

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЯ $Mn_{1,88}Cr_{0,12}Sb$ ПРИ ПРЕВРАЩЕНИИ АНТИФЕРРОМАГНЕТИЗМ — ФЕРРОМАГНЕТИЗМ

Н. П. Гражданкина N. P. GRAZHANKINA

Описываются результаты экспериментального исследования температурных зависимостей электрического сопротивления, удельной термоэлектродвижущей силы, а также температурных и полевых зависимостей гальваномагнитного эффекта  $\Delta R/R$  и эффекта Холла, измеренных на монокристаллических образцах соединения  $Mn_{1,88}Cr_{0,12}Sb$  в области температур 77—380° К, включающих температуру  $T_s$  перехода антиферромагнетизм — ферромагнетизм.

Установлено, что при превращении все перечисленные характеристики испытывают резкое изменение. По смещению максимума эффекта  $\Delta R/R$  с полем определено значение  $dT_s/dH = (-0,33 \pm 0,04) \cdot 10^{-3}$  град·Ое<sup>-1</sup>. Разный характер температурных и полевых зависимостей гальваномагнитных эффектов в ферро- и антиферромагнитной областях при одном и том же типе кристаллической структуры указывает на существенное значение для этих эффектов магнитной структуры вещества.

### Введение

Соединения, имеющие общую формулу  $Mn_{2-x}Cr_xSb$ , при изменении температуры испытывают два магнитных фазовых перехода. Обладая антиферромагнитными свойствами при низких температурах, они переходят при повышении температуры в точке  $T_s$  в ферромагнитное состояние, которое, в свою очередь, разрушается при дальнейшем повышении температуры в точке  $\Theta_f$  [1]. Исследования этих соединений в сильных импульсных магнитных полях показали, что антиферромагнитное состояние может быть разрушено достаточно сильными магнитными полями, превышающими некоторое пороговое значение  $H_n$ , зависящее от температуры [2]. На основании рентгенографических и нейтронографических исследований [3] было установлено, что переход антиферромагнетизм — ферромагнетизм, вызванный температурой в точке  $T_s$ , приводит к изменению только магнитной структуры соединения и не сопровождается изменением кристаллографической симметрии решетки. Как выше, так и ниже температуры перехода решетка имеет тетрагональную симметрию типа  $P4/nmm$ . В связи с этим исследование указанных соединений представляет интерес по меньшей мере в двух отношениях.

Во-первых, изменение при превращении только спиновой симметрии при неизменной симметрии кристаллической решетки дает возможность исследовать вопрос о влиянии характера спинового упорядочения на электрические и гальваномагнитные свойства веществ.

Во-вторых, исследование перехода антиферромагнетизм — ферромагнетизм представляет самостоятельный интерес, так как несмотря на то, что в настоящее время такие переходы обнаружены в ряде соединений, сплавах и в большой группе редкоземельных металлов, природа этих переходов пока еще мало изучена.

В настоящей работе сообщаются данные о температурных зависимостях электрического сопротивления, удельной термоэлектродвижущей силы,



а также температурных и полевых зависимостях намагниченности, гальваномагнитного эффекта  $\Delta R/R$  и эффекта Холла, измеренных на монокристаллических образцах соединения  $Mn_{1,88}Cr_{0,12}Sb$  в области температур 77—380° К, включающей температуру перехода антиферромагнетизм — ферромагнетизм  $T_s = 319^\circ$  К.

### Приготовление образцов и методика измерений

Монокристаллы соединения  $Mn_{1,88}Cr_{0,12}Sb$  готовились следующим образом. Мелкоистолченные порошки химически чистых Mn, Cr и Sb<sup>1)</sup> тщательно перемешивались и прессовались в стержни размерами  $50 \times 8 \times 7$  мм<sup>3</sup>. Прессованные стержни помещались в кварцевые ампулы, которые откачивались до высокого вакуума, наполнялись очищенным гелием, отпаивались и помещались в печь. Температура печи медленно повышалась до 700° С и в течение 6 час производилась выдержка при этой температуре. Затем температура повышалась до 1000—1050° С, образец плавился и производилась кристаллизация расплава. С этой целью ампула вытягивалась из печи со скоростью 0,4 см/час в течение 10—11 час. Полученные сплавы подвергались рентгенографическому и микроструктурному фазовым анализам, которые показали наличие помимо основной фазы  $Mn_{1,88}Cr_{0,12}Sb$  следов MnSb. Кристаллографические направления в монокристаллах определялись двумя путями: рентгенографически по методу Лауэ и магнитным — с помощью карданова подвеса.

Измерения изотерм намагниченности производились на маятниковых магнитных весах типа Доменикали [4]. Максимальная напряженность применяемых магнитных полей была равна 19 кОе.

Электросопротивление и его изменение в магнитном поле  $\Delta R/R$ , а также эффект Холла, измерялись потенциометрическим методом с помощью потенциометра ППТН-1. Методика измерения эффекта Холла была аналогична описанной в работе Волкенштейна и Федорова [5]. Для исключения побочных эффектов измерения производились при двух направлениях магнитного поля и тока в образце. Максимальная напряженность магнитного поля была равна 28 кОе. При измерениях намагниченности и гальваномагнитных эффектов образец ориентировался таким образом, что направление внешнего магнитного поля было параллельно тетрагональной оси монокристалла, следовательно при  $T > T_s$  оно совпадало с осью легкого намагничивания.

Удельная термоэлектродвижущая сила соединения  $Mn_{1,88}Cr_{0,12}Sb$  определялась относительно меди, при этом направление теплового потока совпадало с тетрагональной осью монокристалла. Знак термоэдс определялся путем сравнения с эталонными образцами, изготовленными из висмута и сурьмы.

### Результаты измерений и их обсуждение

На рис. 1 представлены температурные зависимости удельной намагниченности  $\sigma$ , э.д.с. Холла на единицу плотности тока  $E_x d / i$  ( $E_x$  — измеренная э. д. с. Холла,  $d$  — толщина образца,  $i$  — ток) и поперечного гальваномагнитного эффекта  $\Delta R/R$ , измеренные при напряженности магнитного поля 15 кОе; здесь же дана кривая температурной зависимости удельного электрического сопротивления  $\rho(T)$ . Как видно из приведенных графиков, в области температур 300—330° К наблюдается резкое изменение всех перечисленных характеристик: крутой подъем намагниченности и э. д. с.

<sup>1)</sup> Использовались электролитические марганец и хром, обезгаженные в вакууме. Сурьма содержала следующие примеси: Pb —  $1,5 \cdot 10^{-3}\%$ ; As — меньше  $3 \cdot 10^{-3}\%$ ; Co, Ni —  $6 \cdot 10^{-4}\%$ ; Bi — меньше  $4 \cdot 10^{-5}\%$ .