

АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ
СКОРОСТИ ЗВУКА В $YBa_2Cu_3O_7$ Л. Я. Кобелев, Л. Л. Нугаева, Ю. Ф. Горин, Ю. А. Лобанов,
В. Б. Злоказов

В настоящей работе приводятся результаты исследования температурной зависимости скоростей распространения упругих волн в сверхпроводящей керамике [1] $YBa_2Cu_3O_7$, полученной по стандартной керамической технологии ($T_c=95$ К, ширина перехода 5 К). Структура и фазовый состав образцов (цилиндры диаметром 6 мм, высотой 5 мм), состоящих из кристаллитов продолговатой формы (4×10 мкм), близких по размерам, ис-

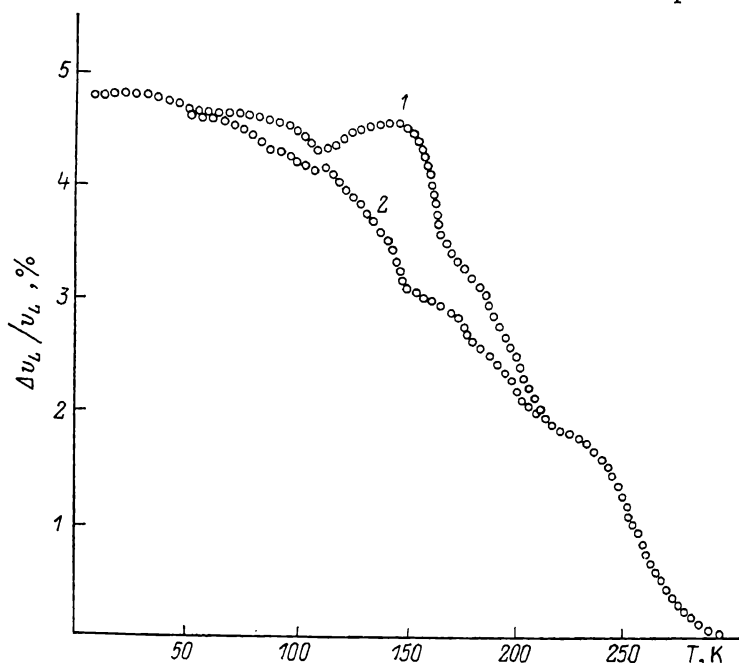


Рис. 1. Температурная зависимость скорости продольной УЗВ v_L в $YBa_2Cu_3O_7$.
1 — охлаждение, 2 — нагрев.

следованные рентгенографически и электронно-микроскопически (ДРОН-3, микрорентгеновский анализатор Камебакс, сканирующий микроскоп JESM-v3) свидетельствуют об орторомбической фазе образцов ($a=0.382$ нм, $b=0.388$ нм, $c=1.167$ нм) и практически однородном распределении Y, Ba, Cu, O. Измерения скорости ультразвуковой волны (УЗВ) проводились в интервале температур $4.2 \div 300$ К импульсно-фазовым методом [2] на частотах 5 МГц для продольной УЗВ и 3 МГц для поперечной. Относительное изменение скорости УЗВ измерялось с точностью 0.05 %. Абсолютные значения измеренных скоростей при 300 К составляли $3.3 \cdot 10^3$ и 1.8×10^3 м·с⁻¹ для продольной v_L и поперечной v_T УЗВ соответственно (с погрешностью не более 10 %).

Температурная зависимость скоростей распространения как продольной, так и поперечной УЗВ измерялась в интервале температур $4.2 \div 300$ К при непрерывном изменении температуры в режимах нагревания и охлаждения образца. Скорость изменения температуры не превышала 2 К·мин⁻¹. Результаты измерений приведены на рисунках.

Температурная зависимость изменения продольной и поперечной скоростей УЗВ во всем исследуемом интервале температур имеет в целом от-

рицательный температурный коэффициент. На температурной зависимости относительного изменения скорости продольной УЗВ (рис. 1) при нагревании и охлаждении вблизи температур $210 \div 230$, $130 \div 150$ и $50 \div 60$ К заметны особенности в виде изломов, а вблизи 100 К — небольшой минимум. Область температур, в которой наблюдается этот минимум, составляет около 40 К от 130 до 90 К и включает в себя температуру перехода образца из нормального в сверхпроводящее состояние ($T_c = 95$ К). Поэтому можно предположить, что отмеченная аномалия обусловлена этим фазовым переходом. Небольшое уменьшение скорости распространения продольной УЗВ в этой области температур, возможно, связано с изменением энергии взаимодействия электронной подсистемы с решеткой, что приво-

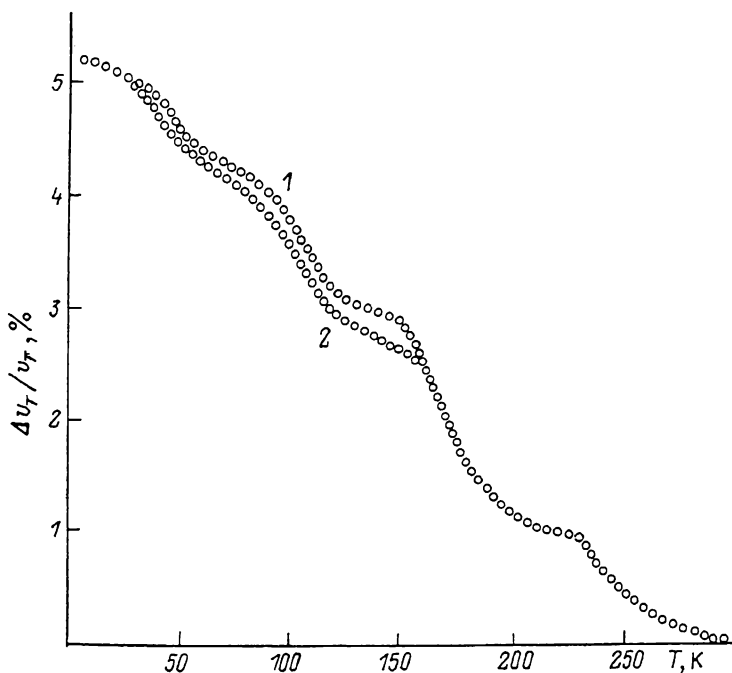


Рис. 2. Температурная зависимость скорости поперечной УЗВ v_T в $YBa_2Cu_3O_7$.

