

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА РОМБИЧЕСКОЙ ФАЗЫ ТРИОДИДА БИС- (ЭТИЛЕНДИТИОЛ) ТЕТРАТИОФУЛЬВАЛЕНА

Э.Б. Ягубский, И.Ф. Щеголев, С.И. Песоцкий, В.Н. Лаухин,
П.А. Кононович, М.В. Карцовник, А.В. Зварыкина

Ромбическая модификация системы (BEDT) – TTF) – I₃ испытывает сверхпроводящее превращение при нормальном давлении и температуре середины сверхпроводящего перехода $T_c = 2,5$ К. Большая анизотропия критических полей и близость их величины в плоскости ab к величине парамагнитного предела указывает на двумерный характер сверхпроводящего состояния.

В работе ¹ было сообщено, что в системе (BEDT – TTF) – I₃ существует триклинная модификация состава (BEDT – TTF)₂I₃, которая переходит в сверхпроводящее состояние при нормальном давлении с $T_c = 1,5$ К. Сведения о кристаллической структуре этого соединения приведены в ². Варьирование условий электрохимического синтеза путем использования различных растворителей и подбора рабочего тока приводит к росту кристаллов ряда других кристаллических модификаций той же системы. В настоящем сообщении мы приводим данные о свойствах ромбической фазы системы (BEDT – TTF) – I₃, которая испытывает сверхпроводящее превращение при нормальном давлении с $T_c = 2,5$ К.

Кристаллическая структура этого соединения еще не расшифрована, поэтому нам не известен его точный состав. В настоящее время мы располагаем только данными о параметрах ромбической элементарной ячейки: $a = 15,8 \text{ \AA}$, $b = 14,7 \text{ \AA}$, $c = 33,6 \text{ \AA}$, в которой содержится 8 анионов I₃⁻. Кристаллы вырастают в виде тонких пластинок, вытянутых в направлении оси a . Характерные размеры пластинок имеют порядок $1 \times 0,1 \times 0,01 \text{ мм}^3$.

Проводимость кристаллов измерялась четырехконтактным способом на постоянном токе. Платиновые электроды $\varnothing 10 \text{ мкм}$ приклеивались с помощью серебряной пасты к четырем предварительно напыленным на кристаллы золотым полоскам. Сопротивление контактов не превосходило нескольких десятков Ом. Величина измерительного тока выбиралась равной 10 мкА. Чувствительность измерительной установки составляла при этом 10^{-3} Ом. Во всех опытах измерялось сопротивление в направлении оси a .

На рис. 1 показана температурная зависимость сопротивления нескольких образцов во всем исследованном интервале температур. Усредненное значение комнатной проводимости кристаллов $\sigma_{300} = 20 \pm 5 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. На кривых рис. 1 обращает на себя внимание поведение сопротивления в области температур между 160 и 100 К. Сопротивление кристаллов 1, 2, 3 в этом температурном интервале при понижении температуры возрастает, хотя и в разной степени. Для кристалла 4 роста нет, но наблюдается замедление падения сопротивления, а на кривой кристалла 5 существует небольшой излом при 125 К, мало заметный в масштабе рис. 1. Изменение сопротивления в рассматриваемой температурной области происходит с небольшим гистерезисом, показанным на кривой кристалла 1.

Наличие или отсутствие „горба” в районе 120 К на температурной зависимости сопротивления приводит к заметным различиям в величине сопротивления кристаллов при 4,2 К. Отношение $R_{300}/R_{4,2}$ для кристаллов 1, 2, 4, 5 составляет, соответственно, 6,6; 16; 26 и 150. Тем не менее, все они переходят в сверхпроводящее состояние практически с одинаковой температурой перехода.

Более подробно низкотемпературные части кривых рис. 1 представлены на вставке. Видно, что температура сверхпроводящего перехода T_c , которая определялась по серединам соответствующих кривых, для различных кристаллов лежит в интервале 2,4 – 2,6 К. Обращает на себя внимание, что начало перехода (при $T > T_c$) наиболее размыто у самого совершенно-

го образца 5 с $R_{300}/R_{4,2} = 150$. В то же время завершение перехода (при $T < T_c$) наиболее растянуто у образца 1 с наименьшим отношением $R_{300}/R_{4,2}$.

