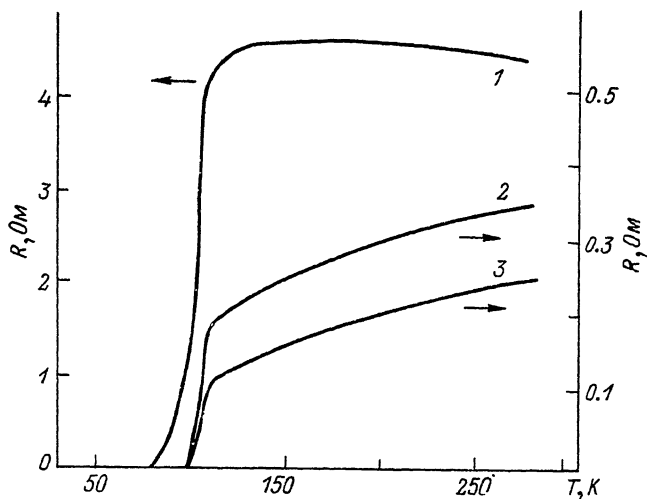


05.4

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В СИСТЕМЕ $Tl-Ca-Va-Cu-O$ И.В. Водолазская, В.И. Воронкова,
В.К. Яновский

Высокотемпературная сверхпроводимость в системе $Tl-Va-Cu-O$ была обнаружена в начале 1988 г. [1] и вскоре было найдено, что частичное замещение Va на Ca позволяет повысить температуру сверхпроводящего перехода этих материалов до рекордно высокой на сегодняшний день величины – состояние с нулевым сопротивлением достигается при 100–110 К [2, 3], а по некоторым данным – выше 120 К [4, 5]. Вместе с тем, из-за сложностей с синтезом соединений в этой системе их состав и структура практически еще не изучены. Указывалось на возможное существование трех сверхпроводящих фаз: $Tl_2Va_2CuO_{6+\delta}$ (фаза 2021 в обозначениях [2]) с $T_c = 80$ К, $Tl_2CaVa_2Cu_2O_{8+\delta}$ (2122) и $Tl_2Ca_2Va_2Cu_2O_{10+\delta}$ (2223) – обе с критической температурой выше 100 К. По предварительным данным структуру этих трех соединений можно рассматривать как слоистую с перовскитоподобными фрагментами, содержащими один, два или три медь-кислородных слоя соответственно [2, 3]. В этом отношении таллий-содержащие сверхпроводники близки к висмут-содержащим соединениям типа $Bi_2CaSr_2Cu_2O_{8+\delta}$. Целью настоящей работы было изучение фазового состава и свойств сверхпроводников в системе $Tl-Ca-Va-Cu-O$ и их связи с условиями синтеза. Показано, что керамика в этой системе, переходящая в сверхпроводящее состояние выше 100 К, содержит две основные кристаллические фазы: типа $Tl_2Ca_2Va_2Cu_2O_{10+\delta}$ (2223) и типа $Tl_2CaVa_2Cu_2O_{8+\delta}$ (2122), имеющие три рентгенографически различные модификации. Критическая температура повышается с ростом содержания фазы типа 2223.

Исследования проводились на керамических образцах, получаемых по методике, сходной с применявшейся в [1]. Использовались три разных серии образцов с соотношением $Tl:Ca:Va:Cu$, равным 1:1:1:2 (состав 1), 2:2:1:3 (состав 2) и 2:2:2:3 (состав 3). Прокаливание образцов, имеющих форму дисков диаметром 10–20 мм и толщиной 1,5–2 мм, проводилось в течение 5 мин при 910–930 °С в токе кислорода с последующим быстрым охлаждением. Часть образцов вновь измельчалась и после прессования таблеток подвергалась последующему пятиминутному прокаливанию при той же или более высокой температуре. Другая часть образцов использовалась для рентгенофазового анализа и для изучения физических свойств. Образцы состава 1 и 3 дважды прокаливались при 930 °С, а образцы состава 2 прокаливались последовательно при 910, 920 и 930 °С.



Температурная зависимость сопротивления керамики в системе $Tl - Ca - Ba - Cu - O$: 1 - образец состава 1 (содержит фазы 2122 (2) и мало 2223), 2 - образец состава 3 (2122 (2) + 2223), 3 - образец состава 2 (2122 (1) + 2122 (2) + 2223).

Вне зависимости от состава исходной смеси и условий прокаливании фазовый состав всех образцов был, в общем, подобным. Уже при первом пятиминутном прокаливании при высокой температуре исходные компоненты успевают прореагировать, образуя соединения типа 2122 и 2223. Основной кристаллической фазой во всех случаях является соединение типа 2122 с тетрагональной элементарной ячейкой с параметрами, близкими к $a = 5.47 \text{ \AA}$ и $c = 29.7 \text{ \AA}$, на долю которой приходится до 85–95% объема образца. Количество фазы типа 2223 с параметрами ячейки $a = 5.41 \text{ \AA}$ и $c = 36.2 \text{ \AA}$ после первого прокаливании не велико (5–15%), но возрастает до 20–40% при повторных прокалываниях. Это относится и к образцам с составом 3, отвечающим составу соединения 2223. Обе эти кристаллические фазы (типа 2122 и 2223) имеют, очевидно, переменный химический состав.

