



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Воронежский
государственный
университет

Синтез высокочастотных диэлектрических структур с контролируемой диэлектрической проницаемостью методом трехмерной печати

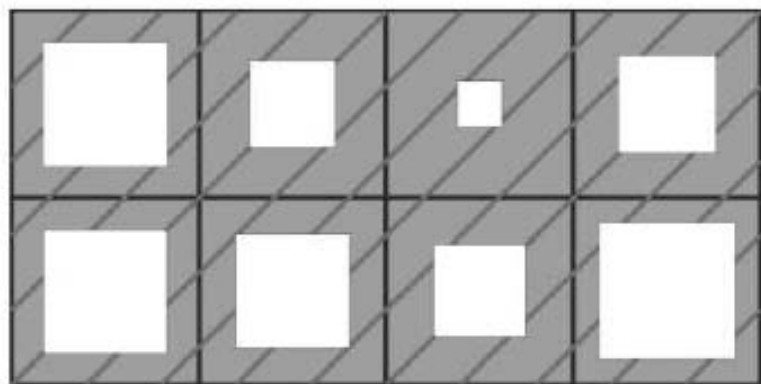
Н. И. Кащеев, Г. К. Усков, С.П. Скулкин

Аннотация.

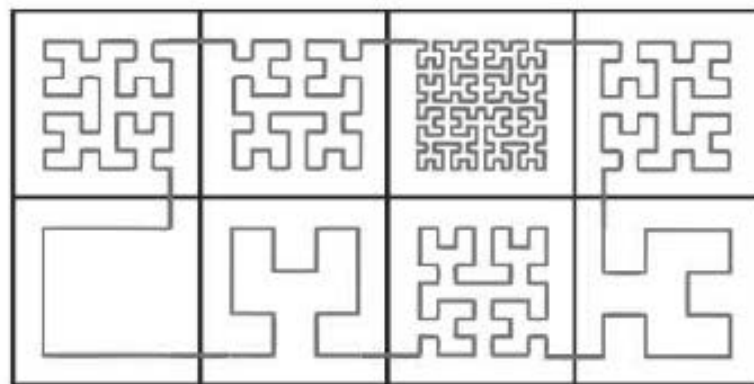
В работе представлены методы синтеза сложных диэлектрических структур с неоднородным заполнением. Продемонстрированы подходы и их изготовлению методом трехмерной печати. Проведен сравнительный анализ методов градуированная диэлектрической структуры и её формирования. В результате предложен алгоритм и программное обеспечение для изготовления неоднородных диэлектрических линз и структур в соответствии с исследованными законами распределения на примере заполнения TEM-рупорной антенны.

ВВЕДЕНИЕ

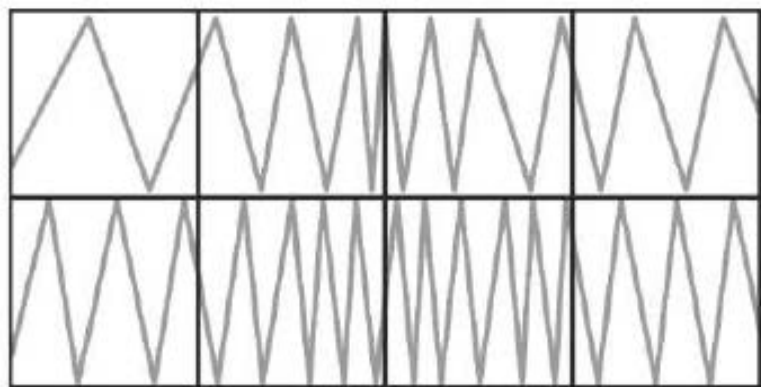
Современные требования к формированию диаграммы направленности антенн не всегда получается удовлетворить стандартными методами. Для улучшения характеристик антенн начинают применяться диэлектрические линзы, позволяющие изменить геометрию волнового фронта аналогично тому, как оптические линзы изменяют направление движения электромагнитных волн видимого диапазона. На сегодняшний день предложено несколько технологий изготовления таких линз. Наиболее перспективной является применение аддитивного метода производства, который, в отличие от субтрактивного, позволяет создавать более сложные структуры. Трёхмерная печать, в том числе и с пространственно-градиентными свойствами, используются во многих областях техники уже продолжительное время. Существуют серийные 3D принтеры, доступные как для экспериментов, так и для мелкосерийного производства изделий из различных материалов. Для настоящей работы наибольший интерес представляют принтеры, использующие технологию послойного наплавления. В них печать производится различными видами пластика, что позволяет получить материал с разной плотностью диэлектрика в зависимости от соотношения материалов и воздуха в заготовке. Несмотря на простоту идеи, методы получения структур с заданным законом распределения диэлектрической проницаемости могут различаться, а и полученные в результате линзы не всегда позволяют достичь необходимых результатов. Данная работа посвящена созданию метода построения и печати с малым размером ячейки и большим диапазоном изменения диэлектрической проницаемости.



