

АНОМАЛЬНЫЙ РОСТ ПРОВОДИМОСТИ В СИСТЕМЕ α -(BEDT – TTF – d_8)₂I₃ В ОБЛАСТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА МЕТАЛЛ – ДИЭЛЕКТРИК

К.И.Походня, Ю.В.Сушко, М.А.Танатар, Г.О.Барам, А.А.Юрченко

Обнаружено резкое изменение проводимости дейтероаналога α -(BEDT – TTF)₂I₃ вдоль кристаллографической оси a в области температур выше фазового перехода металл – диэлектрик. Обсуждается возможный механизм этого явления.

Имеющиеся сведения об электрических, термоэлектрических и магнитных свойствах органического проводника α -(BEDT – TTF)₂I₃¹⁻⁴, указывают на то, что с понижением температуры в системе происходит диэлектрический переход ($T_p = 138$ К).

В настоящей работе обнаружены аномальные проводящие свойства α -(BEDT – TTF – d_8)₂I₃ в области температур выше фазового перехода.

Кристаллы α -(BEDT – TTF – d_8)₂I₃ были получены электрохимическим окислением BEDT – TTF – d_8 по стандартной методике³, и имели форму, близкую к ромбической, с типичными размерами $2 \times 2 \times 0,02$ мм³. Параметры элементарной ячейки α -(BEDT – TTF – d_8)₂I₃ хорошо совпадают с описанными для α -(BEDT – TTF)₂I₃¹.

Проводимость монокристаллов измерялась на постоянном токе четырехконтактным методом в направлении осей a и b (вдоль длинной и короткой диагоналей ромба). Обозначения осей в соответствии с¹.

Исследования анизотропии проводимости проводились по методу, аналогичному методу Монтомгери⁵. Ввиду того, что попытки приготовить образец прямоугольной формы со сторонами, совпадающими с осями a и b кристалла, приводили к растрескиванию, мы располагали контакты по серединам сторон ромба, как показано на вставке рис. 2. Острый угол ромба равен 82° , расстояния между контактами 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4 и 1 – 4 приблизительно одинаковы ($\pm 0,1$ мм). В одном термическом цикле измерялись по четырехконтактной схеме два сопротивления при различных конфигурациях: а) контакты 1, 4 – токовые, 2, 3 – потенциальные (R_{23}); б) 1, 2 – токовые контакты, 3, 4 – потенциальные (R_{34}). Затем определялось их отношение (R_{23}/R_{34}), которое, очевидно, пропорционально отношению проводимостей кристалла вдоль выделенных осей, τ_a/τ_b .

Представленные на рисунках 1 и 2 экспериментальные результаты, позволяют выделить следующие особенности. 1) В области температур 300 – 180 К проводимость изменяется по закону $\sigma \sim T^{-1/2}$, что отличается от закона изменения проводимости как в обычных металлах (T^{-1}), так и в широко исследованных квазиодномерных проводниках (T^{-2})⁶.

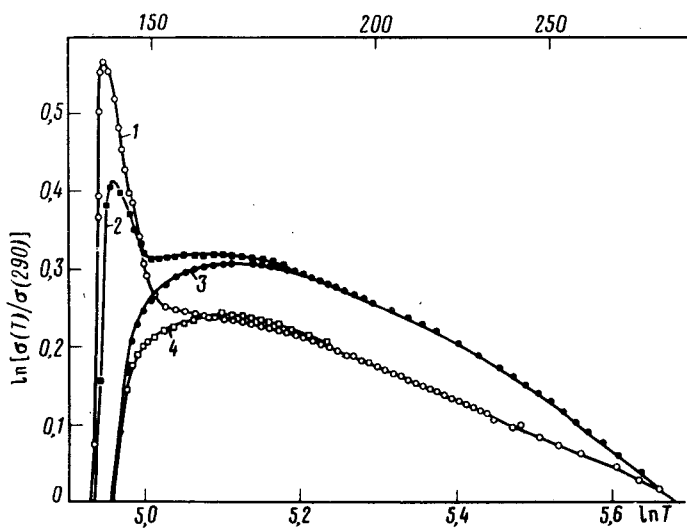


Рис. 1. Температурные зависимости проводимости вдоль оси *a* четырех кристаллов α -(BEDT - TTF - d_8)₂I₃. Кривая 2 получена после легирования образца 4 в насыщенных парах иода в течение 15 мин при комнатной температуре

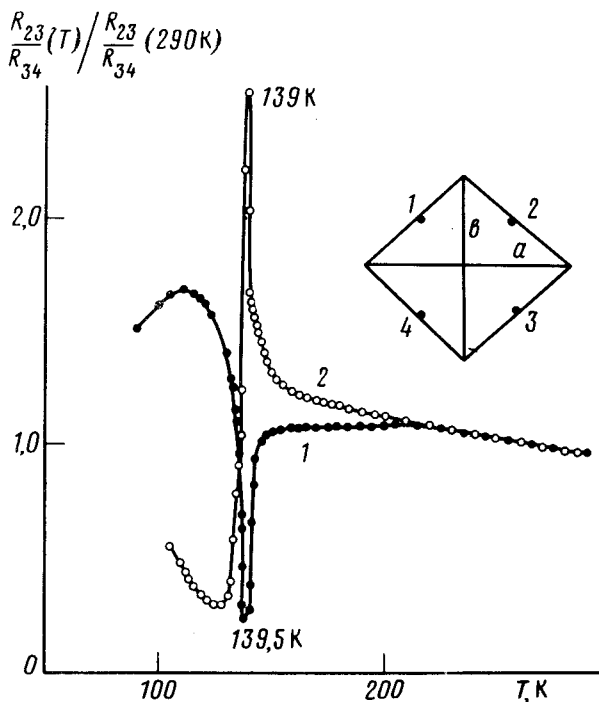


Рис. 2. Температурные зависимости анизотропии проводимости кристаллов α -(BEDT - TTF - d_8)₂I₃ стехиометрического (1) и нестехиометрического (2) составов. На вставке - геометрия расположения контактов.

