

## Анизотропные обменные взаимодействия в $\text{CuTe}_2\text{O}_5$

Р.М. Еремина

Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского КазНЦ РАН, 420029 Казань, Россия

J.Deisenhofer, A. Loidl, H.-A. Krug von Nidda

Experimentalphysik V, Institute for Physics, Augsburg University, D-86135 Germany

Проведены исследования спектров ЭПР в  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$ . Из анализа угловой зависимости спектров ЭПР было установлено, что величина обменного взаимодействия между димерами меди в двадцать раз меньше, чем внутри димера.

Наблюдение спин-Пайерлсовского перехода в  $\text{CuGeO}_3$  [1] стимулировало интенсивные исследования низкоразмерных веществ. Так в  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  наблюдалось также как и в  $\text{CuGeO}_3$ , падение восприимчивости с уменьшением температуры вдоль трех кристаллографических направлений [2]. Магнитная восприимчивость  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  имеет максимум при температуре 56.6К и сильно падает с уменьшением температуры. Температурная зависимость восприимчивости описывается моделью димеров с величиной обменной взаимодействия внутри димера  $J=90\text{K}$  [2]. Аппроксимация хода температурной зависимости восприимчивости при высоких температурах определяет температуру Кюри  $\theta=41\text{K}$ .

Кристаллическая структура  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  определена в работе [3] при комнатной температуре. Пространственная группа  $R\bar{2}1/c$ . Элементарная ячейка включает четыре формульные единицы, ее размеры  $a=6.871\text{\AA}$ ,  $b=9.322\text{\AA}$ ,  $c=7.602\text{\AA}$ ,  $\beta=109.08^\circ$ . Кристаллическая структура  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  приведена на рисунке 1.

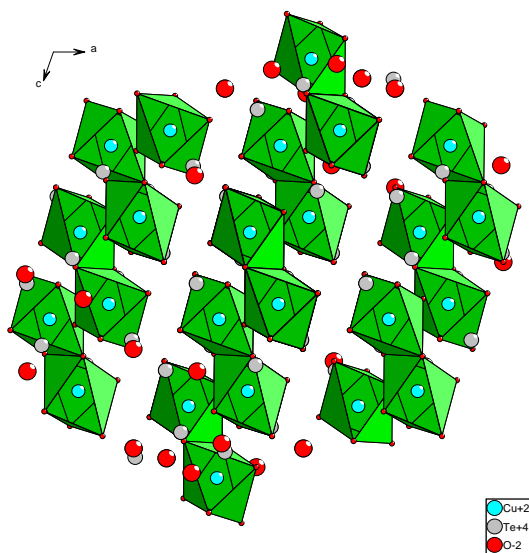


Рисунок 1. Кристаллическая структура  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$ .

Ионы меди окружены шестью атомами кислорода, которые формируют сильно искаженный октаэдр. Два, соединенных общей гранью, октаэдра определяют магнитные свойства вещества. Расстояние

между соседними ионами меди в паре составляет  $3.18\text{\AA}$ . Катион  $\text{Te}^{4+}$  изолирует пары меди друг от друга.

Для изучения природы обменных взаимодействий в  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  были проведены измерения спектров ЭПР и их анализ. Образец представлял собой монокристалл  $0.2 \times 1 \times 1$  мм, прозрачный, цвета морской волны. Образец был предоставлен P.Lemmens (Штутгарт, Германия). Экспериментальное исследование спектров ЭПР проводилось на спектрометре Bruker ELEXSYS E500 CW в X- и Q-диапазонах в температурной области от 5К до 300К. При температурах от 25К до 300К спектр ЭПР  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  состоит из одной Лоренцевой линии. При понижении температуры интенсивность линии следует температурному ходу восприимчивости. В районе 25К линия расщепляется на несколько компонент. Температурная зависимость ширины линии ЭПР приведена на рисунке 2.

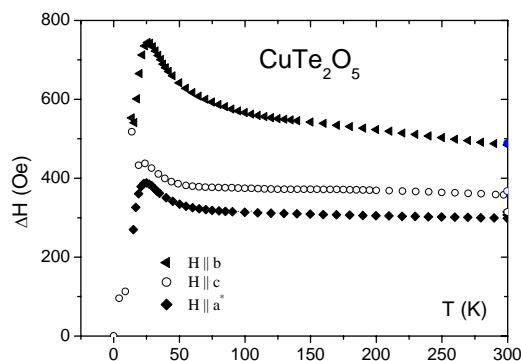


Рисунок 2. Температурная зависимость ширины линии ЭПР в  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  вдоль осей кристалла  $b$  и  $c$  и перпендикулярной им оси  $a^*$ .

