

Аномальное тепловое расширение монокристаллов $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_6$ при низких температурах и влияние на него магнитного поля

А.И.Головашкин, Н.В.Аншукова

Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, 119991 Москва, Россия

Л.И.Иванова, А.П.Русаков, Д.А.Шулятев

Московский государственный институт стали и сплавов, 117936 Москва, Россия

И.Б.Крынецкий

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119899 Москва, Россия

Для монокристаллов $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$ обнаружено аномальное (отрицательное) тепловое расширение области температур $T=10-20\text{K}$. Найдено, что магнитное поле $H=1-3\text{T}$ сильно влияет на эту аномалию. При $T\approx 30-50\text{K}$ найдена особенность теплового расширения, которая может быть связана с образованием псевдощели. Результаты согласуются с данными для других ВТСП, что указывает на фундаментальный характер этих аномалий.

Температурная зависимость коэффициента теплового расширения $\alpha(T)$ при низких температурах ВТСП оказалась аномальной [1,2] ($\alpha(T)<0$). При этом на положение и ширину области аномалии $\alpha(T)$ оказывает сильное влияние магнитное поле в несколько Тесла [3]. По-видимому, эти аномалии являются фундаментальным свойством всех ВТСП систем. Однако для окончательного вывода необходимо проведение исследований в системах, где зависимость $\alpha(T,H)$ еще не изучалась.

В настоящей работе на монокристаллах $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$ с разным уровнем легирования проведены измерения теплового расширения в области температур $4.2-80\text{K}$ и исследовано влияния на него магнитных полей до 2.8T . Были изучены образцы, приготовленные двумя методами: Bi-1 и Bi-2 [4,5]. Результаты тестирования образцов, показывающие их высокое качество, приведены в [6]. Образцы Bi-1 легированы сильнее, чем Bi-2.

Изменение длины образца $\Delta L/L$ измерялось дилатометрическим методом с чувствительностью $\sim 5 \cdot 10^{-7}$ [7]. Магнитное поле было параллельно направлению, в котором измерялась деформация образца (плоскость "ab").

На Рис.1 показаны типичные температурные зависимости $\Delta L/L$ при $H=0$ для образцов обоих типов (Bi-1 и Bi-2). На кривой для образца Bi-2 четко видны две особенности: в области $T \leq 30\text{K}$ и в области $T \sim 50\text{K}$. Для образцов Bi-1 с более высоким уровнем легирования зависимость $\Delta L/L$ имела лишь слабую особенность в районе $T=25-35\text{K}$.

Температурные зависимости коэффициента теплового расширения $\alpha=(1/L)dL/dT$ в области низкотемпературной аномалии и влияние на нее магнитного поля для образцов типа Bi-2 показаны на Рис.2. Видно, что с ростом магнитного поля

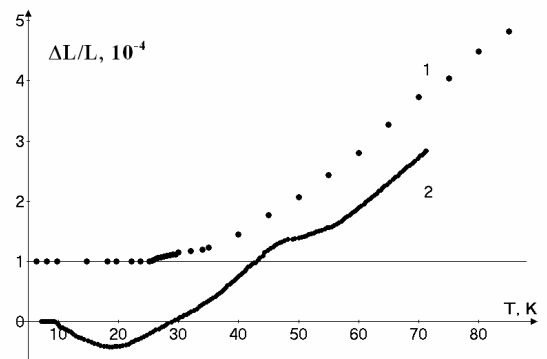


Рис.1. Температурные зависимости $\Delta L/L$ для образцов Bi-1 (1) и Bi-2 (2) при $H=0$. Кривая для образца Bi-1 сдвинута по оси ординат на $1 \cdot 10^{-4}$.

область с $\alpha < 0$ смещается в сторону меньших температур. Положения аномалий $\Delta L/L$, наблюдающихся для образцов Bi-2 в области более

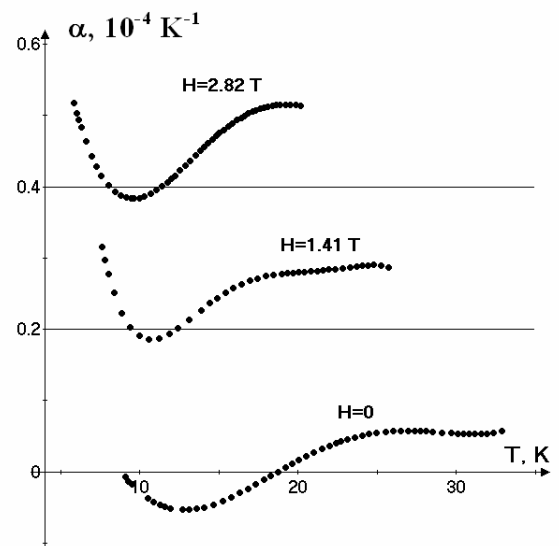


Рис.2. Температурные зависимости $\alpha(T)$ для образцов Bi-2 в разных магнитных полях H . Кривые, соответствующие разным магнитным полям, сдвинуты по оси ординат на величины, кратные $0.2 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$.

