

Ferroelastic properties and structural instability of high-temperature metal-oxide superconductors

Ivanov, Oleg Nikolayevich

Voronezh State Technical University

Laboratory of Ferroelectrics

Doctor of physical-mathematical sciences



СЕРГНЕТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРАЛЬНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

В ДИС. ...

Доктор физико-математических наук
Олег Николаевич Иванов

1 1 1 1 1 1

Ведущий научный сотрудник
Института физики металлов РАН,
д.т.н., профессор Гринберг С.Б.

Воронеж, 2002

Навигация

- Каталог диссертаций
- Поиск диссертаций
- Правила работы
- Способы оплаты
- Скидки
- Помощь
- Бесплатные диссертации
- Отзывы**
- Обратная связь

Год: 2002
Автор научной работы: Иванов, Олег Николаевич
Ученая степень: доктор физико-математических наук
Место защиты диссертации: Воронеж
Код специальности ВАК: 01.04.07
Специальность: Физика конденсированного состояния
Количество страниц: 271

Dissertation Content

Оглавление диссертации

доктор физико-математических наук Иванов, Олег Ник

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

ГЛАВА 1. СЕРГНЕТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОС

- 1.1. Особенности кристаллической структуры высокотемпературных металлоксидных сверхпроводников.
 - 1.1.1 Структурная кристаллохимическая классификация высокотемпературных сверхпроводников.
 - 1.1.2 Двойниковая структура в соединении $YBa_2Cu_3O_7$.
 - 1.2. Механическая нелинейность и вклад динамики двойниковых границ в низкочастотные упругие и неупругие свойства.
 - 1.3. Амплитудные зависимости внутреннего трения.
 - 1.3.1. Влияние состояния сегнетоэластической двойниковой структуры на амплитудные зависимости внутреннего трения
 - 1.3.2. Двойниковый механизм амплитудной зависимости внутреннего трения.
 - 1.3.3. Дислокационный механизм амплитудной зависимости внутреннего трения.
 - 1.4. Влияние двойниковых границ на температуру сверхпроводящего перехода.
 - 1.5. Низкочастотные упругие и неупругие свойства $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ в окрестности сверхпроводящего перехода.
 - 1.5.1. Аномалии упругих и неупругих свойств некоторых высокотемпературных сверхпроводников в области низких температур.
 - 1.5.2. Влияние внешних воздействий на пик внутреннего трения при T_c в сверхпроводнике $YBa_2Cu_3O_7$.
- ГЛАВА 2. СЕРГНЕТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКАХ
- 2.1. Изменения структуры при сегнетоэластических фазовых

- Сегнетоэластические свойства монокристаллов ортоарсената свинца
- Исследование магнитных и оптических свойств двухподрешеточного ферримагнетика YIG
- Высокотемпературное рентгеновское исследование структурной стабильности монокристаллов жаропрочных сплавов на никелевой основе
- Концепция парафазы и структурные фазовые переходы с конкурирующими

Новости

Диссертации стали доступнее: введена оплата без комиссии

Диссертации 2013 года доступны для заказа

Библиотека пополнилась диссертациями 2012 года

В библиотеку поступили диссертации 2011 года

Электронная библиотека диссертаций теперь в Google+

Архив новостей



Корзина

Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов
Ваша корзина пуста.

0 Итого:
позиций 0 руб.

Вход в систему

Имя

пользователя: *

Пароль: *

Вход в систему

[Регистрация](#)
[Забыли пароль?](#)

переходах.

2.1.1. Собственный сегнетоэластический фазовый переход в соединении $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ // Современная наука. РФ, статьи, диссертационные исследования, научная литература, тексты авторефератов диссертаций.

2.1.2. Несобственный сегнетоэластический фазовый переход в системе $La_{2-x}Sr_xCuO_4$. // Научная электронная библиотека, Т. Санкт-Петербург, ОНП РНЦ ВВС 47428774

2.2. Низкочастотные упругие и неупругие свойства высокотемпературных [сверхпроводников](#) при сегнетоэластическом тетра—орто фазовом переходе.

2.2.1. Общие закономерности поведения внутреннего трения в окрестности фазового перехода в собственном [сегнетоэластике](#) $YBa_2Cu_3O_{7.5}$ и несобственном сегнетоэластике La_2CuO_4 .

2.2.2. [Флуктуационный](#) механизм низкочастотного внутреннего трения при фазовом переходе первого рода.

2.2.3. Температурная эволюция петель [сегнетоэластического](#) гистерезиса в окрестности тетра—орто фазового перехода в соединении $YBa_2Cu_3O_7$.

2.2.4. Температурная эволюция упругих свойств при тетра—орто фазовом переходе в соединениях La_2CuO_4 и $La_{1-x}Sr_xCuO_4$.

2.3. Сегнетоэластический фазовый переход в соединении $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ как концентрационный по кислороду фазовый переход.

2.3.1. Последовательность тетра—орто—тетра фазовых переходов при нагревании. [Релаксационный](#) процесс, обусловленный кислородными вакансиями.

2.3.2. Изотермическая реализация сегнетоэластического фазового перехода.

ГЛАВА 3. СТРУКТУРНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

3.1. Структурная неустойчивость [сверхпроводящих](#) соединений А

3.2. Структурная неустойчивость в системе $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7.5}$. Корреляция между температурой структурной неустойчивости и температурой сверхпроводящего перехода.

3.2.1. [Сверхпроводимость](#) в системе $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_7$.

3.2.2. Упругие свойства системы $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7.5}$.

3.3. [Анизотропия](#) упругих свойств монокристалла $Nd_{1-x}Ce_xCuO_4$.

3.3.1. Особенности физических свойств системы $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$.

3.3.2. Упругие свойства [монокристалла](#) $Nd_{1-x}Ce_xCuO_4$ вблизи T_c .

3.3.3. Поведение продольного модуля упругости C_{33} в [сверхпроводящей](#) фазе.

3.3.4. Влияние кристаллического электрического поля на поперечный модуль упругости C_{66} .

3.4. Структурная неустойчивость соединения $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ в низкотемпературной области.

3.4.1. Низкочастотные упругие и неупругие свойства при низкотемпературном фазовом переходе.

3.4.2. Влияние [двойниковой](#) структуры на температурный гистерезис модуля сдвига.

3.4.3. Низкочастотные упругие и неупругие свойства образца с [диамагнитным](#) признаком сверхвысокотемпературной сверхпроводимости.

неустойчивостями

■ Влияние близости к структурному фазовому переходу на динамику решетки, о псевдо-ян-теллеровской природе фононных аномалий IV-VI соединений

■ Влияние макроструктуры высокотемпературного сверхпроводника Y-Ba-Cu-O на проникновение вихрей Абрикосова

Introduction

Введение диссертации (часть автореферата)

На тему "Сегнетоэластические свойства и структурная неустойчивость высокотемпературных металлоксидных сверхпроводников"

Актуальность проблемы. Физика высокотемпературных [сверхпроводников](#) как самостоятельный раздел физики твердого тела берет свое начало с открытия в 1986 г. швейцарскими учеными К. Мюллером и Дж. [Беднорцем](#) соединения на основе оксидов меди, лантана и бария с температурой [сверхпроводящего](#) перехода $T_c=28$ К [1]. В настоящее время известно несколько основных семейств высокотемпературных металлоксидных медь-содержащих сверхпроводников, таких как семейство $Ba_{2-x}M_xCuO_4$ ($M=Sr, Ba$ или Ca) с 38 К для $La_{0.8}Sr_{0.2}CuO_4$ [2], семейство соединений с общей формулой $RBa_2Cu_3O_{7.5}$ (R -ион иттрия или ион редкоземельного элемента, исключая Ce и Tb) с $T_c \approx 90$ К [3]; семейство [сверхпроводящих](#) фаз, состав которых может быть представлен гомологическим рядом $Bi_2(Ca, Sr)_nCu_nO_{2n+4+5}$ ($n=1-3$) с максимальной $T_c \approx 117$ К в соединении $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+5}$ [4] и т.д.

Соединения семейств $Ba_{2-x}M_xCuO_4$ и $RBa_2Cu_3O_{7.5}$ являются сегнето-эластиками [5], так как они претерпевают [сегнетоэластические](#) фазовые переходы из высокотемпературной [тетрагональной](#) в низкотемпературную орторомбическую фазу, сопровождающиеся возникновением спонтанной деформации и [двойникованием](#) образцов в низкосимметричной фазе. Как представители [сегнетоэластиков](#), соединения $Ba_{2-x}M_xCuO_4$ и $RBa_2Cu_3O_{7.5}$ обладают привлекательными физическими свойствами для фундаментальных научных исследований и являются предметом изучения отдельной и перспективной области современной физики твердого тела - физики сегнетоэластиков [6]. Особенно важно, что семейства $Ba_{2-x}M_xCuO_4$ и $RBa_2Cu_3O_{7.5}$ являются сегнетоэластиками-высокотемпературными [сверхпроводниками](#), причем двойниковая структура не только характеризует сегнетоэластические свойства соединений $Ba_{2-x}M_xCuO_4$ и $RBa_2Cu_3O_{7.5}$, но и может влиять на их [сверхпроводящие](#) свойства, такие как температура сверхпроводящего перехода [7], плотность критического тока [8] и т.д. Поэтому при изучении особенностей сверхпроводящих свойств сегнетоэластиков-высокотемпературных сверхпроводников необходимо учитывать их [сегнетоэластическую](#) природу. Однако принципиальная проблема взаимосвязи [сегнетоэластических](#) и сверхпроводящих свойств до сих пор относится к разряду малоизученных и дискуссионных.

Другая принципиальная проблема связана с поиском и установлением связи структурной неустойчивости с появлением высокотемпературной [сверхпроводимости](#). Эта проблема возникла до открытия высокотемпературных сверхпроводников, когда было экспериментально установлено [9], что в [сверхпроводниках](#) со структурой A-15 переходу в [сверхпроводящее](#) состояние предшествует развитие структурной неустойчивости, часто приводящее к структурному фазовому переходу. Такая структурная неустойчивость указывает на существование сильной электрон-фононной связи и физически обосновывает поиск новых сверхпроводящих соединений среди структурно неустойчивых

веществ.

Актуальность исследования сегнетоэластических свойств и структурной неустойчивости высокотемпературных сверхпроводников определяется как уникальной возможностью «управления» [сверхпроводящими](#) параметрами посредством контролируемого изменения состояния [двойниковой](#) структуры сегнетоэластиков-высокотемпературных сверхпроводников под действием механических напряжений, так и необходимостью обнаружения структурной неустойчивости высокотемпературных сверхпроводников, благоприятствующей возникновению сверхпроводимости.

Настоящая работа выполнялась в рамках программ фундаментальных исследований, которые проводились на кафедре ФТТ Воронежского государственного технического университета в период с 1987 по 2001 г. по приоритетным направлениям развития науки и техники. Основные результаты получены в ходе выполнения госбюджетной темы № ГБ. 2001. 23 «Синтез, структура и физические свойства перспективных материалов электронной техники», и исследований, поддержанных Конкурсным центром фундаментального естествознания при Санкт-Петербургском государственном университете (грант № 95-0-7.3-31 «[Структурные нестабильности в высокотемпературных сверхпроводниках](#)») и Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 98-02-16055 «Влияние дефектов на свойства сегнетоэластиков разных классов»).

Цель и задачи исследования. Работа посвящена экспериментальному исследованию акустических свойств высокотемпературных сверхпроводников с целью нахождения наиболее общих закономерностей для различных соединений, установления механизмов влияния дефектов различной природы на физические свойства, а также поиску и анализу взаимосвязи между структурной неустойчивостью и сверхпроводящими свойствами.

В соответствии с поставленной целью решались следующие основные задачи:

1. Разработка способа контролируемого изменения состояния реальной двойниковой структуры сегнетоэластиков-высокотемпературных сверхпроводников.

2. Выявление особенностей физических свойств высокотемпературных сверхпроводников, обусловленных наличием [сегнетоэластической](#) двойниковой структуры.

3. Определение механизма низкочастотного внутреннего трения при [сегнетоэластическом](#) фазовом переходе и анализ поведения упругих свойств при собственном и несобственном сегнетоэластическом фазовом переходе.

4. Установление закономерностей изотермической реализации сегнето-эластического фазового перехода, как концентрационного по кислороду структурного фазового перехода.

5. Сравнительный анализ поведения аномальных упругих свойств различных высокотемпературных сверхпроводников в области сверхпроводящего перехода, связанных со структурной неустойчивостью.

