

определена как разность  $C_p(\text{TeFeTe}_2) - c_p(\text{TlFeSe}_2)$ , а ниже  $\sim 150$  К  $C_{\text{реш}}$  вычислена по дебаевскому приближению с характеристической температурой  $\Theta_D = 230$  К, которая определена при 150 К по решеточной теплоемкости  $\text{TlFeTe}_2$ . Рассчитанная таким путем  $C_{\text{маг}} \text{TlFeTe}_2$  показана на рис. 2. Магнитная теплоемкость  $\text{TlFeTe}_2$  выше  $\sim 270$  К становится пренебрежимо малой, что характерно для трехмерных магнитоупорядоченных соединений. На основе  $C_{\text{маг}}(T)$  определены магнитная энергия и энтропия,

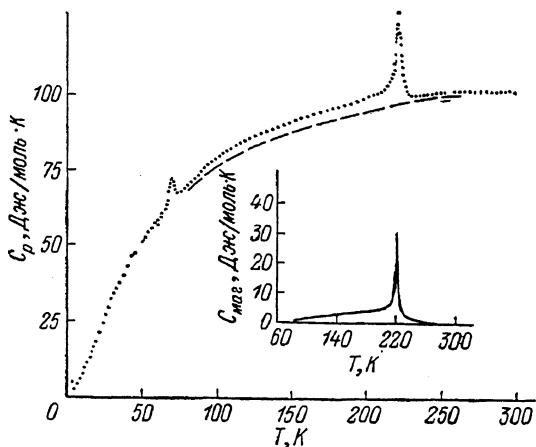


Рис. 2. Температурная зависимость теплоемкости  $C_p(T)$   $\text{TlFeTe}_2$ .

Точки — эксперимент, штриховая линия — решеточная часть, сплошная — магнитная часть теплоемкости.

которые оказались равны  $\Delta H_{\text{маг}} = 667$  Дж/моль,  $\Delta S_{\text{маг}}/R = 0.468$  соответственно. Следует отметить, что численные значения  $\Delta H_{\text{маг}}$  используются при определении параметров обмена на основе выбранных теоретических моделей. Близкое значение парамагнитной  $\Theta_p$  и ферромагнитной  $T_c$  температур Кюри для  $\text{TlFeTe}_2$  показывает, что это соединение, по-видимому, принадлежит к классу гейзенберговских ферромагнетиков, для которого характерно почти равенство величин  $T_c$  и  $\Theta_p$  [3].

#### Список литературы

- [1] Аладжанов М. А., Гусейнов Г. Д., Абдуллаев А. М., Касумов М. Т., Мамедов З. Н. // ФТТ. 1989. Т. 31. № 3. С. 309—310.
- [2] Алджанов М. А., Гусейнов Н. Г., Наджафзаде М. Д., Касумов М. Т. // Препринт АН АзербССР. 1989. № 331. 48 с.
- [3] Бамбуров В. Г., Борухович А. С., Самохвалов А. А. Введение в физико-химию ферромагнитных полупроводников. М., 1988. 206 с.

Институт физики АН АзССР  
Баку

Поступило в Редакцию  
12 февраля 1990 г.

УДК 621.315.592

© Физика твердого тела, том 32, № 8, 1990  
Solid State Physics, vol. 32, N 8, 1990

## ХАРАКТЕР РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$ ПРИ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В. А. Кульбачинский

$\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$  является узкощелевым полумагнитным полупроводником, величина запрещенной зоны которого зависит от концентрации ионов марганца  $x$ , и имеет обычно  $n$ -тип проводимости. При низких температурах во всей области существования твердых растворов  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$  переходит из парамагнитного состояния в состояние спинового стекла [1]. Гальваномагнитные свойства  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$  при азотных температурах [2] показывают, что рассеяние носителей заряда происходит в основном

Номер образца	$x$	$n_{\text{X}}, 10^{18} \text{ см}^{-3}$	$n_{\text{III}}, 10^{18} \text{ см}^{-3}$	$\mu, \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$	$T_0, \text{ К}$	$\frac{\rho_{300}}{\rho_{4.2}}$
1	0.05	0.59	0.57	18300	0.52	7.0
2	0.10	0.45	0.48	6580	1.0	6.6
3	0.22	3.2	—	490	2.9	1.7

Примечание.  $x$  — концентрация марганца;  $n_{\text{X}}, n_{\text{III}}$  — концентрации электронов из эффекта Холла и Шубникова-де Гааза;  $\mu$  — подвижность;  $T_0$  — температура перехода в состояние спинового стекла;  $\rho_{300}/\rho_{4.2}$  — отношение сопротивлений при комнатной и гелиевой температурах

на фононах и изменение проводимости с изменением температуры обусловлено зависимостью от температуры подвижности. Подвижность носителей тока и эффект Холла при сверхнизких температурах изучались в аналогичном по энергетическому спектру полумагнитном полупроводнике  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  [2, 3].

Наблюдались значительное увеличение подвижности электронов зоны проводимости при понижении температуры ниже 2 К, что объяснялось уменьшением рассеяния носителей

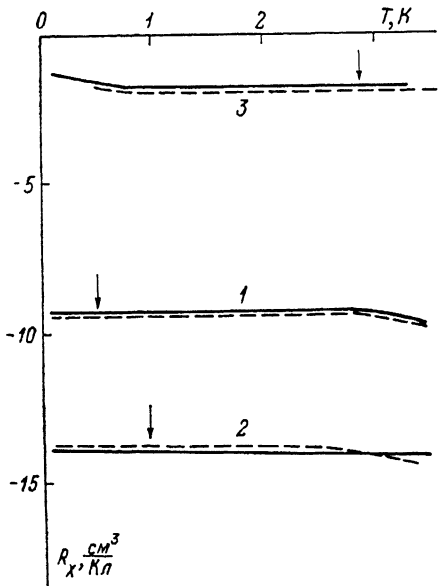


Рис. 1. Зависимости коэффициента Холла от температуры у  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$ .

