

Применение кратковременного плавления ВТСП-керамик (лазером, электрическим током, инфракрасными лампами) для улучшения их функциональных характеристик

Б.П. Михайлов

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

Г.Н. Михайлова, А.В. Троицкий

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

Открытие сверхпроводников с $T_c > 77$ дало надежду на их скорое применение в современной технике. Однако из-за сложного химического состава, низкой технологичности, необходимости текстурирования и уплотнения, поддержания узкого интервала концентраций катионов и особенно анионов (кислорода), а также слабых межзеренных связей изготовление ВТСП проводников с высоким уровнем критического тока при $T > 77$ К, особенно в магнитных полях, по настоящее время остается нерешенной проблемой.

В докладе представлены результаты повышения критического тока материалов на основе ВТСП соединений (Y-123, Bi-2212, Bi-2223) за счет их кратковременного плавления и последующей рекристаллизации, полученные в течение последних нескольких лет коллективом ученых ИМЕТ, ИОФ РАН и химфака МГУ. Основная цель кратковременного плавления заключается в

-уплотнении ВТСП-керамики,

-ее текстурировании,

-формировании дополнительных несверхпроводящих выделений (центров пиннинга) в ВТСП матрице,

-усилении межзеренных связей.

При этом применены кратковременное плавление, аморфизация и последующая рекристаллизация указанных соединений, в том числе, содержащих малые добавки наноразмерных порошков карбидов и нитридов тугоплавких соединений.

Плавление исходно синтезированных керамических ВТСП соединений и их последующая аморфизация осуществлены различными источниками теплового воздействия (инфракрасными и лазерными источниками, а также электрическим током) [1-5]. Выбор указанных источников нагрева связан с их высокой скоростью нагрева и последующего резкого охлаждения. При этом опробованы различные температурно-временные режимы плавления и рекристаллизации. Используются различные мощности нагревательных источников, различная продолжительность выдержки в расплавленном состоянии, различные скорости сканирования луча и др.

На разных этапах после плавления и термообработки исследован фазовый состав (РФА), микроструктура, морфология зерен сверхпроводящей матрицы и несверхпроводящих фаз, плотность керамики, текстура, исследованы функциональные характеристики (T_c , $J_c(T)$ и др.) На рис. 1 а-г пред-

ставлена микроструктура керамик Y-123 и Bi-2223 в исходном состоянии и после кратковременного подплава. Исследования проведены на образцах керамик различного состава и различной конфигурации (объемных пластинах, кольцах), а также на лентах и проводах, содержащих ВТСП керн.

В результате проведенных исследований установлена возможность многократного (>3-5) повышения плотности критического тока на объемных керамиках при температурах 60-70 К (рис.2). При $T=20$ К было зафиксировано увеличение плотности критического тока керамики Bi(2223) в 40 раз.

Именно благодаря быстрому нагреву и последующему резкому охлаждению в указанных ВТСП соединениях возможно предотвращение распада на несверхпроводящие соединения при плавлении. После проведения рекристаллизационной термообработки в аморфизированной фазе полностью восстанавливается кристаллическая решетка ВТСП соединений. В тех случаях, когда аморфизация из-за длительного процесса плавления не происходит и ВТСП фаза распадается на несколько несверхпроводящих фаз, восстановление исходной ВТСП фазы требует длительных термообработок.

В докладе также приведены данные о возможности использования лазерной сварки ВТСП керамических пластин [6]. При этом сверхпроводящие характеристики объема керамики, находящегося в зоне сварного шва, практически не отличаются от свойств свариваемых пластин. Применение лазерной сварки ВТСП керамик открывает новые возможности для создания сверхпроводящих экранов сложной конфигурации, резонаторов и т.д.

1. Б.П. Михайлов, П. Гутька, И. Освальд, Я. Пишта, Письма в ЖТФ 18, 47 (1992).

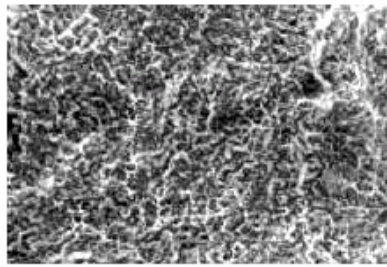
2. Б.П. Михайлов, А.Р. Кадырбаев, Неорган. материалы 31, 247 (1995).

3. А.Л. Михайличенко, Г.Н. Михайлова, А.М. Прохоров, и др., Квантовая электроника 23, 715 (1996).

4. И.С. Шапльгин, Г.А. Халилов, Б.П. Михайлов, Э.А. Тищенко, В.Б. Лазарев, Неорган. Материалы 30, 258 (1994).

5. Г.Н. Михайлова и А.В. Троицкий. Квантовая электроника 33, 621 (2003).

6. G.N. Mikhailova, В.Р. Mikhailov and A.V. Troitskii. Laser Phys. Lett., 1, 525 (2004).



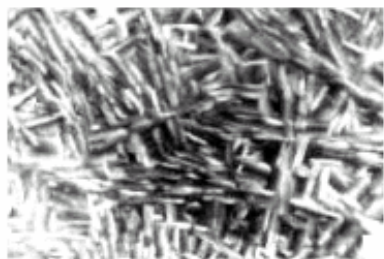
а



б



в



г

Рис.1. Микроструктура ВТСП после кратковременного плавления и отжига: а – неплавленная керамика, б – после плавления в оболочке электрическим током, в – после плавления инфракрасной лампой, г – после плавления лазером. Фото а, б, в – Y-123; г – Bi-2223.

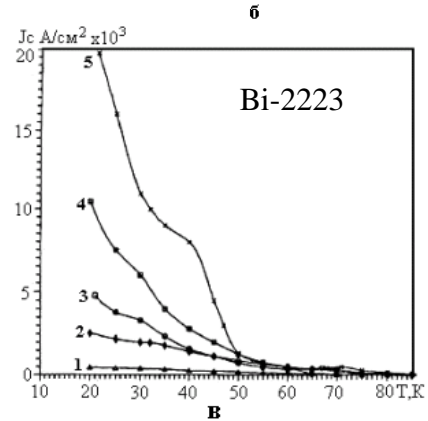
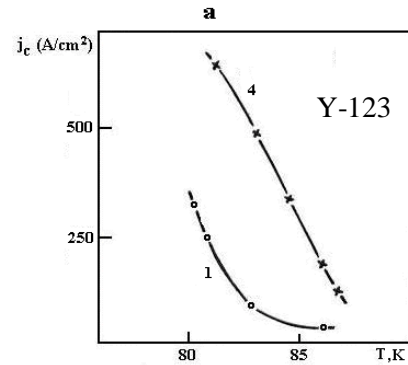
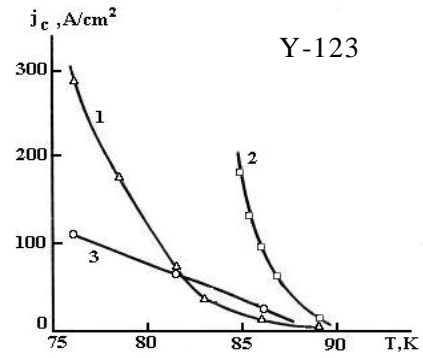


Рис. 2. Зависимости $J_c(T)$ для ВТСП-керамик после кратковременного плавления электрическим током (а), инфракрасной лампой (б) и лазером (в). 1 – исходные образцы. 2-5 – после плавления и термообработки.