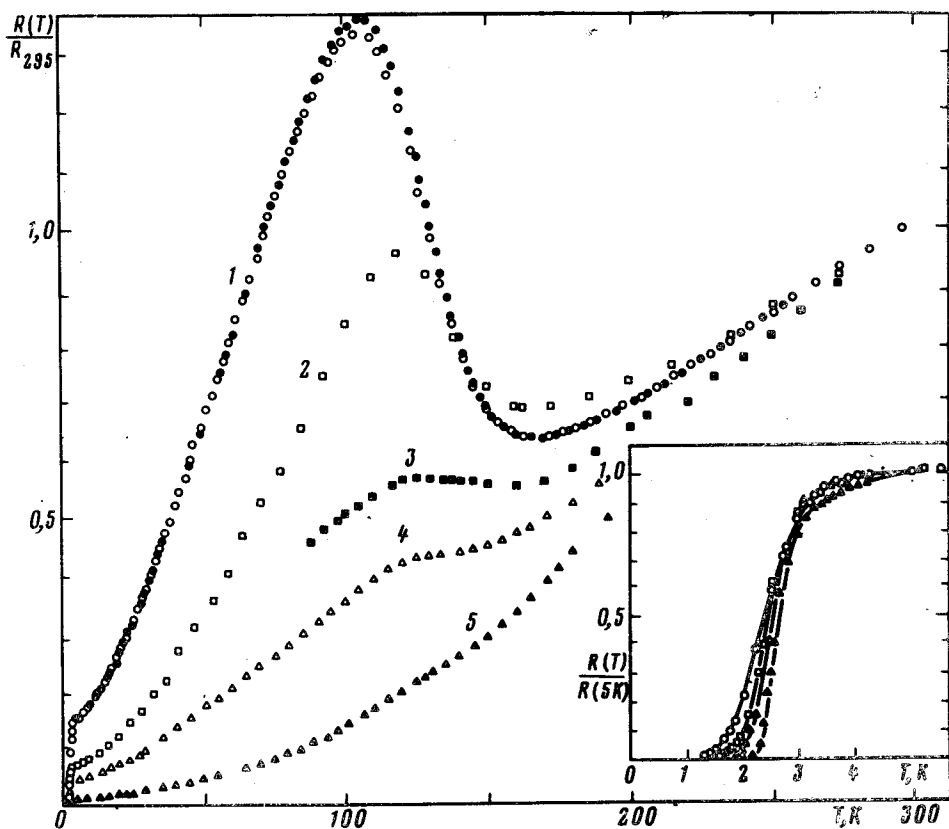


Рис. 1. Температурная зависимость сопротивления для пяти образцов. На вставке показаны кривые сверхпроводящего перехода этих образцов

Для получения кривых перехода в магнитном поле модуль с образцом монтировался в специальном поворотном устройстве внутри сверхпроводящего соленоида. Это позволяло менять ориентацию образца по отношению к магнитному полю и устанавливать его в желаемом положении с точностью $\pm 1^\circ$. При этом параллельность поля плоскости ab легко фиксировалась по резкому минимуму на угловой зависимости сопротивления, снятой в достаточно большом магнитном поле при $T < T_c$. Пример такой зависимости показан на рис.2.

Кривые сверхпроводящего перехода образца 5 в магнитном поле, ориентированном вдоль оси a , представлены на рис.3. На вставке к этому рисунку показана температурная зависимость критических полей, приложенных в направлении каждой из кристаллографических осей. Наименьшие критические поля получаются при направлении поля, перпендикулярном плоскости ab . Критические поля в направлениях, параллельных этой плоскости на порядок-полтора больше, и их значения оказываются порядка величины парамагнитного предела. В самом деле при $T_c = 2,5$ К величина щели $\Delta \sim 10$ К ~ 70 кЭ, в то время как величина продольных критических полей имеет порядок 30 кЭ при температурах всего в 1,5 раза ниже критической. Отметим еще, что разрушение сверхпроводимости продольным полем при $T = 1,5$ К идет крайне вяло: следы сопротивления появляются при 15 – 20 кЭ, заканчивается же переход при $H > 50$ кЭ. Все это указывает на двумерный характер сверхпроводящего состояния.

