

ИЗОЧАСТОТНЫЕ АНОМАЛИИ В НЕУПРУГОМ РАССЕЯНИИ СВЕТА ВБЛИЗИ ТОЧКИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ТИТАНАТЕ СТРОНЦИЯ

В.С. Горелик, Г.Г. Митин

Обнаружены два изочастотных максимума комбинационного рассеяния вблизи точки структурного перехода в титанате стронция. Установлено отсутствие "насыщения" частоты мягких мод при приближении к точке перехода вплоть до 7 см^{-1} .

Переход титаната стронция из кубической (O_h^1) в тетрагональную фазу (D_{4h}^{18}) при температуре 110 К представляет интерес как пример простейшего антидисторсионного перехода с удвоением ячейки. Данный фазовый переход связывают с размягчением поперечной акустической моды, соответствующей границе зоны Бриллюэна в кубической фазе. Для волнового вектора $K = 0$ колебательный спектр кристалла в кубической фазе состоит из оптических и акустических ветвей, относящихся к типам симметрии $3F_{1u}$, F_{2u} и F_{1u} , и запрещенных для процессов комбинационного рассеяния (КР) света первого порядка. Из-за понижения точечной симметрии кристалла ниже точки фазового перехода снимается вырождение мягкой моды и в колебательном спектре возникают компоненты с симметрией типа A_{1g} и E_g , активные в спектре КР. Изучение температурной зависимости параметра порядка для этого перехода методом электронного парамагнитного резонанса показало /1/, что титанат стронция проявляет неклассическое критическое поведение в области температур порядка 10 К в окрестности точки перехода.

Исследование динамики фазового перехода в этом кристалле /2–5/ проводилось, в частности, методами рассеяния медленных нейтронов и КР /2, 5/. Были изучены температурные зависимости характеристик компонент мягкой моды с симметрией типов A_{1g} и E_g /3, 4/. В этих работах удалось проследить за сдвигом частоты мягкой моды с симметрией типа A_{1g} в окрестности фазового перехода до значения $\nu_{\text{min}} = 12 \text{ см}^{-1}$. При дальнейшем приближении к точке перехода линия в спектре КР, соответствующая мягкой моде, практически отсутствовала /4/. На основании этого в работе /4/ был сделан вывод о возможности "насыщения"

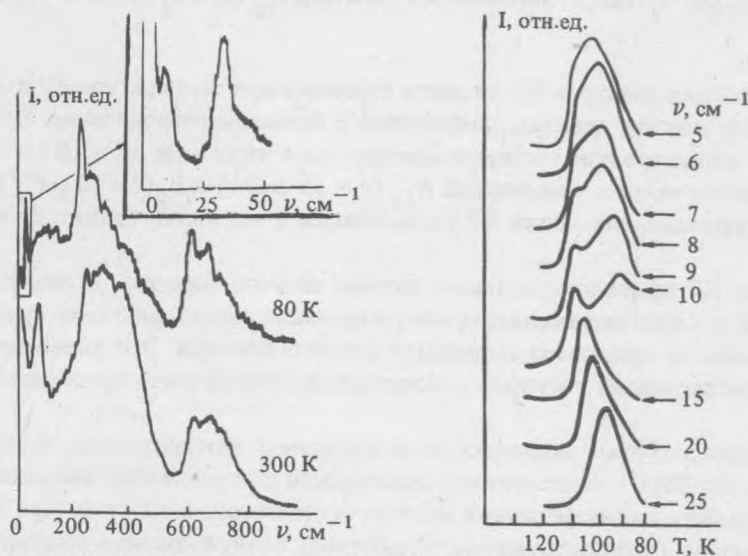


Рис. 1. Общий вид спектров КР титаната стронция при $T = 300$ и 80 К. На вставке приведен низкочастотный участок спектра КР титаната стронция при $T = 80$ К.

Рис. 2. Температурные зависимости спектральной интенсивности КР для $\nu = 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25 \text{ см}^{-1}$.

частоты мягкой моды при дальнейшем приближении к точке перехода. Дополнительная информация о характере поведения мягкой моды в титанате стронция в окрестности фазового перехода может быть получена из анализа температурных зависимостей интенсивности линий КР на частотах $\nu < 10 \text{ см}^{-1} / 5/$.

В настоящей работе приведены данные по исследованию таких зависимостей при частотах ν от 5 до 25 см^{-1} . Температурные зависимости интенсивности КР в номинально чистых монокристаллах титаната стронция получены по изочастотной методике /6, 7/. Для согласования полученных на основе изочастотной методики результатов с данными обычных (изотемпературных) исследований получены также обычные спектры КР в широком интервале температур: как вблизи, так и вдали (выше и ниже) от точки фазового перехода из кубической в тетрагональную фазу.

Регистрация спектров КР проводилась на спектрометре ДФС-24 при спектральной ширине щели $0,5 - 1,0 \text{ см}^{-1}$ в девяностоградусной геометрии рассеяния. В качестве источников возбуждающего излучения использовались гелий-неоновый лазер ЛГ-79 и лазер на парах меди ИЛГИ-101. Исследуемые образцы размером $10 \times 7 \times 1 \text{ мм}^3$ крепились на хладопроводе криостата, температура которого вблизи образца измерялась термопарой. Изочастотные зависимости регистрировались на двухкоординатном потенциометре.

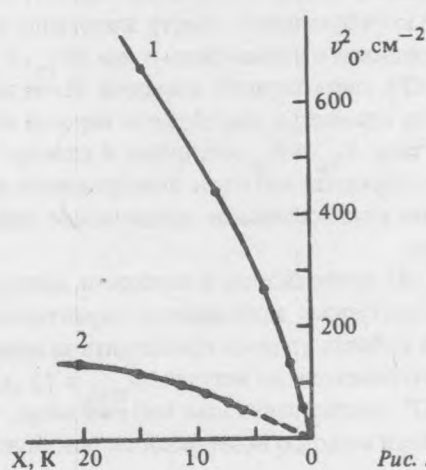


Рис. 3. Зависимость ν_0^2 для мод A_{1g} (1) и E_g (2) от $X = T_c - T$.