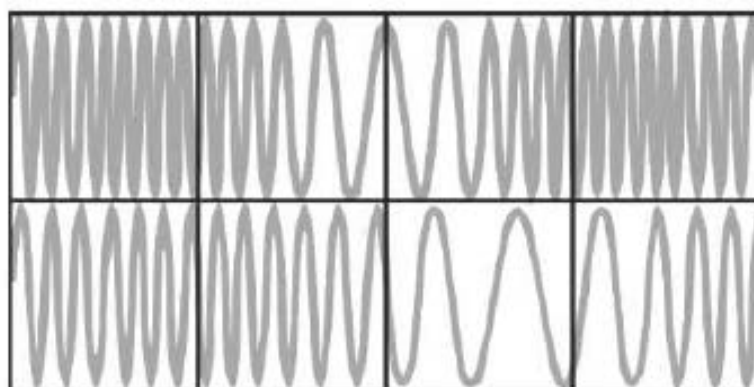
а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Примеры некоторых рассмотренных структур заполнения.

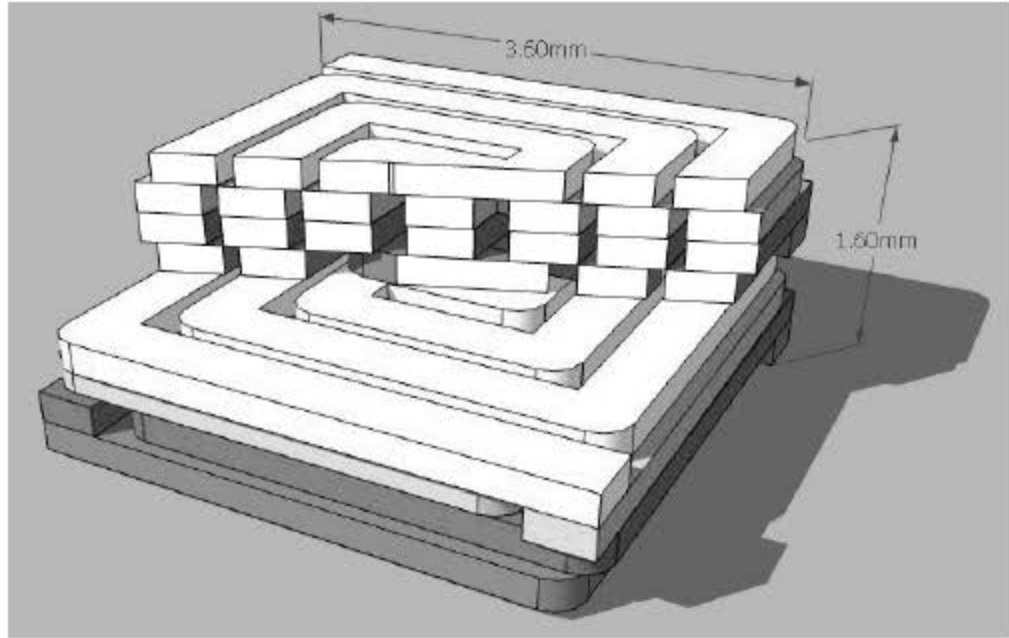


Рис. 2. Пример заполнения ячейки в нескольких слоях в разрезе.

