

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Оспановой Анар “Электродинамические эффекты в метаматериалах с тороидным откликом”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Представленная работа состоит из введения, трех глав, заключения, изложенных на 128 страницах машинописного текста, списка использованных источников, включающего 293 наименований, содержит 51 рисунок.

Актуальность избранной темы работы

Представленная тема посвящена исследованию электродинамических характеристик диэлектрических метаматериалов с тороидным откликом.

Исследование диэлектрических тороидных метаматериалов, обладающих уникальными электродинамическими характеристиками является одним из многообещающих путей преодоления проблемы диссипативных и радиационных потерь и достижения гигантских значений добротности в субволновых масштабах. Кроме того, в литературе отсутствует подход к разработке анапольных метаматериалов. Приведенные в диссертационной работе подходы для создания неизлучающих состояний- анаполей, а также предложенные метаматериалы и возникающие в них эффекты, такие как эффект электромагнитно-индуцированной прозрачности, мультипольная маскировка, а также создание планарного диэлектрического метаматериала для демонстрации эффекта анаполя, являются новыми подходами.

Диссертационная работа состоит из 3 глав.

В первой главе диссертационной работы, на основе литературного обзора, автор формулирует цели исследования и ставит задачи для их достижения, решению которых посвящены следующие главы.

Вторая глава посвящена описанию использованных в исследовании теоретических и экспериментальных методов. В разделе 2.1 описан метод эквивалентных источников. Раздел 2.2 посвящен методу мультипольного разложения ближних электромагнитных полей/токов, учитывающих вклад тороидных мультиполей. В разделе 2.3 описан экспериментальный метод исследования распределения ближних электромагнитных полей методом зондирования в безэховой камере.

В третьей главе автор решает задачу создания тороидных метаматериалов на основе диэлектрических включений и исследованию возникающих в них эффектов. В разделе 3.1 приведены результаты исследований нового подхода создания неизлучающих состояний, обобщающий известные техники создания невидимых объектов и метаматериалов, обладающих анапольным откликом. При этом проведено полное согласование подхода с теоремой Devaney- Wolf для неизлучающих систем. В разделе 3.2 приведен новый метод маскировки на основе мультипольного взаимодействия скрываемого объекта с маскирующей оболочкой с тороидным откликом. Раздел 3.3 посвящен исследованию нового типа прозрачности, являющегося аналогом метода электромагнитно-индуцированной прозрачности для диэлектрических метаматериалов. В разделе 3.4 продемонстрирован новый тороидный метаматериал на основе кремниевой пластины, демонстрирующий эффект прозрачности в оптическом диапазоне, благодаря возбуждению анапольных мод. Раздел 3.5 содержит результаты экспериментального исследования ближних полей *in situ* тороидного отклика структуры на примере тороидного метаматериала на основе воды.

Научная новизна и достоверность результатов

Научная новизна работы заключается в предложенном теоретическом методе для описания неизлучающих конфигураций на основе метода эквивалентных токов, который может быть взят за основу проектирования будущих анапольных метаматериалов. Кроме того, выполненный в процессе работы фундаментальный эксперимент подтверждает многочисленные теоретические данные из литературы о существовании тороидной моды. Новый эффект электромагнитной индуцированной прозрачности на основе метода обнуления основных мультиполей в диэлектрических метаматериалах важен для задач замедления света и создания устройств замедления света. Отдельно стоит отметить тороидные метаматериалы на основе кремниевой пластинки, демонстрирующие возбуждение состояния анаполя в оптическом диапазоне, отличающийся от аналогичных структур простотой изготовления и экономической выгодой использования материала.

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации данных подтверждается корректной постановкой физических задач и использованием методов аналитического и численного моделирования и экспериментальными исследованиями. Достоверность экспериментальных результатов подтверждается хорошим согласованием с результатами моделирования. Результаты работы опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых журналах. Положения, выносимые на защиту обоснованы.

Значимость результатов для науки и практики

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в предложенном аналитическом подходе для создания неизлучающих источников на основе анаполей, применимого для структур различных конфигураций, в том числе метаматериалов с анапольным откликом. Этот подход позволит разрабатывать дизайн будущих включений метаматериалов, характеризующихся режимом анаполя и предъявляет требования к токам во включениях. Фундаментальный эксперимент, по измерению ближних полей в тороидной метамолекуле является первой демонстрацией тороидного дипольного отклика внутри мета-структур. Очень важным результатом является разработка метаматериала терагерцового диапазона, в котором были достигнуты колоссальные значения добротности.

Практическая значимость результатов исследований заключается в возможности создания устройств нанофотоники и телекоммуникаций, таких как высокодобротные открытые резонаторы, фильтры и сенсоры, а также метаповерхности для устройств снижения заметности на основе полученных эффектов. Кроме того, эффект мультипольного клокинга может быть использован для неинвазивной диагностики плазмы.

Публикации, отражающие основное содержание диссертационной работы, апробация результатов.

Основные результаты диссертации опубликованы в 3 печатных работах, рекомендуемых ВАК Министерства образования и науки РФ и высокорейтинговых зарубежных рецензируемых периодических изданиях. Результаты исследований докладывались на 5 международных научных конференциях.

В автореферате в достаточной степени изложены основные идеи и выводы диссертации, проведен обзор литературы, показаны вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Заключение

Полученные в работе результаты и выводы являются достоверными и обоснованными. Указанные недостатки не снижают общей высокой оценки представленной работы.

Диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, и соответствует специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, а ее автор Оспанова Анар заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

кандидат технических наук,
заведующий кафедры формирования
и обработки радиосигналов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Адрес: 111250, г. Москва, Красноказарменная ул., д.14

Телефон: (495) 362-73-84

e-mail: arsaфин@gmail.com



САФИН Ансар Ризаевич



Оспанова А.А.