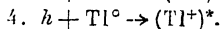
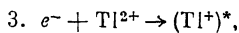


где  $Tl^0$  и  $Tl^{2+}$  — ионы активатора, захватившие электрон или дырку.

«Безынерционная» стадия нарастания обусловлена процессами с участием нерелаксированных носителей заряда



Принимая во внимание малое время автолокализации дырок  $\tau_a \approx 1 \div 10$  пс [4], можно предположить, что основной вклад в «безынерционную» стадию вносит процесс 3. В этом случае величина  $\tau_1$  характеризует время жизни электрона в зоне до рекомбинации или захвата  $Tl^+$ -центром. Поскольку значительная часть электронов образует  $Tl^0$ -центры (стадии  $\tau_2$  и  $\tau_3$ ), время жизни электронов контролируется именно процессом захвата на активатор. Учитывая, что для времени жизни электрона можно записать

$$1/\tau_1 = \sigma N \nu,$$

где  $\sigma$  — сечение захвата электрона  $Tl^+$ ,  $N$  — концентрация  $Tl^+$ ,  $\nu$  — тепловая скорость электрона, то при  $\tau_1 < 50$  пс,  $N = 2 \cdot 10^{18}$  см $^{-3}$ ,  $\nu = 10^7$  см/с получаем нижнюю оценку  $\sigma > 10^{-15}$  см $^2$ . Точная оценка  $\sigma$  может быть получена при меньших концентрациях активатора в кристалле.

Таким образом, при 300 К около 60 % светосуммы сцинтилляционной вспышки NaI—Tl обусловлено термически активированными процессами 1 и 2, а 40% — быстрой передачей энергии с участием нерелаксированных электронов и дырок.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Луцк Ч. Б., Соовик Т. А. // Тр. ИФ АН ЭССР. 1966. № 34. С. 68—88.
- [2] Алукер Э. Д., Гаврилов В. В., Дейч Р. Г., Чернов С. А. Быстропротекающие радиационно-стимулированные процессы в щелочно-галогидных кристаллах. Рига, 1987. 183 с.
- [3] Алукер Э. Д., Гаврилов В. В., Дейч Р. Г., Чернов С. А. // ФТТ. 1984. Т. 26. № 6. С. 1879—1981.
- [4] Suzuki Y., Hirai M. // Semiconductors and Insulators. 1983. V. 5. N 3—4. P. 445—455.

Институт физики АН ЛатвССР  
Саласпилс

Поступило в Редакцию  
21 декабря 1988 г.

## ТЕПЛОЕМКОСТЬ КРИСТАЛЛА $RbAlF_4$

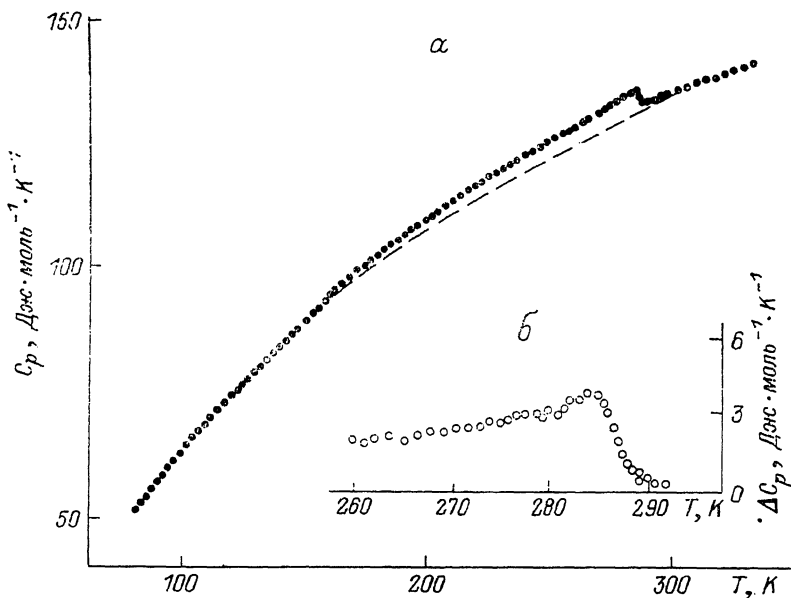
В. Н. Воронов, М. В. Горев, Л. А. Кот, И. Н. Флёров