Для решения поставленных задач проводились

комплексные исследования. Основные эксперименты были проведены на установке для изучения структурно-чувствительных низко- и [инфранизкочастотных](#) свойств твердых тел [10], позволяющей измерять модуль сдвига и внутреннее трение при одновременном регулировании содержания [двойниковых](#) границ в образце с помощью внешнего механического напряжения. В ряде экспериментов для исследования упругих свойств были использованы ультразвуковые методы измерения модуля упругости: [резонансный](#) метод и метод сравнения фаз. Для изучения процессов изменения кислородной нестехиометрии был выбран метод термогравиметрического анализа. Кроме того, в экспериментах использовались методы рентгеноструктурного и спектрального анализа. Сверхпроводящие свойства образцов были исследованы на основе измерения удельного электрического сопротивления [четырёхзондовым](#) методом и с помощью изучения [диамагнитных](#) свойств бесконтактным индуктивным методом.

Из известных высокотемпературных сверхпроводников в качестве основных объектов исследования были выбраны:

- соединение $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$, претерпевающее собственный [сегнетоэластический](#) фазовый переход;
- соединения La_2CuO_4 и $\text{La}^x\text{Sr}^{1-x}\text{CuO}_4$ претерпевающие несобственные сегнетоэластические фазовые переходы;
- соединения системы $\text{U}^x\text{Pb}_{1-x}\text{V}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, характеризующиеся постепенным уменьшением температуры сверхпроводящего перехода при последовательном увеличении содержания Pb без существенных структурных изменений;
- соединение $\text{Th}^x\text{Ce}_{1-x}\text{SiO}_4$ с аномальным поведением некоторых физических свойств, обусловленным влиянием кристаллического электрического поля, в низкотемпературной области, включающей [сверхпроводящий](#) переход.

Некоторые эксперименты были выполнены на образцах соединений $\text{ErBa}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ -5 и $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CaSi}_2\text{O}_8$.

Научная новизна. Основные результаты систематического исследования сегнетоэластических свойств и структурных неустойчивостей высокотемпературных сверхпроводников $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, $\text{U}^x\text{Pb}_{1-x}\text{V}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, $\text{La}_2\text{Sr}^x\text{CuO}_4$ и $\text{Nd}_{1-x}\text{Ce}_x\text{SiO}_4$ получены автором впервые и заключаются в следующем:

- развит способ диагностики сегнетоэластической двойниковой структуры в сегнетоэластике-высокотемпературном [сверхпроводнике](#) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ посредством измерения низкочастотного внутреннего трения и модуля сдвига, и записи петель механического [гистерезиса](#), обладающий высокой чувствительностью к состоянию двойниковой структуры; выделены [двойниковый](#) и дислокационный вклады в низкочастотные упругие и [неупругие](#) свойства;
- установлены особенности поведения некоторых физических свойств соединения $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, обусловленные состоянием двойниковой структуры, такие как возрастание температуры сверхпроводящего перехода при увеличении содержания двойниковых границ, уменьшение глубины

гистерезиса модуля сдвига ниже температуры ~ 220 К при уменьшении содержания двойниковых границ, появление аномалий низкочастотных упругих и неупругих свойств на образце с диамагнитным признаком сверхвысокотемпературной нестабильной сверхпроводимости, возникающей в температурной области спонтанной перестройки двойниковой структуры;

- определены закономерности изотермической реализации структурных фазовых переходов между фазами орторомбическая-I, орторомбическая-II и тетрагональная в соединении $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ при изменениях кислородной нестехиометрии;

- выявлены общие закономерности в поведении низкочастотного внутреннего трения при собственном ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$) и несобственном (La_2CuO_4) сегнетоэластическом фазовом переходе, интерпретируемые в рамках флуктуационного механизма внутреннего трения при фазовых переходах первого рода;

- показано, что структурная неустойчивость, предшествующая сверхпроводящему переходу в системе $\text{Y}^i\text{Pr}^j\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, аналогична структурной неустойчивости в сверхпроводящих соединениях со структурой типа A-15, описываемой в рамках модели пика плотности состояний;

- обнаружена и изучена анизотропия высокочастотных упругих свойств монокристалла $\text{Nd}_i\text{Ce}_{j+1}\text{Cu}_k$ в окрестности температуры сверхпроводящего перехода;

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Экспериментальное доказательство корреляции между температурой сверхпроводящего перехода и количеством двойниковых границ сегнетоэластике-высокотемпературном сверхпроводнике $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$.

2. Установление вклада динамики двойниковых границ в низкочастотные упругие и неупругие свойства сегнетоэластике-высокотемпературного сверхпроводника $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$.

3. Идентификация механизма низкочастотного внутреннего трения при собственном сегнетоэластическом фазовом переходе в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ и при несобственном сегнетоэластическом фазовом переходе в La_2CuO_4 .

4. Определение закономерностей изотермической реализации сегнетоэластического фазового перехода в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, заключающихся в возникновении орторомбического искажения кристаллической структуры на начальной стадии процесса, которое приводит к последующему упорядочению атомов кислорода в базисных медь-кислородных плоскостях.

5. Установление причин анизотропии в низкотемпературном поведении упругих модулей монокристалла $\text{Nd}_{1-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$, обусловленной фазовым переходом второго рода из нормального в сверхпроводящее состояние и влиянием кристаллического электрического поля на упругость.

6. Выявление особенностей в поведении низкочастотных упругих и неупругих свойств образца $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ с диамагнитным признаком нестабильного

сверхвысокотемпературного сверхпроводящего состояния.

Практическая значимость. Установленные в работе физические механизмы, закономерности и зависимости могут найти применение в лабораториях и научных центрах, занимающихся исследованиями реальной структуры и свойств высокотемпературных сверхпроводников, сегнетоэластиков, сегнетоэластиков-сегнетоэлектриков и других ферроичных материалов, свойства которых зависят от состояния и динамики доменной структуры (ИК [РАН](#) (г. Москва), ФТИ [РАН](#) (г. Санкт-Петербург), [ИФТТ](#) [РАН](#) (г. Черноголовка), МГУ, [РГУ](#), ВГУ и др.)

Результаты исследования закономерностей реализации структурных фазовых переходов, проходящих в высокотемпературной области (соответствующей некоторым технологическим режимам получения керамического материала $YBa_2Cu_3O_{7-x}$) при различных условиях изменения содержания кислорода в объеме образца и, могут найти применение при отработке оптимальной технологии получения высокотемпературных сверхпроводников и увеличения степени их стабильности.

Обнаруженная в работе связь температуры сверхпроводящего перехода с состоянием сегнетоэластической двойниковой структуры может быть использована для повышения критической температуры сверхпроводников путем получения образцов с супермелкодоменной структурой.

Поиск и исследование структурной неустойчивости в окрестности температуры сверхпроводящего перехода в некоторых представителях высокотемпературных сверхпроводников, и обнаружение свойств сверхвысокотемпературной сверхпроводимости в образце сегнетоэластика-высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ с подвижными [двойниковыми](#) границами, будут способствовать решению актуальной задачи в материаловедении сверхпроводников - поиску новых сверхпроводящих материалов среди структурно-неустойчивых веществ с более высокими критическими температурами.

Отдельные результаты исследований были использованы при создании новых металлоксидных материалов; было получено авторское свидетельство N 1655953 на новый металлоксидный керамический материал.

Личный вклад автора. Все результаты, представленные в диссертации, получены автором лично. Автор определял направление исследований, осуществлял постановку задач, получение и анализ экспериментальных результатов, написание статей. Вклад коллег из лаборатории сегнетоэлектриков (руководитель - профессор [Гриднев](#) С.А.) Воронежского государственного технического университета, лаборатории прикладной сверхпроводимости (руководитель - профессор Фоссхейм К.) Норвежского университета науки и технологии, (г. Тронхейм, Норвегия) и лаборатории низких температур (руководитель - профессор Т. Фуджита) университета г. Хиросимы (Япония) отражен в совместных публикациях. Анализ упругих свойств монокристалла $Nd_{1-x}Ce_xO_{3-x/2}$ в рамках модели кристаллического поля был проведен при участии А. Тамаки (Токио Денки университет, Япония).

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих конференциях, школах и семинарах: 4-ой Всесоюзной школе-семинаре по физике сегнетоэластиков (Украина, Днепрпетровск, 1988 г.), 3-ей Всесоюзной конференции по физико-химическим основам [сегнетоэлектрических](#) и родственных материалов (Звенигород, 1988 г.), 12-ой Европейской [кристаллографической](#) конференции (Москва, 1989 г.), 10-м Международном симпозиуме по эффекту Яна-Теллера (Молдавия, Кишинев, 1989 г.), Международном семинаре по материаловедению (ГДР, Дрезден, 1990 г.), Международной конференции по электронной керамике (Латвия, Рига, 1990 г.), 1-м Советско-Польском симпозиуме по физике сегнето-электриков и родственных материалов (Украина, Львов, 1990 г.), 26-м Всесоюзном совещании по физике низких температур (Украина, Донецк, 1990 г.), Всесоюзной конференции «Реальная структура и свойства [ацентричных](#) кристаллов» (Александров, 1990 г.), 7-й Европейской конференции по физике [сегнетоэлектриков](#) (Франция, Дижон, 1991 г.), 5-й Всесоюзной конференции по физике сегнетоэластиков (Украина, Ужгород, 1991 г.), 11-й Всесоюзной акустической конференции (Москва, 1991 г.), Международном симпозиуме по [сегнетоэлектричеству](#) СНГ-США (Санкт-Петербург, 1992 г.), 1 -м (4-м) Международном семинаре по физике сегнетоэластиков (Воронеж, 1994 г.), Международном семинаре «[Релаксационные](#) явления в твердых телах» (Воронеж, 1995 г.), Международной школе-семинаре по прикладной сверхпроводимости (Норвегия, Луен, 1996 г.), Ежегодной конференции физического общества Японии (Япония, Осака, 2000 г.), Международной конференции по [магнетизму](#) (Бразилия, Ресифе, 2000 г.).

Публикации. Из общего числа публикаций автора в диссертации использованы 55 научных работ.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично соискателю принадлежит: постановка задачи исследования [2-10, 12-19, 25, 26], приготовление и аттестация образцов [1-19], получение экспериментальных данных [1-10, 12-15, 19, 20, 25, 26], анализ экспериментальных данных в рамках [двойникового](#) и дислокационного механизмов амплитудной зависимости внутреннего трения [3] и механизма внутреннего трения при фазовом переходе первого рода [7, 13], термодинамический анализ поведения упругих свойств при сегнетоэластическом фазовом переходе [10, 11, 13], обсуждение полученных результатов [1-19, 25, 26].

Структура диссертации. Диссертация состоит из общей характеристики работы, трех глав, основных результатов и выводов, приложения и списка литературы. Общий объем работы составляет 271 страницу, включая 128 рисунков и 6 таблиц, список литературы насчитывает 302 наименования.

Conclusion

Заключение диссертации

по теме "Физика конденсированного состояния", Иванов, Олег Николаевич

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. В сегнетоэластике-высокотемпературном [сверхпроводнике](#) $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ исследованы процессы формирования насыщенных петель механического [гистерезиса](#), обусловленные перестройкой сегнетоэластической двойниковой структуры под действием механического напряжения.

На основе анализа температурной эволюции петель механического гистерезиса и температурной зависимости модуля сдвига в окрестности структурного тетра—>орто фазового перехода установлено, что данный фазовый переход является собственным [сегнетоэластическим](#) фазовым переходом; определены температурные области выполнения упругого закона Кюри-Вейсса и коэффициенты в разложении термодинамического потенциала.

2. Изучены амплитудные зависимости низкочастотного внутреннего трения на образцах $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ с различным содержанием [двойниковых](#) границ, регулируемым в процессе изменения состояния [двойниковой](#) структуры по петле сегнетоэластического гистерезиса. Разделены [двойниковый](#) и дислокационный вклады в амплитудные зависимости внутреннего трения. Установлены области знакопеременных деформаций, соответствующие отрыву двойниковых границ и [дислокаций](#) от закрепляющих точечных дефектов и их гистерезисному движению под действием механического напряжения. На основе использованных [двойникового](#) и дислокационного механизмов потерь сделаны оценки энергии взаимодействия двойниковой границы и [дислокации](#) с точечными дефектами, равные -0,3 и -0,5 эВ, соответственно.

3. При последовательном изменении состояния двойниковой структуры в процессе механического переключения по петле [сегнетоэластического](#) гистерезиса образца сегнетоэластика-высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, установлена корреляция между температурой [сверхпроводящего](#) перехода T_c и концентрацией двойниковых границ, свидетельствующая о появлении локализованной [сверхпроводимости](#) плоскости двойникового. Наибольшее повышение температуры T_c для состояния образца с максимальной концентрацией двойниковых границ относительно состояния с минимальной концентрацией двойниковых границ, составляет $\sim 0,6$ К.

