

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ФОРМЫ ФОНОННЫХ ЛИНИЙ КР В СЛОИСТЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ

А. А. Аникьев, В. М. Бурлаков, М. Р. Яхьяев

Исследование формы спектральных линий может дать ценнейшую информацию об однородности системы и ее низкочастотной динамике. Если связь формы линии поглощения или комбинационного рассеяния света (КРС) со степенью и характером неоднородности системы довольно хорошо изучена (по крайней мере для слабо разупорядоченных систем) [1], то влияние низкочастотной динамики на этот параметр исследовано явно недостаточно. Суть дела здесь заключается в том, что колебание с временем жизни τ воспринимает медленные движения, с которыми оно взаимодействует, как статические, если $\omega \ll \tau^{-1}$, где ω^{-1} — характерное время этого движения. Исследуя температурную зависимость формы линии КРС, соответствующей упомянутому колебанию, можно, таким образом, определить температурные области существования в системе релаксационной или низкочастотной колебательной динамики.

В настоящей работе сообщается об исследованиях параметров низкочастотной линии КРС в изоструктурных соединениях $TlGaSe_2$, $TlInS_2$ и $Tl(InS_2)_{1-x}(FeSe_2)_x$, проявляющих сегнетоэлектрические свойства.

Исследования спектров КРС и определение параметров линий производились по методике, детально описанной в [2, 3].

Детальное исследование параметров низкочастотного спектра КРС слоистых сегнетоэлектриков при различных температурах выявило наряду с наличием мягкой моды [4-6] еще одну особенность — аномальное поведение формы интенсивной линии $\omega \approx 20 \text{ см}^{-1}$ (рис. 1). Первоначально этот эффект был зарегистрирован в спектре $TlInS_2$ [7], впоследствии были получены аналогичные результаты для изоструктурного соединения $TlGaSe_2$ и твердого раствора $Tl(InS_2)_{1-x}(FeSe_2)_x$. Характерным для зависимости $N(T)$ ($N=100(I(\omega_0+S)/I(\omega_0))$ — параметр формы, равный 6.25 для гауссовой и 20 для лоренцевой линий; I, ω_0, S — интенсивность, частота максимума и полуширина линии) является относительно резкий и значительный по величине спад величины N при уменьшении температуры и наличие слабо выраженной аномалии при $T \leq T_c$ (T_c — температура сегнетоперехода) (рис. 2).

Изменение формы линии в общем случае можно рассматривать как следствие конкуренции двух механизмов уширения — квазистатического, приводящего к неоднородному уширению, и динамического (распадного или модуляционного), приводящего к неоднородному уширению. В [8] было показано, что динамический механизм, если он обусловлен динамической параметра порядка вблизи T_c , может привести к нестационарному неоднородному уширению. При этом форма линии стремится к гауссовой при приближении к T_c снизу, а выше T_c вновь восстанавливается до первоначальной, каковой была при $T \ll T_c$. Именно такое поведение формы полосы

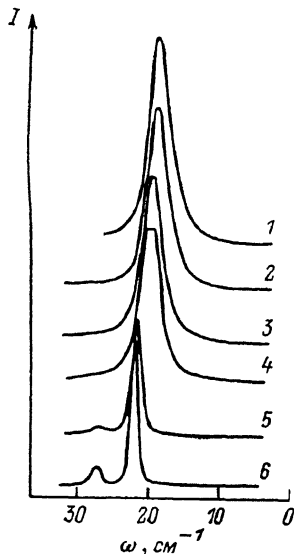


Рис. 1. Линия $KPTl InS_2$, проявляющая аномальное поведение формы контура.

T, K : 1 — 236, 2 — 198, 3 — 179, 4 — 163, 5 — 100 6 — 20.

в спектре $\epsilon''(\omega)$ при $\omega \approx 311 \text{ см}^{-1}$ было обнаружено в TlInS_2 [9]. Слабо выраженная аномалия $N(T)$ вблизи T_c в обсуждаемом случае объясняется, по-видимому, аналогичным механизмом. Заметим, что величина аномалии намного меньше той, что наблюдалась для высокочастотной моды [9] (рис. 3), у которой время жизни в несколько раз меньше и, следовательно, легче выполняется условие $\omega \ll \tau^{-1}$.

