

- [2] Петрунькин В.Ю., Селищев А.В., Шербаков А.С. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1988. Т.52. № 2. С. 364-368.
- [3] I w a t s u k i K., T a k a d a A., S a g u w a t a r i M. // Electron. Lett. 1988. V. 24. N 25. P. 1572-1574.
- [4] Богатов А.П., Васильев П.П., Морозов В.Н., Сергеев А.Б. // Квантовая электроника, 1983. Т. 10. С. 1957-1958.
- [5] Васильев П.П., Голдобин И.С. // Квантовая электроника. 1987. Т. 14. № 7. С. 1317-1318.
- [6] Алферов Ж.И., Журавлев А.Б., Портной Е.Л., Стельмах Н.М. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 18. С. 1093-1098.
- [7] Кижаяев К.Ю., Кусенков Д.В., Кучинский В.И., Портной Е.Л., Смирницкий В.Б. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В.10. С. 601-604.
- [8] Алферов Ж.И., Гарбузов Д.З., Давидюк Н.Ю., Ильинская А.Б., Нивин А.Б., Овчинников А.В., Тарасов И.С. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. В. 22. С. 1345-1349.
- [9] Бессонов Ю.Л., Богатов А.П., Васильев П.П., Морозов В.Н. // Квантовая электроника. 1982. Т. 9. № 11. С. 2323-2326.

Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина

Поступило в Редакцию
9 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 9

12 мая 1989 г.

05.4

НАБЛЮДЕНИЕ КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ЕВРОПИЯ В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ
ОКСИДНОЙ КЕРАМИКЕ СИСТЕМЫ *Eu-Ba-Cu-O*
МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО ГАММА-РЕЗОНАНСА

Б.А. Таллерчик, Н.К. Черезов,
А.О. Олеск, Р.В. Парфеньев,
С.А. Саттаров, А.В. Перфилов,
Ю.В. Бобков

Повышенный интерес к особенностям химического строения оксидных керамик, проявляющих сверхпроводящие свойства при температурах выше 78 К, побуждает к расширению использования возможных физических методов исследования указанных керамик. В работе приводятся предварительные результаты измерений эффекта

Т а б л и ц а 1

Параметры ЯГР-спектров керамик системы Eu-Va-Cu-O при 296(1) К

T_c, K	Состав керамики	$\delta_{\text{отн}}^* \text{EuF}_3,$ мм/с	$\Gamma_{\text{эксп}},$ мм/с	Приме- чания
91	$(\text{Eu}_{0.4}\text{Va}_{0.6})_2\text{CuO}_{4-\delta}$	1.019(4)	2.26(1)	
89	$(\text{Eu}_{0.55}\text{Va}_{0.45})_2\text{CuO}_{4-\delta}$	1.034(5)	2.16(2)	
82	$\text{EuVa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9-\delta}$	0.774(10)	2.34(3)	
98	$\text{EuVa}_2\text{Cu}_{2.95}\text{Sn}_{0.05}\text{O}_{9-\delta}$	0.757(10)	2.21(3)	
	Eu_2O_3	1.000(10)	2.37(3)	Используй- вали в ка- честве исходного материала

* Здесь и далее: $P = 0.68$.

ядерного гамма-резонанса (ЯГР) на европии-151 в оксидных керамиках системы

Керамические материалы составов $(\text{Eu}_{1-x}\text{Va}_x)_2\text{CuO}_{4-\delta}$ с $x = 0.40, 0.45, 0.50, 0.60$, а также $\text{EuVa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9-\delta}$ были приготовлены методом твердофазного синтеза из соединений европия, бария, меди, взятых в пропорциях, соответствующих необходимому катионному соотношению, аналогично тому, как приготавливалась шихта для сверхпроводящих керамик других составов [1, 2]. Методом холодного прессования заготовок из приготовленной шихты при давлении порядка 10000 Нсм^{-2} с последующим обжигом готовились образцы в форме прямоугольного параллелепипеда с размерами $2.5 \times 4 \times 10 \text{ мм}$ и в форме таблеток диаметром 20 мм , высотой $1-3 \text{ мм}$.

Удельное сопротивление керамических образцов в диапазоне температур $300-4.2 \text{ К}$ измерялось стандартным четырехзондовым методом на постоянном токе.

