

ВЛИЯНИЕ МЕЖЭЛЕКТРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ПЛОТНОСТЬ СОСТОЯНИЙ В НИЗКОРАЗМЕРНОМ СОЕДИНЕНИИ Mo_2S_3

А.И.Романенко, Ф.С.Рахменкулов, В.Н.Икорский, П.С.Никитин

Постановкой эксперимента выделена аномальная часть магнитной восприимчивости низкоразмерного соединения Mo_2S_3 , связанная с аномалией в плотности состояний электронов проводимости.

В работе ¹ показано, что при отталкивании между электронами проводимости в металлической системе с беспорядком возникают аномалии в плотности состояний электронов, что приводит к аномальной температурной зависимости таких термодинамических величин как магнитная восприимчивость и теплоемкость. Экспериментальное исследование аномальной части магнитной восприимчивости дает информацию о знаке и величине константы электрон-электронного взаимодействия λ_c , а по температурной зависимости аномальной части магнитной восприимчивости χ_d можно определить эффективную размерность электронной подсистемы, что особенно важно, когда затруднено непосредственное измерение анизотропии проводимости. Но на пути экспериментального изучения аномальной магнитной восприимчивости, связанной с аномалией в плотности состояний электронов проводимости, стоят большие трудности, вызванные малостью эффекта даже по сравнению с сигналом от малого ($\sim 10^{-5}$) количества парамагнитных примесей. Благодаря двум факторам: квазиодномерности эффекта с большой плотностью квазиодномерных нитей в исследовавшемся соединении Mo_2S_3 , и постановке эксперимента, нам удалось не только выделить эффект в чистом виде, но и изучить его температурную зависимость.

Нами исследована температурная зависимость магнитной восприимчивости χ поликристаллического порошка Mo_2S_3 в интервале температур $4,2 \div 300$ К. Измерения проводились методом весов Фарадея. Температурная зависимость электропроводности σ измерялась четырехконтактным потенциометрическим методом на тех же образцах спрессованных в таблетку.

Кристаллическая структура Mo_2S_3 изучалась в работе ². Атомы Мо в Mo_2S_3 образуют два вида металлических цепочек с металл-металл связью между атомами Мо.

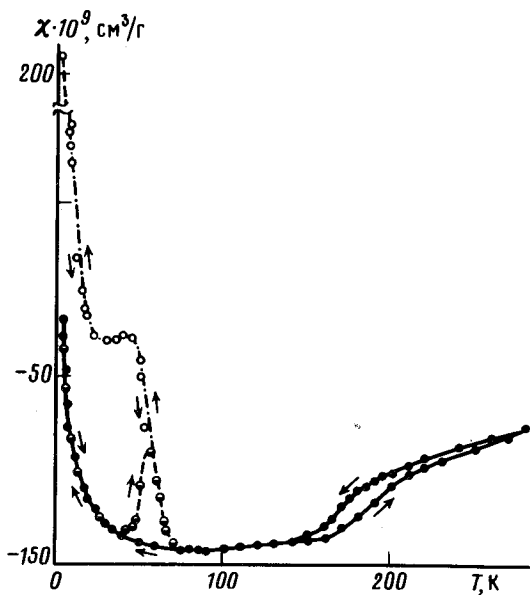


Рис. 1. Температурная зависимость магнитной восприимчивости χ поликристаллического порошка Mo_2S_3 , измеренная при различных скоростях охлаждения и нагрева: ● — образец охлаждался от 80 до 30 К 1 час (χ_0), ● — образец нагревался от 30 до 80 К 1 час, ○ — образец охлаждался и нагревался в том же интервале температур в течение 14 часов (χ_M)

