

ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ  
АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

---

На правах рукопису  
УДК 537

ВАСИЛЕНКО-ШЕРЕМЕТ'ЄВ Михайло Григорович

НЕСТЕХІОМЕТРІЯ І УПОРЯДКУВАННЯ КИСНІ  
В ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОМУ НАДПРОВІДНИКУ  $YBa_2Cu_3O_y$

Спеціальність 01.04.07 - фізика твердого тіла

Автореферат  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Київ-1993



АВ 30.667

Робота виконана в Інституті металофізики АН України.

Наукові керівники - доктор фізико-математичних наук  
В.М.Пан, кандидат фізико-математичних наук В.С.Фліс.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук  
А.І.Устинов (Київ), доктор фізико-математичних наук  
І.М.Зарицький (Київ).

Ведуча організація - Інститут фізики АН України (Київ).

Захист дисертації відбудеться " 3 " листопада 1994 р.  
на засіданні спеціалізованої ради К 016.37.01. в Інституті  
металофізики АН України за адресою: 252680, ГСП, Київ-142,  
пр.Вернадського, 36.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інституту  
металофізики АН України.

Відгуки в двох екземплярах, завірені печаткою, просимо  
направляти за адресою інституту.

Автореферат розісланий " \_ " \_\_\_\_\_ 1994 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради К 016.37.01  
кандидат фізико-математичних наук

О.П. Федоров

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Відкриття високотемпературної надпровідності, крім видатного фундаментального результату, повинно привести до якісних змін в техніці та промисловості (кріогенна мікроелектроніка, накопичення енергії в малих об'ємах, надпровідні лінії електропередач, електротранспорт). Найбільшу увагу з усього класу високотемпературних надпровідників привертає сполука  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (фаза I-2-3), яка має ряд переваг при наукових дослідженнях та технічному використанні: температура надпровідного переходу знаходиться вище точки кипіння рідкого азоту; порівняно легко синтезуються одnofазні зразки; менша анізотропія властивостей, що може бути важливо при технічному використанні; в широкому діапазоні зворотним чином можна змінювати фізичні властивості: відносно проста кристалічна ґратка полегшує інтерпретацію наукових результатів.

Проблеми пов'язані із станом кисню в сполуці  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  є найбільш важливими. Зона провідності в  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  створена гібридизованими d-станами міді та p-станами кисню. Тому транспортні властивості електронної підсистеми 1, зокрема, надпровідні властивості визначаються мідь-кисневими комплексами. Кисень розміщений в базисній ab площині кристалічної ґратки слабо зв'язаний і має високу рухливість. Змінюючи вміст кисню в сполуці  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ , можна регулювати концентрацію електронів провідності. Так при зменшенні кисневого індексу у від 7 до 6 сполука плавно змінює свої властивості від високотемпературного надпровідника до антиферромагнітного діелектрика.

Метою роботи є вивчення впливу упорядкованості кисню в базисній ab площині на структуру кристалічної ґратки і фізичні властивості надпровідника  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Синтез сполуки  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+x}$  ( $x > 0$ ) з вмістом структурного кисню понад стехіометричної величини  $y > 7$  та дослідження стабільності одержаної фази. Вивчення впливу надлишкового структурного кисню на надпровідні та нормальні властивості фази I-2-3.

Наукова новизна. Згідно поставленої мети роботи в

дисертації вперше показана можливість одержання методом термічної обробки стехіометричної фази  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $\delta \leq 0,1$ ) з різним ступенем упорядкованості кисню в базисній  $ab$  площині кристалічної ґратки. Виявлено, що термічно активоване розупорядкування кисню не впливає на величину параметрів кристалічної ґратки  $a$ ,  $b$  і  $c$ , але призводить до уширення резистивного надпровідного переходу і незначного зменшення кількості надпровідної фази.

