

- [4] Morton J. R., Preston K. F. // J. Magnetic Res. 1978. V. 30. N 3. P. 577—582.  
 [5] Andlauer B., Schneider I., Tolkdorf W. // Phys. Rev. 1973. V. 8. N 1. P. 1—5.  
 [6] Kolopus J. L., Finch C. B., Abraham M. M. // Phys. Rev. 1970. N 6. P. 2040—2045.  
 [7] Steen F. V., Schoemaker D. // Phys. Rev. 1979. V. B19. N 1. P. 55—71.

Институт геологии и геофизики СО АН СССР  
 Новосибирск

Поступило в Редакцию  
 26 апреля 1989 г.

УДК 538.945 : 535.343

Физика твердого тела, том 31, в. 10, 1989  
 Solid State Physics, vol. 31, N 10, 1989

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КЕРАМИК И ТОНКИХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ $Tl-Ba-Ca-Cu-O$

О. В. Косогов, А. И. Акимов, М. В. Белоусов, С. В. Богачев,  
 В. Ю. Давыдов, В. А. Ильин, С. Ф. Карманенко, А. Л. Карней,  
 О. В. Корнякова, В. Н. Макаров, Л. П. Получанкина

Данная работа посвящена исследованию спектров комбинационного рассеяния света (КРС), СВЧ поглощения, структуры, состава керамических и тонкопленочных образцов высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) системы  $Tl-Ba-Ca-Cu-O$ , в которой после недавнего обнаружения ВТСП [1] достигнута пока рекордная критическая температура [2, 3].

Керамические образцы приготавливались методом твердофазного синтеза смеси порошков  $Tl_2O_3$ ,  $CaCO_3$ ,  $BaCO_3$ ,  $CuO$  [4]. Тонкие пленки толщиной  $\sim 0.5$  мкм получены магнетронным распылением керамических мишеней на подогретые до  $500-600^\circ C$  подложки из  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$  с последующим отжигом в атмосфере кислорода.

Для проведения рентгеноспектрального микроанализа (установка «Самебах», разрешение  $\sim 1$  мкм) были отобраны образцы с различ-

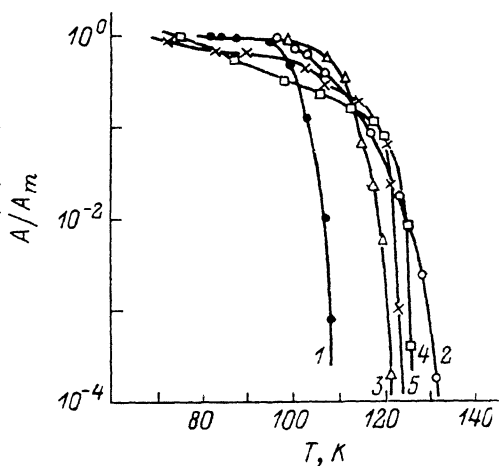


Рис. 1. Температурные зависимости низкочастотного СВЧ сигнала ВТСП керамики (1—3) и тонких пленок (4, 5)  $Tl-Ba-Ca-Cu-O$ .

ными температурами перехода к сверхпроводимости  $T'_{c0}$  ( $R=0$  на постоянном токе):  $107$  (№ 1),  $120$  (№ 2) и  $125$  К (№ 3). Установлено, что все образцы являются многофазными. Содержание катионов в соседних точках несколько варьируется, однако усреднение выявляет вполне определенную картину. У образца № 1 преобладает состав  $Tl_1Ba_2Ca_{0.9}Cu_{2.1}O_y$  ( $Tl : Ba : Ca : Cu = 1 : 2 : 1 : 2$ ), № 2 —  $Tl_{0.81}Ba_{1.21}Ca_{1.23}Cu_{2.31}O_y$  ( $1 : 5 : 4 : 7$ ), № 3 —  $Tl_{0.49}Ba_{1.13}Ca_{1.03}Cu_{2.02}O_y$  ( $1 : 2 : 2 : 4$ ). Как видим, увеличение относительного содержания кальция и меди по отношению к таллию и барию ( $(Ca+Cu)/(Tl+Ba) \approx 1$  для № 1 и  $(Ca+Cu)/(Tl+Ba) \approx 2$  для № 2, 3) ведет к увеличению  $T_c$ .

