

области при повышенной температуре образца. Фотооблучение приводит к «голубому» сдвигу и увеличению интенсивности ЭСО. Выше по энергии от полосы $n = 2$ появляется пичок, который в [7] интерпретировался как проявление экситонного состояния $n = 3$. Очевидно, при

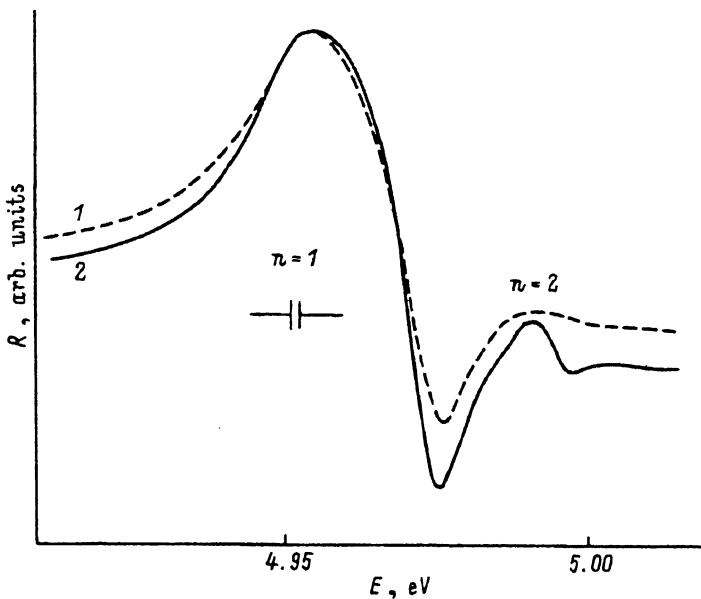


Рис. 3. Спектры отражения кристалла LiH, сколотого при LHeT.

1 — сразу после скола, 2 — после последующего прогрева до комнатной температуры и повторного охлаждения до LHeT. Спектры нормированы к максимуму $n = 1$ полосы отражения.

облучении происходит диффузия водорода из объема кристалла в приповерхностную область, в результате чего происходит ее компенсация. При этом глубина МС уменьшается и соответственно «качество» ЭСО улучшается. Это проявляется в значительном углублении минимума в спектре, расположенного между полосами $n = 1$ и 2, что, согласно [2], является следствием уменьшения глубины МС.

3) После последующего скалывания образца (при LHeT) ЭСО становится опять слабоструктурным (кривая 1 на рис. 2), что свидетельствует о большой глубине МС. После облучения фотонами появляется структура в области энергий $n = 2$ (кривая 2). Более сильное изменение спектра в этой области связано с большим радиусом экситона $n = 2$ по сравнению с экситоном $n = 1$ [2]. Аналогичное изменение ЭСО, особенно в области $n = 2$, было обнаружено в кристаллах NaI, KI и RbI [8–10]. В указанных работах предполагалось, что на поверхности сколотых при LHeT кристаллов возникают заряженные дислокации, электрическое поле которых обуславливает большую глубину МС. В случае скалывания при высоких температурах большинство дислокаций быстро релаксирует, в то время как при LHeT они оказываются замороженными [11]. Облучение фотонами поверхности приводит к ее частичной релаксации, о чем свидетельствует улучшение «качества» ЭСО. Конкретный механизм релаксации поверхности при фотооблучении пока не ясен.

Более эффективным способом для релаксации (компенсации) приповерхностной области является отжиг охлажденного образца. Как видно из рис. 3, после его прогрева до комнатной температуры и повторного охлаждения структурность ЭСО значительно усиливается.

Он практически совпадает со спектром компенсированной поверхности (кривая 3 на рис. 1). Очевидно, как указывалось выше, при высокой температуре происходит почти полная релаксация поверхностных дислокаций.

Таким образом, глубина МС, обусловленная в настоящем исследовании степенью нестехиометричности кристалла или присутствием поверхностных дислокаций, существенно определяет форму ЭСО.

Список литературы

- [1] J.J. Hopfield, D.G. Thomas. *Phys. Rev.* **132**, 2, 562 (1963).
- [2] F. Evangelisti, A. Frova, F. Patella. *Phys. Rev.* **B10**, 10, 4253 (1974).
- [3] L. Schultheis, I. Balslev. *Phys. Rev.* **B28**, 4, 2292 (1983).
- [4] Б.В. Новиков, Г. Роппишер, В.Г. Талалаев. *ФТТ* **21**, 3, 817 (1979).
- [5] V.A. Kiselev, B.V. Novikov, A.E. Cherednichenko, E.A. Ubushiev. *Phys. Stat. Sol. (b)* **133**, 2, 573 (1986).
- [6] В.В. Травников. *Письма в ЖЭТФ* **42**, 9, 357 (1985).
- [7] И.Л. Куусманн, П.Х. Либлик, А.А. О'Коннель-Бронин, Э.Х. Фельдбах. Тез. Всесоюз. совещ. «Люминесценция молекул и кристаллов». Таллин (1987). С. 106.
- [8] А.А. О'Connel-Bronin, A.B. Treshchalov. *Phys. Stat. Sol. (b)* **162**, 1, 289 (1990).
- [9] А.А. О'Connel-Bronin. *J. Phys.: Cond. Matter* **6**, 15, 2847 (1994).
- [10] А.А. О'Коннель-Бронин. *ФТТ* **36**, 9, 2517 (1994).
- [11] Ю.И. Головин, Т.П. Дьячек. *Кристаллография* **34**, 4, 928 (1989).