

ФИЗИКА

УДК 537.312.62

А. М. Седракян, Р. И. Багдасарян

**Синтез высокотемпературных сверхпроводников при
воздействии переменного механического напряжения**

(Представлено чл.-корр. НАН Армении А. Р. Мкртчяном 16/III 1994)

В огромном количестве работ по синтезу высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) выделяются два основных направления: работы по синтезированию новых сверхпроводников и работы по разработке новых методов для улучшения физических параметров традиционных ВТСП.

Высокотемпературный синтез представляет собой твердофазную реакцию. Скорость этой реакции, а также степень однородности, микротвердость, запас прочности, упругие свойства, скорость диффузии между компонентами, критические параметры синтезированных материалов сильно зависят от концентрации дефектов и механической активности атомов [1, 2]. Поэтому во многих работах, например, [3—5], применяются такие методы синтеза, которые обеспечивают повышение активности атомов или образование дефектов в синтезируемых образцах. Известно, что под действием ультразвуковых волн, даже при комнатной температуре, происходит генерация дислокаций в кристаллах [6]. Следовательно, если в процессе синтеза при высоких температурах образец подвергнуть внешним механическим воздействиям, порождая в нем механическую волну, то она должна способствовать быстрому протеканию твердофазной реакции по всему объему шихты, уменьшая время синтеза. При этом можно ожидать увеличения твердости полученных образцов, уменьшения времени синтеза и, возможно, улучшения критических параметров.

Для осуществления этой идеи нами была выбрана классическая система ВТСП $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, наиболее разносторонне исследованная.

Были приготовлены образцы по стандартной методике [7]. Исходными компонентами служили химически чистые порошки Y_2O_3 , $BaCO_3$ и CuO . Порошки исходных компонентов тщательно измельчали в халцедоновой ступке и взвешивали в пропорциях, рассчитанных для данной системы. После взвешивания смесь еще раз протирали. Полученную шихту обжигали при $400^\circ C$ 24 ч, после чего еще раз про-

тирала в ступке. Из этой шихты были спрессованы образцы диаметром 12 мм и толщиной 3 мм под давлением 10 Кбар.

Задача состояла в том, чтобы довести температуру образца до температуры, необходимой для синтеза данной системы, порождая в нем механическую волну, что можно осуществить, подвергая образец внешнему переменному механическому напряжению. Для этого была изготовлена специальная система, состоящая из кварцевого стержня диаметром 12 мм, свободно висящего на пружине, и корундового тигля того же диаметра, в котором находился образец. Отшлифованная нижняя поверхность кварцевого стержня касалась поверхности образца, а его верхний конец был прикреплен к электромагниту. Система помещалась в печь. При достижении в печи температуры 920°C электромагнит включался. Колебания, возникающие в электромагните, в конце концов передавались кварцу, и на образец в тигле начинало действовать переменное механическое напряжение частотой 25 Гц. В печь помещали также второй контрольный образец, изготовленный из той же шихты, что и первый, который синтезировался автономно, без внешних воздействий. Синтез длился для разных серий образцов от 0,5 до 9,0 ч.

После синтеза измеряли микротвердость и зависимость сопротивления от температуры $R(T)$, а также снимали рентгенодифракционные картины для расшифровки структуры образцов. В таблице приводятся результаты исследований на эффект Мейснера (в присутствии сверхпроводящей фазы), данные о микротвердости и плотности образцов, подвергшихся внешним переменным механическим напряжениям (номера без штрихов), и образцов, синтезированных без внешних воздействий. Дифрактограммы снимались на ДРОН-3М, с использованием излучения ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$).

Как видно из таблицы, микротвердость образцов, подвергшихся механическим воздействиям, почти в 2—2,5 раза больше, чем синтезированных обычным способом, причем больше и их плотность. Как показали опыты, поверхность указанных образцов после синтеза становилась почти зеркально гладкой, без видимых трещин и пор, что подтверждает наблюдение их поверхностей под обычным оптическим микроскопом (увеличение в 25 раз).