Вперше в контейнері з оксиду цирконію в умовах квазігідростатичного тиску та високих температур синтезована рентгеноодноразна надлишкова по кисню сполука  $YBa_2Cu_3O_{7+x}$  ( $0,2 < x < 0,6$ ). Вивчений процес десорбції кисню в одержаних матеріалах і виявлена його якісна відмінність від десорбції кисню в  $YBa_2Cu_3O_7$ . Методом порошкової рентгенівської дифракції виявлена зміна симетрії кристалічної ґратки при входженні в неї надлишкового кисню. Показано, що надлишок структурного кисню пригнічує надпровідність в системі I-2-3 і призводить до локалізації електронів провідності.

Узагальнення і аналіз результатів дозволили сформулювати положення, що виносяться на захист:

1. Термічно активована зміна відносного заселення кисневих позицій в базисній  $ab$  площині сполуки  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  не впливає на величину орторомбічної дисторсії кристалічної ґратки.

2. Технікою високого тиску синтезована надлишкова по кисню сполука  $YBa_2Cu_3O_{7+x}$ . Надлишковий структурний кисень призводить до локалізації електронної підсистеми і пригнічує надпровідність в сполуці  $YBa_2Cu_3O_y$ .

Наукова та практична цінність. Одержані в роботі результати вносять вклад в розуміння проблеми підвищення температури надпровідного переходу високотемпературних надпровідників, стабілізації рухливого кисню в сполуці  $YBa_2Cu_3O_y$ , впливу хаотичності просторового розподілу кисню на властивості надпровідника  $YBa_2Cu_3O_y$ .

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на I-й та 2-й Всесоюзних конференціях по високотемпературній надпровідності (Харків

1988 р., Київ 1989 р.), 14-й Міжнародній конференції по криогенним матеріалам (ICMG) (Київ 1992 р.).

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і списку літератури (155 найменувань). Дисертація викладена на 121 сторінці, має 31 рисунок і 3 таблиці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі викладено обґрунтування теми, обговорюється її актуальність, сформульована мета, наукова новизна і практична цінність роботи, коротко викладений зміст дисертації по розділам і положення, що виносяться на захист.

Перший розділ присвячений огляду літератури по надпровідній системі  $YBa_2Cu_3O_y$ . В ньому описана фазова діаграма системи Y-Ba-Cu-O, що дає обґрунтування технології синтезу однофазних керамічних зразків  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Детально обговорюється будова кристалічної ґратки фази 1-2-3 в зв'язку з концентрацією кисню в системі. Викладені методи визначення вмісту кисню та механізми його дифузії в системі 1-2-3. Розглядається зонна структура та вплив на неї концентрації кисню. Описані також магнітні та електротранспортні властивості сполуки  $YBa_2Cu_3O_y$ .

В другому розділі викладена технологія твердофазного синтезу керамічних зразків  $YBa_2Cu_3O_7$  для досліджень. В цьому розділі також описана методика вимірювання температурних залежностей електричного опору при низьких температурах чотирьохзондовим методом на постійному струмі та методика вимірювання магнітної сприйнятливості методом Фарадея при низьких температурах.

В третьому розділі описані результати досліджень по впливу розупорядкування кисню в базисній площині на структурні та фізичні властивості надпровідника  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

Як відомо, характерною особливістю стехіометричної кристалічної структури  $YBa_2Cu_3O_7$  є мідь-кисневі ланцюги в базисній ab площині, які формує кисень, заповнюючи позиції O4 (0, 1/2, 0) і залишаючи вакантними позиції O6 (1/2, 0, 0). При

підвищенні температури кисень частково видаляється з кристалічної ґратки і фаза 1-2-3 стає киснево-дефіцитною. При цьому заселення позиції (1/2,0,0) стає відмінним від нуля, монотонно зростаючи до величини  $n(O5)=0,22$ , при якій відбувається орто-тетра перехід. В точці переходу заселеність базисних кисневих позицій зрівнюється. Тому вважається, що відносно заселення позицій O4 і O5 визначає точку орто-тетра переходу та величину орторомбічної дисторсії  $\Delta=a-b$  кристалічної ґратки.

