

может достигнуть величины, способной вызвать распад самой ДГ. При этом доминирующую роль в распаде играет ее скорость.

Авторы выражают глубокую благодарность В. Н. Селезневу, М. Б. Стругацкому за предоставление кристаллов для исследований.

Список литературы

- [1] Барьяхтар В. Г., Иванов Б. А. // ФММ. 1975. Т. 39. № 3. С. 478—485.
- [2] Туров Е. А., Луговой А. А. // ФММ. 1980. Т. 50. № 4. С. 717—729; № 5. С. 903—913.
- [3] Недлин Г. М., Шапиро Р. Х. // ФТТ. 1976. Т. 18. № 6. С. 1696—1702.
- [4] Звездин А. К., Костюченко В. В., Мухия А. А. // Препринт ФИАН СССР. 1983. № 209.
- [5] Четкин М. В., Лыков В. В., Терещенко В. Д. // ФТТ. 1990. № 3. С. 939—941.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
14 мая 1990 г.

УДК 537.638.5; 538.945

© Физика твердого тела, том 33, № 1, 1991
Solid State Physics, vol. 33, N 1, 1991

ЭНТРОПИЯ СМЕШАННОГО СОСТОЯНИЯ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

А. М. Быков, Я. И. Южелевский

В таких соединениях, как ВТСП керамика $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, гигантское значение H_{c2} и перколяционный характер перехода чрезвычайно затрудняют прямое определение многих параметров. Изменение энтропии при переходе в смешанное состояние $\Delta S/\Delta H$ выражается комбинацией параметра Гинзбурга—Ландау κ и температурной производной верхнего критического поля dH_{c2}/dT , которое в свою очередь может быть рассчитано из данных по магнитосопротивлению [1]. В настоящей работе $\Delta S/\Delta H$ определено в калориметрическом эксперименте, что в сочетании с результатами измерения dH_{c2}/dT позволило получить независимую оценку параметра κ .

Изменение температуры магнетика, в данном случае сверхпроводника, обусловленное магнитокалорическим эффектом, в адиабатическом процессе определяется соотношением [2]

$$T_2 - T_1 = T \int_{H_1}^{H_2} -\frac{1}{C_{p,H}} \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_{H,p} dH, \quad (1)$$

где T — температура, $C_{p,H}$ — теплоемкость единицы объема, M — плотность намагниченности.

Как показано в [3], для ВТСП керамики в широком интервале полей $H > H_{c1}$

$$M = (H - H_{c2})/8\pi\kappa^2. \quad (2)$$

Теплоемкость можно считать независимой от поля, так как даже ее скачок при T_c ($H=0$) составляет всего 1.5 % общей величины [4]. Подставляя (2) в (1) и учитывая адиабатичность процесса, получим

$$\frac{\Delta S}{\Delta H} = \frac{T_1 - T_2}{H_2 - H_1} \frac{C_p}{T} = -\frac{dH_{c2}/dT}{8\pi\kappa^2}. \quad (3)$$

Как видно, при включении поля температура сверхпроводника понижается, а энтропия возрастает.

В эксперименте адиабатичность обеспечивалась использованием калориметрической ячейки, подобной описанной в [5]. Изменение температуры образца при изменении поля фиксировалось относительно массивного медного диамагнитного блока дифференциальной термопарой. Темпера-

тура блока измерялась платиновым термометром сопротивления и поддерживалась с точностью до 10^{-3} К. Магнитосопротивление измерялось в той же ячейке четырехзондовым методом на постоянном токе. Образец сверхпроводящей керамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ имел плотность, близкую к расчетной, и представлял собой пластинку $1 \times 1 \times 0.1$ см. Поверхность пластинки размещалась в ячейке перпендикулярно полю. Температурная зависимость доли полного объема, занятого сверхпроводящей фазой η_s , была определена в отдельном эксперименте методом диамагнитного отклика [6].

Зависимость разности температур, обусловленной магнитокалорическим эффектом, от величины поля ($H_1=0$) при некоторых температурах показана на рис. 1. Для правильного расчета $\Delta S/\Delta H$ необходимо учесть,

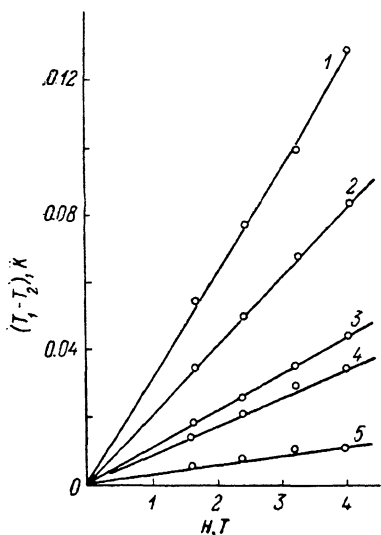


Рис. 1. Изменение температуры образца $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ в зависимости от величины магнитного поля при $T=29$ (1), 35.2 (2), 64.3 (3), 82.7 (4), 91.2 К (5).

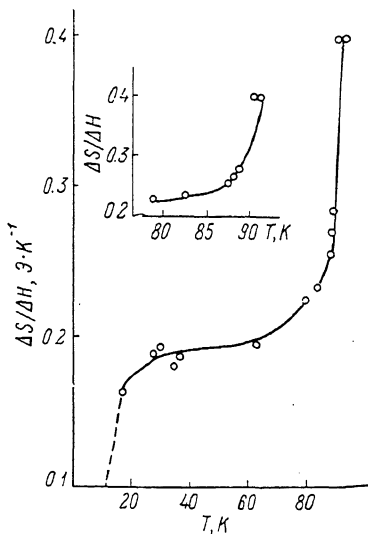


Рис. 2. Температурная зависимость величины магнитокалорического эффекта для ВТСП керамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

что переход керамического образца в нормальную фазу происходит в интервале температур и количество сверхпроводящей фазы по мере приближения к T_c уменьшается. Поэтому в соответствии с (3)

$$\Delta S = \frac{(T_1 - T_2)}{T_{\eta_s}} C_p(T). \quad (4)$$

Значения теплоемкости рассчитывались по [7].