2) В предшествующей переходу области температур 180 – 140 К проводимость σ_a различается у различных кристаллов из одной партии: а) в большинстве кристаллов проводимость достигает максимума при 165 К, а затем плавно падает. Такое поведение является обычным для α -(BEDT - TTF)₂I₃¹; б) в некоторых кристаллах проводимость продолжает расти и демонстрирует аномальный резкий максимум в узкой области температур 148 – 140 К, непосредственно предшествующей переходу. 3) Аномальный рост проводимости σ_a в предпереходной области связан с отклонением от стехиометрии комплекса в процессе синтеза

или легирования. 4) Ни в одном из исследованных кристаллов проводимость вдоль оси b не демонстрировала роста в области температур, предшествующей переходу. 5) Предпереходное падение σ_b происходит в более узкой области T . 6) Температура перехода металл — диэлектрик, определенная по максимуму $d \ln \sigma / d(1/T)$, является одинаковой как для σ_a , так и для σ_b ($T_p = 138 \pm 0,5$ К). 7) Температура перехода не изменяется от образца к образцу. 8) Анизотропия проводимости, существенно изменяясь в области перехода, ниже перехода ($T \approx 100$ К) стремится к величине, близкой к значению при комнатной температуре.

Свойства, подобные (2) — (5), характерны для квазиодномерных кристаллов TTF — TCNQ и TTF₂I₃, и нашли объяснение в проявлении дополнительного механизма проводимости посредством несоизмеримой волны зарядовой плотности (ВЗП), вызванной пайерлсовской неустойчивостью^{6, 7}. Однако, одномерный характер электронного спектра, приводящий к расходимости функции линейного отклика $\chi(q)$ электронной плотности на внешний потенциал, заведомо обеспечивает выполнение критерия пайерлсовской неустойчивости $[1 - \lambda(q) \chi(q)] < 0$, где $\lambda(q)$ — константа электрон-фононного взаимодействия, и открытие диэлектрической щели на всей поверхности Ферми.

$\chi(q) < 0$, где $\lambda(q)$ — константа электрон-фононного взаимодействия, и открытие диэлектрической щели на всей поверхности Ферми.

В двумерной же системе, $\chi(q)$ имеет слабую особенность, и указанный критерий выполним лишь при достаточно больших значениях λ . Именно такая ситуация реализуется в слоистых соединениях дихалькогенидов переходных металлов, где пайерлсовская неустойчивость проявляется в образовании ВЗП, но не приводит к диэлектризации системы⁸.

По структурным, электрическим, а также оптическим данным^{1, 2, 3, 9}, α -(BEDT—TTF)₂I₃ является квазидвумерным проводником. Поэтому предположение о возможном вкладе ВЗП в проводимость и пайерлсовском характере перехода должно основываться на большой величине λ .

В пользу того, что константа электрон-фононного взаимодействия системы действительно велика, свидетельствуют: а) низкая электропроводность кристаллов при комнатной температуре (из-за сильного рассеяния электронов на фононах); б) высокое значение T_p ($T_p \approx T_F \exp(-1/\lambda)$ ^{6, 8}, где T_F — температура Ферми).

Поэтому можно предположить, что обнаруженные аномалии проводимости связаны с пайерлсовским искажением решетки вдоль оси a . Следующая за пайерлсовским переходом диэлектризация системы может быть следствием подключения других механизмов, например анионного упорядочения.

Авторы выражают благодарность В.Н.Баумеру, определившему постоянные решетки кристаллов, М.К.Шейнкману и И.И.Украинскому за интерес к работе, полезные советы и обсуждения.

Литература

1. Ягубский Э.Б., Щеголев И.Ф., Лаухин В.Н. и др. Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, 387.
2. Bender K., Henning I., Schweitzer D. et al. Mol. Cryst. Liq. Cryst., 1984, 108, 359.
3. Мержанов В.А., Костюченко Е.Э., Фабер О.Е. и др. ЖЭТФ, 1985, 89, 292.
4. Баран Н.П., Походня К.И. УФЖ, 1985, 30, 1164.
5. Montgomery J. J. Appl. Phys., 1971, 42, 2971.
6. Jerome D., Schultz H. Adv. Phys., 1982, 31, 299.
7. Горелов Б.М., Лаухин В.Н., Щеголев И.Ф. ЖЭТФ, 1981, 80, 2403.
8. Friend R., Jerome D. J. Phys. C, 1979, 12, 1441.
9. Козлов М.Э., Походня К.И., Танатар М.А., Ягубский Э.Б. УФЖ, 1985, 30, 1310; Karlinov M.G., Yagubski E.B., Rosenberg L.R. et al. Phys. Stat. Solid., 1985, A89, 509.