В той же час значна рухомість кисню в сполучі  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  дає можливість створювати нерівноважний при даній температурі просторовий розподіл кисню в базисній площині. Такий хаотизований розподіл створювався за допомогою низькотемпературних відпалів ( $200^\circ-400^\circ C$ ) стехіометричних зразків з наступною закалкою, або насиченням киснем киснево-дефіцитних тетрагональних зразків при тих же температурах протязі часу, достатнього для досягнення рівноважної концентрації кисню, але недостатнього для утворення мідь-кисневих ланцюгів за рахунок електростатичної взаємодії атомів O-O та O-Cu-O.

Для кількісної оцінки заповнення позицій O4 та O5 був введений параметр порядку  $\eta$ :

$$\eta = \frac{n(O4) - n(O5)}{n(O4) + n(O5)}$$

Ступінь упорядкування кисню або параметр порядку  $\eta$  визначався методом рентгенівської дифракції. Для аналізу вибираються малокутові рефлекси з векторами оберненої ґратки близькими до нуля, бо чутливість рефлексів до розподілу кисню в базисній площині пропорційна  $\sin(\theta/\lambda)$ . Можна показати, що для рефлексів  $(k'k'l)$  і  $(k'kl)$ , коли один з індексів  $k$  і  $k'$  парний, а інший непарний, структурна амплітуда має вигляд:

$$F'_{k'k'l} = f_o [n(O4) - n(O5)]$$

$$F'_{k'kl} = -f_o [n(O4) - n(O5)]$$

Оптимальна пара є (012)-(102), оскільки ці піки достатню інтенсивність, не перекриваються з іншими рефлексами і вклад кисню в їх інтенсивність досить великий (16,5%)  $\gamma = [I(102)/I(012)]_{\max} = 2$ . Співвідношення між  $\eta$ ,  $\gamma$  і  $\delta$  для пари

(102)-(012) має вигляд:

$$\eta = \frac{3,1+1,25\delta}{1-\delta} \cdot \frac{\Gamma-K_1}{\Gamma+K_1}$$

де  $K_1$  - відношення поляризаційних факторів. Це співвідношення можна використовувати в інтервалі концентрацій кисню  $0 \leq \delta \leq 0,35$ . При  $\delta > 0,35$  парний рефлекс (012)-(102) стає нерозщепленим.

Дифрактометричні дані приведені в таблиці I показують, що термоактивоване розупорядкування кисню (параметр порядку  $\eta$ ) в стехіометричних зразках не впливає на величину орторомбічної дисторсії кристалічної ґратки  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Невеликі відмінності параметрів  $a$ ,  $b$  і  $c$

Таблиця I.

$\eta$	$a, \text{\AA}$	$b, \text{\AA}$	$c, \text{\AA}$	$\Delta=a-b, \text{\AA}$
0,9	3,812	3,877	11,678	0,065
0,75	3,813	3,874	11,678	0,061
0,65	3,817	3,880	11,679	0,063
0,3	3,818	3,900	11,678	0,072
0,0	3,820	3,883	11,675	0,063

для різних зразків пов'язані з незначною різницею кисневих індексів  $\delta$ . Аналогічні дані отримані для киснево-дефіцитних зразків. На основі цього зроблено висновок, що орто-тетра перехід відбувається внаслідок зміни концентрації кисню. А впорядкування кисню в мідь-кисневі ланцюги настає внаслідок енергетичної нееквівалентності позицій O4 і O6 в орторомбічній фазі і є вторинним ефектом.

Вимірювання температурних залежностей електричного опору і магнітної сприйнятливості показало уширення надпровідного переходу до 10-12K і зменшення ефекту Мейсснера на 10% при повному розупорядкуванні кисню. Це пов'язано з тим, що при розупорядкуванні кисню координаційне число міді Cu(I) в базисній  $ab$  площині змінюється і утворюються мікроскопічні області збіднені і перенасичені киснем, які мають знижений надпровідний параметр порядку  $|\psi|$ .