Было найдено, что фаза типа 2122 может существовать в трех разных модификациях. Модификации 1 и 2 появляются на ранних стадиях синтеза и по характеру их дифрактограмм близки к висмутсодержащему соединению $Bi_2CaSr_2Cu_2O_8 + \delta$. Они имеют примерно одинаковые параметры элементарной ячейки, указанные выше, но модификация 2 отличается от модификации 1 значительно более высокой интенсивностью рефлексов типа 001 и $h01$, в частности появлением достаточно сильных (10–20%) линий 106, отсутствующих у модификации 2122 (1). Модификация 3 появляется на более поздних стадиях синтеза, имеет меньшие параметры ячейки, равные

$a = 5.46 \text{ \AA}$, $c = 28.9 \text{ \AA}$ и характеризуется отсутствием линий 115 и 117, относящихся у модификаций 2122 (1) и 2122 (2) к наиболее сильным, и присутствием сильной линии 109. Переход от одной такой модификации к другой связан или с полиморфизмом и различиями в упорядочении атомов (модификации 2122 (1) и 2122 (2)), или с существенной перестройкой структуры (модификация 2122 (3)).

Измерения электрического сопротивления материалов в системе $Tl - Ca - Ba - Cu - O$ проводились по стандартной четырехэлектродной схеме на постоянном токе. Типичные зависимости $R(T)$ показаны на рисунке. Сверхпроводящий переход наблюдается у всех исследовавшихся образцов уже после первого их прокаливания, но при повторных прокаливаниях и при повышении температуры обжига он становится более резким и смещается в сторону высоких температур. У лучших полученных образцов (состав, 2 трехкратное прокаливание) удельное сопротивление составляет при 300 К 36 мОм·см и при 120 К – 19 мОм·см, температура сверхпроводящего перехода равна 108 К и его ширина – 10 К. По-видимому, при более совершенной методике синтеза могут быть получены и материалы с более высокими критическими температурами и узкими переходами. У всех полученных образцов после охлаждения жидким азотом наблюдается левитация в магнитном поле.

Отмечается определенная корреляция между повышением содержания фазы типа 2223 в образцах и улучшением их сверхпроводниковых свойств. Таким образом, ответственной за сверхпроводящий переход с $T_c > 100 \text{ K}$ является, по-видимому, именно эта фаза.

Результаты настоящей работы подтверждают, что сверхпроводимость в системе $Tl - Ca - Ba - Cu - O$ очень хорошо воспроизводится, и температура сверхпроводящего перехода является более высокой, чем у других известных оксидных сверхпроводников.

Л и т е р а т у р а

- [1] Sheng Z.Z., Hermann A.M., El Ali A., Almasan C., Estrada J., Datta T. and Matson R.J. // Phys. Rev. Lett. 1988. V. 60. N 10. P. 937-940.
- [2] Hazen R.M., Finger L.W., Angel R.J., Prewitt C.T., Ross N.L., Hadidiacos C.G., Heaney P.J., Veblen D.R., Sheng Z.Z., El Ali A., and Hermann A.M. // Phys. Rev. Lett. 1988. V. 60. N 16. P. 1657-1660.
- [3] Subramanian M.A., Calabrese J.C., Torardi C.C., Gopalakrishnan J., Askev T.R., Flippen R.B., Morrissy K.J., Chowdhry U. and Sleight A.W. // Nature. 1988. V. 332. N 7. P. 420-422.

- [4] Zhang Y., Liang D., Xie S., Huang J., Rao G., Cheng X., Liu H., Zheng D. and Qia Sh. // Phys. D. 1988. V. 21. N 6. P. 845-847.
- [5] Gingley D.S., Venturini E.L., Kwak Y.E., Baughman R.J., Carr M.J., Hlava P.F., Schirber J.E. and Morosin B. // Physica C. 1988. V. 152. N 8. P. 217-222.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
5 сентября 1988 г.
В окончательной редакции
8 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 2
05

26 января 1989 г.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ОДНООСНЫХ ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ В ПЛАНАРНОМ ПОЛЕ

Ф.Г. Барьяхтар, А.М. Гришин,
А.В. Зиновук, А.Ю. Мартынович,
Л.И. Приходько

1. В настоящее время интенсивно исследуются возможности создания запоминающих устройств с большой плотностью записи информации на основе вертикальных блоховских линий (ВБЛ). Одним из способов генерации ВБЛ является перемагничивание доменных границ (ДГ) магнитным полем, параллельным плоскости феррит-гранатовой пленки [1].

В данной работе исследован процесс преобразования и механизм потери устойчивости структуры границ полосовых доменов в планарном поле в одноосных пленках ферритов-гранатов.

2. Полосовая доменная структура в магнитоодноосной пленке контролировалась магнитооптическим методом. Планарным полем H_p величиной 500 Э, направленным вдоль полосовых доменов, все ДГ были поляризованы в одном направлении (намагниченность \vec{M} в центре каждой ДГ совпадала с направлением \vec{H}_p). Состояние ДГ при уменьшении поля H_p контролировалось измерением зависимости χ''_{zz} от H_p и частоты возбуждающего поля (χ'' - мнимая компонента комплексной высокочастотной восприимчивости, z - координата в направлении нормали к магнитной пленке).

На рис. 1 схематически приведена зависимость $\chi''_{zz}(H_p)$. При положительных значениях H_p кривая $\chi''(H_p)$ имеет максимум, со-