4. Установлено, что в высокотемпературных [сверхпроводниках](#) $La_{1-x}Sr_xBa_2Cu_3O_{7-x}$, $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (орторомбическая модификация), $ErBa_2Cu_3O_{7-x}$ ([орторомбическая](#) модификация) и $Tl_2Ba_2CaCu_2O_8$ переход в [сверхпроводящее](#) состояние сопровождается появлением пика на температурной зависимости низкочастотного внутреннего трения и аномальными изменениями температурной зависимости модуля сдвига. Отсутствие подобных аномалий низкочастотных упругих и [неупругих](#) свойств для несверхпроводящего тетрагонального образца $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, а также смещение пика внутреннего трения при [сверхпроводящем](#) переходе в низкотемпературную область в [магнитном](#) поле в образце $ErBa_2Cu_3O_{7-x}$, свидетельствуют о связи обнаруженных особенностей упругих и неупругих свойств со сверхпроводящим переходом.

Для высокотемпературного [сверхпроводника](#) $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

изучено поведение пика внутреннего трения в окрестности сверхпроводящего перехода при внешних воздействиях и показано, что заметный вклад в аномальное внутреннее трение даёт динамика [сегнетоэластических](#) двойниковых границ.

5. На основе исследования поведения пика внутреннего трения при различных измерительных частотах и скоростях изменения температуры установлено, что аномальные потери механической энергии в окрестности собственного сегнетоэластического фазового перехода при ~ 920 К в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ и несобственного сегнетоэластического фазового перехода при ~ 520 К в La_2CuO_4 определяются движением межфазных границ под действием механического напряжения через систему [стопоров](#). Сделан вывод о том, что данные фазовые переходы являются переходами первого рода.

6. В интервале температур 400-650 К в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ исследован [релаксационный](#) процесс, обусловленный прыжками атомов кислорода в базисной плоскости кристаллической решетки из узла $(0 \ 1/2 \ 0)$ в узел $(1/2 \ 0 \ 0)$ под действием механического напряжения. По температурному смещению пика внутреннего трения, измеренного на разных частотах, сделаны оценки энергии активации процесса и предэкспоненциального множителя, равные ~ 1 эВ и $\sim 4 \cdot 10^{-10}$ с, соответственно. С помощью построения [псевдодиаграмм](#) Коул-Коула установлено, что релаксационный процесс характеризуется распределением времен [релаксации](#) с коэффициентом распределения 0,3.

7. На основе сравнительного исследования (с помощью регистрации временной эволюции петель механического гистерезиса и метода термогравиметрического анализа) структурного тетра—>орто фазового перехода, изотермически реализующегося в соединении $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, установлено, что начальной стадией перехода является возникновение спонтанной [орторомбической](#) деформации, вызывающее последующее упорядочение атомов кислорода в базисной плоскости кристаллической решетки. В рамках одномерной диффузионной модели сделаны оценки коэффициента диффузии кислорода в [тетрагональной](#) и орторомбической фазе при температуре 770 К, равные $1,25 \cdot 10^{-10}$ и $5 \cdot 10^{-10}$ см²/с.

8. При исследовании высокочастотных упругих свойств системы $\text{Y}^x\text{Pr}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ обнаружено, что для составов с $x=0,1; 0,15; 0,2; 0,3$ и $0,45$ переходу в сверхпроводящее состояние предшествует смягчение модуля сдвига, свидетельствующее о развитии структурной неустойчивости. Установлена корреляция между температурой начала упругого смягчения и температурой сверхпроводящего перехода. Показано, что в зависимости от концентрации Рг, максимальная скорость развития упругого смягчения достигается либо при температуре сверхпроводящего перехода, либо в [сверхпроводящей](#) фазе в непосредственной близости от температуры сверхпроводящего перехода.

Температурные зависимости модуля сдвига, соответствующие упругому смягчению, проанализированы в рамках модели пика в плотности состояний; появление пика в плотности состояний обусловлено наличием в кристаллической структуре одномерных цепочек медь-кислород.

9. Установлено, что [анизотропия](#) высокочастотных упругих свойств монокристалла $\text{Nd}^{1.5}\text{CeO}_3\text{Cu}^{\text{C}}$ в низкотемпературной области обусловлена как фазовым переходом в сверхпроводящее состояние (дополнительное [ужестчение](#) модуля упругости С33 в сверхпроводящей фазе), так и влиянием кристаллического электрического поля на упругость (смягчение модуля упругости С66 в температурной области, включающей Тс). На основе термодинамического анализа температурной зависимости модуля С33 сделан вывод о том, что упругое ужестчение в сверхпроводящей фазе обусловлено отрицательным знаком второй производной энергии конденсации в сверхпроводящее состояние по деформации, что является отличительной особенностью высокотемпературных [сверхпроводников](#). Использование модели кристаллического электрического поля для описания температурной зависимости модуля С66 позволило определить расщепление энергетических уровней основного [мультиплета](#) иона Nd^{3+} в тетрагональной структуре $\text{Ш}^{\wedge}\text{CeO}^{\wedge}\text{CuO}_d$.

10. Исследованы особенности низкочастотных упругих и неупругих свойства соединения $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ в области низкотемпературной структурной неустойчивости. Анализ результатов исследования поведения пика внутреннего трения при температуре 250 К при различных измерительных частотах и скоростях изменения температуры свидетельствует о том, что этот пик обусловлен структурным фазовым переходом первого рода. Установлена связь состояния двойниковой структуры с температурным [гистерезисом](#) модуля сдвига, сопровождающим структурный фазовый переход при 250 К; качественно такая связь объясняется на основе модели структурных фазовых переходов первого рода типа порядок-беспорядок, происходящих вблизи двойниковых границ.

11. Установлено, что длительное механическое переключение образца $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ по петле сегнетоэластического гистерезиса может приводить к возникновению неустойчивого состояния, демонстрирующего [диамагнитный](#) признак сверхвысокотемпературной сверхпроводимости ниже ~ 265 К. Выявлены особенности поведения низкочастотных упругих и неупругих свойств, сопровождающие переход в неустойчивое состояние с сильным [диамагнетизмом](#).

Список литературы диссертационного исследования

доктор физико-математических наук Иванов, Олег Николаевич, 2002 год

References

1. Bednorz J.G., Müller K.A. Possible high- T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system. *Phys. B. Condens. Matter.*, 1986, N 64, pp. 189-193.
2. Oh-ishi K., Kikuchi M., Syono Y. Crystal structure, oxygen content and superconductivity of $\text{MxLa}_2\text{xCu}_4\text{y}$ // *Jap. J. Appl. Phys.*, 1988, Vol. 27, N 8, pp. L1449-L1452.
3. Wu M.K., Ashburn J.R., Torng C.J., Hor P.H., Meng R.L., Gao L., Huang Z.J., Wang Y.Q., Chu C.W. Superconductivity at 93 K in new mixed-phase Y-Ba-Cu-O compound system at ambient pressure // *Phys. Rev. Lett.*, 1987, Vol. 58, N9, pp. L908-L911.
4. Michel C., Hervieu M., Borel M.M. Superconductivity in the

- Bi-Sr-Cu-O system *HZ. Phys. B.*, 1987, Vol. 68, N 4, pp. 421-423.
5. Salje E.K.H. Phase transitions in ferroelastic and co-ferroelastic crystals.-Cambridge Univ. Press., 1991, 436 pp.
6. [Гриднев](#) С.А., Сигов А.С. Физика [сегнетоэластиков](#) на новом рубеже // Изв. [РАН](#). Сер. физ., 2001, Т. 65, N 8, с. 1096-1067.
7. Abrikosov A.A., Buzdin A.I., Kulic M.L., Kuptsov D.A. Phenomenological theory for twinning-plane superconductivity in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ // *Supercond. Sci. Technol.*, 1989, Vol. 1, pp. 260-268.
8. Blunt F.J., Campbell A.M., Edwards P.P., Evetts J.E., Freeman P., Johnson J., Loram J., Mirza K., Putnis A., Salje E., Schmall W. The effect of twins on critical currents of high T_c superconductors // *Physica C*, 1989, Vols. 162-164, pp. 1605-1606.
9. [Тестарди](#) Д., Вегер М., Гольдберг И. [Сверхпроводящие](#) соединения со структурой Р-вольфрама /под. ред. [Горькова](#) Л.П. М.: Мир., 1977, 435 с.
10. [Гриднев](#) С.А., Кудряш В.И., Шувалов Л.А. Петли механического [гистерезиса](#) в кристаллах $KH_3(SeO_3)_2$ // Изв. АН [СССР](#). Сер. физ., 1979, Т. 43, N 8, с. 1718-1722.
11. [Илюшин](#) Г.Д., Демьянец Л.Н. [Металлоксидные сверхпроводники](#): кристаллохимическая классификация // *СФХТ*, 1991, Т. 4, N 2, с. 245-255.
12. [Илюшин](#) Г.Д., Демьянец Л.Н. [Металлоксидные сверхпроводники](#): общие принципы строения // *СФХТ*, 1990, Т. 3, N 12, с. 2712-2718.
13. Аларио-Франко М. А. Модели упорядочения кислородных вакансий в $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ основанные на результатах [дифракции](#) электронов // *СФХТ*, 1990, Т. 3, N 8, с. 1698-1697.
14. Farreth W.E., Bordia R.K., Carron E.M. Influence of oxygen stoichiometry on the structure and superconducting transition temperature of $YBa_2Cu_3O_7$ // *Sol. St. Commun*, 1988, Vol. 66, N 9, pp. 953-959.
15. Cava R.J., Batlogg B., Sunshine S.A. Studies of oxygen-deficient $Ba_2YCu_3O_7$. and superconducting $Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O$ // *Physica C*, 1988, Vol. 153-155, pp. 560-565.
16. Verweij H. Phase behavior of $YBa_2Cu_3O_7$ at 1 atm O_2 // *Sol. St. Commun.*, 1988, Vol. 67, N2, pp. 109-112.
17. Shi D. Phase transformations in $YBa_2Cu_3O_{7.5}$ // *Phys. Rev. B*, 1989, Vol. 39, N7, pp. 4299-4305.
18. Werder D.J., Chen C.H., Cava R.S. Oxygen vacancy ordering and microstructure in annealed $YBa_2Cu_3O_7$ superconductors // *Phys. Rev. B*, 1988, Vol. 38, N7, pp. 5130-5133.
20. Pfeiffer H. On oxygen ordering in the high-temperature superconductor $Y-Ba-Cu-O$ // *Phys. Stat. Sol. (a)*, 1988, Vol. 106, pp. K161-K164.
21. Kubo I., Ichihashi T., Manako T. Orthorhombic (II) superstructure phase in oxygen-deficient $YBa_2Cu_3O_{7.5}$ prepared by quenching // *Phys. Rev. B*, 1988, Vol. 37, N 13, pp. 7858-7860.
22. Fleming R.M., Schneemeyer L.F., Gallagher P.K. X-ray scattering study of finite-range order in $YBa_2Cu_3O_{6.7}$ // *Phys. Rev. B*, 1988, Vol. 37, N 13, pp. 7920-7923.
23. Sarikaya M., Kikuchi R. Aksay J. A. Structure and formation of twins in the orthorhombic $YBa_2Cu_3O_7$ // *Physica C*, 1988, Vols. 152-154, pp. 161-170.
24. Sawada T., Takei H., Takekawa S, Kitamura K., Kimura S., Iyi N. Annealing behavior of twin domains in $YBa_2Cu_3O_x$ crystals // *Jap. J. Appl. Phys.*, 1988, Vol. 27, N7, pp. L1184-L1186.