В четвертому розділі описаний синтез та результати дослідження збагаченої структурним киснем сполуки  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ .

Збільшення концентрації кисню в  $YBa_2Cu_3O_7$ , згідно теорії Фермі-рідини, призводить до збільшення концентрації дірок в провідному шарі  $Cu(2)O$ , що, в свою чергу, викликає посилення металічних властивостей, як наприклад в  $La_{1-x}Sr_xCuO_4$  при легуванні стронцієм. Збільшення концентрації кисню понад стехіометричне значення  $y=7$  в фазі I-2-3 досягають двома способами: частковим заміщенням катіонів на елементи з більш високою валентністю (Ba на La, Nd, Sm, Eu, або Cu на Fe, Co) і без зміни катіонної стехіометрії, змінюючи співвідношення  $Cu^{2+}/Cu^{3+}$  ( $O^{1+}/O^{2+}$ ). Був обраний другий шлях, як такий, що дозволяє простежити зміну властивостей фази I-2-3 тільки від концентрації кисню без змін в катіонній підсистемі.

Фазу  $YBa_2Cu_3O_{7+x}$  одержували з стехіометричних зразків  $YBa_2Cu_3O_7$  під квазігідростатичним тиском 20-50 кбар в контейнері з оксиду цирконію при температурі 1100-1500°C. Зразки синтезовані при температурі  $T_s < 1400^\circ C$  були рентгеноодноразними. Це підтверджують результати аналізу рентгенівському мікрозонді CamScan-4D, які виявили в зразках незначну кількість окислу міді. Відсутність домішок цирконію та вуглецю з контейнера та графітового нагрівача перевірялась методом вторинної іонної мас-спектрометрії (SIMS). Кількість кисню в зразках встановлювалась за допомогою Хіміко-аналітичних методів, що включали в себе зокрема зворотне титрування водним розчином трилону-Б з аміачним буфером та еріохромом чорним-Т в якості індикатора. Результати аналізу одержували усередненням по 20 пробам. Зокрема, при режимі синтезу  $P=50$  кбар,  $T=1300^\circ C$ ,  $t=0,5$  год. вміст кисню в зразках становив 7,4-7,45 формульних одиниць.

Характерною особливістю фази з надлишковим структурним киснем є знижений параметр кристалічної ґратки  $c$ , який лінійно спадає при підвищенні температури синтезу  $T_s$ . Слід відзначити, що екстраполяція співвідношення між  $c$  та  $\delta$  ( $\delta=7,183c-83,275$ ) в надстехіометричну область  $\delta < 0$  з точністю  $\Delta\delta=0,05$  співпадає з хіміко-аналітичними даними. Таким чином, лінійна залежність  $\delta=f(c)$  справедлива також для області  $y > 7$ .

Фаза  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  має тетрагональну симетрію кристалічної

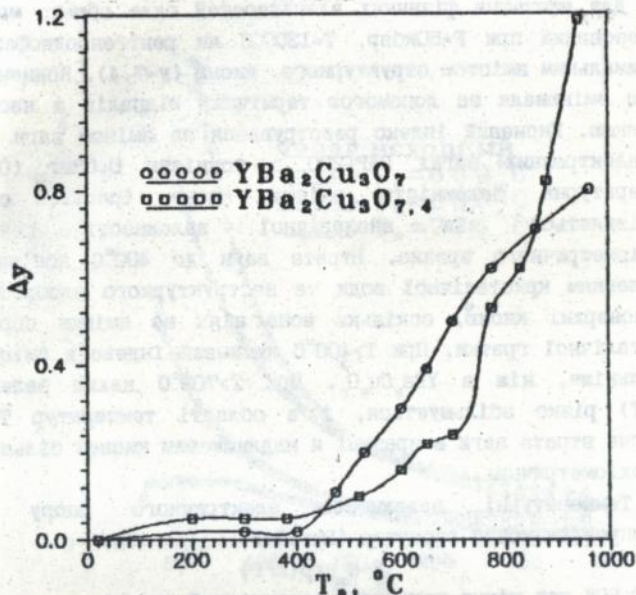


Рис.1. Зміна кисневого індексу зразків  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  при відпалах в повітряній атмосфері.

