

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

М. А. ЧЕРНЫШЕВА

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВОЙНИКОВАНИЕ В КРИСТАЛЛАХ
СЕГНЕТОВОЙ СОЛИ**

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 6 VII 1950)

Сегнетова соль при температуре выше верхней точки Кюри, т. е. выше 24° , принадлежит, как известно, к классу симметрии $3L^2$, ромбической сингонии. В верхней точке Кюри, как предположил Яффе⁽¹⁾ и показали рентгеновским методом Уббелоде и Вудвард⁽²⁾, сегнетова соль претерпевает полиморфное превращение и приобретает более низкую симметрию L^2 , моноклинной сингонии. Непосредственно, с помощью поляризационного микроскопа мы⁽³⁾ наблюдали это превращение и показали, что оно сопровождается возникновением в моноклинной модификации полисинтетических двойников. Изучение поведения двойниковой структуры при тепловых, механических и электрических воздействиях, с учетом рассуждений Яффе и выполненных в последнее время исследований титаната бария, приводит к заключению, что двойники являются областями спонтанной ориентации — доменами.

На основании накопившихся в настоящее время сведений можно дать следующее описание двойникования кристаллов сегнетовой соли при полиморфном превращении. Кристаллографическая ориентировка получающейся моноклинной модификации относительно исходной ромбической такова: ось c моноклинной совпадает с осью c ромбической, ось b моноклинной совпадает с осью a ромбической, ось a моноклинной составляет с исходным положением оси b ромбической весьма малый моноклинный угол (по расчетам Яффе $2,3^{\circ}$, по рентгеновским данным $2'$). Однако во избежание путаницы Яффе⁽¹⁾ предложил не менять обозначение осей при переходе в моноклинную модификацию. Таким образом, полярным направлением в моноклинной модификации сегнетовой соли является бывшая ромбическая ось a .

Переход от ромбической модификации к моноклинной и обратно совершается без нарушения целости решетки, а лишь с ее деформацией. При этом, как обычно бывает в случае таких полиморфных превращений, потерянные элементы симметрии, в частности две двойные оси симметрии ромбической модификации, становятся возможными двойниковыми осями двойника возникшей моноклинной модификации. Если произвести для моноклинной модификации двойниковый поворот на 180° вокруг оси c или вокруг перпендикуляра к грани (010) (см. рис. 1), то в обоих случаях эта операция приведет, как видно из рисунка, к одинаковому результату. Таким образом, для сегнетовой соли получается один двойниковый осевой закон.

Превращения сегнетовой соли в точке Кюри можно рассматривать как превращения, аналогичные превращениям α — β кварца. Эта аналогия идет и дальше, поскольку, как будет описано ниже, механи-

ческое воздействие меняет двойниковые границы сдвойникованной моноклинной сегнетовой соли вполне аналогично механическому двойникованию кварца (4) по дофинейскому закону.

Как уже описывалось ранее (3), шлиф сдвойникованной моноклинной сегнетовой соли в скрещенных николях имеет вид полосчатой структуры, состоящей из перемежающихся темных и светлых полос. При давлении на шлиф двойниковая картина изменяется в большей или меньшей степени в зависимости от величины приложенного усилия.

Для выяснения природы этого явления, на шлифах, вырезанных перпендикулярно оси a кристалла, было изучено изменение двойниковой структуры в тонком образце (толщиной порядка 0,2 мм) при

воздействии сосредоточенной нагрузкой, направленной по оси a . Нагрузка в точке производилась с помощью вдавливания стеклянного шарика диаметром 0,35 мм, который давал возможность наблюдать то, что происходило непосредственно в точке приложения силы, являясь одновременно объективом с увеличением порядка 1,5 раз (см. рис. 2, а). Кроме того, применение шарика гарантировало перпендикулярность приложения силы относительно плоскости образца. Пьезооптический эффект в шарике был проверен отдельно, чтобы убедиться, что наблюдаемая пьезооптическая картина в

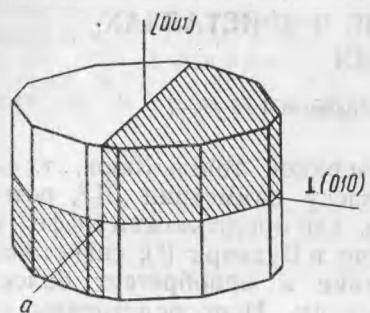


Рис. 1. Схема двойника моноклинной сегнетовой соли

сегнетовой соли не искажается возникающей при давлении оптической картиной в шарике.

