

**ОБ АНОМАЛИЯХ В ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ
ЭФФЕКТА МЕССБАУЭРА НА ПРИМЕСНЫХ ЯДРАХ ОЛОВА
В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКЕ СОСТАВА 1 – 2 – 3**

В.М.Черепанов, М.А.Чуев, С.С.Якимов,
В.Я.Гончаров, С.А.Смирнов, А.А.Буш

При температурном сканировании методом гамма-резонансной спектроскопии обнаружены аномалии вероятности эффекта Мессбауэра на примесных атомах олова в керамике 1–2–3, свидетельствующие о смягчении фонового спектра вблизи $T_c \approx 83$ К и $T_n \approx 190$ К.

Ряд недавних исследований высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) состава $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ (1–2–3) с помощью спектроскопических¹, акустических² и рентгеноструктурных³ методов указывают на существование определенной связи между электронной и фоновой подсистемами. В мессбауэровской спектроскопии параметром, наиболее чувствительным к изменениям фонового спектра решетки, является вероятность эффекта f , совпадающая в дебаевском приближении с выражением для температурного фактора Дебая–Валлера⁴. В частности, в работах^{5, 6} были найдены две аномалии величины $f(T)$ для примесных ядер железа в позициях замещения меди в ВТСП 1–2–3 вблизи температуры сверхпроводящего перехода T_c и $T_n \approx 200$ К, где предполагаются структурные изменения в системе кислородных вакансий⁷. В настоящей работе предпринят поиск аналогичных аномалий величины f в керамике 1–2–3 на примесных атомах олова, обладающих иными, по сравнению с^{5, 7} Fe , характеристиками связи со своим ближайшим кислородным окружением⁸.

Образцы замещенной сверхпроводящей керамики состава $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Sn}_x)_3\text{O}_{7-y}$ ($x = 0,033$; $T_c \approx 83$ К, $\Delta T_c \approx 10$ К, $y \approx 0,2$ (1)), а также незамещенной керамики 1–2–3 ($x = 0$; $T_c \approx 92$ К, $\Delta T_c \approx 1$ К), были приготовлены в тех же условиях, что и образцы содержащие примесь железа⁶. Рентгеновский анализ показал однофазную орторомбическую структуру с параметрами $a = 3,821$ Å, $b = 3,889$ Å, $c = 11,670$ Å близкими к соответствующим значениям для незамещенных образцов ($a = 3,819$ Å, $b = 3,887$ Å, $c = 11,685$ Å). Кроме того, путем закалки от 900°С в жидкий азот были приготовлены несверхпроводящие образцы с параметрами тетрагональной структуры $a = 3,859$ Å, $c = 11,808$ Å для замещенных и $a = 3,859$ Å, $c = 11,836$ Å для незамещенных образцов.

Во всем исследованном температурном интервале 30 – 300 К форма мессбауэровского спектра образцов обоих типов была практически неизменной и представляла собой асимметричную уширенную линию (рис. 1), аналогичную той, что наблюдалась в^{9–11}. Такие плохо разрешенные спектры трудны для однозначной интерпретации, что и сказалось на выводах работ^{9–11}. Так, в^{9–10} спектры были представлены в виде суперпозиции либо двух синглетов, либо синглета и дублета. В работе¹¹, где исследовалась ВТСП керамика типа 1–2–3 на основе европия ($x = 0,06$; $T_c \approx 85$ К), спектры раскладывались на два симметричных дублета. В отличие от^{9–11}, мы представляли спектры в виде суперпозиции двух асимметричных дублетов по аналогии со спектрами примесных атомов^{5, 7} Fe ⁶. Такая модель позволяет учесть возможное влияние на форму спектров текстуры и (или) эффекта Гольданского–Карягина⁴.

