

37

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛА KDP ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Т.С.Величкина, О.Н.Голубева, О.А.Шустин, И.А.Яковлев

Доменная структура сегнетоэлектрических кристаллов является важной характеристикой пироэлектрической фазы сегнетоэлектриков. Обычный оптический метод изучения доменов, примененный в работах [1, 2] заключается в использовании оптической схемы поляризационного микроскопа, допускающей локальное наблюдение доменов. В своих опытах мы применили два метода: 1) метод фраунгоферовой дифракции света на доменах, применявшийся ранее в [3], 2) теневой (теплеровский) метод наблюдения доменов.

В первом случае доменная структура прозрачного кристалла используется как оптическая фазовая дифракционная решетка. Монокристалл KDP размером $10 \times 10 \times 10$ мм, вырезанный перпендикулярно оси z , помещался в изотермический термостатированный медный блок вакуумного криостата. Блок имел лишь два небольших отверстия для прохождения света. Первичный световой пучок от He-Ne лазера пропусклся сквозь кристалл вдоль его оси z . Дифрагировавший свет выходил из кристалла через окно криостата диаметрально противоположное входному. Температура кристалла измерялась медь-константановой термопарой, включенной в потенциометрическую схему.

Было обращено специальное внимание на формирование первичного светового пучка. Именно, на пути лазерного пучка света помещалась узкая спектрографическая щель, которая могла поворачиваться вокруг оси светового пучка применительно к ориентации доменов, возникающих в кристалле. Очевидно, что при полосатой доменной структуре ориентация щечек щели параллельно границам доменов должна дать наиболее

четкую дифракционную картину. Для того, чтобы сечение светового пучка на выходе из спектрографической щели имело нужную форму узкой плоскости, за щелью располагалась диафрагма, вырезавшая из дифракционной картины на щели максимум нулевого порядка. Этот максимум и являлся тем световым пучком, который дифрагировал затем на доменной структуре кристалла KDP. Наблюдения дифракционной картины производились визуально на экране, расположенном в 2 м от выходного окна криостата, или фотографически. При фотографировании дифракционной картины фотокамера без объектива помещалась так, что плоскость фотопленки была на расстоянии 150 мм от кристалла.

При температуре выше точки фазового перехода KDP, на экране или на фотопленке наблюдался четкий прямоугольный блик светового пучка лазера, прошедшего через спектрографическую щель, диафрагму и кристалл KDP в криостате. При достижении кристаллом температуры фазового превращения на экране (фотопластинке) наблюдались яркие дифракционные картины. Опыт хорошо воспроизводился и был осуществлен десятки раз. Структура дифракционных картин зависела как от температуры кристалла, так и от кинетики изменения этой температуры во времени.

В некоторых опытах дифракционные картины располагались вдоль линии пересечения плоскости xz кристалла с поверхностью экрана. Такая картина дифракции может возникнуть, если домены представляют собой прямоугольные пластинки, стенки которых параллельны плоскости yz . В других опытах дифракционная картина была перпендикулярна к первой картине, что соответствовало образованию доменов со стенками параллельными плоскости xz . В отдельных случаях удавалось наблюдать обе картины одновременно.

В большинстве случаев наблюдаемая дифракционная картина не имела отчетливо выраженной периодичности. В некоторых опытах получалась периодическая дифракционная картина (рис. 1), которая позволяла определить размеры доменов. Периодичность картины в разных опытах была различна, что соответствовало толщинам доменных пластинок $10^{-3} - 10^{-2}$ мм.

Одновременно с наблюдением дифракции света на доменах было проведено непосредственное наблюдение доменов теньвым методом. Для этой цели за кристаллом ставился объектив с фокусным расстоянием 8,5 см, в фокусе которого располагался экранчик, загораживающий центральное светлое пятно. Увеличенное изображение доменов получалось на расстоянии порядка 2 м от кристалла, где возможно было либо

визуальное наблюдение доменов через окуляр с увеличением равным 15х, либо фотографирование доменов на фотопленку (рис. 2, см. вклейку).

Экспериментально найденное распределение числа доменов по их размерам представляют собой симметричную кривую максимумом. Ширина доменов изменяется в пределах от $6 \cdot 10^{-4}$ до $11 \cdot 10^{-4}$ см. В опытах давших наиболее четкие дифракционные картины распределение числа доменов по размерам имело довольно резко выраженный максимум. Положение дифракционных максимумов соответствовало дифракции на решетке, период которой равен $d = 9 \cdot 10^{-4}$ см (рис. 1). Этот же размер домена соответствует максимуму кривой распределения доменов по размерам.

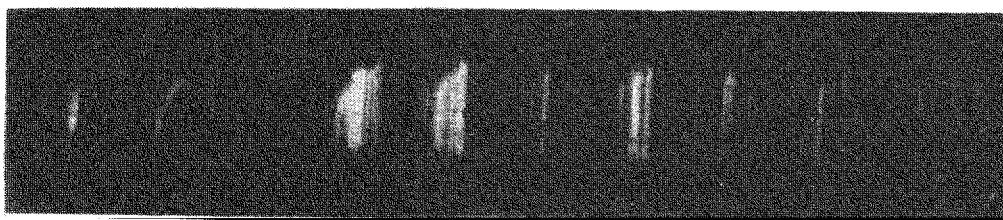


Рис. 1

В том случае, когда в дифракционной картине наблюдались одновременно две взаимно перпендикулярные картины дифракции, непосредственное наблюдение доменов показало, что в освещенной части кристалла присутствуют домены со стенками параллельными плоскости xz , домены со стенками параллельными плоскости yz и переходная область между ними (рис. 3, см. вклейку).

По полученным средним размерам доменов можно определить энергию σ образования единицы поверхности доменной стенки кристалла KDP, воспользовавшись формулой: $\sigma = 3,4d^2P_0^2[(1 + \sqrt{\epsilon_x \epsilon_y})t]^{-1}$, где t — толщина кристалла, P_0 — спонтанная поляризация, ϵ_x и ϵ_y — диэлектрические проницаемости [4]. Подставив в написанную формулу значения $d = 10^{-3}$ см, $t = 1$ см, $P_0 = 4 \cdot 10^{-6}$ к/см² и учитывая, что $2[1 + \sqrt{\epsilon_x \epsilon_y}]^{-1} = 1/5$ получим значение $\sigma = 50 \text{ эрг/см}^2$.

Авторы приносят благодарность А.С.Сонину за предоставление кристаллов KDP оптического качества и И.Л.Фабелинскому за обсуждение примененных методов наблюдения.

Физический факультет
Московского
государственного университета
им. М.В. Ломоносова

Поступило в редакцию
30 декабря 1968 г.

Литература

- [1] B. Zwicker, P. Scherer. *Helv. Phys. Acta*, 17, 346, 1944.
- [2] T. Mitsui, I. Furuichi. *Phys. Rev.*, 90, 193, 1952.
- [3] R. M. Hill, S. K. Ishiki. *Phys. Rev.*, 135, 1622, 1964.
- [4] В. Кенциг. *Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики*. ИЛ, 1960.