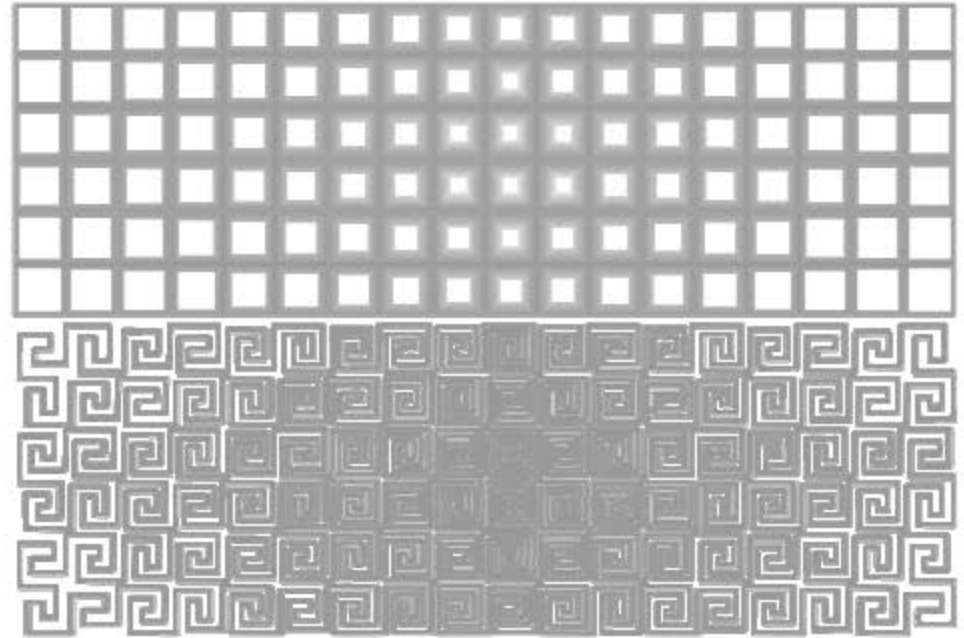


Рис. 3. Заполнения прямоугольниками с перфорацией и заполнения меандром.

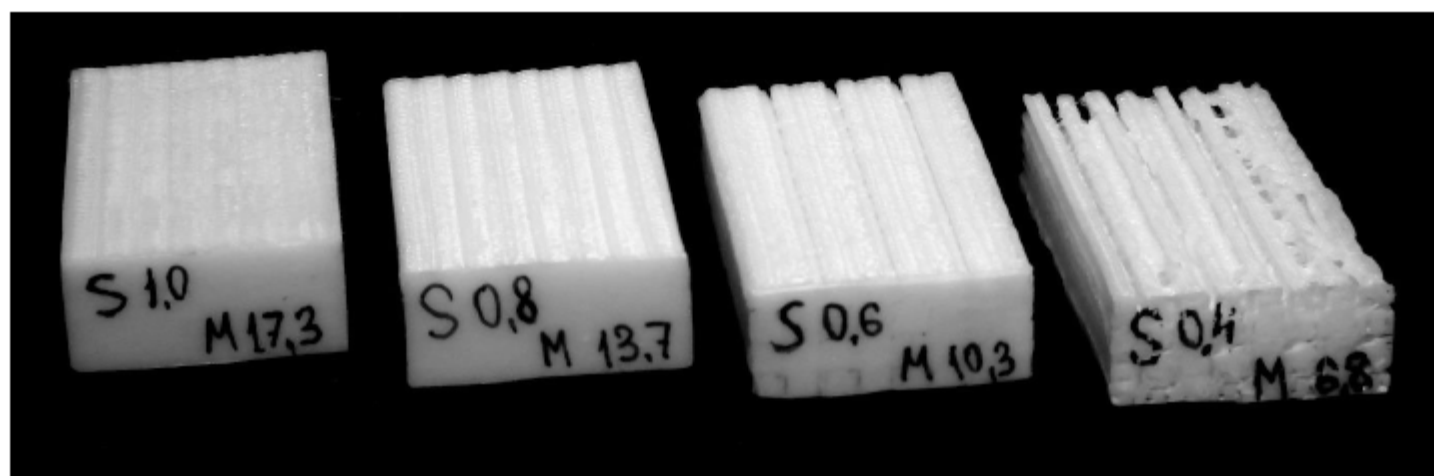


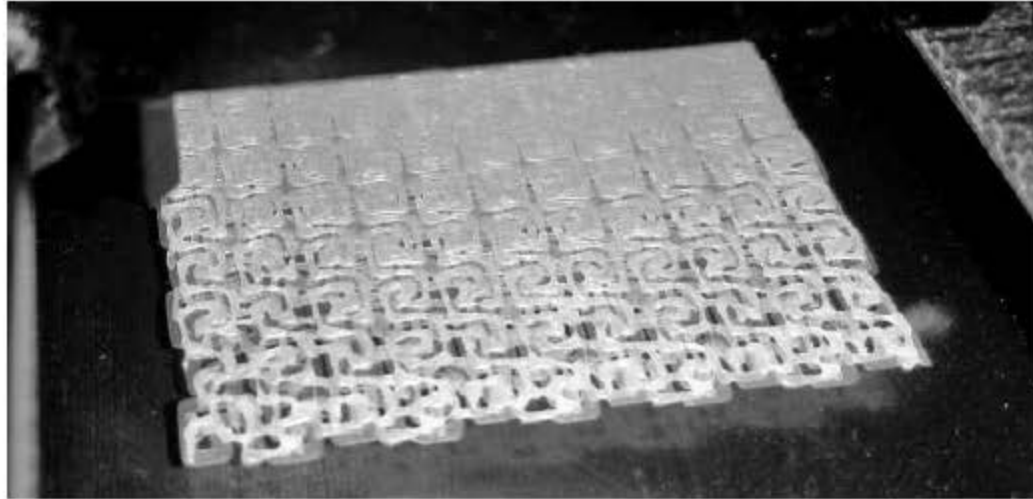
Рис. 4. Образцы диэлектрических структур из НПС-пластика с различными коэффициентами заполнения и измеренными массами.

