

представлялось возможным. Однако в кристалле, подвергнутом продольному сдвигу при высокой температуре, наблюдались цепочки петель размером порядка 5×10 мкм (рис. 1, 2). Линии, вдоль которых они располагались, соответствовали скорее всего границе сдвига материала.

Ранее нами было показано [15], что в условиях продольного сдвига в результате пересечения трещиной субграницы (СГ) наклона при последующем залечивании вдоль границы остается вскрытый участок — канал. Оптически он мог наблюдаться, лишь если относительное смещение берегов было не менее нескольких десятков или сотен микрон. В кристаллах CaF_2 сдвиг поверхностей разрушения составлял < 0.5 мкм. Углы разориентировки блоков не превышали $40'$. Следовательно, возникающая невязка оптически зарегистрирована быть не могла. Метод декорирования позволил визуализировать плоскость залечивания. Оказалось, что в условиях малых сдвигов канал вдоль СГ наклона распадается на систему изолированных пор, локализованных вблизи ступеней скола (рис. 2). Подтверждением незалечивания вдоль СГ служит и то обстоятельство, что в плоскости трещины границы не видны, хотя в матрице кристалла они хорошо заметны и не прерываются ни ниже трещины, ни над ней. Аналогичная картина наблюдается и в случае винтовых границ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Шаскольская М. П., Ван Янь-вэнь, Гу Шу-чжао // Кристаллография, 1961. Т. 6. № 4. С. 605—613.
- [2] Слезов В. В. // ФММ. 1964. Т. 16. № 3. С. 785—794.
- [3] Остриков М. С. // ДАН СССР. 1961. Т. 136. № 6. С. 1380—1383.
- [4] Грдина Ю. В., Неверов В. В. // Кристаллография. 1967. Т. 12. № 3. С. 493—498.
- [5] Финкель В. М., Курганская Л. А., Сафронов В. П. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 1. С. 189—191.
- [6] Амелинкс С. // Дислокация и механические свойства кристаллов. М., 1960.
- [7] Леммлейн Г. Г. // ДАН СССР. 1947. Т. 58. № 9. С. 1939.
- [8] Финкель В. М., Шарафутдинов Р. Ф., Шипкин М. В. // ФТТ. 1967. Т. 9. № 1. С. 167—170.
- [9] Дистлер Г. И., Лебедева В. Н., Москвин В. В. // ФТТ. 1968. Т. 10. № 11. С. 3489.
- [10] Дистлер Г. И. // Рост кристаллов. Т. II. Ереван, 1975. С. 47.
- [11] Трофимов В. И., Черников В. Н., Лукьянович В. М. // ФТТ. 1969. Т. 11. № 12. С. 3655—3657.
- [12] Пшеничных Ю. П. Выявление тонкой структуры кристаллов. М., 1974. 528 с.
- [13] Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. М., 1974. 540 с.
- [14] Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М., 1972. 599 с.
- [15] Финкель В. М., Дорохова Н. В. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 6. С. 1894—1896.

Поступило в Редакцию
2 апреля 1990 г.

ВЛИЯНИЕ ОДНООСНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПОЛИДОМЕННУЮ СТРУКТУРУ ПОЛЯРНОЙ ФАЗЫ КРИСТАЛЛА TMA—ZnCl_4 ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