гратки, або слабо орторомбічну з  $\Delta=b-a \approx 0,01\text{Å}$  для зразків синтезованих при  $T_s < 1300^\circ\text{C}$ .

Питання про джерело кисню під час синтезу фази  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  остаточно не вирішене. Оскільки при прикладенні тиску камера високого тиску стає герметичною, джерелом кисню може бути повітря в порах контейнеру, або сам оксид цирконію, який при високих температурах є іонним провідником. Кристалографічно дозволені позиції для надлишкового кисню розташовані між атомами міді  $\text{Cu}(1)-\text{Cu}(1)$  (позиції 05) та  $\text{Cu}(2)-\text{Cu}(2)$ . Однак, відстань  $\text{Cu}(2)-\text{Cu}(2)=3,35\text{Å}$  при розміщенні іону  $\text{O}^{2-}$  з радіусом 1,4Å по другому варіанту повинна збільшитись, збільшуючи параметр  $c$ . Цього не спостерігається, що однозначно свідчить про розташування надлишкового кисню в

позиціях 05.

Для вивчення фізичних властивостей було обрано матеріал синтезований при  $P=50\text{кбар}$ ,  $T=1300^\circ\text{C}$  як рентгеноодноразний з максимальним вмістом структурного кисню ( $y=7,4$ ). Концентрацію кисню змінювали за допомогою термічних відпалів з наступною закалкою. Кисневий індекс рееструвався за зміною ваги зразка на електронних вагах ВЛР-200 з точністю  $0,05\text{мг}$  ( $0,01\%$ ). Температурна залежність вмісту кисню (рис.1) суттєво відрізняється від аналогічної залежності початково стехіометричного зразка. Втрата ваги до  $400^\circ\text{C}$  пов'язана з видаленням кристалічної води та неструктурного адсорбованого на поверхні кисню, оскільки вона ніяк не змінює параметри кристалічної ґратки. При  $T>400^\circ\text{C}$  кисневий індекс  $x$  змінюється повільніше, ніж в  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . При  $T>700^\circ\text{C}$  нахил залежності  $x=f(T)$  різко збільшується, і в області температур  $T>800^\circ\text{C}$  сумарна втрата ваги в зразках з надлишковим киснем більша, ніж в стехіометричних.

Температурні залежності електричного опору мають напівпровідниковий характер (Рис.2):

$$R=R_0 \exp(\Delta/T)$$

При  $T \leq 60\text{К}$  має місце неповний надпровідний перехід, який зникає при видаленні структурного кисню. Об'єм надпровідної фази, який визначався з діамантної частини магнітної сприйнятливості нижче температури надпровідного переходу, складав для зразка  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7,4}$  приблизно 20% біля точки кипіння гелію. Парамагнітна частина мінтної сприйнятливості вище  $T_c$  описується законом Кюрі- Вейсса:

$$\chi = \chi_0 + \frac{C}{T + \theta}$$

Коли замість закалки після відпалу зразок повільно охолоджувати на повітрі до кімнатної температури, його властивості суттєво змінюються. Підвищення температури відпалу призводить до зростання об'єму надпровідної фази та підвищення  $T_c$  (Рис.3). Така різниця властивостей при зміні режиму відпалу свідчить про необоротність процесу десорбції кисню в  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7,x}$ , тобто про нерівноважність стану з кисневим індексом  $y > 7$ .

