

Отметим, что с увеличением плотности пучка осцилляторов возрастают средние потери энергии частиц пучка на возбуждение волны и соответственно максимальная энергия ускоренных частиц.

Авторы благодарны Я. Б. Файнбергу за обсуждение полученных результатов.

Литература

- [1] Файнберг Я. Б. // Физика плазмы. 1987. Т. 13. Вып. 5. С. 607—624.
- [2] Гришяев И. А., Дедик А. Н., Шендерович А. М. // V Всесоюз. симп. по коллективным методам ускорения. Дубна, 1978. С. 102—105.
- [3] Weland T. // IEEE Trans. of Nuclear Sci. 1985. Vol. NS-32. N 5. P. 3471—3475.
- [4] Chen P., Dawson J. M., Huff R. W., Katsouleas T. // Phys. Rev. Lett. 1985. Vol. 54. N 7. P. 693—696.
- [5] Bane K. L., Chen P., Wilson P. B. // IEEE Trans. of Nuclear Sci. 1985. Vol. NS-32. N 5. P. 3524—3526.
- [6] Katsouleas T. // Phys. Rev. A. 1986. Vol. 53. N 3. P. 2056—2064.

Харьковский физико-технический институт АН УССР

Поступило в Редакцию
15 мая 1988 г.

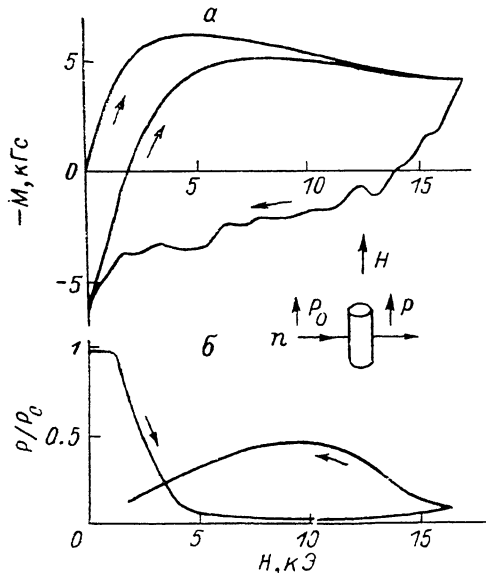
ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШАННОГО СОСТОЯНИЯ В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКЕ $YBa_2Cu_3O_{6.9}$ С ПОМОЩЬЮ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ

М. П. Волков, Р. П. Дмитриев, Н. К. Жученко, В. А. Трунов,
В. К. Федотов, Р. З. Ягуд

Смешанное состояние сверхпроводников второго рода успешно изучалось с помощью поляризованных нейтронов [1, 2]. В этом методе пучок нейтронов с поляризацией P_0 пропускают через исследуемый образец и измеряют поляризацию P после образца. Отношение P/P_0 для смешанного состояния сверхпроводников определяется средним углом отклонения линий потока от направления приложенного поля. Это отклонение может вызываться действием центров пиннинга, сильно взаимодействующих с линией потока и искривляющих ее, а также корреляцией линий потока с кристаллической решеткой для анизотропных сверхпроводников.

В данной работе этот метод был использован для изучения смешанного состояния сверхпроводящей керамики $YBa_2Cu_3O_{6.9}$. Образец был приготовлен из порошков окислов методом высокотемпературного спекания ($T \sim 950^\circ\text{C}$) и длительного отжига (~ 80 ч) в потоке кислорода. Готовый порошок был компактирован в таблетку при давлении 2 кбар и дополнительно термообработан при $T=930^\circ\text{C}$ в течение 30 ч в атмосфере кислорода. Из этой таблетки был вырезан образец в виде цилиндра диаметром 9 мм и длиной 29 мм. Критическая температура образца $T_k=90$ К (середина перехода по восприимчивости), $\Delta T_k=2$ К, плотность 5.2 г/см³, размер зерен до 40 мкм, ромбическая симметрия $R\bar{4}2m$ с $a=3.82$, $b=3.88$, $c=11.86$ Å. Образец показывает практически полное выталкивание потока при малых полях.

На рисунке, а приведена кривая намагниченности образца $YBa_2Cu_3O_{6.9}$, а на рисунке, б — зависимость P/P_0 от приложенного поля при $T=4.2$ К. Рассмотрим, как меняются



На вставке схема эксперимента.

