

05;07

**Влияние постоянного электрического поля
на доменную структуру
сегнетоэлектрических кристаллов
скандониобата свинца $\text{PbSc}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$**

© *И.В. Мардасова, К.Г. Абдулвахидов,
М.А. Буракова, М.Ф. Куприянов*

Ростовский государственный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: kam@rnd.runnet.ru

Поступило в Редакцию 24 января 2002 г.

Поляризационно-оптическим методом изучено влияние постоянного электрического поля на формирование доменной структуры сегнетоэлектрических кристаллов $\text{PbSc}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$. Показано, что в них реализуются 71- и 180-градусные домены, границы которых представляют собой плоскости типа (100) и (110).

Несмотря на то что скандониобат свинца $\text{PbSc}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ (PSN) известен давно [1], доменная структура кристаллов до сих пор остается малоизученной. В некоторой степени этот вопрос затрагивался нами ранее в [2].

Целью настоящей работы является изучение процессов формирования доменной структуры и переключения поляризации постоянным электрическим полем свежесинтезированных кристаллов PSN поляризационно-оптическим методом.

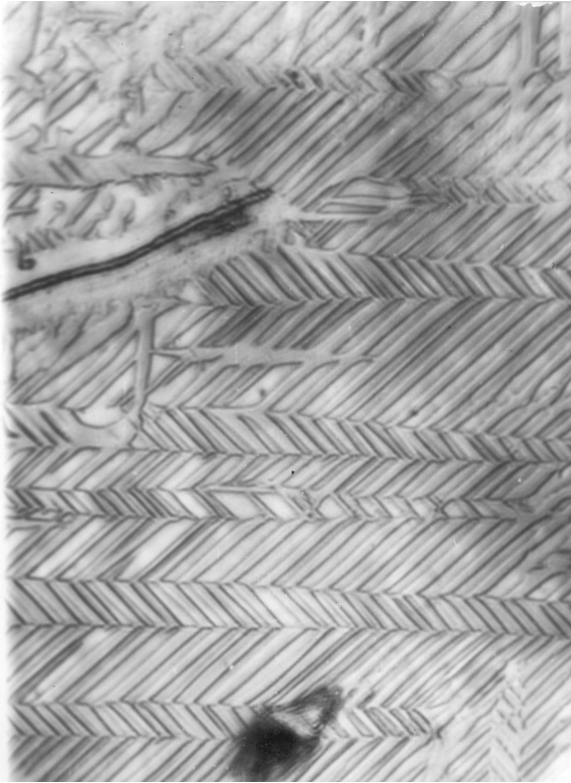
Кристаллы PSN были выращены методом массовой кристаллизации из раствора в расплаве в интервале температур 1200–850°C и имели форму прямоугольного параллелепипеда с линейными размерами

от $10\ \mu\text{m}$ до $2\ \text{mm}$. Доменное строение и процессы переключения поляризации PSN изучались методом визуального наблюдения с помощью приспособления, установленного на предметном столике поляризационного микроскопа и позволяющего прикладывать электрическое поле вдоль различных кристаллографических направлений. В качестве электродов были использованы концентрированный водный раствор LiCl и аквадаг.

При комнатной температуре кристаллы PSN имеют ромбоэдрическую симметрию и поэтому, исходя из принципа симметрии и условия электрической нейтральности границы доменов, отвечающего минимуму энергии кристалла, т.е. $\mathbf{nP}_1 - \mathbf{nP}_2 = 0$, где \mathbf{P}_1 и \mathbf{P}_2 — векторы спонтанной поляризации в соседних доменах, а \mathbf{n} — нормаль к границе между доменами, допустимые углы между векторами спонтанной поляризации \mathbf{P}_s в соседних доменах для PSN должны составлять порядка 71 (109) и 180 градусов.

Как было отмечено в [3], доменная структура PSN довольно сложна и зависит от условий выращивания и геометрических размеров образцов. Кристаллы с линейными размерами порядка нескольких десятков μm имеют достаточно четкие границы доменов, которые можно наблюдать в поляризационном микроскопе. Послойное травление толстого кристалла выявило, что доменная структура, соответствующая разной толщине кристалла, имеет разную конфигурацию. По-видимому, это объясняется наличием в этих кристаллах механических напряжений и ростовых дефектов, которые нарушают однородность спонтанной поляризации по объему кристалла при фазовом переходе. Поэтому доменная конфигурация, наблюдаемая в реальном кристалле PSN, является результатом компромисса между симметричными соображениями и энергетическими требованиями, с одной стороны [4], и возмущающим влиянием неоднородных деформаций и ростовых дефектов — с другой стороны [5].

