

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОДНИКА $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$

С.А.Корнев, Д.Валентович, В.И.Лушиков

Обсуждается метод стабилизации поверхности высокотемпературного сверхпроводника $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ путем оплавления его поверхности импульсным высокопоточным электронным пучком и приводятся первые экспериментальные результаты. В экспериментах использовался электронный пучок с параметрами: плотность тока $12,5 \div 65$ А/см², кинетическая энергия электронов $70 \div 200$ кэВ, длительность импульса тока пучка ~ 300 нс. Облучения проводились в вакуумных условиях при давлении остаточного газа $P \sim 10^{-3}$ Па. Экспериментально показано, что в течение 50 суток после облучения на поверхности керамики $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ отсутствует диэлектрическая пленка, а сверхпроводящие характеристики образца не ухудшаются.

Работа выполнена в Общественном научно-методическом отделении ОИЯИ.

The Stabilization of High-Temperature Superconductor $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ Surface

S.A.Korenev, D.Valentovic, V.I.Lushchikov

A technique is suggested for stabilization of a high-temperature superconductor $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ surface by means of a high-current pulsed electron beam ($J = 12,5 \div 65$ А/см², $E = 70-200$ keV, $t = 300$ ns, $P = 0,001$ Pa). The quality of the remelted surface film is characterized and first experimental results are discussed. It is shown that within 50 days after the electron beam processing, no dielectric film was developed at the superconductor surface and superconductor characteristics did not change.

The investigation has been performed at the Scientific-Methodical Division, JINR.

Высокотемпературная сверхпроводящая керамика на основе структуры иттрий — барий — медь — кислород широко исследуется во многих лабораториях мира /1/. При этом достигнут определенный прогресс в методике получения стабильных сверхпроводящих керамических образцов. Необходимо отметить, что в атмосферных условиях на поверхности этой керамики возникает диэлектрическая пленка, природа которой, по всей видимо-

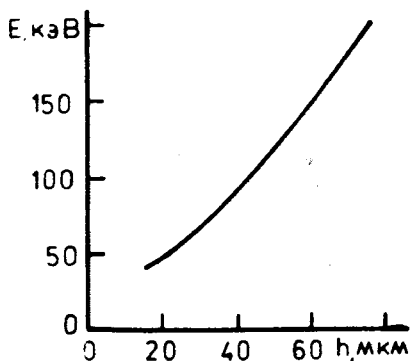


Рис.1. Зависимость глубины пробега электронов h от кинетической энергии E в образце из $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$.

сти, связана с гидроокислами^{/2/}. Наличие этой пленки затрудняет стабилизацию поверхности сверхпроводящей керамики. В данной работе предлагается метод стабилизации поверхности высокотемпературной сверхпроводящей керамики $Y_1Ba_2Cu_3O_{u-\delta}$

путем оплавления ее поверхности импульсным электронным пучком и приводятся первые результаты его применения.

Анализ экспериментов по модификации поверхности различных материалов показывает, что термообработка импульсными концентрированными потоками энергии (лазерное излучение и электронные пучки) приводит к формированию защитных слоев на поверхности материалов^{/3/}.

Согласно^{/3/} при использовании в этом случае электронного пучка необходимо, чтобы плотность мощности пучка электронов превышала 10^6 Вт/см², а скорость охлаждения расплава превышала 10^5 К/с. Анализ тепловой модели воздействия наносекундного пучка электронов на материалы^{/4/} показывает, что для рассматриваемой керамики процесс теплового воздействия носит адиабатический характер. С учетом приближенных

