

Низкотемпературная теплоемкость TiCrS_2

© М.А. Алджанов, А.А. Абдуррагимов, С.Г. Султанова, М.Д. Наджафзаде

Институт физики Национальной академии наук Азербайджана,
AZ-1143 Баку, Азербайджан

(Поступила в Редакцию в окончательном виде 18 мая 2006 г.)

Экспериментально изучена теплоемкость ферромагнитного полупроводника TiCrS_2 и вычислены термодинамические параметры. Показано, что температурная зависимость магнитной теплоемкости характерна для квазидвумерных магнитных систем.

PACS: 65.40.Ba, 65.40.Gr

Появление магнитного упорядочения в веществах тесным образом связано с кристаллической решеткой. В ряде случаев анизотропия кристаллической структуры приводит к низкомерному упорядочению магнитных ионов. Квазидвумерные магнетики состоят из ряда далеко отстоящих друг от друга плоскостей, так что взаимодействия (J') между магнитными ионами, лежащими в разных плоскостях, малы по сравнению с взаимодействиями (J) в одной плоскости. В области температур $J' < kT < J$ взаимодействие между плоскостями разрушается, а внутривоскостные взаимодействия еще остаются, и в результате система получает свойства, присущие двумерным магнетикам.

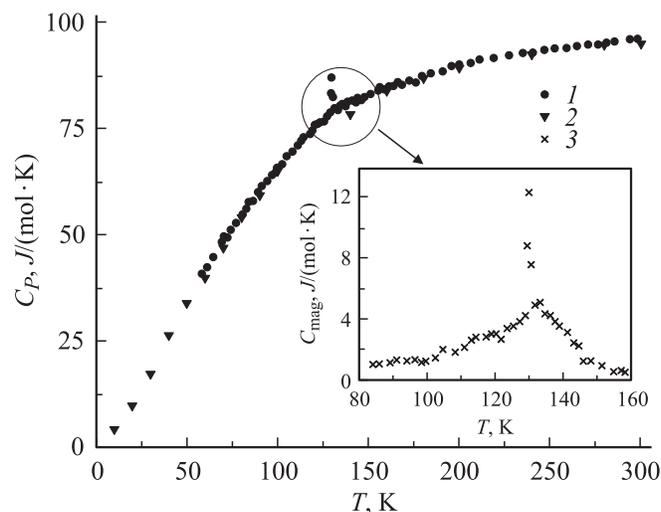
Полупроводниковое соединение TiCrS_2 имеет слоистую структуру, так как слои Cr размещаются между S-слоями, которые в свою очередь разделяются Ti-слоями [1]. Они содержат слои Cr-S_6 октаэдров, дистанция между которыми благодаря большому радиусу ионов Ti достаточно велика.

В настоящей работе экспериментально исследована теплоемкость TiCrS_2 в интервале температур 55–300 К. Синтез соединения TiCrS_2 производился по методике [1]. Структура образца TiCrS_2 , полученного в виде порошка, является ромбоэдрической с гексагональной элементарной ячейкой $c/a = 6.196$; $z = 3$. Для измерения теплоемкости применена вакуумная адиабатическая установка с автоматической регулировкой температуры [2].

Температурная зависимость теплоемкости TiCrS_2 представлена на рисунке. Как видно из рисунка, на зависимости $C_p(T)$ нет ярко выраженной λ -аномалии, присущей трехмерному магнитному фазовому переходу. В районе ~ 130 К имеется небольшой скачок теплоемкости. Величина температуры, при которой наблюдается аномалия, хорошо согласуется с температурой перехода трехмерного дальнего порядка, определенного из намагниченности [1].

