

05.4; 08; 12

© 1993

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ТЕКСТУРИРОВАННОЙ КЕРАМИКИ  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ПОСЛЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯМ.С. П а й з у л л а х а н о в, М.У. К а л а н о в,  
Т. Х а й д а р о в, М. К а р и м о в

В настоящее время при исследовании ВТСП материалов широко применяется метод ультразвукового резонанса, основанный на возбуждении в материале собственных изгибных колебаний. Однако вопрос о влиянии самих ультразвуковых колебаний на свойства ВТСП керамики остается малоизученным. В работе [1] было показано, что предварительная обработка исходной смеси в ультразвуковом поле ускоряет процесс синтеза, а также приводит к увеличению плотности конечного, высокотемпературно сверхпроводящего, продукта.

Настоящая работа посвящена исследованию поведения сверхпроводящей текстурированной керамики  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  в поле ультразвуковых колебаний с частотой 190 кГц. Образцы приготавливались из диспергированной смеси оксидов  $Y_2O_3$ ,  $CuO$  и карбоната бария  $BaCO_3$  квалификации о.ч. в компонентном соотношении  $Y : Ba : Cu = 1 : 2 : 3$  путем спрессования таблеток диаметром 15 мм и толщиной 3 мм. Синтез проводился на воздухе при температуре  $T_S = 950 \pm 5$  С в течение двух часов. Скорость нагревания от комнатной температуры до  $T_S$  составляла  $\sim 30$  град./мин. Охлаждение осуществлялось произвольно. На полученных образцах проводились рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы (РФА и РСА)  $CuK\alpha$ -излучений установки ДРОН-3М, а также снимались температурные зависимости удельного сопротивления  $\rho(T)$  четырехконтактным методом (контакты из индий-галлиевой пасты) в интервале температур 77–300 К. По данным РФА и РСА образцы были однофазные и представляли соединение  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  орторомбической модификации с параметрами кристаллической решетки  $a = 3,826$  А,  $b = 3,888$  А,  $c = 11,678$  А. Плотность образцов составляла  $4,82$  г/см<sup>3</sup>. Из измерений  $\rho(T)$  выяснилось, что образцы обладают сверхпроводимостью с  $T_c = 88$  К и шириной перехода в сверхпроводящее состояние  $\Delta T = 4,4$  К. Удельное сопротивление при комнатной температуре  $\rho = 2,8 \cdot 10^{-3}$  Ом·см. Вторичное перетирание с последующим прессованием и термоотжигом при  $\sim 1000$  С продолжительностью несколько минут на воздухе и произвольным охлаждением до комнатной температуры привело к появлению в образцах текстуры. Степень текстурированности  $F_t$  составляла 60% [2]. Заметных изменений состава,

параметров решетки, также значений  $T_c$  после вторичного термического отжига не наблюдалось. Высокотемпературный кратковременный отжиг привел к увеличению плотности образцов до  $5.12 \text{ г/см}^3$ , уменьшению ширины перехода до  $2 \text{ К}$  и удельного сопротивления до  $1.4 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.см.}$

Ультразвуковое воздействие осуществлялось при комнатной температуре. Собственные изгибные колебания дисковых образцов возбуждались методом ультразвукового резонанса [3].

Как показали РФА, РСА и измерения  $\rho(T)$ , фазовый состав, параметры кристаллической решетки,  $T_c$  и  $\Delta T$  керамики после каждого одночасового воздействия ультразвуком не изменялись. Однако значительный отклик на ультразвуковое воздействие наблюдался по степени текстурированности и удельному сопротивлению образцов.

