

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ионцева Михаила Анатольевича «Фазовые переходы в ансамбле джозефсоновских контактов, взаимодействующих с электромагнитным полем в резонансной полости», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Актуальность работы. Представленная работа является теоретическим исследованием, посвященным термодинамике и кинетике двухуровневых систем во внешнем электромагнитном поле. В диссертации описываются джозефсоновские системы, взаимодействующие с резонаторами, что считается одной из самых перспективных схем для реализации квантовых симуляторов. В рамках представленного исследования было обнаружено новое фазовое состояние фотонного поля при низких температурах. Новая фаза электромагнитного поля является сверхизлучательной и проявляется в виде двух резонансных особенностей в частотной зависимости коэффициента прохождения электромагнитной волны. Причиной дублетного резонанса являются характерные биения между двумя когерентными состояниями фотонного поля двух разных поляризаций, разрешенных в системе.

Одним из основных результатов исследования является аналитическое выражение для коэффициента прохождения электромагнитной волны, для линейных и нелинейных режимов взаимодействия с неравновесным ансамблем кубитов, резонансное подавление и восстановление значений коэффициента прохождения, а также зависимость от частоты и мощности электромагнитных волн, а также собственных частот кубитов. Указано, что эти результаты позволяют проектировать новые квантовые метаматериалы с перестраиваемыми показателями преломления, количественно описывать сложные квантовые сверхпроводящие цепи, в которых реализовано сверхсильное взаимодействие ансамбля кубитов с электромагнитным полем, а также разрабатывать новые высокоточные квантовые измерительные системы. Таким образом, выполненное исследование равновесных и неравновесных свойств кубитов, взаимодействующих с электромагнитным полем является актуальной современной задачей.

Целью работы в представленной диссертации являлось развитие количественного описания равновесного и неравновесного состояний фотонного поля, взаимодействующего с ансамблем кубитов.

Для этого решались следующие задачи:

- Описать механизм перехода системы кубитов в низкотемпературную сверхизлучательную фазу фотонного поля.
- Определить дисперсионные отношения для резонансного электромагнитного поля, взаимодействующего с ансамблем кубитов в линейном и нелинейном режимах взаимодействия.
- Вычислить значения коэффициента прохождения электромагнитной волны через резонатор с ансамблем кубитов для линейного и нелинейного режимов взаимодействия. Получено аналитическое решение.

Научная новизна работы. Автором получены аналитические выражения для дисперсионных соотношений электромагнитного поля, взаимодействующего с ансамблем джозефсоновских кубитов, как в линейном, так и в нелинейном режимах. Также получены зависимости коэффициента прохождения от частот электромагнитного поля и характерных частот джозефсоновских кубитов в ансамбле. Получены некоторые качественные закономерности таких процессов.

- В линейном режиме для одиночного кубита обнаружено подавление коэффициента прохождения электромагнитной волны. В случае цепочки взаимодействующих кубитов найдена область параметров джозефсоновской системы, в которой наблюдается резонансное прохождение электромагнитной волны и увеличение коэффициента прохождения.

- В сильном электромагнитном поле, взаимодействие кубитов в цепочке существенно подавляется, и коэффициент прохождения электромагнитной волны восстанавливается до значений, характерных для случая одиночного кубита, также для цепочки кубитов.

- Резонансное взаимодействие кубитов с бегущей электромагнитной волной приводит к появлению солитонных решений: в случае с аномальной дисперсией в системе наблюдаются солитоны, а также оптические солитоны как с постоянной формой, так и периодически изменяющие ее.

- В случае с нормальной дисперсией также наблюдаются как обычные солитоны, так и оптические темные солитоны, в которых прозрачность системы становится равной нулю, и серые солитоны, лишь частично «запирающие» прохождение.