Цифры у кривых — номера образцов в таблице.  $R_{\text{X}} = 60$  (сплошные линии) и 200 Э (штриховые).

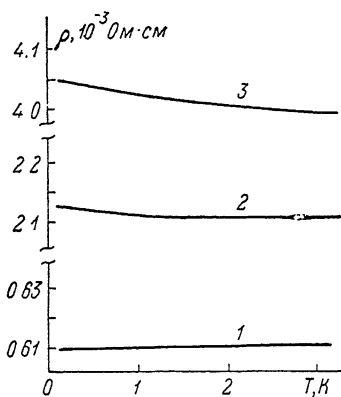


Рис. 2. Зависимости сопротивления образцов  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$  от температуры.

заряда при образовании донорно-акцепторных пар нейтральных комплексов, и аномальная зависимость коэффициента Холла  $R_{\text{X}}(T)$  при переходе образцов в состояние спинового стекла.

В настоящей работе исследованы эффект Холла и зависимость сопротивления от температуры до 0.07 К у монокристаллических образцов  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$  различного состава. Некоторые параметры исследованных образцов приведены в таблице. Температура  $T_0$  перехода в состояние спинового стекла определялась по резкому излому в зависимости дифференциальной магнитной восприимчивости от температуры. Измерения проводились с помощью радиочастотного сквида в магнитном поле Земли. Монокристаллический образец помещался в одну из катушек сверхпроводящего трансформатора, закрепленного на камере растворения рефрижератора  $\text{He}^3$ — $\text{Ne}^4$ . После измерений магнитной восприимчивости к образцу подпаивались контакты и исследовались проводимость и эффект Холла при сверхнизких температурах.

Концентрация электронов в исследованных образцах не зависит от температуры, и изменение сопротивления с понижением температуры определяется подвижностью. На рис. 1 приведены зависимости коэффициента Холла  $R_H$  от температуры для исследованных образцов. Стрелками указаны температуры перехода в состояние спинового стекла в данном образце. Видно, что, несмотря на малое магнитное поле, которое еще не разрушает состояния спинового стекла, в  $Hg_{1-x}Mn_xSe$  эффект Холла нечувствителен к переходу образцов в состояние спинового стекла в отличие от  $Hg_{1-x}Mn_xTe$ , что обусловлено скорее всего отсутствием компенсации и высокой концентрацией электронов с большой энергией Ферми по сравнению с  $Hg_{1-x}Mn_xTe$ , исследованными в [3, 4].

На рис. 2 приведены зависимости сопротивления от температуры у исследованных образцов. Если у образца № 1 сопротивление практически не изменяется при понижении температуры, то у образцов № 2, 3 начинается рост сопротивления, причем чем выше концентрация марганца, тем больше изменение сопротивления и его рост начинается при более высокой температуре. Для заключения о преимущественном механизме релаксации проведем простейшую оценку количества ионизированных примесей по формуле Конуэлла—Вайскопфа для времени релаксации

$$\tau = \frac{(2m^*)^{1/2} e^2 E^{3/2}}{N_i \pi z^2 e^4 \ln [1 + (\epsilon E / z e^2 N_i^{1/2})^2]},$$

где  $m^*$  — эффективная масса,  $e$  — заряд электрона,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость. Определив  $\tau$  из холловской подвижности, для количества ионов примеси  $N_i$  получим значение  $\approx 10^{19} \text{ см}^{-3}$ , что неплохо согласуется с данными о значении концентрации ионов марганца.

Анализируя полученные данные и учитывая диапазон температур, а также то, что  $R_H$  не зависит от магнитного поля при сверхнизких температурах до  $B=6$  Тл, можно сделать вывод, что в  $Hg_{1-x}Mn_xSe$  основное рассеяние носителей заряда происходит в основном на ионизированных примесях с вкладом рассеяния на локализованных магнитных моментах при большом содержании марганца.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Брандт Н. Б., Исмаилов Ж. Т., Кульбачинский В. А., Чудинов С. М., Гавалешко Н. П., Марьянчук П. Д. // ФНТ. 1986. Т. 12. № 2. С. 215—217.
- [2] Zicic O., Stojic M., Stosic B. // Phys. St. Sol. (a). 1985. V. 88. N 2. P. K191—K196.
- [3] Брандт Н. Б., Цидильковский И. М., Мошалков В. В., Поникаров Б. Б., Скрбек Л., Талденков А. И., Чудинов С. М. // ФТП. 1983. Т. 17. № 1. С. 18—23.
- [4] Брандт Н. Б., Мошалков В. В., Орлов А. О., Скрбек Л., Цидильковский И. М., Чудинов С. М. // ЖЭТФ. 1983. Т. 84. № 3. С. 1059—1074.

Московский  
государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

Поступило в Редакцию  
28 декабря 1989 г.  
В окончательной редакции  
14 февраля 1990 г.

УДК 537.312.62 : 539.893 : 546.66

© Физика твердого тела, том 32, № 8, 1990  
Solid State Physics, vol. 32, N 8, 1990

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭДС УЬ ПРИ ВСЕСТОРОННЕМ СЖАТИИ ДО 11 ГПа

А. О. Сабуров, Н. Н. Степанов, А. П. Швецов

Под действием всестороннего сжатия при температуре 300 К иттербий претерпевает ряд фазовых переходов: металл—полупроводник, из ГЦК- в ОЦК-фазу и из ОЦК- в ГПУ-фазу при давлениях  $\approx 1.2$ ,  $\approx 4$  и  $\sim 35$  ГПа