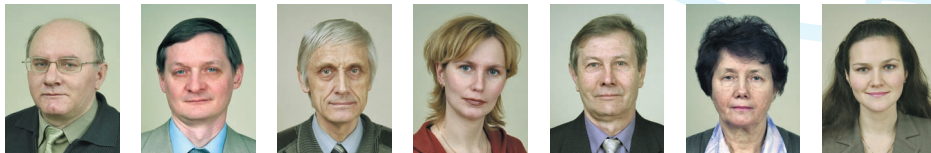


## Низкотемпературные свойства псевдощелевого полупроводника железо-ванадий-алюминий

А.Т. Лончаков, В.В. Марченков, В.И. Окулов, Т.Е. Говоркова, А.В. Королёв, К.А. Окулова, Е.И. Шредер



*Нашими исследованиями установлено, что низкотемпературные электронные свойства сплава  $Fe_{1.9}V_{1.1}Al$  отвечают расположению энергии Ферми в узкой псевдощели электронной плотности состояний. Предложено простое теоретическое описание эффектов псевдощели и в итоге согласованной подгонки предсказываемых температурных зависимостей коэффициента Холла, электропроводности и магнитной восприимчивости к экспериментальным, определена эффективная ширина псевдощели (порядка 1 мэВ) и ее относительная глубина (порядка одной сотой). Существование объектов, подобных полупроводникам, в системах типа сплавов Гейслера имеет принципиальное значение, поскольку может свидетельствовать о новых особенностях электронных связей в таких системах.*

Экспериментальные исследования температурной зависимости электросопротивления в сплавах железо-ванадий-алюминий выявили подобное полупроводниковому поведение наблюдаемых зависимостей в узком диапазоне составов вблизи стехиометрического  $Fe_2VAl$ . В ряде работ обнаруженные аномалии связывались с присутствием щелей или псевдощелей в электронной плотности состояний вблизи энергии Ферми. При этом анализ проводился по широкому температурным интервалам (сотни К). Однако в таком случае наряду с особенностями электронной плотности состояний в наблюдаемых зависимостях могут проявляться эффекты изменения примесной и магнитной структуры. Поэтому такого рода подход не позволяет однозначно обосновать существование полупроводникового состояния в данных сплавах. Для получения более обоснованных выводов следовало проанализировать низкотемпературное поведение электросопротивления и других величин. Нами предложено решение такой задачи. В экспериментах получены температурные зависимости коэффициента Холла, электропроводности и магнитной восприимчивости сплава  $Fe_{1.9}V_{1.1}Al$ , обладающего полупроводниковыми свойствами. Было установлено, что в низко-

температурном интервале (до 30К) зависимости имеют характерный масштаб, значительно меньший другого масштаба, определяющего высокотемпературное поведение. Этот вывод иллюстрируется видом кривых для логарифмов измеренных величин на рис.1. На основе простого теоретического описания нам удалось связать упомянутые низкотемпературные аномалии с существованием псевдощели (узкого провала) в электронной плотности состояний. Были получены формулы, применимые для количественной интерпретации эффектов узкой псевдощели в температурных зависимостях электропроводности  $\sigma$ , коэффициента Холла (холловской кон-

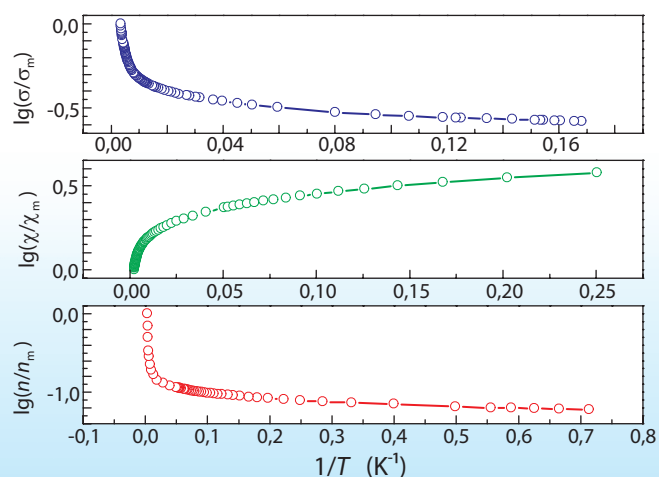


Рис.1

центрации  $n$ ) и магнитной восприимчивости  $\chi$ . На основе этих формул нами проведена подгонка теоретических зависимостей к экспериментальным данным для низкотемпературного интервала (рис.2, 3, 4). Основная наша цель состояла в том, чтобы показать возможность согласованного описания температурных зависимостей измеренных величин теоретическими кривыми, относящимися к одним и тем же эффективным ширине и глубине щели. Эту цель можно считать достигнутой, все приведенные на рисунках теоретические кривые отвечают ширине около 10К и близким значениям относительной глубины. Таким образом, принимая интерпретацию характерных низкотемпературных зависимостей как эффектов псевдощели, по нашим данным следует полагать, что псевдощель имеет ширину около одного миллиэлектронвольта и относительную глубину порядка  $10^2$ . Подчеркнем здесь, что каждую из кривых отдельно можно подогнать заметно лучше со своими значениями параметров. Но только согласованный подход позволяет обоснованно судить о степени достоверности согласия экспериментальных данных предложенной теории.