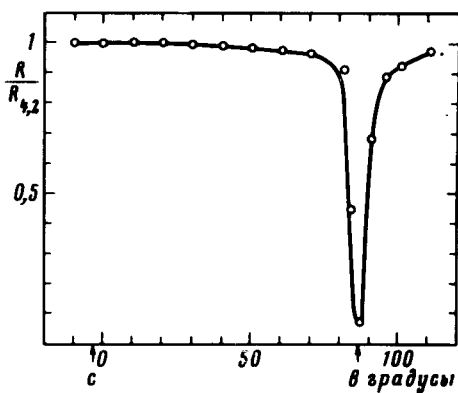


Рис. 2. Угловая зависимость сопротивления образца в магнитном поле $H = 20$ кЭ при $T = 1,5$ К

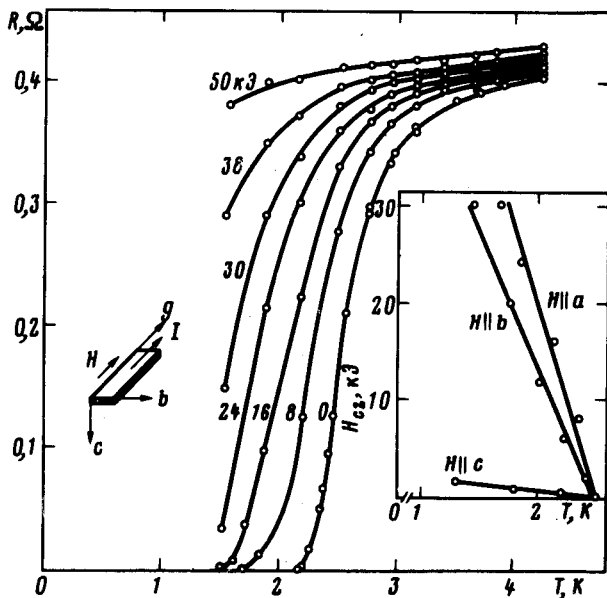


Рис. 3. Подавление сверхпроводящего перехода образца 5 магнитным полем $H \parallel a$. На вставке показана температурная зависимость критических полей

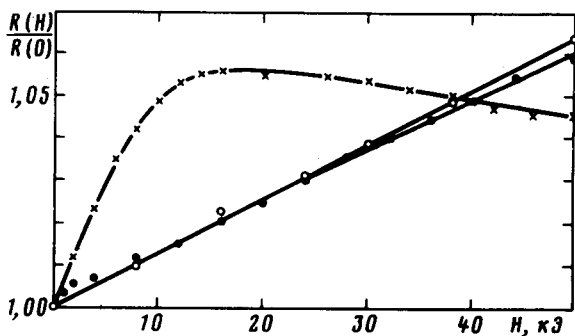


Рис. 4. Полевые зависимости сопротивления образца 5 при $T = 4,2$ К: $\circ - H \parallel a$, $\bullet - H \parallel b$, $\times - H \parallel c$

Как видно из рис.3, магнитное поле подавляет падение сопротивления начиная уже с температур порядка 4 К. Особенно отчетливо это проявляется в полях, параллельных „легкой” оси c . На рис.4 показаны полевые зависимости сопротивления образца 5 при $T = 4,2$ К при различных ориентациях магнитного поля. 5 %-ное возрастание сопротивления в поле ~ 15 кЭ при $H \parallel c$ слишком велико для обычного гальваномагнитного эффекта. При величине проводимости $\sigma_{a,2} = 3 \cdot 10^3 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ и стехиометрической концентрации $n \cong \cong 10^{21} \text{ см}^{-3}$ величина $\Delta\rho/\rho \sim (\omega\tau)^2 = (eH\tau/mc)^2 \sim (H\sigma/nec)^2 \sim 10^{-5}$ должна была бы быть на три порядка меньше. Таким образом создается впечатление, что сверхпроводящий переход начинается уже при температурах ~ 4 К.

В заключение выражаем глубокую благодарность Ф.И.Дубовицкому за интерес к работе и ее поддержку. Л.П.Горькову мы признательны за полезные обсуждения, Р.П.Шибяевой и В.Ф.Каминскому – за предоставление данных о параметрах элементарной ячейки.

Литература

1. Ягубский Э.Б., Шеголев И.Ф., Лаухин В.Н., Кононович П.А., Карцовник М.В., Зварыкина А.В., Бурахов Л.И. Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, 12.
2. Каминский В.Ф., Прохорова Т.Г., Шибяева Р.П., Ягубский Э.Б. Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, 15.