

ом, на основании структуры характеризующих ее материальных тензоров. Однако, как следует из сказанного выше, тензоры эффективной среды различного порядка могут соответствовать различным симметриям. Это обстоятельство вызывает необходимость конкретизации рассматриваемого физического процесса при использовании понятия симметрии эффективной среды.

Отметим, что выражения (6) определяют также эффективные нелинейные восприимчивости  $\chi_{ijs}$ , ответственные за генерацию второй оптической гармоники и эффект смещения частот в СР. Для них остаются в силе и соображения об особенностях симметрии эффективной среды.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Рытов С. М. // ЖЭТФ. 1955. Т. 29. N 5. С. 605—616.
- [2] Рытов С. М. // Акуст. журн. 1956. Т. 2. № 2. С. 71—83.
- [3] Grimsditch M., Nizzoli F. // Phys. Rev. 1986. V. B33. N 8. P. 5891—5892.
- [4] Rouhani B. D., Sapriel J. // Phys. Rev. 1986. V. B34. N 10. P. 7114—7117.
- [5] Вакуленко А. В., Чернозатонский Л. А. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 6. P. 1641—1645.
- [6] Аксакава Е., Farnell G. V. // J. Appl. Phys. 1988. V. 64. N 9. P. 4469—4473.
- [7] Нарасимхамурти Т. Фотоупругие и электрооптические свойства кристаллов, М.: Мир, 1984.

Институт химической физики  
АН СССР  
Москва

Поступило в Редакцию  
25 мая 1990 г.

*Физика твердого тела, том 32, № 11, 1990*  
*Solid State Physics, vol. 32, N 11, 1990*

## ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА В $\text{PbTe}\langle\text{Tl}\rangle$ ОТ СОРТА И КОЛИЧЕСТВА ИЗОВАЛЕНТНОЙ ПРИМЕСИ

*М. К. Житинская, С. А. Немов, Р. В. Парфеньев, Д. В. Шамшур*

Легирование теллурида свинца таллием приводит к образованию квазилокальных примесных состояний на фоне разрешенного энергетического спектра валентной зоны [1]. При расположении уровня Ферми в пределах примесной полосы таллия в  $\text{PbTe}\langle\text{Tl}\rangle$  наблюдается объемная сверхпроводимость с критической температурой  $T_c \sim 1.4$  К [1].

Опыты по дополнительному легированию теллурида свинца с примесью таллия электрически активной примесью (Na, Li, избыток Pb) показали, что примесные состояния Tl играют определяющую роль в возникновении сверхпроводящего состояния [1, 2]. Изучение сверхпроводящих свойств таких образцов показало, что наблюдается корреляция параметров сверхпроводящего перехода:  $T_c$ ,  $H_{c2}(0)$ ,  $|\partial H_{c2}/\partial T|_{T \rightarrow T_c}$  (где  $H_{c2}$  — второе критическое магнитное поле), плотности состояний на уровне Ферми  $N(0)$  и удельного сопротивления  $\rho_N$  в нормальном состоянии в зависимости от степени заполнения квазилокальных состояний дырками. При совпадении уровня Ферми с центром полосы Tl указанные величины максимальны.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования влияния изовалентного замещения атомов в металлической подрешетке  $\text{PbTe}\langle\text{Tl}\rangle$  на параметры сверхпроводящего перехода. Полученные результаты анализируются вместе с данными по изовалентному замещению атомов в подрешетке халькогена [3, 4] и атомов Pb на Sn [5]. Были исследованы твердые растворы типа  $\text{Pb}_{1-x}\text{A}_x\text{Te}\langle\text{Tl}\rangle$  (A—Ge, Si) с фиксированным содержанием примеси таллия  $N_{\text{Tl}}=2$  ат.%. Образцы

были изготовлены по обычной металлокерамической технологии [1-4], включающей в себя гомогенизирующий отжиг при температуре 650 °C в течение 120 ч.

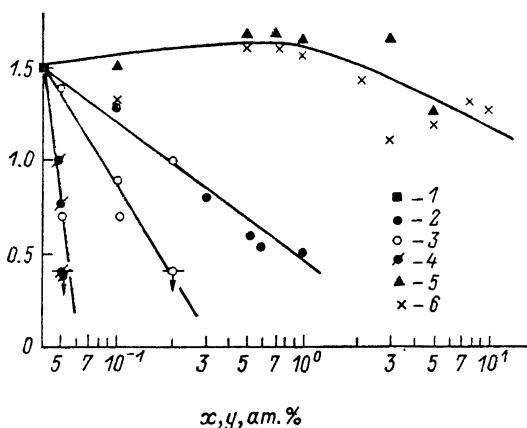


Рис. 1. Зависимости критической температуры  $T_c$  от содержания изовалентной примеси в  $Pb_{1-x}A_xTe\langle Tl \rangle$  и  $PbTe_{1-y}By\langle Tl \rangle$ .  $A=Si, Ge, Sn, B=S, Se$ .

Примесь. 1 —  $x=y=0$ , 2 — Sn [2], 3 — Ge, 4 — S, 5 — Se [2], 6 — S [4]. Стрелками отмечены образцы, не перешедшие в сверхпроводящее состояние при  $T \geq 0.4$  К.

Сверхпроводящий переход детектировался измерением зависимостей удельного сопротивления  $\rho(T, H)$  в диапазоне температур 0.4—4.2 К и магнитных полей 0—13 кЭ. Значения критической температуры и второго критического магнитного поля  $H_c$  найдены из условия  $\rho=0.5 \rho_n$ .