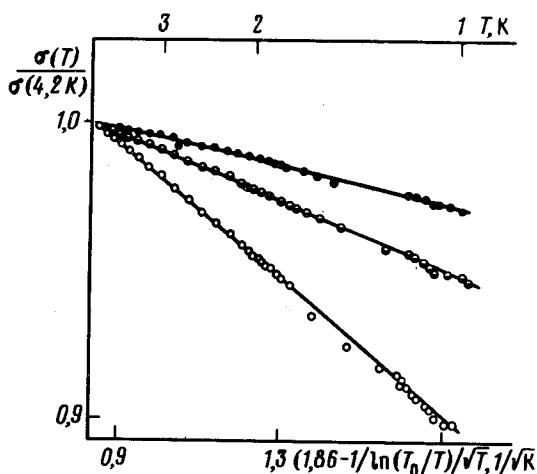


Рис. 2

Рис. 2. Температурная зависимость относительной электропроводности $\sigma(T)/\sigma(4,2 \text{ К})$ поликристаллического порошка Mo_2S_3 , спрессованного в таблетку, измеренная при различных режимах охлаждения: ○ — образец охлаждался от 300 до 30 К 1 час (D_1), ● — образец перед измерением выдерживался при $T = 80$ К 40 часов (D_2), ● — образец перед измерением выдерживался при $T = 80$ К 60 часов (D_3), $D_1/D_2 = 4$, $D_1/D_3 = 16$. Непрерывными линиями показаны зависимости, описываемые выражением (2)

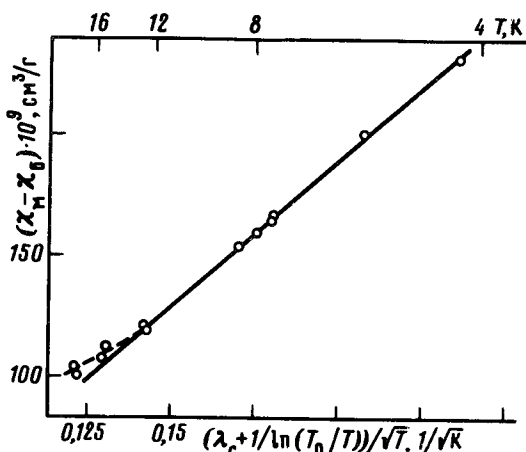


Рис. 3

Рис. 3. Температурная зависимость разности восприимчивостей $\chi_M - \chi_0$. Непрерывной линией показана зависимость, описываемая выражением (3). $D_0/D_M \approx 5,6$

Согласно данным работы ¹ аномалия в плотности состояний электронов проводимости, а следовательно и χ_a , определяется величиной коэффициента диффузии D электронов проводимости:

$$\chi_a = \frac{3\xi(3/2)(g\mu_B)^2}{16\sqrt{2}\pi^{3/2}\sqrt{\hbar D k T}} \left\{ \frac{2}{\ln(T_0/T)} + 2\lambda_c \right\}, \quad (1)$$

где $T_0 = (2\gamma\pi)\omega_D \exp(\lambda_c^{-1})$. Зависимость вида (1) наблюдается при квазиодномерном движении взаимодействующих электронов. Согласно данным работы ³ в монокристаллах Mo_2S_3 в области температур ниже 76 К наблюдается экспоненциальное замедление релаксационных процессов, и система легко и обратимо переводится быстрым охлаждением в состояние с замороженной высокотемпературной фазой. На рис. 1 приведены кривые температурной зависимости χ поликристаллического порошка Mo_2S_3 , полученные при различных скоростях охлаждения. Из данных по восприимчивости видно, что релаксационные процессы, характерные для монокристаллов, имеют место и в поликристаллических порошках Mo_2S_3 .

