

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В КОЛЛИНЕАРНЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ

*Н. А. Тихомирова, Л. И. Донцова, С. А. Пикин,
Л. А. Шувалов*

С помощью нематических жидких кристаллов визуализируется изменение доменной структуры коллинеарных сегнетоэлектриков в процессе переключения

В основе процесса переключения сегнетоэлектриков — важнейшей особенности их поведения во внешних полях — лежит динамика доменной структуры. Поэтому без прямого наблюдения изменений доменной структуры сегнетоэлектрика невозможно глубокое изучение процессов его поляризации и реполяризации. Однако, если для сегнетоэлектриков с оптически различимой доменной структурой такие наблюдения не представляют большого труда (см., например, обзор [1]), то в коллинеарных сегнетоэлектриках [2], у которых антипараллельные (180-градусные) домены в принципе оптически неразличимы, такая задача очень сложна. Этим объясняется большое число попыток предложить методики для наблюдения динамики доменов в таких кристаллах [3 — 9].

В [10, 11] предложен простой метод визуализации 180-градусных доменов в одноосном сегнетоэлектрике коллинеарного типа — кристалле триглицинсульфата (ТГС) с помощью нанесения на поверхность его скола нематического жидкого кристалла (НЖК). При наблюдении в проходящем поляризованном свете в положении погасания кристалла антипараллельные домены выглядят как "черные" и "белые" области. В [12] была подробно исследована причина контраста. Однако, на полированной (или протравленной) поверхности черно-белый контраст (т. е. различная ориентация слоя НЖК) на антипараллельных доменах не возникает из-за создания обработкой на поверхности кристалла деструктурированного слоя. Нами установлено, что визуализация, как статической доменной структуры, так и ее динамики с помощью НЖК на любых по обработке поверхностях возможна, если к сегнетоэлектрическому кристаллу приложить электрическое поле.

Для наблюдений в электрических полях использовалась ячейка, состоящая из образца исследуемого кристалла (толщиной 0,5 — 5 мм) с нанесенным на его поверхности тонкого слоя НЖК, толщина которого задавалась прокладками из тефлона (1 — 10 мкм) и двух стеклянных пластинок, внутренняя поверхность которых в таком сэндвиче была покрыта токопроводящим слоем SnO_2 . Использовались НЖК как с отрицательной (МББА и смеси цианостильбенов), так и с положительной (смеси циано-дифенилов и толанов) анизотропией диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$.

При подаче на сэндвич сегнетоэлектрик — НЖК электрического поля, области доменных стенок становятся хорошо различимы, как в поляризованном, так и неполяризованном свете.

На рис. 1 приведена картина доменов, наблюдаемая в поляризованном свете в синусоидальном электрическом поле $V = 20$ В, $f = 500$ Гц на сре-

зе кристалла дейтерированного триглицинселената, в направлении перпендикулярном P_s кристалла. В поляризованном свете в НЖК с $\Delta\epsilon > 0$ области доменных стенок представляют собой темные линии (гомеотропной ориентации) шириной порядка толщины слоя НЖК, с обеих сторон которых наблюдаются размытые цветные поля негомогенной ориентации НЖК (при наблюдении в положении погасания кристалла). В НЖК с $\Delta\epsilon < 0$ области стенок соответствуют планарной ориентации молекул НЖК, причем при определенном пороговом напряжении в этих областях начинает наблюдаться электрогидродинамическая неустойчивость (ЭГД) и динамическое рассеяние [13, 14]. Появление контраста на доменных стенках соответствует падению напряжения, превышающему порог эффекта Фредерикса, если $\Delta\epsilon > 0$, или порог ЭГД – эффекта, если $\Delta\epsilon < 0$, на толщине слоя НЖК над доменной стенкой. Падение напряжения в слое НЖК над остальной частью сегнетоэлектрика остается малым.

