

АФМР В ПРОМЕЖУТОЧНОМ СОСТОЯНИИ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

В.В.Еременко, А.В.Клочко, В.М.Науменко, В.В.Пишко

Экспериментально обнаружено, что в случае точной ориентации внешнего магнитного поля вдоль "легкой" оси кристалла $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ частотно-полевая зависимость антиферромагнитного резонанса имеет разрыв в окрестности поля опрокидывания магнитных подрешеток. Тем самым установлено, что магнитные колебания в доменах различных фаз в области промежуточного состояния происходят независимо друг от друга.

Известно, что в кристаллах антиферромагнетиков (АФМ) конечных размеров спин-флор переход происходит через промежуточное состояние (ПС), представляющее собой устойчивую структуру из доменов антиферромагнитной (АФ) и спин-флор (СФ) фаз^{1,2}. В $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ранее исследовался антиферромагнитный резонанс (АФМР) в области ПС^{3,4}. За исключением^{3,4}, до настоящего времени была выполнена только одна работа по изучению АФМР в ПС — в кристаллах MnF_2 ⁵. В работах^{3,4} расчет частот АФМР и интерпретация экспериментально обнаруженной непрерывной частотно-полевой зависимости (ЧПЗ) АФМР в области ПС проведены, исходя из предположения об "усреднении" однородных колебаний намагниченности в образце, разбитом на домены. Однако в⁵ при точной ориентации внешнего магнитного поля H вдоль "легкой" оси кристалла наблюдался разрыв ЧПЗ АФМР в области ПС MnF_2 . В этой работе высказано предположение о том, что АФМР в доменах каждой из фаз происходит независимо, поскольку из-за малого значения магнитной восприимчивости АФМ связь между колебаниями намагниченности в различных доменах не

может быть сильной. Так как внутреннее магнитное поле в АФМ, находящемся в ПС, остается постоянным², частоты АФР в области ПС также практически не должны зависеть от H . Разность частот до и после спин-флоп намного превосходит ширину линий АФМР, что и обуславливает наличие разрыва их частотно-полевой зависимости.

Результаты работ^{3,4} и⁵ не соответствуют друг другу, и для уточнения механизма магнитных возбуждений в АФМР в области ПС были необходимы дополнительные эксперименты. Целью настоящей работы явилось исследование АФМР в $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при точной ориентации внешнего магнитного поля вдоль "легкой" оси кристалла.

Эксперимент проводился на описанном ранее спектрометре⁶. Рабочая температура около 1,8 К достигалась откачкой паров гелия из криостата с образцом. Длина волны измерялась резонаторным волномером с точностью 0,2%. Одновременная регистрация сигналов поглощения и магнитной восприимчивости dM_a/dH позволяла с точностью 10^{-3} Т отсчитывать величину магнитного поля в окрестности спин-флоп относительно калибровочной точки H_c — максимума сигнала dM_a/dH . Неоднородность H в месте расположения образца — пластинки размером $0,3 \times 3 \times 3 \text{ мм}^3$ — не превышала 0,1% от величины поля. Образец первоначально ориентировался по достижению максимальной амплитуды сигнала dM_a/dH , а затем — по получению поглощения АФМР на возможно более высокой частоте вблизи H_c . Точность ориентации в плоскости ab составила $\pm 3'$.

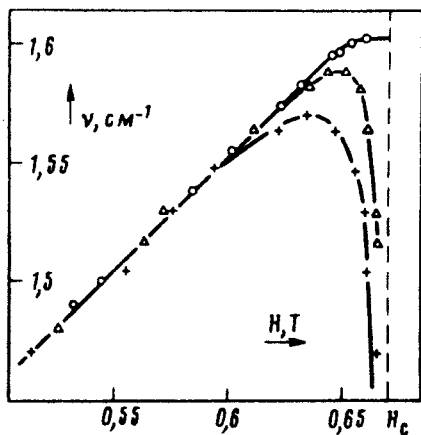


Рис. 1. Частотно-полевые зависимости АФМР для различных углов разориентации: \circ — $\psi = 0'$; Δ — $\psi = 10'$; $+$ — $\psi = 60'$

Рис. 2. Спектрограммы линий АФМР в $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (верхние кривые) на частотах и при углах разориентации: a — $1,604 \text{ см}^{-1}$, $\psi = 0$; b — $1,583 \text{ см}^{-1}$, $\psi = 0$; c — $1,583 \text{ см}^{-1}$, $\psi = 10'$. Стрелкой отмечено значение $H_c = 0,67 \pm 0,01 \text{ Т}$

