

- [1] Christofides C., Mandelis A. // J. Appl. Phys. 1990. V. 68. N 6. P. R1—R30.  
 [2] Borchi E., De Gennaro S., Lombardini L., Zolli M. // Phys. Stat. Sol. (a). 1987. V. 104. P. 667—678.  
 [3] Hsu D. K., Leisure R. G. // Phys. Rev. 1979. V. B20. N 4. P. 1339—1344.  
 [4] Фарнелл Дж. Физическая акустика: Пер. с англ. М.: Мир, 1973. С. 139—202.

Институт радиотехники и электроники  
 АН СССР  
 Москва

Поступило в Редакцию  
 25 февраля 1991 г.

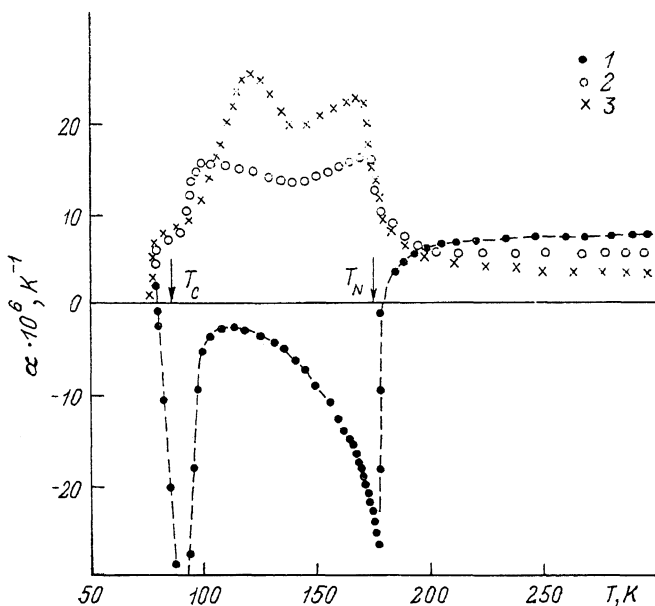
УДК 539.379.2 : 546.664

© Физика твердого тела, том 33, № 9, 1991  
 Solid State Physics, vol. 33, N 9, 1991

## ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИСПРОЗИЯ

С. М. Бармин, С. В. Кортов, П. В. Гельд

При проведении исследований влияния пластической деформации на коэффициент теплового расширения (КТР)  $\alpha$  поликристаллического диспрозия особое внимание уделялось установлению особенностей их поли-терм в области магнитного упорядочения и в окрестностях точек фазовых



Температурные зависимости коэффициента теплового расширения поликристаллического диспрозия с различной степенью деформации.

$\epsilon$ , %: 1 — 0, 2 — 50, 3 — 90.

переходов. С этой целью были изучены температурные зависимости между 78 и 300 К трех образцов диспрозия марки ДИМ-1. Образец 1 представлял собой параллелепипед ( $3 \times 3 \times 15$  мм), вырезанный из нетекстурированного поликристаллического слитка, а образцы 2, 3 — ленты  $0.5 \times 10 \times 25$  и  $0.07 \times 10 \times 25$  мм соответственно, полученные прокаткой того же слитка с обжатием  $\epsilon=50$  и 90%.

Тепловое расширение образцов исследовалось с помощью трехсекционного емкостного dilatометра [1]. Погрешность определения  $\alpha$  не превышала 3%. Удлинение лент измерялось в направлении прокатки.

Результаты изучения температурных зависимостей  $\alpha$  всех образцов представлены на рисунке. Из этого рисунка видно, что для недеформированного образца 1 политерма КТР оказалась подобной той, которая была установлена ранее в [2, 3]. На ней четко обнаруживаются две аномалии: низкотемпературная соответствует ферро-антиферромагнитному превращению ( $T_c = 85$  К), а высокотемпературная — антиферро-парамагнитному переходу ( $T_N = 178.5$  К) [4].

Деформация диспрозия приводит к следующим изменениям температурных зависимостей  $\alpha$  (см. рисунок, кривые 2, 3).

## 1. Инверсия знака КТР

В магнитоупорядоченной области наблюдается смена знака КТР диспрозия. Качественно (положительные значения КТР) политерма  $\alpha$  образцов 2 и 3 хорошо согласуются с температурной зависимостью КТР в монокристалле диспрозия в направлении оси  $a$  [3]. Изменение же знака  $\alpha$  в результате деформации образцов обусловлено формированием в них текстуры, в которой преобладают кристаллиты с осью  $a$ , ориентированной в направлении измерений. Это подтверждают и результаты рентгенографического исследования текстуры деформированных лент, которые будут опубликованы позднее.