Номер образца	Время синтеза, ч	Эффект Мейснера (СП фазы)	Микротвердость, кг/мм ²	Плотность, г/см ³	Структура
1	0,5	Нет	—	—	—
1'	0,5	Нет	—	—	—
2	2	Нет	—	—	—
2'	2	Нет	—	—	—
3	3	СП	40,2	5,3	1 2 3
3'	3	Нет	18,4	5,1	—
4	5	СП	44,3	5,6	1 2 3
4'	5	Нет	16,7	5,2	—
5	7	СП	50,4	5,8	1 2 3
5'	7	Нет	18,5	5,4	—
6	9	СП	35,8	6,0	1 2 3
6'	9	СП	32,6	5,9	1 2 3

Рентгеноструктурный анализ показал, что все синтезированные сверхпроводники имеют в основном одинаковую структуру типа перовскида. Для образцов, которые являлись сверхпроводниками, четырехконтактным методом были сняты зависимости $R(T)/R(300)$. Для образца 6 ширина температурной области перехода (ΔT) в сверхпроводящее состояние уже, чем для 6'. Для образца 6 $\Delta T = 1,5$ К, а для 6' $\Delta T = 3$ К. Обращает на себя внимание также факт уменьшения времени синтеза, необходимого для получения сверхпроводников. Как видно из таблицы, уже через 3 ч после установления температуры синтеза получают сверхпроводники, что не имеет места в случае отсутствия переменного механического напряжения. Переменное механическое напряжение сильно способствует образованию дефектов в кристалле (дислокации, микротрещины), что в свою очередь увеличивает объем диффузии. Из-за образования дефектов увеличивается и скорость диффузии по каналам линий дислокации. Все это необходимо для активации процессов синтеза, что в свою очередь заметно уменьшает время синтеза. Увеличение микротвердости, плотности, уменьшение ширины перехода объясняются тем, что механическое напряжение является генератором дефектов в синтезируемых образцах, а последние приводят к активации процессов синтеза. Ведь при температурах, необходимых для синтеза, сильно увеличивается скорость стока вакансий, дислокаций и т. п., а это в свою очередь увеличивает интенсивность твердофазной реакции. Поэтому нужен источник дефектов, чем и является переменное механическое напряжение.

Таким образом, предложенный метод синтеза позволяет синтезировать образцы с почти зеркальной поверхностью, что открывает возможность использовать их как подложки для роста ВТСП пленок, увеличить плотность образцов (при этом уменьшается постоянная S решетки), что должно привести к увеличению напряженностей критических магнитных полей H_{c1} и H_{c2} , существенно уменьшает время синтеза и ширину перехода в сверхпроводящее состояние.

Ереванский государственный университет

Ա. Մ. ՈՆԴՐԱԿՅԱՆ, Բ. Ի. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

Բաղձր չեմաստիճանային գերհաղորդիչների սինթեզը
փոփոխական մեխանիկական լարման ազդեցությամբ

Աշխատանքում բերված փորձական հետազոտությունները ցույց են տվել, որ R_{29} սինթեզը փոփոխական մեխանիկական լարման առկայությամբ բերում է ստացված նմուշների միկրոամրության աճի 2—3 անգամ, անցման չեմաստիճանային լայնության տիրույթի ΔT խոթրացման, սինթեզման ժամանակի նվազման և համարյա հայելային մակերևույթի գոյացման:

ЛИТЕРАТУРА — ЦИТИРОВАННЯ

1. А. А. Вишнев, Е. Т. Кишлов и др. СФХТ, т. 3, № 10, ч. 2 с. 2390 (1990).
2. Ю. Д. Третьков. Твердофазные реакции, М., 1978.
3. А. П. Можасв, В. Н. Першин, В. П. Шабатин, ЖВХО им. Д. И. Менделеева, вып. 3, с. 504 (1989).
4. Г. П. Голубева, А. И. Бергон, В. А. Фатиев. Физикохимия ВТСИ материалов, М., Наука, 1988.
5. Руководство по неорганическому синтезу. Под. ред. Брауэра, М., Мир, с. 145—146, 1985.
6. А. Новик, Б. Берри. Релаксационные явления в кристаллах, М., 1975.
7. В. Д. Горобченко и др., СФХТ, т. 2, с. 53 (1989).