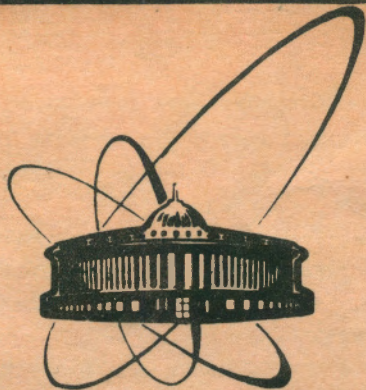


92-400



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P14-92-400

Д.Георгиев, В.В.Нитц, А.П.Сиротин, А.А.Яковлев

ТЕМПЕРАТУРНАЯ И ПОЛЕВАЯ ЗАВИСИМОСТИ
ИНТЕНСИВНОСТИ РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ
ПРИ КОГЕРЕНТНОМ
СПИН-ФЛОП-ПЕРЕХОДЕ В Cr_2O_3

1992

В предыдущих работах ^{1,2/} были представлены нейтронографические измерения спин-флоп-перехода в коллинеарном антиферромагнетике Cr_2O_3 , индуцированного импульсным магнитным полем. Основные особенности фазового перехода, которые проявились в экспериментах:

а) чрезвычайная замедленность процесса переориентации намагниченностей подрешеток, в сопоставлении с известными аналогичными процессами, сопровождающимися изменением ориентации магнитных моментов, в веществах с другими типами магнитоупорядочения;

б) когерентность (или синхронность) этого процесса в объеме образца, исключая стадию образования и роста зародышей новой фазы, характерную для фазовых переходов первого рода.

В данной работе представлены результаты дальнейшего экспериментального исследования спин-флоп-перехода в монокристалле Cr_2O_3 на спектрометре СНИМ-2 ^{3,4/}. Измерения проводились с тем же образцом, что и в предыдущей работе ^{2/}. На рис.1 показана геометрия измерений. Ромбоэдрическая ось кристалла (она же ось антиферромагнетизма при $H = 0$) - в горизонтальной плоскости, совпадающей с плоскостью рассеяния нейтронов. Кристаллографические плоскости (224) и (222) вертикальны, угол между ними - около 38° . Как и в измерениях, описанных в работе ^{2/}, угол рассеяния $2\theta = 90^\circ$. Направление внешнего магнитного поля близко к ромбоэдрической оси с возможными небольшими отклонениями от этой оси в ту или иную сторону в горизонтальной плоскости (угол α). Точность начальной ориентации магнитного поля вдоль оси симметрии кристалла в пределах 0.3° .

Типичные нормированные разностные нейтронограммы $(I_H - I_0)/I_0$ для дифракционного отражения (224) при температуре $T = 130 \text{ K}$, $\alpha = +1^\circ$ (т.е. ось магнита повернута по часовой стрелке от оси симметрии кристалла) приведены на рис.2 (I_H - нейтронографический спектр при действии импульсов магнитного поля, I_0 - спектр при $H = 0$). На этом же рисунке показан импульс магнитного поля (с указанными значениями амплитуды H_m), совмещенный с дифракционным отражением (224). Большой статистический разброс точек в начале и в конце каждого из спектров обусловлен малым количеством нейтронов на спадах дифракционного пика. Такие нормированные спектры непосредственно характеризуют зависимость отражающей способности кристалла от времени.

Представленные в данной работе результаты получены при положительных значениях угла α . При этом вектор антиферромагнетизма \mathbf{l} при росте поля поворачивается против часовой стрелки. Поэтому при доста-

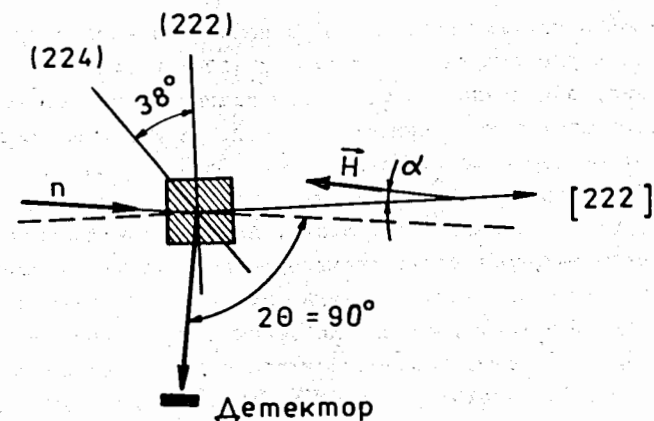


Рис.1. Геометрия нейтронографических измерений. Плоскости (222) и (224) вертикальны. α - угол между направлением магнитного поля и осью анизотропии кристалла Cr_2O_3 в горизонтальной плоскости.