Особенно необычным является изменение формы линии в сторону гауссовой при понижении температуры во всех трех соединениях. Заметим, что этот эффект нельзя объяснить выявлением при низких температурах неоднородной ширины линии за счет уменьшения ангармонической однородной ширины, поскольку в TlGaSe_2 , например, полуширина линии в обсуждаемой области температур изменяется незначительно. Естественно предположить, что обе аномалии $N(T)$ (вблизи T_c и при низких температурах) имеют одну и ту же природу — неоднородное распределение параметра

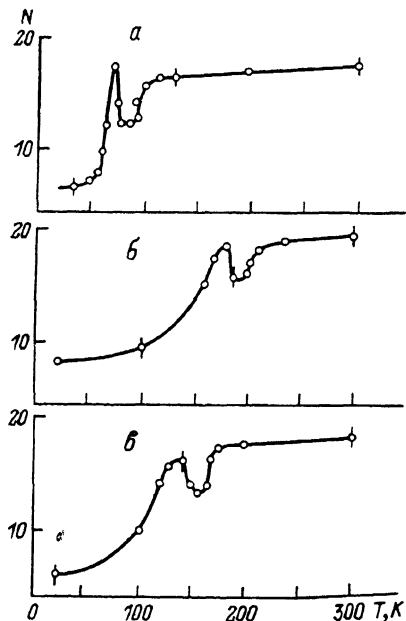


Рис. 2. Температурные зависимости параметра формы низкочастотной линии КР $\omega \approx 20 \text{ см}^{-1}$ в слоистых сегнетоэлектриках TlGaSe_2 (а), TlInS_2 (б), $\text{Tl}(\text{InS}_2)_{0.999}(\text{FeSe}_2)_{0.001}$ (в).

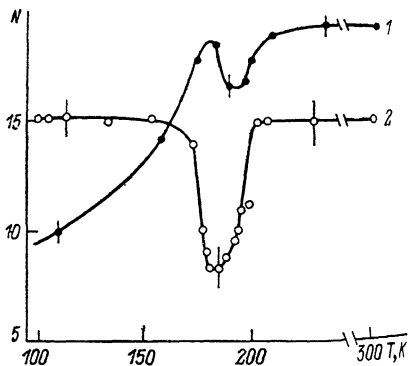


Рис. 3. Температурные зависимости параметра формы линии КРС $\omega = 20 \text{ см}^{-1}$ (1) и полосы ИК поглощения $\omega = 310 \text{ см}^{-1}$ (2) в TlInS_2 .

порядка сегнетоперехода. Такое распределение может возникнуть, например, в результате замедления низкочастотной динамики доменной структуры (закрепление доменных границ) и возникающими в связи с этим статическими или квазистатическими полями напряжений или же в результате фазового перехода в некоторую хаотическую фазу, как например, в органическом сегнетоэлектрике [10]. Для более однозначного ответа на вопрос о природе неоднородностей необходимы дополнительные исследования структуры и диэлектрических потерь в низкотемпературной фазе. Изучение последних позволит выяснить особенности низкочастотной динамики неоднородной фазы.

В заключение заметим, что на наибольшее влияние на форму линии оказывают неоднородности, масштаб которых порядка или больше длины когерентности соответствующего колебания. Поскольку в зависимости $N(T)$ высокочастотной полярной моды отсутствует низкотемпературная аномалия (рис. 3), можно предположить, что длина когерентности колебания $\omega \approx 20 \text{ см}^{-1}$ существенно меньше, чем у $\omega \approx 311 \text{ см}^{-1}$. Следовательно, размер неоднородностей, вызывающих низкотемпературную аномалию формы контура линии $\omega = 20 \text{ см}^{-1}$, существенно меньше размера квазистатических флуктуаций параметра порядка вблизи T_c , вызывающих аномалию в $N(T)$ обоих колебаний. На основании этих соображений можно предположить,

что в слоистых кристаллах семейства $TlGaSe_2$, после перехода в сегнето-электрическую упорядоченную фазу реализуется переход в хаотическую фазу.

