

чениях поля. В первой точке при $E=1.6 \cdot 10^7$ В/м экспериментально наблюдается сосуществование одной антисегнетоэлектрической фазы $Pbma$ и двух сегнетоэлектрических фаз $R3c$ и $P2_1ma$, а во второй при $E=1.7 \times 10^8$ В/м трех сегнетоэлектрических фаз: $P2_1ma$, $R3c$ и тетрагональной.

Обратные фазовые переходы $R3c \rightarrow Pbma$, $R3c \rightarrow P2_1ma$ и $R3c \rightarrow$ тетрагональная фаза происходят с большим температурным гистерезисом при $T_{mc}=218$ К. При температурах меньше T_{mc} однажды индуцированная фаза $R3c$ сохраняется в метастабильном состоянии неопределенно долгое время.

При приложении внешнего электрического поля параллельно оси C ромбической ячейки фазы $Pbma$ в монокристаллах ниобата натрия при напряженностях выше $1.5 \cdot 10^7$ В/м также индуцируется сегнетоэлектрическая фаза $P2_1ma$, но с одновременной переориентацией осей ромбической ячейки. После переориентации ось C в фазе $P2_1ma$ становится перпендикулярной полю, и в последующих циклах индуцирования кристаллы ведут себя аналогично этому случаю.

Список литературы

- [1] Cross L. E., Nicholson B. J. // *Phil. Mag.* 1955. V. 46. N 376. P. 453—466.
- [2] Wood E. A., Miller R. C., Remeika I. P. // *Acta Cryst.* 1962. V. 15. N 12. P. 1273—1279.
- [3] Желнова О. А., Фесенко О. Е., Смотряков В. Г. // *ФТТ.* 1986. Т. 28. № 1. С. 267—270.
- [4] Wells M., Megaw H. D. // *Proc. Phys. Soc.* 1961. V. 78. N 505. P. 1258—1259.
- [5] Фесенко О. Е. Фазовые переходы в сегнето- и антисегнетоэлектрических кристаллах в сверхсильных полях. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1984. 142 с.
- [6] Sawaguchi E., Kittaka T. // *J. Phys. Soc. Jap.* 1952. V. 7. N 3. P. 336—337.

Ростовский-на-Дону
государственный университет
НИИФ
Ростов-на-Дону

Поступило в Редакцию
9 ноября 1988 г.

УДК 537.312; 543.17

Физика твердого тела, том 31, в. 4, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 4, 1989

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ ПРИМЕСЯМИ НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ПЕРЕХОД В $PbTe\langle TI \rangle$

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

Легирование $PbTe$ таллием сопровождается образованием полосы квазилокальных примесных состояний, расположенной вблизи вершины зоны тяжелых дырок (Σ -экстремума) [1]. Квазилокальные состояния TI интенсивно обмениваются электронами (дырками) с зонными состояниями (резонансное рассеяние), что проявляется в значительном (на порядок и более) снижении холловской подвижности при 4.2 К и увеличении сечения рассеяния дырок на примеси таллия [2].

Черником и Лыковым [3] обнаружена объемная сверхпроводимость в образцах $PbTe\langle TI \rangle$ с относительно высокими для полупроводников параметрами: $T_c \approx 1.4$ К и $H_{c_2}(0) \sim 5$ кЭ.

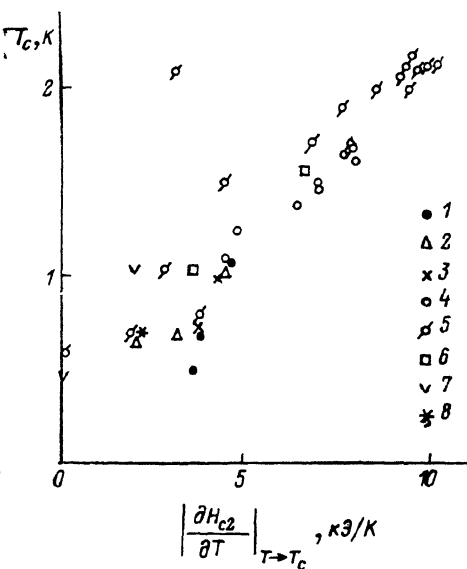
Введение в $PbTe\langle TI \rangle$ дополнительной акцепторной (Na, Li) или донорной (избыток Pb) примеси позволяет изменять положение уровня Ферми ϵ_F относительно середины полосы таллия ϵ_c (а также степень заполнения квазилокальных состояний дырками k) [4] и интенсивность резонансного

Примесь А	N_A , ат.%	N_{Tl} , ат.%	$\rho \cdot 10^{10}$, см ⁻³	T_c , К	$\frac{\partial H_{c2}}{\partial T} \Big _{T \rightarrow T_c}$, кЭ/К
Ge	—	2.0	11.3	1.48	6.8
	0.05	2.0	7.9	0.7	3.25
	0.1	2.0	7.88	—	—
	0.1	2.0	7.95	—	—
	0.1	2.0	7.4	0.67	2.0
	0.2	2.0	9.2	1.03	4.35
	0.2	2.0	7.79	—	—
	0.3	2.0	7.27	—	—
	0.5	2.0	6.58	—	—
	0.7	2.0	7.35	—	—
0.7	2.0	5.0	—	—	
Si	0.05	2.0	10.3	1.02	4.35
	0.05	2.0	8.1	0.76	3.68
	0.05	2.0	5.34	—	—
	0.1	2.0	3.71	—	—
Ag	0.1	1.5	7.55	0.7	2.2
	0.2	0.75	9.9	—	—

