

ВЛИЯНИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОНОКРИСТАЛЛАХ ТРИГЛИЦИНСУЛЬФАТА

Б.А.Струков, Е.Д.Якушин

Обнаружено влияние крупномасштабных неоднородностей на упругие аномалии кристаллов триглицинсульфата вблизи температуры фазового перехода. Показано, что в бездефектном кристалле не наблюдается аномальных "пиков" в температурной зависимости упругого модуля при $|T - T_c| \gtrsim 0,02\text{К}$, а в точке фазового перехода наблюдается скачок, предсказываемый теорией Ландау – Гинзбурга.

Известно, что подавление флуктуаций поляризации дальнедействующими кулоновскими силами в одноосных сегнетоэлектриках приводит к расширению области применимости феноменологической теории Ландау –

Гинзбурга (по сравнению с многоосными сегнетоэлектриками и фазовыми переходами неэлектрической природы).

Одноосные кристаллы триглицинсульфата (ТГС) являются модельными для теории фазовых переходов второго рода. Детальное экспериментальное исследование особенностей термодинамических величин вблизи точки фазового перехода (T_c) в этих кристаллах представляет интерес как для проверки выводов теории, так и для проверки используемых в теории методов [1 – 3]. В этих и близких по составу кристаллах, в экспериментах различных авторов наблюдались аномалии лямбда-типа вблизи T_c для теплоемкости [4], упругих модулей [5], коэффициента теплового расширения [6], которые связываются с наличием флуктуационных эффектов в области температур, где выполняется критерий Леванюка – Гинзбурга [2]. Вместе с тем имеются работы, где вблизи T_c аномалий не наблюдалось [7].

Ранее нами была обнаружена слоистая дефектная структура кристаллов ТГС, выращенных в сегнетоэлектрической фазе [8]. Было установлено, кроме того, что кристаллы, полученные выше T_c , не имеют такой дефектной макроструктуры и являются упругооднородными. Условия выращивания определяют, таким образом, степень дефектности и однородность распределения примесей в кристаллах.

Для выяснения влияния обнаруженных дефектов на термодинамическое поведение кристалла в области фазового перехода были исследованы критические аномалии скорости и поглощения ультразвуковых волн частотой ~ 10 мГц в интервале $|T - T_c| < 0,3$ К акустооптическим методом [9] в кристаллах, выращенных выше T_c ("чистые кристаллы") и ниже T_c ("дефектные кристаллы").

Перед измерениями все образцы кристаллов ТГС отжигались в течение 4 – 5 часов при температуре 90 – 100 °С. Точность измерения и стабилизации температуры была не хуже 10^{-3} К.

Измерения, проведенные на дефектных кристаллах (пунктирные линии на рис. 1 и рис. 2) совпадают с полученными ранее [5, 10]. На чистых же кристаллах оказалось, что скорость продольного звука, распространяющегося перпендикулярно сегнетоэлектрической оси, не зависит от температуры вплоть до $|T - T_c| \approx 0,02$ К, а при $T = T_c$ испытывает скачок, предсказываемый теорией Ландау – Гинзбурга (рис. 1). Измерения при меньших $|T - T_c|$ затруднены из-за большого поглощения звуковых волн. Скорость звука при распространении волны вдоль сегнетоэлектрической оси не испытывает наблюдавшейся ранее аномалии [5], что согласуется с теорией учитывающей дальнедействующее диполь-дипольное взаимодействие в идеальном кристалле [11].

Обнаруженные ранее в кристаллах ТГС аномалии связывались с усилением флуктуаций поляризации вблизи T_c . Однако, получавшиеся из эксперимента оценки величины корреляционного параметра теории ($\delta \sim 10^{-16}$ см²) [5] находились в определенном противоречии с идеей феноменологического подхода: объемная энергия кристалла должна быть порядка корреляционной при изменении поляризации на расстояниях l , во всяком случае не меньших расстояния между элементарными диполями a . В данном случае оказывалось, что $l \sim (\delta/2T_c)^{1/2} \sim \sim 1,3 \cdot 10^{-8}$ см, тогда как для кристаллов ТГС $a \sim 5 \cdot 10^{-8}$ см.

Из наших экспериментов ясно, что флуктуации поляризации не скажутся вплоть до $|T - T_c| \approx 0,02\text{K}$, а аномалии скорости звука, наблюдаемые в кристаллах, выращенных ниже T_c , обусловлены присутствием дефектной структуры. Таким образом, можно заключить, что если при $|T - T_c| \leq 0,02\text{K}$ и существует область температур, где флуктуации существенны, то величина корреляционного параметра должна быть больше, а величины соответствующих поправок — меньше. Из измерений коэффициента поглощения звука в бездефектном кристалле в параэлектрической фазе (рис. 2) следует, что $\delta \sim (10 + 15) \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$, что представляется более адекватным ситуации в идеальных одноосных сегнетоэлектриках и лучше коррелирует с оценками аномальных величин из флуктуационной теории [12].

