

НЕПОГЛОЩАЮЩЕЕ РАДИОМАСКИРУЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ

И. И. Жебрун

Белорусский государственный университет, г. Минск;

rct.zhebrun@bsu.by,

науч. рук. – С. В. Малый, канд. физ.-мат. наук, доцент

Разработана вычислительная модель и численно исследованы маскирующие свойства периодических решеток из полосковых элементов, расположенных над проводящим экраном. Маскировка обеспечивается за счет эффекта перераспределения электромагнитного поля между распространяющимися гармониками рассеянного поля.

Установлено, что покрытия на основе периодических решеток обеспечивают подавление зеркальных гармоник в расширенном частотном диапазоне.

Ключевые слова: электромагнитная волна; радиомаскировка; непоглощающее маскирующее покрытие.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение радиолокационной незаметности объектов различного функционального назначения было и остается актуальным в настоящее время, так как появляется все большее количество средств и методов их обнаружения. Основными направлениями по осуществлению радиомаскировки являются: создание объектов специальной геометрии, покрытия поглощающего типа [1], использование методов трансформационной оптики [2].

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Моделирование радиомаскирующих покрытий непоглощающего типа производилось на базе метода конечных интегралов [3]. Задача о взаимодействии плоской линейно поляризованной электромагнитной волны с периодической структурой сводилась к исследованию пространственного волновода, выделяющего период решетки. На стенках волновода задавались периодические граничные условия. Моделирование осуществлялось в частотной области. Предполагалось, что экран и полосковые элементы выполнены из идеально проводящего проводника. Это исключает возможность уменьшения амплитуды отраженного поля за счет поглощения электромагнитной энергии. Рассмотрен случай нормального падения линейно поляризованной плоской волны на поверхность покрытия. Результатом моделирования является спектр распространяющихся

пространственных гармоник для двух ортогональных поляризаций падающей электромагнитной волны.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Рассмотрена структура в виде периодической решетки из круглых дисков, расположенных над идеально проводящим экраном параллельно его поверхности, со следующими конструктивными параметрами: период решетки по координате x – 39 мм; период решетки по координате y – 21 мм; диаметр металлического диска – 14 мм. Высота диска над экраном варьировалась. Моделирование производилось в диапазоне от 7 ГГц до 15 ГГц. На рис. 1 представлена частотная зависимость амплитуд нулевой и ± 1 гармоник рассеянной на решетке электромагнитной волны, поляризованной в плоскости xoz .

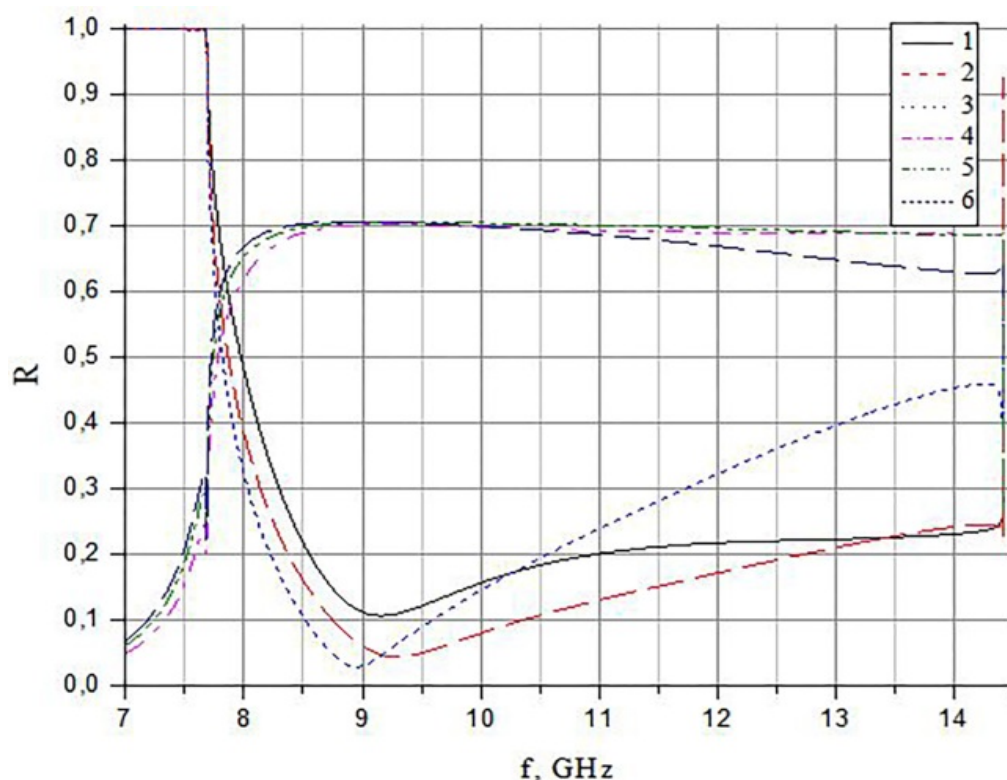


Рис. 1. Коэффициент отражения нулевой гармоники при высотах 5 мм (1); 6 мм (2); 7 мм (3); ± 1 гармоники при высотах 5 мм (4); 6 мм (5); 7 мм (6)

