

$$-\sum_{i=1}^k \Delta_{i2} > \sum_{k+1}^n c_i x_i - \sum_{k+1}^n c_i x_2$$

означает, что при повороте прямой против часовой стрелки вокруг точки  $(x_2; y_2)$  значение функции будет уменьшаться. Если среди неравенств (3) имеются нестрогие, то функция  $\Phi(a; b)$  убывать не может, но при некоторых движениях получаем сохранение её оптимального значения. Получаем множественность оптимальных прямых.

#### Список литературы

1. Иоффе, А.Д. Теория экстремальных задач / А.Д. Иоффе, В.М. Тихомиров. – М.: Наука, 1976. – 480с.

### МЕТОДЫ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛОВ ТГС - ТГС:СR

*А.Л. Толстихина<sup>1</sup>, В.Н. Шут<sup>2,3</sup>, С.Е. Мозжаров<sup>3</sup>, И.Ф. Кашевич<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>Москва, Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН  
<sup>2</sup>Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова  
<sup>3</sup>Витебск, ИТА НАН Беларуси

В последние годы для создания сегнетоэлектрических материалов с заданными свойствами активно развивается новое направление – «доменная инженерия». Этот подход направлен на поиск способов управления параметрами доменной структуры, от конфигурации и состояния которой зависят многие практически важные свойства сегнетоэлектрических кристаллов. Большие успехи здесь достигнуты в получении высокотемпературных кристаллов-сегнетоэлектриков группы ниобата и танталата лития с периодической доменной структурой (ПДС). Один из способов создания такой конфигурации доменов заключается в том, что доменные стенки формируются на участках кристаллов, где происходит значительное изменение концентрации примеси, т.е. имеет место модуляция доменной структуры ростовыми примесными слоями.

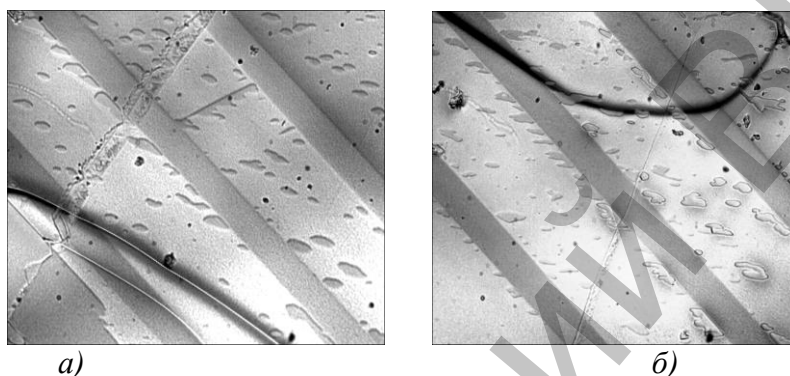
С целью изучения возможности формирования ПДС в сегнетоэлектриках, выращиваемых из растворов, нами проводятся работы, связанные с получением и исследованием кристаллов триглицинсульфата (ТГС) со специально создаваемыми периодическими примесными слоями.

**Материал и методы.** Кристаллы ТГС - ТГС:Сr получали путем периодического доращивания кристалла в растворах разного состава (в чистом и содержащем примесь ионов хрома ( $\text{Cr}^{3+}$ )). Период структуры можно изменять, меняя температуру насыщения исходных растворов или время наращивания слоев. Кроме того, формирование периодической примесной структуры зависит от пирамиды роста (поскольку различные грани имеют разную скорость роста).

Для выяснения вопроса о реализации ПДС в областях со слоистой примесной структурой требуются надежные методы выявления и идентификации доменов и их границ. Поэтому при разработке методологии наблюдения и исследования доменной структуры были изучены и опробованы различные способы выявления доменной структуры полученных кристаллов, в частности, избирательное травление, метод порошков (или декорирования), метод нематических жидких кристаллов (НЖК), с помощью растрового электронного микроскопа. Каждый из этих методов имеет как определенные преимущества, так и некоторые недостатки. Наиболее информативным методом для изучения доменной структуры ТГС является метод, основанный на применении нематических жидких кристаллов

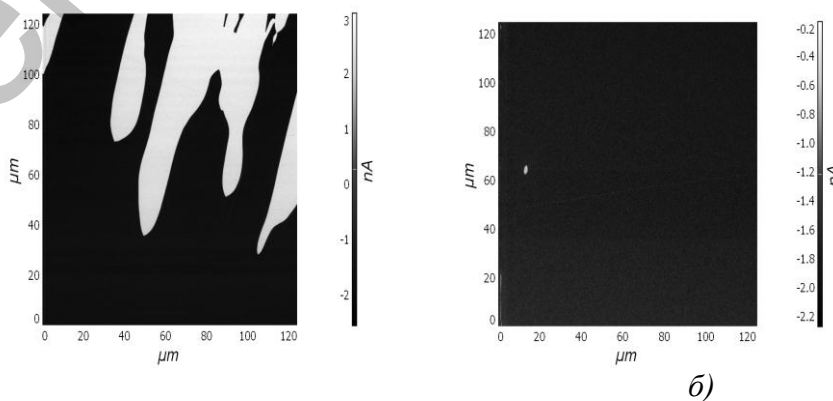
(НЖК). В процессе исследования кристаллы раскалываются по плоскости спайности (010), перпендикулярно вектору спонтанной поляризации. На свежий скол наносится пленка НЖК. В поляризационном микроскопе наблюдается контрастное изображение доменов в проходящем свете.

