

как для изотропных $X-Y$ систем [4, 5]. В случае «б» особенность при соответствующих значениях поля H_+ или H_- становится логарифмической аналогично анизотропной $X-Y$ цепочке [6]. В случае же «в» восприимчивость не имеет особенностей вовсе, что необычно для спиновых $X-Y$ цепочек и является специфической чертой двухосной димеризованной спиновой цепочки.

Л и т е р а т у р а

- [1] Steiner M., Villain J., Windsor C. G. Adv. Phys., 1976, vol. 25, N 2, P. 87—209.
[2] Harrison J. P., Hessler J. P., Taylor D. R. Phys. Rev. B., 1976, vol. 14, N 7, p. 2979—2982.
[3] Carlin R. L. J. Appl. Phys., 1981, vol. 52, N 3 (11), p. 1993—1997.
[4] Katsura S. Phys. Rev., 1962, vol. 127, N 5, p. 1508—1518.
[5] Конторович В. М., Цукерник В. М. ЖЭТФ, 1967, т. 53, № 3, с. 1167—1175.
[6] Пикин С. А., Цукерник В. М. ЖЭТФ, 1966, т. 50, № 5, с. 1377—1380.

Физико-технический институт
низких температур АН УССР
Харьков

Поступило в Редакцию
5 апреля 1988 г.

УДК 538.945+539.172.3 : 539.2

Физика твердого тела, том 30, в. 9 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 9, 1988

ЭФФЕКТ МЁССБАУЭРА НА ЯДРАХ Eu-151 В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКЕ $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

В. А. Андрианов, О. Л. Анисимова, М. Г. Козин, А. Ю. Пентин,
К. В. Мицен, О. М. Иваненко

В работе представлены результаты исследования высокотемпературной сверхпроводящей (СП) керамики $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ методом эффекта Мёссбауэра на ядрах ^{151}Eu . Керамика была приготовлена методом порошковой металлургии [1]. Температура СП перехода, определенная по температурной зависимости сопротивления, составляла $T_c=93$ К при ширине перехода ~ 1 К. Мёссбауэровский поглотитель имел толщину по изотопу ^{151}Eu , равную 3.3 мг/см². В качестве мёссбауэровского источника использовалось соединение Sm_2O_3 , активированное нуклидом ^{151}Sm , при распаде которого образуются ядра ^{151}Eu в метастабильном состоянии $I=7/2^+$. Резонансное γ -излучение с энергией 21.6 кэВ регистрировалось сцинтиллятором $\text{NaI}(\text{Tl})$ толщиной 1 мм. Мёссбауэровские измерения были выполнены в температурном диапазоне $10-300$ К. Для охлаждения образца использовался проточный гелиевый криостат.

Во всем изученном температурном диапазоне мёссбауэровские спектры имели вид одиночной линии с шириной, близкой к аппаратной ширине линии, определенной при использовании в качестве поглотителя соединения Eu_2O_3 ($\Gamma_{\text{ап}}=2.73$ мм/с). Спектр, полученный при комнатной температуре, изображен на рис. 1. Ширина линии составляет 2.90 (7) мм/с. Отсутствие заметной сверхтонкой структуры обусловлено почти кубическим локальным окружением атомов Eu в исследуемой керамике. С понижением температуры наблюдается слабое увеличение ширины линии (в области гелиевых температур $\Gamma=3.17$ (8) мм/с), что может быть связано с некоторым усилением квадрупольных взаимодействий. Этот факт коррелирует с обнаруженным в [2] увеличением параметра орторомбичности кристаллической решетки при понижении температуры.

Изомерный сдвиг спектра (относительно источника) при комнатной температуре равен -0.10 (2) мм/с; с повышением температуры он монотонно возрастает и при $T=10$ К составляет -0.05 (2) мм/с. Наблюдаемое слабое изменение сдвига объясняется, как и в [3], температурным красным

смещением. Полученные значения измеренного сдвига свидетельствуют о том, что ионы европия находятся в валентном состоянии Eu^{3+} [4]. Таким образом, высокая температура СП перехода в керамике $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ не связана с эффектами переменной валентности редкоземельного иона.

