Изв. АН Эстонии. Физ. Матем., 1990, 39, № 4, 376—378
https://doi.org/10.3176/phys.math.1990.4.09

УДК 537.312

Андрес СТОЛОВИЧ, Теа АВАРМАА

ГИСТЕРЕЗИС МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ НЕСВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК Y-Ba-Cu-O

Andres STOLOVITS, Tea AVARMAA. MITTEÜLIJUHTIVA Y-Ba-Cu-O-KILE MAGNETTAKISTUSE HÜSTEREES

Andres STOLOVICH and Tea AVARMAA. HYSTERESIS OF MAGNETORESISTANCE OF NON-SUPERCONDUCTING FILM OF Y-Ba-Cu-O

(Представил В. Хижняков)

Исследование зависимостей магнитных и электрических свойств высокотемпературных сверхпроводников от концентрации носителей тока важно для выяснения механизмов сверхпроводимости этих материалов. Методами магнитной восприимчивости показано, что сверхпроводящие керамики образованы из гранул, связанных джозефсоновскими переходами [1, 2]. В этой работе изучались несверхпроводящие пленки Y-Ba-Cu-O с целью обнаружения в них сверхпроводящих образований.

Тонкие пленки Y-Ba-Cu-O толщиной 0,1 мкм были изготовлены методом лазерного напыления (эксимерный лазер, длина волны 308 нм) стехиометрической таблетки $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ на подложку MgO (100). Для придания пленке полупроводниковых свойств она нагревалась в атмосфере кислорода в течение 45 мин при температуре 850 °C и охлаждалась до комнатной температуры со скоростью 5 град/ч. Сопротивление пленки измерялось посредством индиевых контактов четырехпроводным методом при постоянном токе. Измерения вольт-амперных характеристик и магнитосопротивления проводились в криостате с He^3 со сверхпроводящим соленоидом [3].

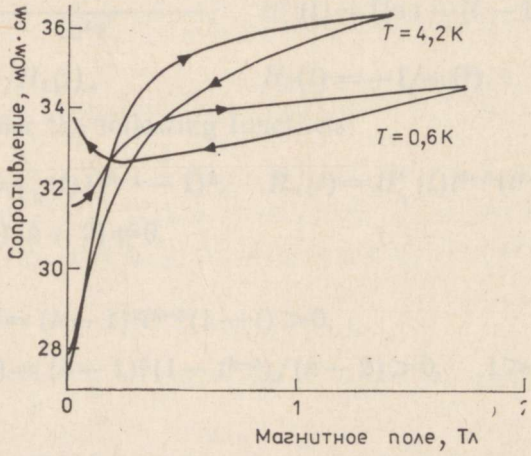

Рис. 1. Зависимость сопротивления пленки Y-Ba-Cu-O от величины магнитного поля, измеренная при температурах 4,2 и 0,6 K при токе 1 мкА. Стрелками показано направление изменения магнитного поля.

При понижении температуры (T) сопротивление пленки монотонно увеличивается. Наложение магнитного поля (H) увеличивает сопротивление пленки при $T=4{,}2$ К, причем эта зависимость описывается обратной петлей гистерезиса (сопротивление больше в возрастающем поле, чем в уменьшающемся) (рис. 1). При понижении температуры влияние магнитного поля на изменение сопротивления уменьшается. В сильных полях ($H>0{,}5$ Тл) изменение сопротивления по-прежнему характеризуется обратной петлей гистерезиса. В слабых полях ($H<0{,}5$ Тл) зависимость испытывает качественное изменение. При $T=0{,}6$ К с уменьшением магнитного поля сопротивление возрастает, достигая в нулевом поле значения, соответствующего $H=0{,}5$ Тл.

Дифференциальное сопротивление (dU/dI) уменьшается с увеличением тока (I) и его зависимость симметрична относительно нулевого значения (рис. 2). Охлаждение образца от 4,2 К до 2 К или 0,6 К приводит к резкому увеличению dU/dI при $|I|<1$ мкА.