25. Hoydoo Y., Axe J.D., Kan X.B., Moss S.C., Lin I.Z., Lam D.J. High-resolution X-ray microstructural study of single crystals of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ //Phys. Rev. B, 1988, Vol. 37, N 4, pp. 2301-2304.
26. Teodorescu V.S., Nistor L.C., Nistor S.V. The periodic character of the micro-twin bandwidth distribution in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ //J. Appl. Phys., 1990, Vol. 67, N5, pp. 2520-2523.
27. Zhu Y., Suenaga M., Xu Y. [TEM](#) studies of twin boundary in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ and $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.98}\text{M}_x\text{O}_{7.5})$ ($\text{M}=\text{Zn}, \text{Al}$) //J. Mater. Res., 1990, Vol. 5, N7, pp. 1380-1387.
28. Sueno S., Nakai I., Okamura F.P., Ono A. A single crystal high temperature X-ray study of orthorhombic $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{7-y}$ superconductor //Jap. J. Appl. Phys., 1987, N 5, pp. L842-L844.
29. Van Tendeloo G., Broddin D., Zandbergen H.W., Amelinckx S. Detwinning mechanism, twinning dislocations and planar defects in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ // Physica C, 1990, Vol. 167, pp. 627-639.
30. Shi D., Zhang K., Capone D.W. Nucleation and growth kinetics of the tetragonal to orthorhombic transition in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ //J. Appl. Phys., 1988, Vol. 64, N4, pp. 1995-1998.
31. Jirak Z., Pollert E., Triska A., Vratislav S. Structure and the orthorhombic-tetragonal transition in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ //Phys. Stat. Sol. (a), 1987, Vol. 102, pp. K61-K66.
32. Aizu K. Possible species of ferromagnetic, ferroelectric and ferroelastic crystals // Phys. Rev. B, 1970, Vol. 2, N 3, pp. 754-772.
33. Aizu K. Considerations of partially ferroelastic and partially antiferroelastic crystals and partially ferroelectric and partially antiferroelectric crystals //
34. J. Phys. Soc. Jap, Vol. 28, N 3, pp. 717-722.
35. Aizu K. Determination of the state parameters and formulation of spontaneous strain for ferroelastics //J. Phys. Soc. Jap., 1970, Vol. 28, N 3, pp. 706-710.
36. Wadhawan V.K., Somayazulu M.S., Sastry P.U.M. Assignment of prototype symmetry for the Y-Ba-Cu-O superconductor and some predictions based on this assignment //Phys. Rev. B, 1988, Vol. 38, N 4, pp. 2509-2512.
37. Wadhawan V.K. Epitaxy and disorientations in the ferroelastic superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ //Phys. Rev. B, 1988, Vol. 38, N 13, pp. 8936-8939.
38. Wadhawan V.K., Glazer A.M. Prototype symmetry of the ferroelastic superconductor Y-Ba-Cu-O //Phys. Rev. B, 1989, Vol. 39, N 13, pp. 9631-9632.
39. Wadhawan V.K. Introduction to ferroic materials.- Gordon and Breach. Amsterdam, 2000. 740 pp.
40. Sapriel J. Domain-wall orientations in ferroelastics //Phys. Rev. B, 1975, Vol. 12, N 11, pp. 5128-5140.
41. Hodeau J.L., Bordet P., Capponi J.J., Chaillout C., Marezio M. Oxygen vacancy ordering, twinning and Cu substitution in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ //Physica C, 1988, Vol. 153-155, pp. 582-586.
42. Hodeau J.L., Chaillout C., Capponi J.J. Twinning in $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{6+x}$ single crystals //Sol. St. Commun., 1987, Vol. 64, N 11, pp. 1349-1352.
43. [Осипьян Ю.А.](#), [Афоникова Н.С.](#), [Емельченко Г.А.](#), [Парсамян Т.К.](#), [Шмытько И.М.](#), [Шехтман В.Ш.](#) [Полидоменная](#) структура монокристаллов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ //Письма в [ЖЭТФ](#), 1987, Т. 46, N 5, с. 189-192.
44. Ledbetter H. Elastic properties of metal-oxide superconductors (overview) // Journal of Metals, 1988, Vol. 40, N 1, pp. 24-30.
45. Hudakova N., Diko P. The study of phase transformation in

- YBa₂Cu₃O_{7-x} by direct observation of the interphase boundary // Physica C, 1990, Vol. 167, pp. 408-414.
46. Kramer M.J., Chumbley L.S., McCallum R.W., Nellis W.J., Weir S., Kvam E.P. Deformation induced defects in ReBa₂Cu₃O₇ // Physica C, 1990, Vol. 166, pp. 115-124.
47. Wong-Ng W., Cayle W.F., Kaiser D.L., Watkins S.F., Fronczek F.R. X-ray diffraction study of a thermomechanically detwinned single crystal of
48. YBa₂Cu₃O_{6+x} // Phys. Rev. B., 1990, Vol. 41, N 7, pp. 4220-4223.
49. Liu J.Z., Lan M.D., Klavins P., Shelton R.N. Meissner effect and magnetic critical current density in detwinned YBa₂Cu₃O_{7-x} single crystals // Phys. Lett. A., 1990, Vol. 144, N 4,5, pp. 256-268.
50. Swartzendruber L.J., Kaires D.L., Gayle F.W., Bennett L.H., Roytburd A. Low-field flux pinning in twinned and detwinned single crystals of YBa₂Cu₃O_{7-x} // Appl. Phys. Lett., 1991, Vol. 58, N 14, pp. 1566-1568.
51. Khlyustikov I.N., Buzdin A.I. Twinning-plane superconductivity // Advances in Physics, 1987, Vol. 36, N 3, pp. 271-330.
52. [Хлюстиков И.Н.](#), [Буздин А.И.](#) Локализованная [сверхпроводимость](#) в двойниковых металлических кристаллах // [УФН](#), 1988, Т. 155, N 1, с. 47-88.
53. Robledo A., Varea C. High-T_c superconductivity at twin boundaries in a Landau-Ginzburg superconductor oxide model // Phys. Rev. B., 1988, Vol. 37, N 1, pp. 631-634.
54. Fang M.M., Kogan V.G., Finnemore D.K., Clem J.R., Chumbley L.S., Farrell D.E. Possible twin-boundary effect upon the properties of high T_c superconductors // Phys. Rev. B., 1988, Vol. 37, N 4, pp. 2334-2337.
55. [Жуков А.А.](#), [Мошалков В.В.](#) Критическая плотность тока в высокотемпературных [сверхпроводниках](#) (обзор) // [СФХТ](#), 1991, Т. 4, N 5, с. 850-887.
56. [Жуков А.А.](#), [Гладышев Н.В.](#), [Гордеев С.Н.](#), [Мурашов В.А.](#) Влияние двойниковых границ на критический ток [монокристаллов](#) YBa₂Cu₃O_{7-s} // [СФХТ](#), 1991, Т. 4, N 7, с. 1268-1270.
57. Li J.N., Menovsky A.A., Franse J.J.M. Anomalous flux pinning by twin boundaries in single-crystal YBa₂Cu₃O₇ // Phys. Rev. B., 1993, Vol. 48, N 9, pp. 6612-6616.
58. Liu J.Z., Jia Y.X., Shelton R.N., Fluss M. J. In-plane anisotropy of the interaction between vortex and twin boundary in YBa₂Cu₃O₇ single crystal // Phys. Rev. Lett., 1991, Vol. 66, N 10, pp. 1354-1357.
59. Kwok W.K., Welp U., Crabtree G.W., Vandervoort K.G., Hulscher R., Liu J.Z. Direct observation of dissipative flux motion and pinning by twin boundaries in YBa₂Cu₃O_{7.5} single crystals // Phys. Rev. Lett., 1990, Vol. 64, N 8, pp. 966-969.
60. Sanfilippo S., Sulpice A., Laborde O., Bourganlt D., Fournier Th., Tournier R. Experimental evidence of twin-planes pinning in the ab plane studied in large c-axis YBa₂Cu₃O₇ samples // Phys. Rev. B., 1998, Vol. 58, N 22, pp. 15189-15197.
61. Khalfin I.B., Dorosinskii L.A., Shapiro B.Ya. Thermal fluctuations and critical current in twinned single crystals // Phys. Rev. B., 1995, Vol. 51, N 2, pp. 1245-1248.
62. [Винников Л.Я.](#), [Григорьева И.В.](#), [Гуревич Л.А.](#), [Кошелев А.Е.](#) Определение потенциала пиннинга на границах двойников в [кристаллах](#) YBa₂Cu₃O_x из наблюдения вихревой структуры // [СФХТ](#), 1990, Т. 3, N 7, с. 1434-1441.

63. [Рудяк В.М.](#) Процессы переключения в нелинейных кристаллах.-М.: Наука, 1986, 248 с.
64. [Струков Б.А.](#), [Леванюк А.П.](#) Физические основы [сегнетоэлектрических](#) явлений в кристаллах. -М.: Наука, 1983, с. 34-32.
65. Gridnev S.A., Shuvalov L.A. The influence of real structure on switching processes and peculiarities of mechanical relaxation in proper ferroelastics $\text{KN}_3(\text{SeO}_3)_2$ and $\text{KD}_3(\text{SeO}_3)_2$ //Ferroelectrics, 1983, Vol. 48, N 1-3, pp.113-130.
66. [Витебский И.М.](#), [Семиноженко В.П.](#), [Соболев В.Л.](#), [Чабанов А.А.](#) Термодинамическая теория доменной структуры [ферроэластиков](#) типа La_2CuO_4 и $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ //Препринт [ДонФТИ](#), Донецк, 1989, 15 с.
67. Новик А., Берри Б. [Релаксационные](#) явления в кристаллах.-М.: Мир, 1975, 326 с.
68. [Нечаев В.Н.](#) Строение и взаимодействие дефектов в [сегнетоэлектриках](#) и сегнетоэластиках//Дисс. канд. физ.-мат. наук, Воронеж, [ВПИ](#), 1985, 140 с.
69. [Постников В.С.](#) Внутреннее трение в металлах. М.: Металлургия, 1974,с. 150-154.
70. [Лайнс М.](#), [Гласс А.](#) Сегнетоэлектрики и родственные им материалы.-М.: Мир, 1981, с. 330-342.
71. Hatanaka T., Sawada A. Ferroelastic domain switching in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ single crystals by external stress //Jap. J. Appl. Phys., 1989, Vol. 28, N 5,pp. L794-L796.
72. [Барьяхтар В.Г.](#), [Варюхин В.Н.](#) [Стронгин С.Б.](#) Высокотемпературный спектр внутреннего трения в системе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7.\delta + x\text{ZrO}_2$ //ДАН УССР. Сер. физ.-мат. и техн. науки, 1989, N 3, с.55-58.
73. [Гриднев С.А.](#), [Даринский Б.М.](#), [Постников В.С.](#) [Диэлектрические](#) и механические потери в [сегнетокерамике](#) цирконата-титаната свинца //Механизмы релаксационных явлений в твердых телах.-М.: Наука, 1972, с. 206-211.
74. [Доросинский Л.А.](#), [Инденбом М.В.](#), [Никитенко В.И.](#), [Фарбер Б.Я.](#) Кинетика изменения двойниковой структуры в [монокристаллах](#) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7.x$ //Письма в ЖЭТФ, 1989, Т. 49, N 3, с. 156-159.
75. [Гранато А.](#), [Люкке К.](#) Струнная модель [дислокации](#) и дислокационное поглощение звука //Физическая акустика. Применение физической акустики в [квантовой](#) физике и физике твердого тела, Т. 4, Часть А./под. ред. У. Мэзона.-М.: Мир, 1969, с. 324-327.
76. [Фридель Ж.](#) Дислокации.-М.: Мир, 1967, с. 421-425.
77. [Даринский Б.М.](#) Механизмы внутреннего трения в кристаллических твердых телах //Дисс. докт. физ.-мат. наук, Харьков, [ХГУ](#), 1974, 235 с.
78. [Даринский Б.М.](#), [Пачевская Т.Н.](#), [Постникова Н.В.](#) [Дислокационное](#) внутреннее трение в кристаллах с примесями //Физ. и хим. обработки матер., 1977, N3, с. 110-114.
79. [Маделунг Э.](#) Математический аппарат физики.-М.: Наука, 1968, 618 с.
80. [Никаноров С.П.](#), [Кардашов Б.К.](#) Упругость и [дислокационная](#) неупругость кристаллов.-М.: Наука, 1985, 250 с.
81. [Гриднев С.А.](#), [Фадеев С.А.](#), [Рогова С.П.](#), [Кравченко С.А.](#) Упругие и неупругие свойства микрокомпозитов на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7.5$ //Изв. РАН. Сер. физ., 1995, Т. 59, N 9, с. 54-61.
82. Dwir B., Pavuna D., Affronte M., Berger H., Tholence J.L.

