

Отзыв официального оппонента
на диссертационную работу Гурьева Валентина Васильевича
«Особенности электромагнитного состояния текстурированного Nb-Ti в сильном магнитном поле»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «физика конденсированного состояния»

Открытие высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) отвлекло внимание научной общественности от низкотемпературных материалов, которые не были исследованы исчерпывающим образом. В настоящий момент ВТСП имеют ограниченную область применения, в то время как сверхпроводники Nb-Ti остаются основным техническим сверхпроводником, эксплуатируемым в установках управляемого термоядерного синтеза, в медицинских томографах, на транспорте, в накопителях и в целом ряде других уникальных и инновационных устройств. Вместе с тем, ко всем техническим сверхпроводникам, независимо от величины критической температуры предъявляются общие требования и используются общие методы исследования.

Открытие поля необратимости сначала у ВСП, а затем и у других сверхпроводников, поставило вопрос о необходимости переосмысления фазового перехода в технических сверхпроводниках. Для практики это явление ключевое, поскольку определяет техническую границу применения сверхпроводящего материала. Таким образом, выбранная тема актуальная как с теоретической, так и практической точек зрения.

В представленной работе объектом исследования являлась лента из наиболее широко распространенного технического сверхпроводника ниобий-титан. Преимуществами этого материала являются высокая пластичность, однородность химического состава, и высокая токонесущая способность. Все это наряду с точной геометрией ленты обеспечивает хорошую, воспроизводимую результат измерений. Кроме этого плоская геометрия ленты, в отличие от ранее проведенных исследований на проводах круглого сечения, позволяет установить взаимосвязь векторов электродинамических величин при одновременной регистрации ВАХ в продольном и поперечном магнитных полях на образцах, вырезанных под разными углами по отношению к направлению прокатки ленты.

Целью диссертационной работы являлось создание новой модели электродинамики для ленточных Nb-Ti проводников, позволяющей объяснить явления, в высоких магнитных полях около и выше поля необратимости.

Для решения поставленных задач диссертанту потребовалось создать специальный стенд для исследования электродинамических характеристик испытываемых лент с возможностью единовременной многоканальной записью ВАХ и $V-H$ характеристик.

Диссертантом детально исследованы микроструктура лент (фазовый состав, текстура зерен, их морфология, распределение зерен по форме, размерам) и учтены структурные превращения в процессе термической обработки.

В высоком магнитном поле исследовано электромагнитное состояние лент и проверены прогнозы существующих моделей с целью определения природы поля необратимости и состояния сверхпроводника в полях выше поля необратимости. При этом удалось установить связь между низко- и высоко- полевыми состояниями.

Для определения токонесущей способности был использован усовершенствованный транспортный метод, позволяющий получать двумерные 2D-ВАХи в жидком гелии при атмосферном давлении в специальном криостате с 2-х секционным соленоидом с полями до 13 Т.

Полевая зависимость критического тока и величина поля необратимости измерены за счет измерения полевой зависимости магнитного момента с использованием датчиков Холла.

Основные научные положения диссертации:

Обнаружена и систематически изучена анизотропия верхнего критического поля (H_{c2}) Nb-Ti лент в холоднокатаном состоянии и после термообработки. Указанный эффект объяснен, включая эффекты изменения ширины сверхпроводящего перехода при изменении ориентации поля и уменьшения анизотропии в термообработанной ленте.

При полевом переходе установлено появление поперечного электрического напряжения, имеющего четный характер по отношению к знаку магнитного поля и изотропное по отношению к изменению угла между направлением поля и плоскостью ленты.

Установлено наличие аномального гистерезиса ВАХ в магнитных полях выше поля необратимости. Это может свидетельствовать о возникновении гранулированного сверхпроводящего стекла в этой области.

С использованием модели микронеоднородного материала с различными величинами H_{c2} в объеме и на границах зерен предложен новый подход к описанию электромагнитного состояния лент в магнитных полях вблизи и выше поля необратимости.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современного оборудования и воспроизводимостью измеряемых данных, которые при этом согласуются с результатами, полученными другими авторами.

