

ФЛУКТУАЦИИ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЧ ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ  
В ТИТАНАТЕ БАРИЯ

24

*В.В.Богатко, Г.М.Гуро, И.И.Иванчик, Н.Ф.Ковтонок*

В теоретических работах [1 – 3] выдвинуто представление об областях с аномально высокой (порядка  $10^{20} \text{ см}^{-3}$ ) концентрацией свободных носителей, расположенных вблизи торцов сегнетоэлектрических доменов. Для проверки этого представления экспериментально исследованы излучение света, сопровождающее каждый акт переполяризации  $\text{BaTiO}_3$  [4] и поглощение СВЧ в титанате бария [5]. Проведенные опыты согласуются с представлением об экранировке спонтанной индукции в сегнетоэлектриках с помощью свободных носителей [1 – 3]. В частности, в работе [5] показано, что поглощение СВЧ в  $\text{BaTiO}_3$  происходит особенно интенсивно в момент переполяризации, т.е. тогда, когда торцы доменов прорастают сквозь кристалл. В связи с этим возникает предположение, что поглощение СВЧ должно быть особенно заметным в точке Кюри, где домены исчезают (или образуются) одновременно с экранирующими их свободными зарядами. Данная работа посвящена проверке такого предположения. Нами обнаружено, что при переходе кристалла через температуру Кюри происходят интенсивные флуктуации поглощения СВЧ, которые указывают на наличие сильных динамических процессов в момент фазового перехода.

Эксперимент проводился следующим образом. Монокристалл чистого (т.е. не содержащего специально введенных примесей или дефектов)  $\text{BaTiO}_3$ <sup>1)</sup>, размерами  $0,2 \times 3 \times 3 \text{ мм}$ , снабженный серебряными электродами, помещался в волновод трехсантиметрового диапазона по схеме, описанной в [6] (см. также [5]). Кристалл нагревался (или охлаждался) так, чтобы его температура изменялась с постоянной скоростью. Скорость изменения температуры варьировалась в пределах от  $0,05$  до  $4^\circ\text{C}/\text{сек}$ . Измерялись как поглощенный кристаллом, так и отраженный от него поток СВЧ. Так же, как и в [5], величина

<sup>1)</sup> Авторы благодарны Е.В.Синякову (ДГУ) за предоставление кристаллов.

отраженного потока была на порядок меньше величины поглощенного. Для регистрации как отраженного, так и прошедшего через кристалл потока использовались либо стрелочный прибор, либо осциллограф. Кривая поглощения, снятая с помощью стрелочного прибора, представлена на рис. 1. При наблюдении этой зависимости с помощью мало-

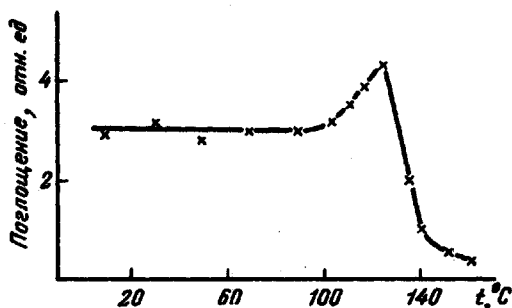


Рис. 1. Зависимость поглощения СВЧ от температуры, снятая с помощью стрелочного прибора

инерционного прибора (осциллограф С-19) со временем пробега луча 5 – 10 сек, в окрестности температуры Кюри видны существенно новые элементы, которые нельзя заметить, если проводить измерения с помощью стрелочного прибора. Вид кривых, наблюдаемых на осциллографе, зависит от скорости изменения температуры образца. Четко различаются малые скорости ( $dT/dt < 0,6^\circ\text{C}/\text{сек}$ ) и большие скорости ( $dT/dt > 0,6^\circ\text{C}/\text{сек}$ ) нагрева (охлаждения). Опишем сначала наблюдения при больших скоростях изменения температуры. На рис. 2,а представлена фотография осциллограммы сигнала пропускания СВЧ (уменьшение сигнала эквивалентно возрастанию поглощения) при скорости нагрева  $dT/dt = 0,7^\circ\text{C}/\text{сек}$ . По мере приближения к температуре Кюри со стороны низких температур наблюдается плавное возрастание поглощения. При температуре перехода поглощение скачком возрастает, после чего сразу скачком падает до уровня, имевшегося в сегнетоэлектрической фазе и далее плавно уменьшается по мере дальнейшего увеличения температуры. Обратный переход (при охлаждении) происходит аналогичным образом. Перейдем теперь к наблюдениям при малых скоростях нагрева (охлаждения). В этом случае зависимость пропускания от времени (т.е. в конечном счете, от температуры), изображенная на фотографии 2,а, разрешается, и становятся видны особенности, которые смазывались при высокой скорости нагрева (охлаждения) образца. На рис. 2,б представлена фотография осциллограммы СВЧ при