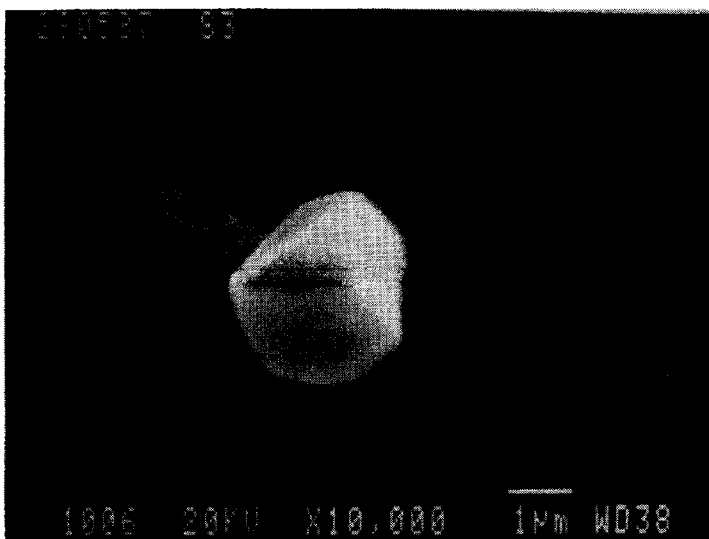
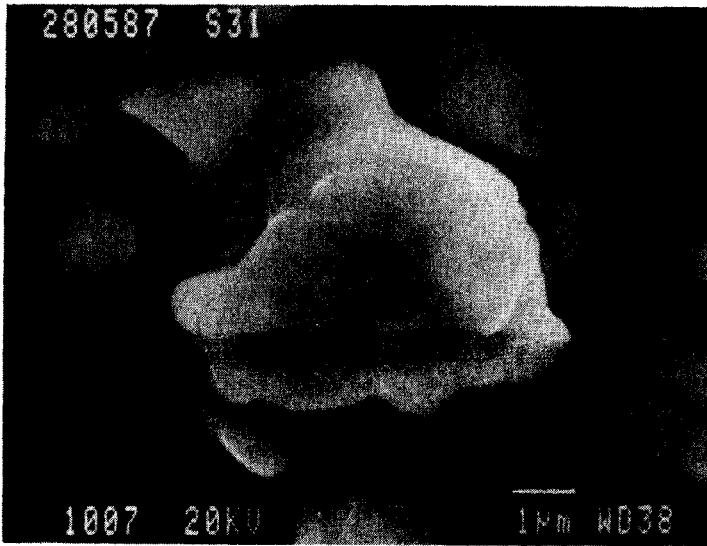
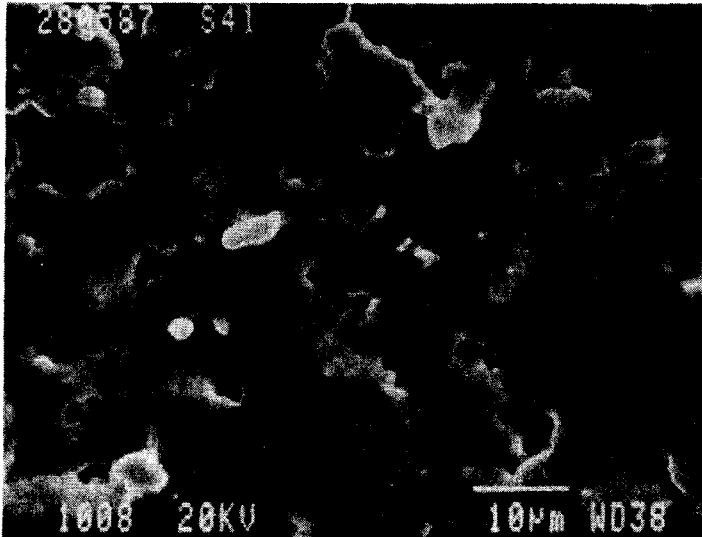


Рис.2а. Фотография поверхности сверхпроводника $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ до облучения.



6



В

Рис.26,в. Фотография поверхности сверхпроводника $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ после облучения пучком электронов с кинетической энергией 200 кэВ и плотностью тока 50 А/см².

теплофизических характеристик керамики тепловая постоянная времени составляет $\sim 10^{-4}$ с. Таким образом, при воздействии импульсного пучка электронов на поверхность сверхпроводника $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ в принципе возможно создание на глубине пробега электронов (рис.1) модифицированного слоя.

Эксперименты по модификации поверхности керамики проводились на установке для генерации электронных пучков ^{75/}.

