

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Садакова Андрея Владимировича «Транспортные и магнитные свойства слоистых сверхпроводников: оксипниктидов, халькогенидов и оксикарбонатов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Открытые недавно высокотемпературные сверхпроводники на основе железа вызвали новый всплеск интереса к высокотемпературным сверхпроводникам и к изучению механизма высокотемпературной сверхпроводимости. Несмотря на заметно более низкую критическую температуру перехода по сравнению с купратами, эти соединения важны тем, что они, как говорят, нарушили купратную монополию на высокотемпературную сверхпроводимость. Fe-сверхпроводники представляются интересными и в отношении практических применений, например, в технике сильных магнитных полей, поскольку их токонесущие и магнитные свойства сравнимы, а иногда даже существенно лучше чем у сверхпроводников на основе меди. Что касается механизма сверхпроводимости, то к настоящему времени нет единого мнения о природе спаривания в этом классе соединений. Выяснение этого механизма чрезвычайно важно как для понимания процесса сверхпроводимости в сверхпроводниках на основе железа и меди, так и в отношении перспектив получения сверхпроводимости при ещё более высоких температурах, вплоть до комнатных. В связи с этим актуальность настоящего исследования не вызывает сомнений.

В первой главе диссертации описаны методы получения, а также результаты по характеристике и исследованиям свойств сверхпроводящих поликристаллов оксипниктидов железа составов $\text{EuFeAsO}(\text{F})$, $\text{GdFeAsO}(\text{F})$ и GdFeAsO – представителей так называемого класса "1111". Образцы с гадолинием были выращены двумя способами - твердотельным синтезом в откаченных ампулах и синтезом при высоком давлении. Было проведено сравнение свойств соответственно полученных соединений с одинаковым процентным массовым составом - проведены транспортные измерения в магнитных полях до 14 Тесла, а также измерения магнитной восприимчивости в полях до 9 Тесла. Установлено, что образцы с более высоким содержанием сверхпроводящей фазы получают при синтезе под давлением. Установлено также, что оптимально допированный $\text{EuFeAsO}(\text{F})$ переходит в сверхпроводящее состояние при 11 К, а образцы с гадолинием - при температурах

40-53 К, в зависимости от состава. Из полевых измерений получены температурные зависимости критического поля H_{c2} и сделана оценка величины $H_{c2}(T=0)$, на основе теории Вертхаммера-Халфенда-Хохенберга (ВХХ) без учета спин-парамагнитных и спин-орбитальных эффектов. Для $\text{EuFeAsO}(\text{F})$ значение $H_{c2}(0)$ составило 80 Тесла, а для лучшего образца $\text{GdFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ – 200 Тесла.

Во второй главе диссертации описаны результаты исследований свойств поликристаллов новых соединений, претендентов на проявление сверхпроводящих свойств - перовскитовых оксихалькогенидов железа с общей формулой $\text{Ca}_4\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{O}_6\text{Ch}$ ($\text{Ch}=\text{S}, \text{Se}$), принадлежащих к классу "42262" (структура типа $\text{Sr}_4\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_6\text{V}_2$). Обсуждены химические и структурные особенности полученных соединений. На основе рентгеноструктурных исследований сделано предположение о том, что кальций является хорошим инструментом оказания "химического давления", способным увеличить температуру сверхпроводящих переходов в соединениях класса "42262", по аналогии с тенденциями, наблюдаемыми, например, в соединениях класса "1111". Проведены детальные измерения температурных зависимостей магнитной восприимчивости и сопротивления синтезированных образцов. Установлено, что сверхпроводимость в них НЕ наблюдается при понижении температуры вплоть до 4 К. Рассматриваются возможные причины отсутствия сверхпроводимости.

В третьей главе диссертации описаны методы получения, а также результаты характеризации и исследования свойств сверхпроводящих монокристаллов оксикарбоната $\text{Bi}_2\text{Sr}_4\text{Cu}_2\text{CO}_3\text{O}_8$. Полученные данные по сверхпроводящим свойствам синтезированных кристаллов показывают, что, несмотря на высокое качество структуры и состава, объем сверхпроводящей фазы в выращенных образцах невелик. Высказано предположение, что одной из наиболее вероятных возможных причин этого является неоптимальный катионный состав: по данным элементного анализа катионное соотношение составляет $\text{Bi}/\text{Sr} = 0.61-0.63$, а для $\text{Bi}/\text{Cu} = 1.16-1.19$, т.е. наблюдается недостаток Sr и Cu в образцах по сравнению со стехиометрическим составом.

В четвертой главе диссертации описаны результаты исследования транспортных и магнитных свойств сверхпроводящих монокристаллов FeSe . Хотя в литературе имеется достаточно много результатов по исследованию данного соединения, в настоящей работе выполнены первые комплексные исследования в ориентации 001 и в широких интервалах температур (до 40 мК) и магнитных полей (до 30 Тесла). Установлено, что в геометрии $H\parallel c$ температурная зависимость второго критического поля, вплоть до температур $T/T_c \approx 0.006$, находится в хорошем согласии с теоретической зависимостью ВХХ. Показано, что в

геометрии $H||ab$ такие зависимости значительно отклоняются от теоретических, что связывается с парамагнитным ограничением сверхпроводимости, рассматриваемым в модели ВХХ. Продemonстрировано, что параметр анизотропии γ в кристаллах FeSe уменьшается с понижением температуры, и что кристаллы становятся практически изотропными при экстраполяции температуры ниже 40 мК. При анализе экспериментальных результатов уделено внимание тому, что вид температурных зависимостей второго критического поля заметно зависит от метода выбора точки сверхпроводящего перехода.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания.

1. Исследования впервые полученных кальциесодержащих оксихалькогенидов железа, направленные на выявление сверхпроводимости, проведены лишь до 4 К. К сожалению, диссертантом не выполнены измерения при более низких температурах.
2. Не исследованы магнито-транспортные или термодинамические свойства оксикарбонатов висмута.
3. Видна некоторая небрежность в оформлении диссертационной работы. В чёрно-белых версиях некоторых, видимо, цветных рисунков трудно разобраться в обозначениях различных зависимостей. Заголовки таблиц представлены в разных форматах, Таблица 4.1 не имеет заголовка. Подписи к рисункам 1.3 и 1.4 располагаются на соседних страницах.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, результаты которой обладают новизной и представляются практически значимыми. Так, проведенные диссертантом исследования образцов оксипниктидов железа позволили начать цикл работ по спектроскопии андреевского отражения сверхпроводящей щели, а полученные магнитотранспортные данные свидетельствуют о перспективности использования материалов в технике сверхсильных магнитных полей.

Диссертация представляет собой завершённую работу по исследованию транспортных и магнитных свойств серии слоистых железосодержащих сверхпроводников, в ней исследованы свойства также и новых соединений, структурно родственных уже известным высокотемпературным сверхпроводникам на основе железа. Текст диссертации хорошо структурирован, изложен на 84 страницах машинописного текста, содержит 5 таблиц, 32 рисунка и список использованных литературных источников из 102 наименований. Основные результаты представлены в 7 печатных работах, опубликованных в ведущих физических журналах, докладывались на семинарах и конференциях.

