

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям  
Федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»

д. ф.-м. н., профессор

М.Р. Филонов



«23» ноября 2018

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Гурьева Валентина Васильевича** «*Особенности электромагнитного состояния текстурированного сверхпроводника Nb-Ti в сильном магнитном поле*», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «физика конденсированного состояния»

Рассматриваемая диссертация нацелена на выявление природы электромагнитного состояния Nb-Ti лент в магнитных полях, близких по величине к верхнему критическому полю ( $H_{c2}$ ). Актуальность данных исследований обусловлена как тем, что Nb-Ti имеет наиболее широкий спектр применений в сильноточной сверхпроводимости, так и с точки зрения описания электродинамики сверхпроводников II-го рода как совокупности статики, динамики и фазовых переходов в ансамбле вихрей Абрикосова. Именно фазовым переходом вихревой структуры часто объясняют так называемое поле необратимости – характерное поле, выше которого критический ток спадает вплоть до нулевого и исчезает гистерезис намагниченности. В рассматриваемой работе предлагается иная интерпретация этого явления.

Диссертация Гурьева В.В. изложена на 162 страницах, состоит из введения, обзора литературных источников (глава 1), описания экспериментальных установок и методик эксперимента (глава 2), обсуждения результатов структурных исследований (главы 3), исследований электродинамики в высоком магнитном

поле (глава 4) и её связи с общепринятыми концепциями при описании электродинамики в меньших полях (глава 5), а также списка цитируемой литературы из 100 наименований.

**Первая глава** работы представляет собой обзор литературы, приведена справка из истории развития электродинамики технических сверхпроводников и открытия явления поля необратимости. Дается обзор существующих моделей для объяснения этого феномена, а также феномена возникновения четного поперечного электрического напряжения при переходе в нормальное состояние.

Детально описаны механизмы пиннинга в однофазных и многофазных Nb-Ti сплавах и разбирается работа, в которой сообщалось об анизотропии верхнего критического поля Nb-Ti лент.

В заключении к первой главе выдвигается рабочая гипотеза о том что весь спектр явлений наблюдаемых в высоких магнитных полях можно описать с единой позиции, если принять во внимание неоднородность сверхпроводящих свойств Nb-Ti ленты.

**Во второй главе** представлена схема экспериментальной установки для исследования токонесущей способности с возможностью регистрации двумерных вольт-амперных (2D-ВАХ) и вольт-полевых (2D-ВПХ) характеристик. Описаны процедуры экспериментов по измерению магнитного момента и критической температуры.

Также приведено описание установок вспомогательных структурных исследований: лабораторных рентгеновских установок, станции синхротронного излучения и установки просвечивающей электронной микроскопии.

Обсуждение результатов структурных исследований представлено **в третьей главе**. Показано наличие преимущественно двухкомпонентной текстуры холодной прокатки фазы  $\beta$ -Nb-Ti и её неизменности после вакуумной термообработки в течении 25 ч при температуре 385 °С. Установлено, что в результате указанной термообработки выделяется ~60б.% текстурированной фазы  $\alpha$ -Ti. Частицы  $\alpha$ -Ti выделяются в основном на границах зерен Nb-Ti и их форма в термообработанной ленте близка к эллиптической. Определены распределения размеров зерен Nb-Ti и  $\alpha$ -Ti частиц.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования электродинамического состояния лент Nb-Ti в сильном магнитном поле. Установлена корреляция поля необратимости и поля, соответствующего экстраполяции к нулю объёмной силы пиннинга. Показаны анизотропия верхнего критического поля поликристаллических Nb-Ti лент и возникновение четного к инверсии поля поперечного электрического напряжения. Обнаружен аномальный гистерезис вольт-амперных характеристик.

**В пятой главе** показана не противоречивость предлагаемой модели электродинамики лент Nb-Ti в высоком магнитном поле с классическими представлениями о пиннинге вихрей в полях меньше поля необратимости.