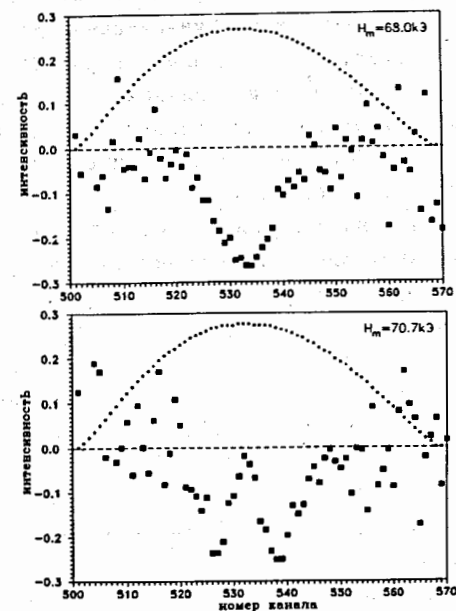


Рис.2. Нормированные разностные нейтронограммы $(I_H - I_0)/I_0$ для отражения (224) при $\alpha = +1^\circ$, $T = 130 \text{ K}$. Ширина каждого временного канала 16 мкс. Показана также форма импульса магнитного поля.

точно большой амплитуде импульса H_m в некоторый момент времени вектор l становится перпендикулярным плоскости (224), и исчезает дифракционное рассеяние, обусловленное магнитным взаимодействием. Этому моменту времени соответствуют минимумы на рис.2. В качестве характеристики переходного процесса мы выбрали здесь значение магнитного поля H_0 , при котором вектор l перпендикулярен плоскости (224), т.е. повернулся на 38° от первоначального направления. Для этого минимум в отражающей способности проектировался на временную зависимость магнитного поля, конечно, при условии, что амплитуда импульса достаточна для того, чтобы успевал произойти поворот, по крайней мере, на 38° . Напомним, что в конечном состоянии при фазовом переходе, когда вектор l повернулся на 90° , т.е. лежит в плоскости (222), интенсивность рассеяния на (224) больше, чем при $H = 0$. Этому состоянию соответствует изменение отражающей способности $(I_H - I_0)/I_0$, равное $\sim +0.3$ (см., напр., нейтронограммы на рис.4 в работе^{/2/}). Два минимума на рис.2 при $H_m = 70.7$ кЭ соответствуют прямому и обратному прохождению вектора l через положение, при котором он перпендикулярен к плоскости (224). При увеличении H_m расстояние между минимумами увеличивается, а пик в центральной части спектра возрастает, перемещаясь в положительную область. Значения H_0 ничем принципиально не выделены в процессе фазовой перестройки, но удобны для определения, т.к. соответствующие минимумы в отражающей способности всегда имеют вид острых провалов.

На рис.3 и 4 представлены значения H_0 в зависимости от амплитуды импульсов H_m при указанных значениях температуры и параметров магнитного поля. Пунктирными линиями показаны значения критического поля спин-флоп-перехода H_c , полученные^{/2/} исходя из данных по продольной магнитной восприимчивости и антиферромагнитному резонансу^{/5/}. Аналогичные результаты получаются и при других параметрах измерений. Общая черта их состоит в том, что в тех, сравнительно небольших диапазонах изменения амплитуды, в которых производились измерения, в пределах пока достигнутой точности определения H_0 , не проявляется отклонения H_0 от постоянного значения. Причем, как уже отмечалось в предыдущей работе^{/2/}, если отклонение поля от оси симметрии невелико, величины H_0 несомненно превышают значения H_c .

На рис.5 отложены величины H_0 , полученные при пяти значениях температуры с импульсами магнитного поля длительностью $T_H = 1040$ мкс (имеется в виду длительность половины периода синусоиды) при $\alpha = +1^\circ$. Каждая точка здесь представляет собой результат усреднения по $5 + 10$ значениям H_0 , определенным при различных амплитудах импульсов H_m , начиная с минимальной для данной температуры амплитуды, при которой

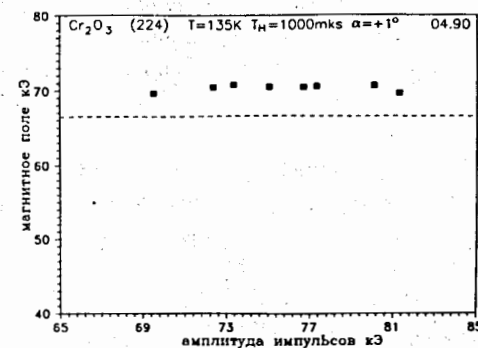


Рис.3. Значения H_0 для различных амплитуд H_m импульсов поля при температуре $T = 135$ К. Пунктирной линией отмечено значение критического поля спин-флоп-перехода.

