

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Евгении Григорьевны Валовой-Захаревской «Структура сверхпроводящих слоев и токонесущая способность композитов на основе Nb_3Sn , изготовленных по бронзовой технологии и методом внутреннего источника олова», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Валовой-Захаревской Евгении Григорьевны посвящена исследованию структуры и токонесущей способности сверхпроводящих композитов на основе соединения Nb_3Sn , изготовленных двумя методами твердофазной диффузии, известными как бронзовая технология (ниобиевые волокна изначально вводятся в матрицу из сплава Cu-Sn) и метод внутреннего источника олова (ниобиевые волокна вводятся в чистую медь вместе со стержнями или оболочками из олова). Рецензируемая работа включает в себя многосторонние структурные исследования и анализ физических свойств, в частности силы пиннинга, определяющей критическую плотность тока этих сложных композиционных сверхпроводников.

Актуальность темы исследования

Создание современных высокотехнологичных устройств, с которых генерируются сверхсильные магнитные поля, примерами могут служить Интернациональный термоядерный экспериментальный реактор (ИТЕР, Франция) и Большой адронный коллайдер, (БАК, Швейцария, Франция, ЦЕРН) невозможно без применения сверхпроводников. В настоящее время большое внимание ученых и технологов во всех высокоразвитых странах уделяется разработке высокоэффективных сверхпроводников на основе соединения Nb_3Sn . В России основным разработчиком этих материалов является ВНИИ Неорганических материалов им. акад. А. А. Бочвара, с которым на протяжении многих лет активно сотрудничают ученые из ИФМ УрО РАН. В состав этой группы вошла и Е.Г. Валова-Захаревская для выполнения поисковых научных исследований, включенных, в частности, в план рецензируемой диссертационной работы. Несмотря на большой задел в области структурных исследований рассматриваемого класса сверхпроводников, довольно часто возникают новые проблемы и конкретные задачи, в связи с возрастающими требованиями к их эксплуатационным характеристикам. В связи с этим работа Е.Г. Валовой-Захаревской, в которой на основании проведенных исследований анализируются перспективы улучшения характеристик этих сверхпроводников, безусловно, является актуальной и важной.

Структура и основное содержание работы.

Диссертационная работа изложена на 135 страницах текста (шрифтом 12 пт) и состоит из введения, четырех глав, заключения, а также списка цитируемых источников из 111 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы исследования и показана степень её разработки на настоящий момент. Определена цель работы и сформулированы в итоге требующие решения задачи. Описаны методологические основы исследования и сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Даны оценки научной

новизны и практической ценности работы. Представлено обоснование достоверности полученных результатов. Во Введении также приведены два пункта Паспорта специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, которым соответствует содержание выполненной работы. Приведены результаты апробации работы, указан личный вклад автора.

Первая глава диссертации представляет собой традиционный литературный обзор. Е.Г. Валова-Захаревская включила в него описание общих представлений о сверхпроводящем соединении Nb_3Sn и описала современные методы изготовления сверхпроводников на его основе, а также существующие конструкции этих композиционных материалов и имеющиеся наработки по структуре и кинетике формирования сверхпроводящего слоя. В литературном обзоре приводятся данные о влиянии исходного состава и геометрии композитов, а также параметров процесса твердофазного получения сверхпроводящих слоев на получаемые структуру и сверхпроводящие характеристики. Показано, какие проблемы нужно решать для дальнейшего усовершенствования этих материалов. Обзор включает необходимые ссылки на основополагающие и самые современные работы российских и зарубежных авторов, касающиеся развития и перспектив применения сверхпроводников на основе Nb_3Sn . Обзор написан квалифицированно, стилистически грамотно и логично. На его основе сформулирована цель работы и поставлены задачи, необходимые для достижения этой цели.

Во второй главе описаны исследуемые материалы и основные методы исследования. Охарактеризованы объекты исследования, представляющие собой сложные варианты промышленных проводников, разработанных во ВНИИ им. Бочвара, с разной конструкцией и составом. В качестве методов исследования были выбраны электронная микроскопия (сканирующая и просвечивающая), а также рентгеновский энергодисперсионный анализ. Параметры структуры сверхпроводящих слоев определялись на основании данных ПЭМ и СЭМ с применением статистической обработки результатов. Представленное описание убеждает в том, что рецензируемая диссертационная работа является весьма трудоемким комплексным исследованием, выполненным на современном научном уровне.