- Percolation and electronic properties of superconducting (YBa₂Cu₃O₇)_xAg_{1-x} ceramics and thick films //J. Supercond., 1989, Vol. 2, N 3, pp. 419-426.
83. Dwir B., Affronte M., Pavuna D. Critical current and electronic properties of YBCO-Ag compounds //Physica C, Vols. 162-164, pp. 351-352.
84. [Косевич](#) Ю.А. Повышение T_c локализованной [сверхпроводимости](#) системой ступеней на когерентной границе двойника //26-е Всесоюзное совещание по физике низких температур, Тезисы докладов, Донецк, 1990, Т. 1, с. 234-235.
85. Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. Часть I. Термодинамическая и общая кинетическая теория /под. ред. [Ройтбурда](#) А.И.-М.: Мир, 1978, с. 411.
86. Feltham P. Internal friction in superconductors near the critical temperature // J. Phys. F: Metal Phys., 1980, Vol. 10, pp. L219-L222.
87. [Постников](#) В.С., Милошенко В.Е., Шунин Г.Е., Шухалов Е.И. Особенности поглощения низкочастотного звука в металлах при n-s переходе //Материаловедение. Физика и химия конденсированных сред.-Воронеж, ВПИ, 1974, с. 95-104.
88. [Постников](#) В.С., Милошенко В.Е., Шунин Г.Е., Шухалов Е.И. Особенности внутреннего трения [сверхпроводников](#) при n-s переходе // В книге «Механизмы [релаксационных](#) явлений в твердых телах».-Каунас, [КПИ](#), 1974, с. 138-141.
89. [Беломестных](#) В.Н., Хасанов О.Л., Кон-сю Ю. Анализ акустических свойств системы Y-Ba-Cu-O //СФХТ, 1989, Т. 2, N 9, с. 119-127.
90. Ting W., Fossheim K. Elastic properties of La-based and Y-based oxide superconductive materials //J. Modern Phys. B., 1993, Vol. 8, N 3, pp. 275-307.
91. Власко-Власов В.К., Доросинский Л.А., [Инденбом](#) М.В., Осипьян Ю.А. Поляризационно-оптическое исследование структурного фазового перехода в монокристаллах YBa₂Cu₃O_{7-s} //СФХТ, 1990, Т. 3, N 1, с. 62-69.
92. Horn P.M., Keane D.T., Held G.A., Jordan-Sweet J.L., Kaiser D.L., Holtzberg F. Orthorhombic distortion and the superconducting transition in YBa₂Cu₃O₇: evidence for anisotropic pairing//Phys. Rev. Lett., 1987, Vol. 59, N 24, pp. 2772-2775.
93. Hoydoo Y., Welp U., Fang Y. Slope discontinuity and fluctuation of lattice expansion near T_c in untwinned YBa₂Cu₃O_{7-s} single crystals //Phys. Rev. B., 1991, Vol. 43, N 4, pp. 3660-3663.
94. Паль-Валь П.П., Паль-Валь Л.Н., [Демирский](#) В.В., Нацк в.Д., Прыткин В.В. Изменение низкотемпературного [релаксационного](#) спектра керамики YBa₂Cu₃O_x при уменьшении кислородного индекса (6,95>x>6,3)// СФХТ, 1991, Т. 4, N 8, с. 1542-1551.
95. Bonetti E., Campari E.G., D'Astutu M., Marangolo M., Isothermal phase transition and elastic energy dissipation in YBa₂Cu₃O_{7-x} //Phys. Rev. B., 1995, Vol. 51, N2, pp. 1249-1257.
96. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н., Лучанинов А.Г. Механическая нелинейность высокотемпературного [сверхпроводника](#) YBa₂Cu₃O₇ //4-я Конференция по физике сегнетоэластиков, Тезисы докладов, Днепропетровск, 1988, с. 235-237.
97. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н. Влияние режимов получения на свойства высокотемпературного сверхпроводника YBa₂Cu₃O_{7-s} //3-я Конференция технологии сегнетоэлектрических материалов, Тезисы докладов, Звенигород, 1988, с. 200.
98. Gridnev S.A., Ivanov O.N. Structure and anomalous

- low-frequency elastic and anelastic properties of YBa₂Cu₃O₇ metal-oxide ceramics //Abstracts of the Twelfth European Crystallographic Meeting, Moscow, 1989, Vol. 1, p. 486.
99. Gridnev S.A, Ivanov O.N. Infralow-frequency internal friction in high-temperature YBa₂Cu₃O₇ superconductors //Abstracts of the Tenth International Symposium on the Jahn-Teller Effect, Kishinev, 1989, pp. 113-114.
100. Гриднев С.А, Иванов О.Н, [Лучанинов](#) А.Г. Механическая нелинейность высокотемпературного сверхпроводника YBa₂Cu₃O₇ //Изв. АН СССР. Сер. физ, 1989, Т. 53, N 7, с. 1349-1352.
101. Голев И.М, Иванов О.Н, Шушлебин И.М, Гриднев С.А, [Милошенко](#) В.Е. Затухание низкочастотного звука в металлокерамике Y-Ba-Cu-O //ФТТ, 1989, Т. 31, N 1, с. 220-222.
102. Гриднев С.А, Иванов О.Н, [Дыбова](#) О.В. Амплитудные зависимости инфранизкочастотного внутреннего трения в [сверхпроводящей](#) керамике YBa₂Cu₃O₇.6 //СФХТ, 1990, Т. 3, N 10, Ч. 2, с. 2412-2417.
103. Гриднев С.А, Иванов О.Н, [Дыбова](#) О.В. Влияние двойниковой структуры на температуру [сверхпроводящего](#) перехода в керамике YBa₂Cu₃O₇.5 //В книге «[Высокотемпературная сверхпроводимость](#)», Томск, 1990, с. 66-70.
104. Ivanov O.N. Influence of twin structure on superconducting properties of YBa₂Cu₃O₇.5 //Abstracts of the International Symposium MASHTEC' 90, Dresden, 1990, Vol. I,p. 63.
105. Gridnev S.A. Ivanov O.N. Elastic and anelastic properties of high-temperature superconductors //Materials Science Forum, Switzerland, 1990, Vols. 62-64, pp. 211-212.
106. Ivanov O.N, Gridnev S.A. Influence of twin structure on superconducting properties of YBa₂Cu₃O₇.5//Materials Science Forum, Switzerland, 1990,1. Vols. 62-64, pp. 19-20.
107. Gridnev S.A, Ivanov O.N, Fadeev S.A. Thermal and mechanical properties of composites on the base of HTSC //Moscow International Composites Conference, 1990, Elsevier Applied Science, London and New York, pp. 558-562.
108. Gridnev S.A, Ivanov O.N, Dybova O.V. Influence of ferroelastic twins on superconducting properties of YBa₂Cu₃O₇.5 ceramics //Abstracts of the Seventh European Meeting on Ferroelectricity, Dijon, 1991, p. 579.
109. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н. Локализованная сверхпроводимость плоскостей [двойникования](#) в YBa₂Cu₃O₇.g //5-я Конференция по физике сегнетоэластиков, Тезисы докладов, Ужгород, 1991, с. 161.
110. Gridnev S.A., Ivanov O.N. Influence of ferroelastic domain structure on the properties of HTSC YBa₂Cu₃O₇.5 ceramics //Конференция по магнито-микроэлектронике, Тезисы докладов, Симферополь, 1991, с. 116.
111. Ivanov O.N., Dybova O.V. Infralow-frequency acoustic investigations of HTSCs //11-я Конференция по акустике, Тезисы докладов, Москва, 1991, с. 23-26.
112. [Иванов](#) О.Н., Дыбова О.В. Двойниковая структура и сверхпроводящие свойства керамики YBa₂Cu₃O₇.5 //Конференция по физике низких температур, Тезисы докладов, Казань, Россия, 1992, с. 48.
113. Ivanov O.N., Dybova O.V. Infralow-frequency acoustic properties of perovskite-like La-Sr-Cu-O system//Ferroelectrics,

1992, Vol. 128, pp. 119-124.

114. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н. Влияние [сегнетоэластической](#) двойниковой структуры на физические свойства $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (обзор) //СФХТ, 1992, Т. 5, N7, с. 1143-1172.

115. Gridnev S.A., Ivanov O.N. The influence of ferroelastic twins on the properties of superconducting $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ ceramics //Ferroelectrics, 1992, Vol. 128, pp. 185-190.

116. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н. Влияние [сегнетоэластических](#) двойников на температуру сверхпроводящего перехода в $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Изв. РАН. Сер. физ., 1992, Т. 56, N 10, с. 124-126.

117. Gridnev S.A., Ivanov O.N. Dynamics of ferroelastic twins and internal friction in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Ferroelectrics, 1993, Vol. 145, pp. 67-69.

118. Ivanov O.N. Low-frequency elastic and anelastic properties of some HTSC-compounds in the vicinity of superconducting transition //Abstracts of the International Seminar on Relaxational Phenomena, Voronezh, 1995, p. 12.

119. [Иванов](#) О.Н. Низкочастотные упругие и [неупругие](#) свойства керамики

120. $Tl_2Ba_2Ca_2CuO_8$ в окрестности сверхпроводящего перехода //Изв. РАН. Сер. физ., 1995, Т. 59, N9, с. 62-64.

121. [Иванов](#) О.Н. Особенности низкочастотных упругих и [неупругих](#) свойств керамики $ErBa_2Cu_3O_{7-x}$ при переходе в [сверхпроводящее](#) состояние //Изв. РАН. Сер. физ., 1998, Т. 62, N 8, с. 1584-1588.

122. Krebs H.U., Wordenweber R. Oxygen diffusion and phase transformation in $YBa_2Cu_3O_x$ //J. Appl. Phys., 1988, Vol. 63, N 5, pp. 1642-1645.

123. Manthirami A., Swinnea J.S., Sui Z.T., Steinfink H., Goodenough J.B.

124. The influence of oxygen variation on the crystal structure and phase composition of the superconductor $YBa_2Cu_3O_x$ //J. Am. Chem. Soc., 1987, Vol. 102, pp. 6667-6669.

125. Zhu N., Zhou L., Zhang Y., Li T., Qiao G., Shi C. Temperature dependence of oxygen content and phase transition in $YBa_2Cu_3O_x$ compounds //Z. Phys. B.: Condens. Matter., 1988, Vol. 70, pp. 409-411.

126. Oxygen disorder effects in high- T_c superconductors /Ed. by J.L. Morano-Lopez and I.K. Schuller. Plenum Press, New York, 1990, 231 pp.

127. Specht E.D., Sparks C.J., Dharea A.G. Effect of oxygen pressure on the orthorhombic-tetragonal transition in the high-temperature $YBa_2Cu_3O_x$ // Phys. Rev. B., 1988, Vol. 37, N 13, pp. 7426-7433.

128. [Мержанов](#) И.А., Дегтярев С.А. Термодинамика фазы $YBa_2Cu_3O_{6+z}$ //СФХТ, 1990, Т. 3, N 2, с. 279-283.

129. Jorgensen J.D., Beno M.A., Hinks D.G., Soderholm L., Volin K.J., Hitterman R.L., Crau J.D., Schuller I.K. Oxygen ordering and the orthorhombic-to-tetragonal phase transition in $YBa_2Cu_3O_x$ //Phys. Rev. B., 1987, Vol. 36, N7, pp. 3608-3616.

130. Bonetti E., Cammarota G.P., Campari E.G., D'Astuto M. Isothermal phasetransition in $YBa_2Cu_3O_x$ //Physica C, 1994, Vols. 235-240, pp. 315-316.

131. [Гриднева](#) Г.Г., Бунина О.А., Базаев О.В., [Филиппев](#) В.О. Особенности тетрагонально-ромбического перехода в $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //СФХТ, 1991, Т. 4, N 9, с. 1734-1740.