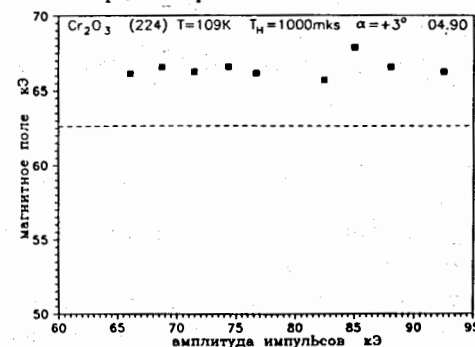


Рис.4. То же, что на рис.3, при $T = 109$ К.

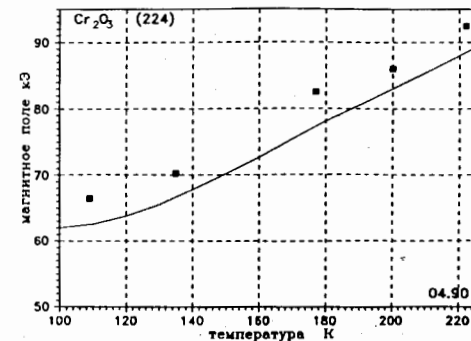


Рис.5. Значения H_0 при различных температурах образца. Сплошной линией показана температурная зависимость критического поля спин-флоп-перехода.

одиночный минимум на нормированной нейтронограмме достигает наибольшей глубины (как, например, на рис.2 при $H_c = 68.0$ кЭ), кончая максимальными значениями, равными $85 + 105$ кЭ. При этом учитывались минимумы в отражающей способности как на подъеме, так и на спаде импульса поля. Гистерезис в процессе переориентации, который мог бы проявиться в различии значений H_c , соответствующих росту величины поля и его уменьшению в импульсе, не обнаружен. Сплошной линией показана температурная зависимость ^{1/2} критического поля H_c спин-флоп-перехода.

Имея в виду, что 38° является произвольным углом в процессе переориентации, главный вывод, следующий из представленных результатов состоит в том, что при заданной начальной температуре каждому значению магнитного поля соответствует определенный угол поворота вектора антиферромагнетизма, если и зависящий, то слабо, от скорости, с которой это поле достигнуто.

Теоретическому анализу ситуации будет посвящена отдельная работа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев Д., Ким Чир Сен, Низиол С., Нитц В.В., Яковлев А.А., ОИЯИ, P14-89-578, Дубна, 1989.
2. Георгиев Д., Нитц В.В., Яковлев А.А., ОИЯИ, P14-92-399, Дубна, 1992.
3. Ананьев Б.Н. и др., ОИЯИ, P13-89-517, Дубна, 1989.
4. Вареник Г.А. и др., ОИЯИ, P13-89-518, Дубна, 1989.
5. Foner S., Phys.Rev., vol.130, No 1, 183, 1963.

Георгиев Д. и др.

P14-92-400

Температурная и полевая зависимости интенсивности рассеяния нейтронов при когерентном спин-флоп-переходе в Cr_2O_3

Представлены результаты экспериментального исследования характера «когерентного» спин-флоп-фазового перехода в коллинеарном антиферромагнетике Cr_2O_3 . Фазовый переход индуцировался импульсами магнитного поля с длительностью около 1 мс. Изменение ориентации намагниченностей подрешеток определялось по дифракционному отражению от плоскости (224) с временным разрешением около 10 мкс. Измерения выполнены на спектрометре СНИМ-2 (ИБР-2).

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Georgiev D. et al.

P14-92-400

Temperature and Field Dependencies of Neutron Scattering Intensity at Coherent Spin-Flop Transition in Cr_2O_3

The results of experimental investigation of the character of a «coherent» spin-flop phase transition in a collinear antiferromagnetic Cr_2O_3 are presented. The phase transition was being induced by the magnetic field pulses of about 1 msec. The change of orientation of sublattices magnetizations was determined by the measurement of the intensity of the peak (224) with time resolution of about 10 mks. The measurements are carried out on the SNIM-2 spectrometer at the IBR-2 pulsed reactor.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992