Облучаемый образец устанавливался за анодом в вакуумной камере, в которой давление остаточного газа составляло $\sim 10^{-3}$ Па. Образцы керамики были приготовлены в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ и представляли собой пластинки толщиной 1 мм и размерами 5x25 мм. Перед облучением образцы подвергались механической обработке для устранения диэлектрической пленки.

На рис.2 представлены фотографии поверхности сверхпроводника $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ до облучения (рис.2а) и после облучения (рис.2б,в). Видна зона поверхностного переплава на рис.2в. По оценкам температура на поверхности керамики составляет $\sim 1500 \div 2000^\circ$ С при воздействии на поверхность электронного пучка с указанными выше параметрами. Фотографирование зоны проплава с торца образца на растровом микроскопе показало, что ее глубина составляет $50 \div 60$ мкм при кинетической энергии электронов 200 кэВ, что согласуется с рис.1.

Измерения сопротивления R по длине образца Y , проводимые по схеме, приведенной на рис.3, показывают (рис.4), что в облученной зоне отсутствует диэлектрическая пленка. Такие измерения проводились непосредственно после облучения,

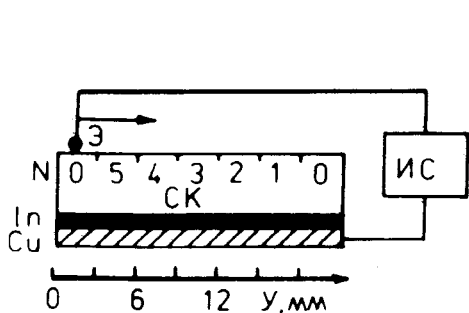


Рис.3. Схема измерения сопротивления по длине образца. СК – сверхпроводящая керамика, ИС – измеритель сопротивления, Э – электрод, N – число импульсов воздействия пучка по длине образца, In – слой индия, Cu – медный электрод.

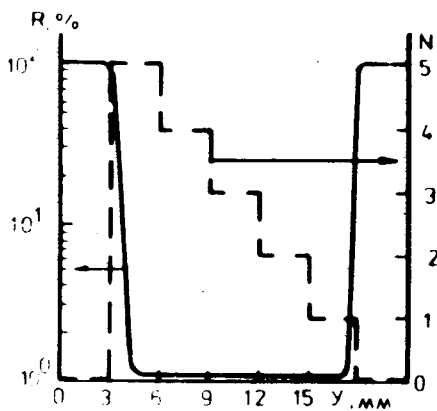


Рис.4. Изменение сопротивления R по длине образца Y в зависимости от числа импульсов воздействия пучка электронов N по длине образца (гистограмма).

а также спустя 50 суток. Характер изменения R остался прежним. Качественное наличие диэлектрической пленки определялось измерением емкостной проводимости образца. После облучения электронным пучком при наличии переплавленного слоя на поверхности керамики ее проводимость является омической. Характеристики R керамики с переплавленным слоем не зависят от числа импульсов воздействия пучка электронов, см. рис.4 (гистограмма указывает число облучений по длине образца). Аналогичный результат получен в работе /6/, в которой показано, что свойства переплавленного слоя Nb_3Ge не зависят от числа облучений. Видимо, целесообразно проведение однократного облучения керамики для получения защитного слоя.

Использование предложенного в работе метода стабилизации поверхности сверхпроводника $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ импульсным электронным пучком открывает новые возможности в исследовании высокотемпературной сверхпроводимости.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность О.Л.Ореловичу, В.А.Алтынову, С.В.Костюченко за помощь в работе, Б.В.Васильеву за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bednorz J.G., Muller K.A. — Z.Phys., 1986, v.В64, p.189.
2. Somekh R.E. et al. — Nature, 1987, v.326, p.857.
3. Крапошин В.С. Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка. М.: ВИНТИ, 1987, том 21, с.144.
4. Fracis M. et al. — J.Appl.Phys., 1967, v.38, N2, p.627.
5. Корнев С.А. ОИЯИ 9-87-313, Дубна, 1987.
6. Вавра И., Корнев С.А. ОИЯИ, P13-86-860, Дубна, 1986.

Рукопись поступила 15 февраля 1988 года.