

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Стенищева Ивана Владимировича
«Мультипольные эффекты в метаматериалах и кубитах», представленную на
соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Исследование метаматериалов и метаповерхностей является одной из передовых областей нанофотоники, что связано с практическими возможностями реализации целого набора эффектов и феноменов, в том числе, – связанных состояний в континууме, эффекта Керкера и анапольного эффекта. Анапольный эффект характеризуется, с одной стороны, подавлением рассеяния в дальнюю зону, с другой, - высокой концентрацией ближнеполевой энергии в объеме наночастицы. Технически, такое состояние может быть получено путем варьирования степеней свободы наночастицы и анализом различных членов мультипольной декомпозиции для сечения рассеяния наночастицы с оценкой их вкладов и интерференции. В качестве таких мультиполей могут выступать, например, магнитный дипольный момент и момент среднеквадратичного магнитного радиуса или электрический дипольный и электрический квадрупольный моменты и др. Обозначенные феномены также могут в значительной степени проявляться в метаматериалах на основе отдельных строительных блоков с оптимизированными характеристиками.

Диссертация Стенищева И.В. посвящена разработке анапольного состояния на базе деструктивной интерференции электрического и тороидального дипольных моментов. Выполненные исследования являются актуальными в контексте возможностей их применения для создания высокодобротных резонаторов, фильтров, а также высокочувствительных сенсоров и датчиков.

Диссертационная работа Стенищева И.В. состоит из введения, трех глав и заключения, включает в себя 50 рисунков и 125 наименований в списке использованных источников. Работа содержит 101 страницу текста. **Первая глава** содержит литературный обзор по тематике исследования. Особое внимание уделено разложению скалярного и векторного потенциалов в ряд, описанию получения элементарных гармоник, – приводимых и неприводимых мультиполей. **Во второй главе** приведена разработка анапольного состояния в системе из четырех диэлектрических включений. На базе этой системы автором приведено подробное описание процесса наведения тороидальной и анапольной мод токов. Для демонстрации результатов, были разработаны три модели, отличающиеся как геометрическими параметрами, так и диэлектрической проницаемостью используемых оптических материалов. **В третьей главе** автором был предложен и разработан планарный анапольный сверхпроводящий резонатор. Исследование его

свойств проводилось в круглом волноводе с помощью моды TM_{01} . Автором была продемонстрирована высокая добротность системы, полученная за счет деструктивной интерференции электрического и тороидального дипольных моментов. Более того, автор продемонстрировал подбор параметров резонатора для оптимизации амплитуд рассеяния интерферирующих членов. В работе удалось сконструировать ангармоническую систему с анапольным состоянием с площадью сверхпроводящей поверхности $0,4 \text{ см}^2$. На протяжении всей работы приводились теоретические выкладки, которые подтверждались компьютерным моделированием систем, а результаты, полученные в рамках симуляции, показали хорошее соответствие экспериментальным результатами.

Научная новизна

Выполненные исследования обладают несомненной научной новизной, поскольку при решении отдельных задач использовались современные полуаналитические подходы для описания геометрически-сложных, поддерживающих анапольный отклик, систем. При этом, продемонстрированные возможности управления режимом деструктивной интерференции электрического и тороидального дипольных моментов, способствует созданию новых технических средств для подавления рассеяния и локализацией электромагнитных полей с использованием как одиночных наночастиц, так и мета-атомов, и наноматериалов на их основе.

Достоверность и обоснованность

Задачи, поставленные в работе, имеют корректную формулировку, а результаты, полученные при использовании современных теоретических и экспериментальных методов исследования, хорошо согласуются друг с другом. Результаты исследования опубликованы в высокорейтинговых журналах, а также обсуждались на всероссийских и международных конференциях.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость работы обусловлена последовательным описанием анапольного эффекта в резонаторах сложной формы, что позволяет расширить спектр их применений для объектов с памятью квантового состояния. Решения, предложенные в диссертации, способствуют разработке высокочувствительных датчиков и сенсоров, а также резонаторов с сильной локализацией электромагнитных полей.

Замечания

Работа не лишена некоторых недостатков.

1. Отсутствует обоснование критерия выбора количества членов мультипольной декомпозиции, необходимое и достаточное для корректного описания его отклика в дальнем поле.

2. В первой главе имеется путаница с обозначениями коэффициентов прохождения/отражения – S11, S12, S21.

3. Работа содержит опечатки и неточности.

Приведенные замечания не имеют принципиального значения и не влияют на научную состоятельность и целостность работы.

Заключение

Диссертационная работа Стенищев Ивана Владимировича «Мультипольные эффекты в метаматериалах и кубитах», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» соответствует требованиям положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Стенищев Иван Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Профессор кафедры физики и прикладной математики
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
доктор физико-математических наук,



Прохоров Алексей Валерьевич

600000, г. Владимир, ул. Горького, 87;
тел. 84922 479947; avprokhorov33@mail.ru

14.09.2023

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Подпись заверяю СЕКРЕТАРЬ ВЛГУ
КОШИЦА Т. Г.