высоких температур (30-55 K), для разных магнитных полей H показаны на Рис.3. Результаты представлены в следующей форме: из экспериментальных данных вычтена линейная зависимость, экстраполированная из области низких температур (как видно из Рис.3, экспериментальные данные в этой области с высокой точностью описываются линейным законом). Видно, что с увеличением магнитного поля начало аномалии также смещается в область низких температур.

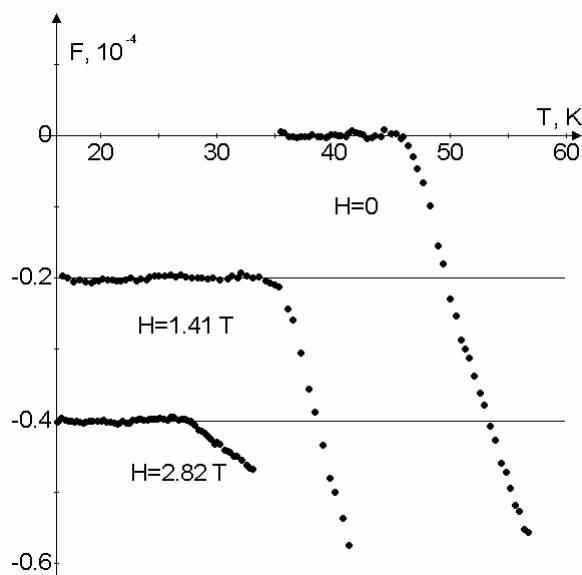


Рис.3. Положения аномалий $\Delta L/L$, наблюдающихся при $T \approx 30-55$ K, для разных магнитных полей H . Данные для $\Delta L/L$, соответствующие разным магнитным полям, сдвинуты по оси ординат на величины, кратные $0.2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Из Рис.2 и 3 следует, что в полях $H \sim 10$ T, которые существенно меньше H_{c2} , наблюдаемые аномалии должны исчезнуть. Это указывает на электронную природу возникновения аномального (отрицательного) α [8]. Отметим, что особенности,

наблюдаемые при $T \approx 30-55$ K, могут соответствовать образованию псевдощели Δ^* .

Из результатов настоящей работы следует, что аномальное тепловое расширение ($\alpha < 0$) исчезает при увеличении уровня легирования образца, как это ранее наблюдалось в системе $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$. У образца Bi-1, соответствующего более высокому уровню легирования, практически отсутствовала низкотемпературная аномалия $\alpha < 0$ как это видно из Рис.1.

Полученные результаты дают основания считать, что наблюдаемые аномалии тепловых свойств, включая их зависимость от магнитного поля и уровня легирования, являются фундаментальным свойством ВТСП систем.

Авторы благодарят Г.А.Калюжную за приготовление образцов. Работа выполнена при поддержке РФФИ и Министерства образования и науки.

1. A.I.Golovashkin, N.V.Anshukova, L.I.Ivanova, I.B.Krinetskiy, A.P.Rusakov. *Int. J. Mod. Phys. B* **12**, 3251 (1998).
2. Н.В.Аншукова, Б.М.Булычев, А.И.Головашкин, Л.И.Иванова, И.Б.Крынецкий, А.П.Русаков. *ЖЭТФ* **124**, 80 (2003).
3. Н.В.Аншукова, А.И.Головашкин, Л.И.Иванова, И.Б.Крынецкий, А.П.Русаков. *Письма в ЖЭТФ* **71**, 550 (2000).
4. А.М.Апрелев, V.A.Grazhulis, G.A.Shulyatev. *Phys. Low-Dim. Struct.* **10**, 31 (1994).
5. Y.I.Gorina, G.A.Kaljushnaia, N.N.Senturina, V.A.Stepanov. *Solid State Comm.* **126**, 557 (2003).
6. Н.В.Аншукова, А.И.Головашкин, Л.И.Иванова, И.Б.Крынецкий, А.П.Русаков, Д.А.Шулятев. *Краткие сообщения по физике, ФИАН, Москва, №8*, 32 (2003).
7. N.V.Anshukova, A.I.Golovashkin, Y.V.Bugoslavskii, L.I.Ivanova, A.P.Rusakov, I.B.Krinetskii. *J. Supercond.* **7**, 427 (1994).
8. Н.В.Аншукова, Б.М.Булычев, А.И.Головашкин, Л.И.Иванова, И.Б.Крынецкий, А.П.Русаков. *ФТТ* **45**, 8 (2003).