На рисунке, а приведена кривая намагниченности образца $YBa_2Cu_3O_{6.9}$, а на рисунке, б — зависимость P/P_0 от приложенного поля при $T=4.2$ К. Рассмотрим, как меняются

намагниченность и поляризация при увеличении поля. В области малых полей намагниченность линейно растет с полем, отклонение от линейности наблюдается в поле 800 Э. В этой области полей поле в образец не проникает и поляризация нейтронов не изменяется. При увеличении поля до 5 кЭ намагниченность достигает максимума, а поляризация сильно уменьшается. Поле отклонения от линейности (800 Э) и поле максимума намагниченности (5 кЭ) несколько больше, чем значения $H_{c1}^{\perp}=200$ Э и $H_{c1}^{\parallel}=4$ кЭ, измеренные на монокристаллах этого соединения в направлениях вдоль и поперек оси C [3]. Это приводит к предположению [4], что в данном интервале полей имеют место проникновение потока в кристаллические гранулы, различно ориентированные относительно приложенного поля, и установление критического состояния во всем объеме гранул. Этому процессу и соответствует сильное уменьшение поляризации (на $\sim 90\%$), что значительно больше, чем значения, наблюдавшиеся в ранее исследованных сверхпроводниках V, Nb, NbTa [1, 2], где максимальное уменьшение поляризации не превосходило 35%. Такое существенное отличие означает, по-видимому, что основной причиной деполяризации в сильно анизотропной керамике является отклонение линий потока от направления приложенного поля из-за сильной корреляции решетки линий потока с кристаллической решеткой в гранулах.

В полях от 5 до 16 кЭ поляризация меняется слабо, и намечается рост поляризации с увеличением поля. В поликристаллических V, Nb и NbTa поляризация, пройдя через минимум, практически всегда становится равной исходной ($P/P_0=1$) в поле H^+ , при котором повторная ветвь кривой намагниченности (от состояния с захваченным потоком) сливается с ветвью намагниченности при первом увеличении поля. Для керамики поле $H^+=14$ кЭ, а поляризация остается малой и при поле 16.5 кЭ. Такое поведение напоминает поведение монокристаллического ванадия [2], для которого поляризация становилась равной исходной в поле, заметно превышающем H^+ . Это совпадение также говорит в пользу того, что для керамики определение поляризации определяется в основном анизотропными сверхпроводящими свойствами составляющих ее гранул. Однако надо учитывать, что при возрастании значения параметра Гинзбурга—Ландау κ влияние анизотропии кристаллической решетки уменьшается [5], а для керамики κ очень велико [6]. Кроме того, оценка объемной плотности силы пиннинга для керамики из гистерезиса намагниченности показывает, что она более чем на два порядка превышает объемную плотность силы пиннинга образцов из [1, 2] и в отличие от них слабо изменяется с полем. Это должно приводить только к слабой зависимости P/P_0 от поля при $H > 5$ кЭ.

В заключение отметим, что метод исследования смешанного состояния по изменению поляризации нейтронов в применении к ВТСП материалам может давать информацию о пиннинге линий потока и магнитной анизотропии этих материалов в широком интервале магнитных полей.

Литература

- [1] Weber H. W., Pfeiffer K., Rauch H. // Z. Physik. 1971. Bd 244. N 5. S. 383—394.
- [2] Weber H. W. // J. Low Temp. Phys. 1974. Vol. 17. N 1/2. P. 49—63.
- [3] McGuire T. R., Dinger T. R., Freitas P. G. P. et al. // Phys. Rev. B. 1987. Vol. 36. N 7. P. 4032—4037.
- [4] Isikawa Y., Mori K., Kobayashi K., Sato K. // Jap. J. Appl. Phys. 1987. Vol. 26. N 9. P. L1535—L1539.
- [5] Хюбнер Р. П. Структуры магнитных потоков в сверхпроводниках. М.: Машиностроение, 1984. 71 с.
- [6] Matsushita T., Iwakuma M., Sudo Y. et al. // Jap. J. Appl. Phys. 1987. Vol. 26. N 9. P. L1524—1526.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
30 июня 1988 г.