132. [Гуфан](#) А.Ю. Феноменологическое описание

- сегнетоэластических характеристик $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ //Изв. РАН. Сер. физ., 2001, Т. 65, N 8, с. 1172-1176.
133. Batlogg B. Cuprate superconductors: science beyond high- T_c //Sol. St. Commun., 1998, Vol. 107, N 11, pp. 639-647.
134. Maple M.B. High-temperature superconductivity //JMMM, 1998, Vols. 177-181, pp. 18-30.
135. Werder D.J., Chen C.H., Cava R.J., Batlogg B. Diffraction evidence for oxygen-vacancy ordering in annealed $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($0.3 < \delta < 0.4$) superconductors // Phys. Rev. B, 1988, Vol. 37, N 4, pp. 2317-2319.
136. [Парфенов](#) О.Е., Чернышов А.А. Переход металл-диэлектрик в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ и упорядочение кислорода //СФХТ, 1990, Т. 3, N 8, Ч. 2, с. 1850-1853.
137. Khachaturyan A.G., Morris Jr.J.W. Ordering and decomposition in the high-temperature superconducting compound $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ //Phys. Rev. Lett., 1987, Vol. 59, N 24, pp. 2776-2779.
138. Khachaturyan A.G., Semenovskaya S.V., Morris Jr.J.W. Phase diagram of the superconducting oxide $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ //Phys. Rev. B., 1988, Vol. 37, N 4, pp. 2243-2246.
139. Hariharan Y., Bharathi A., Janawadkar M.P., Vasumathi D., Sastry V.S., Radhakrishnan S. Phase instability in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ //Physica C, 1989, Vols. 162-164, pp. 887-888.
140. Eibschritz M., Lines M.E., Tarascon J.M., Barboux P. Observation of orthorhombic-tetragonal phase equilibria in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{FexO}_{7-s}$ //Phys. Rev. B., 1988, Vol. 38, N 4, pp. 2896-2899.
141. Sarikaya M., Stern E.A. Local structural variations in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ //Phys. Rev. B., Vol. 37, N 16, pp. 9373-9381.
142. Cava R.J., Santoro A., Johnson D.W., Rhodes W.W. Crystal structure of the high-temperature superconductor $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ above and below T_c // Phys. Rev. B., 1987, Vol. 35, N 13, pp. 6716-6720.
143. Onoda M., Shamoto M., Sato M., Hosoya S. Crystal structures of $(\text{La}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{CuO}_{4-5}$ ($\text{M}=\text{Sr}$ and Ba) //Jap. J. Appl. Phys., 1987, Vol. 26, N 4, pp. L363-L365.
144. Chen C.H., Cheong S.-W., Werder D.J., Cooper A.S., Rupp J. L.W. Low temperature microstructure and phase transitions in $\text{La}_2\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ and $\text{La}_2\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ // Physica C, 1991, Vol. 175, pp. 301-309.
145. Flemming R.M., Batlogg B., Cava R.J. Temperature and composition dependence of the tetragonal-orthorhombic distortion in $\text{La}_2\text{Sr}_x\text{CuO}_{4.5}$ // Phys. Rev. B., 1987, Vol. 35, N 13, pp. 7191-7194.
146. Migliori A., Vischer W.M., Wang S., Brown S.E., Tanaka I., Kojima H., Aller P.B. Complete elastic constants and giant softening of C66 in superconducting $\text{La}_{1.86}\text{Sr}_{0.14}\text{CuO}_4$ //Phys. Rev. Lett., 1990, Vol. 64, N 20, pp. 2458-2461.
147. Sarrao J.L., Mandrus D., Migliori A., Fisk Z., Tanaka I., Kojima H., Confield P.C., Kodali P.D. Complete elastic moduli of $\text{La}_2\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ($x=0.00$ and 0.14) near the tetragonal-orthorhombic structural phase transition //Phys.
148. Rev. B., 1994, Vol. 50, N 18, pp. 13125-13131.
149. Sawada A., Nishihata Y., Oka K., Unoki H. Ferroelasticity in La_2CuO_4 single crystals //Jap. J. Appl. Phys., 1989, Vol. 28, N 10, pp. L1787-L1789.
150. [Толедано](#) Ж.К., Толедано И. Теория [Ландау](#) фазовых переходов /под. ред [Гуфана](#) Ю.М. М.: 1994, 462 с.

151. [Гриднев С.А.](#), Постников В.С., Прасолов Б.Н., [Турков С.К.](#) Затухание упругих колебаний в [ниобате](#) лития на низких частотах //ФТТ, 1978, Т. 20, N5, с. 1299-1303.
152. [Гриднев С.А.](#), Камышева Л.Н., Постников В.С. Особенности низкочастотного внутреннего трения в кристаллах группы KDP //Изв. АН СССР. Сер. физ., 1975, Т. 39, N 4, с. 827-832.
153. [Гриднев С.А.](#), Первицкий К.В., Остапенко С.П. [Размытие](#) фазового перехода в твердых растворах системы [титаната свинца-кадмонниобата свинца](#) //Физ. и хим. обраб. матер., 1989, N 2, с. 61-65.
154. [Гриднев С.А.](#), Даринский Б.М., Постников В.С. Внутреннее трение при фазовых превращениях в [сегнетокерамиках](#) // Физ. и хим. обраб. матер., 1969, N5, с.99-104.
155. [Сухаревский Б.Я.](#), Шаталова Г.Е., Хохлова С.И. Высокотемпературные фазовые превращения в $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ и их влияние на [сверхпроводящий](#) переход //ФНТ, 1987, Т. 13, N 9, с. 991-995.
156. Suzuki T., Fujita T. Structural phase transition in $(La_{1-x}Ba_x)_2CuO_4$ //Physica C, 1989, Vol. 153, pp. 111-116.
157. [Ролов Б.Н.](#), Романовский Т.Б. Размеры областей [Кенцига](#) и динамика кристаллической решетки //Изв. АН Латв. ССР. Сер. физ., 1968, N 4, с. 55-59.
158. [Аржавитин В.М.](#), Головин В.И., Тихинский Г.В., [Финкель В.А.](#), Шаповал Б.И. Температурнозависимое внутреннее трение и динамический модуль упругости высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ // СФХТ, 1989, Т. 2, N 10, с. 153-156.
159. [Барьяхтар В.Г.](#), Варюхин В.Н., Стронгин С.Б. Высокотемпературный спектр внутреннего трения в системе $YBa_2Cu_3O_{7-x} + xZrO_2$ //ДАН УССР. Физ.-мат. и техн. науки, 1989, N 3, с. 55-58.
160. Avrami M. Kinetics of phase change. I General theory // Journal Chem. Phys., 1939, Vol. 7, pp. 1103-1112.
161. Avrami M. Kinetics of phase change. II Transformation-time relations for random distribution of nuclei // Journal Chem. Phys., 1940, Vol. 8, pp. 212-224.
162. Avrami M. Granulation, phase change, and micro structure. Kinetics of phase change. III*// Journal Chem. Phys., 1941, Vol. 9, pp. 177-184.
163. Gadaud P., Kaya B. Oxygen mobility in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Journal of Alloys and Compounds, 1994, Vols. 211-212, pp. 296-299.
164. Bonetti E., Campari E.G., Mattioli P., Zingaro A. Stoichiometry dependence of oxygen anelastic relaxation in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ and the orthorhombic-to-tetragonal phase transition //Journal of Alloys and Compounds, 1994, Vols. 211-212, pp. 314-317.
165. Mi Y., Schaller R., Benoit W. Analysis of the oxygen relaxation spectrum in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ at high temperature // Journal of Alloys and Compounds, 1994, Vols. 211-212, pp. 283-286.
166. Yuan D.-P., Tsai C.-H. Theory of internal friction in the high- T_c superconductor $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //J. Phys.: Condens. Matter., 1990, Vol. 2, pp. 3329-3338.
167. Парфёнов О.Е., [Чернышов А.А.](#) Тройная точка на структурной x - T фазовой диаграмме $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //СФХТ, 1990, Т. 3, N 3, с. 512-515.
168. [Нечаев Ю.С.](#), Минаев Ю.А., Андреев И.А., [Жангозин К.Н.](#), Карпин Д.Б., Коновалов Н.Т., [Лыхин В.А.](#) О характеристиках изотерм адсорбции кислорода керамикой $RBa_2Cu_3O_{7-x}$ ($R=Y, Er$) и квазибинарной диаграмме состояния //СФХТ, 1991, Т. 4,

N 5, с. 991-996.

169. [Степанов](#) А.А., Хайковский Н.Г., Павлюхин Ю.Т., [Рыков](#) А.И. Кинетика кислородного обмена в высокотемпературном [сверхпроводнике](#) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ //СФХТ, 1990, Т. 3, N 1, с. 119-124.

170. [Вьюнг](#) Н.В. Описание процесса диффузии кислорода в керамике $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+s}$ //СФХТ, 1991, Т. 4, N 9, с. 1728-1733.

171. [Оськина](#) Т.Е., Третьяков Ю.Д., Солдатов Е.А. Кислородный обмен и диффузия кислорода в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ //СФХТ, 1989, Т. 2, N 3, с. 24-29.

172. [Ажажа](#) В.М., Гринченко А.Ю., Деев А.С., [Лавриненко](#) С.Д., Олейник В.А., Светашов П.А., [Скакун](#) Н.А. Исследование диффузии кислорода в

173. $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ с помощью ядерной реакции $^{180}\text{p}, \text{a}^{15}\text{N}$ //СФХТ, 1990, Т. 3, N 5, с. 913-918.

174. Ikuma Y, Akigoshi S. Diffusion of oxygen in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ //J. Appl. Phys, 1988, Vol. 64, N 8, pp. 3915-3917.

175. Gridnev S.A, Ivanov O.N, Dybova O.V. Internal friction mechanism near the ferroelastic phase transition in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ //Ferroelectrics Lett, 1990, Vol. 11, pp. 131-136.

176. Gridnev S.A, Ivanov O.N, Dybova O.V. Anomalous elastic and anelastic properties of La-Sr-Cu-O system //Abstracts of the International Conference on Electronic Ceramics, Riga, 1990, p. 63.

177. Gridnev S.A, Ivanov O.N, Dybova O.V. Ferroelastic properties of $\text{KH}_3(\text{SeO}_3)_2$ and $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ s //Abstracts of the First Soviet-Polish Symposium on Ferroelectric Physics, L'vov, 1990, Pt.2, pp. 30-31.

178. Gridnev S.A, Ivanov O.N, Dybova O.V. Anomalous elastic and anelastic properties of La-Sr-Cu-O system // Proceedings of the International Conference on Electronic Ceramics, Riga, 1990, Pt.2, pp. 131-133.

179. Ivanov O.N, Dybova O.V. Infralow-frequency acoustic properties of perovskite-like La-Sr-Cu-O system //Abstracts of the Seventh European Meeting on Ferroelectricity, Dijon, 1991, p. 566.

180. Иванов О.Н, [Дыбова](#) О.В. Последовательность тетра-орто-тетра фазовых переходов в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.s при изменении содержания кислорода //5.я Конференция по физике сегнетоэластиков, Тезисы докладов, Ужгород, 1991 г, с. 161.

181. Gridnev S.A, Ivanov O.N, Dybova O.V. Infralow-frequency acoustic investigations of the ferroelastic phase transition in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ s //Phys. Stat. Sol. (b), 1991, Vol. 164, pp. K7-K12.

182. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н., Дыбова О.В. [Сегнетоэластические](#) свойства $\text{KH}_3(\text{SeO}_3)_2$ и $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ //Кристаллография, 1991, Т. 36, N 4, с. 937-941.

183. [Иванов](#) О.Н., Дыбова О.В., Титаренко Ю.В. Изотермически индуцированный [сегнетоэластический](#) фазовый переход в керамике $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ // СФХТ, 1992, Т. 5, N 5, с. 919-922.

184. [Иванов](#) О.Н., Дыбова О.В., Кудряш В.И. [Инфранизкочастотные](#) акустические исследования релаксационного процесса в керамике $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.s // СФХТ, 1992, Т. 5, N 11, с. 2037-2039.

185. [Иванов](#) О.Н., Дыбова О.В. Последовательность тетра-орто-тетра фазовых переходов в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. ξ при изменении содержания кислорода //Изв. РАН. Сер. физ, 1992, Т. 56, N 10, с. 116-119.

186. [Иванов](#) О.Н., Дыбова О.В. Временная последовательность

тетра-орто-тетра фазовых переходов в керамике $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ // В книге «[Материалы для электроники](#)», ВГТУ, Воронеж, 1992, с. 29-34.

187. [Иванов](#) О.Н. Исследование несобственного сегнетоэластического фазового перехода в керамике La_2CuO_4 // 4-я Российская конференции по физике [сегнетоэлектриков](#), Иваново, 1995, с. 290.

188. Ivanov O.N. Isothermal sequence of tetra-ortho-tetra phase transitions in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ // Abstracts of the International Seminar on Relaxational Phenomena, Voronezh, 1995, p. 12.

189. Ivanov O.N. Ferroelastic phase transitions in high-temperature superconductors // Abstracts of the Fourth International Symposium on Ferroic Domains and Mesoscopic Structures, Vienna, 1996, p. 113.

190. [Иванов](#) О.Н. Исследование несобственного сегнетоэластического фазового перехода в керамике La_2CuO_4 // Кристаллография, 1997, Т. 42, N 4, с. 741-743.

191. Ivanov O.N. Ferroelastic phase transitions in some high-temperature superconductors with perovskite-like structure // Ferroelectrics Lett., 1999, Vol. 24, pp. 91-95.

192. Динамические свойства твердых тел и жидкостей / под ред. Лавси С. и

193. [Шпрингера](#) Т. М.: Мир., 1980, с. 126-129.

194. Blackstead H.A. and Dow J.D. Role of Ba-site Pr in quenching superconductivity of $\text{Y}_{1-y}\text{Pr}_y\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ and related materials // Phys. Rev. B., 1995, Vol. 51, N7, pp. 11830-11837.

195. Гинзбург В.И., [Киржниц](#) Д.А. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости. -М.: Наука., 1977, 400 с.