Таблица 1. Диэлектрическая проницаемость образцов

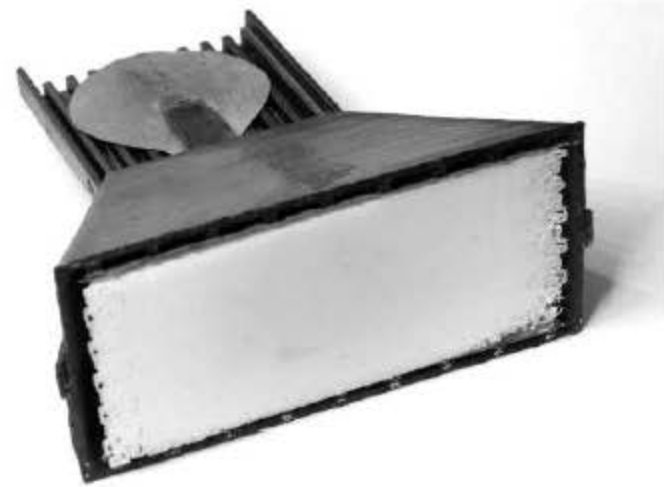
Коэффициент заполнения S	1.0	0,8	0,6	0,4
Диэлектрическая проницаемость ϵ_r	2.4	2.04	1.73	1.49
Масса m_s	17.3	17.1	10.0	6.8

$$\epsilon(x, y) = \frac{h^2}{x^2 + y^2 + h^2} \epsilon(0, 0), \quad (1)$$

где h – высота излучателя или высота диэлектрика, x и y координаты удаленной точки.



а)



б)

Рис. 5. Диэлектрический наполнитель а) во время печати и б) установленный в TEM-рупорную антенну.

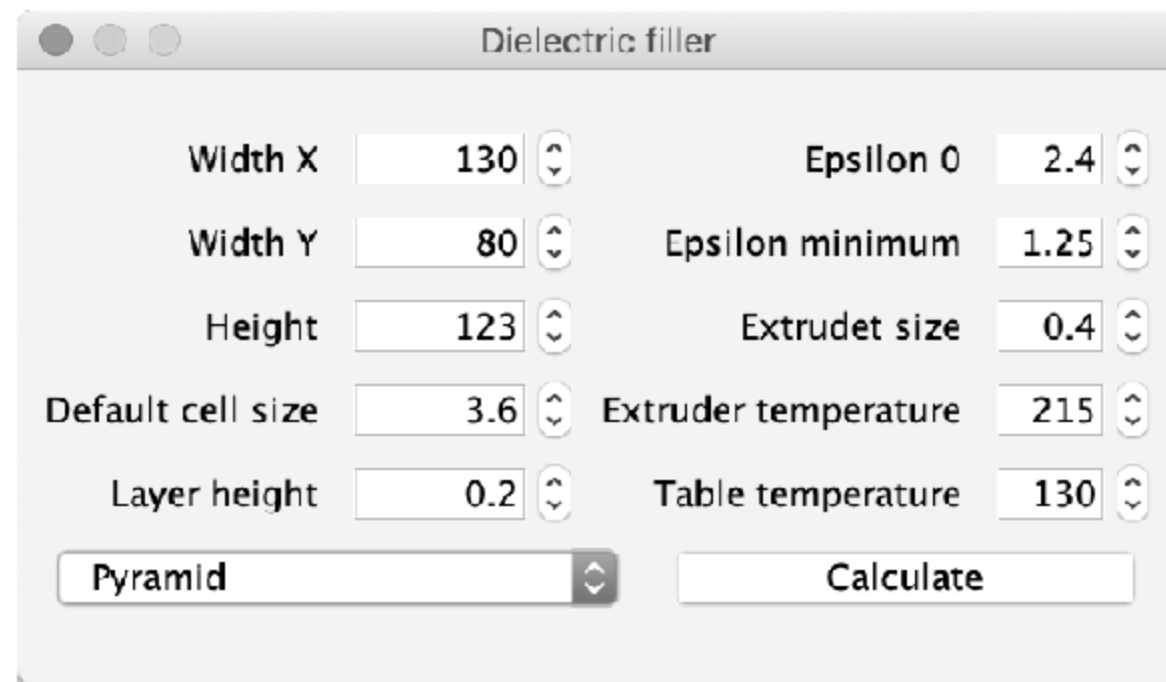


Рис. 6. Пользовательский интерфейс программы, реализующей заполнение.

