

## Петли намагничивания ВТСП $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ с микроструктурой пены

М.И. Петров\*, Д.А. Балаев\*, К.А. Шайхутдинов\*, Д.М. Гохфельд\*, С.И. Попков\*\*, С.А. Сацук\*

\*Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, 660036 Красноярск, Россия

\*\*Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева, 660014 Красноярск, Россия

**Представлены результаты исследования магнитных свойств ВТСП  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  низкой плотности с микроструктурой пены.**

Сверхпроводники с микроструктурой пены являются новым классом материалов, представляющим интерес в плане фундаментальных исследований и перспективным для прикладных применений в различных отраслях. Особый интерес представляет исследование процессов пиннинга и течения вихрей в таких пористых средах и их связь с реализующейся фрактальной размерностью среды.

В нашей предыдущей работе [1] были представлены первые результаты структурных и транспортных исследований пористого материала, полученного на основе ВТСП  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ . Здесь мы приводим результаты магнитных измерений пористого  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ . Измерения полевых зависимостей намагниченности  $M(H)$  в полях до 60 кЭ проводились на вибрационном магнитометре с сверхпроводящим соленоидом [2]. Образцы имели цилиндрическую форму с высотой ~4 мм и диаметром ~1 мм, магнитное поле параллельно оси цилиндра.

На рис. 1 представлены зависимости  $M(H)$  пористого  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  низкой плотности (квадраты) и «реперного» поликристаллического ВТСП  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  (кружки). «Репер»  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  был синтезирован из материала пористого ВТСП по стандартной керамической технологии. Плотность «реперного» ВТСП составила 0.95 от теоретической для ВТСП Bi-2223, в отличие от 0.38 для пористого материала.

Форма петель намагниченности на рис.1 одинакова для пористого и «реперного» ВТСП. Однако абсолютная величина диамагнитного отклика больше в 2.4 раза в случае пористого материала (в единицах эме/г). Массы образцов объемного ВТСП (0.0264 г) и пористого ВТСП (0.0179 г) отличаются в 1.48 раз. Таким образом, диамагнитный отклик образца из пористого ВТСП больше в 1.63 раза, чем в случае поликристаллического ВТСП.

Для описания зависимостей  $M(H)$  и оценки величины критического тока часто используется модель Бина [3]. Недостатком модели Бина является то, что она учитывает только внутригранульные токи. При расчете петель намагниченности поликристаллических ВТСП важен учёт влияния межгранульных токов.

Для описания экспериментальных данных мы использовали теорию Валькова-Хрусталева [4], учитывающую гранулированность сверхпроводящей среды. Также теория [4] учитывает наличие

функции распределения размеров сверхпроводящих гранул. Основными подгоночными параметрами в теории [4] являются плотность критического тока  $j_c$  и средний размер гранул  $d$ . Из данных сканирующей электронной микроскопии [1] мы оценили средний размер гранул 1.5 мкм для объемного Bi-ВТСП и 10 мкм для пористого Bi-ВТСП. Удовлетворительное согласие вычисленных кривых с экспериментальными петлями намагничивания поликристаллического ВТСП и пористого ВТСП достигается при использовании значений  $j_c = 16 \times 10^6$  А/см<sup>2</sup> и  $6 \times 10^6$  А/см<sup>2</sup> соответственно.

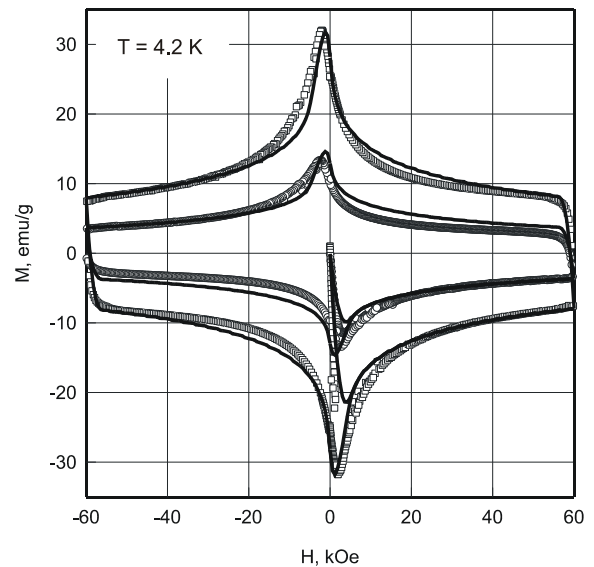


Рис. 1. Петли намагничивания ВТСП. Экспериментальные  $M(H)$  для поликристаллического  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  (кружки) и пористого  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  (квадраты). Сплошная линия — результат вычисления зависимостей  $M(H)$  по теории [6].

Таким образом, в ВТСП  $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  с микроструктурой пены наблюдается увеличение диамагнитного отклика по сравнению с поликристаллическим ВТСП. Пористая структура материала обеспечивает хороший теплообмен с хладагентом. Это делает такие материалы перспективными для возможного практического применения.

Работа поддержана грантом МК 1682.2004.2 программы по поддержке молодых ученых Президента Российской Федерации и Красноярским краевым фондом науки (ККФН), грант 12F0033С, а

также частично поддержана грантом ККФН 14G025.

1. М.И. Петров, Т.Н. Тетюева, Л.И. Квеглис и др. Письма в ЖТФ 29, 40 (2003).
2. А.Д. Балаев, Ю.В. Бояршинов, М.М. Карпенко. ПТЭ 3, 167 (1985).
3. С.Р. Bean. Rev. Mod. Phys. 36, 31 (1964).
4. В.В. Вальков, Б.П. Хрусталеv. ЖЭТФ 107, 1221 (1995).