**Результаты и их обсуждение.** В случае кристаллов ТГС - ТГС:Сг анализ изображений доменной структуры с использованием НЖК метода не позволяет однозначно сделать вывод о формировании регулярной доменной структуры, т.к. примесные полосы кристалла являются более темными по сравнению с безпримесной областью, и поворот поляризатора на  $90^\circ$  почти не изменяет их цвет (см. рисунок 1). Следовательно, необходимы методы, позволяющие однозначно определять домены разных компонент.



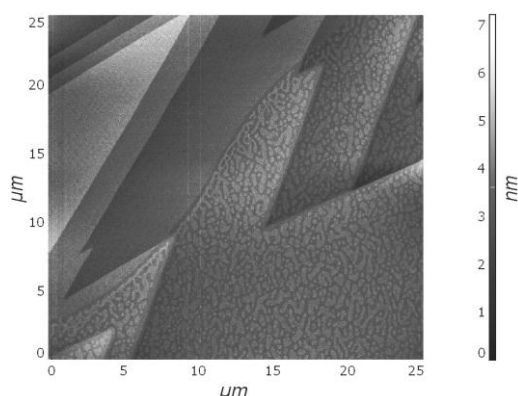
**Рис. 1.** Изображение доменной структуры кристаллов ТГС - ТГС:Сг (метод НЖК): (а), тоже, но с поворотом поляризатора на 90 градусов

Высоко информативными методами исследования топографии поверхности диэлектриков являются методы атомно-силовой зондовой микроскопии (АСМ). При исследовании сегнетоэлектриков и выявления доменной структуры используются специально модифицированные методы АСМ (микроскопия Кельвина, электростатическая микроскопия, микроскопия пьезоотклика, метод отображения сопротивления растекания). Исследования, проводимые в секторе сканирующей зондовой микроскопии Института кристаллографии им. А.В. Шубникова, позволяют решать многие вопросы по выявлению и интерпретации изображений поверхностей сегнетоэлектриков, полученных разными методами АСМ. Например, метод АСМ в режиме пьезоотклика дает контрастное изображение доменов разного знака на полярной поверхности кристаллов ТГС - ТГС:Сг. На рис.2а четко видны домены разного знака, которые располагаются вдоль границы ростовых слоев с различной концентрацией примеси. На рис.2б показан практически монодоменный участок одного из образцов с периодической примесной структурой с одиночным линзовидным доменом.



**Рис. 2.** Изображение доменной структуры кристаллов ТГС - ТГС:Сг (режим пьезоотклика АСМ): (а) участок на границе примесных слоев, (б) участок внутри примесного слоя

Кроме того, топографические изображения поверхности образцов ТГС – ТГС:Сr позволяют непосредственно наблюдать границы доменов и их конфигурацию (рис. 3).



**Рис. 3.** 25x25 мкм топографическое изображение (010) поверхности кристалла ТГС - ТГС:Сr

**Заключение.** Таким образом, возможности методов АСМ позволят изучать состояние микро- и нанорельефа поверхности, конфигурацию доменов и структуру границ в неоднородных кристаллах ТГС - ТГС:Сr. Исследования по выявлению корреляции между доменной и примесной структурами в таких кристаллах позволят выяснить механизмы формирования периодической доменной структуры в неоднородных водородсодержащих сегнетоэлектриках.

## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПОСТРОЕНИЯ ИТЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

*Ю.В. Трубников, О.В. Пышненко, И.А. Орехова  
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

Одним из направлений развития оптимальных итерационных процессов решения уравнения

$$f(x) = 0 \quad (f: C \rightarrow C), \quad (1)$$

где  $C$  – множество комплексных чисел, является применение итерационных процессов высоких порядков. Для этого ([1], с. 141) требуется находить в явном виде слагаемые функции

$$\varphi_r(x) \equiv x + \sum_{k=1}^r (-1)^k \frac{a_k(x)}{k!} [f(x)]^k, \quad (2)$$

где  $a_k(x) \equiv F^{(k)}[f(x)]$  – производные функции  $F$  и  $x \equiv F[f(x)]$ .

В докладе сравниваются разные методы нахождения производных  $a_k(x)$  и, кроме того, предлагается дифференциальный аналог итерационного процесса  $x_{n+1} = \varphi_r(x_n) \quad (n = 1, 2, \dots)$ .

**Материал и методы.** Одним из известных методов является метод последовательного дифференцирования тождества  $x \equiv F[f(x)]$ . Этот метод позво-