

ОСОБЕННОСТИ БАРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ СО СПИНОВЫМ УПОРЯДОЧЕНИЕМ

Н. П. Гражданкина

Исследовано влияние всестороннего гидростатического сжатия на электрическое сопротивление ферромагнитного соединения CrTe и антиферромагнитного соединения MnTe . Измерения проводились как выше, так и ниже температур их магнитных превращений ($\Theta_f = 65^\circ \text{C}$ и $T_N = 37^\circ \text{C}$). При переходе в парамагнитное состояние наблюдается резкое изменение барических коэффициентов электросопротивления, связанное с нарушением спинового порядка в этих веществах.

Введение

В интервале давлений примерно до $10\,000 \text{ кг/см}^2$ и комнатных температурах барический коэффициент электрического сопротивления подавляющего большинства металлов имеет отрицательный знак [1]. В связи с этим металлы, у которых электрическое сопротивление под влиянием всестороннего гидростатического сжатия уменьшается, носят название «нормальных» металлов. Теоретически этот эффект объясняется изменением сил взаимодействия между электронами и упругими колебаниями кристаллической решетки, обусловленным тем, что внешнее давление приводит к повышению характеристической температуры Дебая. Изменение характера энергетического спектра носителей тока и вида поверхности Ферми должно проявляться для этих металлов при значительно более высоких давлениях.

Металлы, имеющие положительный знак барического коэффициента электросопротивления, принято считать «аномальными». Увеличение электрического сопротивления этих металлов с давлением объясняют [2, 3] изменением их электронной энергетической структуры, обусловленное тем, что всестороннее сжатие приводит к изменению в перекрытии различных энергетических полос. Помимо Li , Ca , Sr , Ba , Bi и Sb , положительный знак барического коэффициента электросопротивления $\gamma = R^{-1}dR/dP$ имеют ферромагнитные сплавы, у которых наблюдается сильная зависимость температуры Кюри от давления: CrTe [4] и инварные сплавы $\text{Fe} - \text{Ni}$ [5]. Поэтому можно было ожидать, что аномальный знак γ в указанных сплавах обусловлен, главным образом, изменением при всестороннем сжатии магнитного состояния сплава — изменением спонтанной намагниченности и температуры Кюри. В связи с этим представляется интересным исследовать вещества с различным типом спинового упорядочения, имеющие разные знаки эффекта $d\Theta_f/dP$ (смещения температур магнитного превращения под давлением) и выявить особенности барических коэффициентов электросопротивления для этих случаев.

В настоящей работе приводятся результаты исследования влияния всестороннего сжатия на электрическое сопротивление ферромагнитного соединения CrTe , имеющего отрицательный знак $d\Theta_f/dP$ и антиферромагнитного соединения MnTe , у которого температура Нееля с давлением растет, т. е. dT_N/dP положительно [6]. В обоих случаях измерения проводились как выше, так и ниже температур магнитных превращений указанных соединений.

Результаты измерений и их обсуждение

Всестороннее гидростатическое сжатие образца осуществлялось в камере высокого давления; средой, передающей давление, служила 50-процентная смесь трансформаторного масла с керосином. Методика измерений электросопротивления, температуры и давления была аналогична описанной нами ранее [4].

