

УДК 537.87

СОЗДАНИЕ СУПЕРРАСSEИВАЮЩИХ МАССИВОВ ИЗ ПРОВОДОВ, ИСПОЛЬЗУЯ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ.

Грогов К.Ю. (Университет ИТМО)
Ладутенко К.С. – к.ф-м.н. (Университет ИТМО)

В данной работе мы демонстрируем прямоугольный массив из проводов, разработанный с использованием алгоритма стохастической оптимизации. Структура, включающая провода разной длины, демонстрирует превосходные рассеивающие способности, на порядок обходя ограничение одноканального диполя. Массив субволновых проводов поддерживает несколько резонансных мультиполей высокого порядка, которые конструктивно вносят вклад в рассеяние, что мы смогли экспериментально проверить. Новое поколение суперрассеивателей, созданных с помощью генетических алгоритмов, может использоваться в ряде беспроводных задач, включая связь между объектами, интеллектуальные маяки и радиолокационные цели.

Введение. Исследования, посвященные манипулированию волнами с резонансными субволновыми структурами, всегда находились в центре внимания прикладного электромагнетизма. Эти исследования начались с разработки малых антенн и перешли в область создания метаматериалов и метаповерхностей. Современное состояние исследований сосредоточено на разработке высокоэффективных резонансных структур, которые могут быть собраны в упорядоченные массивы, что позволяет управлять распространением электромагнитными волнами.

Резонансные явления позволяют увеличить электромагнитную видимость рассеивателя, сохраняя при этом малую площадь его поверхности. Однако одноканальный предел или предел Чу-Харрингтона налагает строгую верхнюю границу на сечение рассеяния субволновых структур. Хотя было предложено довольно много архитектур, и некоторые из них нашли экспериментальное подтверждение, они не демонстрируют исключительных сечений рассеяния, например, по крайней мере, на порядок выше обычно применяемых пределов.

Эволюционные алгоритмы, в том числе генетические, также получили особое внимание в электромагнетизме. Концепция состоит в том, чтобы рассматривать электромагнитную конфигурацию как базовое положение в теории биологической эволюции, где процессы отбора, мутации и воспроизводства управляют будущим развитием. Одним из наиболее известных примеров электромагнитного излучения является антенна космического корабля НАСА, которая была сконструирована из булавки и превратилась в эффективную компактную антенну в ультрафиолетовом диапазоне. За этим последовали другие оптимизированные конструкции, такие как суперрассеиватели с многослойными цилиндрическими стержнями, сверхабсорбирующие наночастицы, цилиндрические сверхрассеиватели и другие.

Основная часть. В нашей работе мы предлагаем концептуальное переосмысление темы и подкрепляем наши идеи экспериментом. В частности, мы применили алгоритм стохастической оптимизации для максимизации сечения рассеяния от массива из проводов. Способные поддерживать высокие локальные поля, массивы проводов с малыми потерями

могут содержать несколько резонансных мультиполей, конструктивно влияющих в формирование диаграммы направленности. Мы показали несколько геометрий с тремя перекрывающимися резонансными мультиполями высокого порядка, что привело к увеличению поперечного сечения рассеяния более чем на один порядок по сравнению с пределом одиночного дипольного канала. С точки зрения направленности, генетически сгенерированные геометрии превышают ограничения Чу-Харрингтона и Гейи более чем на 8 дБ, демонстрируя супер-направленность. Мы также предложили новый предел рассеяния для оценки структур, состоящих из связанных резонаторов в ближнем поле. Эти результаты выходят за рамки современного уровня техники в области сверхрассеяния. Другими словами, наша структура является на сегодняшний день мировым рекордсменом по сверхрассеянию. Помимо, численного моделирования были проведены эксперименты с четырьмя различными структурами, к которым сошелся алгоритм оптимизации. В ходе эксперимента было получено, что различие с численным моделированием для некоторых геометрий составляет всего около 10 процентов.

Выводы. Мы твердо верим, что наша работа, объединяющая аспекты фундаментальной электромагнитной теории и ее прикладных аспектов, вызовет интерес у сообщества, занимающегося проектированием антенн, беспроводной связью и оптическими явлениями (т. е. проектированием метаповерхностей, сбором солнечной энергии, и другими), так как разработанные концепции могут быть напрямую отображены в различные частотные области.

Гротов К. Ю. (автор)

Подпись

Ладутенко К. С. (научный руководитель)

Подпись