

АНИЗОТРОПИЯ ПРОВОДИМОСТИ И ВЕРХНИХ КРИТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В НОВОМ ОРГАНИЧЕСКОМ СВЕРХПРОВОДНИКЕ

κ - ET₂(CuN(CN)₂)Cl_{0,5}Br_{0,5}

Н.Д.Куц, С.И.Песоцкий, В.Н.Топников

Институт химической физики РАН,
142432, Черноголовка, Московская обл., Россия

Поступила в редакцию 19 октября 1992 г.

Проведено исследование анизотропии проводимости и верхних критических полей нового органического квазидвумерного сверхпроводника κ -ET₂(CuN(CN)₂)Cl_{0,5}Br_{0,5}. Показано, что это соединение существенно более трехмерно по сравнению со сверхпроводником κ -ET₂(CuN(CN)₂)Br. Полученные результаты согласуются с данными рентгеноструктурного анализа.

Синтезированный около двух лет назад органический сверхпроводник κ -ET₂(CuN(CN)₂)Br до сих пор представляет собой объект повышенного внимания исследователей. В первую очередь это связано с рекордной для органических солей температурой сверхпроводящего перехода при нормальном давлении $T_c = 11,6$ К¹, принадлежащей этому соединению. Другим фактом, вызвавшим интерес, было то обстоятельство, что для изоструктурного соединения ET₂(CuN(CN)₂)Cl при нормальном давлении характерен переход металл-диэлектрик при низких температурах и лишь при внешнем давлении возникал сверхпроводящий переход при $T_c = 12,5$ К². Последующее за этим изучение солей промежуточного состава ET₂(CuN(CN)₂)Br_xCl_{1-x} в зависимости от x убедительно показало, что при $x = 0,5$ образуется новый квазидвумерный комплекс с температурой сверхпроводящего перехода при нормальном давлении $T_c = 11,3$ К³. При этом при иных значениях x получающиеся соединения можно рассматривать лишь как "грязные" хлорид или бромид. Новый комплекс изоструктурен ET₂(CuN(CN)₂)Br и ET₂(CuN(CN)₂)Cl и обладает, как и они, слоистой структурой: высокопроводящие катионные слои, лежащие в плоскости ас чередуются с изолирующими анионными слоями в направлении b. Однако по данным рентгеноструктурного анализа межслоевое расстояние в новом соединении меньше, чем в чистых хлориде и бромиде³, и поэтому можно предположить его меньшую двумерность по сравнению с исходными солями. На такую возможность указывают и результаты оптических исследований монокристаллов ET₂(CuN(CN)₂)Cl_{0,5}Br_{0,5}⁴.

Настоящая статья посвящена изучению анизотропных характеристик нового органического сверхпроводника ET₂(CuN(CN)₂)Cl_{0,5}Br_{0,5}, а именно, анизотропии проводимости и верхних критических полей.

Измерения проводились на монокристаллах с характерными размерами $0,8 \times 0,4 \times 0,04$ мм. Сопротивление измерялось стандартным четырехконтактным способом. Постоянный ток 100 мкА мог быть направлен как вдоль проводящих плоскостей $j \perp b^*$, и тогда измерялось продольное сопротивление, так и перпендикулярно к ним $j \parallel b^*$, в этом случае измерялось поперечное сопротивление. Для измерений в магнитном поле использовался сверхпроводящий соленоид с максимальным полем 50 кЭ. Верхнее критическое поле определялось по кривой разрушения сверхпроводимости магнитным полем $R(H)$. Измерительный

ток в этих случаях был направлен параллельно хорошо проводящей плоскости кристалла. За величину H_{c2} при данной температуре бралась абсцисса точки пересечения касательной к точке максимальной производной dR/dH и линии, экстраполирующей значение сопротивления нормального состояния при высоких полях на область малых полей. Такой метод позволяет до минимума уменьшить искажение значений H_{c2} , возникающее при изучении резистивных сверхпроводящих переходов, и, связанное, по-видимому, с движением вихрей в области промежуточных полей⁵.

