

вклад флуктуаций в  $C(T)$ . На рис. 2 показаны зависимости флуктуационного максимума  $C_m(\tau_m)$  и соответствующей температуры  $\tau_m$  от  $g$ , полученные при численном анализе формулы (4). На рис. 1 изображены экспериментальные данные из работы [1] и теоретическая кривая (4) при  $g=0.3$ ,  $\Delta T \simeq 0.55$  К (для простоты мы пренебрегли зависимостью  $C_0$  от  $T$ ). Отсюда находим, что  $\delta T_f = \pi \Delta T g^2 / \sqrt{2} \simeq 0.1$  К (в данном случае действительно реализуется ситуация, когда  $\delta T_f \ll \Delta T$ ). Таким образом, изложенный подход позволяет дать количественное описание эксперимента [1] уже при простейших предположениях о виде функции распределения  $F(T_k)$  и разумных значениях величин  $\delta T_f$  и  $\Delta T$ .

Более последовательно  $F(T_k)$  можно оценить, анализируя форму кривой резистивного перехода. В частности, в модели эффективной среды [6] функция  $F(T)$  выражается через производную от сопротивления образца  $R(T)$

$$F(T) = \frac{1}{R_n} \frac{\partial R}{\partial T}, \quad (5)$$

где  $R_n$  — сопротивление в нормальном состоянии при  $T=T_c$ . Отметим, что наблюдаемая зависимость  $\partial R/\partial T$  может быть и весьма несимметричной [7, 8]. Из (1), (2) следует, что в ряде случаев это может приводить к появлению дополнительных максимумов — сателлитов у  $C(T)$ , не связанных с многофазностью, наличием двойников [3] и т. д. Такие максимумы — сателлиты наблюдались экспериментально, в частности один из них хорошо виден на рис. 1 при  $T \simeq 93$  К.

#### Список литературы

- [1] Inderhess S. E., Salamon M. B., Goldenfield N. et al. // Phys. Rev. Lett. 1988. V. 60. N 6. P. 1170—1174.
- [2] Annet J. A., Randeria M., Renn S. A. // Phys. Rev. 1988. V. B38. N 7. P. 4660—4667.
- [3] Sobyanin A. A., Stratonnikov A. A. // Physica. 1988. V. C153—155. N 3. P. 1681—1682.
- [4] Sharikaya M., Stern E. A. // Phys. Rev. 1988. V. B37. N 16. P. 9373—9381.
- [5] Горьков Л. П., Копнин Н. Б. // УФН. 1988. Т. 156. № 1. С. 117—135.
- [6] Kirkpatrick S. // Rev. Mod. Phys. 1973. V. 45. N 4. P. 574—588.
- [7] Головашкин А. И., Левченко И. С., Мотулевич Г. П., Полухина Л. М. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 8. С. 2520—2523.
- [8] Abbatista F., Mazza D., Vallino M. et al. // Nuovo Cim. 1988. V. D10. N 7. P. 875—879.

Институт высоких температур АН СССР  
Москва

Поступило в Редакцию  
1 февраля 1989 г.

УДК 536.413.2

Физика твердого тела, том 31, в. 7, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 7, 1989

