

КРИТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТИТАНАТА СВИНЦА ВБЛИЗИ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

С.Т.Кириллов, Ю.Г.Плахотников

Методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) обнаружена широкая критическая область с флуктуационным уширением линии ЭПР в сегнетоэлектрическом титанате свинца и отчетливым переходом к классическому поведению по теории Ландау при более низких температурах.

В настоящее время наблюдение статиче- неклассического критическо- го поведения вблизи антиферро- и ферродисторсионных фазовых пере- ходов второго рода ограничивается исследованиями ЭПР Мюллера и др. в кристаллах перовскитов SrTiO_3 и LaAlO_3 [1]. Соответствующий те- ории Ландау индекс $\beta = 0,5$ проявляется в этих веществах далеко от T_c с переходом к критическому значению $\beta = 0,33$ при $\epsilon = (T_c - T)/T_c < 0,1$. Ниже сообщается о первом наблюдении широкой критической области $\epsilon \approx 0,1$ в известном сегнетоэлектрике PbTiO_3 в районе ($T_c \approx 766$ К) сег- нетоэлектрического перехода из тетрагональной фазы в кубическую. Аномально протяженное критическое поведение локального кристал- лического поля в PbTiO_3 обнаружено методом ЭПР примесных ионов Fe^{3+} , замещающих в кристаллической решетке ионы Ti^{4+} , и выража- ется в статических свойствах (индекс $\beta \approx 0,25$) и динамическом флук-

туационном уширении линии ЭПР. Измерения ЭПР ($\lambda = 3$ см) проведены в интервале 295 – 860 К на качественных монокристаллах PbTiO_3 , полученных из системы $\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$ [2]. Концентрация $\text{Fe}^{3+} \sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$ отвечает достаточному магнитному разбавлению, что подтверждается экспериментами по стационарному насыщению линий ЭПР Fe^{3+} в PbTiO_3 и исследованием двойного электрон-электронного резонанса в данной системе [3]. В этом случае можно оценивать температурную зависимость скорости электронной спин-решеточной релаксации $T_{1e}^{-1} \propto \Delta H_{pp}(T)$ вдали от T_c и рассматривать критическую зависимость ширины линии ΔH_{pp} вблизи точки перехода. На рис. 1 изображены приведенные к линейному виду температурные зависимости ширины линии ЭПР Fe^{3+} в PbTiO_3 при ортогональной ориентации внешнего магнитного поля \mathbf{H}_0 относительно кристаллографического направления [001].

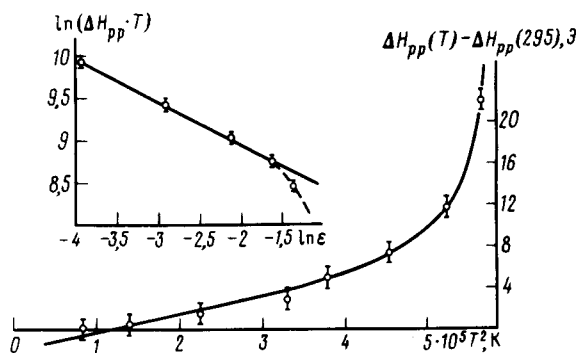


Рис. 1. Температурная зависимость ширины линии ЭПР Fe^{3+} в PbTiO_3

При $295 < T < 580$ К зависимость $\Delta H_{pp}(T) \propto T_{1e}^{-1}$ отвечает рамановскому двухфононному процессу спин-решеточной релаксации. Вблизи фазового перехода ($\epsilon \lesssim 0,1$) линейная зависимость $\ln(\Delta H_{pp} T)$ от $\ln \epsilon$ ясно свидетельствует об уширении линии ЭПР флуктуациями параметра порядка [4], в данном случае флуктуациями поляризации и кристаллического поля в положении Ti^{4+} . Существование поляризации области $\epsilon \approx 0,1$ в PbTiO_3 подтверждается температурной зависимостью фактора расщепления в нулевом поле D (рис. 2), измеренного по отклонению эффективного g -фактора ($\mathbf{H}_0 \perp [001]$) от значения g_{\perp} для ионов Fe^{3+} в сильном аксиальном кристаллическом поле [5]. Для $0,4 < t < 0,9$ ($t = T/T_c$) ход зависимости $D(T)$ соответствует теории Ландау с $\beta \approx 0,5$, если принять соотношение $D = CP_S^2$ (P_S – спонтанная поляризация), которое хорошо выполнялось во многих исследованиях [6]. При $t \gtrsim 0,9$ существует заметное отклонение от результатов приближения молекулярного поля и $\beta \approx 0,25$. Это также расходится со статической критической зависимостью в SrTiO_3 и LaAlO_3 , соответствующей трехмерной модели Изинга с $\beta = 0,33$, и, по-видимому, является следствием природы сегнетоэлектрического перехода первого рода в PbTiO_3 , для которого, можно ожидать [7], критическая область мала. Тем не менее, в PbTiO_3 критическая область по величине примерно та же, что и в изоморфных титанату свинца несобственных сегнетоэлектриках с "чистым" переходом второго рода и недодемпфированными мягкими модами SrTiO_3 и LaAlO_3 [1].

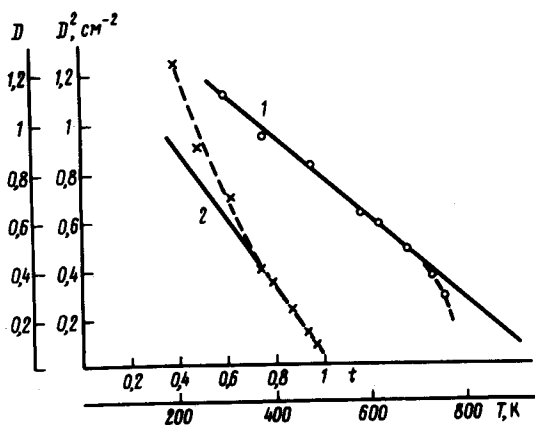


Рис. 2. Температурная зависимость фактора расщепления в нулевом поле: 1 - $D = D(T)$, 2 - $D^2 = D^2(t)$

Таким образом, титанат свинца оказался одним из первых сегнетоэлектриков — перовскитов, в котором в шкале измеряемых методом ЭПР частот динамики решетки и статических свойств существуют развитые критические явления.

Научно-исследовательский институт механики и прикладной математики

Поступила в редакцию
18 сентября 1981 г.

Литература

- [1] Лайнс М., Гласс А. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы, М.: Мир, 1981.
- [2] Фесенко Е.Г. и др. Кристаллография, 1972, 17, 153.
- [3] Кириллов С.Т., Пивень Н.П., Бендерский В.А. Тезисы докладов IX Всесоюзного совещания по сегнетоэлектричеству. Ростов-на-Дону, 1979, ч. 2, 200.
- [4] Müller K.A., Th. von Waldkirch. In "Local Properties at Phase Transitions", Amsterdam 1976, 231.
- [5] Кириллов С.Т. и др. Изв. СКНЦ ВШ. Естественные науки, 1978, №1, 35.
- [6] Lewis O., Wessel G. Phys. Rev., 1976, 13, 2742.
- [7] Гинзбург В.Л. ФТТ, 1960, 2, 1824.