

05.4
©1993

ОБРАЗОВАНИЕ ТОКОВЫХ СЛОЕВ В ПОРОШКЕ Y-Ba-Cu-O

В.И.Баткин, О.Я.Савченко

Большая общая поверхность гранул порошка куприта Y-Ba увеличивает чувствительность индукционных методов настолько, что позволяет этими методами исследовать проникновение в сверхпроводящие гранулы магнитных полей. Такие исследования представляют научный интерес в связи с возможностью квантовых эффектов. Сведения о магнитных свойствах гранул купритов Y-Ba имеют прикладное значение, поскольку эти свойства определяют качество изготовленных из порошка керамических изделий.

Наши индукционные измерения при 77 К показали, что магнитное поле > 0.5 Э, которое значительно меньше поля $H_{c1} > 50$ Э кристаллов купритов Y-Ba [1,2], проникает в сверхпроводящие гранулы. При этом магнитные свойства порошка качественно подобны свойствам керамических изделий, которые из него изготавливаются [3]. Поскольку порошок состоит из изолированных гранул, то такое подобие свойств является основанием для использования модели Бина [4] для описания проникновения магнитного поля в отдельные гранулы. Наиболее яркой иллюстрацией применимости модели Бина к гранулам порошка является образование токовых слоев при действии на гранулы знакопеременных импульсов магнитного поля, амплитуда которых последовательно уменьшается. В этом случае в гранулах должны образовываться токовые слои с чередующимся направлением токов, толщина которых тем больше, чем больше разница амплитуд двух соседних импульсов.

Эксперименты по созданию токовых слоев проводились с порошком $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$, изготовленным научно-производственным концерном "Алтай", при температуре 77 К. Средний размер гранул 2-3 мкм. Слои незатухающего тока чередующейся полярности создавались в гранулах порошка магнитным полем, временная зависимость которого имела вид пакета импульсов чередующейся полярности с эквидистантно падающей амплитудой. Амплитуда импульсов в пакете менялась от 200 Э до 0 Э. Количество импульсов варьировалось в пределах от 4 до 128. Токовые слои обнаруживались по осцилляциям производной в зависимости дифференциальной магнитной восприимчивости порошка от магнитного поля. Для определения дифференциальной магнитной восприимчивости порошок подвергался действию линейно возрастающего со скоростью 250 кЭ/с магнитного поля. Его конфигурация совпала с конфигурацией поля, создающего токовые слои. Измерялся сигнал разбаланса ЭДС двух идентичных длинных соленоидов, один из которых содержал ампулу с порошком.

На рис. 1 показано, как меняется дифференциальная магнитная восприимчивость порошка χ в зависимости от магнитного поля H .

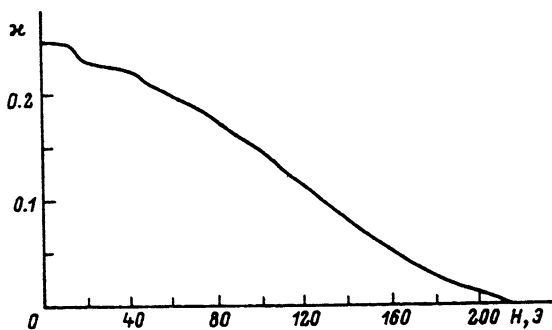


Рис. 1. Зависимость дифференциальной магнитной восприимчивости порошка от магнитного поля.

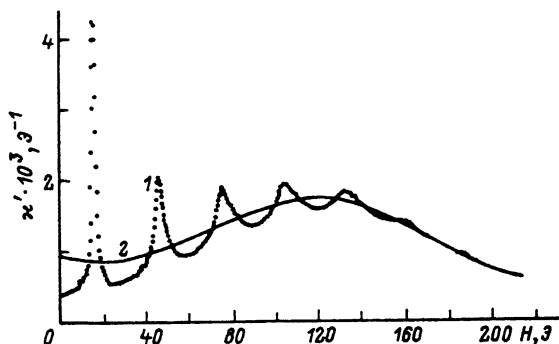


Рис. 2. Зависимость производной дифференциальной магнитной восприимчивости порошка от магнитного поля для порошка в случае, когда он подвергался действию пакета из 16 импульсов магнитного поля (кривая 1) и для порошка, не несущего тока в исходном состоянии.

Порошок подвергался действию пакета из 16 импульсов магнитного поля. Токосые слои в гравулах порошка вызывают перегибы кривой $\chi(H)$. Более ярко они проявляются в производной по магнитному полю χ' , показанной на рис. 2 (кривая 1). Для сравнения здесь же дана производная χ' для порошка, не несущего токов в исходном состоянии (кривая 2). В модели Бина [1] возрастающее во времени магнитное поле распространяется от поверхности в глубь сверхпроводника и возбуждает на своем пути слой тока критической плотности, экранирующий внутренний объем сверхпроводника. Дифференциальная магнитная восприимчивость равна доле объема порошка, в которую магнитное поле еще не проникло. Ее производная χ' пропорциональна скорости перемещения фронта потока внешнего поля. Условие экранировки внутреннего объема сверхпроводника связывает эту производную со скачком плотности тока на фронте потока. Таким образом, максимумы и минимумы кривой 1 (рис. 2) отвечают прохождению фронтом слоя тока одинаковой и соответственно противоположной полярности

току за фронтом. Приведенные на рис. 1 данные показывают, что объем токовых слоев сопоставим с объемом гранул.

С целью исключить эффект межгранульных связей, аналогичный эксперимент был проведен с порошком, разбавленным в 8 раз нейтральным наполнителем. Кривые κ' для плотного и разбавленного порошка после их нормировки на плотность совпали с точностью 10%. Близкие результаты дали эксперименты с керамикой, изготовленной из порошка, когда межгранульные токи были подавлены постоянным магнитным полем 400 Э.

Приведенные экспериментальные результаты подтверждают применимость модели Бина к гранулам порошка Y-Ba-Cu-O. Нами не обнаружены эффекты, связанные с квантованием магнитного потока в гранулах, хотя в экспериментах создавались до 30 последовательных токовых слоев. В этом случае магнитное поле токового слоя было 1.5 Э и для того, чтобы он нес хотя бы один квант потока магнитного поля, площадь его поперечного сечения должна составлять величину $> 1.5 \cdot 10^{-7}$ см², близкую к полной площади сечения гранулы.

Список литературы

- [1] Мейлизов Е.З., Шапиро В.Г. Критические поля высокотемпературных сверхпроводников // СФХТ. 1991. Т. 4. Вып. 8. С. 1437—1491.
- [2] Моцалков В.В., Маран К. и др. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 53. Вып. 3. С. 157—161.
- [3] Савченко О.В., Савченко О.Я. // СФХТ. 1992. Т. 5. № 8. С. 1465—1467.
- [4] Bean C.P. // Phys. Rev. Lett. 1962. V. 8. N 6. P. 250—259.

Институт химической
кинетики и горения СО РАН,
Новосибирск

Поступило в Редакцию
4 февраля 1993 г.
В окончательной редакции
6 мая 1993 г.