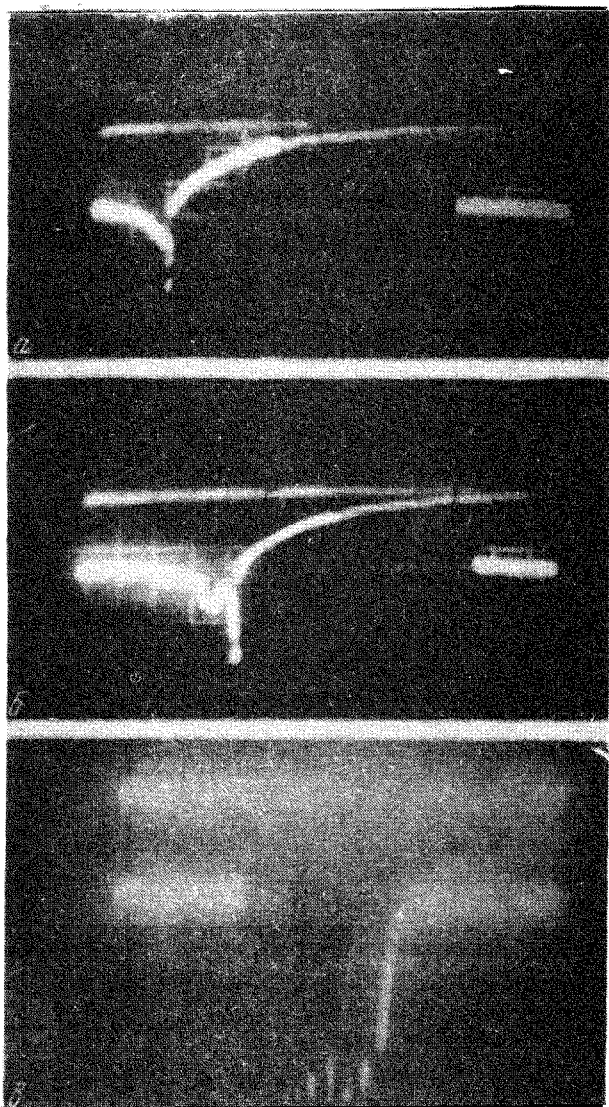


Рис. 2. Фотографии осциллограмм пропускания СВЧ в окрестности точки Кюри: *а* – нагревание со скоростью  $0,7^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ , *б* – нагревание со скоростью  $0,2^{\circ}\text{C}/\text{сек}$  (медленная развертка), *в* – охлаждение со скоростью  $0,2^{\circ}\text{C}/\text{сек}$  (быстрая развертка)

скорости нагрева образца  $dT/dt = 0,2^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ . На этой фотографии отчетливо видны флуктуации поглощения СВЧ, которые происходят перед скачком поглощения. Эти флуктуации происходят в течение вполне определенного интервала времени, длительность которого не изменяется при разных циклах перехода через температуру Кюри, а зависит только от скорости нагрева (охлаждения). Сами же флуктуации носят статистический характер, т.е. форма и момент возникновения отдельной

