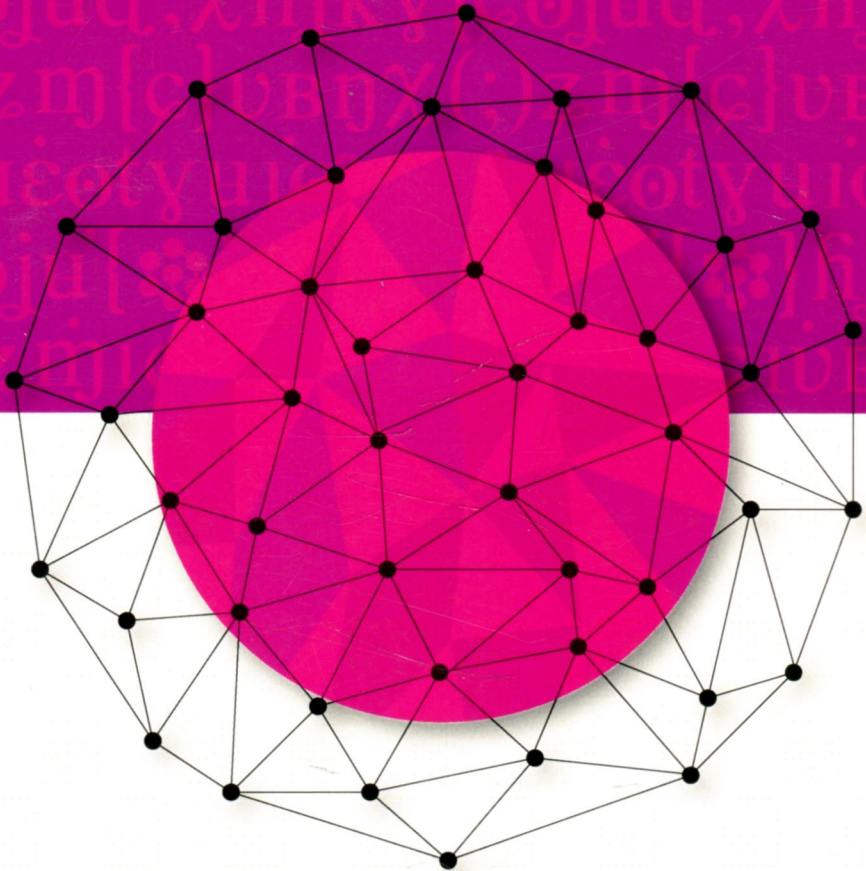




СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBIRIAN FEDERAL UNIVERSITY



А. В. Ушаков, И. В. Карпов,
А. А. Лепешев

ВАКУУМНО-ДУГОВОЙ СИНТЕЗ
ГРАНУЛЯРНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
СВЕРХПРОВОДНИКОВ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральный исследовательский центр
«Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН»
Сибирский федеральный университет

А. В. Ушаков, И. В. Карпов, А. А. Лепешев

Вакуумно-дуговой синтез гранулярных высокотемпературных сверхпроводников

Монография

Красноярск
СФУ
2020

УДК 538.945.91:54.057
ББК 22.37+31.232.07
У932

Рецензенты:

А. И. Лямкин, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика» Сибирского федерального университета;

С. М. Жарков, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики им. Л. В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН

Ушаков, А. В.

У932 Вакуумно-дуговой синтез гранулярных высокотемпературных сверхпроводников : монография / А. В. Ушаков, И. В. Карпов, А. А. Лепешев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. – 212 с.
ISBN 978-5-7638-4379-8

Представлены результаты научно-исследовательской работы в области получения, изучения и применения высокотемпературных проводников. Исследовано влияние наноразмерных включений CuO и ZrO_2 на магнитные и транспортные свойства сверхпроводящих поликристаллов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Синтезированы образцы $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ с различным содержанием наночастиц CuO и ZrO_2 . В процессе измерения намагниченности в диапазоне полей до 5 Тл и пересчета по модели Бина показано, что значение J_c в случае композитных образцов больше исходного во всем диапазоне магнитного поля. Приведены результаты экспериментальных исследований коммутационного сверхпроводникового ограничителя тока короткого замыкания в сетях переменного напряжения, основанного на высокотемпературных сверхпроводниках 2-го поколения.