Список литературы

- [1] Stoneham A. M. // Rev. Mod. Phys. 1969. V. 41. N 1. P. 82.
- [2] Бурлаков В. М., Виноградов Е. А., Мельник Н. Н., Яхьеев М. Р., Рябов А. П. // Препринт ИСАН. Троицк, 1988. № 5. 34 с.
- [3] Бурлаков В. М., Митько А. Г., Рябов А. П. // Препринт ИСАН. Троицк, 1988. № 15. 30 с.
- [4] Кульбушев Б. С., Рабкин Л. М., Торгашев В. И., Юзюк Ю. И. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 1. С. 135—138.
- [5] Бурлаков В. М., Виноградов Е. А., Яхьеев М. Р., Рябов А. П., Мельник Н. Н., Умаров Б. С., Авицкий А. А. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 9. С. 2847—2851.
- [6] Бурлаков В. М., Виноградов Е. А., Гасанлы Н. М., Мельник Н. Н., Рябов А. П., Яхьеев М. Р. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 6. С. 1734—1737.
- [7] Бурлаков В. М., Виноградов Е. А., Мельник Н. Н., Гасанлы Н. М., Рябов А. П., Яхьеев М. Р. // Препринт ИСАН. Троицк, 1988. № 4. 26 с.
- [8] Бурлаков В. М., Митько А. Г. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 11. С. 3215—3218.
- [9] Бурлаков В. М., Виноградов Е. А., Нуров Ш., Гасанлы Н. М., Исмаилов Я. Г. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 11. С. 3365—3369.
- [10] Lowinger A. J. // Macromol. 1983. V. 16. N 9. P. 1529—1534; Lowinger A. J. e. a. // J. Appl. Phys. 1984. V. 56. N 9. P. 2412—2418. Lowinger A. J. a. a. // Macromol. 1988. V. 21. N 1. P. 78—83.

Институт спектроскопии АН СССР
Троицк

Поступило в Редакцию
31 марта 1989 г.

УДК 539.214 : 548.4

© Физика твердого тела, том 32, № 7, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 7, 1990

ТОРМОЖЕНИЕ КИНКОВ ФЛУКТУАЦИЯМИ ПЛОТНОСТИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ

Б. В. Петухов

При изучении подвижности дислокаций в кристаллах с высоким рельефом Пайерлса был установлен следующий эмпирический закон [1]: $V = v_0 F^m \exp\{-E/kT\}$. Здесь V — скорость дислокаций, F — внешняя сила, v_0 — нормирующий множитель. При достаточно низких значениях силы энергии активации является постоянной и вся зависимость V от F описывается множителем F^m . Величина m меняется от 1—3 в ковалентных до 4—10 (а иногда и выше) в ионных и металлических материалах. Такая неуниверсальность зависимости скорости от силы свидетельствует, как можно было бы подумать, о неуниверсальности механизма движения. Для обсуждаемого чаще всего механизма термоактивируемого рождения и распространения перегибов (кинков) теория предсказывает в области малых нагрузок линейную зависимость $V \sim F$ [2]. Поэтому важной проблемой кинкового механизма является поиск причин нелинейности и неуниверсальности зависимости скорости дислокаций от внешней силы. В настоящей работе предлагается возможное объяснение, основанное на специфике торможения кинков примесями или другими точечными дефектами кристалла (ТД), обладающими достаточно малой подвижностью (т. е. при условии, что энергия миграции ТД превышает его энергию связи U с дислокацией).

С целью определить влияние ТД на подвижность кинка рассчитаем время преодоления кинком барьера, образованного флуктуационным скоплением ТД на некоторой длине l . Мы будем интересоваться скоплениями, приводящими к большим временам задержки, плотность ТД в которых $\rho \gg \bar{\rho}$ ($\bar{\rho}$ — средняя плотность ТД вдоль линии дислокации). Время