

ПОЛУЧЕНИЕ "ОДНО-Q" СОСТОЯНИЯ ХРОМА ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР В ПРИСУТСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В. С. Головкин, В. Н. Быков, В. А. Левдик

Как известно [1, 2] "одно-Q" состояние хрома, характеризующееся наличием в образце антиферромагнитных доменов с одной модуляцией волн спиновой плотности, создается при охлаждении монокристалла через точку Нееля (T_N) в высоком магнитном поле (поле охлаждения $-H_0$), направленном вдоль избранного волнового вектора \vec{Q}_i ($i = x, y, z$), совпадающего с одной из главных осей куба.

В настоящей работе показано, что "одно-Q" состояние оказывается возможным получить другим более эффективным методом. Для этого достаточно подвергнуть кристалл хрома однократному охлаждению от комнатной температуры до азотной в присутствии высокого магнитного поля. Эффективность обоих методов сравнивалась на одном и том же образце иодидного хрома с выраженной анизотропией [3].

Состояние магнитной структуры кристалла контролировалось методом дифракция нейтронов ($\lambda = 1,25 \text{ \AA}$) по интенсивностям сателлитов $(0, 1 - \delta, 0)$ и $(0, 0, 1 - \delta)$ при комнатной температуре в отсутствие магнитного поля. Точность измерения величины рефлексов и магнитного поля составляла около 10 и 2% соответственно.

На рис. 1 даются кривые, по которым можно оценить степень перехода образца в "одно-Q" состояние в зависимости от величины прилагаемого магнитного поля.

Перед каждой точкой кристалл возвращался в исходное "три-Q" состояние нагревом выше T_N . По оси ординат отложены отношения интенсивности рефлексов подавленной модуляции ($I_{Q_{II}}$ к интенсивности сателлитов избранной модуляции (I_Q). Зависимости 2 и 3 получены методом магнито-низкотемпературной обработки при постоянной температуре охлаждения 77°K, 1 и 4 – общепринятым. Зависимости 1 и 2 дают отношение $I(0,1-\delta,0)/I(0,0,1-\delta)$ при $H \uparrow \uparrow \bar{Q}_z$ и переход кристалла в "одно-Q_z" состояние, 3 и 4 – обратное отношение при $H \uparrow \uparrow \bar{Q}_y$ и переход в "одно-Q_y" состояние. Различие нулевых точек кривых 1 и 2, 3 и 4 обусловлено эффектом температурного гистерезиса. Здесь же для сравнения приводится построенная по табличным данным зависимость (кривая 5) перехода в "одно-Q" состояние монокристалла Вернера и др. [4].

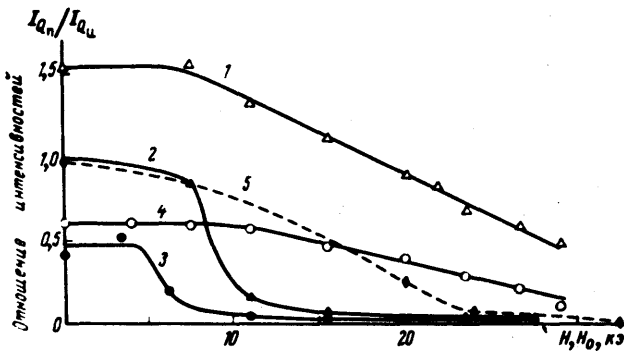


Рис. 1. Зависимость от H и H_0 перехода монокристалла из "три-Q" в "одно-Q" состояние при постоянном значении низкотемпературного фактора:

1. — $I(0,1-\delta,0)/I(0,0,1-\delta)$; $H_0 \uparrow \uparrow \bar{Q}_y$
2. — $I(0,1-\delta,0)/I(0,0,1-\delta)$; $H_0 \uparrow \uparrow \bar{Q}_z$
3. — $I(0,0,1-\delta)/I(0,1-\delta,0)$; $H \uparrow \uparrow \bar{Q}_y$
4. — $I(0,0,1-\delta)/I(0,1-\delta,0)$; $H_0 \uparrow \uparrow \bar{Q}_y$
5. — $I(1-\delta,0,0)/I(0,1-\delta,0)$; $H_0 \uparrow \uparrow \bar{Q}_y$ [4]

Влияние температурного фактора на перестройку магнитного состояния кристалла в процессе магнито-низкотемпературной обработки показано (рис. 2) на температурной зависимости интенсивности рефлекса $(0,0,1-\delta)$ и отношения $I(0,1-\delta,0)/I(0,0,1-\delta)$ при постоянном значении предварительно прилагаемого поля 15,5 кэ, направленного вдоль \bar{Q}_z . Видно, что фактор охлаждения оказывает влияние только до 230°K.