В третьей главе представлены результаты изучения структуры сверхпроводящих композитов различного типа. Глава состоит из трех частей. В первой части изучено влияние температуры и длительности диффузионных отжигов на структуру сверхпроводящих слоев, формирующихся в композитах с кольцевыми ниобиевыми волокнами. Установлена корреляция между размерами зерен сверхпроводящей фазы и величиной критического тока. Во второй части изучены композиты, полученные методом внутреннего источника олова. Проанализированы параметры структуры сверхпроводящих слоев, формирующихся при разных режимах реакционной термообработки. Установлены оптимальные режимы получения наиболее совершенной структуры сверхпроводящей фазы с точки зрения ее морфологии, состава и размера зерна, что обеспечивает наиболее высокие значения критической плотности тока. В третьей части на композитах, полученных бронзовым методом, со спаренными ниобиевыми волокнами, изучено влияние легирования титаном на формирование сверхпроводящих слоев, и обсуждаются возможности оптимизации параметров диффузионных отжигов для получения высоких значений критической плотности тока.

В четвертой главе на примере проводников, изготовленных по бронзовой технологии, изучена кинетика формирования сверхпроводящих слоев Nb_3Sn и токонесущая способность композитов. В этой главе предложена модель, связывающая структуру сверхпроводящей фазы с силой пиннинга, и выявлен общий для проводников разного типа параметр, определяющий, на каком расстоянии происходит экспоненциальное уменьшения силы пиннинга. На основании этой модели введен принципиально новый параметр «коэффициент эффективности» проводников, расчет которого позволяет количественно связать структурные характеристики с определяющим физическим свойством сверхпроводников второго рода – силой пиннинга.

В заключении представлены основные результаты и выводы, полученные в работе.

Научная новизна и значимость результатов

Научная новизна диссертационной работы определяется тем, что в ней не только установлена кинетика формирования соединения Nb_3Sn в многоволоконных промышленных сверхпроводниках, изготовленных по бронзовому методу, но и дана количественная оценка влияния температуры и длительности диффузионных отжигов на скорость формирования сверхпроводящих слоев, их морфологию, состав и внутреннюю структуру. Автору впервые удалось выявить важную физическую константу этого сверхпроводника – характеристическую глубину, на которой происходит экспоненциальное падение силы пиннинга, и показать, что она универсальна для композитов разного типа. В работе предложен новый количественный параметр, названный коэффициентом эффективности, позволяющий связать структурные характеристики с электронными свойствами и оценить предельные возможности того или иного сверхпроводника с точки зрения его токонесущей способности. Новизна и практическая значимость этих результатов и предложенного подхода не вызывают сомнений.

Публикации и апробация диссертационной работы. Одним из безусловных достоинств рассматриваемой диссертационной работы является высокая степень ее апробации и внушительный список публикаций. Материалы диссертации докладывались на более чем 20 Российских и Международных конференциях, а список публикаций содержит 14 наименований в рецензируемых научных журналах из Перечня ВАК, включая журналы 1-го и 2-го квартиля. Полученные в диссертации результаты полностью соответствуют изначально сформулированной цели и задачам исследования. Содержание диссертации соответствует указанной специальности, а автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания

1. В работе исследованы композиционные проводники разного типа. Следовало бы обосновать, почему именно эти материалы были выбраны для исследования.
2. В работе применялись разнообразные режимы реакционной обработки сверхпроводящих композитов. На основе каких критериев определялся выбор температур и длительностей отжига, и также осуществлялся выбор одной или двух стадий термической обработки.
3. Какие легирующие элементы, кроме титана, упомянутого в работе, используются в этих сверхпроводниках?

4. Почему коэффициент эффективности, предложенный автором, применен только к образцам, на которых изучалась кинетика формирования сверхпроводящего слоя? Планирует ли автор применить его для анализа других композитов?

Сделанное замечание и поставленные вопросы не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Диссертационная работа Евгении Григорьевны Валовой-Захаревской соответствует основным требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа выполнена на высоком научном уровне, включает в себя существенные элементы новизны, теоретическую и практическую значимость, а также содержит научно и методологически обоснованные результаты. Содержание диссертации соответствует пункту 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств неорганических и органических соединений как в кристаллическом (моно- и поликристаллы), так и в аморфном состоянии, в том числе композитов и гетероструктур, в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления» и пункту 6 «Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами» Паспорта специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Заключение

В целом считаю, что диссертационное исследование Е. Г. Валовой-Захаревской «Структура сверхпроводящих слоев и токонесущая способность композитов на основе Nb_3Sn , изготовленных по бронзовой технологии и методом внутреннего источника олова» отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (с последующими изменениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Валова-Захаревская Евгения Григорьевна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Оппонент:

Овчинников Владимир Владимирович,
доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией пучковых воздействий,
ФГБУН Институт электрофизики Уральского отделения
Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН)

27.09.2024

Подпись В.В. Овчинникова удостоверяю
Ученый секретарь ИЭФ УрО РАН,
к.ф.-м.н.