196. Plakida N.M. Lattice instability and strong electron-phonon coupling for high- T_c superconductivity // Phys. Scr. 1989, Vol. 29, pp. 77-81.

197. Bussmann-Holder A. Importance of structural instability to high-temperature superconductivity // Phys. Rev. Lett., 1991, Vol. 6, N 4, pp. 512-515.

198. Zhang Q.M., Shao H.M., Huang Y.N., Shen H.M., Wang Y.N. Internal friction and Lattice anomalies of single-phase Hg-1223 // Sol. St. Commun., 1997, Vol.101,N2,pp.133-135.

199. Missori M., Bianoci A., Oyanagi H., Yamaguchi H. Evidence for local lattice instability at $T^* \sim 1.4 T_c$ in $\text{Bi}_2\text{212}$ by EXAFS // Physica C, 1994,

200. Vol. 235-240, pp. 1245-1246.

201. Zhang M., Qiang C., Dakun S., Rong-fu J., Zheng-hao Q., Zheng Y., Scott J.F. Raman spectroscopic study of an apparent phase transition at 234 K in the high- T_c superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ // Sol. St. Commun., 1988, Vol. 65, N 6, pp. 487-490.

202. Li.A., Zheng S., Huang H., Li D., Du H., Din H., Sun H., Zhu S. Temperature dependence of positron annihilation parameters in high T_c superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ // Chinese Phys. Lett., 1989, Vol .6, N 12, pp. 549-552.

203. Sun L., Wang Y., Shen H., Cheng X. Effect of structural instability between 80 and 300 K on superconductivity of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ // Phys. Rev. B., 1988, Vol. 38, N7, pp. 5114-5117.

204. Bhattacharya S., Higgins M.J., Johnston D.C. and Jacobson A.J., Stokes J.P., Goshorn D.P., Lewandowski J.T. Elastic anomalies and phase transitions in high- T_c superconductors // Phys. Rev. Lett., 1988, Vol. 60, N 12, pp. 1181-1184.

205. Wang Y., Wu J., Shen H., Zhu J., Chen X., Yan Y., Zhao Z. Ultrasonic study of structural instability of monocrystalline and polycrystalline Bi-Sr-Ca-Cu-O // *Phys. Rev. B.*, 1990, Vol. 41, N 12, pp. 8981-8985.
206. Lagreid T., Fossheim K., Tratteberg O., Sandvold E., Julsrud S. High resolution specific heat measurements in the ceramic superconductor YBa₂Cu₃O_{7.5}: anomalies near 90K and 220K // *Physica C*, 1988, Vols. 153-155, pp. 1026-1027.
207. Nohara, M., Suzuki, T., Maeno, Y., Fujita, T., Tanaka, I., Kojima, H. Unconventional lattice stiffening in superconducting La_{2-x}Sr_xCuO₄ single crystals // *Phys. Rev. B.*, 1995, Vol. 52, N. 1, pp. 570-580.
208. Shi, L., Huang, Y., Jia, Y., Liu, X., Zhou, G., Zhang, Y. Study of the crystal and electronic structure of Y_{1-x}Pr_xBa₂Cu₃O_{7-y} ceramics // *J. Phys.: Condensed Matter*, 1998, Vol.10, N.31, pp. 7015-7024.
209. Matsuda, A., Kinoshita, K., Ishii, T., Shibata, H., Watanabe, T., Yamada, T. Electronic properties of Ba₂U⁺Pr₂Si₂O⁺ // *Phys. Rev. B.*, 1988, Vol. 38, N.4, pp. 2910-2913.
210. Lopez-Morales M.E., Rios-Jara D., Taguena J., Escudero R., La Placa S., Bezingue A., Lee V.Y., Engler E.M., Grant P.M. Role of oxygen in PrBa₂Cu₃O_{7-y}: effect on structural and physical properties // *Phys. Rev. B.*, 1990, Vol. 41, N 10, pp. 6655-6667. 211. Blackstead H.A., Dow J.D., Chrisey D.B., Horwitz J.S., Black M.A., McGinn P.J., Klunzinger A.E., Pulling D.B. Observation of superconductivity in PrBa₂Cu₃O_{7.5} // *Phys. Rev. B.*, 1996, Vol. 54, N. 9, pp. 6122-6125.
212. [Абрикосов А.А.](#) Основы теории металлов: Учеб. руководство. -М.: Наука, 1987, с. 431-436.
213. Peng J.L., Klavins P., Shelton R.N., Radousky H.B., Hahn P.A., Bernardez I. Upper critical field and normal-state properties of single-phase Y⁺Pr⁺Ba₂Cu₃O_{7-y} compounds // *Phys. Rev. B.*, 1989, Vol. 40, N. 7, pp. 4517-4526.
214. Tarascon J.M., Barbour P., Mececi P.F. Structural and physical properties of the metal (M) substituted YBa₂Cu_{3-x}M_xO_{7.5} perovskite // *Phys. Rev. B.*, 1988, Vol. 37, N 13, pp. 7458-7469. 215. Freeman A.J., Yu J. Energy band of the high-T_c superconductors // *Helv. Phys. Acta*, 1988, Vol. 61, pp. 401-414. 216. Liithi B. Magnetoacoustics in intermetallic f-electron system // *JMMM*, 1985, Vol. 52, pp. 70-77.
217. Structural phase transitions /Ed. by Miiller K. A. and Thomas H. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1981, 218 pp. 218. Suzuki T., Nohara M., Maeno Y., Fujita T., Tanaka I., Kojima H. Lattice instability in normal state of La_{2-x}Sr_xCuO₄ // *Journal of Superconductivity*, 1994, Vol. 7, N2, pp. 419-421.
219. Sakita S., Suzuki T., Nakamura F., Nohara M., Maeno Y., Fujita T. Elastic softening in single-crystalline La_{2-x}Sr_xCuO₄ around x=1/8 // *Physica B*, 1996, Vols. 219-220, pp. 216-218.
220. Francois M., Junod A., Yvon K., Fisher P., Capponi J.J., Strobel P., Marezio M., Hewat A.W. Structural anomalies and non-linearity of Cu-O chains in YBa₂Cu₃O₇ by high resolution neutron powder diffraction // *Physica C*, 1988, Vols. 153-155, pp. 962-963.
221. Luke G.M, Le L.P, Sternlieb B.J, Uemura Y.J, Brewer J.H. et al. Magnetic order and electronic phase diagrams of electron-doped copper oxide materials // *Phys. Rev. B*, 1990, Vol. 42, N 13, pp. 7981-7988.
222. Jandl S, Strach T, Ruf T, Cardona M, Nekvasil V, Zhigunov D.I, Barilo S.N, Shiryaev S.V. Raman study of crystal-field excitations in Pr_{2-x}Ce_xCuO₄ // *Physica C*, 1999, Vol. 323, pp.

87-92.

223. Lim Z.S, Han K.H, Lee S-I, Jeong Y.H., Salk S.H, Song Y.S, Park Y.W. Thermoelectric power of $\text{Nd}_{1-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ and $\text{Pr}_{1-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ //Phys. Rev. B, 1989, Vol. 40, N 10, pp. 7310-7312.

224. Boothroyd A.T, Doyle S.M, Paul M.K, Osborn R. Crystal field excitations in Nd_2CuO_4 , Pr_2CuO_4 and related n-type superconductors //Phys. Rev. B, 1992, Vol. 45, N 17, pp. 10075-10086.

225. Hargreaves T.E., Noma H, Akimitsu J, Brewer D.F, Hussey N.E, Thomson A.L. Specific heat of the electron-doped superconductor $\text{Pr}_2\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ //Physica C, 1998, Vol. 303, pp. 33-40.

226. Stadlober b, Krug G, Nemetschek R, Hackl R, Cobb J.L, Markett J.T,

227. $\text{Nd}_{1-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ a high-temperature superconductor //Phys. Rev. Lett, 1995, Vol. 74, N24, pp. 4911-4914.

228. Kwei G.H, Cheong S-W, Fisk Z, Garzon F.H, Goldstone J.A, Thompson J.P, Structure and oxygen stoichiometry for the electron-doped cuprate superconductor $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ //Phys. Rev. B, 1989, Vol. 40, N 13, pp. 9370-9373.

229. Schultz A.J, Jorgensen J.D, Peng J.L, Greene R.L. Single-crystal neutron-diffraction structures of reduced and oxygenated $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ //Phys. Rev. B, 1996, Vol. 53, N9, pp. 5157-5159.

230. Matsuda M., Endoh Y., Yamada K., Kojima H., Tanaka I., Birgeneau R.J., Kastner M.A., Shirane G. Magnetic order spin correlations and Superconductivity in single-crystal $\text{Nd}_2\text{Ce}^x\text{CuO}_4$ //Phys. Rev. B., 1992, Vol. 45, N 21, pp. 12548-12555.

231. Henggeler W., Roessli B., Furrer A., Vorderwisch P., Chatterji T. Correlations of the Nd magnetic moments and their influence on the specific heat in $\text{Nd}_2\text{Ce}^x\text{CuO}_4$ //Phys. Rev. Lett., 1998, Vol. 80, N 6, pp. 1300-1303.

232. Endoh Y., Matsuda M., Yamada K., Kakurai K., Hidaka Y., Shirane G., Birgeneau R.J. Two-dimensional spin correlations and successive magnetic phase transitions in Nd_2CuO_4 //Phys. Rev. B., 1989, Vol. 40, N 10, pp. 7023-7026.

233. Henggeler W., Chattopadhyay T., Roessli B., Vorderwisch P., Thalmeier P., Zhigunov D.I., Barilo S.N., Furrer A. Neutron spectroscopy of 4f collective magnetic excitations in $\text{R}_2\text{Ce}^x\text{CuO}_4$ (R=Nd, Pr) //Phys. Rev. B., 1997, Vol. 55, N2, pp. 1269-1279.

234. Sachidanandam R., Yildirim T., Harris A.B., Aharony A., Entin-Wohlman O. Single-ion anisotropy, crystal-field effects, spin reorientation transitions and spin waves in R_2CuO_4 (R=Nd, Pr, and Sm) //Phys. Rev. B., 1997, Vol. 56, N 1, pp. 260-286.

235. Jandl S., Dufour P., Stratch T., Ruf T., Cardona M., Nekvasil V., Chen C., Wanklyn B.M. Raman study of intermultiplet crystal-field excitations in Nd_2CuO_4 //Phys. Rev. B., 1995, Vol. 52, N 21, pp. 15558-15564.

236. Balakrishnan G., Malik S.K., Subramaniam C.K., Paul D.M., Pinol S., Vijayaraghavaran R. Anisotropy in the magnetic properties of single crystal $\text{Nd}_2\text{Ce}^x\text{CuO}_4$ //JMMM, 1992, Vols. 104-107, pp. 469-470.

237. Hien N.T., Duijn V.H.M., Colpa J.H.P., Franse J.J.M., Menovsky A.A. Low-temperature specific heat of $\text{Nd}^x\text{Ce}^y\text{CuO}$ single crystals ($x+y=1$) in applied magnetic fields //Phys. Rev. B., 1998, Vol. 57, N 10, pp. 5906-5917.

