

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертации Карелиной Любови Николаевны
«Разработка элементов джозефсоновской магнитной памяти на основе сплава $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ »,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Л.Н. Карелина начала свою научную работу в Лаборатории сверхпроводимости ИФТТ РАН в 2013 г. при выполнении бакалаврского исследования. В 2017 г. она защитила свою магистерскую работу. С самого начала ее научные исследования были посвящены изучению и реализации элементов перспективной цифровой сверхпроводниковой логики на основе тонкопленочных гибридных структур ферромагнетик-сверхпроводник (FS-структур).

Актуальность проблемы связана с задачей разработки сверхпроводниковой магнитной памяти, технологически совместимой с устройствами цифровой «Быстрой одноквантовой (БОК) логики». В настоящее время отсутствие масштабируемой энергоэффективной памяти является одним из основных препятствий на пути к созданию сверхбыстрых сверхпроводниковых вычислительных устройств. В предыдущих работах лаборатории сверхпроводимости ИФТТ РАН была предложена конструкция элемента памяти на основе двухбарьерного джозефсоновского контакта, содержащего слабоферромагнитный слой $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ для запоминания цифрового состояния и туннельно-прозрачный слой оксида алюминия для обеспечения частотной совместимости с устройствами быстрой одноквантовой логики (SIsFS-контакт). Перед Л.Н. Карелиной была поставлена задача освоить изготовление многослойных джозефсоновских контактов и планарных мостиков на основе сверхпроводящего ниобия и сильноразбавленного слабоферромагнитного сплава $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ с использованием методов магнетронного осаждения и оптической литографии, а также провести целый ряд экспериментов, связанных с поиском путей миниатюризации элементов, с решением проблемы адресации к отдельным ячейкам памяти со случайным доступом (Magnetic Random Access Memory – MRAM).

Со всеми поставленными задачами Любовь Николаевна успешно справилась.

В ходе выполнения диссертационной работы Л.Н. Карелина успешно освоила теоретические, технологические и экспериментальные основы проблематики сверхпроводниковых структур и устройств. Она усовершенствовала ряд технологических методов приготовления многослойных сверхпроводящих гибридных структур, прекрасно овладела техникой низкотемпературного эксперимента и чувствительными магниторезистивными методиками. Особо следует отметить работу диссертанта по развитию методов контроля толщины и профиля осаждения тонкопленочных слоев, включая внедрение «метода клина» для осаждения ферромагнитных пленок переменной толщины и «метода протяжки» для осаждения однородной пленки тонкого сверхпроводника на длинную подложку.

Она детально исследовала процесс переключения SIsFS-элементов импульсами магнитного поля в присутствии приложенного микроволнового облучения, что должно обеспечивать функционирование MRAM-устройств путем адресации микроволнового сигнала. Были изучены SIsFS-контакты прямоугольной формы, в которых информация записывается путем поворота остаточной намагниченности ферромагнитного барьера, и которые могут применяться в качестве двоичных и троичных логических элементов. Впервые наблюдался

гистерезисный магниторезистивный эффект при использовании столь слабого ферромагнетика, как $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ с температурой Кюри 10-15 К. Продемонстрированы эффект памяти и влияние намагниченности $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ -слоев на критический ток распаривания сверхпроводящего мостика, которые могут быть использованы для реализации энергоэффективных переключающих элементов сверхпроводниковой электроники.

Личный вклад Карелиной Л.Н. в проведенные исследования является значительным и состоит в изготовлении образцов, проведении экспериментов, а также анализе и систематизации экспериментальных данных.

В целом Л.Н. Карелину можно охарактеризовать как высококвалифицированного специалиста в области исследований тонкопленочных гетероструктур на основе сверхпроводников и ферромагнетиков, способного самостоятельно решать поставленные перед ней задачи, быстро разбираться в физической сущности проблем.

По моему мнению, работа в полной мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

1 сентября 2022 г.

Зав. лабораторией сверхпроводимости ИФТТ РАН
д.ф.-м.н, профессор, специальность 01.04.07 –
физика конденсированного состояния

В.В.Рязанов

Подпись В.В.Рязанова удостоверяю
Ученый секретарь ИФТТ РАН



А.Н. Терещенко