Е.Е. Кокорина

С отзывом ознакомлена.

01.10.2024

Валова-Захаревская Е.Г.

Сведения об официальном оппоненте

по диссертации Валовой-Захаревской Евгении Григорьевны на тему «Структура сверхпроводящих слоев и токонесущая способность композитов на основе Nb_3Sn , изготовленных по бронзовой технологии и методом внутреннего источника олова», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Фамилия, имя, отчество	Овчинников Владимир Владимирович
Гражданство	РФ
Учёная степень	Доктор физико-математических наук
Учёное звание	Профессор
Наименование отрасли науки и специальности, по которой защищена диссертация	01.04.07 – Физика конденсированного состояния
Место работы:	
Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ИЭФ УрО РАН
Почтовый адрес, индекс организации	620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 106
Адрес официального сайта в сети «Интернет»	www.iep.uran.ru
Должность	Главный научный сотрудник, зав. лаб.
Структурное подразделение	Лаборатория пучковых воздействий
Телефон	8 (343) 267-87-96, +7(904)383-63-60
Адрес электронной почты	vladimir@iep.uran.ru, viae05@mail.ru
Список основных публикаций за последние пять лет по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Гущина Н.В., Воронин В.И., Проскурнина Н.В., Бобровский В.И., Шаломов К.В., Овчинников В.В. Воздействие ионного облучения (Ar^+, $E = 15-20$ кэВ) на микроструктуру деформированного сплава Ni – 13,9 мас. % W // Известия высших учебных заведений. Физика. 2022. Т. 65. № 1 (770). С. 112-118. 2. Овчинников В.В., Гущина Н.В., Можаровский С.М. Построение регрессионных зависимостей, описывающих механические свойства полос алюминиевых сплавов, подвергнутых воздействию пучков ускоренных ионов аргона // Известия вузов. Физика. 2022. Т. 65. № 10. С. 46-54. 3. Ovchinnikov V.V., Makarov E.V., Semionkin V.A., Gushchina N.V. Formation of manganese-enriched austenite at abnormally low temperatures for diffusion type processes 	

at “cascade radiation shaking” of Fe–6.35 at.% Mn alloy with accelerated Ar⁺ ($E = 15$ keV) ions // Vacuum. 2022. Vol. 201. 111040.

4. Ovchinnikov V.V., Makarov E.V., Gushchina N.V. Structural-and-Phase Transformations in Fe-4.10 and 7.25 at. % Mn Alloys under Intensity External Actions // Metals. 2021. Vol. 11. № 11. №1667. P. 1-12.
5. Gushchina N.V., Shalomov K.V., Ovchinnikov V.V., Bannikova N.S., Zavornitsyn R.S., Milyaev M.A. A Comparative Study of the Effect of Ions of Different Atomic Masses on the Magnetoresistance Properties of Co₉₀Fe₁₀/Cu Superlattices // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V. 2144. 012028.
6. Гущина Н.В., Овчинников В.В., Махинько Ф.Ф., Катаева Н.В., Воронин В.И., Бобровский В.И., Сагарадзе В.В. Влияние ионного облучения ионами средних энергий на структуру аустенитной хромоникелевой стали // ФММ. 2021. Т. 122. № 3. С. 329-336.
7. Ghyngazov S., Kostenko V., Ovchinnikov V., Gushchina N., Makhinko F. / Surface modification of ZrO₂-3Y₂O₃ ceramics with continuous Ar⁺ ion beams // Surface and Coatings Technology. 2020. Т. 388. С. 125598.
8. Gushchina N.V., Ovchinnikov V.V., Mozharovsky S.M., Kaigorodova L.I. / Restoration of plasticity of cold-deformed aluminum alloy by short-term irradiation with accelerated Ar⁺ ions // Surface and Coatings Technology. 2020. Т. 389. С. 125504.
9. Гущина Н.В., Шаломов К.В., Овчинников В.В., Банникова Н.С., Мильев М.А. Радиационная стабильность сверхрешеток Fe/Cr и CoFe/Cu при их облучении ионами аргона ($E=10$ кэВ) // ФММ. 2020. Т. 121. № 12. С. 1271-1277.

Официальный оппонент,
д.ф.-м.н., г.н.с. ЛПВ ИЭФ УрО РАН

В. В. Овчинников

Сведения и подпись В.В. Овчинникова удостоверяю
Ученый секретарь, к.ф.-м.н.

Е. Е. Кокорина