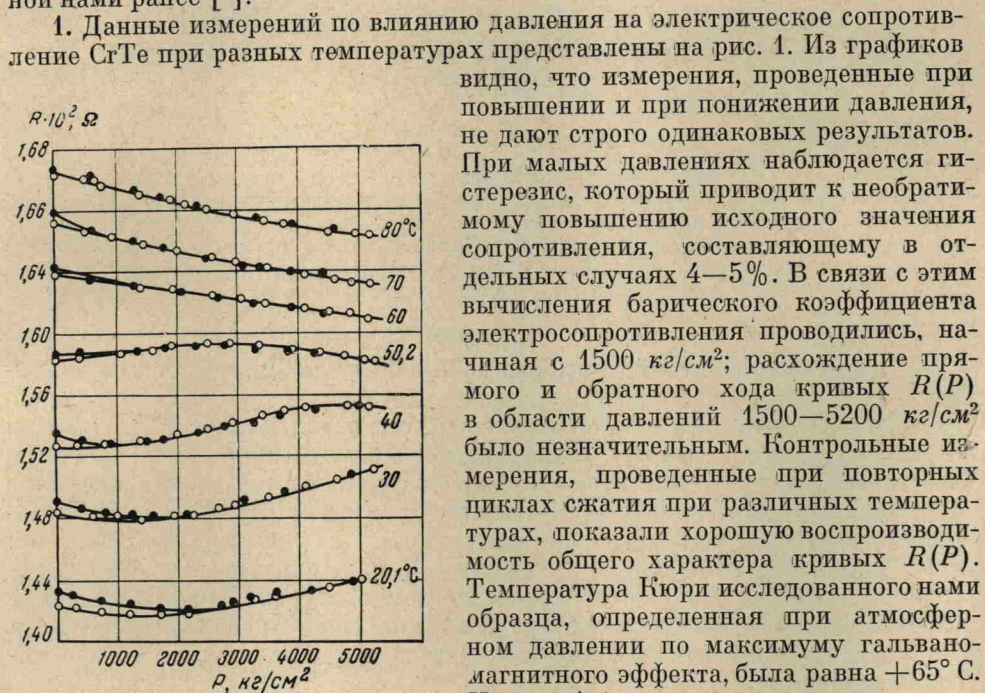


Рис. 1. Влияние давления на электросопротивление CrTe при разных температурах: ○ — при повышении давления, ● — при снижении давления

«нормальный» отрицательный знак. При температурах ниже Θ_f электрическое сопротивление растет с давлением, т. е. знак γ становится положительным. Если принять, что изменение знака γ связано с разрушением спинового упорядочения в этом соединении, то нужно ожидать, что кривые $R(P)$, измеренные в соответствующих интервалах P и T , включающих температуру магнитного превращения, в области Θ_f должны иметь максимумы. Измерения, проведенные при температурах 50,2 и 40° С хорошо подтверждают это (рис. 1). Ранее нами было показано, что температура Кюри теллурида хрома очень сильно понижается с давлением: $d\Theta_f/dP = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ град} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{см}^2$ [4]. Следовательно Θ_f , равная при атмосферном давлении 65° С, понижается при $P = 2500 \text{ кг/см}^2$ до 50° С, а при $P = 4000 \text{ кг/см}^2$ точка Кюри равна 40° С. Из кривых, приведенных на рис. 2, видно, что в указанной области давлений и температур происходит изменение знака барического коэффициента электросопротивления. Определение γ во всех случаях производилось путем графического дифференцирования кривых $R(P)/R_1$, где R_1 — электрическое сопротивление при атмосферном давлении.

Кривые температурной зависимости γ , вычисленные для давлений 2000, 3000, 4000 и 5000 кг/см^2 , приведены на рис. 3. Из графиков видно,

1. Данные измерений по влиянию давления на электрическое сопротивление CrTe при разных температурах представлены на рис. 1. Из графиков видно, что измерения, проведенные при повышении и при понижении давления, не дают строго одинаковых результатов. При малых давлениях наблюдается гистерезис, который приводит к необратимому повышению исходного значения сопротивления, составляющему в отдельных случаях 4—5%. В связи с этим вычисления барического коэффициента электросопротивления проводились, начиная с 1500 кг/см^2 ; расхождение прямого и обратного хода кривых $R(P)$ в области давлений 1500—5200 кг/см^2 было незначительным. Контрольные измерения, проведенные при повторных циклах сжатия при различных температурах, показали хорошую воспроизводимость общего характера кривых $R(P)$. Температура Кюри исследованного нами образца, определенная при атмосферном давлении по максимуму гальваномагнитного эффекта, была равна +65° С. Из рис. 1 видно, что при температурах выше Θ_f электрическое сопротивление теллурида хрома уменьшается с ростом давления, т. е. барический коэффициент электрического сопротивления имеет

При температурах ниже Θ_f электрическое сопротивление растет с давлением, т. е. знак γ становится положительным. Если принять, что изменение знака γ связано с разрушением спинового упорядочения в этом соединении, то нужно ожидать, что кривые $R(P)$, измеренные в соответствующих интервалах P и T , включающих температуру магнитного превращения, в области Θ_f должны иметь максимумы. Измерения, проведенные при температурах 50,2 и 40° С хорошо подтверждают это (рис. 1). Ранее нами было показано, что температура Кюри теллурида хрома очень сильно понижается с давлением: $d\Theta_f/dP = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ град} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{см}^2$ [4]. Следовательно Θ_f , равная при атмосферном давлении 65° С, понижается при $P = 2500 \text{ кг/см}^2$ до 50° С, а при $P = 4000 \text{ кг/см}^2$ точка Кюри равна 40° С. Из кривых, приведенных на рис. 2, видно, что в указанной области давлений и температур происходит изменение знака барического коэффициента электросопротивления. Определение γ во всех случаях производилось путем графического дифференцирования кривых $R(P)/R_1$, где R_1 — электрическое сопротивление при атмосферном давлении.

Кривые температурной зависимости γ , вычисленные для давлений 2000, 3000, 4000 и 5000 кг/см^2 , приведены на рис. 3. Из графиков видно,