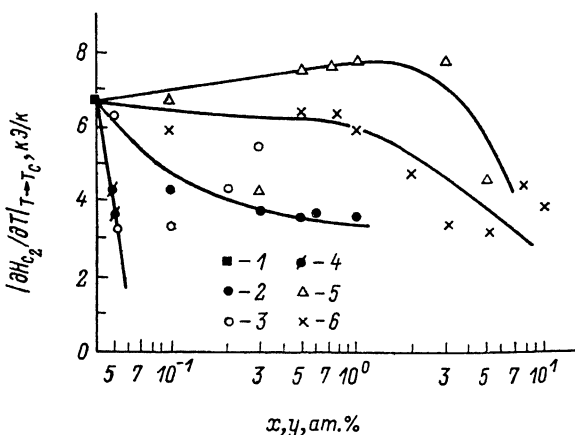


Рис. 2. Зависимости производной  $|\partial H_{c2}/\partial T|_{T \rightarrow T_c}$  от содержания изовалентной примеси в  $Pb_{1-x}A_xTe\langle Tl \rangle$  и  $PbTe_{1-y}By\langle Tl \rangle$ .

Обозначения те же, что и на рис. 1.

Полученные результаты вместе с данными [3-5] изображены на рис. 1, 2. Виден совершенно различный характер влияния замещения атомов в подрешетках халькогена и металла на параметры сверхпроводящего перехода, а именно замещение  $Te \rightarrow Se, S$  в  $PbTe_{1-y}By\langle Tl \rangle$  слабо влияет на параметры сверхпроводящего перехода вплоть до содержания изовалентной примеси  $y \approx 5-10$  ат.%, что коррелирует с малым влиянием такого замещения на характеристики полосы  $Tl$  и свойства материала в нормальном состоянии [3, 4, 6].

В то же время малые добавки элементов IV группы ( $x \sim 0.5$  ат.%), замещающих атомы свинца, при практически неизменной концентрации дырок в валентной зоне приводят к значительному снижению  $T_c$  и даже

существованию сверхпроводящего перехода при температурах  $T \geq 0.4$  К, причем (рис. 1) наблюдается корреляция между положением элемента в таблице Менделеева и его влиянием на параметры сверхпроводящего перехода. Снижение  $T_c$  тем больше и срыв сверхпроводимости тем раньше (при меньших количествах примеси Sn, Ge, Si), чем выше расположен элемент в IV группе периодической системы элементов.

Если учесть, что таллий является примесью замещения свинца в RbTe [7], а также то, что квазилокальные состояния Tl вносят определяющий вклад в сверхпроводимость, то полученные экспериментальные данные свидетельствуют о сильной пространственной локализации примесных состояний Tl (в пределах одной-двух элементарных ячеек) и важной роли металлической подрешетки в их формировании.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Кайданов В. И., Равич Ю. И. // УФН. 1985. Т. 145. № 1. С. 51—86.
- [2] Кайданов В. И., Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // ФТТ, 1987, Т. 29. № 6. С. 1886—1887.
- [3] Кайданов В. И., Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 8. С. 2513—2515.
- [4] Житинская М. К., Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 1. С. 122—126.
- [5] Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 2. С. 589—592.
- [6] Вейс А. Н., Кайданов В. И., Немов С. А. // ФТП. 1983. Т. 17. № 11. С. 1948—1952.
- [7] Гарцман К. Г., Жукова Т. Б., Немов С. А. // Изв. АН СССР, неорг. матер. 1985. Т. 21. № 3. С. 498—500.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
31 мая 1990 г.

УДК 537.312.62+538.945+548 : 537.611.45

© Физика твердого тела, том 32, № 11, 1990  
Solid State Physics, vol. 32, N 11, 1990

## МАГНИТНОЕ УПОРЯДОЧЕНИЕ РЗ-ПОДРЕШЕТКИ В КЕРАМИКЕ $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ В УСЛОВИЯХ ВСЕСТОРОННЕГО СЖАТИЯ

*В. П. Дьяконов, Г. Г. Левченко, В. И. Маркович, И. М. Фита*

В работах [1, 2], исследовавших влияние магнитного поля на магнитные свойства ВТСП-керамики  $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , было показано, что в этом соединении ниже  $T_N=0.95$  К намагниченность проявляет метамагнитный характер, обусловленный сильным расщеплением основного состояния  $\text{Dy}^{3+}$  в кристаллическом поле, и при температуре  $T_N \sim 2.2 \div 2.4$  К (значение  $T_N$  зависит от величины магнитного поля) имеет место структурный фазовый переход ян-теллеровского типа.

Влияние давления на магнитное упорядочение РЗ-подрешетки в системе  $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  не изучалось, а это представляет определенный интерес, поскольку давлением можно воздействовать как на структуру уровней основного состояния магнитного иона, так и на обменные взаимодействия, что в совокупности определяет магнитное поведение  $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . В настоящей работе изучено влияние давления на температуру магнитного упорядочения моментов  $\text{Dy}^{3+}$  и поведение в магнитном поле несверхпроводящей керамики  $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (тетрагональная структура). Исследованы температурные и полевые зависимости магнитной восприимчивости, измеренной на переменном токе ( $f=30 \div 300$  Гц,  $\hbar \sim 1 \div 10$  Э) в области температур 0.05—4.2 К при гидростатических давлениях 4.2 и