

- [2] Fratello V.J., Brandlie C.D., Valentino A.J. // J. Cryst. Growth. 1987. V. 80. No 1. P. 26-32.
- [3] Жариков Е.В., Загуменный А.И., Кирюхин А.А., Козликин С.Н., Лаврищев С.В., Лутц Г.Б., Мелихов Д.И., Осико В.В., Татаринцев В.М. Исследование состава соединений со сложным изоморфизмом на примере гадолиний-скандий-алюминиевого граната. Препринт ИОФАН № 79. М., 1988. 50 с.
- [4] Денисов А.Л., Жариков Е.В., Загуменный А.И., Козликин С.Н., Лаврищев С.В., Лутц Г.Б., Самойлова С.А. Особенности изоморфного замещения в иттрий-скандий-алюминиевом гранате. Препринт ИОФАН. № 58. М., 1989. 22 с.
- [5] Жариков Е.В., Калигин С.П., Лаптев В.В., Майер А.А., Осико В.В., Остроумов В.Г. Тез. докл. П Всес. конф. „Состояние и перспективы развития методов получения монокристаллов“. Харьков: ВНИИ Монокристаллов, 1982. С. 57.
- [6] Жариков Е.В., Лаптев В.В., Майер А.А., Осико В.В. Конкуренция катионов в октаэдрических-положениях галлиевых гранатов. Препринт ФИАН № 267. М., 1983. 23 с. // Изв. АН СССР. Сер. неорган. матер. 1984. Т. 20. № 6. С. 984-990.
- [7] Monchamp R.R. // J. Solid State Chem. 1975. V. 12. No 1. P. 201-206.
- [8] Teichmann H.-O. YAG:Cr, Tm, Ho und YSAG:Cr, Nd Neue IR-Lasermaterialien mit hoher Effizienz bei 2μ und 1μ m. Dissertation. Hamburg: Hamburg University, 1988. 178 p.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
15 августа 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

05.4

© 1990

ВЛИЯНИЕ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНУЮ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

В.В. П а р а ш у к

Известно, что воздействие сильного электрического поля, формируемого импульсами низкого напряжения, приводит к ухудшению сверхпроводящих (СП) свойств керамик типа $Y-Ba-Cu-O$ [1]. Вместе с тем воздействие электрических полей, сопоставимых

с внутрикристаллическими и создаваемых высоковольтными импульсами, представляет интерес для выяснения механизма сверхпроводимости, структуры керамики и как эффективный метод управления ее физическими свойствами. Достигаемое известными методами стабильное повышение критической температуры, как основного параметра, характеризующего СП свойства, для наиболее изученных иттриевых керамик пока незначительно (несколько градусов) [2].

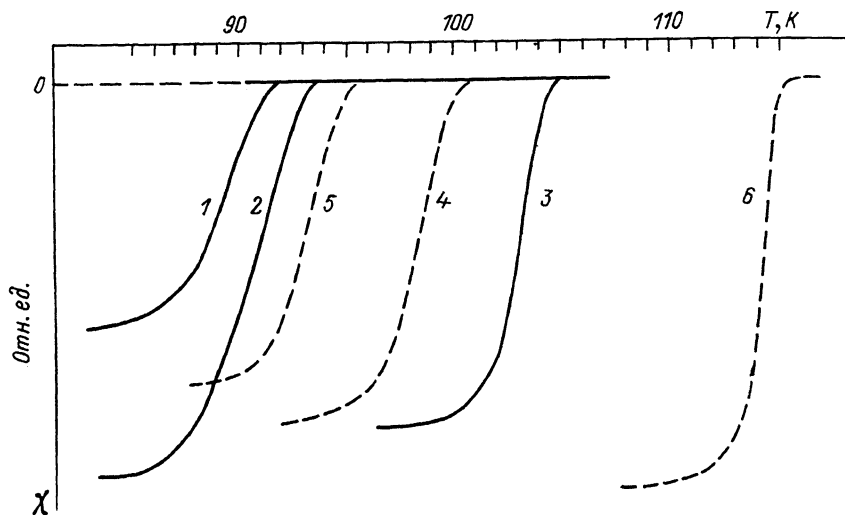
В настоящей работе исследовано влияние высоковольтного электрического поля на СП переход, регистрируемый по температурной зависимости диамагнитной восприимчивости для ряда керамик $Y-Va-Cu-O$, и предложен новый метод с использованием искрового разряда, позволяющий варьировать в широких пределах критическую температуру классических ВТСП соединений. Резистивные измерения не проводились в связи с влиянием сильных электрических полей, используемых для обработки керамики, на свойства контактов [1, 3].

Исследовались сверхпроводящие соединения $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, $Y_{1.2}Ba_{0.8}CuO_4$, Y_2CuBaO_5 и т.п., полученные по типичной керамической технологии. Образцы имели вид таблеток 6×3 мм, пластин толщиной ~ 2 мм или произвольную форму.