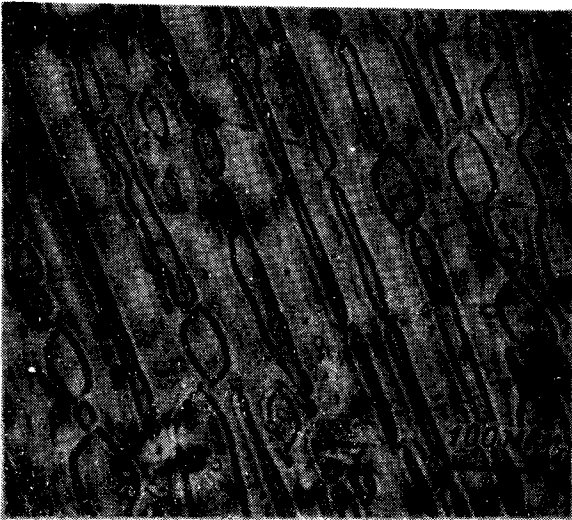


Рис.1. Доменная структура кристалла ДТГСел, наблюдаемая в поляризованном свете с помощью НЖК ($\Delta\epsilon > 0$) в синусоидальном электрическом поле $V = 20$ В, $f = 500$ гц; толщина кристалла 1 мм

Такое перераспределение потенциала электрического поля в системе сегнетоэлектрик – НЖК объясняется тем, что в областях, где имеет место переполаризация, импеданс сегнетоэлектрика низок [6, 15]. Поэтому в этих областях сэндвича определенная часть приложенного напряжения начинает падать на жидком кристалле.

Для фиксирования положения движущихся доменных стенок удобно одновременно с переполаризующим постоянным полем прикладывать слабое высокочастотное поле. Последнее служит лишь для создания условий визуализации имеющихся доменных стенок.

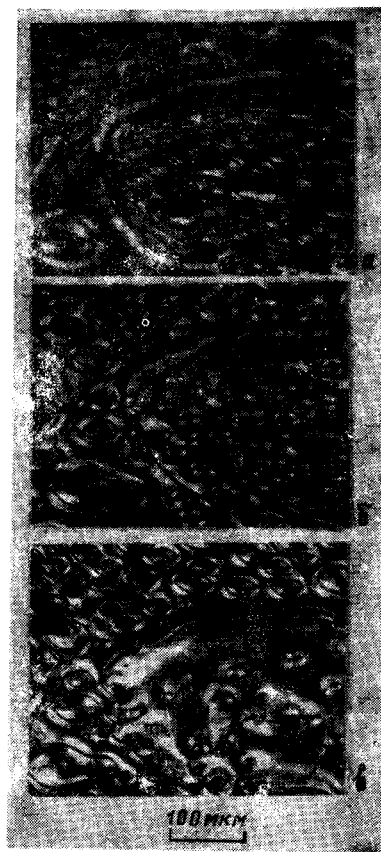


Рис. 2. Доменная структура кристалла ТГС, наблюдаемая в поляризованном свете с помощью НЖК ($\Delta\epsilon > 0$) в синусоидальном электрическом поле $U = 60$ В, $f = 500$ гц: *a*, *b*, *в* — после воздействия прямоугольными импульсами постоянного поля $E = 30$ В в течение 1, 2 и 4 сек, соответственно. Толщина кристалла 1,5 мм