Среди важнейших результатов, полученных в диссертационной работе, необходимо отметить следующие:

- Прямым транспортным методом исследована и объяснена анизотропия верхнего критического поля поликристаллических Nb-Ti лент. Предлагаемая модель также правильно описывает изменение ширины сверхпроводящего перехода при изменении угла между магнитным полем и плоскостью ленты.
- показано что четное поперечное сопротивление изотропно к изменению угла между плоскостью ленты и магнитными полем.
- обнаружен гистерезис вольт-амперных характеристик.

**Новизна** работы заключается в первую очередь в предлагаемой модели, в рамках которой удастся объяснить весь спектр полученных экспериментальных результатов.

**Достоверность** результатов диссертации определяется применением большого числа взаимодополняющих методик исследования и использованием современного оборудования. Там где это применимо, Гурьевым В.В. показано не только качественное, но и количественное совпадение своих результатов с результатами других авторов.

Содержание диссертации и отзыва обсуждено на научном семинаре кафедры теоретической физики и квантовых технологий «Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» 20.11.2018. По завершении доклада состоялось обсуждение представленной соискателем работы.

**Замечания** к диссертационной работе, высказанные участниками семинара:

1) В главе 1 на странице 31 выдвигается тезис о том, что неоднородность сверхпроводников может стать наиболее удобной отправной точкой для построения электродинамики технических сверхпроводников и даётся ссылка на работу М. Тинкхама 1991 года. Однако подобные суждения выдвигались и намного раньше, например в статье V. M. Pan, S. I. Mukhin, V. S. Flis, M. G. Vasilenko, V. I. Latysheva, L. M. Fisher, and V. M. Dzugutov, "AC losses in untwisted "in situ" superconductors above the percolation threshold", IEEE Trans. Magn. 21, 408 (1985)..

2) Рисунок 2.2,5 недостаточно четкий. Не понятен механизм вращения образца.

3) Для удобства анализа полюсных фигур на рисунке 3.1.1 следовало бы наложить координатную сетку, как это сделано на рисунке 3.1.3.

4) При интерпретации аномального гистерезиса вольт-амперных характеристик, обнаруженного в высоких магнитных полях, автором не рассматривается возможность корреляции этого гистерезиса с эффектом магнитострикции, вызванного механическим напряжением, передающимся от вихревой системы через систему центров пиннинга на ленту Nb-Ti.

Рассмотренная диссертационная работа Гурьева В.В. представляет собой оригинальное научное исследование, выполненное на высоко профессиональном уровне. Основные результаты опубликованы в 7 статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК. Материалы диссертации докладывались на отечественных и международных научных конференциях. Автореферат диссертации отражает содержание работы. Диссертационная работы Гурьева В.В, отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013, а ее автор Гурьев Валентин Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Отзыв на диссертацию подготовлен к.т.н., с.н.с. кафедры теоретической физики и квантовых технологий «Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» Шулятевым Д.А., обсужден и утвержден на заседании кафедры теоретической физики и квантовых технологий 20 ноября 2018 года (протокол №21/18).

С.н.с. кафедры теоретической физики  
и квантовых технологий НИТУ «МИСиС», к.т.н

Д.А. Шулятев

Заведующий кафедрой теоретической физики  
и квантовых технологий НИТУ «МИСиС»,  
профессор, д. ф.-м. н.


С. И. Мухин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСиС»г. Москва 119049, Ленинский пр., 4/Тел.: +7 (495) 955-00-32

[dis08@misis.ru](mailto:dis08@misis.ru) – Мухин Сергей Иванович (+7 (903) 189-86-57)

[shulyatev@misis.ru](mailto:shulyatev@misis.ru) – Шулятев Дмитрий Александрович (+7 (903) 126-90-02)



Подпись Шулятева Д.А.; Мухина С.И.  
Завещаю  
зам. начальника  Кузнецова А.Е.  
отдела кадров МИСиС  
« 23 » 11 2018 г.