

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Александра Сергеевича Аверкина на тему «Ультракompактные сверхпроводящие резонаторы для построения электромагнитных метаматериалов», представленной на соискание ученой степени по специальности 01.04.07 “Физика конденсированного состояния” состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 12 декабря 2018 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 8.10.2018, протокол №03 от 8.10.2018.

Диссертация выполнена на кафедре теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Карпов Александр Владимирович, профессор кафедры теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС».

Научный консультант – доктор физико-математических наук, Устинов Алексей Валентинович, профессор, заведующий кафедрой и лабораторией экспериментальной физики Технологического Института Карлсруэ; руководитель лаборатории “Сверхпроводящие метаматериалы” НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 01 от 28.06.2018) в составе:

1. Мухин Сергей Иванович, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС».

2. Векилов Юрий Хоренович, д.ф.-м.н, профессор кафедры теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС».

3. Григорьев Павел Дмитриевич, д.ф.-м.н., старший научный сотрудник ФГБУН «Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау РАН».

4. Гольцман Григорий Наумович, д.ф.-м.н., профессор кафедры общей и экспериментальной физики ИФТИС «МПУ».

5. Клушин Александр Моисеевич, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией сверхпроводниковой электроники Института физики микроструктур РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН”.

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН).

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- показано, что собственные частоты резонатора на плоской спирали Архимеда зависят от длины спиральной линии и соотносятся как числа натурального ряда, в пропорции: 1:2:3... Собственные частоты и распределение токов на поверхности спирального резонатора, рассчитанные численно, подтверждаются в эксперименте.
- установлено, что резонансные частоты кольцевого спирального резонатора, то есть спирального резонатора без центральной части, зависят от длины спиральной линии и соотносятся как числа в ряду нечетных чисел: 1; 3; 5; 7..., при отношении внутреннего радиуса спирали к внешнему от 0.7 до 1.
- наложение двух спиральных проводников, закрученных в противоположных направлениях и разделённых тонким зазором, позволяет создать ультракомпактный высокочастотный резонатор с магнитной связью. В ультракомпактном сверхпроводящем резонаторе на двойной спирали на резонансной частоте достигается отношение диаметра к длине волны $D/\lambda=14400$.
- продемонстрирован когерентный отклик двумерного метаматериала на основе массива высокочастотных сверхпроводящих квантовых интерферометров (ВЧ-СКВИДов).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- численными методами определены резонансные частоты и распределения токов собственных мод резонатора, изготовленного в виде планарной спирали Архимеда.
- проведен численный анализ спектра собственных мод кольцевого спирального резонатора. Показано, что значения собственных частот кольцевого спирального резонатора следуют соотношению: 1:3:5:7... , при отношении внутреннего радиуса спирали к внешнему от 0.7 до 1.
- численными методами определена зависимость резонансной частоты первой моды от расстояния между спиралями для резонатора на двойной спирали.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработаны и протестированы СВЧ схемы для криогенных испытаний образцов сверхпроводящих метаматериалов и кубитов.

- создана установка и разработана методика измерения отклика индивидуальных сверхпроводящих мета-атомов в двумерных массивах сверхпроводящих метаматериалов на внешнее СВЧ воздействие.
- Экспериментально подтверждены расчетные значения собственных частот спиральных резонаторов, а также и рассчитанные профили стоячих волн СВЧ токов их собственных мод.
- Спроектированы образцы перестраиваемого двумерного электромагнитного метаматериала на основе массива высокочастотных сверхпроводящих квантовых интерферометров (ВЧ-СКВИДов) и продемонстрирована возможность достижения его коллективного отклика на СВЧ возбуждение.
- Разработанные образцы ультра-компактных сверхпроводящих резонаторов с магнитной связью представляют интерес для использования как магнитные мета-атомы электромагнитных мета-материалов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- хорошее совпадение результатов численных расчетов с результатами экспериментов и расчётов по аналитической модели, развитой для частных случаев геометрии резонаторов.
- результаты получены на современном оборудовании, использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в:

личном участии в разработке методик измерений и ключевых элементов экспериментальных установок, непосредственном участии соискателя в получении исходных данных научных экспериментов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, в выполнении численных расчетов, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Соискатель представил 7 опубликованных работ в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России; из них 7 опубликованы в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Аверкину Александру Сергеевичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 "Физика конденсированного состояния".

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии С. М. Мухин С. И.

12.12.2018

дата