Температурные зависимости найденных по методу наименьших квадратов параметров изомерного сдвига, квадрупольного расщепления и ширины линии не обнаруживают аномалий в пределах погрешности эксперимента. Также трудно сделать определенное заключение о характере температурной зависимости вероятности эффекта $f(T)$ (квадраты на рис. 2б), определенной непосредственно по отношению площади парциального спектра ке-

рамики (левая часть спектра на рис. 1 σ) к площади спектра эталонного поглотителя β -Sn (правая часть спектра на рис. 1 σ), помещенного в пучок гамма-квантов снаружи криостата. Однако, учитывая неизменность формы спектров с температурой, наличие достаточно широкого минимума в спектрах вблизи нулевой скорости источника BaSnO_3 и малость изменения температурного сдвига спектра $\Delta\delta_T \approx 0,1 \text{ мм/с}$ по сравнению с шириной линии $\Gamma \approx 1 \text{ мм/с}$, оказалось возможным повысить относительную точность измерения $f(T)$ с помощью метода температурного сканирования скорости счета гамма-квантов $N_0(T)$, прошедших через образец при неподвижном источнике (рис. 2 a, b).

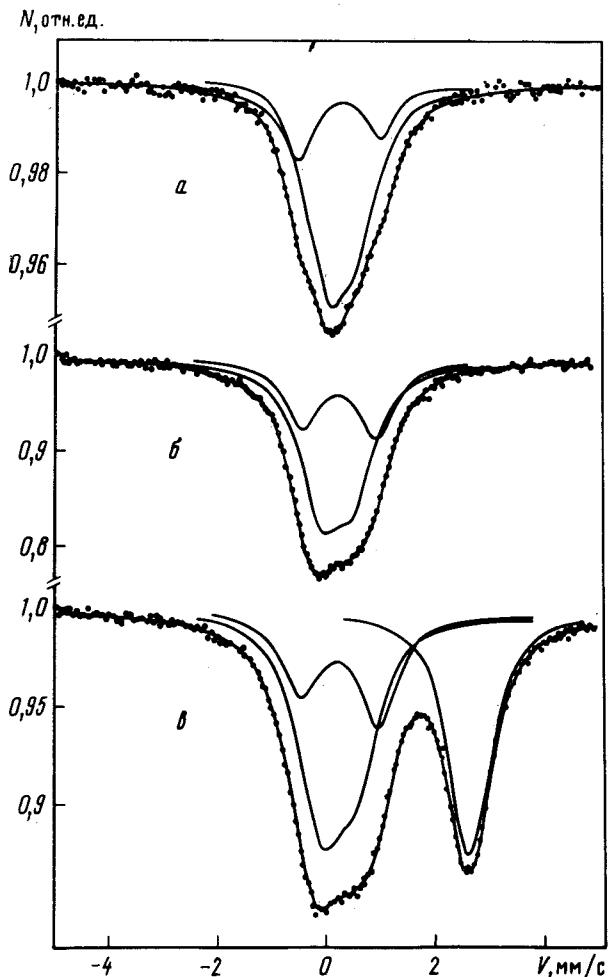


Рис. 1. Мессбауэровские спектры ядер ^{119}Sn в керамике $\text{YBa}_2\text{Cu}_{2.9}\text{Sn}_{0.1}\text{O}_{7-y}$ при комнатной температуре. Сплошные линии – результат обработки спектров по методу наименьших квадратов в приближении лоренцевской формы линии: a – несверхпроводящий образец ($y \approx 0,9$ (1)); b – сверхпроводящий образец ($y \approx 0,2$ (1), $T_c \approx 83 \text{ К}$); c – спектр образца (b) при введении в пучок эталонного поглотителя β -Sn, находящегося вне криостата

Как видно из рис. 2, для сверхпроводящего образца полученная таким образом зависимость величины $f_0(T) \propto N_0(T)$ близка к $f_S(T)$, но в то же время четко обнаруживает две аномалии в виде провалов в области $T_c \approx 83 \text{ К}$ и $T_n \approx 190 \text{ К}$, которых нет на аналогичной кривой $f(T)$ для несверхпроводящего образца. Найденная по данным $f_0(T)$ в дебаевском приближении характерная температура Θ_D падает от 340 К при $T > 200 \text{ К}$, до 315 К при $90 \text{ К} < T < 170 \text{ К}$, и наконец, до 275 К при $T < 70 \text{ К}$. Естественно связать обнаруженные аномалии, свидетельствующие о смягчении фонового спектра керамики при этих температурах, с аналогичными аномалиями, найденными ранее для примеси железа в керамике 1–2–3^{5, 6}. Более того, также как и в⁶, были обнаружены небольшие воспроизводимые смещения аномалий и гистерезис на кривой зависимости $f_0(T)$ (особенно при переходе через T_n образца, находящегося в вакууме $\approx 10^{-4} \text{ мм.рт.ст}$). Такое влияние "низкотемпературного отжига" на различные параметры ВТСП, отнесенное к перераспределению

и изменению степени упорядочения кислородных вакансий, наблюдалось также в ряде других работ^{1,2}. Здесь отметим лишь поразительное сходство найденных провалов в $f_0(T)$ с наблюдаемыми в температурном ходе рамановского сдвига моды $\approx 644 \text{ см}^{-1}$ в незамещенной ВТСП керамике 1–2–3 при тех же температурах^{1,3}.

