

# МОНОКРИСТАЛЛ CuO: АНОМАЛИИ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ И МАГНИТОСТРИКЦИИ

*И.Б.Крынецкий, А.С.Москвин, С.В.Наумов, А.А.Самохвалов*

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

*Уральский университет,  
620063, Екатеринбург, Россия*

Поступила в редакцию 3 ноября 1992 г.

Обнаружен ряд аномалий теплового расширения и магнитострикции монокристаллов CuO, указывающих на проявление ближнего магнитного порядка вблизи  $T_{N_1} \approx 230\text{K}$ , существование новой температуры критического поведения  $T_0 \approx 203\text{K}$ , вблизи которой наблюдаются индуцированные полем магнитные фазовые переходы. Низкотемпературные аномалии  $\Delta l/l$  и  $\lambda(T)$  связываются с участием медь-кислородных дырок.

Интерес к изучению оксида меди CuO вызван двумя обстоятельствами: с одной стороны CuO – представитель ряда простейших оксидов 3d-элементов, а с другой стороны он содержит структурный элемент – кластер CuO<sub>4</sub>, являющийся основным элементом структуры широкого класса ВТСП на основе оксидов меди, что позволяет рассматривать CuO как своеобразную модельную систему для изучения полупроводниковой фазы соответствующих ВТСП. CuO имеет моноклинную решетку  $C_{2h}^6$  и согласно нейтронографическим данным <sup>1</sup> является антиферромагнетиком с промежуточной геликоидальной структурой при  $T_N \approx 213\text{K} \leq T \leq T_{N_1} \approx 231\text{K}$  и коллинеарной структурой при  $T < T_{N_2}$ . При высоких температурах  $T > T_{N_1}$  для CuO характерны низкоразмерные спиновые корреляции <sup>1,2</sup>.

Нами проводились измерения теплового расширения ( $\Delta l/l$ ) и магнитострикции ( $\lambda$ ) на монокристалле CuO в интервале температур  $4,7\div267\text{K}$  с помостью тензометрического дилатометра (чувствительность не хуже  $5 \cdot 10^{-7}$ ). Монокристаллы CuO размером до  $3 \times 2 \times 8\text{mm}$  были выращены из раствора в расплаве и имели форму вытянутого параллелепипеда с осью с вдоль длинного ребра. Большие естественные грани располагались в плоскости (110).

Запись кривых  $\Delta l/l = f(T)$  и  $\lambda(H)$  осуществлялись на двухкоординатном самописце, скорость изменения температуры составляла  $1\text{K}/\text{мин}$ . Тепловое расширение и магнитострикция измерялись вдоль  $c$ -оси кристалла, магнитное поле прикладывалось вдоль  $c$ -оси (продольная геометрия,  $\lambda_{||}$ ) и перпендикулярно  $c$ -оси (поперечная геометрия,  $\lambda_{\perp}$ ).

Температурная зависимость теплового расширения ( $\Delta l/l$ )<sub>c</sub> носит аномальный характер (рис.1) и свидетельствует о большом магнитном вкладе обменного происхождения с характерной особенностью в широкой области температур вблизи  $T_{N_1}$ . Отсутствие аномалии  $\Delta l/l$  собственно в точке  $T_{N_1}$  свидетельствует о главенствующей роли ближнего магнитного порядка в определении температурной зависимости теплового расширения.

Интересно, что магнитный фазовый переход при  $T = T_{N_2}$  из геликоидальной в коллинеарную магнитную структуру практически не сопровождается какой-либо отчетливой аномалией теплового расширения, если не учитывать

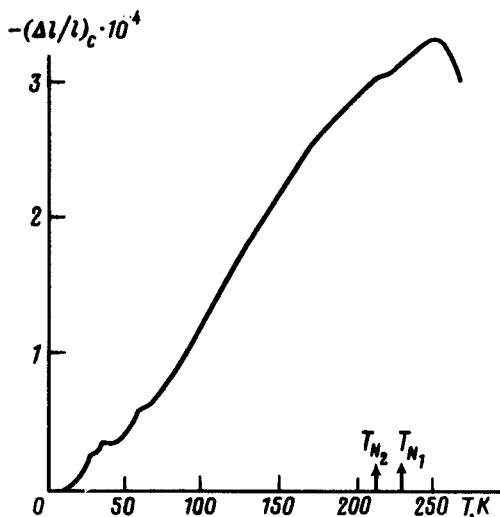


Рис.1

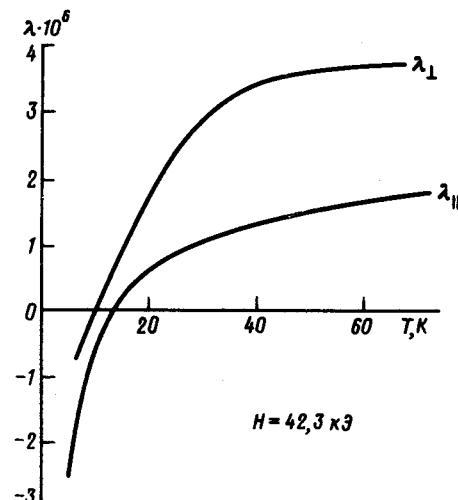


Рис.2

Рис.1. Температурная зависимость теплового расширения  $(\Delta l/l)_c$  монокристалла CuO  
Рис.2. Температурная зависимость магнитострикции  $\lambda_{\parallel}$  и  $\lambda_{\perp}$  монокристалла CuO

небольшой особенности температурного поведения  $\Delta l/l$  в достаточно широкой области ( $\sim 200 \div 220$  К) вблизи  $T_N$ .