флуктуации не повторяются при разных циклах перехода через температуру Кюри. Для более отчетливого рассмотрения флуктуаций применялась быстрая развертка осциллографа. На рис. 2, *б* воспроизведены флуктуации при охлаждении со скоростью  $dT/dt = 0,2^\circ\text{C}/\text{сек}$ , наблюдаемые с помощью более быстрой развертки. На этой осциллограмме не видны плавные переходы поглощения в окрестности температуры Кюри. С помощью быстрой развертки была определена минимальная длительность отдельной флуктуации, которая оказалась порядка  $10^{-2}$  сек при  $dT/dt \sim 0,1^\circ\text{C}/\text{сек}^{-1}$ . Максимальная длительность флук-

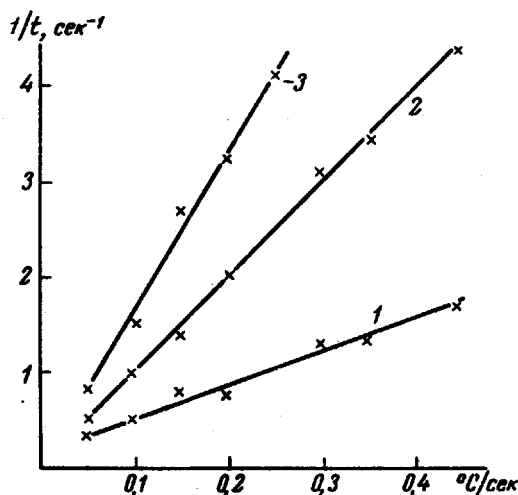


Рис. 3. Зависимость длительности области флуктуаций от температуры для трех кристаллов: 1 —  $\Delta T = 0,3^\circ\text{C}$ , 2 —  $\Delta T = 0,1^\circ\text{C}$ , 3 —  $\Delta T = 0,06^\circ\text{C}$

туации порядка  $10^{-1}$  сек. Длительность интервала времени в течение которого происходят флуктуации, обратно пропорциональна скорости изменения температуры. В частности, поддерживая с помощью плавной регулировки температуру, при которой происходят флуктуации, мы наблюдали непрерывный режим флуктуаций поглощения СВЧ на протяжении десяти и более минут. Как уже указывалось, хотя сами флуктуации имеют статистический характер, но температурный интервал, в котором они происходят, является константой, характеризующей вещество. На рис. 3 представлены графики зависимости величины  $1/t$ , где  $t$  — интервал времени, в течение которого происходят флуктуации, от скорости нагрева (охлаждения). Из этих графиков видно, что температурный интервал  $\Delta T$ , в котором происходят флуктуации поглощения СВЧ в окрестности фазового перехода, для разных использовавшихся

нами кристаллов варьирует в пределах  $0,06^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 0,3^{\circ}\text{C}$ . Величина  $\Delta T$  не зависит от скорости изменения температуры. Наложение на кристалл постоянного смещающего поля (до  $E \sim 10^4 \text{ в. см}^{-1}$ ) приводит к некоторому увеличению пропускания в сегнетоэлектрической фазе и к сдвигу точки Кюри, но какого-либо заметного влияния на величину скачков поглощения СВЧ и на флуктуации поглощения не оказывает. Не оказывает влияния на этот эффект и наложение переменного поля с частотой  $10^2 - 10^5 \text{ вк}$ ,  $E \sim 10^4 \text{ в. см}^{-1}$ .

Физический институт  
им. П.П.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
25 октября 1968 г.

### Литература

- [1] Г.М.Гуро, И.И.Иванчик, Н.Ф.Ковтонюк. Письма в ЖЭТФ, 5, 9, 1967
- [2] И.И.Иванчик. ФТТ, 3, 3731, 1961.
- [3] Г.М.Гуро, И.И.Иванчик, Н.Ф.Ковтонюк. ФТТ, 10, 135, 1968.
- [4] В.В.Богатко, Г.М.Гуро, И.И.Иванчик, Н.Ф.Ковтонюк. ФТТ, 10, 2094, 1968.
- [5] В.В.Богатко, Г.М.Гуро, И.И.Иванчик, Н.Ф.Ковтонюк. ФТТ (в печати).
- [6] Benedict. Phys. Rev., 109, 1091, 1958.