На рис. 1 приведен общий вид спектров КР титаната стронция при температуре 80 и 300 К. На вставке представлен низкочастотный участок спектра, полученный с большим разрешением. Как видно из рисунка, при температуре 80 К в спектре присутствуют максимумы с частотами 35 и 10 см^{-1} . Данные линии идентифицированы как мягкие моды с симметрией A_{1g} ($\nu = 35 \text{ см}^{-1}$) и E_g ($\nu = 10 \text{ см}^{-1}$). При повышении температуры частоты соответствующих линий КР уменьшаются и эти линии сливаются с крылом возбуждающей линии.

Отметим, что в спектре КР проявляются также полосы второго порядка. В низкочастотной области они имеют вид континуума со слабо выраженными максимумами и характеризуются существенно меньшей спектральной интенсивностью по сравнению с линиями первого порядка. Это позволяет при проведении количественного анализа наблюдаемых спектров основываться лишь на учете процессов КР первого порядка.

На рис. 2 приведены температурные зависимости спектральной интенсивности, отсчитанной от уровня фона, при фиксированных частотах — изочастотные зависимости для различных значений ν . Была получена также изочастотная зависимость на несмещенной частоте, соответствующей $\nu = 0$. При этом сигнал ослаблялся фильтрами на величину, соответствующую ослаблению возбуждающего излучения используемым двойным монохроматором на частоте $\nu = 5 \text{ см}^{-1}$. Каких-либо аномалий в точке перехода для $\nu = 0$ не обнаружено. В то же время для неупругого рассеяния ($\nu \neq 0$) на изочастотных зависимостях обнаружены один или два максимума.

Резкий максимум на изочастотных зависимостях для частот $\nu = 10, 15, 20$ и 25 см^{-1} (рис. 2) связан с проявлением мягкой моды типа A_{1g} , а аномалии на изочастотных зависимостях для $\nu < 10 \text{ см}^{-1}$ определяются поведением как моды типа A_{1g} (максимум, проявляющийся при более высокой температуре), так и моды типа E_g . На частотах $\nu = 5, 6, 7 \text{ см}^{-1}$ максимумы, связанные с отдельными модами, практически сливаются. При уменьшении ν интенсивность изочастотных максимумов возрастает, а их положение смещается в сторону температуры фазового перехода T_c .

Из полученных изочастотных зависимостей можно получить соответствующие значения частоты мягкой моды ν_0 . При условии, что коэффициент затухания мягкой моды Γ слабо зависит от температуры в окрестности перехода, имеет место следующее соотношение $7, 8/ : \nu_0^2 = \nu\sqrt{\Gamma^2 + \nu^2}$. Из анализа обычных спектров КР (рис. 1, вставка) определена ширина $\Gamma = 10 \text{ см}^{-1}$. Рассчитанные значения частот ν_0 мягких мод при различных температурах приведены на рис. 3. Данные по ν_0 получены также для температур, соответствующих передемпфированным мягким модам, когда в обычном спектре КР остается лишь широкое крыло. Из рис. 3 видно, что не происходит "насыщения" частоты мягких мод вплоть до значения $\nu_0 = 7 \text{ см}^{-1}$.

Кроме того, за десять градусов до точки перехода обнаружен нелинейный ход температурной зависимости ν_0^2 . Такая нелинейная зависимость согласуется с данными работ [1, 3], в которых установлено, что в этой области температур соответствующий критический индекс $\gamma = 2/3$. Точки, полученные из изочастотных зависимостей, также хорошо ложатся на "неклассическую" кривую $\nu_0^2(X)$, соответствующую значению критического индекса $\gamma = 2/3$ в окрестности точки перехода $X_0 = T_c - T_0 < 5 \text{ К}$. Температура фазового перехода для отдельных образцов определялась по точке пересечения экстраполированных до $\nu = 0$ зависимостей $T_0(\nu)$ для мод A_{1g} и E_g .

Таким образом, в настоящей работе обнаружены два изочастотных максимума интенсивности КР, соответствующие двум типам мягких мод, ответственных за структурную неустойчивость кристаллической решетки титаната стронция. На основе полученных данных установлено, что не происходит "насыщения" частоты мягкой моды вплоть до $\nu_0 = 7 \text{ см}^{-1}$. Построены температурные зависимости частот мягких мод A_{1g} и E_g типов в условиях их сильного затухания. Показано, что в окрестности точки перехода наблюдается нелинейная зависимость квадрата частоты мягких мод от температуры, хорошо совпадающая с "неклассической" кривой, соответствующей значению критического параметра $\gamma = 2/3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Muller K. A., Berlinger W. Phys. Rev. Lett. **26**, 13 (1971).
2. Shapiro S. M. Phys. Rev. **86**, 4332 (1972).
3. Stegmeir E. F., Andersset H. Solid State Communications, **12**, 565 (1973).
4. Bruce D. A., Stirling W. J. J. Phys. C, **16**, 841 (1983).
5. Дудак И. А. и др. Препринт ФИАН № 66, М., 1987.
6. Горелик В. С. Изв. АН СССР, сер. физ., **49**, 282 (1985).
7. Горелик В. С. Труды ФИАН, **180**, 221 (1987).
8. Гинзбург В. Л., Леванюк А. П., Собянин А. А. УФН, **130**, 615 (1980).

Поступила в редакцию 10 сентября 1990 г.