Для выявления возможного присутствия в исследуемых образцах более высокотемпературных сверхпроводящих фаз измерялись темпера-

турные зависимости низкополюевого сигнала на ЭПР спектрометре «Radio-pan» ( $f \approx 9.18$  ГГц), что позволяет бесконтактным образом обнаруживать появление сверхпроводимости по изменению поглощения СВЧ мощности в слабых магнитных полях. На рис. 1 представлены результаты для образцов керамики и тонких пленок. Номера у кривых рис. 1, 2 соответствуют номерам образцов.

Наиболее высокотемпературное проявление сверхпроводимости ( $T_c \approx 130$  К) обнаружено у образца № 2 с самым малым содержанием таллия, самое низкотемпературное ( $T_c \approx 109$  К) — у образца № 1. У образца № 3 сверхпроводимость появляется при  $T_c = 122$  К, у пленок (№ 4, 5) — при 126 и 124 К.

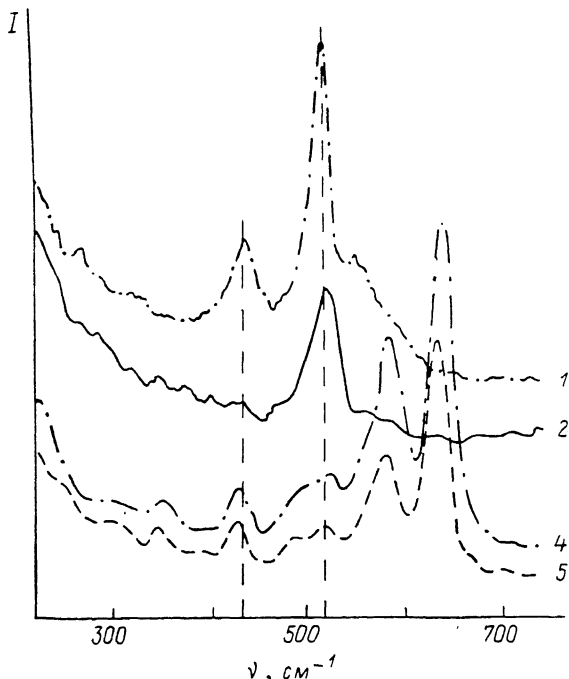


Рис. 2. Спектры КРС керамики (1, 2) и тонких пленок (4, 5) системы Tl—Ba—Ca—Cu—O.

Спектры КРС возбуждались аргоновым лазером ( $\lambda_0 = 514.5$  нм, диаметр пятна на образце  $\approx 30$  мкм) и регистрировались модернизированным спектрометром ДФС-24 под управлением микро-ЭВМ. Все спектры измерены от образцов, находившихся на воздухе при комнатной температуре. Было замечено, что исследованные керамики деградируют под действием сравнительно слабого лазерного излучения. Допустимая мощность излучения для образцов № 1 и 2 составляла примерно 10 и 5 мВт, а для № 3 меньше 5 мВт, вследствие чего нам не удалось зарегистрировать КРС от образца № 3.

В [5, 6] было установлено, что в области частот 200—700  $\text{см}^{-1}$  спектр КРС соединений  $\text{TlBa}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+3}$  (один слой TlO, разделяющий  $n$  слоев  $\text{CuO}_2$ ) содержит одну сильную линию ( $\approx 520$   $\text{см}^{-1}$ ), отвечающую валентным колебаниям кислорода в мостиках между слоями TlO и  $\text{CuO}_2$ . В  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$  (два слоя TlO, разделяющих  $n$  слоев  $\text{CuO}_2$ ) в этой же области наблюдаются две сильные линии КРС (495 и 602  $\text{см}^{-1}$ ), отвечающие валентным колебаниям кислорода в мостиках между слоями кислорода  $\text{CuO}_2$ —TlO и TlO—BaO.