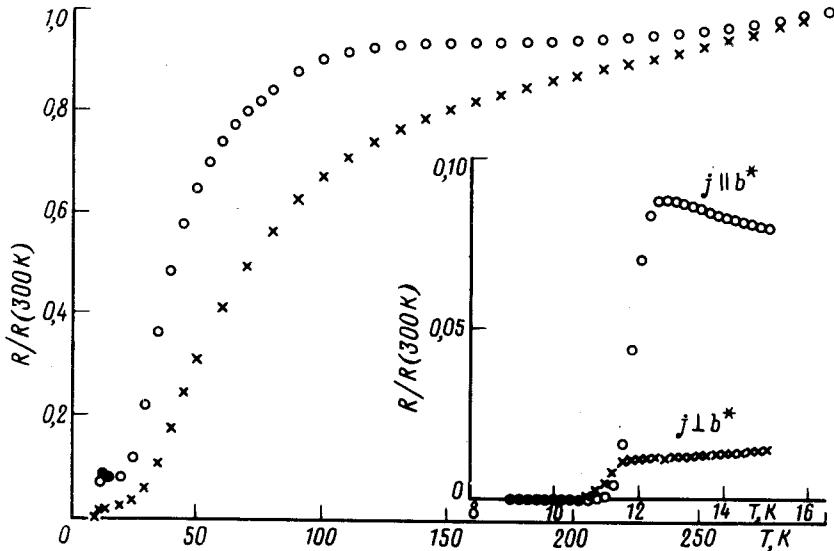


Рис.1. Температурная зависимость сопротивления монокристалла $ET_2(CuN(CN)_2)Cl_{0,5}Br_{0,5}$. \times – измерительный ток в плоскости $a\bar{c}$ кристалла; \circ – ток направлен перпендикулярно плоскости $a\bar{c}$. На вставке низкотемпературная часть зависимости $R(T)$

На рис.1 изображены зависимости сопротивления от температуры при продольном и поперечном направлениях измерительного тока в монокристалле $ET_2(CuN(CN)_2)Cl_{0,5}Br_{0,5}$. Проводимость в проводящей плоскости при комнатной температуре составляет $\sigma_{||} = 2 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, поперечная проводимость на два порядка меньше $\sigma_{\perp} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Таким образом, анизотропия проводимости при комнатной температуре в данном соединении $\sigma_{||}/\sigma_{\perp} \approx 100$, что на порядок меньше аналогичной величины в сверхпроводнике $ET_2(CuN(CN)_2)Br$ ⁶. При понижении температуры анизотропия проводимости растет и достигает при $T \approx 12 \text{ К}$ величины порядка 1000, что опять же почти на порядок меньше, чем в $ET_2(CuN(CN)_2)Br$ ⁶. При температурах ниже 12 К кристалл $ET_2(CuN(CN)_2)Cl_{0,5}Br_{0,5}$ испытывает переход в сверхпроводящее состояние (см. вставку рис.1). Температуру начала перехода можно оценить как $T_c \approx 11,9 \text{ К}$. Следует отметить, что на температурной зависимости сопротивления во всем температурном диапазоне (см. рис.1) отсутствуют максимумы сопротивления, зарегистрированные в образцах $ET_2(CuN(CN)_2)Br$ ⁶. В то же время, ускорение падения сопротивления ниже 100 К характерно для обоих сверхпроводящих соединений. Природа этого ускорения требует более подробного изучения.