Результаты проведенных исследований представлены в 19 работах, в том числе в 7 рецензируемых статьях в журналах из списка ВАК.

Диссертантом создан измерительный стенд, проведены многочисленные измерения, обработаны экспериментальные данные, проведен их анализ, созданы оригинальные модели.

Диссертация написана на 162 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 100 ссылок.

В первой главе диссертации охарактеризовано развитие электродинамики технических сверхпроводников. Дан обзор теоретических моделей для объяснения феномена поля необратимости. Описываются микроскопические механизмы пиннинга на границах зерен в однофазных сплавах ниобий-титан и включениях не сверхпроводящей фазы в многофазных сплавах. Описаны возможности возникновения четного к инверсии магнитного поля напряжения в высоких магнитных полях. Дан критический обзор имеющихся данных об анизотропии верхнего критического поля лент Nb-Ti.

Вторая глава носит методический характер. Обоснован выбор ленты Nb-Ti в качестве объекта исследования. Описаны методики измерения электродинамических и структурных характеристик.

В третьей главе представлены результаты рентгеновского и электронномикроскопического исследования лент Nb-Ti как в исходном холоднокатаном состоянии, так и после термообработки, повлекшей фазовое расслоение в ленте.

Четвертая глава посвящена экспериментальным данным, полученным в высоком магнитном поле, выше поля необратимости. Впервые, прямым транспортным методом показана анизотропия верхнего критического поля лент Nb-Ti, её принципиальное отличие от анизотропии в монокристаллах Nb. Продемонстрировано возникновение четного к инверсии поля поперечного напряжения и его изотропия по отношению к углу между полем и лентой. Впервые, обнаружен аномальный гистерезис вольт-амперных характеристик в области электрических напряжений много превосходящих напряжения, используемые для определения критических токов.

В пятой главе приведены результаты экспериментального исследования электродинамики лент Nb-Ti в магнитных полях ниже поля необратимости, вплоть до нулевого, где принят классический подход к описанию токонесущей способности технических сверхпроводников в рамках концепции пиннинга. Показано, что

предложенная модель для описания электродинамики в высоких магнитных полях и классическая модель Ларкина-Овчинникова, используемая ниже поля необратимости для описания переходов от слабого к сильному пиннингу, не противоречат друг другу и являются взаимодополняющими.

В качестве недостатков можно отметить:

- 1) В таблице 5.1, в которой приводятся подгоночные параметры формулы (5.1) не приведена величина подгоночного параметра «С»;
- 2) При обсуждении рисунка 5.1.5, демонстрирующего возрастание/неизменность критического тока с увеличением малого внешнего магнитного поля, не приводится расчет величины собственного поля;

Заключение

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку представленной диссертационной работы. Ее актуальность, научная новизна, оригинальность, достоверность полученных результатов не вызывают сомнений. В работе Гурьев В.В. использовал большое количество взаимодополняющих методик и продемонстрировал высокую квалификацию при интерпретации результатов. В публикациях отражены основные идеи и выводы диссертации, материал диссертации многократно обсужден и апробирован на представительных научных конференциях. Качество оформления диссертации и автореферата отвечает основным требованиям ВАК, стиль изложения результатов научный. Текст автореферата полностью отражает содержание диссертации.

Рассматриваемая диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013, а ее автор Гурьев Валентин Васильевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Доктор технических наук (специальность 05.16.01), профессор,
и.о. ведущего научного сотрудника,
Лаборатория физикохимии тугоплавких и редких металлов и сплавов, ИМЕТ РАН.
Член-корреспондент АЭН РФ

 Михайлов Борис Петрович
21.11.2018

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова
Российской АН

Почтовый адрес: 119991, Москва,
Ленинский пр., 49
Тел.8-499-135-96-14
e-mail: borismix@yandex.ru

Подпись Б.П. Михайлова заверяю

Ученый секретарь, кандидат технических наук


 Фомина Ольга Николаевна