Нами высказано предположение, что при замораживании высокотемпературной фазы должен меняться коэффициент диффузии D . Изменение D должно приводить к изменению амплитуды χ_a и аномальной части электропроводности σ_a , описываемой выражением ⁴:

$$\sigma_a = -\frac{e^2}{2\pi^2\hbar} \sqrt{\frac{\hbar D}{kT}} \left(1,86 - \frac{1}{\ln(T_0/T)} \right) 4,91 \quad (2)$$

где 1,86 – константа, рассчитываемая по величине λ_c (λ_c независимым образом определяется из данных по χ). На рис. 2 приведены кривые σ в зависимости от параметра $\left(1,86 - \frac{1}{\ln(T_0/T)}\right) \frac{1}{\sqrt{T}}$ формулы (2), полученные различными скоростями охлаждения. Из этих данных видно, что замораживанием высокотемпературной фазы можно изменять D в десятки раз. Поскольку все, кроме χ_a , температурозависимые вклады в магнитную восприимчивость χ соединения Mo_2S_3 не зависят от скорости охлаждения образца, то разность $\chi_M - \chi_6$ (где χ_M – магнитная восприимчивость поликристаллического порошка Mo_2S_3 при медленном охлаждении, χ_6 – при быстром охлаждении) содержит только разность аномальных частей:

$$\chi_M - \chi_6 = \frac{3\xi(3/2)(g\mu_B)^2}{16\sqrt{2}\pi^{3/2}\sqrt{\hbar k T}} \left\{ \frac{2}{\ln(T_0/T)} + 2\lambda_c \right\} \left(\frac{1}{\sqrt{D_M}} - \frac{1}{\sqrt{D_6}} \right). \quad (3)$$

На рис. 3 приведена экспериментальная кривая разности $\chi_M - \chi_6$.

Из того факта, что выше 12 К σ_a и $\chi_M - \chi_6$ отклоняются от зависимостей (2) и (3) соответственно, сделан вывод, что при 12 К длина когерентности для взаимодействующих электронов $L_{int} = \sqrt{\hbar D/kT}$ сравнивается с поперечными размерами квазиодномерной нити в соединении Mo_2S_3 , и квазиодномерное приближение становится неприменимым при температурах выше 12 К. По величине коэффициента пропорциональности в линейной зависимости χ_6 от параметра $\left(\frac{1}{\ln(T_0/T)} + \lambda_c\right) \frac{1}{\sqrt{T}}$ сделана оценка снизу коэффициента диффузии $D_6 \gtrsim 0,1 \text{ см}^2/\text{с}$ (учет вклада парамагнитных примесей ведет к увеличению D_6). С учетом полученного значения D_6 оценено снизу сечение квазиодномерной нити S_H в соединении Mo_2S_3 : $S_H \gtrsim L_{int}^2 \cdot (12 \text{ К}) = 120 \text{ \AA}^2$. Константа электрон-электронного взаимодействия λ_c определялась спрямлением зависимости разности $\chi_M - \chi_6$ от параметра $\left(\frac{1}{\ln(T_0/T)} + \lambda_c\right) \frac{1}{\sqrt{T}}$, и оказалась положительной $\lambda_c = 0,36$. Причем при определении λ_c вклад парамагнитных примесей исключен.

Таким образом экспериментально выделенная аномальная часть магнитной восприимчивости в поликристаллическом порошке Mo_2S_3 связана с влиянием межэлектронного взаимо-

действия на плотность состояний электронов проводимости в этом соединении. Экспериментально установлено, что константа электрон-электронного взаимодействия в Mo_2S_3 положительна (отталкивание между электронами), а движение взаимодействующих электронов в Mo_2S_3 квазиодномерно.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Б.Л.Альтшулеру за интерес проявленный к данной работе и за полезные замечания, высказанные при обсуждении.

Литература

1. Альтшулер Б.Л., Аронов А.Г., Зюзин А.Ю. ЖЭТФ, 1983, 84, 1525.
2. Deblieck R. et al. Phys. Stat. Sol., 1983, 77a, 249.
3. Романенко А.И., Джунусов А.К., Куропятник И.Н., Холопов Е.В. Письма в ЖЭТФ, 1985, 41, 237.
4. Альтшулер Б.Л., Аронов А.Г., Зюзин А.Ю. ЖЭТФ, 1984, 86, 709.

Институт неорганической химии
Академии наук СССР Сибирское отделение

Поступила в редакцию
1 октября 1985 г.