Явления, имеющие место в сегнетовой соли при сосредоточенном давлении на шлиф, можно разделить в основном на явления двух родов по характеру деформации кристалла: явления при слабом давлении, без нарушения целостности образца, и явления при более сильном давлении, приводящем к образованию поверхностных трещин. В обоих случаях исходная двойниковая картина изменяется, но в первом случае она изменяется обратимо, т. е. изменившаяся при слабом нажиме двойниковая картина возвращается к исходной после прекращения нажима, а во втором случае, при нарушении целостности образца, произшедшее изменение в распределении двойников остается и после снятия нагрузки.

Опыт проводился в следующем порядке: шлиф сегнетовой соли помещался в стеклянную кювету в смесь глицерина с водой. На выбранный участок шлифа клался стеклянный шарик, поверх которого накладывалось обычное предметное стекло. Затем на верхнее стекло производилось давление, которое через шарик передавалось на шлиф. Опыты производились при температуре 20–22°. При легком нажиме в точке приложения силы, на фоне исходных полосчатых двойников, возникал новый, более крупный двойник в форме расположенных в шахматном порядке двух темных и двух светлых областей (см. рис. 2, б). При прекращении давления эта картина исчезала, т. е. в данном случае имело место возникновение как бы упругого двойника*. С увеличением давления этот двойник рос и, после того как происходило разрушение поверхности образца, двойник продолжал существовать и по прекращении давления, т. е. при разрушении поверхности образца

* Упругие двойники изучены на кальците и натронной селитре Р. И. Гарбером (5) и наблюдались Мюгге (6) на хлористом барии.

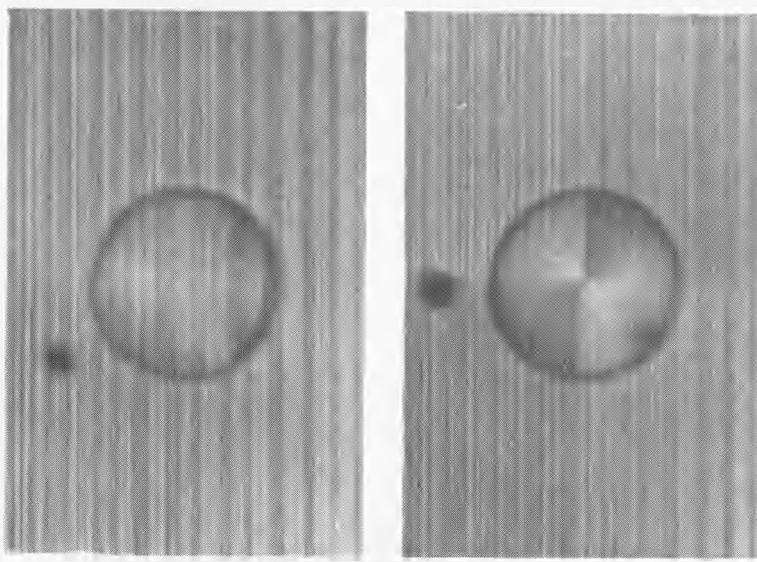


Рис. 2. Образование механического двойника сегнетовой соли при нажиме на кристалл стеклянным шариком: *а* — до нажима, *б* — при нажиме. Николи скрещены. $\times 20$. Репрод. 4:5

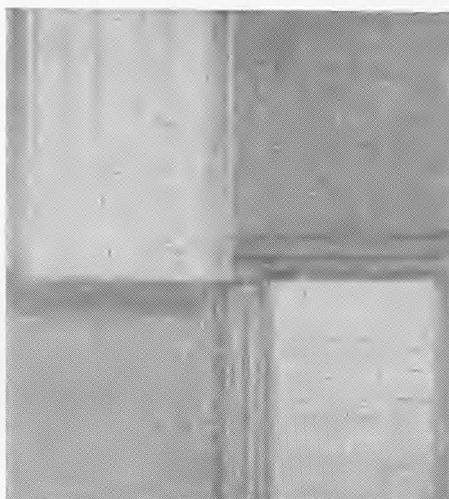


Рис. 3. Общий вид механического двойника в кристалле сегнетовой соли. Николи скрещены. $\times 20$. Репрод. 4:5