Результирующая температурная зависимость $\Delta S/\Delta H$ показана на рис. 2. Как видно, она имеет весьма сложный вид, что, по-видимому, связано с существованием различного рода дефектов керамического образца. Характерный размер зерна составляет 10^{-4} – 10^{-3} см, а расстояние между отдельными флюксоидами в полях от 1 до 4 Тл — $(2 \div 4) \cdot 10^{-6}$ см. Поэтому флюксоиды могут располагаться как внутри зерен, так и в межгранульных промежутках, а также на других дефектах. Можно предположить, что флюксоиды, которые располагаются в относительно совершенных участках зерен, при повышении температуры дают монотонно возрастающий вклад в величину $\Delta S/\Delta H$. Это связано с ростом удельной энтропии при приближении к T_c . Что касается флюксоидов, размещенных на дефектах, то при низких температурах их коры не проникают в сверхпроводящую фазу и не дают вклада в изменение энтропии. Только при приближении к переходу сердцевин этих вихрей, расширяясь, начинают проникать в сверхпроводящие области, что и приводит к резкому росту $\Delta S/\Delta H$ именно вблизи T_c (рис. 2, вставка).

Величины производных верхних критических полей определялись в настоящей работе по методике [1]. Установлено, что для нашего образца вблизи T_c $dH_{c2}^{\pm}/dT = -0.45$ Тл·К⁻¹, $dH_{c2}^{\parallel}/dT = -7$ Тл·К⁻¹. Усреднение по направлениям приводит к величине $dH_{c2}/dT \approx -0.64$ Тл·К⁻¹. Принимая $\Delta S/\Delta H = 0.4$ Э·К⁻¹ при $T = T_c$, получаем оценку $\kappa \approx 25$, что находится в хорошем согласии с [8].

В заключение можно отметить, что для соединений с $\kappa \gg 1$, т. е. для ВТСП, величина $\Delta S/\Delta H$ совпадает с величиной S_i/φ_0 дополнительной энтропии на единицу длины вихря в изотермическом процессе (φ_0 — квант потока). Таким образом, для $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ $S_i/\varphi_0 = 0.4$ Э·К⁻¹ при $T = T_c$.

Авторы благодарят П. Н. Михеенко за исследование образца методом диамагнитного отклика, Г. В. Шустера и Ю. В. Медведева за ценные советы и полезную дискуссию.

Работа поддержана научным советом по проблеме ВТСП и выполнена в рамках проекта № 101 Государственной программы «Высокотемпературная сверхпроводимость».

Список литературы

- [1] Глазман Л. И., Кошелев А. Е., Лебедь А. Г. // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. № 6. С. 259—269; Дмитренко И. М., Глухов А. М., Зайка А. С. и др. // ФНТ. 1988. Т. 14. № 10. С. 1045—1058.
- [2] Сычев В. В. Сложные термодинамические системы. М.: Энергия. 1970. 231 с.
- [3] Мейлихов Е. З. // СФХТ. 1989. Т. 2. № 9. С. 5—29.
- [4] Бойко Ф. А., Бочковая Г. Ю., Быков А. М., Коварский В. Л., Сухаревский Б. Я. // ФНТ. 1990. Т. 16. № 1. С. 26—30.
- [5] Сухаревский Б. Я., Бойко Ф. А., Быков А. М., Ганенко В. Е. // Препринт ДонФТИ АН УССР 83-13 (86). Донецк, 1983. 50 с.
- [6] Михеенко П. Н., Кузовлев Ю. Е., Малышев Б. Н. // Препринт ДонФТИ АН УССР 89-34. Донецк, 1989. 28 с.
- [7] Бойко Ф. А., Бочковая Г. Ю., Быков А. М. и др. // Препринт ДонФТИ АН УССР 89-40. Донецк, 1989. 33 с.
- [8] Горьков Л. П., Копнин Н. Б. // УФН. 1988. Т. 156. № 1. С. 117—135.

Донецкий физико-технический институт
АН УССР

Поступило в Редакцию
29 мая 1990 г.

АКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ И ГИСТЕРЕЗИСА В НЕСОРАЗМЕРНОЙ ФАЗЕ КРИСТАЛЛОВ Cs_2CdBr_4

О. Г. Влох, А. В. Китык, О. М. Мокрый, В. Г. Грибик

К настоящему времени эффект термической памяти (ЭТП) обнаружен в несоизмерных фазах (НФ) ряда сегнетоэлектриков и сегнетоэластиков по диэлектрическим и оптическим свойствам [1—7]. В соответствии с указанными работами, если такие кристаллы предварительно выдерживать при определенной стабилизированной температуре T^* в НФ, то впоследствии на температурных зависимостях диэлектрической восприимчивости χ и оптического двупреломления Δn в окрестности T^* возникают своеобразные аномалии этих величин. В существующей теории [4] появление ЭТП объясняется эффектами пространственного перераспределения примесей и дефектов в поле несоизмерно-модулированной структуры кристалла. Поскольку время выдерживания образца при $T = T^*$ обычно значительно превышает время релаксации подвижных дефектов и примесей, то в кристалле образуется волна плотности их распределе-