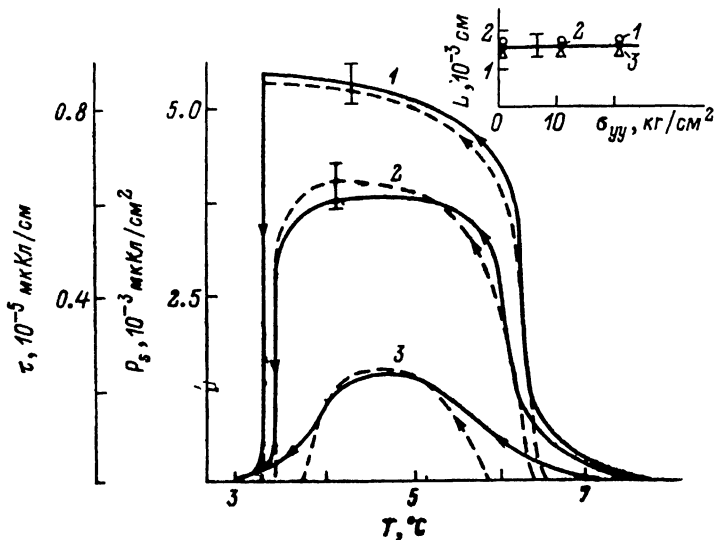
С. Н. Каллаев, В. В. Гладкий

В [1] сообщалось об обнаружении эффекта подавления сегнетоэлектричества малым одноосным механическим напряжением сжатия в кристаллах $\{\text{N}(\text{CH}_3)_4\}_2\text{ZnCl}_4$ (TMA—ZnCl_4). Этот вывод сделан на основании данных измерения спонтанной поляризации по петлям диэлектрического гистерезиса зависимости поляризации P от электрического поля E , т. е. для

кристалла, ставшего монокристаллом в результате воздействия поляризующего поля E .

В настоящем сообщении приводятся результаты электрических измерений, на основании которых можно получить представление о том, что происходит с доменной структурой полидоменного кристалла ТМА— $ZnCl_4$ в результате одноосного давления.

Заключение о характере изменения доменной структуры сегнетоэлектрика (спонтанной поляризации P_s , ширине доменов L , подвижности доменных стенок) можно сделать на основании анализа данных измерения поляризации в поле E , P_s и спонтанного макроскопического квадрупольного момента q [2]. В кристаллах ТМА— $ZnCl_4$ аномальной компонентой q является $q_{xx} = (1/2) P_s L$ (ось $X \parallel P_s$, а ось Z совпадает с направлением



Температурные зависимости спонтанной поляризации P_s (штриховые линии) и связанного электрического заряда $\tau = 2q_{xx} = P_s L$ (сплошные линии) при $\sigma_{yy} = 0$ (1), 11 (2), 21 кг/см² (3) для кристалла ТМА— $ZnCl_4$.

На вставке — зависимость ширины сегнетоэлектрических доменов L от σ_{yy} при различных температурах в полярной фазе. 1 — 5.5, 2 — 4.8, 3 — 3.9 °С.

структурной модуляции в полярной и несоответствующей фазе кристалла [3]). Измерение q_{xx} можно провести, регистрируя связанный электрический заряд, возникающий на параллельных оси Y четырех ребрах прямоугольного образца кристалла с линейной плотностью $\tau = 2q_{xx}$ [4]. Тогда, пользуясь данными для P_s и τ , можно оценить среднюю ширину доменов $L = \tau / P_s$. Такая оценка должна быть тем надежнее, чем регулярнее доменная структура. Согласно прямым наблюдениям [5], доменная структура в ТМА— $ZnCl_4$ является достаточно регулярной.

Образцы имели форму прямоугольного параллелепипеда с ребрами, ориентированными вдоль кристаллографических осей a (X), b (Y), c (Z) размерами соответственно $2.7 \times 2.5 \times 2.6$ мм. При измерении P_x в поле E_x и P_y грани, перпендикулярные оси X , а при измерении τ ребра, параллельные оси Y , покрывались серебряными электродами. Одноосное давление σ_{yy} передавалось на образец вдоль оси Y . Измерение P_x и P_y проводилось в переменном поле 50 Гц, а также электрометрическим методом, измерение τ — электрометрическим методом [4].

Основные результаты измерений приведены на рисунке. Отметим сначала удовлетворительное совпадение экспериментальных $\tau_{\text{эксп}}$ и расчетных $\tau_{\text{расч}}$ значений заряда τ в отсутствие давления σ_{yy} . Приблизительно в середине полярной фазы $\tau_{\text{эксп}} = (8.5 \pm 0.5) \cdot 10^{-6}$, $\tau_{\text{расч}} = P_s L = (3 \div 10) \times 10^{-6}$ мкКл/см, где $P_s = (5.25 \pm 0.25) \cdot 10^{-3}$ мкКл/см², $L = (5 \div 20) \cdot 10^{-4}$ см. Неопределенность в данных P_s ($\sim 12\%$) является в основном результатом

различия значений P_s , полученных в переменном поле и электрометрическим методом. Данные для L заимствованы из результатов прямых измерений [5].