Как следует из зависимостей 2 и 3 (рис. 1) и кривых рис. 2 нам, по видимому, удалось осуществить ниже комнатной температуры перестройку антиферромагнитной решетки кристалла из "три-Q" в "одно-Q"

состояние совместным влиянием магнитных полей и низких температур, т. е. новым методом. Сопоставления наблюдаемой доли остаточной модуляции в "одно- Q_z " и одно- Q_y " состояниях образца, создаваемых двумя методами, при $H = 27,5$ кэ во-первых подтверждают различие критических полей перехода в "одно- Q " состояние для каждого \bar{Q} , [5], во-вторых говорят о большей эффективности магнито-низкотемпературной обработки кристалла в достижении полного "одно- Q " состояния по сравнению со ставшим классическим методом охлаждения в H_0 через T_N .

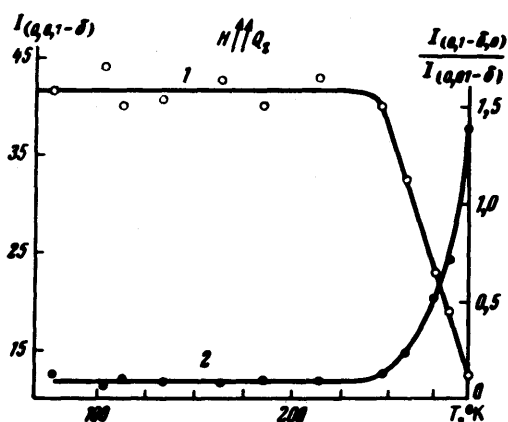


Рис. 2. Температурная зависимость интенсивности рефлекса $(0, 0, 1 - \delta)$ (кривая 1) и отношения $I(0, 1 - \delta, 0) / I(0, 0, 1 - \delta)$ (кривая 2) в присутствии $H = 15,5$ кэ

Во всех случаях контроля стабильности "одно- Q " состояния через сутки величина рефлекса $(1 - \delta, 0, 0)$ не выходила за пределы ошибки измерения. Однако при единственном наблюдении через две недели "одно- Q " состояния образца с 9%-ным вкладом модуляции Q_y было замечено 25%-ное уменьшение интенсивности рефлекса $(0, 0, 1 - \delta)$ и встречное изменение сателлита $(0, 1 - \delta, 0)$, что подтверждает возможность спонтанного перераспределения объема образца при комнатной температуре между доменами с разной модуляцией волн спиновой плотности [6].

"Одно- Q " состояние кристалла, получаемое по методу магнито-низкотемпературной обработки, также полностью уничтожается нагревом выше точки T_N .

Если механизм образования "одно- Q " состояния образца в поле охлаждения через T_N сводится, по-видимому, к простому подавлению зародышей роста доменов с $\bar{Q}_y \perp H_0$ и обеспечению преимущественного роста доменов с $\bar{Q}_y \parallel H_0$, то процесс перехода кристалла из "три- Q " в "одно- Q " состояние под действием магнито-низкотемпературной обработки сопровождается радикальной перестройкой решетки большей части образца. Интерпретировать состояние спина в результате больших совместных температурных и магнитных воздействий только на основании имеющихся данных нельзя, но можно предполагать, что в процессах изменения направления поляризации и "переключения" волновых векторов последний является результирующим.

Поступила в редакцию
13 августа 1971 г.

Литература

- [1] A.Arrott, S.A.Werner, H.Kendrick. Phys. Rev. Lett., **14**, 1022, 1965.
 - [2] T.J.Bastow, R.Street. Proc. Phys. Soc., **86**, 1142, 1965.
 - [3] В.С.Головкин, В.Н.Быков, В.А.Левдик. ЖЭТФ, **49**, 1033, 1965.
 - [4] S.A.Werner, A.Arrott, H.Kendrick J. Appl. Phys., **37**, 1260, 1966.
 - [5] S.A.Werner, A.Arrott, H.Kendrick. Phys. Rev., **155**, 528, 1967.
 - [6] В.С.Головкин, В.Н.Быков, В.А.Левдик. Письма в ЖЭТФ, **12**, 137, 1970.
-