Анизотропию верхних критических полей в монокристалле $ET_2(CuN(CN)_2)Cl_{0,5}Br_{0,5}$ можно видеть на рис.2. Корреляционные длины,

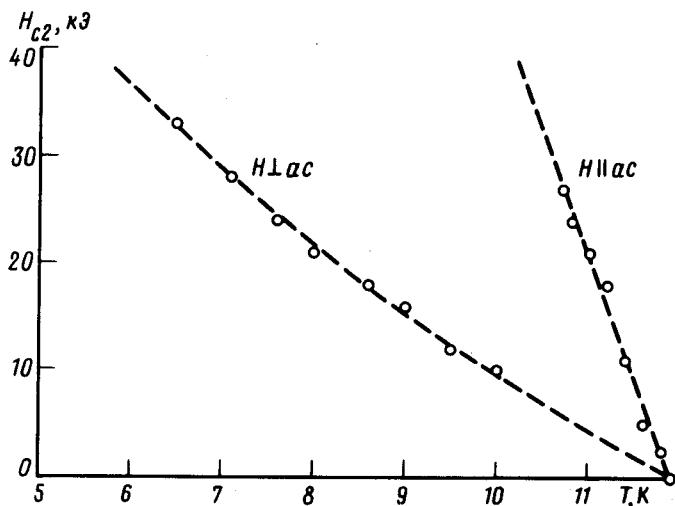


Рис.2. Зависимость верхних критических полей монокристалла $\text{ET}_2(\text{CuN}(\text{CN})_2)\text{Cl}_{0,5}\text{Br}_{0,5}$ от температуры для различных ориентаций в магнитном поле

оцениваемые по значениям производных критических полей H'_c2 ($T \Rightarrow T_c$) составляют $\xi_{\parallel}(0) \cong 140 \text{ \AA}$ и $\xi_{\perp}(0) \cong 28 \text{ \AA}$, где ξ_{\parallel} и ξ_{\perp} – корреляционные длины в хорошо проводящей плоскости и в направлении перпендикулярном ей, соответственно. Таким образом, анизотропия критических полей в исследованном образце составляет $H'_{c2\parallel}/H'_{c2\perp} \cong \xi_{\parallel}(0)/\xi_{\perp}(0) \cong 5$, что приблизительно в два раза меньше аналогичной величины в $\text{ET}_2(\text{CuN}(\text{CN})_2)\text{Br}$ ⁷.

Таким образом, приведенные результаты изучения анизотропии верхних критических полей и проводимости в новом органическом сверхпроводнике $\kappa - \text{ET}_2(\text{CuN}(\text{CN})_2)\text{Cl}_{0,5}\text{Br}_{0,5}$ свидетельствуют в пользу большей трехмерности этого соединения по сравнению с изоструктурным сверхпроводником $\text{ET}_2(\text{CuN}(\text{CN})_2)\text{Br}$. Отличие соответствующих анизотропных характеристик двух соединений значительно. Поэтому представляется, что недостаточная статистика или возможные ошибки при измерениях вряд ли могут существенно повлиять на сделанное заключение, находящееся в хорошем согласии с отмеченными выше результатами рентгеноструктурного анализа и оптических измерений.

Выражаем благодарность Э.Б.Ягубскому за полезные дискуссии, Ю.Ф.Кияченко за помощь в проведении автоматизированного эксперимента и В.Н.Лаухину за методическую помощь.

-
1. A.M.Kini, U.Geiser, H.H.Wang, et al., Inorg. Chem. **29**, 2555 (1990).
 2. J.M.Williams, A.M.Kini, H.H.Wang, et al., Inorg. Chem. **29**, 3272 (1990).
 3. N.D.Kushch, L.I.Buravov, A.G.Khomenko, et al., Synth. Met., in press.
 4. P.M.Власова, О.О.Дроздова, В.Н.Семкин и др., ФГТ, в печати.
 5. H.Mori, K.Nakao, S.Nagaya, et al., Int. Conf. on Science and Techn. of Synt. Met., ICSM-90, abstract 1, 305 (1990).
 6. L.I.Buravov, N.D.Kushch, V.A.Merzhanov, et al., J. de Phys. I **2**, 1257 (1992).
 7. W.K.Kwok., U.Welp, K.D.Carlson, et al., Phys. Rev. B **42**, 8686 (1990).