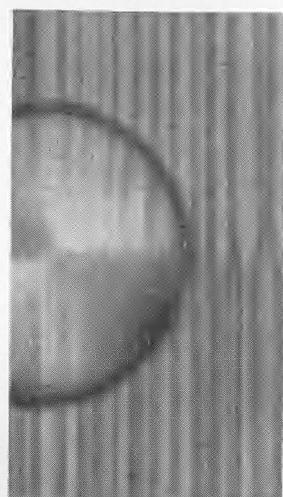


Рис. 4. Начальный момент образования укрупненных механических двойников путем изменения ширины исходных двойниковых полос. Николи скрещены. $\times 20$. Репрод. 4:5

силой, приложенной в точке, происходила местная остаточная * деформация кристалла, выражавшаяся в образовании двойника. Подобный механический двойник приведен на рис. 3.

Представляет интерес процесс образования такого механического двойника, т. е. возникновение темных и светлых крупных областей, расположенных в шахматном порядке. При давлении на шлиф исходные двойниковые области, на которые образец был разбит до опыта, изменяют свои границы, а именно, как это видно из фотографий (рис. 2, а и б), одна пара диагонально расположенных областей возникает за счет расширения темных полос, а другая пара — за счет расширения светлых полос. Изменение ширины двойниковых полос на границе между индивидами механического двойника особо отчетливо видно на рис. 4.

Часто при разрушении поверхности образца в месте приложения силы возникает одна или несколько трещин. Иногда на конце такой трещины образуется описанный выше механический двойник. При сравнительно медленном развитии трещины, продолжавшемся 3—4 секунды, удалось наблюдать интересное явление: на конце развивающейся трещины, как бы подталкиваемый ее концом, передвигался по образцу крупный двойник, который остановился на конце трещины с прекращением ее роста. В данном случае, повидимому, имело место образование упругого заклинившегося двойника. Это явление наблюдалось при температуре на два градуса ниже температуры превращения.

Следует отметить еще один факт, обративший на себя внимание во время работы. Создается впечатление, будто возникновение и исчезновение упругих двойников, как и образование остаточных или заклинившихся двойников, происходит гораздо легче в том случае, когда поверхность образца смочена водой или смесью глицерина с водой, чем в случае сухого образца. Может быть, это явление следует сопоставить с наблюдениями И. В. Курчатова, который нашел, что применение жидких электродов предохраняет кристаллы сегнетовой соли от явлений усталости.

Проведенное исследование наглядно иллюстрирует аналогию механического двойникования кристаллов сегнетовой соли и кристаллов кварца и дает новые факты как о процессе образования укрупненных механических двойников в сегнетовой соли из полисинтетического двойника путем изменения двойниковых границ последнего, так и о механизме распространения упругих двойников.

Выражая глубокую благодарность чл.-корр. АН СССР А. В. Шубникову за ценные советы и внимание к работе и М. В. Классен-Неклюдову, под руководством которой проводилась данная работа.

Институт кристаллографии
Академии наук СССР

Поступило
6 VI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ H. R. Jaffe, Phys. Rev., **51**, 43 (1937). ² A. R. Ubbelohde and L. Woodward, Nature, **155**, 170 (1945). ³ М. В. Классен-Неклюдова, М. А. Чернышева и А. А. Штернберг, ДАН, **63**, № 5 (1948). ⁴ А. В. Шубников и Е. В. Цинзерлинг, Тр. Ломонос. ин-та АН СССР, в. 3, 5 (1933). ⁵ Р. И. Гарбер, ЖЭТФ, **17**, в. 1, 47 (1947). ⁶ O. Müggel, Neues Jahrb. f. Miner. u. Paleontol., **1**, 131 (1888).

* Не исключена возможность, что в данном случае имеет место образование также и заклинившегося упругого двойника.