

УДК 338.945

Е.В.Карушева (6 курс, каф. ЭИКиК), Ю.А.Полонский, д.т.н., проф.,
В.К.Захаренков, к.т.н., с.н.с.

СИНТЕЗ ИТТРИЕВЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

В настоящее время синтез иттриевых высокотемпературных сверхпроводников (Y-ВТСП) обычно осуществляется путем обжига и/или отжига в кислородной среде, так как в результате такой термообработки удается свести к минимуму дефицит по кислороду в материале и тем самым обеспечить максимальную (~93 К [1]) критическую температуру перехода T_c из нормального в сверхпроводящее состояние. В данной работе была предпринята попытка осуществить синтез Y-ВТСП в воздушной среде.

В качестве исходных материалов были использованы Y_2O_3 (ч), $BaCO_3$ (чда), CuO (ч). Для синтеза Y-ВТСП был применен двухстадийный твердофазовый процесс. Блок-схема технологического процесса, использовавшегося в работе, представлена на рис. 1.

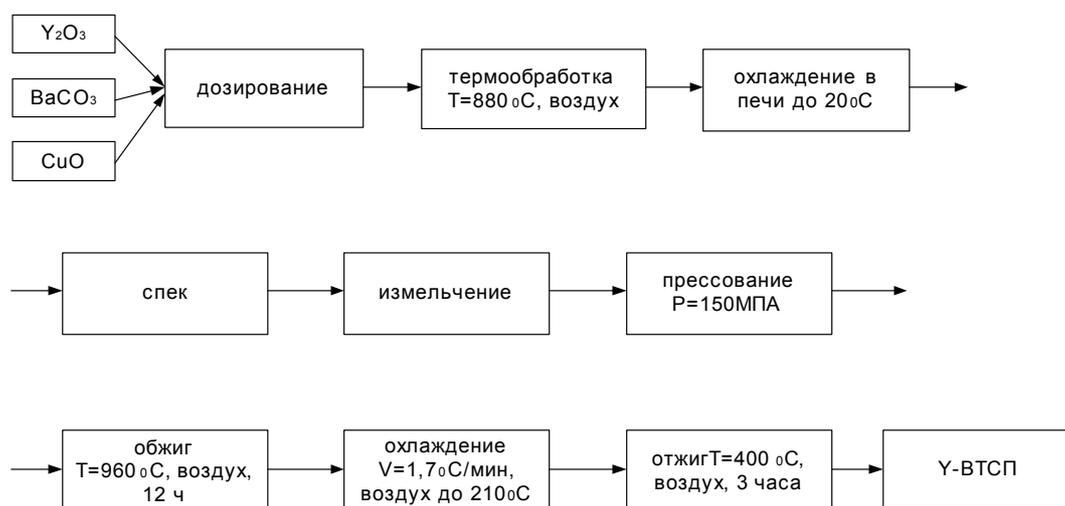


Рис. 1. Блок-схема технологического процесса изготовления Y-ВТСП.

Дозирование компонентов осуществлялось согласно расчетам химической реакции. Взвешивание производилось посредством лабораторных аналитических весов марки ВЛР 200 г-М (2 класс). Оксид меди перед введением в шихту предварительно подвергался перетиранию с целью измельчения частиц. Смешение реагентов производилось вручную, без добавления связки. Термообработка шихты проводилась в муфельной печи типа СНОЛ-1,6 2,51/9-45 (220 В; 50 Гц; 1,8 кВт; 1100⁰С) при T=880⁰С. Измельчение образовавшегося спека проводилось в фарфоровой ступке, при этом получившиеся гранулы имели в среднем размер порядка 0,5 мм. Прессование образцов осуществлялось с помощью гидравлического пресса ПППР при удельном давлении P=150 МПа. Образцы имели цилиндрическую форму (d=15 мм; h=2–3 мм). Кажущаяся плотность материала отформованного образца составляла 2,88 г/см³. Следующей стадией технологического процесса являлся обжиг. Обжиг проводился в электропечи сопротивления типа СУОЛ–0,25.2,5/14 К–И2 при T= 960⁰С на воздухе в течение 12 часов. Процесс охлаждения состоял из 2 этапов: контролируемого со скоростью

