

ОТЗЫВ

официального оппонента Красноперова Евгения Павловича на диссертацию **Власенко Владимира Александровича** «Физические аспекты практического применения железосодержащих сверхпроводников системы 11 ($\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$)», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Диссертация Власенко В. А. посвящена исследованию фундаментальных свойств железосодержащих сверхпроводников $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$. В работе экспериментально и теоретически изучены температурные зависимости Лондоновской глубины проникновения, теплоемкости, второго критического поля и транспортные свойства монокристаллов $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$. Предпринята попытка изготовления длинномерных проводов на основе железосодержащих сверхпроводников.

Открытые недавно сверхпроводники на основе железа вызвали новый всплеск интереса к изучению механизма сверхпроводящего спаривания в материалах, в которых атомы могут иметь сильное магнитное взаимодействие. Несмотря на заметно более низкую критическую температуру по сравнению с купратными сверхпроводниками, эти соединения важны тем, что они расширили класс высокотемпературных сверхпроводников интересней не только с фундаментальной точки зрения, но и перспективный для практического применения. Их токонесущие и магнитные свойства сравнимы, а анизотропия существенно меньше, чем у сверхпроводников на основе меди. Таким образом, железосодержащие сверхпроводники могут стать возможными материалами для практического применения.

Что касается механизма сверхпроводимости, то к настоящему времени нет единого мнения о природе спаривания в этом классе соединений. Исследование и выяснение механизмов сверхпроводящего спаривания принципиально важно, как для понимания процесса сверхпроводимости в сверхпроводниках на основе меди и железа, так и в отношении перспектив получения сверхпроводимости при более высоких температурах.

В связи с этим актуальность настоящего исследования не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений, списка литературы из 188 наименований. Объем диссертации составляет 107 страниц машинописного текста.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, описываются цели и задачи диссертационной работы, научная и практическая значимость исследований, формулируются выносимые на защиту положения, а также приводится информация об апробации работы и докладах на конференциях, на которых были доложены основные результаты исследований.

Глава 1 диссертации посвящена обзору литературы о явлении сверхпроводимости различных соединений в исторической ретроспективе и новейших исследований свойств железосодержащих сверхпроводников. Обсуждаются общности и различия в структуре и физических свойствах между купратными и железосодержащими сверхпроводниками. Описаны физические аспекты пиннинга вихрей Абрикосова в сверхпроводниках II рода, и связь с критическим током.

В конце главы на 3-ех страницах описан способ изготовления сверхпроводящих проводов методом порошок в трубке. Уместность этого раздела **вызывает сомнение**.

В Главе 2 диссертации изложены методы изготовления моно- и поликристаллических образцов состава $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$. Обсуждены особенности экспериментальных методов исследований образцов малых размеров, и теоретические модели, которые применялись для анализа полученных экспериментальных данных.

В Главе 3 представлены экспериментальные температурные зависимости магнитного момента, теплоемкости и сопротивления в различных магнитных полях. Из полученных данных были рассчитаны температурные зависимости Лондоновской глубины проникновения, электронной теплоемкости и второго критического поля в магнитных полях до 19 Тл. Несмотря на то, что в литературе имеется достаточно много результатов исследования бинарного соединения FeSe , в настоящей работе впервые подробно исследовано влияние легирования серой на сверхпроводящие свойства в области низких температур (до 0.3 К) и сильных магнитных полей (до 19 Тл). Анализ экспериментальных данных позволил утверждать, что в тройной системе $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ наиболее вероятной является двухзонная «s»-волновая симметрия сверхпроводящего параметра порядка.

В Главе 4 изложены результаты исследований транспортных и магнитных свойств сверхпроводящих монокристаллов $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$, со степенью легирования серой до $x=0,11$. Исследовалась природа и механизмы пиннинга в системе. Показано, что сильный пиннинг вызван дефектами различной размерности и природы. Кроме того, экспериментально наблюдаемый второй пик намагничивания, возникающий на петлях магнитной необратимости при низких температурах, объясняется с точки зрения перестройки вихревой структуры, что находит поддержку в работах по исследованию данного семейства на низкотемпературном туннельном микроскопе и исследованиях теплоёмкости. В четвертой главе также исследует фазовый переход типа вихревая жидкость-вихревое стекло. На основе используемых теоретических моделей сделан вывод, что данный переход имеет квазидвумерную природу. Обобщение экспериментальных данных позволило построить фазовые диаграммы системы $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ со степенью легирования серой до 0,11.

В Главе 5 описан процесс изготовления проводов из поликристаллического FeSe двумя различными способами: методом горячей газовой экструзии и методом волочения. Показано положительное влияние отжига при температуре 350 °С на плотность критического тока и выявлены факторы, негативно влияющие на плотность жилы и возможную последующую деградацию провода. В работе продемонстрирована технологическая возможность изготовления длинномерных сверхпроводящих проводов из железосодержащего соединения FeSe .