сееяния [4, 5]. Изучение сверхпроводящих свойств таких образцов показало, что наблюдается корреляция зависимостей удельного сопротивления ρ_N в нормальном состоянии, параметров сверхпроводящего перехода (T_c , $H_{c2}(0)$, $|\frac{\partial H_{c2}}{\partial T}|_{T \rightarrow T_c}$ и плотности состояний в нормальном состоянии на уровне Ферми $N(0) \sim \rho_N^{-1} |\frac{\partial H_{c2}}{\partial T}|_{T \rightarrow T_c}$ от степени заполнения k . При $k \approx 0.5$ указанные величины максимальны, причем $T_c \approx 2$ К при содержании дополнительного акцептора $N_A \sim 0.5 \div 1$ ат. % [1, 5, 6]. При выходе ϵ_F за пределы полосы Tl сверхпроводящий переход при $T \geq 0.4$ К не наблюдается. Эти результаты находятся в согласии с данными по теплоемкости [7]. Отмеченные особенности экспериментальных данных позволяют сделать вывод об определяющей роли резонансных состояний Tl в возникновении сверхпроводимости в $PbTe\langle Tl \rangle$.

Зависимость критической температуры T_c от производной $|\frac{\partial H_{c2}}{\partial T}|_{T \rightarrow T_c}$ в сверхпроводящих материалах на основе $PbTe\langle Tl \rangle$.

Дополнительная примесь: 1 — Sn, 2 — Ge, 3 — Si, 4 — Se, 5 — Na, 6 — избыток Pb, 7 — O ($N_{Tl} = 2$ ат. %), 8 — Ag ($N_{Tl} = 1.5$ ат. %).



Замена атомов теллура на селен в $PbTe\langle Tl \rangle$ вплоть до 5 ат. % практически не влияет на характеристики резонансных состояний Tl и параметры сверхпроводящего перехода [8, 9].

Поэтому представляет интерес изучение влияния замены атомов в под решетке свинца в $PbTe\langle Tl \rangle$.

В [10] изучалось влияние замены атомов Pb на Sn на параметры сверхпроводящего перехода в $PbTe\langle Tl \rangle$. В настоящей работе приведены результаты исследования влияния замены атомов свинца на другие элементы IV группы (Ge, Si), а также атомы Ag. Исследования, как и ранее [3-10], выполнены на металлокерамических образцах. Сверхпроводящий переход

детектировался измерением зависимостей удельного сопротивления $\rho(T, H)$ в диапазоне температур 0.4—4.2 К и магнитных полей $H=0-13$ кЭ. Значения критической температуры T_c и второго критического магнитного поля H_{c2} найдены из условия $\rho=0.5\rho_N$. Концентрация дырок p определялась из значения коэффициента Холла R_{77} при 77 К: $p=(eR_{77})^{-1}$. Экспериментальные зависимости $\rho(T, H)$ и $H_{c2}(T)$ подобны наблюдавшимся ранее [3, 6, 9, 10]. Параметры сверхпроводящего перехода в сопоставлении с составом образцов и холловской концентрацией дырок приведены в таблице. Как видно из таблицы, малые добавки элементов IV группы ~0.1 ат. % в пихту образцов $Pb_{0.98}Tl_{0.02}Te$ приводят к значительному снижению T_c от 1.5 до 0.5—1 К в образцах с близкими концентрациями дырок, а следовательно, и степенью заполнения квазилокальных состояний Tl дырками k [5]. Дальнейшее увеличение концентрации примеси приводит к исчезновению сверхпроводящего перехода при температурах $T \geq 0.4$ К, происходящему тем раньше, чем выше в таблице Д. И. Менделеева расположен элемент.

Аналогичное влияние на T_c оказывает введение Ag в $PbTe\langle Tl \rangle$. В то же время, как и ранее [5, 6, 9, 10], наблюдается корреляция между величинами T_c и $|\partial H_{c2}/\partial T|_{T \rightarrow T_c}$ (см. рисунок).

В рамках рассматриваемой модели экспериментальные данные можно объяснить влиянием примесей IV группы и Ag на характеристики полосы резонансных состояний Tl. В частности, возможно «расплывание» пика резонансных состояний таллия, подобное динамическому разрушению узкой зоны тяжелых частиц, расположенной на фоне широкой электронной зоны [11].

Авторы благодарны Ю. М. Кагану за участие в обсуждении экспериментальных данных.

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. // ФТП. 1981. Т. 15. № 3. С. 542—550.
- [3] Черник И. А., Лыков С. Н. // ФТТ. 1984. Т. 23. № 5. С. 1400—1406.
- [4] Кайданов В. И., Немов С. А., Равич Ю. И., Зайцев А. М. // ФТП. 1983. Т. 17. № 9. С. 1613—1617.
- [5] Кайданов В. И., Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // Письма ЖЭТФ. 1982. Т. 35. № 12. С. 517—519.
- [6] Кайданов В. И., Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 6. С. 1886—1887.
- [7] Черник И. А., Лыков С. Н., Гречко Н. И. // ФТТ. 1982. Т. 24. № 10. С. 2931—2937.
- [8] Вейс А. Н., Кайданов В. И., Немов С. А. // ФТП. 1983. Т. 17. № 11. С. 1948—1952.
- [9] Кайданов В. И., Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 8. С. 2513—2515.
- [10] Немов С. А., Парфеньев Р. В., Шамшур Д. В. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 2. С. 589—592.
- [11] Каган Ю., Прокофьев Н. В. // Тез. докл. XXIV Всес. совещ. по физике низких температур. Тбилиси, 1986. Т. 2. Ч. 2. С. 11.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинградский политехнический институт
им. М. И. Калпнина
Ленинград

Поступило в Редакцию
9 ноября 1988 г.