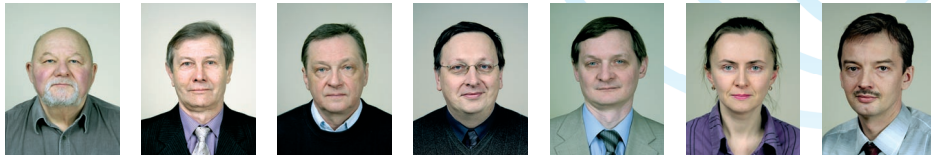


## Аномалии свойств микронеоднородных сплавов $\text{PdMn}_x\text{Fe}_{1-x}$

Коуров Н.И., Королев А.В., Князев Ю.В., Коротин М.А., Марченков В.В., Волкова Н.В., Герасимов Е.Г.



**Показано, что неоднородность структурного и магнитного состояний в области перехода от атомно упорядоченного ферромагнитного (ФМ) сплава  $\text{PdFe}$  к интерметаллическому антиферромагнитному (АФМ) соединению  $\text{PdMn}$  сопровождается необычными особенностями не только магнитных и решеточных характеристик, но и электронных свойств.**

В последнее время большое внимание уделяется исследованию практически важных гетерофазных систем, имеющих мелкодисперсную структуру выделений низкоомной (металлической) и высокоомной (диэлектрической) фаз. Примером такого рода систем являются сплавы  $\text{PdMn}_x\text{Fe}_{1-x}$ , которые в интервале концентраций  $0.2 \leq x \leq 0.8$  состоят из смеси высокоомной ( $\rho_0 > 100 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) АФМ фазы типа  $\text{PdMn}$  и низкоомной ( $\rho_0 < 8 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) ФМ фазы типа  $\text{PdFe}$ . Мы показали, что кристаллическая структура сплавов переходной области концентраций формируется чередующимися между собой областями двух одинаковых фаз, отличающихся друг от друга размерами и степенью тетрагональности элементарных ячеек. Магнитная структура сплавов представляет собой микронеоднородную среду, сохраняющую характеристики граничных ФМ и АФМ фаз. Вдоль границ областей с разным коллинеарным упорядочением моментов в сплавах выпадает дополнительная неколлинеарная магнитная фаза.

Сплавы  $\text{PdMn}_x\text{Fe}_{1-x}$  обладают рядом особенностей, понимание которых представляет несомненный интерес. Из *рис.1а* видно, что на границе исчезновения металлической ФМ фазы при концентрации  $x_c \sim 0.8$  остаточное сопротивление ( $\Delta$ ) достигает предельной для металлического состояния величины  $\rho_0 \sim 220 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ , значительно превосходящей значения  $\rho_0$  в каждой из граничных фаз. При этом происходит смена знака температурного коэффициента сопротивления с положительного (для металлической ФМ фазы) на отрицательный (для высокоомной АФМ фазы), а термоэдс  $S$  и коэффициент обыч-

ного эффекта Холла  $R_0$  ( $\blacktriangle$ ), наоборот, при переходе к АФМ сплавам с  $x > 0.8$  становятся положительными.

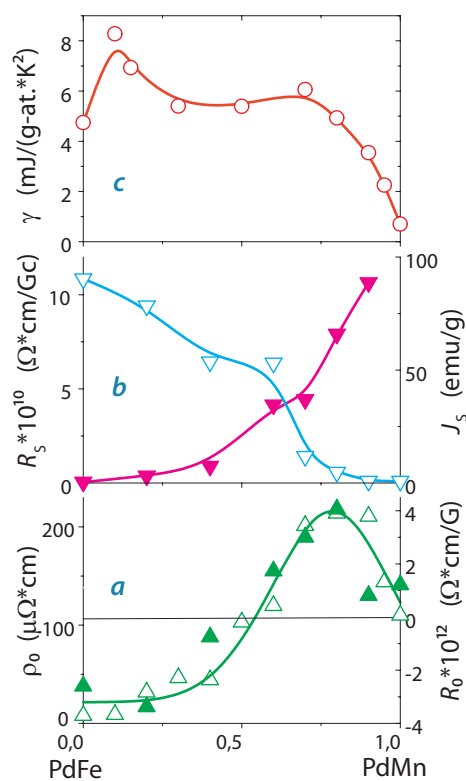


Рис. 1

Поведение коэффициента аномального эффекта Холла  $R_s$  ( $\nabla$ ) и спонтанной намагниченности  $J_s$  ( $\blacktriangledown$ ) сплавов  $\text{PdMn}_x\text{Fe}_{1-x}$  при  $T = 4.2\text{K}$  свидетельствует, что возрастание  $\rho_0(x)$  при  $x \rightarrow x_c$  связано с неоднородностью материала, обусловленной исчезновением металлической ФМ фазы. Результаты измерений оптической проводимости  $\sigma(\omega)$ , приведенные на *рис.2*, указывают на появление дополнительно максимума поглощения света

при энергии  $E \sim 0.1\text{eV}$  для сплава с  $x = 0.7$ , характеризуемого присутствием мелких зародышей металлической ФМ фазы (конечных кластеров) в высокоомной АФМ матрице. Показано, что механизм образования данной аномалии, наряду с низкоэнергетическим межзонным поглощением, может быть связан с резонансными явлениями, обусловленными рассеянием света на фазовых неоднородностях образца.