На рис. 1 представлена зависимость относительного изменения степени текстурированности  $(F_t - F_t^0)/F_t^0$  от порядка воздействия  $n$ , где  $F_t^0$  и  $F_t$  — степени текстурированности образцов до и после воздействия ультразвуком соответственно. Зависимость относительного изменения удельного сопротивления  $(\rho - \rho^0)/\rho^0$  от порядка воздействия  $n$ , где  $\rho^0$  и  $\rho$  — удельные сопротивления при комнатной температуре до и после воздействия ультразвуком соответственно приведена на рис. 2. Из рис. 1 и 2 видно, что обе зависимости имеют немонотонный характер. С ростом  $n$  наблюдается затухание амплитуды осцилляции как структурного, так и электрофизического параметров, а также уменьшение периода осцилляций. Сопоставляя обе зависимости, можно заметить, что они асимметричны относительно друг друга: области спада на зависимости  $\Delta F_t/F_t(n)$  соответствуют областям роста на зависимости  $\Delta \rho/\rho(n)$ . Немонотонный характер зависимостей  $\Delta F_t/F_t(n)$  и  $\Delta \rho/\rho(n)$  свидетельствует о неустойчивости структуры соединения  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , обусловленной спецификой межзеренных связей в условиях наведенного ультразвуковым воздействием высокочастотного (ВЧ) деформационного потенциала на границах раздела. Слабая связь между зернами (кристаллитами) [4] приводит к неустойчивости системы в отношении как структуры, так и физических параметров. Такая интерпретация исследуемых процессов коррелирует с данными работы [5], в которой методом рентгенографии на  $\text{Cu}$ -излучении было показано, что при используемых температурах (комнатной и  $-178 \text{ C}$ ) кристаллографическая система  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  проявляет неустойчивость при некоторых значениях  $\delta$ , вследствие чего в кристаллической структуре протекают автоколебательные временные процессы, отражающиеся в изменении формы и интенсивности рентгеновских линий. В данном эксперименте временные изменения исследуемых параметров керамического  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  с  $\delta = 0.18$  без внешних воздействий при обычных условиях хранения при комнатной температуре не наблюдались, в то время как ультразвуковые колебания приводят к периодическим изменениям электрических ( $\rho$ ) и структурных ( $F_t$ ) свойств образцов  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,

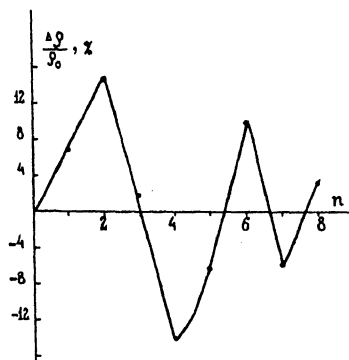
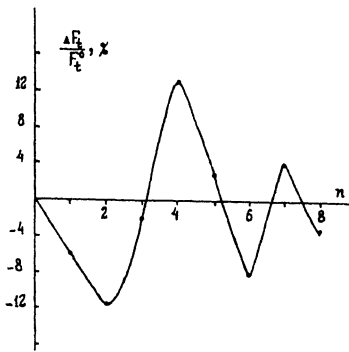


Рис. 1. Зависимость относительного изменения степени текстурированности  $(F_t - F_t^0)/F_t^0$  от порядка воздействия ультразвуком  $n$ , где  $F_t^0$  и  $F_t$  - степени текстурированности образцов до и после воздействия ультразвуком соответственно.

Рис. 2. Зависимость относительного изменения удельного сопротивления  $(\rho - \rho^0)/\rho^0$  от порядка воздействия ультразвуком  $n$ , где  $\rho^0$  и  $\rho$  - удельные сопротивления при комнатной температуре до и после воздействия ультразвуком соответственно.

т.е. активируют автоколебательные процессы в системе вследствие индуцирования периодических обратимых переориентаций доменов и зерен.

Таким образом, обнаруженные немонотонные зависимости  $\Delta F_t / F_t(n)$  и  $\Delta \rho / \rho(n)$  обусловлены слабостью межзеренных связей и неустойчивостью структуры керамики  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  с  $\delta = 0.18$  и могут отражать перевод кристаллографической системы из равновесного в автоколебательный режим путем воздействия ультразвуковыми ВЧ полями.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] М а ш т а к о в а В.А., С о б о л е в а Т.М., Т р о и ц к и й О.А. Получение, свойства, анализ высокотемпературных сверхпроводящих материалов и изделий. Информационные материалы. Свердловск: УрО АН СССР, 1990.
- [2] Т е к е н а к а Т. // Jap. J. Appl. Phys. 1988. V. 17. N 7.
- [3] Б а р а н о в В.М. Ультразвуковые измерения в атомной технике. М.: Атомиздат. 1975. С. 264.
- [4] Е л е с и н В.Ф., С и н ч е н к о А.В. // ФНТ. 1990. Т. 16. В. 9. С. 1091-1094.
- [5] Р о м а н о в Е.П., С у д а р е в а С.В., Н у г а е в а Л.Л., К о б е л ь Л.Я. // ФММ. 1990. В. 5. С. 122-127.