

ОТЗЫВ

официального оппонента Горшунова Бориса Петровича 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. «Физические аспекты практического применения железосодержащих сверхпроводников системы 11 ($\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$)» связана с комплексным экспериментальным исследованием симметрии параметра порядка соединения $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$, особенностей вихревой динамики, и пиннинга вихрей Абрикосова. В работе также рассматриваются перспективы практических применений железосодержащих сверхпроводников.

Отправной точкой исследований железосодержащих сверхпроводников стало открытие сверхпроводимости в соединении LaFeAsO с температурой сверхпроводящего перехода, T_c , около 26 К. К настоящему времени открыто множество групп железосодержащих сверхпроводников различных классов. Представленная диссертационная работа посвящена классу сверхпроводников на основе железа $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$, обозначаемому как «11». Соединения системы $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ обладают структурой слоев FeSe , идентичной железосодержащим сверхпроводникам со слоями FeAs , с частичным замещением атомов селена. FeSe существует в двух модификациях. Тетрагональная фаза имеет структуру типа PbO ($\beta\text{-FeSe}$) и обладает сверхпроводимостью с $T_c \approx 8\text{-}9$ К при нормальном давлении. Гексагональная фаза FeSe со структурой типа NiAs ($\delta\text{-FeSe}$) не является сверхпроводящей. Несмотря на то, что система $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ является простейшей, со структурной точки зрения, получить высококачественные сверхпроводящие монокристаллы таких составов довольно сложно. При легировании серой критическая температура соединения возрастает до $T_c \approx 10.5$ К. Среди остальных представителей класса железосодержащих сверхпроводников система $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ выделяется по следующим причинам: а) в ней отсутствует магнитный фазовый переход; б) структурный и сверхпроводящий переходы значительно разнесены друг от друга (10 и 90 К, соответственно); в) приложенное внешнее давление порядка 9 ГПа увеличивает критическую температуру до 37 К; г) монослой FeSe на подложке проявляет сверхпроводящие свойства при температурах до 100 К. Исследование свойств сверхпроводников системы $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ вызывает значительный научный интерес с точки зрения выяснения механизма сверхпроводящего спаривания в семействе высокотемпературных сверхпроводников. Их изучение актуально также и в практическом плане, например, в отношении применения в технике и технологии сильных магнитных полей.

Таким образом, тема диссертационной работы В. А. Власенко, безусловно, является актуальной.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Полный объем диссертации составляет 107 страниц. Список литературы содержит 188 наименований.

Во введении обсуждается актуальность темы диссертации, формулируется цель и задачи работы, её научная новизна, научная и практическая значимость. Там же приведены защищаемые положения, публикации автора по теме диссертации, рассмотрен круг проблем, описанных в диссертации.

Первая глава содержит детальное описание явления сверхпроводимости и основных известных классов сверхпроводящих материалов. Там же приводятся различия между сверхпроводниками I и II рода, основные физические явления, характерные для сверхпроводников II рода, перспективы использования железосодержащих сверхпроводников в технике для создания высоких магнитных полей.

Во второй главе описаны экспериментальные методики, использующиеся для синтеза и характеристики исследуемых образцов монокристаллов и образцов композитного сверхпроводящего провода. Там же описаны теоретические модели, согласно которым проводился анализ полученных температурных зависимостей Лондоновской глубины проникновения, теплоемкости, второго критического поля и вольтамперных характеристик.

Третья глава диссертации посвящена характеристике и описанию исследуемых образцов. Рассмотрены особенности получения температурной зависимости лондоновской глубины проникновения $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ из данных измерений первого критического поля, а также получение температурной зависимости электронной теплоемкости $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ при низких температурах из измерений теплоемкости всего кристалла. Значительный интерес представляют результаты анализа экспериментальных измерений, получены данные указывающие на многозонную природу сверхпроводимости в данном типе соединений вне зависимости от степени легирования серой до 11 %.

Четвертая глава диссертации посвящена проблематике возникновения второго пика намагничивания в соединении $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ в приложенном внешнем магнитном поле порядка 1-3 Тл и при температуре ниже 3 К. В разделах 4.4-4.5 исследуется особенность поведения вихрей Абрикосова при фазовом переходе вида вихревая жидкость – вихревое стекло и исследуется размерность данного перехода. Автором обобщены экспериментальные данные, на основе которых построены фазовые диаграммы, показана их динамика в зависимости от степени легирования серой.

В пятой главе описан принципиально новый метод изготовления композитных сверхпроводящих проводов, а именно, метод горячей газовой экструзии. Определены факторы, негативно влияющие на плотность сверхпроводящей жилы. Продемонстрировано значительное увеличение плотности тока после отжига в течение нескольких дней при температуре 350⁰С. С учетом полученных результатов методом волочения был изготовлен модельный длинномерный провод, показана принципиальная возможность изготовления длинномерного провода со сплошной жилой из железосодержащего сверхпроводника.