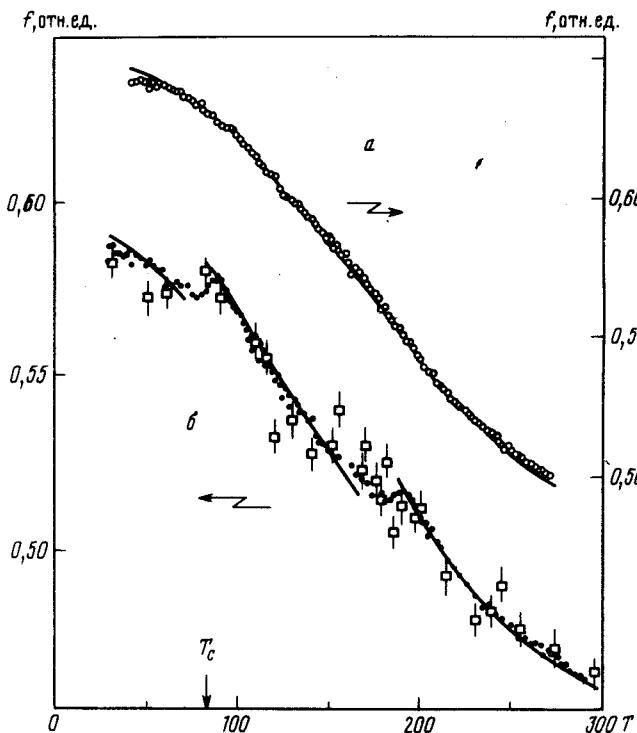


Рис. 2. Температурная зависимость относительной вероятности эффекта Мессбауэра f на ядрах ^{119}Sn в керамике 1–2–3: квадраты – определенная по отношению площадей парциальных спектров образца и эталона f_S ; кружки – измеренная по методу температурного сканирования скорости счета гамма-квантов при неподвижном источнике BaSnO_3 . Сплошные линии – результат расчета в рамках однопараметрической лебаевской модели: a – несверхпроводящий образец, $\theta_D = 365$ (10) К; b – сверхпроводящий образец

Авторы признательны Ю.Кагану за обсуждение результатов, И.К.Кобрину и А.В.Иньюшину за анализ образцов.

Литература

1. Ребане Л.А., Фимберг Т.А., Фефер Е.М. Письма в ЖЭТФ, 1988, **47**, 360.
2. Буренков Ю.А., и др. ФТТ, 1988, **30**, 3188.
3. Srinivasan R. et al. Phys. Rev. B, 1988, **38**, 889.
4. Шпинель В.С. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. М.: Наука, 1969, с. 408.
5. Цурин В.А., Филиппова Н.П., Соркин А.М. и др. Письма в ЖЭТФ, 1987, **46**, 364.
6. Черепанов В.М., Чуев М.А., Якимов С.С. и др. Письма в ЖЭТФ, 1988, **47**, 354.
7. Александров О.В. и др. ФТТ, 1988, **30**, 2052.
8. Черепанов В.М. и др. Тезисы докл. Всесоюзн. совещ. по прикл. мессб. спектроскопии, М.: Волга, 1988, ч. II, с. 136.
9. Sharma R.P. et al. Phys. Lett. A, 1988, **128**, 217.
10. Yuen T. et al. Phys. Rev. B, 1988, **37**, 3770.
11. Boolchand P. et al. Phys. Rev. B, 1988, **37**, 3766.
12. Bhargava R.N. et al. Phys. Rev. Lett., 1987, **59**, 1468.
13. Chrzanowski J. et al. Sol. St. Comm., 1988, **65**, 139.

Институт атомной энергии
им. И.В.Курчатова

Поступила в редакцию
13 февраля 1989 г.