238. Testardi L.R. Elastic modulus, thermal expansion and specific heat at a phase transition //Phys. Rev. B., 1975, Vol. 12, N 9, pp. 3849-3854.
239. Sanders S.C., Hyun O.B., Finnemore D.K. Specific-heat jump at T_c for $Nd_{1-x}Ce_xCuO_4$ //Phys. Rev. B., 1990, Vol. 42, N 13, pp. 8035-8038.
240. Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений /под. ред. [Вонсовского](#) С.В.- М.: Мир., 1974, с. 21.
241. [Гусаковская](#) И.Г., Пирумова С.И., Атовмян И.О. Фазовые переходы в 1-2-3-керамике в области температур 95-300 К (обзор) //СФХТ, 1990, Т. 3, N9, с. 1980-1990.
242. [Попов](#) В.П., Моргун В.Н., Воронов А.П. Неустойчивость кристаллической решётки Y-Ba-Cu-O в области температур 5-300 К по данным теплового расширения //СФХТ, 1990, Т. 3, N 1, с. 153-156.
243. [Гусаковская](#) И.Г., Пирумова С.И., Атовмян И.О. Связь фазового перехода при 240 К в керамике $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ с упорядочением кислородных вакансий //СФХТ, 1989, Т. 2, N 7, с. 61-64.
244. [Гусаковская](#) И.Г., Пирумова С.И., Ованесян Н.С. О природе [несверхпроводящего](#) фазового перехода в $YBa_2Cu_3O_7$ //ЖТФ, 1990, Т. 60, N6, с. 155-157.
245. [Берштейн](#) В.А., Гурьянов А.А., Егоров В.М., [Мастеров](#) В.Ф. и др. Особенности поведения Y-Ba-Cu-O керамик в интервале температур 80-300 К//ФТТ, 1989, Т. 31, N 8, с.221-223.
246. Lagreid T., Fossheim K., Sanvold E., Julsrud S. Specific heat anomaly at 220 K connected with superconductivity at 90 K in ceramic $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Nature, 1987, Vol. 330, pp. 637-638.
247. Staines M.P., Tallon J.L., Robinson W.H., Flower N.E. Atmosphere-sensitive 225 K feature in internal friction of $YBa_2Cu_3O_{7.5}$ //Appl. Phys. Lett., 1988, Vol. 53, N 16, pp. 1560-1562.
248. Devos P., De Batist R., Cornelis J., Servaes F. Low temperature torsion pendulum measurements on YBCO superconductors //Journal of Alloys and Compounds, 1994, Vols. 211-212, pp. 276-278.
249. Wang Y., Shen H., Zhu J., Xu Z., Gu M., Niu Z., Zhang Z. Study on the anomalies of $YBa_2Cu_3O_{9-x}$ between 90-260 K by elasticity measurements and X-ray diffraction //J. Phys. C.: Sol. St. Phys., 1987, Vol. 20, pp. L665-L666.
250. Toulouse J., Wang X.M., Hong D.J.L. Ultrasonic evidence for a structural phase transition at 220 K in $YBa_2Cu_3O_{7.5}$ //Phys. Rev. B., 1988, Vol. 38, N 10, pp. 7077-7079.
251. Cannelli G., Cantelli R., Cordero F., Costa G.A., Ferretti M., Olcese G.L., Anelastic relaxation in the high- T_c superconductor $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Phys. Rev. B., 1987, Vol. 36, N 16, pp. 8907-8908.
252. Xu M.-F., Bein D., Hong Y., Sarma B.K., Levy M. Ultrasonic attenuation in sinter-forged high- T_c superconductor $YBa_2Cu_3O_{7.5}$ //J. Less. Commun. Met., 1989, Vol. 149, pp. 447-450.
253. Chen X., Wang Y., Shen H. Elastic behavior related to the superconductivity in $YBa_2Cu_3O_x$ //Phys. Stat. Sol. (a), 1989, Vol. 113, pp. K85-K88.
254. Calemczuk R., Bonjour E., Henry J.Y., Forro L., Ayache C., Jurgens M.J.M. Evidence of a first order phase transition in $YBa_2Cu_3O_{6.9}$ at 230 K //Physica C, 1988, Vols. 153-155, pp. 960-961.
255. Ming-Sheng Z., Chen Q., Sun D., Ji R.-F., Qin Z., Yu Z. Raman spectroscopy study of an apparent phase transition at 234 K in the

- high-Tc superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{xVx07.y}$ //Sol. St. Commun., 1988, Vol. 65, N 6, pp. 487-490.
256. Ledbetter H.M., Kim S.A., Hysteretic phase transitions in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ superconductors//Phys. Rev.B., 1988, Vol. 38, N 16, pp. 11857-11860.
257. Ewert S., Guo S., Lemmens P., Stellmach F., Arlt G., Passing H. Ultrasonic investigations on superconducting $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.5}$ samples of different microstructure//Sol. St. Commun., 1987, Vol. 64, N 8, pp. 1153-1156.
258. Muller v., De Groot K., Maurer D., Roth Ch., Rieder K.H., Eickenbush E. Sound velocity and ultrasound absorption in high-Tc superconductors //Яр. J. Appl. Phys., 1987, Vol. 26, Suppl. 26-3, pp. 2139-2140.
259. [Кобелев](#) Л.Я., Нугаева Л.Л., Гарин Ю.Ф., Лобанов Ю.А., [Злоказов](#) В.Б. Аномалии температурной зависимости скорости звука в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ // ФТТ, 1988, Т. 3, N 4, с. 1226-1231.
260. Mueller F.M., Chen S.P., Prueitt M.L., Smith J.F., Wohleben D. Coherent twin boundaries in high-Tc superconducting oxides //Phys. Rev. B., 1988, Vol. 37, N 10, pp. 5837-5840.
261. Bhargava R.N., Herko S.P., Osborne W.N. Improved High-Tc superconductors // Phys. Rev. Lett., 1987, Vol. 59, N 13, pp. 1468-1471.
262. Jorstandt H.D., Galfy M., Freimuth A., Wohleben D. Unstable high-temperature superconductivity and martensitic effects in YBaCuO //Sol. St. Commun., 1989, Vol. 69, N 9, pp. 911-913.
263. [Лихачев](#) В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы.- Л.: [ЛГУ](#), 1987, 216 с.
264. Mamsurova L.G., Pigalsky K.S., Sakun V.P., Scherbakova L.G., Graboy I.E., Kaul A.R. Temperature hysteresis of the elastic modulus and low-temperature local phase transformations of the order-disorder type in the superconductor
265. $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ //Phys. Lett. A., 1988, Vol. 131, N 9, pp. L538-L540.
266. Мамсурова Л.Г., [Пигальский](#) К.С., Сакун В.П., Трусевич Н.Г., [Щербаклова](#) Л.Г., Захаров Н.Д. Низкотемпературные фазовые локальные переходы в сверхпроводниках $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ //1-е Всесоюзное совещание по [ВТСП](#), Харьков, Тезисы докладов, 1989, Т. 3, с. 160-161.
267. Huang C.Y., Rabinowitz M. Some new aspects of super-high temperature superconductors // Modern Phys. Lett., 1990, Vol. 4, N 9, pp. 567-584.
268. Erbil A., Wright A.C., Boyd E.P. Evidence for possible stable superconductivity at 500 K //Phys. Rev. B., 1988, Vol. 37, N 1, pp. 555-558.
269. Riley J.F., Sampath W.S., Lee K.Y., Mate N., Blake N. Meissner effect up to 300 K in microscopic regions of Y-Ba-Cu-O //Phys. Rev. B., 1988, Vol. 37, N 1, pp. 559-561.
270. Munger R., Smith H.J.T. Investigation of partial superconductivity in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ at 300 K//Phys. Rev. B., 1990, Vol. 42, N 7, pp. 4158-4162.
271. Chen J.T., Wenger L.E., McEven C.J., Logothetis E.M. Observation of the reverse ac Josephson effect in Y-Ba-Cu-O at 240 K // Phys. Rev. Lett., 1987, Vol. 58, N 19, pp. 1972-1975.
272. Tholence J.L., Puech L., Sulpice A., Capponi J.J., Souletie B., Chaillout C., Prejean J.J. Resistive and magnetic anomalies in high Tc cuprates //Physica C., 1994, Vol. 235-240, pp. 1545-1546.
273. Gridnev S.A. The investigation of low-frequency acoustic

properties of ferroelectrics and ferroelastics by torsion pendulum technique //Ferroelectrics, 1990, Vol. 112, pp. 107-127.

274. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н., Дыбова О.В. Влияние [двойниковой](#) структуры на температурный гистерезис модуля сдвига в керамике $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //СФХТ, 1990, Т. 3, N 7, с. 1449-1453.

275. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н., Дыбова О.В. Перестройка двойниковой структуры в окрестности 240 К в сверхпроводящей керамике $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //26-е Всесоюзное совещание по физике низких температур, Тезисы докладов, Донецк, 1990, Т. 1, с. 149-150.

276. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н., Дыбова О.В. Фазовый переход в перовскитоподобной керамике $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Конференция по реальной структуре и свойствам [ацентричных](#) кристаллов, Тезисы докладов, Александров, 1990, с. 126-127.

277. [Гриднев](#) С.А., Иванов О.Н., Дыбова О.В. Фазовый переход в перовскитоподобной керамике $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Труды конференции по реальной структуре и свойствам ацентричных [кристаллов](#), Благовещенск, 1990, с. 209-216.

278. [Иванов](#) О.Н., Дыбова О.В. Невоспроизводимая сверхпроводимость в керамике $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ //Конференция по физике низких температур, Тезисы докладов, Казань, 1992, с. 92.

279. Ivanov O.N. Superhigh- T_c superconductivity in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ with mobile ferroelastic boundaries //Abstracts of the Sixth International Seminar on Ferroelastic Physics, Voronezh, 1994, p. 73.

280. Ivanov O.N. Oxygen nonstoichiometry and structural instabilities in superconducting $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ ceramics//Abstracts of the Sixth International Seminar on Ferroelastic Physics, Voronezh, 1994, p. 74.

281. Ivanov O.N. Superconductive-like diamagnetic anomaly at 240 K in $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ with mobile twin structure //Ferroelectrics, 1996, Vol. 175, pp. 103-105.

282. Ivanov O.N., Fossheim K., Balankina E., Gjølmesli S., Nyhus J. Shear elastic properties of the $Y_xPr_xBa_2Cu_3O_{7-x}$ system: correlation between T_c and structural instability //Phase Transitions, 1999, pp. 1-13.

283. Ivanov O.N., Suzuki T., Kikugawa N., Yamane K., Ito M., Fujita T., Tamaki A. Crystal electric field effect on elasticity of $Nd_{1-x}Ce_xCuO_4$ single crystal //Abstracts of International Conference on Magnetism, Recife, 2000, p. 344.

284. Ivanov O.N., Suzuki T., Kikugawa N., Yamane K., Ito M., Fujita T. Elastic anomaly in $Nd_{1-x}Ce_xCuO_4$ single crystal //Meeting Abstracts of the Physical Society of Japan, Osaka, 2000, Vol. 55, Pt. 3, p. 437.

285. Ivanov O.N., Suzuki T., Kikugawa N., Yamane K., Ito M., Fujita T., Tamaki A. Crystal electric field effect on elasticity of $Nd_{1-x}Ce_xCuO_4$ single crystal //JMMM, 2001, Vols. 226-230, pp. 976-977.

286. Окадзаки К. Технология керамических [диэлектриков](#). М.: Энергия, 1976, 336 с.

287. Чигарева О.Г., Шатова В.И., Микиртичева Г.А., Грабовенко Л.Ю., Кучаева С.К., Романов Д.П., [Гребенщиков](#) Р.Г. Последовательность фазообразования при твердофазном синтезе соединений в системе $Y_2O_3-BaCO_3-CuO$ //ЖПХ, 1989, Т. 10, с. 2241-2245.

288. Вейнберг Ф. Приборы и методы физического

- металловедения.- М.: Мир, 1973, с. 300-306.
289. [Павлов](#) Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. М.: Высшая школа, 1987, 239 с.
290. Нашельский А .Я. Технология полупроводниковых материалов. М.: Metallurgia, 1987, с. 88-104.
291. Tanaka I, Watanabe T, Komai N, Kojima H. Growth and superconductivity of Nd₂xСexCuO₄ single crystals //Physica C, 1991, Vols. 185-189, pp. 437-438.
292. Tanaka I, Komai N, Kojima H. Phase equilibria in the Nd-Ce-Cu-0 system//Physica C, 1991, Vol. 190, pp. 112-113.
293. Кордашев А.П, [Шестопапов](#) Е.В. Основы физического эксперимента и математическая обработка результатов измерений. М.: [Атомиздат](#), 1977, с. 123-179.
294. Работнов Ю.Н, Дарков А.В, [Федосеев](#) В.И. Растяжение и кручение. М.: высшая школа, 1977, с. 104-108.
295. [Жеребцов](#) И.П. Электрические и магнитные цепи. Л.: Энергоатомиздат, 1987, с. 112.
296. [Спектор](#) С.А. Электрические измерения физических величин. Л.: Энергоатомиздат, 1987, с. 156.
297. Leisure R.G, Moss R.W. A continuous wave technique for the automatic measurement of ultrasonic velocity changes //Rev. Sci. Inst, 1969, Vol. 40,2711. N 7, pp. 946-949.
298. Fujita T., Nohara M., Suzuki T., Maeno Y., Tanaka I., Kojima H. Unusual lattice hardening below T_c in La₂xSrxCuO₄ //Proc. of the ISS'94, Kitakyushu, Springer-Verlag Tokyo, 1995, pp. 219-224.

Обратите внимание, представленные выше научные тексты размещены для ознакомления и получены посредством распознавания оригинальных текстов диссертаций (OCR). В связи с чем, в них могут содержаться ошибки, связанные с несовершенством алгоритмов распознавания.

[В PDF файлах диссертаций и авторефератов, которые мы доставляем, подобных ошибок нет.](#)

Автореферат
200 руб.

В корзину

Артикул:
134163

Диссертация
500 руб.

В корзину

Диссертации по теме «Физика конденсированного состояния»

Диссертация