

КРИТИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 190 КБАР

И.В. Берман, Н.Б. Брандт, Ю.П. Куркин,
Е.А. Наумова, И.Л. Ромашкина, В.И. Сидоров,
А.И. Акимов, В.И. Гапальская, Е.К. Стрибук

В области давлений P до 200 кбар обнаружена немонотонная зависимость температуры сверхпроводящего перехода T_c от P у керамических образцов $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$. При $P \sim 40$ кбар обнаружено появление низкотемпературной фазы. Определены производные dT_c/dP у высоко- и низкотемпературной фаз.

Влияние давления на температуру T_c сверхпроводящего (СП) перехода у одной из наиболее интересных систем высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) Tl – Ba – Ca – Cu – O , открытых в работе ¹, исследовалось до настоящего времени лишь в области гидростатических давлений ($P \leq 8$ кбар) ², так что вопрос о поведении T_c при существенно больших давлениях остается открытым.

В настоящей работе исследованы зависимости электросопротивления R от температуры T у керамических образцов $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$ в интервале (300 \div 1,5) К при давлениях до 190 кбар. Давление создавалось методом наковален Бриджмена. Сопротивление образцов размерами $\sim 300 \times 30 \times 30$ мкм регистрировалось четырехконтактным методом. Электродами служили платиновые полоски толщиной 10 мкм.

Исходные образцы с номинальным составом $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$, аттестованные при помощи рентгеновского анализа, были многофазными. Несмотря на это, для массивных образцов регистрировались одноступенчатые кривые переходов в СП состояние, причем состояние с нулевым сопротивлением у них достигалось при температурах выше 105 К.

Характер температурных зависимостей R/T у образцов малых размеров при различных давлениях (рис. 1) отличается от характера соответствующих кривых, полученных для массивных образцов. СП переходы регистрируются на фоне полупроводникового роста R . При увеличении давления полупроводниковый рост становится менее выраженным.

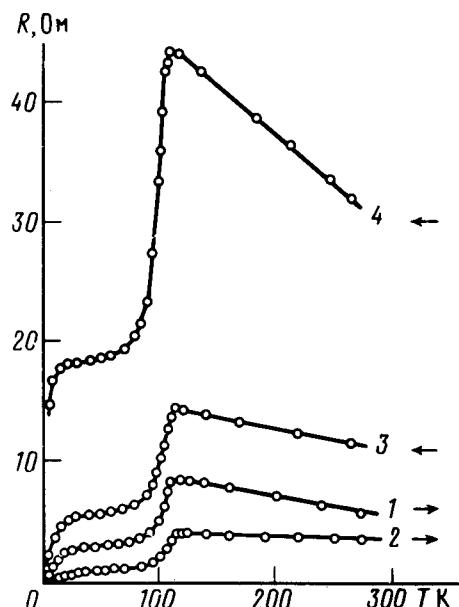


Рис. 1. Температурная зависимость сопротивления $R(T)$ образца $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$ при различных давлениях P , кбар: 1 – 56; 2 – 162; 3 – 84; 4 – 65. Кривые, снятые при увеличении давления, отмечены символом \rightarrow , а при уменьшении – символом \leftarrow

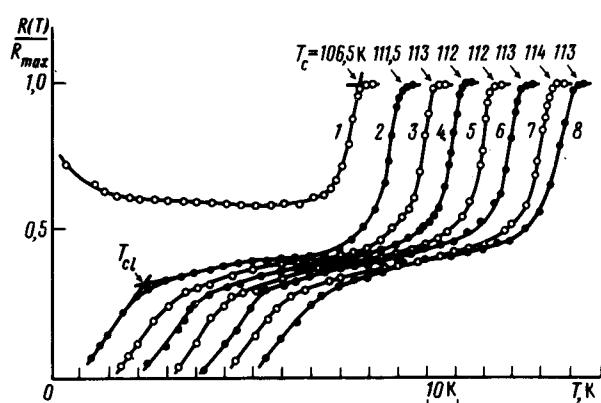


Рис. 2. Кривые СП переходов образца $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$, снятые при увеличении давления P , кбар: 1 – 23, 2 – 67, 3 – 103, 4 – 129, 5 – 136, 6 – 151, 7 – 172, 8 – 191. Для наглядности начало отсчета по температурной шкале смешено для каждой кривой на 10 К. R_{max} – сопротивление образца в начале перехода

На рис. 2 приведены кривые переходов в СП состояние для одного из исследованных образцов $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$ при различных давлениях.