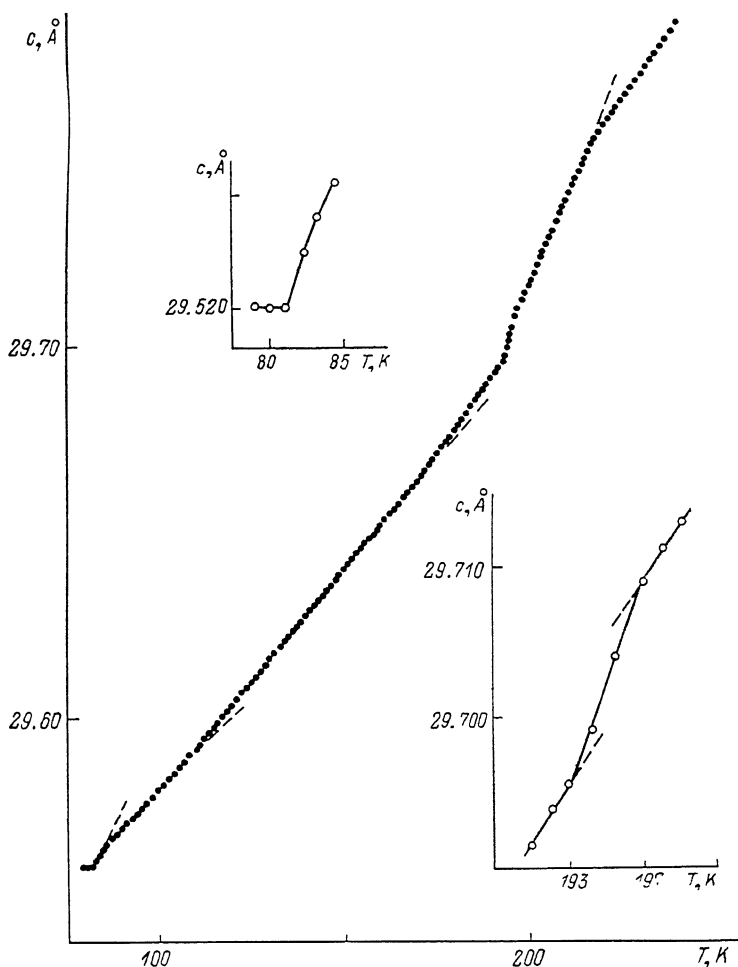
## НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ $TlInS_2$

О. Б. Плющ, А. У. Шелег, В. А. Алиев, Г. Д. Гусейнов

Интерес к слоистым кристаллам, представляющим собой квазидвумерные системы, обусловлен привлекательностью их физических свойств. Типичным представителем кристаллов, обладающих слоистой структурой, является  $TlInS_2$ , относящийся к большой группе полупроводниковых соединений типа  $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ . У этих кристаллов обнаружены последова-

тельности фазовых переходов, природа некоторых из них пока еще не выяснена. В [1] методом дифракции нейтронов установлено наличие в  $\text{TlInS}_2$  длиннопериодической несоизмеримой модулированной структуры, которая при  $T=200$  К переходит в соизмеримую фазу с учетверением элементарной ячейки.

В [1-3] с помощью различных методов исследования обнаружены аномалии коэффициента теплового расширения  $\text{TlInS}_2$  в районе температур  $T_1 \approx 220$ ,  $T_2 \approx 200$  и  $T_3 \approx 170$  К. Следует отметить, что температуры этих



Температурная зависимость параметра решетки  $c$  монокристалла  $\text{TlInS}_2$ .

переходов у разных авторов несколько отличаются друг от друга и причиной тому являются как различные методики исследований, так и разные образцы.

Целью настоящей работы было исследование особенностей теплового расширения кристаллов  $\text{TlInS}_2$  в направлении  $[001]$  в области температур 79—250 К. Измерения проводились на рентгеновском аппарате ДРОН-3 в  $\text{Cu K}_\alpha$  монохроматическом излучении с использованием низкотемпературной приставки УРНТ-180 [4]. В качестве монохроматора использовалась монокристаллическая пластинка германия с плоскостью среза  $(111)$ . Параметр решетки  $c$  определяли по углам брэгговских отражений  $00l$  для  $l=32.36$ , которые наблюдались в интервале углов  $2\theta=110 \div 140^\circ$ .

В результате исследований было установлено, что при хорошо подобранном режиме питания нагревателей приставки УРНТ-180 и использовании в качестве образцов монокристаллов небольших размеров можно

добиться стабилизации температуры образца при  $T=79$  К и выше без существенных конструктивных изменений самой приставки.

На рисунке приведена температурная зависимость параметра решетки  $\text{TlInS}_2$  в интервале температур 79—250 К. На кривой  $c(T)$  наблюдается ряд аномалий, свидетельствующих о наличии в этом кристалле последовательности фазовых переходов. При  $T=218$  К обнаружен излом на кривой  $c(T)$ , т. е. коэффициент линейного расширения изменяется скачком. При 193—197 К коэффициент линейного расширения имеет максимум. Излом параметра решетки  $c$  наблюдается также при  $T=170$  К.