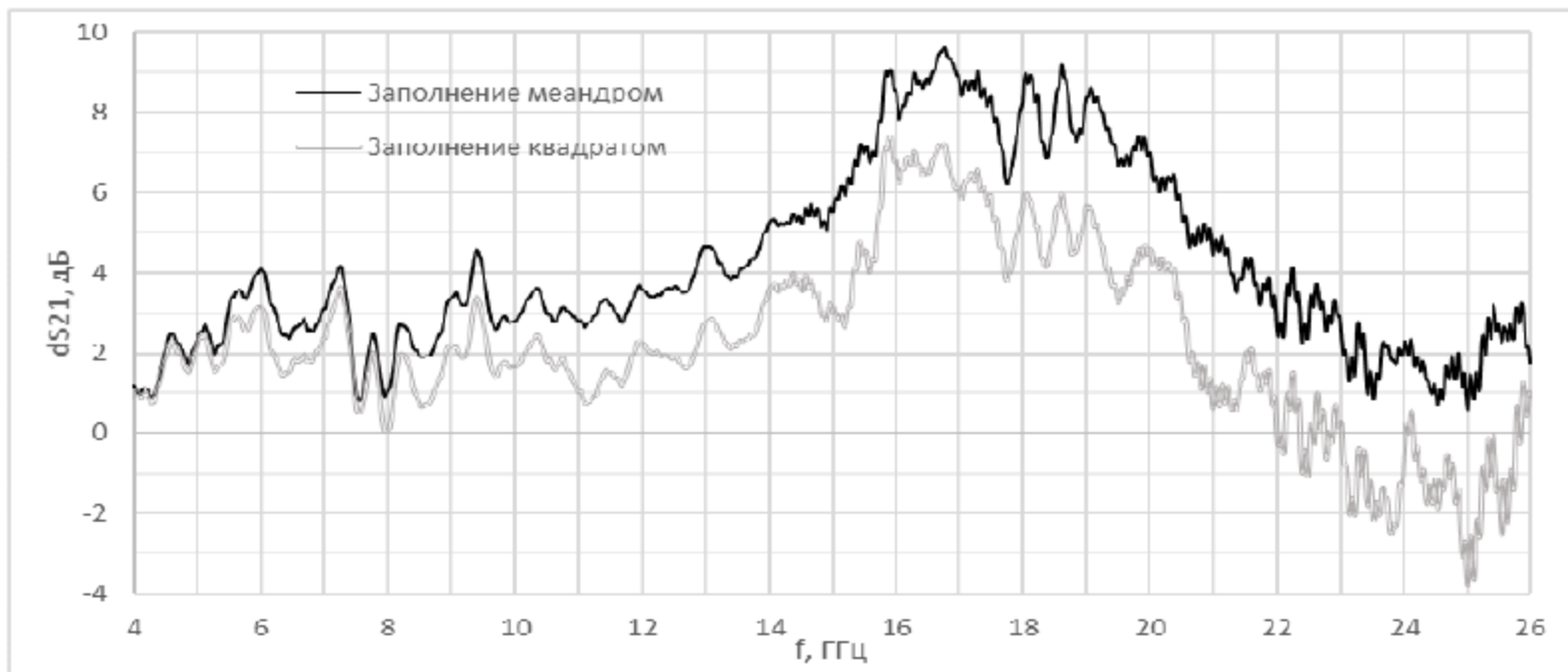


Рис. 7. Выигрыш в усилении для антенны с заполнением перфорированными прямоугольниками и заполнения меандром.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлена новая методика создания диэлектрических структур с переменным показателем диэлектрической проницаемости с помощью трёхмерной печати. Полученные структуры могут быть использованы для производства диэлектрических линз, позволяющих сформировать диаграмму направленности антенн в широком диапазоне частот. Входными данными для работы алгоритма является закон распределения диэлектрической проницаемости, по которому рассчитывается трёхмерная модель для печати на 3Д принтере. Реализация алгоритма выполнена в виде кроссплатформенного программного обеспечения и не привязана к определённым моделям антенн или принтерам. В работе была проведена экспериментальная проверка методики на примере заполнения ТЕМ-рупорной антенны, и доказана её эффективность. Предлагаемый метод легко масштабируется и совместим с большинством существующих систем трехмерной печати, работающих по технологии послойного наплавления.

Спасибо за внимание!