1 — охлаждение, 2 — нагрев.

дит к изменению упругих свойств исследуемого материала. Особенности вблизи температур 220, 140 и 50 К могут быть связаны с существованием неструктурных фазовых переходов при этих температурах (типа перераспределения кислородных вакансий или перестройки электронного спектра). Для окончательного выявления причин, обуславливающих появление описанных аномалий, требуются дополнительные исследования.

Качественный ход температурной зависимости изменения скорости распространения поперечной УЗВ (рис. 2) аналогичен ранее описанному для продольной волны в интервалах температур $300 \div 160$ К, $80 \div 4.2$ К. Однако в интервале температур $160 \div 80$ К наблюдаются аномальные изменения температурного коэффициента скорости поперечной УЗВ (вблизи 130 и 90 К) при сохранении аномалии при 220 К. Имеются менее выраженные аномалии и при других температурах.

Следует отметить, что на температурных зависимостях как продольной, так и поперечной УЗВ наблюдается температурный гистерезис (температурная память), проявляющийся в несовпадении их хода, измеряемого в режимах охлаждения и нагревания образца. Существование этого гистерезиса не связано с тепловой инерцией образца, так как конструкция измерительной ячейки и выбранная скорость изменения температуры позволяют поддерживать однородное распределение температуры в образце с точностью 0.2 К. Наибольших значений температурный гистерезис до-

стигает для продольной УЗВ. Появление температурного гистерезиса может быть обусловлено возможным перераспределением ионов кислорода по вакансиям при охлаждении образца. Кроме того, при измерении температурной зависимости изменения скорости распространения поперечной УЗВ (для продольных УЗВ этот эффект менее заметен) ниже 130 К на экране осциллографа появляется нерегулярная серия дополнительных импульсов. При понижении температуры от 130 до 90 К амплитуды их изменяются, а максимальные значения амплитуд возрастают. При этом импульсы смещаются друг относительно друга. Подобное явление можно объяснить возникновением в образце ниже 130 К областей, в которых скорость поперечной УЗВ различна либо они разделены границами, способными изменять скорость УЗВ. При понижении температуры различие скоростей УЗВ возрастает и приводит к интерференции упругих волн.

Л и т е р а т у р а

- [1] *Wu M. K., Ashburn J. R. et al. Phys. Rev. Lett., 1987, vol. 58, N 9, p. 908—910.*
 [2] *Кузнецов Ю. С., Бабушкин А. Н., Печерский В. И. В сб.: Физика металлов и их соединений. Свердловск, 1979, с. 149—152.*

Уральский государственный
 университет им. А. М. Горького
 Свердловск

Поступило в Редакцию
 10 сентября 1987 г.
 В окончательной редакции
 24 ноября 1987 г.

УДК 538.245

Физика твердого тела, том 30, в. 4, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 4, 1988

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ СУРЬМЫ НА МАГНИТНУЮ АНИЗОТРОПИЮ КОБАЛЬТОВОГО ФЕРРИТА

К. П. Белов, А. Н. Горяга, А. Н. Лямзин

Несмотря на то что ферриты-шпинели открыты давно и получили широкое применение в технике, многие их магнитные и структурные свойства остаются до сих пор невыясненными. Это особенно относится к ферритам, в которые входят двухвалентные ионы кобальта. Среди ферритов-шпинелей наибольшей константой анизотропии обладает феррит CoFe_2O_4 [1]. Это объясняется тем, что ион Co^{2+} ($3d^7$), находящийся в октаэдрическом комплексе, по модели одноионной анизотропии дает самый большой вклад в величину K_1 порядка 50 см^{-1} [1], тогда как вклады от ионов Fe^{3+} в тетраэдрических (A) и октаэдрических (B) комплексах соответственно составляют $+0.03$ и -0.05 см^{-1} . В данной работе была поставлена задача выяснить, как введение немагнитных ионов Sb^{5+} отразится на характере магнитной анизотропии кобальтового феррита, поскольку оно приводит к увеличению содержания ионов Co^{2+} . Таких сведений в литературе не имеется, по-видимому, из-за трудностей в получении монокристаллов ферритов системы $\text{Co}_{1+2x}\text{Sb}_x\text{Fe}_{2-3x}\text{O}_4$. Однако, зная величины спонтанной намагниченности I_s и коэрцитивной силы H_c поликристаллических образцов, можно вычислить их эффективную константу магнитной анизотропии по формуле $K_{\text{эфф}} = 4\pi I_s H_c$. В случае отсутствия внутренних напряжений $K_{\text{эфф}} \approx K_1$.

В данной работе синтез поликристаллических образцов системы $\text{Co}_{1+2x}\text{Sb}_x\text{Fe}_{2-3x}\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) был проведен при тех же условиях, которые были применены в [2]. Согласно рентгеновским исследованиям, проведенным при комнатной температуре, все образцы представляли собой однофазные кубические шпинели. Измерения удельной