

БОЛЬШИЕ ФЛУКТУАЦИИ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ ХРОМА

В.С.Головкин, В.Н.Быков, В.А.Левдик.

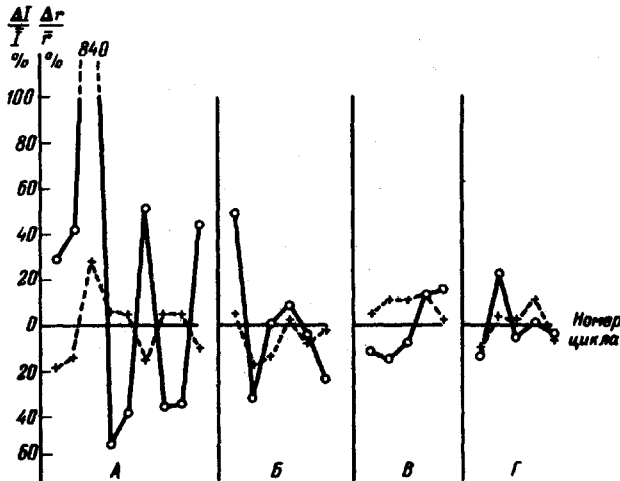
При изучении магнитной структуры хрома, как показано в работе [1], необходим учет всех магнитных сателлитов узлов типа (100) из-за их резкой неэквивалентности и наличия эффекта температурного гистерезиса в интенсивности каждого сателлита, исчезающего у полной суммы. Вернер, Эрротт и Кендрик [2], подтвердив отсутствие гистерезиса суммарной интенсивности, обнаружили изменение температурной зависимости сателлитов от опыта к опыту в пределах 30%. Подобное явление наблюдалось и нами, кроме этого на некоторых образцах наблюдались спонтанные изменения интенсивности сателлитов при комнатной температуре. Это также свидетельствовало о возможной нестабильности магнитной структуры хрома.

В настоящей работе сделана попытка выявить с помощью термоциклирования и магнитной обработки образцов характер неустойчивости магнитной структуры и влияние на ее стабильность примесей. Исследование проводилось нейтрондифракционным методом на пяти иодидных монокристаллах хрома (объем 60–70 мм³). Первые два образца содержали 0,04% ат. примесей ($T_N = 310^\circ\text{K}$, $T_{SF} = 125^\circ\text{K}$). Следующие три, судя по значениям точки T_N и T_{SF} были менее чистыми, (обр. №3 – 305 и 98°K, обр. №4 – 314 и 106°K, обр. №5 – 287 и 103°K соответственно). Точность измерения рефлексов составляла 9%.

Термоцикл состоял из 10-ти минутного отжига образца выше или ниже T_N , охлаждения в струе жидкого азота либо его паров и выдержки не свыше 2-х часов при 145°K, во время которой измерялись интенсивности сателлитов ($\pm 6, 1, 0$) и ($1, \pm 6, 0$), принадлежащих разным модуляционным состояниям. Отношение этих интенсивностей ниже обозначены через r , а сумма их через I . Величина I находилась усреднением по всем циклам.

У наиболее чистых, по нашей оценке, образцов №1 и №2 под влиянием термоциклов отношение r и суммы I испытывали большие флуктуации. Характерные результаты для образца №1 представлены на рисунке. Как видим, наибольшие флуктуации здесь испытывает r , обнаруживая тенденцию к значительному изменению r с изменением нижнего предела циклов. При повторении серий циклов 300 – 143°K, первый цикл в которых начинался с 343°K, наблюдалось явление памяти: в каждой серии \bar{r} мало отличалось от значения r , зафиксированного переходом через T_N . Изменение скорости перехода через T_N от 1 град/мин до 1200 град/мин не влияло на характер флуктуаций.