Наши рентгенографические исследования теплового расширения показали наличие аномалий на температурной зависимости параметра решетки  $c$  при  $T_1=218$ ,  $T_2=193\div 197$  и  $T_3=170$  К, что хорошо согласуется с данными [1-3].

Как предполагается в [1], при  $T_1$  происходит переход в несоизмеримую фазу, а при  $T_2$  образуется соизмеримая фаза с учетверением элементарной ячейки вдоль оси  $z$ . Природа перехода при  $T_3$  пока не выяснена. Кроме этих переходов, нами впервые на кривой температурной зависимости параметра решетки  $c$  в интервале температур 79—81 К обнаружен инвариантный эффект, т. е. в этом интервале температур параметр решетки  $c$  практически не изменяется, а при  $T\approx 85$  и  $\approx 120$  К наблюдаются изломы.

В литературе имеется ряд экспериментальных работ, в которых при исследовании теплового расширения кристаллов в некоторых интервалах температур наблюдается инвариантный эффект, т. е. коэффициент линейного расширения в некоторых кристаллографических направлениях или во всех равен нулю [5-7]. Следует отметить, что у всех этих кристаллов наблюдается несоизмеримая фаза. Более того, в [8] при исследовании твердых растворов  $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{Se}_x\text{S}_{1-x})_6$  установлена прямая связь инвариантного эффекта с несоизмеримостью. Показано, что в системе  $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{Se}_x\text{S}_{1-x})_6$  интервал инвариантного эффекта однозначно определяет температурные границы несоизмеримой фазы. При изменении состава с увеличением  $x$  температурные границы несоизмеримой фазы и интервалы инвариантного эффекта синхронным образом смещаются в область более низких температур. Таким образом, можно предположить, что в  $\text{TlInS}_2$  в интервале температур 79—81 К существует несоизмеримая фаза.

Исследования полного дифракционного спектра в направлении [001] в зависимости от температуры показали, что ниже 197 К интенсивность рефлексов  $00l$  с  $l=4n+2$  сильно увеличивается. Кроме того, по обе стороны этих рефлексов появляются дополнительные отражения на расстоянии  $1/2 c^*$  в направлении [001]. Эти отражения не исчезают вплоть до азотной температуры. Характер изменения их интенсивности и положение с изменением температуры аналогичен основным брэгговским рефлексам.

Следует отметить, что наряду с этими рефлексами ниже 197 К вблизи брэгговских отражений появляются сателлиты, интенсивность и положение которых резко изменяются с изменением температуры. Для выяснения природы этих отражений нами проводятся дальнейшие рентгенографические исследования этих кристаллов.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Вахрушев С. Б., Жданова В. В., Квятковский Б. Е., Окунева Н. М., Аллахвердиев К. Р., Алиев Р. А., Сардарлы Р. М. // Письма в ЖЭТФ. 1984. Т. 39. № 6. С. 245—247.
- [2] Abdullaev N. A., Allakhverdiev K. R., Belenkii G. L., Mamedov T. G., Suleimanov R. A., Sharifov Ya. N. // Sol. St. Comm. 1985. V. 53. N 7. P. 601—602.
- [3] Алиев В. А., Багирзаде Э. Ф., Гусейнов Г. Д., Гасанов Н. З. // Преприят № 112 ИФАН АзССР. Баку, 1984. 54 с.
- [4] Бойко А. А., Зубенко В. В., Маркина Л. И., Мясников Ю. Г., Соловейчик М. Б., Таткин Л. З., Уманский М. М., Финкельштейн Ю. Н. Установка для рентгенографирования при низких температурах УРНТ-180. Аппаратура и методы рентгеновского анализа. Л., 1972. В. 10. С. 22—29.
- [5] Uesu Y., Ogawa T., Hanami N., Strukov B. A., Kobayashi T. // Phys. St. Sol. 1981. V. A67. N 2. P. 693—699.