В заключении суммируются основные выводы и итоги работы.

Вопросы и замечания:

1. При обсуждении в п. 2.15 расширенной модели вихревого стекла желательно было бы сделать более четкое утверждение о преимуществах использования модернизированной модели по сравнению с исходной моделью.
2. На рисунке 4.10, где представлены фазовые диаграммы, следовало бы обозначить величины второго критического поля, полученные из измерений теплоемкости в работе A1.
3. На стр. 91 обсуждается увеличение доли несверхпроводящей фазы FeSe при облучении протонами. Можно было бы привести дифрактограмму, иллюстрирующую данное утверждение.
4. В тексте работы встречаются опечатки и некоторое количество «научного жаргона».

Сделанные замечания не затрагивают основные положения диссертационной работы, а также общую положительную оценку диссертации. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, написана ясным языком и содержит достаточное количество цитируемой литературы по исследуемой проблеме. Достоверность результатов работы подкреплена их согласованностью с данными других авторов, полученных в рамках независимых альтернативных исследований. Содержание автореферата достаточно полно и точно соответствует основным положениям диссертационной работы.

Оценивая диссертационную работу Власенко Владимира Александровича в целом, можно заключить, что тема диссертации актуальна, выводы и заключения научно обоснованы, результаты обладают научной новизной, практической значимостью, прошли апробацию и в достаточной степени представлены в научных трудах автора.

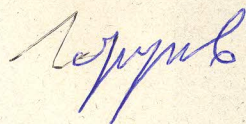
На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертационная работа Власенко В. А. удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013г.,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

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией терагерцовой спектроскопии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

Тел.: +7 (498) 744 65 38

e-mail: bpgorshunov@gmail.com



/Горшунов Борис Петрович/

24.11.2022

Подпись Горшунова Бориса Петровича заверяю.

Ученый секретарь Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», к.ф.-м.н.



/Евсеев Евгений Григорьевич/

Российская федерация, 141701, Московская область, г. Долгопрудный,
Институтский пер., 9.
Тел: +7 (495) 408-45-54

Список основных публикаций оппонента доктора физико-математических наук, доцента Б. П. Горшунова по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. A Khudchenko, BNR Lap, KI Rudakov, R Hesper, VP Koshelets, PN. Dmitriev, A Chekushkin, F. V. Khan, E. S. Zhukova, L. S. Kadyrov, B. P. Gorshunov, A. M. Baryshev *Dispersive Spectrometry At Terahertz Frequencies for Probing the Quality of NbTiN Superconducting Films*, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 32(4), 1-6, 1500506 (2022).
2. Y Aleshchenko, B Gorshunov, E Zhukova, A Muratov, A Dudka, R Dulal, S Teknowijoyo, S Chahid, V Nikoghosyan, and A Gulian, *Possible superconductivity above 40 K in rhenium-doped strontium ruthenates indicated by Fourier-transform infrared spectroscopy* Phys. Rev. Research **2**, 042020(R) (2020).
3. GA Ummarino, AV Muratov, LS Kadyrov, BP Gorshunov, S Richter, A Anna Thomas, R Hühne and YA Aleshchenko, *THz electrodynamics of BaFe_{1.91}Ni_{0.09}As₂ film analyzed in the framework of multiband Eliashberg theory*, Supercond. Sci. Technol. **33**, 075005 (2020).
4. AE Karakozov, MV Magnitskaya, LS Kadyrov, and BP Gorshunov, *Doping evolution of the gap structure and spin-fluctuation pairing in Ba(Fe_{1-x}Cox)₂As₂ superconductors*, Phys. Rev. B, **99**, 054504 (2019).
5. AE Karakozov, MV Magnitskaya, AV Mikheenkova, LS Kadyrov and BP Gorshunov, *Spin-fluctuation mechanism of superconductivity in Ba(Fe_{1-x}Cox)₂As₂ ferropnictides*, J. Phys.: Conf. Ser. **1389** 012066 (2019).
6. V S Stolyarov, A Casano, MA Belyanchikov, AS Astrakhantseva, SYu Grebenchuk, DS Baranov, IA Golovchanskiy, I Voloshenko, ES Zhukova, BP Gorshunov, AV Muratov, VV Dremov, LYa Vinnikov, D Rodichev, Y Liu, G-H Cao, M Dressel, and E Uykur, *Unique interplay between superconducting and ferromagnetic orders in EuRbFe₄As₄*, Phys. Rev. B, **98**, 140506(R) (2018).