Магнитная восприимчивость χ_{ac} измерялась в слабых полях (~ 1 Э) с помощью моста взаимной индуктивности [4] на частоте ≈ 1 кГц. Температура регистрировалась калиброванным полупроводниковым термометром, располагаемым в центральной части образца, по дифференциальной методике. Вначале образец охлаждался в отсутствие магнитного поля до температуры жидкого азота, затем включалось поле, и в процессе нагревания до $T \approx T_c$ со скоростью ~ 10 К/мин измерялась величина χ . Регистрация зависимости $\chi(T)$ осуществлялась непрерывно. Критическая температура оценивалась по моменту окончания перехода из сверхпроводящего в нормальное состояние, а ширина перехода — на уровне 10 и 90 %.

Источником электрического поля служил генератор пакетов импульсов напряжения. Каждый пакет состоял из 10–20 цугов (релаксационных колебаний) с частотой следования до 20 кГц при частоте заполнения (в цуге) ~ 10 МГц. Амплитуда импульсов в цуге достигала 200 кВ, длительность — 100–200 нс. Искровой разряд возбуждался между игловым электродом из меди и поверхностью образца, разрядный промежуток составлял ≈ 1 мм. Второй электрод находился на удалении от образца для ограничения протекающих токов. Обработка керамики производилась в жидком азоте и на воздухе путем сканирования иглового электрода равномерно по всей ее поверхности.

Из измерений температурной зависимости восприимчивости образцов $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ следует, что до обработки на воздухе (кривая 1) критическая температура составляет ≈ 92 К, ширина перехода ≈ 3 К. После обработки параметры перехода меняются в зависимости от количества воздействующих разрядов (N). С ростом N величины T_c и χ^{max} вначале быстро возрастают (кривые 2, 3), затем медленно падают (кривые 4, 5). Соответственно χ^{max}



Зависимость диамагнитной восприимчивости керамики $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ от температуры и количества высоковольтных импульсов напряжения (N) в случае искры на воздухе (1-5) и в жидком азоте (6).
 N : 1 - 0; 2,6 - 10^2 ; 3 - $5 \cdot 10^2$; 4 - 10^3 ; 5 - 10^4 .

изменяется примерно в 1.5 раза, T_c - на 13 К. Одновременно уменьшается в ≈ 2 раза, а затем возвращается к прежнему значению ширина перехода. Оптимальная экспозиция составляет $N \approx 500$. После удаления поверхностного слоя образца толщиной 100-200 мкм со всех его сторон исходная кривая перехода (1) практически восстанавливается (с учетом изменившегося объема). При повторении опыта закономерности СП перехода с изменением N в основном сохраняются. В случае воздействия электрических импульсов на образец, находящийся в жидком азоте, кривая перехода (6) смещается в сторону высоких температур до 25 К, а диамагнитный отклик возрастает почти в 2 раза, т.е. в большей степени, чем при обработке на воздухе. Диапазон изменения параметров перехода уменьшается, если обработка керамики осуществляется только электрическим полем - в отсутствие искрового разряда.

Аналогичные результаты получены и для других иттриевых соединений. Были исследованы характеристики не менее трех образцов каждого типа, эффект воздействия сильного электрического поля наблюдался в каждом из них. Из этих результатов следует, что величина эффекта пропорциональна начальной восприимчивости керамики. Состояние с измененными характеристиками переходами сохраняется длительное время.

Повышение критической температуры обусловлено, как известно, насыщением кислородной подсистемы керамики, а также наблюдалось

после выдержки ее в парах азота [2]. Все эти условия реализуются в процессе разряда [5]: образуется озон, происходит ионизация и возбуждение молекул азота и атмосферного кислорода, а в результате – интенсивное взаимодействие их с керамикой и активное насыщение (упорядочение) кислородных вакансий. Это подтверждается, с одной стороны, отличием изменения параметров сверхпроводника после обработки в жидком азоте от случая разряда на воздухе, когда преобладает только один из указанных факторов, а с другой – уменьшением эффекта в отсутствие разряда. Определенное улучшение параметров СП перехода в последнем случае можно объяснить увеличением степени однородности керамики в области действия электрического поля [3].

Автор благодарен Э.А. Смольяниновой, А.К. Беляевой и В.Ф. Малишевскому за предоставленные образцы керамики, В.П. Грибковскому и Г.И. Рябцеву за обсуждение результатов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Жуков А.А., Кокосинский В.Ю., Лазерь М.И. и др. Тез. докл. 1 Всес. сов. по высокотемпер. сверхпров. Харьков, 1988. Т. 1. С. 193-194.
- [2] Головашкин А.И., Левченко И.С., Мотулевич Г.П. и др. // ФТТ. 1988. Т. 30. В. 8. С. 2520-2523.
- [3] Коржув М.А., Лаптев А.В. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 4. С. 62-67.
- [4] Черепов С.В. // ПТЭ. 1986. № 5. С. 217-218.
- [5] Ануфриев А.Н., Костишин В.Г. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 13. С. 1-5.

Институт физики
им. Б.И. Степанова
АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию
11 июля 1989 г.
В окончательной редакции
6 декабря 1989 г.