

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ β -(BEDT – TTF)₂I₃

В.Н.Лаухин, Е.Э.Костюченко, Ю.В.Сушко,

И.Ф.Щеголев, Э.Б.Ягубский

Обнаружено, что при давлениях выше 1 кбар кристаллы β -фазы (BEDT – TTF)₂I₃ переходят в сверхпроводящую модификацию с зависящей от давления температурой перехода, максимальное значение которой составляет 7,5 К. Это наивысшая температура перехода, зарегистрированная на сегодня в органических соединениях.

1. При нормальном давлении большинство кристаллов β -(BEDT – TTF)₂I₃ переходит в сверхпроводящее состояние при температуре $T_c = 1,5 \pm 0,1$ К¹. Однако в некоторых кристаллах наблюдаются характерные предпереходные явления, которые можно интерпретировать как указание на то, что в них содержится примесь сверхпроводящих фаз с более высокими, вплоть до 7 К, значениями T_c^{2-4} . Одной из возможных причин образования таких фаз могли бы явиться внутренние напряжения в части кристалла, возникающие в процессе синтеза или температурного циклирования образцов³⁻⁵.

В этом случае можно было бы ожидать, что либо температура сверхпроводящего перехода исходной триклинной модификации β -(BEDT – TTF)₂I₃ аномально сильно повышается при увеличении давления, либо уже небольшие давления переводят это соединение в новое состояние, характеризующееся более высокими значениями T_c . В настоящей работе мы сообщаем об исследовании сверхпроводящих переходов в β -(BEDT – TTF)₂I₃ при давлениях до 6 кбар, в результате которого было найдено, что в области выше ~ 1 кбар действительно существует, по-видимому, еще одна сверхпроводящая модификация этого соединения.

Температура перехода этой модификации имеет максимальное значение 7,5 К при давлении чуть выше 1 кбар и падает при дальнейшем увеличении давления.

2. Давление создавалось в камере типа поршень-цилиндр с кремний-органической жидкостью ГКЖ-94 в качестве передающей среды ⁶. Величина давления определялась при низких температурах по сдвигу сверхпроводящего перехода Sn. Всего было исследовано три образца, и в первых измерениях мы не принимали никаких дополнительных мер для улучшения однородности давления. Вследствие этого на температурных зависимостях сопротивления первых двух кристаллов иногда наблюдались небольшие скачки в районе между 50 и 150 К, а ширина сверхпроводящих переходов достигала 1 – 1,5 К. Третий монокристалл исследовался в условиях высокой гидростатичности, которая достигалась применением тонкостенного тефлонового стаканчика с отверстиями, отделявшего малую область рабочей жидкости вблизи образца от остальной ее части. В этом случае скачков на кривых $R(T)$ не наблюдалось, а ширина переходов не превышала 0,3 К.

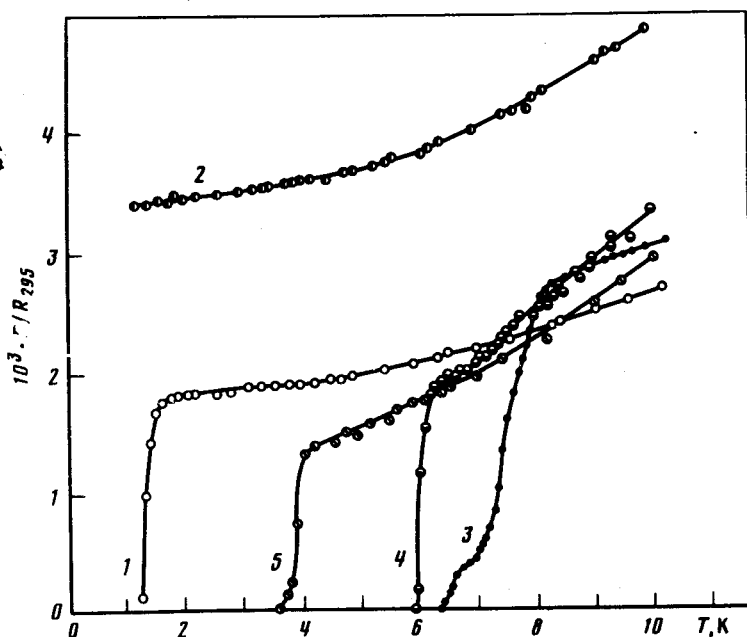


Рис. 1

Рис. 1. Смещение сверхпроводящего перехода в β -(BEDT – TTF)₂I₃ под действием давления: 1 – 16 бар, 2 – 0,9 кбар, 3 – 1,2 кбар, 4 – 1,9 кбар, 5 – 3,3 кбар