## 2. Особенности на политермах КТР в районе критических точек

Аномалии, связанные с магнитными фазовыми превращениями в образцах 2, 3, происходят при более низких температурах ( $T_c \leq 78$  К,  $T_N \approx 170$  К), чем в нетекстурированном образце 1. Судя по данным [4], наблюдаемое смещение  $T_c$  и  $T_N$  соответствует приложенным давлениям 10 и 17 кбар и указывает на сильные изменения в обменной энергии диспрозия, происходящие в результате его деформации. Кроме того, в магнитоупорядоченной области между критическими температурами на зависимостях  $\alpha(T)$  наблюдаются экстремумы. Ранее в работе [5] отмечалось, что в диспрозии, находящейся в антиферромагнитном состоянии, существуют точки соизмеримости магнитной и кристаллической структур, наличие которых может приводить к аномалиям на зависимостях  $\alpha(T)$ . Хорошее согласие температур экстремумов на кривых 2 и 3 (см. рисунок) с данными работ [5, 6] позволяет предположить, что деформация способствует выявлению этих особенностей. Однако окончательный вывод об их природе требует проведения дополнительных магнитных исследований.

Обработка экспериментальных результатов, полученных в районе температуры Нееля, осуществлялась с помощью уравнения

$$\alpha_{\pm} = A_{\pm} + B_{\pm} |\varepsilon|^{-\gamma},$$

где «+» и «-» соответственно означают критическую область выше и ниже  $T_N$ ;  $\varepsilon = |T - T_N|/T \leq 0.1$ . Результаты расчетов показали, что в деформированных образцах происходит подавление скачка  $\alpha$  в районе  $T$  ( $\Delta\alpha = \alpha_+ - \alpha_- = 0$ ). При этом, однако, не удалось установить устойчивые значения критического показателя  $\gamma$  в рассматриваемой области температур ( $\varepsilon \leq 0.1$ ).

## 3. Анизотропия КТР диспрозия, находящегося в парамагнитном состоянии

Тепловое расширение всех изученных образцов диспрозия существенно различается и при температурах выше точки Нееля. Поле анизотропии образцов, обусловившее это различие, связано, по-видимому, как с кри-

сталлической анизотропией, так и с полем уругрих деформаций и изменяет КТР в районе комнатной температуры в пределах от  $7 \cdot 10^{-6}$  до  $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

В заключение отметим, что дальнейшее исследование влияния пластической деформации на физические свойства поликристаллического диспрозия позволит получить дополнительную информацию об условиях формирования его кристаллической и магнитной структур, а также разработать пути создания изделий с регулируемым по величине и знаку коэффициентом теплового расширения.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Севастьянов А. А., Бармин С. М., Кортов С. В. и др. // ФТТ. 1983. Т. 25. № 2. С. 591—593.
- [2] Петренко Н. С., Попов В. П., Семенов Е. Е. и др. // ФММ. 1972. Т. 34. № 5. С. 1105—1106.
- [3] Петренко Н. С., Попов В. П., Финкель В. А. и др. // ФММ. 1974. Т. 37. № 1. С. 186—189.
- [4] Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. М.: Мир, 1974. 374 с.
- [5] Greenough R. D., Blackie G. H. // J. Phys. Chem. Solids. 1981. V. 42. P. 533—538.
- [6] Greenough R. D., Hettiaratche N. F. // J. Magn. Magn. Mater. 1983. V. 31—34. P. 178—183.

Уральский политехнический институт  
им. С. М. Кирова  
Екатеринбург

Поступило в Редакцию  
25 марта 1991 г.

## ТЕМПЕРАТУРА СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА МНОГОСЛОЙНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ. ФРУСТИРОВАННАЯ $X-V$ МОДЕЛЬ ДЖОЗЕФСОНА

В. А. Черенков

Несмотря на существенные успехи в преодолении новыми сверхпроводниками стоградусного барьера, остается открытым один из наиболее важных вопросов о максимальной температуре перехода в слоистых структурах типа перовскитов — ВТСП.

Оценки  $T_{co}^{max}$  в теории молекулярного поля и ряде квазиклассических приближений приводят к значениям от 140 К до комнатной температуры и выше [1, 2].

Целью работы является определение температуры сверхпроводящего перехода многослойных сверхпроводящих структур типа  $S-N(D)-S$  и  $S-N(J)-S$  в теории резонансной валентной связи с учетом туннелирования «резонансных» пар между сверхпроводящими слоями. Дефектность джозефсоновской решетки учитывается параметром фрустрации.

### 1. Гамильтониан задачи

Туннелирование сверхпроводящих синглетных пар в теории RVB может быть описано гамильтонианом

$$\begin{aligned} \mathcal{H} = & -tS \sum_{\langle ij \rangle} \sum_{\sigma} \sum_{L=1}^m a_{i\sigma}^{\dagger}(L) d_{j\sigma}(L) - \mathcal{J} \sum_{\langle ij \rangle} \sum_{L=1}^m b_{ij}^{\dagger}(L) b_{ij}(L) - \\ & - K \sum_{\langle ij \rangle} \sum_{L < L'}^m (b_{ij}^{\dagger}(L) b_{ij}(L') + \text{h. c.}) - \mu \sum_{i\sigma} \sum_{L=1}^m a_{i\sigma}^{\dagger}(L) a_{i\sigma}(L), \end{aligned} \quad (1)$$