В выполненных ранее работах для описания аномалий температурной зависимости электропроводности в широком интервале температур привлекались представления о псевдощели шириной порядка сотен миллиэлектронвольт. Поскольку действующие при высоких температурах механизмы падения электропроводности могут иметь активационный характер, то качественного описания экспериментальных данных недостаточно для того, чтобы обосновать существование широкой псевдощели в рассматриваемом объекте. Наши результаты, опубликованные в [1-3], показывают, что низкотемпературные зависимости имеют свой масштаб, который можно считать проявлением узкой псевдощели и, тем самым, отражением существования псевдощелевого полупроводника, принадлежащего к переходным ступеням между металлом и диэлектриком.

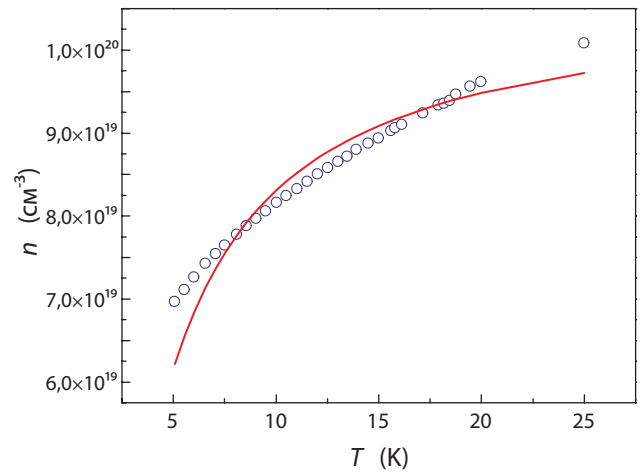


Рис.2

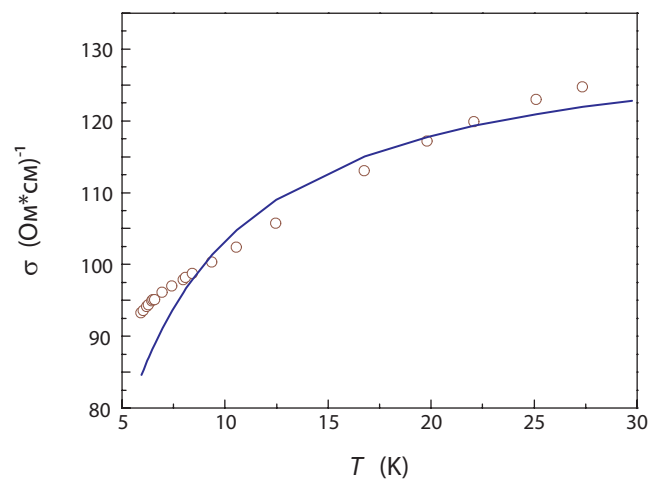


Рис.3

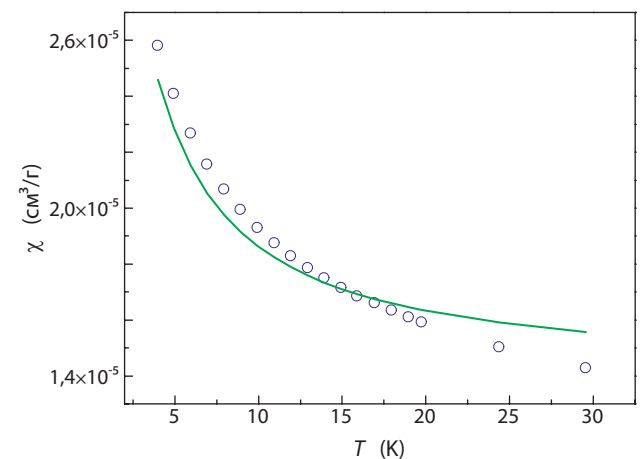


Рис.4

<sup>1</sup> В.Е. Архипов, Т.Е. Говоркова, А.В. Королёв, В.В. Марченков, В.И. Окулов, К.А. Окулова, Е.И. Шредер Тезисы докладов 7-й Российской конференции по физике полупроводников, Москва (Звенигород), 18-23 сентября 2005г., с. 132

<sup>2</sup> В.И. Окулов, В.Е. Архипов, Т.Е. Говоркова, А.В. Королев, В.В. Марченков, К.А. Окулова, Е.И. Шредер Труды 34 Совещания по физике низких температур, Ростов-на-Дону, п.Лео, 26-30 сентября 2006 г., т.2, с. 103-105.

<sup>3</sup> В.И. Окулов, В.Е.Архипов, Т.Е. Говоркова, А.В. Королев, В.В. Марченков, К.А. Окулова, Е.И. Шредер ФНТ 33, №4 (2007)