Природа немонотонного характера температурной зависимости теплового расширения ниже  $T \sim 100$  К скорее всего аналогична природе аномалий низкотемпературного поведения магнитной восприимчивости<sup>2</sup>, наблюдавшихся в этих же образцах.

Ответственность за особенности низкотемпературного поведения термодинамических величин в CuO могут нести дырки в меди-кислородной системе, аналогичные дыркам в медных оксидах типа  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ,  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  – классических ВТСП системах.

Несмотря на малую ( $\sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ) концентрацию, их вклад в теплое расширение может быть значительным в условиях сильного электронно-колебательного взаимодействия, характерного для дырок в оксидах меди.

Магнитострикция CuO мала: в поле  $H = 43$  кЭ как  $\lambda_{\parallel}$ , так и  $\lambda_{\perp}$  не превышали величин  $\sim (1 \div 3) \cdot 10^{-6}$ .

Температурная зависимость  $\lambda(T)$  имеет очень необычный характер (рис.2). Вместо практически постоянных, не зависящих от температуры в области насыщения магнитной подсистемы величин магнитострикции, в CuO ниже  $T \sim 60$  К наблюдается резкое изменение величин  $\lambda_{\parallel}$  и  $\lambda_{\perp}$  вплоть до смены их знака при  $T \sim 10$  К и почти гиперболическим возрастанием абсолютной величины при дальнейшем понижении температуры. Вместе с тем подобное поведение магнитострикций CuO согласуется с аномальным возрастанием  $\chi(T)$  при понижении температуры ниже  $T \sim 60$  К<sup>2</sup> и может быть связано с меди-кислородными дырками и образуемыми ими магнитными центрами.

Полевая зависимость  $\lambda(H)$  имеет характерный квадратичный вид практически во всем исследуемом интервале температур за исключением узкой области температур вблизи  $T_0 \approx 203$  К. При  $T \sim T_0$  на изотермах магнитострикции четко видны аномальные участки (рис.3а, б), характерные для индуцирован-

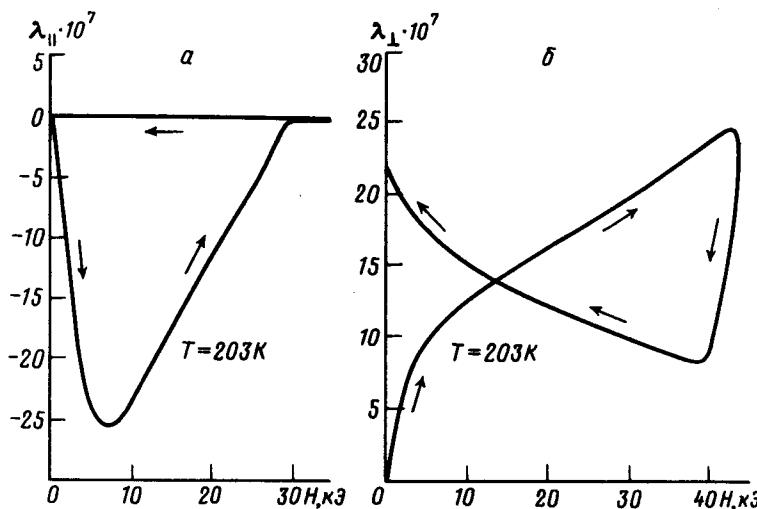


Рис.3. Полевая зависимость магнитострикции монокристалла CuO при  $T = 203\text{ K}$ : *a* –  $\lambda_{||}$ ; *б* –  $\lambda_{\perp}$

ных полях спин-переориентационных переходов в ряде антиферромагнетиков (например,  $\text{DyFeO}_3$ <sup>3</sup>) с наличием гистерезиса и возможным проявлением антиферромагнитной доменной структуры.

Интересно отметить, что температура  $T_0 \approx 203\text{ K}$  совпадает с температурой "пересечения" кривых температурной зависимости магнитных восприимчивостей  $\chi_b$  и  $\chi_c$ <sup>4</sup> ( $\chi_b = \chi_c$  при  $T = T_0$ ). Этот факт косвенно указывает на своеобразное "смягчение" магнитной подсистемы CuO вблизи  $T_0$ . Для корректной интерпретации обнаруженного нами фазового перехода, индуцированного внешним магнитным полем, необходимы дополнительные исследования.

- 
1. J.B.Forsyth, P.J.Brown, and B.M.Wanklyn, *J. Phys. C: Sol. St. Phys.* **21**, 2917 (1988).
  2. Т.И.Арбузова, А.А.Самохвалов, И.Б.Смоляк и др. Письма в ЖЭТФ, **50**, 29 (1989).
  3. А.К.Звездин, И.А.Зорин, А.М.Кадомцева и др., ЖЭТФ, **88**, 1098 (1989).
  4. U.Köbler and T.Chattpadhyay, *Z. Phys. B (Cond. Matt.)* **82**, 383 (1991).