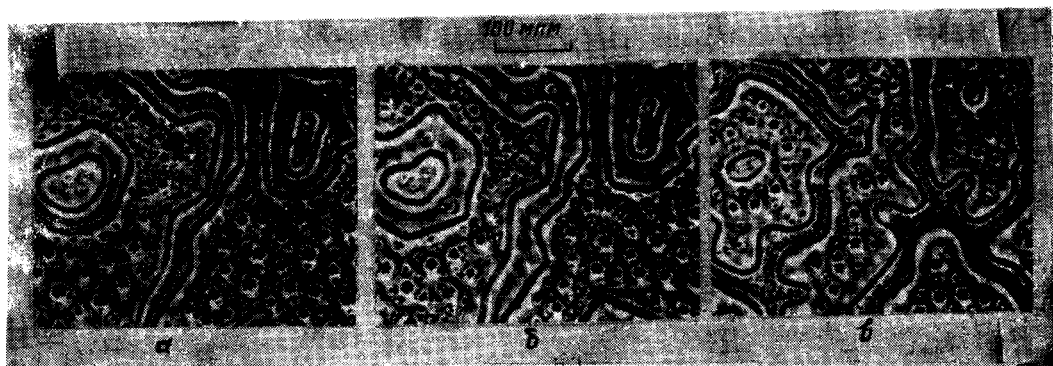


Рис. 3. Доменная структура кристалла GASH, наблюдаемая в поляризованном свете с помощью НЖК ($\Delta\epsilon > 0$) в синусоидальном электрическом поле $U = 100$ В, $f = 1000$ гц: *a*, *б*, *в* — после воздействия прямоугольными импульсами постоянного поля $E = 5$ В в течение 2, 4 и 8 сек, соответственно. Толщина кристалла 1 мм

На рис. 2 показана наблюдаемая с помощью НЖК ($\Delta\epsilon > 0$) доменная структура униполярного кристалла ТГС в синусоидальном электрическом поле частотой 500 Гц (рис. 2, а) и ее изменение после воздействия, серией прямоугольных импульсов постоянного поля, которое способствует росту доменов одного знака (рис. 2, б, в). Видна граница (овалообразная темная линия), разделяющая области доменов разного знака. На мелких доменах (порядка толщины слоя НЖК с $\Delta\epsilon > 0$) в поляризованном свете наблюдаются коноскопические кресты.

Рис. 3 иллюстрирует последовательные картины процесса реполяризации кристалла гуанидиналюминийсульфата гексагидрата (GASH) прямоугольными импульсами постоянного поля, наблюдаемые в синусоидальном поле частотой $f = 1000$ гц. Деформация НЖК ($\Delta\epsilon > 0$) на мелких доменах кристаллов GASH имеет иной характер, отражающий симметрию данного сегнетоэлектрического кристалла.

Простой метод визуализации доменной структуры и ее динамики в коллинеарных сегнетоэлектриках с помощью нематических жидких кристаллов открывает возможности для изучения поведения доменов при переключениях. В частности, этот метод может быть эффективным для определения изменений импеданса в области доменных стенок в процессах переключения сегнетоэлектрика, так как пороговые напряжения для НЖК хорошо известны [14].

Институт кристаллографии
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
31 октября 1978 г.

Литература

- [1] Ф.Иона, Д.Ширане. Сегнетоэлектрические кристаллы, М., изд. Мир, 1965.
- [2] L.A.Shuvalov. J. Phys. Soc. Japan., **28**, 1970, suppl. p.38.
- [3] G.L.Pearson, W.L.Feldmann. J. Phys. Chem. Solids, **9**, **28**, 1958.
- [4] В.А.Мелешина. Кристаллография, **16**, 557, 1971.
- [5] A.G.Chynoweth, J.L.Abel. J.Appl. Phys., **30**, 1073, 1959.
- [6] Н.Н.Вieder, С.Р.Parkerson. J. Phys. Chem. Solids, **25**, 241, 1964.
- [7] J.Natano, F.Suda, H.Futama. Jap. J. Appl. Phys., **12**, 1644, 1975.
- [8] A.Hadni, R.Thomas. Ferroelectrics, **6**, 241, 1974; **11**, 493, 1976.
- [9] A.Hadni, R.Thomas. Phys. Status Solidi, **a31**, 71, 1975.
- [10] Y.Furuhata, K.Toriyama. Appl. Phys. Lett., **23**, 361, 1973.
- [11] V.P.Константинова, N.A.Tikhomirova, M.Glogarova. Abstrs. IV Inter. Meeting Ferroelectricity IMF-4, Leningrad, 1977, p.38.
- [12] Н.А.Тихомирова, Л.И.Донцова, С.А.Пикин, А.В.Гинзберг, П.В.Адоменас. Кристаллография, **23**, 1239, 1978.
- [13] П. де Жен. Физика жидких кристаллов. М., изд. Мир, 1977.
- [14] Л.М.Блинов. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов, М., изд. Наука, 1978.
- [15] Дж.Барфут. Введение в физику сегнетоэлектрических явлений, М., изд. Мир, 1970.