

Магнитная восприимчивость нормального состояния и структурное разупорядочение в мелкокристаллических ВТСП $YBa_2Cu_3O_y$

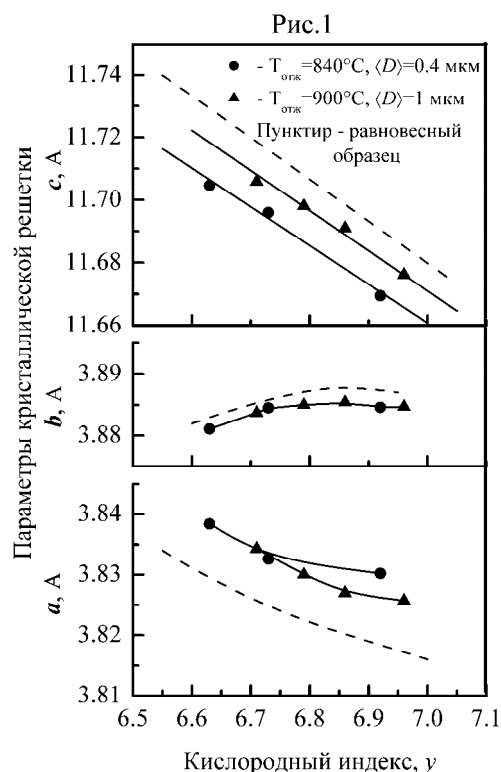
Н.Б. Бутко., А.А. Вишневу, Е.Ф. Макарову, Л.Г. Мамсурову, К.С. Пигальский, Н.Г. Трусевич
Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, 119991 Москва, Россия.

Исследовано влияние структурного разупорядочения на восприимчивость нормального состояния ВТСП $YBa_2Cu_3O_y$ с $y \approx 6.92$ и $T_c \approx 92$ К. Впервые для этой цели использована серия мелкокристаллических образцов с различными средними размерами кристаллитов, поскольку рентгеновскими и мёссбауэровскими исследованиями показано, что в силу условий синтеза уменьшение размеров кристаллитов $YBa_2Cu_3O_y$ до микронных и субмикронных значений означает одновременное увеличение степени структурного разупорядочения, количественной мерой которого может служить параметр элементарной ячейки c .

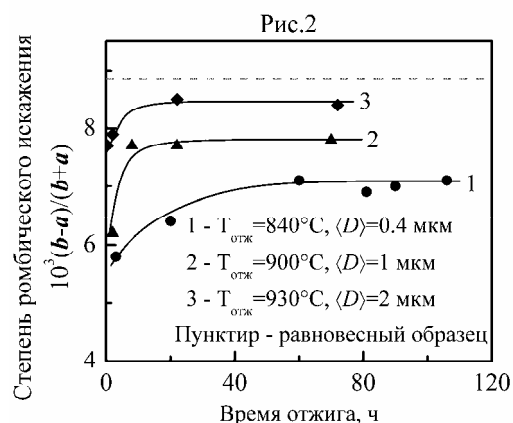
Синтез мелкокристаллических ВТСП $YBa_2Cu_3O_y$ с необходимостью происходит в высокоскоростном режиме формирования кристаллической структуры и при пониженных температурах $T_{отж}$. Чем ниже $T_{отж}$, тем меньшие размеры кристаллитов возможно реализовать и тем меньшую степень катионного упорядочения следует ожидать.

Серия образцов $YBa_2Cu_3O_y$ с различными средними размерами кристаллитов в диапазоне $0.4 < \langle D \rangle < 2$ мкм приготовлена по оригинальной методике из механоактивированной высокодисперсной смеси исходных рентгеноаморфных компонентов: Y_2O_3 , CuO и BaO_2 . Данная методика позволяет получать однофазные $YBa_2Cu_3O_y$ при пониженных температурах отжига $830 < T_{отж} < 940^\circ C$, минуя стадии образования промежуточных продуктов реакции, характерных для обычных методов синтеза, и исключая загрязнение конечного соединения примесями каких-либо фаз.

Рентгеновские исследования показали, что в образцах с разными $\langle D \rangle$, кристаллическая структура которых формировалась при различных $T_{отж}$, стабилизируются разные квазиравновесные состояния, отвечающие разной степени катионного упорядочения и характеризующиеся различным набором параметров решетки. Из рис. 1 видно, что различия в параметрах для образцов с разными $\langle D \rangle$ сохраняются и в случае изменения кислородного содержания y . Из рис.2. видно, что даже длительный (> 100 ч.) изотермический отжиг (с последующим стандартным охлаждением образцов в кислороде для достижения $y = y_{орп} \approx 6.92$) не приводит к той степени орторомбического искажения решетки $(b-a)/(b+a)$, которая характерна для объемных равновесных образцов, синтезируемых обычно при $T_{отж} > 940^\circ C$.