Предназначена для научных работников и инженеров, специализирующихся в области порошковой металлургии и композиционных материалов, физики конденсированного состояния, получения высокотемпературных сверхпроводников. Может быть рекомендована для магистрантов и аспирантов физических и физико-технических специальностей.

Исследование проведено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-19-10054-П)

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 538.945.91:54.057
ББК 22.37+31.232.07

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Высокотемпературные сверхпроводники.	
Общие сведения	10
1.1. Основные методы получения ВТСП.....	11
1.2. Классификация высокотемпературных сверхпроводящих джозефсоновских переходов.....	29
1.2.1. Исследование интеркристаллитных границ в ВТСП.....	30
1.2.2. Сверхпроводящие композиты на основе BSCCO.....	38
1.2.3. Система Y(RE)BCO, получаемая из расплава	46
1.3. Методы исследования микроструктуры и структурно-чувствительных свойств ВТСП	57
1.3.1. Дефектные структуры в ВТСП	57
1.3.2. Перколяция тока и пиннинг магнитного потока в ВТСП.....	65
Заключение к главе 1	83
Глава 2. Теоретические представления о катодных процессах вакуумного дугового разряда	86
2.1. Основные типы технологических плазменных устройств.....	88
2.2. Кинетика и механизмы конденсации наночастиц из пароплазменного потока.....	92
2.3. Особенности формирования структуры нанокристаллических металлических частиц.....	94
Заключение к главе 2	96
Глава 3. Синтез нанодисперсных порошков оксидов металлов в плазме дугового разряда низкого давления для допирования сверхпроводящих материалов.....	98
3.1. Плазмохимический реактор для синтеза наноразмерных материалов	99
3.2. Получение нанодисперсных порошков ZrO ₂ в плазме дугового разряда низкого давления.....	106

3.3. Получение нанодispersных порошков CuO в плазме дугового разряда низкого давления.....	111
Заключение к главе 3	117
Глава 4. Получение и исследование сверхпроводящей керамики, допированной нанодispersными порошками оксидов металлов	119
4.1. Разработка метода допирования ВТСП-керамики нанодispersными порошками в плазме дугового разряда низкого давления.....	121
4.1.1. Устройство для получения сверхпроводящей керамики на основе нанопорошков оксидов металлов в плазме дугового разряда низкого давления.....	121
4.1.2. Процессы модификации ВТСП-керамики в плазме дугового разряда низкого давления	126
4.1.3. Метод вакуумно-дугового синтеза гранулярных композитов на примере $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}/\text{CuO}$	129
4.1.4. Оценка состояния межфазных границ ВТСП с легирующими добавками CuO	137
4.2. Экспериментальные образцы модифицированной ВТСП-керамики на основе YBCO и небольших добавок несверхпроводящего компонента ZrO_2	143
4.2.1. Микроструктурные особенности и фазовый состав композитов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}/\text{нано-ZrO}_2$	143
4.2.2. Пиннинг магнитного потока и транспортные характеристики в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}/\text{нано-ZrO}_2$ гранулярных композитах	149
4.3. Экспериментальные образцы модифицированной ВТСП-керамики на основе YBCO и небольших добавок несверхпроводящего компонента CuO	152
4.3.1. Микроструктурные особенности и фазовый состав композитов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}/\text{CuO}$	152
4.3.2. Пиннинг магнитного потока и транспортные характеристики в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}/\text{CuO}$ гранулярных композитах	163
4.4. Релаксация магнитного момента в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}/\text{CuO}$ и $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}/\text{ZrO}_2$ гранулярных композитах	167
Заключение к главе 4	174
Глава 5. Создание резистивного ограничителя тока на основе синтезированных нанокomпозиционных материалов ВТСП	176
5.1. Измерительный стенд и методика эксперимента	177

5.2. Нанокomпозиционный материал $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta} + ZrO_2$ в качестве активного элемента резистивного ограничителя тока.....	179
5.3. Нанокomпозиционный материал $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta} + CuO$ в качестве активного элемента резистивного ограничителя тока.....	182
Заключение к главе 5	187
Заключение.....	188
Использованные аббревиатуры	191
Библиография	194