Среди слоистых перовскитоподобных кристаллов со структурой  $TlAlF_4$  наиболее подробно изученным является  $RbAlF_4$ , претерпевающий последовательность фазовых переходов (ФП)  $G_0 \rightarrow G_1 \rightarrow G_2$  соответственно при  $T_1 = 553$  и  $T_2 = 282$  К [1]. Искажения исходной тетрагональной структуры (пространственная группа  $D_{4h}^1$ ) при ФП связаны в основном с поворотами октаэдров  $AlF_6$ . В фазе  $G_1 - D_{4h}^5$  октаэдры повернуты вокруг тетрагональной оси исходной фазы, что в терминах [2] соответствует символу  $(OO\theta)$ . В ромбической фазе  $G_2 - D_{2h}^{13}$  добавляются повороты октаэдров вокруг осей  $a$  и  $b$ , лежащих в плоскости слоя  $(\Psi_1\Psi_2\theta)$ . В [3] было обнаружено, что ФП в  $RbAlF_4$  сопровождаются конденсацией мягких мод  $M_3(T_1)$  и  $X_3^1(T_2)$  и, таким образом, являются превращениями типа смещения. Температурные зависимости частоты мягкой моды  $X_3^1$  и дву-

преломления при ФП  $G_1 \rightarrow G_2$  описываются в рамках термодинамической теории Ландау [3, 4]. Сведения о теплофизических свойствах  $\text{RbAlF}_4$  отсутствовали. В связи с этим представляют интерес измерение теплоемкости и определение изменения энтропии.

Кристалл был выращен методом Бриджмена в платиновой ампуле. Образец цилиндрической формы массой 4.62 г, вырезанный из були, перед измерениями отжигался в течение 80 ч при температуре 420 К в соответствии с рекомендациями [4], где было обнаружено влияние предыстории образца на его свойства.

Тепловой эффект при ФП  $G_0 \rightarrow G_1$ , исследованном методом ДТА, оказался незначительным, что не позволило сделать даже оценок изменения энтропии  $\Delta S_1$ .



Температурная зависимость теплоемкости  $\text{RbAlF}_4$  в широком интервале температур (а) и вблизи ФП  $G_1 \rightarrow G_2$  (б).

Калориметрические исследования в интервале 80—330 К выполнены на адиабатическом калориметре в автоматизированном режиме монотонного нагрева [5]. В результате измерений (см. рисунок, а) обнаружена аномалия теплоемкости с максимумом при  $T_2 = 287$  К. Эта температура несколько выше, чем  $T_2$  в [1], где отмечался разброс этой величины для разных образцов. Решеточная теплоемкость  $\text{RbAlF}_4$  выделялась графической интерполяцией  $C_p(T)$  из областей, удаленных от  $T_2$ . В ромбической фазе  $G_2$  избыточная теплоемкость присутствует в широком интервале температур  $T_2 - 170$  К. Пик теплоемкости (см. рисунок, б) невелик и составляет лишь  $\sim 3\%$  от решеточной теплоемкости. Эти особенности коррелируют как с данными [1, 4], где величины двупреломления и углов поворотов октаэдров достигают насыщения значительно ниже  $T_2$ , так и с поведением теплоемкости исследованного нами недавно  $\text{CsScF}_4$  [6].

