

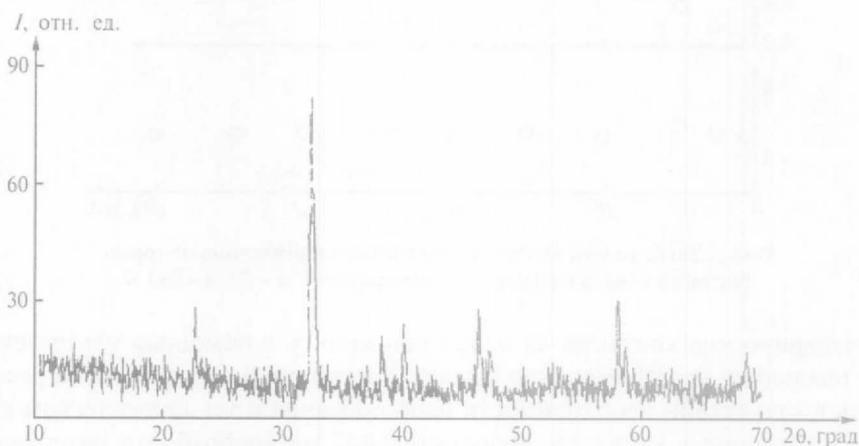
С.Е. ДЕМЬЯНОВ, В.М. ДОБРЯНСКИЙ, Е.Л. МАГЕР, В.Ф. МАЛИШЕВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ИТТРИЕВОЙ КЕРАМИКИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К НИМ В МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Researches of electric contact from silver and indium to itrium ceramics are carried out and the top critical field is determined. The significant value of the structure. Intergranular connections are josephson which superconductivity is easily collapsed by a transport current and an external magnetic field.

Практическое применение высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) требует металлокерамических композитов с низким сопротивлением внутреннего переходного слоя, при этом металл должен обеспечивать структурную стабильность, стойкость к воздействию внешних факторов и др. С целью уменьшения падения напряжения и теплопроводности переходного слоя необходимо использование низкоомных контактов.

Авторами данной работы были проведены исследования электрофизических свойств ВТСП и электрических контактов из серебра и индия к иттриевой керамике, полученной методом прессования исходных компонентов: окиси иттрия марки ИТО-2, азотнокислого бария (х. ч.) и азотнокислой меди (ч. д. а) с последующей термообработкой на воздухе в температурном интервале 900–950 °С [1]. Согласно рентгендифрактометрическим исследованиям образцы представляли собой практически однофазные металлооксиды с орторомбической структурой (рис. 1) и температурой сверхпроводящего перехода $T_c = 91,4$ К при его ширине $\Delta T_c = 1,5$ К (рис. 2). Рентгеновская плотность образцов равна 6015 кг/м³.

Рис. 1. Рентгендифрактограмма соединения $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$

Использовались образцы в форме параллелепипеда с размерами 150×2,2×1,2 мм³. Для получения электрических контактов на поверхность образца вдоль его оси в виде отдельных точек наносилась серебряная паста, которая подвергалась предварительной сушке при $t=400$ °С в течение 1 ч с последующим вжиганием в течение 2 ч при температуре 800 °С. Затем образцы медленно охлаждались в печи до комнатной температуры. Площадь полученных таким образом контактов составляла $\approx 0,5$ мм² [2].

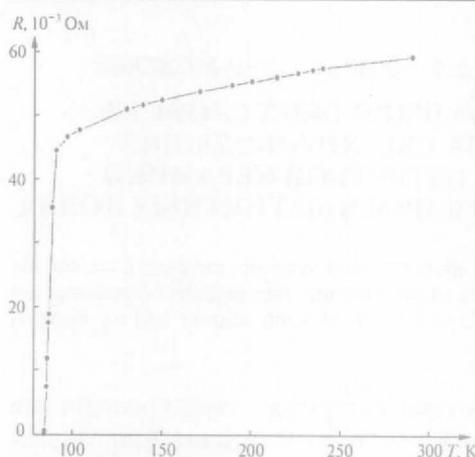


Рис. 2. Температурная зависимость сверхпроводящего перехода керамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

от комнатной до азотной сопротивление контакта уменьшается и составляет около $8 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ при 77 К.

Особенностью поведения контактного сопротивления является то, что увеличением транспортного тока электросопротивление также растет не линейно и достигает насыщения при $I=100 \text{ мА}$ (рис. 3).