Стабильность менее чистых образцов №3 и №4 термоциклы не нарушали: №3 выдержал без флуктуаций 12 циклов 343 – 143°K, №4 – 60 таких и еще 30 циклов 373–77°K. После этого образец №4 на протяжении полутора месяцев свыше 60 раз подвергался при комнатной температуре воздействию магнитного поля до 20 кэ вдоль направления [100] с последующим отжигом выше T_N . Стабильность магнитной структуры контролировалась в отсутствие поля по пику ($\pm 6, 1, 0$) при комнатной температуре после предварительного отжига выше T_N . В результате появились большие (до 40%), по-видимому, спонтанные флуктуации интенсивности в промежутках между взаимодействиями поля. Образец №5 примеси не сделали стабильным к термоциклам: из 54 циклов (343 – 143°K) в 7-ми зарегистрированы 18-процентные флуктуации.



Процентное изменение отношения интенсивности рефлексов ($\pm 6, 1, 0$) и ($1, \pm 6, 0$), принадлежавших разным модуляционным состояниям ($\Delta r/r$ — сплошная линия), а также их суммы ($\Delta I/I$ — пунктирная линия) при термоциклировании образца ($T_N = 310^\circ\text{K}$, $T_S = 125^\circ\text{K}$).

Приведенным сериям отвечают следующие пределы термоциклов и средние значения r : а) 343 – 143°K; $\bar{r} = 1,46$; б) 343 – 77°K; $\bar{r} = 3,10$; в) 300 – 143°K; $\bar{r} = 1,01$; г) 300 – 77°K; $\bar{r} = 5,25$;

Здесь уместно сообщить также о необычном поведении монокристалла, подробно исследованного в работе [1], который имел устойчивую резковыраженную магнитную анизотропию. После двухлетнего перерыва в работе с ним обнаружилось, что анизотропия у него исчезла. Подтвердившие это измерения проводились в криостате при азотной температуре и $1 \cdot 10^{-6}$ мм. рт. ст. Перед этим как неоднократно ранее, образец испытывал нагрев до 200°С. В течение последующих 15 съемок на воздухе в парах азота равномерность в распределении интенсивностей у него сохранялась. Затем скачком восстановилась прежняя анизотропия, которую не изменили дальнейшие измерения в условиях вакуума.

Из анализа экспериментальных результатов работы следует.

1. В монокристаллах хрома могут возникать большие изменения магнитной анизотропии как под влиянием термо- и магнетоциклирования, так и спонтанно — без специального взаимодействия (если не считать небольшие в $2-3^\circ$ колебания комнатной температуры).

2. Отсутствие направленности, произвольный характер изменений сопровождающих одинаковые циклы, позволяет отнести их к разделу флуктуаций. Повышение верхней точки цикла за температуру Пееля способствует росту амплитуды флуктуаций, а сдвиг нижнего предела цикла в сторону низких температур выявляет склонность магнитной анизотропии к направленному росту.

3. Результаты исследования образцов №№ 3—5 позволяют предполагать, что термостабильность магнитной структуры хрома определяет скорее не количество примесей, а их состав.

4. Каждый образец имеет, по-видимому, доминирующий характер развития магнитной анизотропии.

Если принять, что пропорции магнитной структуры хрома обусловлены механическими напряжениями в решетке образца, которые снимаются отжигом при $1000 - 1200^\circ\text{C}$ [3], то наши данные указывают на некоторые особенности этих напряжений. Во-первых, они могут "сниматься" без высокотемпературного отжига и возвращаться затем к прежнему виду, то есть общий абрис поля напряжений в образце может иметь ряд преимущественных конфигураций. Во-вторых, поле напряжений чувствительно к температуре и может флуктуировать при ее изменениях. В третьих, оно чувствительно к изменениям самой магнитной структуры и может флуктуировать при изменениях последней, вызванных прямым воздействием на нее внешнего магнитного поля.

Поступила в редакцию
19 июня 1970 г.

Литература

- [1] В.С.Головкин, В.Н.Быков, В.А.Левдик. ЖЭТФ, 49, 10, 1965.
- [2] S.A.Werner, A.Arrott, H.Kendrick. Phys. Rev., 155, №2, 1967.
- [3] I.Bastow, R.Street. Phys. Rev., 141, №2, 1966