Специфічною особливістю фази 1-2-3 з вмістом кисню понад

стехіометричну величину є те, що при видаленні кисню шляхом

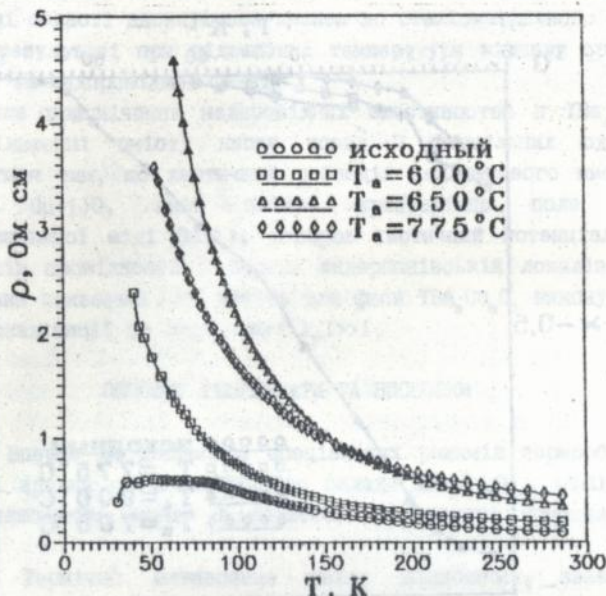


Рис.2. Температурна залежність питомого електричного опору зразків  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ .

відпалів з наступною закалкою надпровідність не відновлюється навіть при досягненні кисневого індексу семи формульних одиниць, а також монотонна зміна при цьому нормальних властивостей за виключенням концентраційної залежності енергії активації  $\Delta=f(x)$ , яка має максимум.

Входження додаткових атомів кисню в кристалографічну площину  $\text{Cu}(1)\text{O}$  підвищує координацію міді  $\text{Cu}(I)$ , тобто в площині  $\text{Cu}(1)\text{O}$  утворюються області, які складаються з мідь-кисневих октаєдрів. Місцем їх локалізації можуть бути границі мікродвійників, як це відбувається при частковому заміщенні міді на залізо, яке викликає мікродвійникування в структурі I-2-3. Підтверджує це також слабка ромбічність зразків з кисневим індексом  $y=7,2$ . Розрахунки показують, що навіть при

невеликому перевищенні стехіометрії ( $y \approx 7,2$ ) період

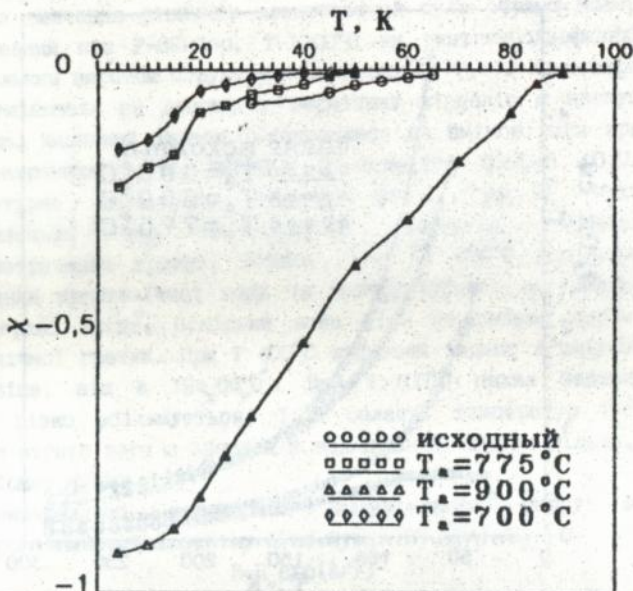


Рис.3. Діамагнітний відгук зразків  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  до 1 після відпалів з наступним повільним охолодженням.

двійникування стає меншим 100 ангстрем і на дифрактограмах симетрія кристалічної ґратки ідентифікується як тетрагональна. Інтенсивна десорбція кисню при температурах вище  $700^\circ\text{C}$  пов'язана з руйнуванням мідь-кисневих октаедрів, які є більш стійкими в порівнянні з 4-координованими мідь-кисневими квадратами, що руйнуються при  $T > 400^\circ\text{C}$ .