Теплоемкость ферромагнитного полупроводника TiCrS_2 можно представить в виде суммы решеточного и магнитного вкладов. Для выделения магнитного вклада очень трудно подобрать диамагнитное изоморфное соединение, так как TiCrS_2 имеет слоистую структуру, что обуславливает специфическое поведение ее теплоемкости. Для вычисления решеточной теплоемкости TiCrS_2 нами использована модель Тарасова [3] для

взаимодействующих слоев с $\theta_2 = 342$ и $\theta_3 = 103$ К; θ_2 и θ_3 — характеристические двумерные и трехмерные температуры Дебая, связанные с упругими постоянными внутри и между слоями соответственно. θ_2 и θ_3 определены из зависимости $C_p(T)$ в интервале 55–80 К, при этом предполагалось, что магнитный вклад несущественно ниже 80 К [4]. Полученная таким путем магнитная теплоемкость приведена на вставке рисунка. Как видно из рисунка ниже ~ 130 К TiCrS_2 переходит к трехмерному магнитному упорядочению, связанному с дальним порядком, т. е. TiCrS_2 становится трехмерным вследствие появления корреляции между спинами в различных слоях. Выше температуры упорядочения наблюдается вклад ближнего порядка в теплоемкость в виде высокотемпературного „хвоста“. Магнитная энтропия и энтальпия TiCrS_2 , вычисленные с использованием зависимостей $C_{\text{mag}}(T)/T$ и $C_{\text{mag}}(T)$, оказались равными $\Delta S_{\text{mag}} = 1.36$ J/mol K, $\Delta H_{\text{mag}} = 166.0$ J/mol соответственно. Из температурной зависимости магнитной энтропии получено, что значительная часть общей магнитной энтропии соответствует области выше трехмерного упорядочения.



Температурная зависимость теплоемкости TiCrS_2 . 1 — экспериментальные данные, 2 — решеточная часть, 3 — магнитная часть.

Изменение энтропии и энтальпии соединения TiCrS_2

T, K	50	100	150	200	250	300
$S_T - S_0,$ $\text{J/mol} \cdot \text{K}$	28.50	62.0	93.1	118.4	138.4	155.7
$H_T - H_0,$ kJ/mol	0.74	3.281	7.09	11.41	16.01	20.77

Критические Cr–Cr-расстояния в гексагональных Cr-слоях, ответственные за происхождение ферромагнетизма, составляют около 3.6 \AA [1]. При этом имеет значение роль и расстояние между Cr-слоями, т. е. оно должно достигать значения по меньшей мере 7 \AA [1,5]. В случае TiCrS_2 дистанция между ближайшими Cr-соседями, относящимися к различным Cr-слоям, достигает 7.51 \AA . Исходя из этого, а также из кристаллической слоистой структуры и температурной зависимости магнитной теплоемкости, можно утверждать, что TiCrS_2 является квазидвумерным ферромагнитным соединением. Следует отметить, что очень важно применение методов изучения статических термодинамических свойств — магнитной теплоемкости и восприимчивости для исследования низкомерных магнитных систем, особенно тех, которые получают в виде порошка.

На основе температурной зависимости теплоемкости вычислены основные термодинамические функции — изменение энтропии ($S_T - S_0$) и энтальпии ($H_T - H_0$) соединения TiCrS_2 , которые приведены в таблице. Ниже 55 K величина $C_p(T)$ экстраполирована к $T \rightarrow 0 \text{ K}$ по закону Дебая с характеристической температурой $\theta_D = \theta_2^{2/3} \cdot \theta_3^{1/3}$.

Список литературы

- [1] M. Rosenberg, N. Knille. *J. Phys. Chem. Solid.* **43**, 87 (1982).
- [2] М.А. Алджанов, М.Д. Наджафзаде. *ФТТ* **32**, 2494 (1990).
- [3] В.В. Тарасов. *Проблемы физики стекла*. Госстройиздат, М. (1979). 256 с.
- [4] L. Jonch. *Adv. Phys.* **23**, 1 (1974).
- [5] Д. Гуденаф. *Магнетизм и химическая связь*. М. (1978). 151 с.