Как было отмечено в [2], приложение постоянного поля порядка $1.5\ \text{kV/cm}$ приводит к разбиению исходных доменов на более мелкие, размытию их границ и исчезновению доменов с границами, ориентированными коллинеарно полю, укрупнению за счет бокового движения и прорастанию доменов с 71 -градусными стенками, перпендикулярными направлению поля \mathbf{E} . Со стороны электродов были обнаружены острые доменные клинья, ориентированные под углом порядка 45 градусов к направлению приложенного поля \mathbf{E} , пред-



71- и 180-градусная доменная структура $\text{PbSc}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$. Постоянное электрическое поле направлено сверху вниз; увеличение $\times 170$.

ставляющие собой 180-градусные домены. Встречаясь с доменными стенками, ориентированными перпендикулярно направлению поля E , они преломляются на них снова под углом 45 градусов. Увеличение приложенного поля до 3–4 kV/cm приводит к прорастанию сквозь кристалл доменов с границами, перпендикулярными полю E , но после снятия поля наблюдается тенденция к частичному восстановлению исходной доменной структуры. Выдержка кристалла под полем порядка 5–8 kV/cm в течение 10–30 min фиксирует положе-

ния 71-градусных доменных границ, перпендикулярных направлению поля E , и 180-градусных доменных границ, расположенных под углом 45 градусов к направлению поля E . Все домены с границами, параллельными направлению действия поля, исчезают из поля зрения (см. рисунок). Однако первый же перевод кристалла в парафазу и обратно частично восстанавливает исходную доменную структуру. Травление кристаллов после воздействия поля выявило, что домены с положительными концами векторов спонтанной поляризации P_s , выходящие на поверхность кристалла, травятся быстрее, чем домены с отрицательными концами P_s , и в поляризационном микроскопе они имеют едва отличающийся от соседних доменов матовый цвет. Следует отметить, что не все участки кристалла в одинаковой степени участвуют в процессе переполяризации. В зависимости от степени дефектности участков кристалла получаемая конфигурация доменов на разных участках различается по форме. Примечательным является тот факт, что в момент приложения поля доменные границы, перпендикулярные направлению поля, которые совершали колебательные движения около некоторого среднего положения, имели пилообразную форму и затем как бы скачком расширились вбок под действием приложенного поля. Повышение значения приложенного поля до 9–10 kV/cm приводит к образованию под электродами микротрещин, областей, напоминающих блочную структуру, а также к нагреву и переводу в парафазу или к электрическому пробою кристалла. Следует отметить, что в PSN отсутствуют крупные области монодоменного состояния, характерные, например, для $BaTiO_3$. Ширины доменов, измеренные с помощью объект-микрометра, имеют разброс: для 71-градусных доменов порядка 3–5 μm , а для 180-градусных доменов — 13–15 μm .

Таким образом, установлено, что приложение постоянного электрического поля к монокристаллам PSN приводит к формированию 71- и 180-градусных доменных структур, границами которых являются плоскости типа (100) и (110), а пороговые значения электрических полей, при которых начинается формирование такой структуры, для каждого кристалла различаются и зависят от степени его совершенства и однородности.

Список литературы

- [1] *Смоленский Г.А., Боков В.А., Исупов В.А.* и др. Физика сегнетоэлектрических явлений. Л.: Наука, 1985. 396 с.
- [2] *Абдулвахидов К.Г., Куприянов М.Ф.* // Кристаллография. 1996. Т. 41. № 6. С. 1066–1071.
- [3] *Абдулвахидов К.Г., Мардасова И.В., Мясникова Т.П.* и др. // ФТТ. 2001. Т. 43. В. 3. С. 489–494.
- [4] *Желудев И.С., Шувалов Л.А.* // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1957. Т. XXI. № 2. С. 264–274.
- [5] *Иона Ф., Ширане Д.* Сегнетоэлектрические кристаллы. М.: Мир, 1965. 556 с.