На рис. 2 приведена температурная зависимость вероятности эффекта Мёссбауэра (вероятность эффекта определялась как отношение площади линии к фону). Сплошная кривая — аппроксимация экспериментальных данных в дебаевском приближении с температурой Дебая, равной $\Theta(\text{Eu}) = 290$ (20) К. Полученная зависимость вероятности эффекта свидетельствует об отсутствии заметных аномалий в характере колебаний атомов Eu в данном соединении. Величина $\Theta(\text{Eu})$ совпадает с результатом работы [3]. В работе [5], где измерялась теплоемкость керамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, было получено, что в температурном диапазоне 70—250 К температура Дебая принимает значения в интервале от 420 до 500 К. Если воспользо-

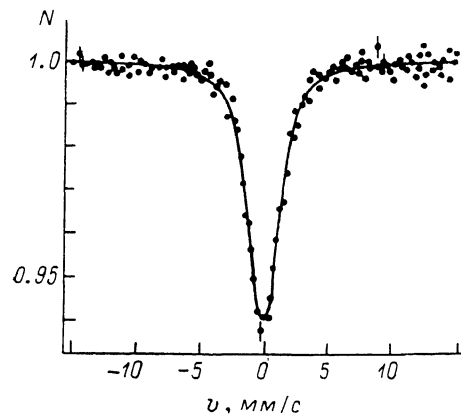


Рис. 1. Мёссбауэровский спектр керамики $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ на ядрах ^{151}Eu при $T=300$ К.

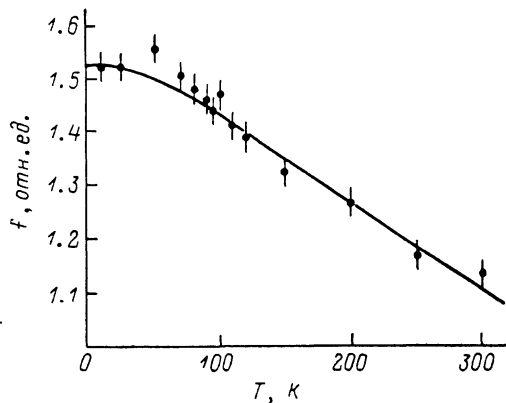


Рис. 2. Температурная зависимость вероятности эффекта Мёссбауэра на ядрах ^{151}Eu в керамике $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

ваться приближенным соотношением, связывающим эффективную температуру Дебая всего кристалла Θ^0 , с температурой, характеризующей колебания редкоземельного атома $\Theta(\text{Eu})$ [6]

$$\Theta^0 = \Theta(\text{Eu}) \sqrt{M(\text{Eu})/M_{\text{cp}}},$$

где $M(\text{Eu})$ и M_{cp} — соответственно масса редкоземельного атома и средняя масса атома в соединении, то для керамики $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ получим $\Theta^0 = 470$ К, что весьма близко к результатам работы [5].

Таким образом, данные мёссбауэровских экспериментов на ядрах ^{151}Eu показывают, что высокая температура СП перехода керамики $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ не связана с какими-либо особенностями в электронном состоянии или колебательном спектре редкоземельного иона, что согласуется с представлениями о том, что СП свойства соединений типа 1—2—3 определяются подрешеткой меди и кислорода, а атомы редкой земли ответственны в основном за формирование кристаллической структуры.

Нами также были выполнены измерения вероятности эффекта Мёссбауэра на атомах ^{119}Sn , введенных в нашу керамику в количестве 0.6 % от числа атомов Cu. Мёссбауэровские спектры представляют собой асимметричную линию с шириной на половине высоты около 1.5 мм/с (аппаратурная ширина линии, полученная с поглотителем CaSnO_3 , составляет ≈ 0.8 мм/с). Такой вид спектров свидетельствует о том, что атомы олова занимают по крайней мере два неэквивалентных положения, которые, возможно, соответствуют кристаллографическим положениям атомов Cu. Общий ход температурной зависимости вероятности эффекта достаточно хорошо описывается дебаевской моделью с температурой Дебая $\Theta(\text{Sn}) = 300$ К, близкой к дебаевской температуре $\Theta(\text{Eu})$.