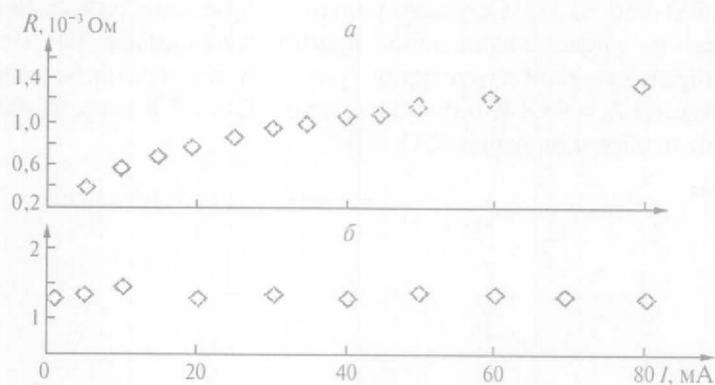


Рис. 3. Зависимости контактного электросопротивления от транспортного тока при различных температурах: *a* – 77, *б* – 293 К

Электрические контакты из индия наносились с помощью ультразвукового паяльника без применения флюса. Достоинство этого способа заключается в отсутствии необходимости использования в технологическом процессе драгоценных металлов, дополнительной термообработки материалов простоте получения надежных электрических контактов с ВТСП-керамикой. Однако индиевые контакты в интервале температур 77–293 К дают значительно большим переходным сопротивлением, чем серебряные. При $T=77 \text{ К}$ электрические характеристики нелинейные – с увеличением транспортного тока уменьшается падение напряжения. В результате исследований установлено, что надежные электрические контакты к ВТСП материалам можно получать как вжиганием серебряносодержащих паст, так и с помощью ультразвуковой металлизации. Хотя серебро – драгоценный металл, использование электроконтактов из него целесообразно в силу низко

го переходного сопротивления и того, что серебро практически не реагирует с Y-ВТСП-керамикой.

Измерения проводились в постоянном магнитном поле [3, 4], величину которого контролировали с помощью преобразователя Холла типа ПХЭ. Температура фиксировалась никелевым термопреобразователем сопротивления с погрешностью $\pm 0,05$ К. Измерения сопротивления проводили по четырехзондовой контактной схеме. Величина индукции магнитного поля B составляла 0,04 Тл.

Для классических сверхпроводников второго рода величину верхнего критического магнитного поля можно оценить по исследованиям вольт-амперных характеристик в магнитном

поле (рис. 4). В нашем случае его величина B_{C1} оказалась равной 3,9 Тл при $T=90,6$ К. Экстраполируя это значение к температуре 77 К, получим $B_{C2}=12,4$ Тл.

Значительную величину верхнего критического магнитного поля и резкое уменьшение транспортного тока в сравнительно слабых полях можно объяснить тем, что керамические оксидные сверхпроводники обладают гранулярной структурой. Межзеренные связи являются джозефсоновскими, сверхпроводимость которых легко разрушается транспортным током и внешним магнитным полем.

1. Паньков В.В., Добрянский В.М., Малишевский В.Ф. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2003. № 1. С. 21.
2. Добрянский В.М., Демьянов С.Е., Магер Е.Л. и др. // Актуальные проблемы физики твердого тела: Тез. докл. Мн., 2003. С. 210.
3. Добрянский В.М., Демьянов С.Е., Магер Е.Л. и др. // Критическое магнитное поле объемных Y-ВТСП-материалов. Актуальные проблемы физики твердого тела: Тез. докл. Мн., 2003. С. 211.
4. Добрянский В.М., Малишевский В.Ф., Магер Е.Л. и др. // Аграрная энергетика в XXI столетии: II Междунар. науч.-техн. конф. Мн., 2003. С. 275.

Поступила в редакцию 23.02.2004.

Сергей Евгеньевич Демьянов – доктор физико-математических наук, заведующий Криогенным центром Института физики твердого тела НАН Беларуси.

Валерий Михайлович Добрянский – доктор технических наук, профессор кафедры общей физики БГПУ им. М. Танка.

Евгений Леопидович Магер – старший преподаватель кафедры общей физики БГАТУ.

Виктор Феликсович Малишевский – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики БГАТУ.

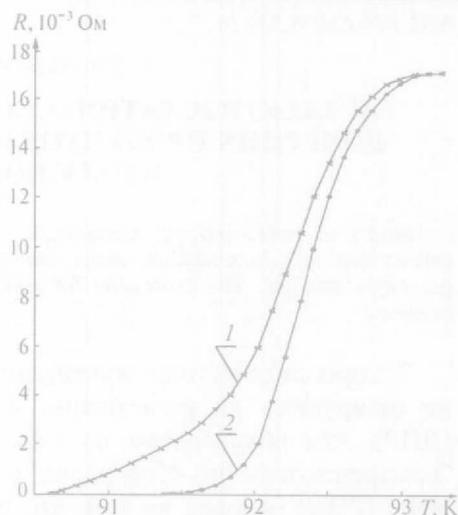


Рис. 4. Сверхпроводящий переход $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$:
1 – в нулевом магнитном поле, 2 – в поле 0,04 Тл