Изучение ЯГР проводилось на спектрометре с постоянным ускорением в диапазоне скоростей $\pm 25 \text{ мм/с}$. Скоростное разрешение не превышало величины 5 мкм/с в месяц. В измерениях использовали источник $^{151}\text{SmF}_3$ активностью 200 мКи и резонансный сцинтилляционный детектор (РСД) с конвертором EuF_3 , аналогичный описанному в работе [3]. В используемой резонансной системе регистрации ширины экспериментальной линии стандартного поглотителя EuF_3 , аттестованного ВНИИФТРИ с шириной линии одной линейчатой аппроксимации $\Gamma_a = 1.43(1) \text{ мм/с}$, составили $2.36(2) \text{ мм}$

Т а б л и ц а 2

Параметры ЯГР-спектров образца $(Eu_{0.4}Ba_{0.6})_2CuO_{4-\delta}$ в диапазоне температур 87–297 К

$T_S = T_A, K$	$\delta_{отн}$ $EuF_3, \text{ мм/с}$	$\Gamma_{\text{эксп}}$ мм/с	Эффект, отн. ед.	x_p^2 , дублет
297.0(5)	1.018(7)	2.26(2)	0.83(2)	1.46
99.2(2)	1.013(9)	2.50(3)	1.32(3)	1.23
91.8(2)	1.016(8)	2.55(3)	1.35(3)	1.30
91.4(2)	1.048(10)	2.53(3)	1.35(3)	1.13
87.3(2)	1.042(10)	2.52(3)	1.35(3)	1.37

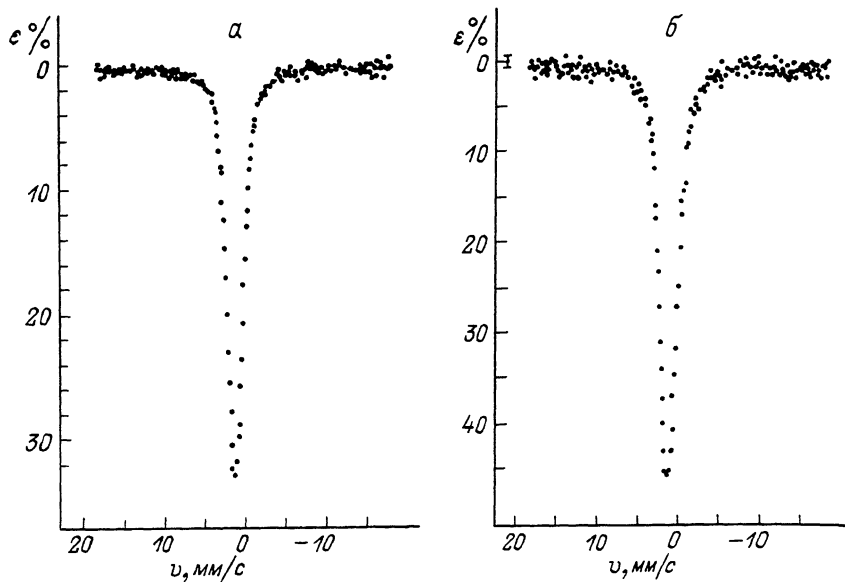
химический сдвиг δ : $-0.009(8)$ мм/с. Последнюю величину использовали как стандартную для приведенных ниже значений химических сдвигов для поглотителя при $T = 296(1)$ К. Поверхностная плотность образцов составляла 15 мг/см^2 Eu с естественным содержанием его стабильных нуклидов. Скорость счета на выходе интегрального дискриминатора $300\text{--}800 \text{ с}^{-1}$. Обработку спектров проводили на ЭВМ EMG-666-B с лоренцевой аппроксимацией экспериментального контура поглощения. Ширины линий $\Gamma_{\text{эксп}}$ приведены для однолинейчатой аппроксимации с $x_p^2 \leq 2$, а химические сдвиги как соответствующие центры тяжести компонент дублета с $x_p^2 \leq 1.5$.

Большая часть измерений проведена с керамиками, имеющими $T_C > 80$ К и ширину перехода менее 16 К. Рентгенофазовый анализ образцов состава $(Eu_{1-x}Ba_x)_2CuO_{4-\delta}$ выявляет наличие по крайней мере двух фаз: $EuBa_2Cu_3O_9-\delta$ (фаза С) и Eu_2BaCuO_5 (фаза Т). Образцы состава $EuBa_2Cu_3O_9-\delta$ (фаза С) были однофазны. Погрешность фазового анализа составляет $\sim 10\%$. Результаты обработки снятых спектров при температуре всех компонентов резонансной системы $296(1)$ К приведены в табл. 1.