- [1] Головашкин А. И., Иваненко О. М., Мицен К. В., Храменко Н. Е. Препринт-298. М., ФИАН, 1987.
- [2] Horn P. M., Keane D. T., Held G. A. et al. Phys. Rev. Lett., 1987, vol. 59, N 24, p. 2772—2775.
- [3] Coey J. M. D., Donnelly K. Z. Phys. B, 1987, vol. 67, N 4, p. 513—516.
- [4] Bauminger E. R., Kalvius G. M., Novik I. In: Mossbauer Isomer Shifts / Ed. G. K. Shenoy, F. E. Wagner. Amsterdam, 1978, p. 661—756.
- [5] Backman O., Lungren L., Nordblad P. et al. Phys. Lett. A, 1987, vol. 125, N 8, p. 425—428.
- [6] Шпинель В. С. В кн.: Резонанс гамма-лучей в кристаллах. М.: Наука, 1969. 408 с.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова НИИЯФ
Москва

Поступило в Редакцию
7 апреля 1988 г.

УДК 537.312.62

Физика твердого тела, том 30, в. 9, 1988

Solid State Physics, vol. 30, № 9, 1988

ТУННЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ

$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$, с $T_c=12 \div 13$ К

С. И. Веденеев, И. П. Казаков, А. П. Кирьянов,
С. Н. Максимовский, В. А. Степанов

Одной из основных характеристик спектра одночастичных возбуждений сверхпроводников является величина энергетической щели 2Δ . В обычных сверхпроводниках этот параметр отражает силу электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ) и связан с температурой перехода в сверхпроводящее состояние T_c соотношением $2\Delta/kT_c=3.5\div 5$. Однако уже первые измерения величин 2Δ методом туннельного эффекта у новых оксидных сверхпроводников дали значения $2\Delta/kT_c$, лежащие в области $0.2-44$ [1]. Измерения проводились на металлооксидных керамиках, и такой разброс, но всей вероятности, обусловлен чрезвычайной сложностью объектов исследования, «грязной» поверхностью образцов, их неоднородностью и мелкодисперсностью.

Проведенные нами туннельные исследования $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ показали, что в наших даже монокристаллических образцах существовали области переменного состава с двумя значениями $T_c=12\div 13$ и $36-38$ К. Двух-ступенчатый (при $T\approx 30$ и 13 К) переход в сверхпроводящее состояние $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ наблюдался и ранее [2] при недостаточной концентрации Sr ($x=0.1$ вместо 0.15). Однофазные монокристаллы этого сверхпроводника с $T_c=12\div 13$ К и постоянными решетки $a=3.733$ Å и $c=13.190$ Å были изготовлены в [3]. Рентгеновский анализ наших образцов¹ подтвердил наличие двух монокристаллических фаз с постоянными решеток, отличающихся на $\Delta c=0.01$ Å. Ниже мы приводим результаты исследований низкотемпературной фазы в монокристаллах $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ с $T_c=12\div 13$ К. Из-за своих аномалий эти данные, по нашему мнению, представляют определенный интерес.

В экспериментах изучались температурные зависимости вольт-амперных ($I-V$) характеристик «точечных» туннельных переходов (ТП) $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}-\text{Nb}$. Монокристаллы $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ представляли собой пластинки длиной и шириной $0.5-1$ мм, а толщиной $30-100$ мкм. Ниобеявая игла поджималась в жидком гелии к ребру кристалла или к плоскости (вдоль оси c). За температуру сверхпроводящего перехода T_c вы-

¹ Рентгеновский анализ образцов проведен О. В. Александровым и К. В. Киселевой.