З аналізу даних вимірювання електричного опору і магнітної сприйнятливості було зроблено висновок, що мікроскопічні області з октаедричною координацією не мають надпровідних властивостей. Тому при видаленні кисню з фази  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  шляхом відпалів, коли кисневий індекс зменшується, зразок складається з киснево-дефіцитних та киснево-збагачених областей і не є надпровідним. Проте, коли після відпалу при

$T > 700^\circ\text{C}$  закалку замінити повільним охолодженням, киснево-дефіцитні області насичуються киснем до стехіометричного стану  $y=7$ . В результаті при підвищенні температури відпалу зростає  $T_c$  та об'єм надпровідної фази.

Різке пригнічення надпровідних властивостей в  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  при збільшенні вмісту кисню понад 7 формульних одиниць пояснюється тим, що хаотичний розподіл надлишкового кисню в площині  $\text{Cu}(1)\text{O}$ , який змінює кристалічне поле біля 6-координованої міді  $\text{Cu}(1)$ , створює хаотичний потенціал для електронів провідності і сприяє андерсонівській локалізації. Розрахунки показують, що навіть для фази  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  виконується умова локалізації по Андерсону:  $k_p l \gg 1$ .

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Вперше за допомогою спеціальних режимів термообробки одержані зразки стехіометричного складу  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $\delta < 0,1$ ) в розупорядкованім киснем в базисній  $ab$  площині кристалічної ґратки.

2. Термічно активована зміна відносного заселення кисневих позицій в базисній  $ab$  площині не впливає на величину орторомбічної дисторсії кристалічної ґратки.

3. Термічно активоване розупорядкування кисню призводить до розширення надпровідного резистивного переходу і зменшення ефекта Мейсснера в надпровіднику  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ .

4. Вперше в контейнері з оксиду цирконію в умовах квазігідростатичного тиску і високих температур синтезована надлишкова по кисню сполука  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+x}$ , яка є однофазною до  $x=0,6$ .

5. Виявлені якісні і кількісні відміни процесу десорбції в сполуці  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+x}$ , в порівнянні з стехіометричною  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . Температурна залежність втрати кисню має два лінійні участки з різними нахилами. Точка перегину знаходиться в районі  $700^\circ\text{C}$ .

6. Встановлено, що входження надлишкового кисню в кристалічну ґратку  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  змінює симетрію ґратки в орторомбічної в тетрагональну.

7. Поведінка електричного опору і магнітної сприйнятливості свідчить про необоротність процесу десорбції кисню в  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ . Надлишок структурного кисню подавляє надпровідність і призводить до локалізації електронів провідності.

8. На основі експериментальних даних запропонована модель розташування надлишкових атомів кисню в базисній площині (001) сполуки  $YBa_2Cu_3O_y$  на мікродвійникових границях.

#### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО

#### В ТАКИХ РОБОТАХ:

1. В.М. Пан, В.Г. Прохоров, Г.Г. Каминский, В.С. Флис, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Особенности резистивного состояния в сверхпроводящей системе Y-Ba-Cu-O // ФНТ.- 1987.- 13.- №.- с.861-863.
2. В.Г. Барьяхтар, В.М. Пан, А.Г. Попов, В.С. Флис, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Структура и физические свойства сверхпроводящих металлооксидов Y-Ba-Cu-O // ФНТ.- 1987.- 13.- №.- с.823-826.
3. В.Г. Барьяхтар, В.М. Пан, В.Г. Прохоров, В.С. Флис, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Особенности структуры, сверхпроводимость и перколяционные эффекты в системе Y-Ba-Cu-O // Письма в ЖЭТФ.- 1987.- 46 Приложение.- с.168-171.
4. В.М. Пан, В.Г. Прохоров, Г.Г. Каминский, М.Г. Василенко-Шереметьев, К.Г. Третьяченко, А.Г. Попов, В.С. Флис. Критические токи сверхпроводящих металлооксидов Y-Ba-Cu-O // Проблемы высокотемпературной сверхпроводимости (Свердловск).- 1987.- с.54-55.
5. В.М. Пан, В.С. Флис, А.Г. Попов, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Исследования свойств металлооксидной системы Y-Ba-Cu-O // Проблемы высокотемпературной сверхпроводимости (Свердловск).- 1987.- с.105-106.
6. В.М. Пан, В.Г. Прохоров, В.С. Флис, П. Лоботка, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Критические токи и магнитные свойства  $Y(Re)Ba_2Cu_3O_{7-y}$  // Сб. "Высокотемпературная