$\sim 1,7^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ в течение 3 часов и свободного (естественное охлаждение печи). Окончательный отжиг производился в течение 3 часов при $T=400^{\circ}\text{C}$ на воздухе. В результате приведенного технологического процесса были получены образцы черного цвета, характерного для качественных иттриевых высокотемпературных сверхпроводников. Кажущаяся плотность обожженного материала составила $3,35\text{ г}/\text{см}^3$. Измерение температурной зависимости удельного электрического сопротивления (ρ) образцов показало, что синтезированный материал обладает сверхпроводимостью при $T < T_c \approx 91\text{ К}$ (рис. 2). Ширина сверхпроводящего перехода составляет $\sim 2\text{ К}$.

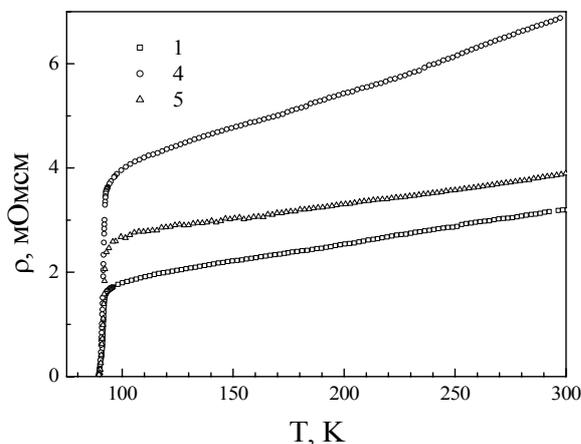


Рис. 2. Температурная зависимость сопротивления.

Оценка содержания кислорода в синтезированном сверхпроводнике по методике [2], предусматривающей измерение температурной зависимости коэффициента термо-ЭДС, показала (табл. 1) достаточно высокое содержание кислорода: $6,87 \dots 6,92$ при максимуме $7,0$.

Таблица 1. Критическая температура T_c и содержание кислорода в синтезированном $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

| Номер образца | T_c , К | Содержание кислорода (δ) |
|---------------|-----------|-----------------------------------|
| 1 | 91,3 | 6,87...6,88 |
| 4 | 91,4 | 6,88...6,90 |
| 5 | 91,5 | 6,89...6,92 |
| Среднее | 91,4 | 6,89 |

Синтезированный сверхпроводник обнаруживал эффект Мейсснера-Оксенфельда. Опыты, проведенные при температуре испарения жидкого азота $77,4\text{ К}$, иллюстрировали, что образцы выталкивались из внешнего магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом.

Таким образом, в работе было показано, что, руководствуясь разработанной технологией изготовления, можно синтезировать без применения обжига и/или отжига в кислородной среде иттриевые ВТСП состава $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6,89}$, имеющие $T_c \approx 91\text{ К}$. При этом следует отметить, что разработанная технология достаточно проста, не требует применения сложного оборудования и не сопряжена с использованием таких пожаро-взрывоопасных веществ, как газообразный кислород. Последнее имеет немаловажное значение при проведении исследований по синтезу иттриевых ВТСП в условиях учебных заведений, где существуют повышенные требования по обеспечению техники безопасности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Superconductivity at 93 K in a New Mixed-Phase Y-Ba-Cu-O Compound System at Ambient Pressure / M.K.Wu, J.R.Ashburn, C.J.Torng et al. // Physical Review Letters. 1987. V. 58. № 9. P. 908-910.

2. Коэффициент термоэдс в образцах $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ с различным содержанием кислорода / Ю.М.Байков, В.Э.Гасумянц, С.А.Казьмин и др. // Сверхпроводимость: физика, химия, техника. 1990. Т. 3. № 2. С. 254-257.