

## ЛИНЕЙНЫЙ ЭФФЕКТ ШТАРКА НА БЕСФОНОННЫХ ЛИНИЯХ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ ФТОРИСТОГО ЛИТИЯ

*А.А.Каплянский, В.Н.Медведев*

Если точечная группа симметрии примеси или дефекта в кристалле не содержит инверсии, в их оптическом спектре во внешнем электрическом поле возможен линейный эффект Штарка [1-3]. Первые попытки наблюдать этот эффект в спектрах сложных центров окраски в щелочно-галоидных кристаллах были предприняты Оверхаузером и Рюхардтом [1] на широких полосах *M* – и *R* – центров в KCl и NaCl. Обнаружение в спектрах центров окраски электронно-колебательной структуры полос, включающей узкие бесфононные линии [4], открывает новые возможности для наблюдения линейного Штарк-эффекта в спектрах безынерционных центров окраски.

В настоящей работе в электрическом поле обнаружено линейное по полу расщепление ряда бесфононных линий в спектрах поглощения сложных электронных центров окраски LiF. Постоянное поле напряженностью до  $\epsilon_0 \approx 300 \text{ кв/см}$  прикладывалось при 4,2°K к монокристаллам окрашенного  $\gamma$ -лучами LiF вдоль оси <100>. Спектры поглощения фотографировались в поперечном к  $\epsilon_0$  направлении на дифракционном спектрографе с дисперсией от 1,7 до 8,0 Å/мм.

Бесфононная линия ионизованных  $F^+$ -центров 4874 Å [5] расщепляется в симметричный триплет, крайние компоненты которого поляризованы с  $E \perp \epsilon_0$ ; ширина триплета  $\delta \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}/\text{см}$  (рисунок а)

(см. вклейку)).  $F_3^+$  – центр, включающий три соседние вакансии в плоскости (III), отвечает по симметрии тригональной безынверсионной группе  $C_{3v}$ ; линия поглощения 4874 Å соответствует переходу типа  $A \rightarrow E$  в этой группе [6]. Согласно [7], в электрическом поле невырожденный  $A$ -уровень  $C_{3v}$  в общем случае смещается (смещение  $\Delta_A = A' \epsilon_{\parallel}$ ), а дважды вырожденный  $E$ -уровень, наряду со смещением, испытывает расщепление ( $\Delta_E^{\pm} = A'' \epsilon_{\parallel} \pm B \epsilon_{\perp}$ ); здесь  $\epsilon_{\parallel}$ ,  $\epsilon_{\perp}$  – проекции поля на тригональную ось центра и нормальную к ней плоскость,  $A'$ ,  $A''$ ,  $B$  – коэффициенты пропорциональности.\* Таким образом линия перехода  $A \rightarrow E$  в отдельном центре должна расщепиться в поле на две. Благодаря наличию в кубической решетке восьми групп центров  $C_{3v}$ , оси которых направлены вдоль нескольких направлений типа <III> (ориентационное вырождение [8]), суммарный спектр от всех групп должен дать при  $\epsilon_0 \parallel <100>$  поляризованный квартет (рисунок *a*). Наблюдаемая картина расщепления 4874 Å качественно согласуется с расчетной "квартетной", если считать, что средняя компонента триплета является неразрешенной двойной (это может быть при  $|A' - A''| \approx \sqrt{2}B$ ).

Одна из неидентифицированных линий окрашенного LiF 6955 Å расщепляется в симметричный поляризованный триплет с  $\delta \approx 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}/\text{в/см}$  (рисунок *b*). Картина соответствует расчетной [7] для "псевдоштарковского" [3] расщепления линий безынверсионных некубических центров с постоянным дипольным моментом вдоль <110>\*\*. Расщепление линии здесь происходит исключительно за счет разного смещения уровней (и частоты перехода) у ориентационно-вырожденных центров, имеющих разные проекции момента на направление внешнего поля  $\epsilon_0 \parallel <100>$ . Ориентация дипольного момента вдоль <110> характерна [7] для центров ромбической *I* или моноклинной *I* симметрии [8]. Из поляризации псевдоштарковского триплета следует, что линейный электрический осциллятор, отвечающий 6955 Å, направлен в центре вдоль [110], перпендикулярно его постоянному дипольному моменту [110].

Триплетное симметричное расщепление наблюдалось также у неидентифицированных линий 6935 Å ( $\delta \approx 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1}/\text{в/см}$ ), 4877 Å ( $\delta \approx 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}/\text{в/см}$ ). Линия 6400 Å расщепляется в неполяризованный дублет ( $\delta \approx 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}/\text{в/см}$ ), коротковолновая компонента которого с увеличением поля исчезает. Для линейного эффекта Штарка в кристаллах  $O_h$  картина расщепления теоретически должна быть симметрична относительно линии без поля (при проявлении в спектре всех компонент расщепления) [7]. Исчезновение части компонент 6400 Å, приводящее к асимметрии картины, может быть вызвано Больцмановским вымораживанием заселенности соответствующих энергетических состояний. Этим же объясняются, вероятно, и особенности поведения в поле бесфононной  $R_2$  – линии  $R(F_3)$ -центров 391 мкм, у которой в полях  $\epsilon_0 \approx 300 \text{ в/см}$  наблюдается расщепление в плохо разрешенный асимметричный поляризованный дублет ( $\delta \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}/\text{в/см}$ ).\*\*\*

На бесфононную линию  $N_1$ -центров 5234 Å [6] поле не оказывает влияния, что согласуется с моделью Пика [9] для этих центров (агрегат из

четырех  $F$ -центров в плоскости октаэдра, точечная группа  $F_{4g}$ -центра  $C_{2h}$  обладает инверсией). Не действует поле и на линию 3932 Å, прилежащую [6] переходам  $A \rightarrow E$  в центрах тетрагональной симметрии.

Физико-технический институт  
им. А.Ф.Иоффе

Поступило в редакцию  
28 июля 1967 г.

### Литература

- [1] A.W.Overhauser, H.Rüchardt. Phys. Rev., 112, 722, 1958.
- [2] N.Bloembergen. Science, 133, 1363, 1961.
- [3] W.Kaiser, S.Sugano, D.L.Wood. Phys. Rev. Lett., 6, 605, 1961.
- [4] D.B.Fitchen, R.H.Silsbee, T.A.Fulton, E.L.Wolt. Phys. Rev. Lett., 11, 275, 1963.
- [5] Y.Farge, G.Toulouse, M.Lambert. J. de Phys., 27, 287, 1966.
- [6] A.E.Hughes, W.A.Runciman. Proc. Phys. Soc., 86, 615, 1965.
- [7] А.А.Каплянский, В.Н.Медведев. Опт. и спектр., 23, вып.5, 1967.
- [8] А.А.Каплянский. Опт. и спектр., 16, 602, 1964.
- [9] H.Pick. Zs. f. Phys., 159, 69, 1960.

---

\* В [7] дан общий феноменологический расчет характеристик лизейного эффекта Штарка в спектрах безынверсионных локальных центров в кристаллах  $O_h$ .

\*\* С расчетной картиной [7] для этих центров согласуется — по числу, поляризации и относительному положению компонент — и опытное (не полностью разрешенное квинтетное) расщепление 6955 Å при  $\epsilon_0 \parallel <110>$ .

\*\*\* Следует заметить, что у линии, для которых картина расщепления выше характеризовалась как "симметричная", иногда наблюдались отклонения от нее, не связанные с вымораживанием; причины этого требуют выяснения.

*Вклейка к ст. А. А. Каплянского и др. (стр. 893)*