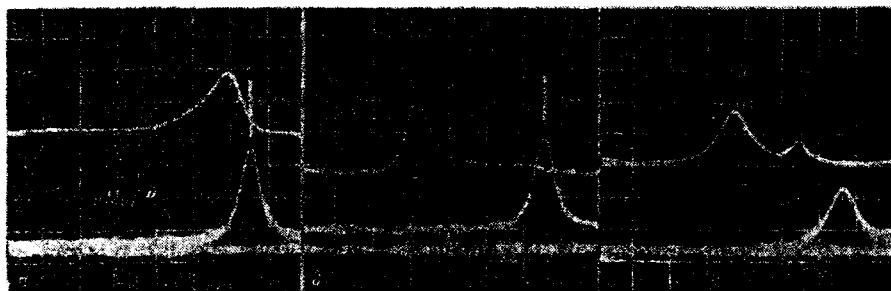


Рис. 2

На рис. 1 показана полученная экспериментально зависимость частот АФМР от H для трех различных углов ψ отклонения H от оси a в плоскости ab : $\psi = 0$; $\psi = 10'$; $\psi = 60'$. В случае $\psi = 0$ при H , стремящемся к H_c , на ЧПЗ имеется горизонтальный участок — поглощение (в пределах ширины линии АФМР, равной $0,008 \text{ см}^{-1}$) регистрируется только на частоте $1,604 \text{ см}^{-1}$. При $H = H_c$ на зависимости имеется разрыв — ниже указанной частоты поглощение практически не наблюдается. Величина $H_c = 0,67 \pm 0,01 \text{ Т}$ хорошо согласуется с известными значениями поля опрокидывания подрешеток при учете конеч-

ной температуры образца $\cong 1,8$ К. В случае слабого отклонения H от оси a ($\psi = 10'$) на ЦПЗ появляется падающий участок вблизи H_c (см. рис. 1), однако ниже некоторой частоты поглощение также отсутствует (точность определения этой частоты составляет $0,05$ см $^{-1}$). Когда $\psi = 60'$, линия поглощения при $H \cong H_c$ наблюдается вплоть до нижней границы рабочего диапазона спектрометра — $1,3$ см $^{-1}$.

На рис. 2 представлены исходные спектрограммы линий АФМР совместно с сигналом dM_a/dH . Магнитное поле в пределах кадра возрастает (слева направо) практически линейно. Спектрограмма "а" соответствует верхней точке зависимости рис. 1 при $\psi = 0$. Линия поглощения имеет асимметричную форму. Ее левое крыло соответствует АФМР в АФ фазе, а правое отражает уменьшение интенсивности этого колебания на горизонтальном участке зависимости в области ПС при уменьшении объема АФ фазы. Наблюдаемая ширина сигнала dM_a/dH на полувысоте при $\psi = 0$ равна $0,006$ Т и не противоречит оценке ширины области ПС $0,004$ Т^{3,4}. Спектрограммы *b* и *c* получены на более низкой частоте при $\psi = 0$ и $\psi = 10'$ соответственно. Хорошо видно отсутствие линии поглощения при $H = H_c$ для $\psi = 0$ и ее появление после разориентации образца ($\psi = 10'$).

Наличие интервала магнитных полей, в котором частота АФМР остается постоянной, и разрыва частотно-полевой зависимости указывает на существование в $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ промежуточного состояния, при котором внутреннее поле в образце остается постоянным, и магнитные колебания в доменных различных фазах происходят независимо.

В заключение выражаем признательность В.Г.Барьяхтару, стимулировавшему эту работу, и В.Т.Телепе, предоставившему образцы.

Литература

1. Дудко К.Л., Еременко В.В., Фридман В.М. ЖЭТФ, 1971, 61, 678, 1553.
2. Барьяхтар В.Г., Боровик А.Е., Попов В.А. ЖЭТФ, 1972, 62, 2233.
3. Барьяхтар В.Г., Галкин А.А., Ковнер С.Н., Попов В.А. ЖЭТФ, 1970, 58, 494.
4. Galkin A.A., Kovner S.N., Popov V.A. Phys. Stat. Sol. (b), 1973, 57, 485.
5. Еременко В.В., Клочко А.В., Науменко В.М. Письма в ЖЭТФ, 1982, 35, 479.
6. Науменко В.М., Еременко В.В., Клочко А.В. ПТЭ, 1981, № 4, 159.