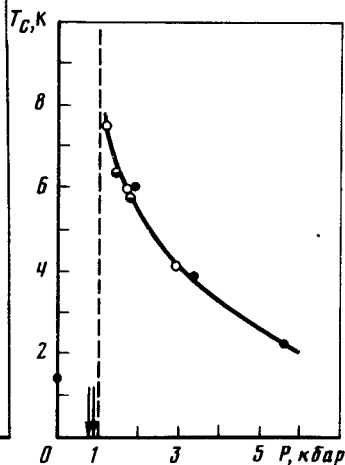


Рис. 2

Рис. 2. Зависимость температуры сверхпроводящего перехода от давления для трех образцов β -(BEDT – TTF)₂I₃. Стрелками показано, что T_c образца под давлениями 0,8 и 0,9 кбар, возможно, лежит ниже 1,25 К

3. Смещение сверхпроводящего перехода в β -(BEDT – TTF)₂I₃ под действием давления показано на рис. 1. Кривые 1, 2, 4 и 5 относятся здесь к третьему монокристаллу, а кривая 3 – к одному из двух первых образцов, исследовавшихся в условиях недостаточно совершенной гидростатичности. Она демонстрирует довольно размытый переход с небольшой ступенькой в районе 6,5 К, которая может быть связана с неоднородностью давления.

Все кривые, кроме кривой 3, показывают отношение сопротивления кристалла $R(T)$ при данной температуре к тому сопротивлению R_{295} , которое он имел перед началом охлаждения бомбы. Вследствие падения давления при охлаждении величина R_{295} относится к более

высокому давлению, чем величина $R(T)$. В опыте, представленном кривой 3, кристалл слегка потрескивал при охлаждении, и его сопротивление падало не так быстро, как в случае кривых 1, 2, 4 и 5. Поэтому для сохранения масштаба рисунка кривая 3 была "привязана" к остальным кривым в районе 10 К.

В области малых давлений температура сверхпроводящего перехода β -(BEDT - TTF) $_2$ I $_3$, по-видимому, резко уменьшается. Так, при $P = 0,8$ кбар (кривая 2) никаких следов перехода не наблюдается вплоть до 1,25 К - самой низкой температуры в наших экспериментах.

При $P \gtrsim 1,2$ кбар (кривые 3, 4, 5) сверхпроводимость снова восстанавливается. При этом температура перехода, равная 7,5 К при 1,2 кбар, заметно падает при дальнейшем увеличении давления. Все это указывает на то, что при $P \sim 1$ кбар в образцах происходит переход в новое сверхпроводящее состояние, характеризующееся высокими температурами перехода.

Зависимость $T_c(P)$ по данным, полученным на всех образцах, показана на рис. 2. Пунктирной линией здесь изображена предполагаемая граница фазового превращения, сопровождающаяся резким повышением T_c . Обращает на себя внимание большая скорость падения T_c с давлением, достигающая в начальной области ~ 2 К/кбар. Это почти на порядок больше, чем $\partial T_c / \partial P$ в солях Бекгарда ⁷ и связано, скорее всего, с большей сжимаемостью β -(BEDT - TTF) $_2$ I $_3$. На большую сжимаемость β -(BEDT - TTF) $_2$ I $_3$ указывает и большое падение комнатного сопротивления под давлением, достигающее десятикратной величины к давлению 8 кбар.

В этой связи возникает принципиальная возможность получить температуру перехода $\sim 10 - 11$ К при нормальном давлении, если удастся сохранить фазу высокого давления в метастабильном состоянии.

4. Таким образом, предположение о существовании в кристаллах β -(BEDT - TTF) $_2$ I $_3$ фазы высокого давления с T_c в районе 7 К, по-видимому, оправдывается. Однако это не означает, конечно, что происхождение предпереходных эффектов в этих кристаллах полностью разъяснено. Не исключено, что определенную роль в их возникновении могут играть и небольшие отклонения состава от стехиометрии и другие причины.

Литература

1. Ягубский Э.Б., Шеголев И.Ф., Лаухин В.Н., Кононович П.А., Карцовник М.В., Зварыкина А.В., Буравов Л.И. Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, 12.
2. Ягубский Э.Б., Шеголев И.Ф., Топников В.Н., Песоцкий С.И., Лаухин В.Н., Кононович П.А., Карцовник М.В., Зварыкина А.В., Дедик С.И., Буравов Л.И. ЖЭТФ, 1985, 88, 244.
3. Schegolev I.F., Yagubskii E.B., Laukhin V.N. Mol. Cryst. Liq. Cryst. in press.
4. Buravov L.I., Kartsovnik M.V., Kaminskii V.F. et al. Synth. Met. in press.
5. Гинодман В.Б., Руденко А.В., Жерихина Л.Н. Письма в ЖЭТФ, 1985, 41, 41.
6. Зварыкина А.В., Лаухин В.Н., Юрчакевич Е.Е., Ягубский Э.Б. ЖЭТФ, 1982, 83, 799.
7. Jerome D., Schulz H.J. Adv. Phys., 1982, 31, 299.