

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

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 работает под моим руководством с начала работы над бакалаврской квалификационной работой в 2013 г. В 2017 г. ей было присвоено звание магистра, после чего она сразу приступила к работе над кандидатской диссертацией. Проводившиеся ей исследования были связаны с исследованием тонкопленочных гибридных структур ферромагнетик-сверхпроводник (FS) на основе сверхпроводящего ниобия и разбавленного слабоферромагнитного сплава  $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ . Интерес к таким структурам определяется необходимостью разработки масштабируемой и энергоэффективной сверхпроводниковой памяти, технологически совместимой с устройствами цифровой «Быстрой Одноквантовой (БОК) логики», поскольку в настоящее время отсутствие подходящих запоминающих устройств является препятствием на пути к созданию полноценного сверхпроводникового компьютера. Использование слабоферромагнитных сплавов в качестве джозефсоновского барьера позволяет получить масштабируемые контакты Джозефсона, обладающие большой критической плотностью тока. Магнитные свойства тонкопленочных слоев  $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ , в частности, планарная магнитная анизотропия, позволяют использовать критический ток, фактически, для измерения намагниченности F-слоя, а величину последней – для кодирования цифрового состояния. Частотная совместимость с устройствами БОК-логики обеспечивается добавлением в состав барьера туннельно-прозрачного слоя изолятора. Целью представленной диссертации является дальнейшее развитие данной концепции элементов джозефсоновской магнитной памяти, предложенной в предыдущих работах лаборатории сверхпроводимости ИФТТ РАН.

Основной задачей Л.Н. Карелиной было развитие технологии осаждения многослойных гибридных структур на основе сверхпроводящего ниобия и слабоферромагнитного сплава  $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$  с целью повышения точности и воспроизводимости используемых методов. Эта задача была успешно решена. Отдельно необходимо отметить внедрение в технологический процесс методов «клина» и «протяжки», позволяющих существенно ускорить измерение зависимостей свойств образцов от толщин осажденных слоев сверхпроводника или ферромагнетика. Она освоила применение методов фотолитографии, а также химической и плазменной обработки осажденных слоев, для изготовления многослойных тонкопленочных структур. Было выполнено большое количество экспериментов по изучению свойств изготовленных образцов. Любовь Николаевна внесла большой вклад в повышение

чувствительности экспериментальных методик, что позволило, в частности, впервые измерить кривые магнетосопротивления в планарных микромостиках  $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{-Nb-Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$ .

Личный вклад Л.Н. Карелиной в проведенные исследования является очень значительным. Все исследованные структуры были изготовлены либо ей лично, либо при ее активном участии. То же касается и проведенных экспериментальных исследований, включая анализ и систематизацию экспериментальных данных. Таким образом, Л.Н. Карелина является высококвалифицированным специалистом в области исследований тонкопленочных гибридных структур на основе сверхпроводников и ферромагнетиков, способным к самостоятельной научной работе. Полученные ей результаты позволяют продвинуться в решении задач миниатюризации и адресации элементов джозефсоновской магнитной памяти, тем самым, приближая создание практических вычислительных устройств на основе сверхпроводниковых технологий.

Считаю, что 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.

5 сентября 2022 г.

к.ф.-м.н., специальность 01.04.07 -  
физика конденсированного состояния  
старший научный сотрудник  
лаборатории сверхпроводимости ИФТТ РАН  
e-mail: [bolg@issp.ac.ru](mailto:bolg@issp.ac.ru)  
тел. +7 (496) 522-19-96

В.В. Больгинов

Подпись В.В. Больгинова удостоверяю  
Ученый секретарь ИФТТ РАН



А.Н. Терещенко