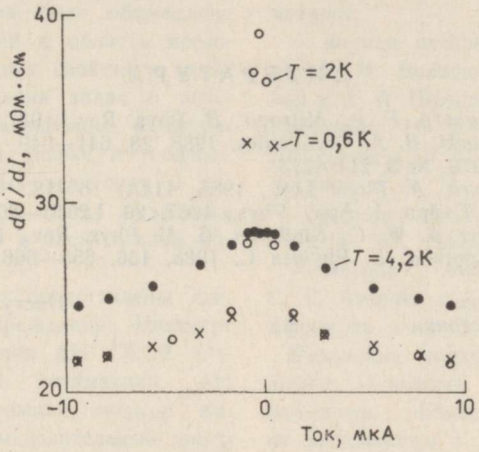

Рис. 2. Зависимость дифференциального сопротивления от тока, измеренная при температурах 4,2, 2 и 0,6 К.

Обратные петли гистерезиса типичны для зависимостей критического тока металлических сверхпроводящих мостиков и высокотемпературных сверхпроводящих керамик от внешнего магнитного поля [4, 5]. Этот эффект связан с индукцией внешним магнитным полем сверхпроводящих токов. Снятие внешнего магнитного поля сопровождается индукцией внутреннего магнитного поля (антипараллельного внешнему), которое сохраняется при нулевом внешнем поле. Так как исследуемый нами образец не обнаруживает перехода в сверхпроводящее состояние для $T\geqslant 0{,}6$ К, то мы предполагаем, что гистерезисное поведение сопротивления в нашем образце связано с отдельными сверхпроводящими кластерами. Это предположение также объясняет изменение зависимости сопротивления от слабого магнитного поля при охлаждении. Критическое поле сверхпроводящих кластеров при охлаждении увеличивается и поэтому в уменьшающемся внешнем магнитном поле внутреннее поле начинает преобладать над внешним.

Зависимости dU/dI от тока и температуры также указывают на наличие сверхпроводящих кластеров, так как характер их изменения аналогичен характеру изменения дифференциального сопротивления туннельного контакта между сверхпроводящими Y-Ba-Cu-O и Pb [6].

Наличие кластеров может быть объяснено двумя способами: 1) кластеры образуются из-за неоднородностей при выращивании образца (поликристалл), 2) согласно теории Хижнякова—Сигмунда, в диэлектрических $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ и $La_{2-x}(Sr, Ba)CuO_4$ дырки локализованы в фрактальных ферромагнитных кластерах, посредством которых при большей концентрации дырок осуществляется перколяционная металлическая проводимость; при низких температурах указанные фрактальные кластеры переходят в сверхпроводящее состояние [7].

В настоящей работе показано, что измерения дифференциального сопротивления и магнитосопротивления могут быть использованы для изучения структуры несверхпроводящих пленок Y-Ba-Cu-O.

Авторы выражают благодарность В. Хижнякову за предложение темы исследования и полезные обсуждения и Ю. Максимову за помощь при лазерном напылении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Razavi, F. S., Koffgberg, F. P., Mitrovic, B.* Phys. Rev., 1987, **B35**, 5323—5326.
2. *Evetts, J. E., Glowacki, B. A.* Cryogenics, 1988, **28**, 641—649.
3. *Лийдья, Г.* ПТЭ, 1979, № 3, 211—213.
4. *Aomine, T., Yonekura, A.* Phys. Lett., 1986, **114A**, 16—18.
5. *Aomine, T., Kohje, T.* Jpn. J. Appl. Phys., 1987, **26**, L2013—2014.
6. *Gijs, M. A., de Vries, J. W. C., Stollman, G. M.* Phys. Rev., 1988, **B37**, 9837—9839.
7. *Hizhnyakov, V., Sigmund, E.* Physica C, 1988, **156**, 655—666.

Институт физики
Академии наук Эстонии

Поступила в редакцию
17/V 1990