Глава 5 по названию диссертации представляет главную цель работы, и это вызывает **серьезное недоумение**. Яркие результаты предыдущих глав никак не использованы в процессе изготовления проводов, а описанная технология достаточно хорошо апробирована на проводах из диборида магния (MgB_2) и станида ниобия (NbSn_3). Достигнутые автором плотности тока $\approx 100 \text{ A/cm}^2$ (при $T=2\text{K}$) в сочетании с наблюдаемой деградацией свойств вызывают у неискушенного читателя вопрос, а нужна ли такая «высокотемпературная» сверхпроводимость? Заметим также, что технология относится к технической физике, и не входит паспорт специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

К **недостаткам** диссертации следует отнести более чем скромное сравнение полученных результатов с литературными данными.

Отметим также не корректность использования автором фразы- *«Измерение Лондоновской глубины проникновения поля»*. Эта величина в работах не измерялась непосредственно, а вычислялась из измерений первого и второго критических полей.

Сделанные замечания не затрагивают основные, наиболее яркие результаты выполненной работы, и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Работа выполнена на хорошем научно-техническом уровне, написана ясным языком и широким списком цитируемой литературы по исследуемой проблеме. Автореферат диссертации достаточно полно и точно отражает ее содержание.

Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в авторитетных журналах, в том числе Physical Review B, Superconductor Science and Technology, и докладывались на ряде авторитетных конференций по профилю работы.

Оценивая диссертационную работу Власенко В. А. в целом, можно сделать следующее заключение:

- тема диссертации актуальна, и диссертация представляет собой законченную работу, в которой решены важные задачи в области экспериментальных исследований;
- результаты диссертации обладают научной новизной и практической значимостью;
- все выносимые на защиту положения хорошо обоснованы, их достоверность не вызывает сомнения. Достоверность результатов экспериментальных исследований подтверждается воспроизводимостью экспериментальных данных и использованием апробированных и протестированных измерительных приборов, обоснованность теоретических выводов обеспечивается использованием общепризнанных физических моделей и адекватных приближений.

Представленная диссертационная работа Власенко В. А. удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013г., а ее автор, Власенко Владимир Александрович, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

Краснопёров Евгений Павлович,
доктор физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – физика
конденсированного состояния, профессор,
начальник лаборатории физики низких температур
и сверхсильных магнитных полей Отдела
сверхпроводимости Курчатовского комплекса
НБИКС-природоподобных технологий
НИЦ «Курчатовский институт»


28.11.2022

Телефон: + 7 (499) 196- 71-09

Адрес: 123182, г. Москва, пл. академика Курчатова, д. 1

E-mail: krasnopetrov_ep@nrcki.ru

Подпись Краснопёрова Е.П. достоверно.

Первый заместитель директора
Центра по науке



 Дьякова Ю.А.

Список публикаций официального оппонента д.ф.-м.н., профессора
Е.П. Красноперова по тематике диссертации В.А. Власенко

1. P.A. Brazhnik, E.P. Krasnoperov, *Visualization of the Field Penetration at the Shielding Current Break and Its Restoration in the Pulse Magnetized YBCO Ring*, Journal of Superconductivity and Novel Magnetism **34**(4), 1085–1090 (2021).
2. E.P. Krasnoperov, V.V. Guryev, V.V. Sychugov, D.S. Yashkin, S.V. Shavkin, *Measurement of Parameters of Superconducting Coils with Bare Windings*, Measurement Techniques **64**(9), 744–750 (2021).
3. E.P. Krasnoperov, *Power Exponent in CVC and Critical Current of Y-Ba-Cu-O Films* Journal of Superconductivity and Novel Magnetism, **32**(12), 3711–3713 (2019).
4. E.P. Krasnoperov, V.V. Guryev, S.V. Shavkin, A.V. Ovcharov, P.V. Volkov, *Solenoid from experimental HTS tape for magnetic refrigeration*, Journal of Engineering Science and Technology Review, **12**(1), 104–109 (2019).
5. V.S. Korotkov, E.P. Krasnoperov, P.A. Brazhnik, A.A. Kartamyshev, A.M. Bishaev, M.V. Kozinsteva, *Pulsed field magnetization of multi-turn short-circuited stabilized double pancake HTS coil*, Journal of the Korea Institute of Applied Superconductivity and Cryogenics, **21**(1), 1-5 (2019).
6. V.S. Korotkov, E.P. Krasnoperov, A.A. Kartamyshev, *The break of shielding current at pulsed field magnetization of a superconducting annulus (experiment and model simulation)*, Superconductor Science and Technology, **30**(9), 095004 (2017).
7. E.P. Krasnoperov, V.S. Korotkov, A.A. Kartamyshev. *Magnetization of superconducting rings by long-duration pulses*. Tech. Phys. Lett. **43**, 882–884 (2017).