Практическая значимость работы. В настоящее время многие ведущие научные центры, разработчики компьютеров и ИТ-компании пристально следят за прогрессом нескольких типов элементов, на основе которых возможна реализация практических схем квантового компьютера. Представленные в диссертации методы и результаты связаны с проектированием сверхпроводящих метаматериалов для построения квантовых симуляторов на основе ансамблей джозефсоновских контактов – сверхпроводящих кубитов – перспективных элементов квантового компьютера. В работе впервые подробно описаны динамические явления, которые могут наблюдаться в ансамблях двухуровневых систем, взаимодействующих с электромагнитным полем в линейном и нелинейном режимах: обнаружены «темные» и «серые» солитоны, позволяющие, в принципе, конструировать новые технические элементы для телекоммуникаций. Таким образом, практическая значимость работы не вызывает сомнений.

Основные результаты работы автора опубликованы в 2-х рецензируемых журналах из перечня рекомендованных ВАК. Полученные результаты и выводы **выглядят достоверными и обоснованными** благодаря детальным расчетам и адекватным теоретическим моделям, а также использованию современных алгоритмов решения самосогласованных уравнений, что апробировано и одобрено научным сообществом на научных конференциях и семинарах.

Автореферат диссертационной работы полностью соответствует её содержанию. Он написан ясным языком с достаточным количеством иллюстративного графического материала, поясняющего полученные результаты.

К сожалению, работа не лишена определенных огрехов. Следует указать на следующее:

1. Список литературы в конце автореферата содержит 22 источника, но на эти источники, практически, нет традиционно принятых ссылок в тексте автореферата. Приведенные в тексте автореферата подстрочные ссылки выглядят недостаточно продуманными по отношению к общему списку литературы. Это затрудняет восприятие работы и требует дополнительных уточнений, что же относится к известным методам анализа, а что – к оригинальной работе диссертанта.

2. Не вполне ясно соответствие эквивалентных схем, представленных на рисунках 1 и 2, и уравнений модели, описанных ниже в Разделе 1. На схемах присутствуют перемычки, которых нет в оригинальной публикации, и которые

шунтируют линию передачи, и, формально, должны препятствовать ее правильной работе. Возможно, это является машинальной пометкой, и для правильного восприятия требуются дополнительные комментарии автора. Другой весьма принципиальный вопрос – как задается СВЧ ток? С точки зрения теории и технологии цепей СВЧ, источники тока практически не реализуемы. Точнее, они реализуемы лишь вблизи высокочастотного резонанса в источнике внешней накачки. Это означает, что в широкополосной системе задания токов СВЧ всегда присутствует активный импеданс порядка 50 Ом, ассоциируемый как с потерями, так и ограничивающий эффективную добротность в системе, что неизбежно отразится на коэффициентах связи кубитов. Такого элемента нет на эквивалентной схеме, и не ясно, учитывается ли его влияние в уравнениях движения. Приведенные эквивалентные схемы соответствуют используемым уравнениям, но они предельно упрощены и, скорее иллюстративны.

3. Отдельный вывод, о том, что системы зарядовых и потоковых кубитов являются математически эквивалентными, не нов и многократно отмечен в других электромагнитных моделях. Теоретически это следует из дуальности зарядовой и фазовой степеней свободы.

4. В тексте автореферата и на рисунках встречается довольно много опечаток и неточностей. Например, на рисунке 2 представлены три ячейки, каждая из которых нумеруется одними и теми же индексом n ; не показаны также зарядовые затворы, регулирующие величины напряжения μ_n , что также перекликается с комментарием 2.

Перечисленные замечания можно отнести по большей части к техническим огрехам Автореферата, которые не следует рассматривать слишком критически, и которые не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной на хорошем научном уровне. Поставленная цель исследования достигнута в рамках сформулированной теоретической модели, позволяющей описать равновесные и неравновесные явления при взаимодействии фотонного поля с ансамблем джозефсоновских кубитов.

Заключение. Считаю, что диссертационная работа Ионцева Михаила Анатольевича «Фазовые переходы в ансамбле джозефсоновских контактов, взаимодействующих с электромагнитным полем в резонансной полости» удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС»,

предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения
искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Д.ф.-м.н., ведущий н.с.

ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН,

Главный н.с. лаборатории «Сверхпроводящие
метаматериалы» НИТУ МИСиС

Шитов С. В.

Подпись Шитова С. В. заверяю,

М.п



Шитова С. В.

Кузнецова А.Е.

Кузнецова А.Е.

Заведующий
кадров МИСиС

« 18 » 02 2020 г.