Из рисунка видно, что поведение τ (сплошные линии) и P_s (штриховые линии) под давлением σ_{yy} одинаково внутри полярной фазы — τ и P_s изменяются приблизительно по одному закону. Вне полярной фазы поведение P_s и τ различно: $P_s=0$, а $\tau \neq 0$ и плавно уменьшается с температурой при удалении от полярной фазы. Появление отличного от нуля τ вне полярной фазы типично для несоизмеримых фаз (H -фаз) в сегнетоэлектриках, где существует пространственно-модулированная поляризация [4]. Существование H -фазы справа на температурной шкале от полярной фазы доказано прямым методом рассеяния нейтронов [6]. Появление $\tau \neq 0$ при $\sigma_{yy} \neq 0$ слева от полярной фазы может быть следствием индуцирования давлением σ_{yy} еще одной H -фазы, которая вклинивается между полярной и сегнетоэластической фазами. Последнее заключение не противоречит также предположению в [3] об индуцировании в ТМА ZnCl_2 второй H -фазы при гидростатическом давлении.

Совпадение зависимостей τ и P_s от температуры и давления σ_{yy} внутри полярной фазы в пределах точности измерений указывает на то, что τ пропорционально P_s , а другие величины, влияющие на значения измеряемых τ и P_s , остаются практически постоянными. Оценка L по данным для τ и P_s дает значение $L = \tau/P_s = (16 \pm 2) \cdot 10^{-4}$ см (вставка на рисунке), что согласуется с данными прямых измерений в [5]. Подвижность же доменных границ, которая могла бы существенно влиять на результаты измерения P_s , вызывая расхождение кривых $\tau(T)$ и $P_s(T)$ при различных значениях σ_{yy} , также практически остается постоянной.

Таким образом, результаты измерений свидетельствуют о том, что и в полидоменном кристалле ТМА— ZnCl_2 одноосное давление σ_{yy} существенно влияет только на спонтанную поляризацию и практически не влияет на другие параметры доменной структуры.

Список литературы

- [1] Каллаев С. Н., Гладкий В. В., Кириков В. А., Шувалов Л. А. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 50. № 2. С. 98—101.
- [2] Gladkii V. V., Smutny F., Fousek J., Kroupa J. // Ferroelectrics Lett. 1984. V. 2. N 5. P. 177—183.
- [3] Shimizu H., Kokubo N., Yasuda N., Fujimoto S. // J. Phys. Soc. Jap. 1980. V. 49. N 1. P. 223—229.
- [4] Gladkii V. V. // Phase Transitions Sect. A. 1986. V. 6. N 4. P. 273—328.
- [5] Le Bihan R., Averty D., Hilcer B., Szcepnaska L. // Ferroelectrics Lett. 1989. V. 9. N 6. P. 151—154.
- [6] Gesi K., Iizumi M. // J. Phys. Soc. Jap. Lett. 1980. V. 48. N 1. P. 337—338.

Институт кристаллографии АН СССР
Москва

Поступило в Редакцию
6 апреля 1990 г.

УДК 548.4

© Физика твердого тела, том 32, № 10, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 10, 1990

СТАРЕНИЕ ВИНТОВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В ОБЪЕМЕ И У ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ NaCl

В. Г. Весна, Н. Н. Новиков, О. В. Руденко, Н. А. Сидорин

В [1, 2] обнаружено, что дислокационные полупетли, выходящие винтовыми участками на поверхность кристалла, подвержены достаточно интенсивным процессам старения. В этих опытах наблюдались дислокации, контактирующие при старении с внешней средой (воздухом). Был сде-