Измеренные нами спектры КРС керамик (1, 2) и пленок (4, 5) показаны на рис. 2. Видно, что во всех образцах наблюдается линия с максимумом вблизи 520  $\text{см}^{-1}$ , характерная для соединений  $\text{TlBa}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+3}$ . Наличие дополнительных линий на частотах 435, 555  $\text{см}^{-1}$  (образец № 2)

и 435, 585, 635 см<sup>-1</sup> (№ 4, 5) говорит о том, что в исследованных образцах имеются включения чужеродных фаз. В частности, дублет на частотах 585 и 635 см<sup>-1</sup> характерен для КРС в ВаCuO<sub>2</sub>. В спектре КРС пленок (кривые 4, 5) присутствует также слабая линия на частоте 495 см<sup>-1</sup>, что указывает на наличие в них Tl<sub>2</sub>Ba<sub>2</sub>Ca<sub>n-1</sub>Cu<sub>n</sub>O<sub>2n+4</sub>. Парная ей линия 602 см<sup>-1</sup> не наблюдается из-за перекрывания с сильными линиями КРС ВаCuO<sub>2</sub>.

Таким образом, данные по рентгеноспектральному анализу, КРС и температурам СП-переходов позволяют сделать вывод, что исследованные керамики в основном состоят из однотолиевых соединений TlBa<sub>2</sub>Ca<sub>n-1</sub>Cu<sub>n</sub>O<sub>2n+3</sub>. Исследованные нами пленки обладают недостаточным структурным совершенством и наряду со сверхпроводящими фазами системы Tl—Ba—Ca—Cu—O содержат значительную долю чужеродной фазы ВаCuO<sub>2</sub>.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Sheng Z. Z., Hermann A. M. // Nature. 1988. V. 332. N 6159. P. 55—58.
- [2] Parkin S. S. P., Lee Y. Y., Engler E. M. et al. // Phys. Rev. Lett. 1988. V. 60. N 24. P. 2539—2542.
- [3] Wu P. T., Liu J. M., Liang J. M. et al. // Physica C. 1988. V. 156. N 1. P. 109—112.
- [4] Бойко Б. Б., Акимов А. И. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 48. № 2. С. 103—105.
- [5] McCarty K. F., Ginley D. S., Boehme D. R. et al. // Sol. St. Comm. 1988. V. 68. N 1. P. 77—80.
- [6] Гаспаров Л. В., Кулаковский В. Д., Мисочко О. В. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. № 1. С. 58—61.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Электротехнический институт  
им. В. И. Ульянова (Ленина)  
Ленинградский  
государственный университет  
НИИФ  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
28 апреля 1989 г.

УДК 537.32 : 546

Физика твердого тела, том 31, в. 10, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, N 10, 1989

### НОВЫЕ КОНДО-РЕШЕТКИ ТИПА CeM<sub>2</sub>X<sub>8</sub> (M=Fe, Co; X=Al, Ga)

М. Д. Котерлин, В. С. Морозовский, Р. В. Лапунова, О. М. Сичевич

С целью дальнейшего изучения закономерностей образования тонкой структуры плотности состояний в области уровня Ферми в соединениях с Се измерены удельное электросопротивление  $\rho$ , термоэдс  $\alpha$  и магнитная восприимчивость  $\chi$  новых соединений типа CeM<sub>2</sub>X<sub>8</sub> (ромбическая сингония, пространственная группа *Pbam* [1] с M=Fe, Co; X=Al, Ga) и твердых растворов на их основе.

Подготовка образцов и методика их измерений аналогичны описанным в [2].

Для всех соединений, за исключением CeCo<sub>2</sub>Ga<sub>8</sub>, обнаружены максимумы на температурной зависимости магнитной составляющей сопротивления  $\rho_{\text{Се}}$  (рис. 1), определяемой соотношением  $\rho_{\text{Се}} = \rho(\text{CeM}_2\text{X}_8) - \rho(\text{LaM}_2\text{X}_8)$ . Температурное положение максимума  $T_{\rho_{\text{Се}} \text{ max}} \approx 40$  К (CeCo<sub>2</sub>Al<sub>8</sub>), 120 К (CeFe<sub>2</sub>Ga<sub>8</sub>), 150 К (CeFe<sub>2</sub>Al<sub>8</sub>). В случае CeCo<sub>2</sub>Ga<sub>8</sub> наблюдается обычный металлический ход  $\rho(T)$  с аномально высоким остаточным сопротивлением ( $\rho_0 \approx 240$  мкОм·см).

Термоэдс соединений CeM<sub>2</sub>X<sub>8</sub> (кроме CeCo<sub>2</sub>Ga<sub>8</sub>) проявляет положительный максимум  $T_{\alpha \text{ max}} \approx T_{\rho_{\text{Се}} \text{ max}}$  (рис. 2). Для их аналогов с La термо-