Анализ табл. 1 приводит к выводу, что основным типом сверхтонкого взаимодействия на ядрах европия в рассматриваемой оксидной системе является монопольное электростатическое, возможное квадрупольное взаимодействие, и зарядовые состояния, существенно отличные от наблюдаемых в Eu_2O_3 , не идентифицированы нами с погрешностью $\sim 1\%$.

Измерения спектров при переходе образцов в сверхпроводящее состояние проводились при одновременном охлаждении источника и поглотителя в газовом криостате. Наиболее детально измерялись спектры образца с $T_C = 91$ К. Результаты обработки приведены в табл. 2.

Из анализа данных, приведенных в таблице, видно, что наиболее чувствительным параметром при переходе данного образца в сверхпроводящее состояние является химический сдвиг, погрешность определения которого возможно уменьшить. Уширение линии на величину $\sim 10\text{--}15\%$ наблюдалось для всех образцов при температуре



Скоростной спектр в резонансной системе $^{151}\text{SmF}_3 - (\text{Eu}_{0.55}\text{Ba}_{0.45})_2\text{CuO}_{4-8}$ - РСД EuF_3 , снятой при температуре 296(1) К - а и 85.3(2) К - б.

ниже перехода, но количественная оценка этого эффекта на данном этапе исследований затруднительна. На рисунке приведены скоростные спектры образца с $T_C \sim 89$ К при 85.3(2) К и 296(1) К.

Наиболее интересным результатом, на наш взгляд, является наблюдение изменения сдвига в чистой фазе С в сторону увеличения доли $d-f$ гибридных связей европия. Разбавление фазы резко меняет ситуацию и приводит к повышению T_C , что, судя по измеренным ширинам экспериментальных линий, может коррелировать с более симметричным электростатическим полем на ядре и атоме европия.

Результаты проведенных экспериментов позволяют утверждать, что ЯГР-спектроскопия на европии-151 при соответствующем метрологическом и необходимом техническом обеспечении даст дополнительные сведения об электронной и фононной структуре этого интересного класса керамических материалов.

Авторы признательны А.И. Лебедеву, обеспечившему безотказную и стабильную работу ЯГР-спектрометра, а также Е.И. Гиндицу за рентгенофазовый анализ образцов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] C h u C.W., H o r P.H., M e n g R.L., G a o L., H u a n g Z.J., W a n g Y.Q. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. P. 405-407.

[2] Wu M.K., Ashburn J.R., Torng C.J., Hor P.H., Meng R.L., Gao L., Huang Z.J., Wang Y.Q., Chu C.W. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. P. 908-910.

[3] Труды международной конференции по применению эффекта Мессбауэра, Каз. ССР, Алма-Ата, Наука, 1983. 347 с.

Поступило в Редакцию
1 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 9 12 мая 1989 г.
0.1; 05.1

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНТРОПИИ ДЕФОРМИРУЕМОГО МЕТАЛЛА

Н.Г. Колбасников, С.Г. Фомин

Деформируемый металл в состоянии пластичности является сильнонеравновесной термодинамической системой. Свидетельством тому можно считать давно известное формирование дефектных структур, например ячеистой дислокационной, фрагментированной и др. Однако об изменении энтропии деформированного металла сведения в литературе отсутствуют, поэтому часто можно встретить необоснованные утверждения о малой величине диссипации энергии (например, [1]). Целью данной работы является разработка методики определения статистической энтропии металла в сильнонеравновесном состоянии.

Для определения энтропии воспользуемся реологической моделью упруговязкопластического тела с линейным упрочнением [2]. Отдельный блок этой модели показан на рис. 1. Величина G характеризует упругие свойства металла, τ - предел текучести, μ - коэффициент вязкости, G' - жесткость, определяющая линейное деформационное упрочнение металла. Реологические уравнения обобщенной модели составлены с использованием методики, изложенной в [3]. Система уравнений для упруговязкопластического тела с упрочнением имеет вид

$$\left. \begin{aligned} s &= 2G \left[e - \int_0^\infty \int_0^\infty \rho(\tau, \lambda) e_n d\tau d\lambda \right]; \\ \dot{e}_n &= 0, \quad \sqrt{\frac{1}{2} [e - (1+h)e_n] \cdot [e - (1+h)e_n]} \leq \tau; \\ \dot{e}_n &\neq 0, \quad \left(\frac{\tau}{\nu} + \lambda \right) \dot{e}_n + (1+h)e_n = e. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где e , e_n , s - девиаторы полной деформации, пластической деформации и напряжений соответственно;

$$G' = \int_0^\infty \int_0^\infty F(\tau, \lambda) d\tau d\lambda,$$