Изменение энтропии при ФП  $G_1 \rightarrow G_2$ , определенное как  $\Delta S_2 = \int (\Delta C/T) dT$ , составило 0.83 Дж/моль·К или  $\sim 0.1R$ , что характерно для ФП типа смещения. В таблице приведены сведения об искажениях структуры и изменениях энтропии при ФП в некоторых кристаллах семейства  $\text{TlAlF}_4$ . Величина  $\Delta S$  остается небольшой при простых поворотах октаэдров ( $G_0 \rightarrow G_1$ ) во всех объектах. ФП в ромбическую фазу сопровождается суперпозицией поворотов вокруг осей, лежащих в плоскости слоя, и вокруг тетрагональной оси. В этом случае величина  $\Delta S_2$  также харак-

Кристалл	$G_0 \longrightarrow G_1 \longrightarrow G_2$				Источник
	П	$\Delta S/R$			
RbAlF <sub>4</sub>	П (000)	(00θ)	0.1	( $\Psi_1\Psi_2\theta$ )	—
CsScF <sub>4</sub>	П (000)	(00θ)	0.21	( $\Psi_1\Psi_2\theta$ )	[8]
TlAlF <sub>4</sub>	П (000)	(00θ)	0.02	( $\varphi\varphi\theta$ ) ( $\zeta\zeta\theta$ )	[9]
$[(CH_2)_5(NH_3)_2/CdCl_4]$	П (000)	( $\varphi\varphi\theta$ ) ( $\zeta\zeta\theta$ )	0.21	( $\varphi\varphi\theta$ ) ( $\zeta\zeta\theta$ )	[10]

терна для превращений типа смещения в кристаллах с атомарным катионом. В кристалле с молекулярным катионом  $\Delta S_2$  существенно больше. Последнее обстоятельство связано, по-видимому, со значительным вкладом в энтропию от упорядочения молекулярных групп при понижении симметрии кристаллической решетки. Такое явление наблюдалось и в других родственных структурах, например в перовскитах [7]. ФП из кубической фазы в тетрагональную в кристалле  $NH_4ZnF_3$  сопровождается изменением энтропии, во много раз превышающим  $\Delta S$  в кристаллах с атомарным катионом [8].

#### Список литературы

- [1] Bulov A., Nouet J. // J. Phys. C: Sol. St. Phys. 1982. V. 15. N 2. P. 183—196.
- [2] Александров К. С. // Кристаллография. 1987. Т. 32. № 3. С. 661—672.
- [3] Bulou A. // These Doctorat d'Etat, 1985. Universite Paris VI. P. 277.
- [4] Kleemann W., Schäfer F. S., Noyet Y. // J. Phys. C: Sol. St. Phys. 1982. V. 15. N 2. P. 197—208.
- [5] Горев М. В., Гекк П. И., Искорнев И. М., Кот Л. А., Гоняев В. С., Флёров И. Н., Черепанов В. А. // Измерит. техника. 1988. № 8. С. 33—34.
- [6] Александров К. С., Воронов В. Н., Круглик А. И., Мельникова С. В., Флёров И. Н. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 11. С. 3325—3328.
- [7] Bartolome J., Navarro R., Gonzalez D., Jough L. J. // Physica. 1977. V. 92B. P. 24—44.
- [8] Александров К. С., Флёров И. Н. // ФТТ. 1979. Т. 21. № 2. С. 327—336.
- [9] Bulou A., Nouet Y. // J. Phys. C: Sol. St. Phys. 1987. V. 20. P. 2885—2900.
- [10] Fouskova A. // Ferroelectrics. 1980. V. 25. N 1/4. P. 451—452.

Институт физики  
им. Л. В. Киренского СО АН СССР  
Красноярск

Поступило в Редакцию  
27 декабря 1988 г.

## ТОКОПЕРЕНОС В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ $Y-Ba-Cu-O$

Ю. А. Астров, В. С. Вайнер

Известно, что при измерениях критических токов  $I_c$  поликристаллических высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП)  $Y-Ba-Cu-O$ , изготовленных по керамической или пленочной технологии, значения транспортных токов  $I_c$  оказываются существенно ниже значений, опре-