- сверхпроводимость". - 1988. - 9. - с.201.
7. В.М. Пан, А.Г. Попов, В.С. Флис, М.Г. Василенко-Шереметьев, П. Лоботка, Ф. Гемери. Магнитные свойства соединения  $GdBa_2Cu_3O_x$  // Проблемы высокотемпературной сверхпроводимости. - 1988. - Препринт ИМФ 13.88. - с.26-27.
8. П.С. Кислый, Т.А. Прихна, В.С. Мельников, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Влияние высокого давления на структуру и физические свойства  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  // I-ое Всесоюзное совещание по Высокотемпературной Сверхпроводимости. 20-23 декабря 1988. Тезисы докладов. - 1988. - т.2. - с.124.
9. V.G. Bar'yakhtar, V.M. Pan, S.K. Tolpygo, M.G. Vasilenko-Sheremetiev et al. Superconductivity and crystal structure peculiarities of the oxygen deficient  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  compounds. // IEEE Transactions on Magnetics. - 1989. - 25. - N2. - p.2262-2265.
10. S.K. Tolpygo, M.G. Vasilenko-Sheremetiev et al. Structure and Properties of Superstoichiometric  $YBa_2Cu_3O_{7+x}$  Compounds. // Physica C. - 1989. - 162-164. - p.941-942.
11. В.М. Пан, С.К. Толпыго, М.Г. Василенко-Шереметьев, И.Г. Михайлов, С.М. Рябченко, Д.Л. Лыфарь, Т.А. Прихна. Магнитные свойства сверхстехиометрического соединения  $YBa_2Cu_3O_{7+x}$ . // 2-ая Всесоюзная конференция по высокотемпературной сверхпроводимости. Тезисы докладов. - 1989. - т.1. - с.133.
12. П.С. Кислый, Т.А. Прихна, В.С. Мельников, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Синтез и структура сверхстехиометричного соединения  $YBa_2Cu_3O_{7+x}$  // 2-ая Всесоюзная конференция по высокотемпературной сверхпроводимости. Тезисы докладов. - 1989. - т.3. - с.5.
13. Г.Н. Новицкая, В.С. Флис, В.М. Пан, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Кристаллизация из растворов купрата иттрия  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  // 2-ая Всесоюзная конференция по высокотемпературной сверхпроводимости. Тезисы докладов. - 1989. - т.3. - с.96.
14. В.М. Пан, С.К. Толпыго, М.Г. Василенко-Шереметьев, А.В. Жалко-Титаренко и др. Синтез, структура и свойства

сверхстехиометрического соединения  $YBa_2Cu_3O_{7+x}$ . // Препринт ИМФ 21-89.- 1989.

15. Т.А. Прихна, В.П. Моциль, В.О. Мельников, М.Г. Василенко-Шереметьев и др. Синтез сверхстехиометрического по кислороду соединения  $YBa_2Cu_3O_{7.0}$  под высоким давлением. // Физика и техника высоких давлений.- 1991.- I.- №1.- с.84-88.
16. M.G. Vasilenko-Sheremetiev, V.S. Mel'nikov, V.M. Pan, G.G. Gridneva, A.V. Gul'ko. Structure and superconducting properties of  $YBa_2Cu_3O_{7.0}$  with excess oxygen. // Cryogenics.- 1992.- 32, ICMO Supplement.- p.471-474.

*Василь*





Підписано до друку 21.01.94р Формат 60x84/16  
Напір друк. Умов. друк. л. 1,0. Тираж 100 примірник. Заказ №136  
Надруковано ЦУОП ДНП "Плодвинконсерв" м. Київ, Саксаганського, 1

458489

AB 30.667

AB 30.667