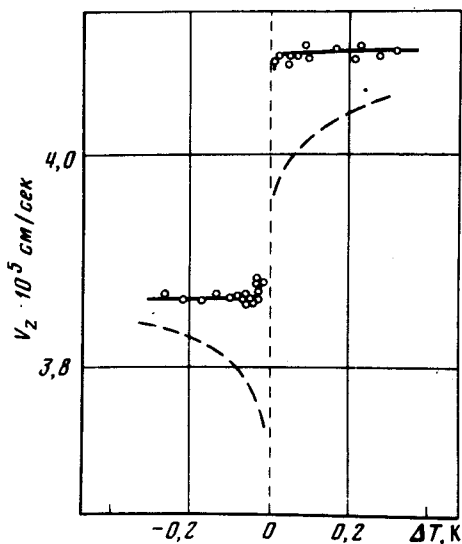


Рис. 1. Температурная зависимость скорости квазипродольной звуковой волны, распространяющейся вдоль оси z , в окрестности T_c кристалла ТГС (пунктиром показана температурная зависимость скорости звука в дефектном кристалле)

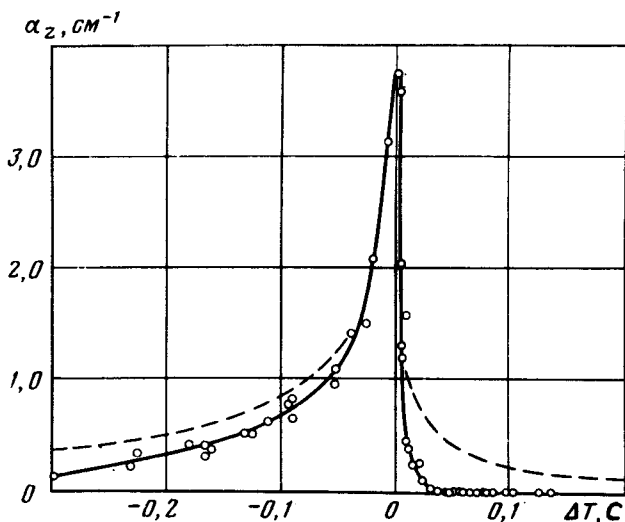


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициента поглощения квазипродольной звуковой волны, распространяющейся вдоль оси z , в окрестности T_c кристалла ТГС (пунктиром показана аналогичная зависимость в дефектном кристалле)

Практически все исследования по критическим явлениям в кристаллах ТГС проведены на кристаллах, выращенных ниже T_c . Можно предполагать, что бездефектные кристаллы ТГС вблизи T_c будут иметь температурные зависимости теплоемкости и коэффициента теплового

расширения, аналогичные полученной нами температурной зависимости адиабатической упругости, т. е. в бездефектных кристаллах соответствующие величины должны вести себя как и в идеальной системе, рассматриваемой теорией Ландау – Гинзбурга, по крайней мере до $|T - T_c| \approx 0,02\text{K}$.

В последнее время в литературе обсуждается вопрос о влиянии дефектов на поведение кристалла вблизи T_c [13, 14]. Наши данные подтверждают вывод о том, что определенным образом внедренные в кристаллическую решетку примеси могут не "размывать", а усиливать аномалии при фазовых переходах второго рода.

В заключение мы выражаем глубокую благодарность М.Ф.Колдобской, вырастившей монокристаллы ТГС, и В.А.Мелешиной за содействие работе и обсуждение результатов.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
19 мая 1978 г.

Литература

- [1] Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика. М., изд. Наука, 1976.
- [2] В.Л.Гинзбург. ФТТ, 2, 2031, 1960.
- [3] А.И.Ларкин, Д.Е.Хмельницкий. ЖЭТФ, 56, 2087, 1969.
- [4] Б.А.Струков. ФТТ, 6, 2862, 1964.
- [5] Б.А.Струков. С.К.Кханна, К.А.Минаева. ФТТ, 18, 3318, 1976.
- [6] K.Imai. J. Phys. Soc. Jap., 43, 1320, 1977.
- [7] K.Deguchi, E.Nakamura. Phys. Lett., 60A, 351, 1977.
- [8] Б.А.Струков, Е.Д.Якушкин. ФТТ, 20, 1538, 1978.
- [9] Б.А.Струков, Е.Д.Якушкин, К.А.Минаева, В.И.Телешевский. ПТЭ, №1, 192, 1978.
- [10] Б.А.Струков, К.А.Минаева, С.К.Кханна. Изв. АН СССР, сер, физ., 41, 685, 1977.
- [11] С.Я.Гегузина, М.А.Кривоглаз. ФТТ, 9, 3095, 1967.
- [12] И.Ф.Люксютов. ЖЭТФ, 73, 732, 1977.
- [13] Д.Е.Хмельницкий. ЖЭТФ, 68, 1960, 1975.
- [14] А.П.Леванюк, В.В.Осипов, А.А.Собянин. Теория рассеяния света в твердых телах. Труды I Советско-Американского симпозиума по рассеянию света в твердых телах, М., изд. Наука, 1976.