Ширина линии ЭПР выше 50К практически не зависит от температуры вдоль осей  $c$  и  $a^*$ . Вдоль оси  $b$  ширина линии выше 150К незначительно уменьшается.

Мы исследовали угловую зависимость ширины и резонансного значения поля линии ЭПР при температуре 300К. Анализ угловой зависимости ширины линии ЭПР был проведен аналогично, как в работе [4].

Мы полагаем, что основной вклад в ширину линии ЭПР дают два вида взаимодействий: первое анизотропное - между спинами ионов меди внутри димера  $J_{\alpha\beta}^i$  и диполь-дипольные взаимодействия между спинами ионов меди из соседних

димеров  $J_{\alpha\beta}^{inter}$ . Величина диполь-дипольных взаимодействий рассчитывалась по формуле:

$$H_{dd} = \frac{(g_i S_i)(g_j S_j) \mu_B^2}{R_i^3} - \frac{3(g_i S_i R_i)(g_j S_j R_i) \mu_B^2}{R_i^5}$$

где  $R_i$  – расстояние между соседними спинами меди, определенное из работы [3]. Гамильтониан анизотропного обменного взаимодействия между соседними спинами меди внутри димера имеет вид:

$$H_{ex} = J_{xx}^{inter} S_x^i S_x^j + J_{yy}^{inter} S_y^i S_y^j + J_{zz}^{inter} S_z^i S_z^j, \text{ где}$$

$$J_{xx}^{inter} + J_{yy}^{inter} + J_{zz}^{inter} = 0.$$

Ширина линии ЭПР определяется выражением:

$$\Delta H = \frac{\hbar}{g \mu_B} \frac{(M_2(J_{\alpha\beta}^i) + C_1 \cdot M_2(J_{\alpha\beta}^{inter}))}{\omega_{ex}}$$

где  $\hbar$  – постоянная Планка,  $\mu_B$  – магнетон Бора,  $M_2$  – второй момент, связанный с анизотропными обменными взаимодействиями и обменная частота  $\omega_{ex} \approx J / \hbar$ .  $C_1$  – константа, определяемая из эксперимента, которая равна отношению величин обменных взаимодействий внутри димера и между соседними димерами. Из анализа угловой зависимости ширины линии ЭПР при температурах 50К, 200К и 300К было установлено, что величина обменного взаимодействия между спинами ионов меди из соседних димеров примерно в двадцать раз меньше, чем величина обменного взаимодействия внутри димера ( $C_1 \approx 20$ ). Вклады в ширину линии ЭПР, связанные с диполь-дипольными взаимодействиями между димерами и анизотропными обменными взаимодействиями внутри димера продемонстрированы на рисунке 3, где сплошной линией показан вклад в ширину линии ЭПР анизотропных обменных взаимодействий внутри димера. Пунктирной линией – вклады в ширину линии связанные с диполь-дипольными взаимодействиями.

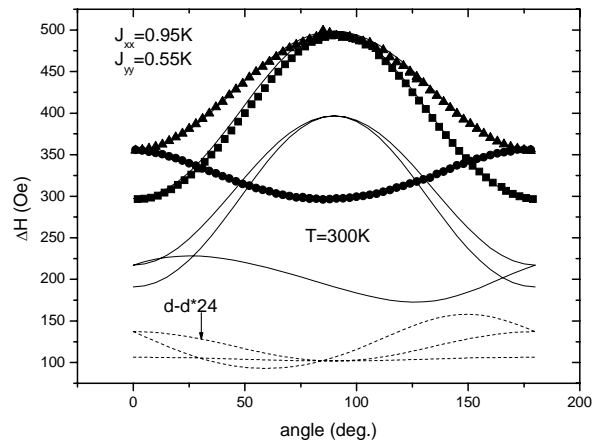


Рисунок 3. Угловая зависимость ширины линии ЭПР в  $\text{CuTe}_2\text{O}_5$  при температуре 300К

Работа выполнена при поддержке «Фонда содействия отечественной науке».

1. M.Hase, I.Terasaki, and K.Uchinokura, Phys.Rev.Lett. 70, 3651 (1993)
2. P.Lemmens, G.Guntherodt, C.Gros, Physics Reports 375 (2003)
3. K.Hanke, V.Kupcik, O.Lindqvist, Acta Cryst. B29, (1973), 963
4. M.Heinrich et. al, Phys.Rev.B 67, 224418 (2003)