Особо следует отметить изоморфизм концентрационных зависимостей остаточного сопротивления и коэффициента  $R_0$ , который впервые обнаружен для такого рода многофазных систем сплавов. Возможность существования изоморфизма зависимостей  $\rho_0(x)$  и  $R_0(x)$  в микронеоднородных средах следует из теории в модели протекания и в приближении эффективной среды только лишь с металлической стороны при  $x \leq x_c$ . В сплавах  $\text{PdMn}_x\text{Fe}_{1-x}$  на другой стороне от  $x_c$  бесконечный ФМ (проводящий) кластер отсутствует. При  $x > x_c$  данные сплавы являются однофазными АФМ типа PdMn, а здесь теория протекания и приближение эффективной среды не работают.

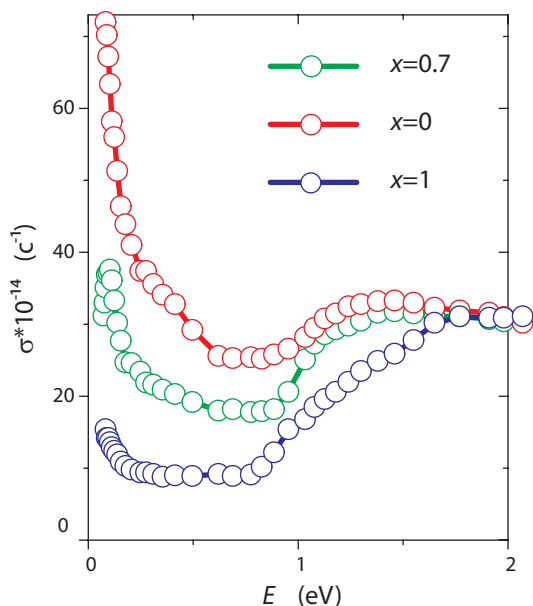


Рис.2

Оптическая проводимость сплавов  $\text{PdMn}_x\text{Fe}_{1-x}$

В результате зонных расчетов и оптических исследований (рис.2) в спектре PdMn при переходе в АФМ состояние нами обнаружена широкая и глубокая "псевдощель" на  $E_F$ . Учитывая это,

поведение  $\rho_0(x)$  и  $R_0(x)$  при  $x > x_c$  мы объясняем в двухзонной модели Мотта, как следствие изменения плотности  $d$ -состояний  $n_d(E_F)$  при замене атомов Mn на атомы Fe. Поведение коэффициента  $\gamma$  (○) в электронной составляющей теплоемкости  $C_{el}$  сплавов  $\text{PdMn}_x\text{Fe}_{1-x}$  свидетельствует о значительной перестройке электронного спектра вблизи  $E_F$  (рис.1с). Обращает на себя внимание резкое возрастание  $\gamma$ , а следовательно, величины  $n_d(E_F)$  при замене Mn на Fe в антиферромагнетике PdMn. В области существования ФМ фазы при  $x \leq x_c \sim 0.8$  коэффициент  $\gamma$  имеет обычные для  $d$ -металлов значения.

Очевидно, что составляющая  $C_{el} \sim \gamma \sim n(E_F)$  как аддитивная характеристика с параметрами бесконечного кластера не связана. Она отражает плотность состояний на  $E_F$ , усредненную по всем конечным и бесконечным кластерам как металлической ФМ, так и высокоомной АФМ фаз. При  $x \leq x_c$  для  $C_{el}$  определяющей является металлическая фаза из-за большей величины коэффициента  $\gamma$  в ней по сравнению с "диэлектрической" фазой. Поэтому в этой области концентраций из эксперимента следуют значения коэффициента  $\gamma$  обычные для  $d$ -сплавов. Наблюдаемые здесь концентрационные изменения составляющей  $C_{el}$  не связаны с видом концентрационных зависимостей кинетических свойств:  $\rho_0(x)$  и  $R_0(x)$ , которые, согласно теории протекания, определяются только плотностью тока в бесконечном проводящем кластере.

Таким образом, сопоставление зависимостей  $\rho_0(x)$ ,  $R_0(x)$  и  $\gamma(x)$ , а также зонные расчеты однозначно показывают, что изоморфизм концентрационных изменений кинетических свойств в сплавах переходной области концентраций при  $x \leq 0.8$  обусловлен топологическими особенностями кластерной структуры гетерофазного состояния. В однофазных высокоомных сплавах при  $x > x_c \sim 0.8$  определяющим параметром для этих свойств является перестройка зонной структуры вблизи  $E_F$ , происходящая в результате замены атомов марганца на атомы железа.

С представленными результатами и выводами можно ознакомиться в [1-5].

<sup>1</sup> Volkova N.V., Dorofeev Yu.A., Kazantsev V.A. et al. Phys.Stat.Sol. (a) 188 (2001) 1115.

<sup>2</sup> Коуров Н.И., Коротин М.А., Волкова Н.В. ФТТ 44 (2002) 193.

<sup>3</sup> Коуров Н.И., Марченков В.В., Королев А.В., Волкова Н.В. ФММ 96 (2003) 56.

<sup>4</sup> Коуров Н.И., Князев Ю.В., Зенков Е.В., Москвин А.С. ФТТ 45 (2003) 853.

<sup>5</sup> Коуров Н.И., Герасимов Е.Г., Коротин М.А. ФТТ 48 (2006) 853.