[6] Da Costa Lamas, Cang S. L., Catcha-Ellis S. // Phys. St. Sol. 1981. V. A68. P. 173—178.

[7] Khasanov S. S., Shekhtman V. Sh. // Ferroelectrics. 1986. V. 67. N 1. P. 371—377.

[8] Парасмян Т. К., Хасанов С. С., Шехтман В. Ш. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 6. С. 1665—1668.

Институт физики твердого тела  
и полупроводников АН БССР  
Минск

Поступило в Редакцию  
5 декабря 1988 г.  
В окончательной редакции  
6 февраля 1989 г.

УДК 537.226

Физика твердого тела, том 31, в. 7, 1989

Solid State Physics, vol. 31, № 7, 1989

## АНОМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ КРИСТАЛЛОВ $Rb_2CoCl_4$ , ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПОСТОЯННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ, В ОБЛАСТИ СТРУКТУРНОГО ПЕРЕХОДА НЕСОРАЗМЕРНАЯ—ПОЛЯРНАЯ ФАЗА

*В. В. Гладкий, В. А. Кириков, С. К. Гупта, Б. Бржезина*

Кристалл  $Rb_2CoCl_4$  претерпевает структурные переходы однородная несоразмерная (Н)—соразмерная полярная (С) фаза соответственно при 295 и 192 К [ $l^{-4}$ ]. Спонтанная поляризация возникает вдоль кристаллографической оси  $b$  (Y), где  $b < a < c$  [ $^2$ ]. Цель работы — исследование влияния на фазовый переход Н-фаза—С-фаза и диэлектрическую проницаемость  $\epsilon_y$  постоянного поляризующего электрического поля  $E_y$ .

Образцы  $Y$ -среза кристалла имели форму прямоугольных пластин размером  $3.5 \times 3.5 \times 0.7$  и  $3.5 \times 3.5 \times 3$  мм. Электроды наносились на большие грани образцов электропроводящей серебряной пастой. Измерение  $\epsilon_y$  проводилось на частоте 1 кГц.

Температурная зависимость  $\epsilon_y$  исследованных образцов вблизи точки  $T_c$  перехода из Н-фазы в С-фазу в отсутствие поля  $E_y$  является типичной для всех кристаллов группы  $K_2SeO_4$ , имеющих Н-фазу [ $^4, ^5$ ]. Зависимости  $\epsilon_y(T)$ , полученные при понижении и повышении температуры, не совпадают в пределах всей области существования Н-фазы. Температурный интервал между максимальными значениями  $\epsilon_y$  в точках  $T_c$  перехода при охлаждении и нагревании кристалла (температурный гистерезис) равен 1.1 К. При включении внешнего постоянного электрического поля  $E_y$  температурные зависимости  $\epsilon_y$  начинают отличаться от таких же зависимостей  $\epsilon_y(T)$  для кристаллов  $Rb_2ZnCl_4$  [ $^5$ ] и приобретают аномальный характер (см. рисунок). При увеличении поля температурный максимум  $\epsilon_y$  уменьшается, не смещаясь по температуре, зависимость  $\epsilon_y(T)$  «размывается», а начиная с  $E_y=4$  кВ/см появляется второй (правый) максимум  $\epsilon_y$ , смещающийся в область более высоких  $T$  по мере увеличения  $E_y$ . На рисунке представлены только кривые  $\epsilon_y(T)$ , измеренные при понижении температуры. При повышении температуры можно наблюдать аналогичные зависимости  $\epsilon_y(T)$ , только смещенные к более высоким температурам на величину температурного гистерезиса  $\epsilon_y$ .

Точка  $T_c$  фазового перехода в  $Rb_2CoCl_4$ , совпадающая с  $T$  максимума  $\epsilon_y$  при  $E_y=0$ , смещается в область больших  $T$  при увеличении поля  $E_y$ . Свидетельством этому является смещение температурных зависимостей поляризации  $P_y$ , измеренных на тех же образцах электрометрическим