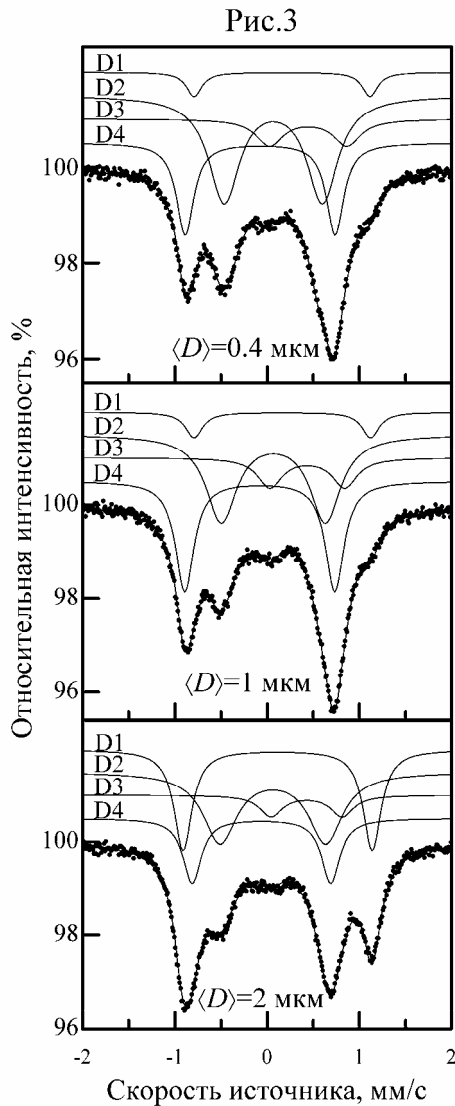


Важно отметить, что в случае $y = 6.92$ величина $T_c = 92$ К реализуется для образцов с разными $\langle D \rangle$ независимо от величины параметров решетки, а также степени орторомбического искажения.



Проведенные мёссбауэровские исследования таких образцов с $y \approx 6.92$ и $T_c \approx 92$ К (слабо допированных ^{57}Fe) выявили те изменения в упорядочении кислорода, которые происходят по мере уменьшения $\langle D \rangle$. Оказалось, что мёссбауэровские спектры для образцов с разными $\langle D \rangle$ существенно различаются (рис.3). Анализ перераспределения интенсивностей компонент спектров показал увеличение

степени заселения позиций O(5) (обычно вакантных) в базисной плоскости (CuO_δ), что соответствует увеличению параметра δ до $\delta \approx 1.2$ (на элементарную ячейку) при уменьшении $\langle D \rangle$ до 0.4 мкм [1]. При сохранении общего кислородного содержания $y=y_{\text{орт}}$ увеличение δ может происходить лишь за счет уменьшения количества кислорода в других плоскостях (BaO) или (CuO_2).

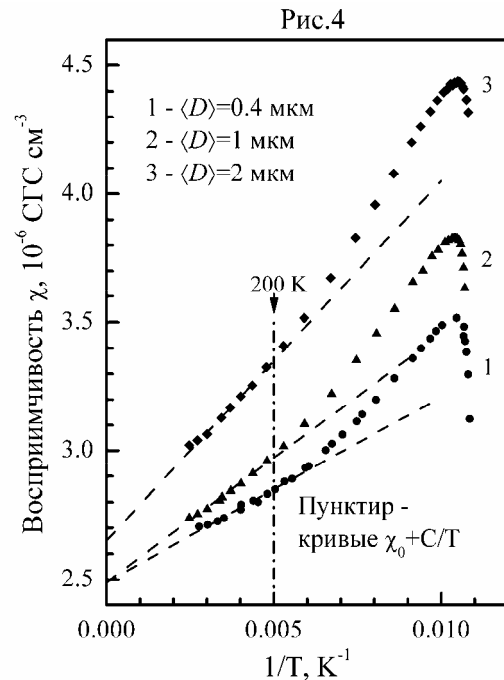


Обнаруженные изменения структурных параметров и δ по мере изменения $\langle D \rangle$ находят свое естественное объяснение в предположении о частичном взаимозамещении катионов Y^{3+} и Ba^{2+} в квазиравновесных $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$.

Сделан вывод, что значения параметра c (или $\langle D \rangle$) могут служить мерой структурного разупорядочения в образцах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$.

Измерения магнитной восприимчивости $\chi(T)$ тех же мелкокристаллических образцов с $y \approx 6.92$ и $T_c = 92$ К (но без ^{57}Fe) показали, что в области $T_c < T < 400$ К кривые $\chi(T)$ изменяются от образца к

образцу в соответствии с изменением параметра c . При этом наблюдается выраженная температурная зависимость $\chi(T)$ (рис. 4), в отличие от равновесных образцов с тем же значением T_c .



В целом, зависимости $\chi(T)$ на рис.4 можно представить в виде суммы нескольких вкладов:

$$\chi(T) = \chi_0 + f(T) - \Delta\chi_{\text{фл}}(T),$$

где $\chi_0 = \chi_{\text{ост}} + \chi_{\text{эл}}$ – температурно-независимый вклад, состоящий из диамагнетизма атомных островов и восприимчивости свободных электронов (пропорциональной плотности состояний на уровне Ферми), $\Delta\chi_{\text{фл}}(T)$ – флуктуационный диамагнетизм, обусловленный присутствием выше T_c куперовских пар с конечным временем жизни, $f(T)$ – вклад от локализованных магнитных моментов.

Обсуждаются различные физические модели описания $f(T)$, явно содержащего помимо обычного вклада Кюри-вида C/T , еще один, возникающий при температурах $T < 200$ К. Высказано предположение, что последний связан с появлением при данной температуре псевдощелевого состояния в исследуемых образцах со структурным разупорядочением.

Во всех вариантах описания $\chi(T)$ для образцов с разной степенью структурного разупорядочения изменения величин χ_0 , $\Delta\chi_{\text{фл}}(T)$, $f(T)$ и константы Кюри C коррелируют с изменением параметров решетки, а также величин δ и $\langle D \rangle$.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 03-03-32083).

1. А.А. Вишнев, Е.Ф. Макаров, Л.Г. Мамсурова, Ю.В. Пермяков, К.С. Пигальский – *ФНТ* **30**, 373 (2004).