В области относительно небольших давлений до $P \sim 40$ кбар сопротивление при СП переходе уменьшается резко, но не до нуля. После частичного перехода в СП состояние в области низких температур наблюдается рост R (рис. 2, кривая 1). При дальнейшем увеличении давления выше $P \sim 40$ кбар (рис. 2, кривые 2 – 8) переход в СП состояние носит двухступенчатый характер. Наряду с характерными для данного соединения высокотемпературными участками СП переходов ($T_c \sim 110$ K) наблюдаются участки СП переходов с существенно более низкими критическими температурами ($T_c \sim 20$ K). Если предположить, что сверхпроводимость с более низкими T_c присуща некоторой низкотемпературной фазе, то из полученных данных следует, что она появляется при давлении $P \sim 40$ кбар и сохраняется при больших давлениях.

Плотность критического тока у низкотемпературной фазы при $T = 4,2$ К составляет $j_{cl} = 10 \text{ A/cm}^2$, а для высокотемпературной фазы — превышает 500 A/cm^2 , что неплохо согласуется с литературными данными³. Изменения критического тока при изменении величины давления обнаружено не было.

Температура СП перехода как низкотемпературной (T_c), так и высокотемпературной (T_c) фаз определялась по точке пересечения линейных участков кривых СП переходов с прямыми, аппроксимирующими зависимость $R(T)$ до начала СП перехода. Значения T_c ука-

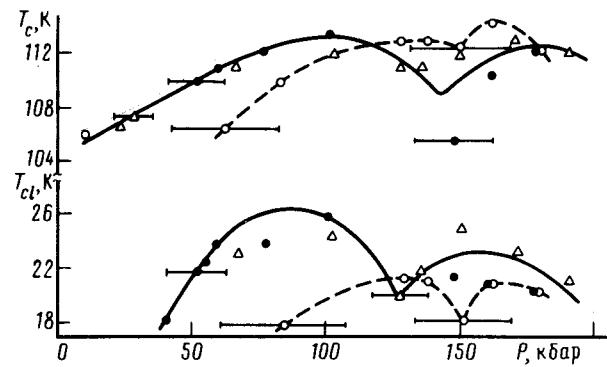


Рис. 3. Зависимости T_c и T_{cl} от давления. Сплошная кривая соответствует увеличению, пунктир — уменьшению давления. Черными и белыми кружками отмечены данные для одного образца при увеличении и уменьшении P , треугольниками — для другого при увеличении P

заны на рис. 2 стрелками. Поведение критической температуры под действием давления имеет ряд особенностей (рис. 3). Зависимость T_c от P у высокотемпературной фазы образцов $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ носит немонотонный характер. Под действием давления в области давлений до 70 кбар T_c увеличивается линейно со скоростью $dT_c/dP = 0,12 \text{ K/kбар}$. Это значение производной согласуется по порядку величины со значением $dT_c/dP = 0,2 \text{ K/kбар}$, полученным при исследовании керамических образцов $\text{Tl}-\text{Ba}-\text{Ca}-\text{Cu}-\text{O}$ в условиях гидростатики до 8 кбар². При дальнейшем увеличении давления T_c достигает максимального значения, после чего уменьшается, проходит через минимум в интервале давлений (130 \div 150) кбар и затем вновь возрастает. Обратный ход при уменьшении давления (пунктир) имеет, в общем, аналогичный характер. Минимум на кривой $T_c(P)$ может быть связан со структурным превращением.

Спецификой низкотемпературной фазы является не только появление сверхпроводимости при давлении порядка 40 кбар, но и существенно более сильный рост T_c в начальной области давлений (40 \div 60) кбар. Значение производной в этой области составляет $dT_c/dP = 0,3 \text{ K/kбар}$. Более высокое значение dT_{cl}/dP у низкотемпературной фазы, находящейся вблизи перехода диэлектрик — металл, по сравнению с производной dT_c/dP для высокотемпературной фазы, согласуется с наблюдавшейся ранее для образцов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ корреляцией между значениями T_c и dT_c/dP ⁴. Не исключено, что этот эффект связан с уменьшением влияния локализации носителей, подобно тому, что имеет место у аморфных полупроводников⁵.

Кривая $T_{cl}(P)$ по форме напоминает соответствующую кривую $T_c(P)$ и имеет характерные особенности приблизительно в тех же интервалах давлений. Это удивительное обстоятельство свидетельствует, по-видимому, о тесной связи высокотемпературной и низкотемпературной фаз.

Для однозначной интерпретации полученных данных необходимо проведение рентгеноструктурных исследований под давлением.

Литература

1. *Sheng Z.Z., Hermann A.M.* Nature, 1988, **332**, 138.
2. *Han S.H. et al.* Physica C, 1988, **156**, 113.
3. *Takahashi K. et al.* Jap. J. Appl. Phys., 1988, **27**, L1457.
4. *Берман И.В. и др.* Письма в ЖЭТФ, **47**, 634.
5. *Берман И.В. и др.* Письма в ЖЭТФ, 1984, **40**, 472.

Московский государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
15 мая 1989 г.