Анализ результатов моделирования показывает, что при заданных конструктивных параметрах рассматриваемой структуры и частотном диапазоне наибольшее ослабление отраженной волны в зеркальном направлении достигается при высоте дисков над экраном, равной 6 мм. Анализ спектра рассеянного поля показывает, что при оптимальных конструктивных параметрах, основная часть мощности рассеянного поля

сконцентрирована в двух ± 1 гармониках. Указанный эффект наблюдается в широком частотном диапазоне с коэффициентом перекрытия до 2.

При фиксированном значении высоты равном 6 мм и сохранении заданных конструктивных параметров, но при переменном значении диаметра диска получаем следующую частотную зависимость коэффициента отражения, представленную на рис. 2.

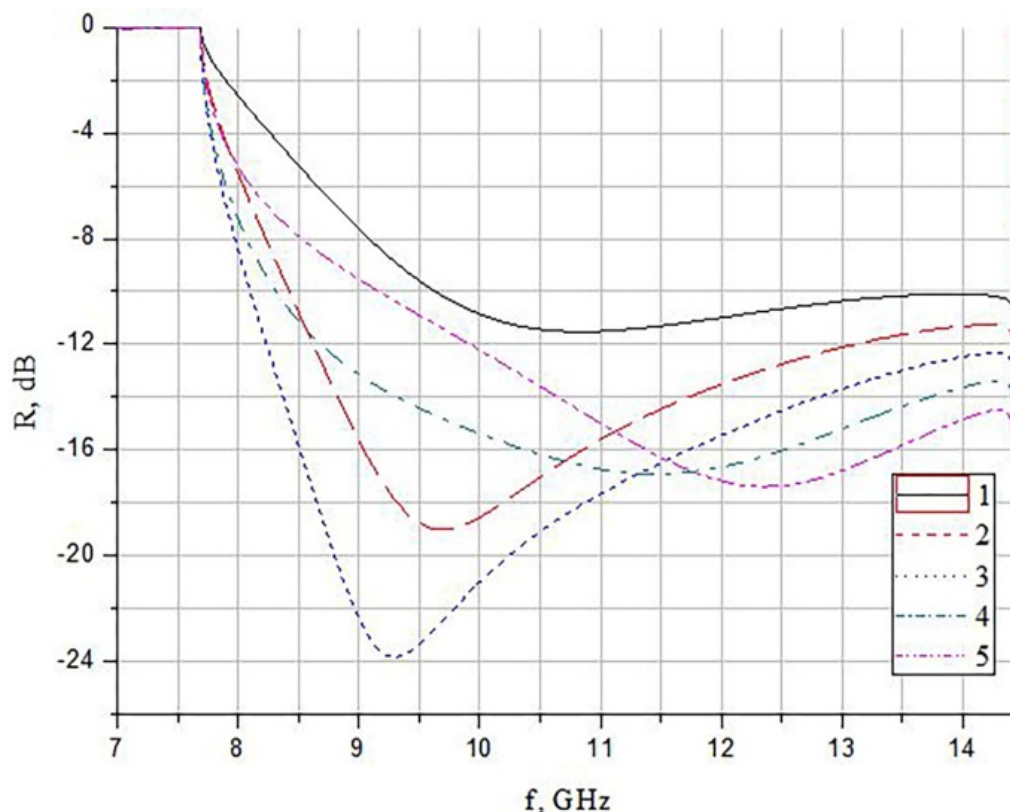


Рис. 2. Коэффициент отражения нулевой гармоники при диаметре 12 мм (1); 13 мм (2); 14 мм (3); 15 мм (4); 16 мм (5)

Анализ результатов моделирования показывает, что изменение диаметра металлического диска оказывает существенное влияние на частотную зависимость коэффициента отражения для зеркальной гармоники. Наилучшие результаты по уровню отражения и широкополосности наблюдаются при диаметре диска равном 14 мм.

Рассмотрено влияние формы полосковых элементов на спектр рассеянного поля. С этой целью рассмотрена структура с модифицированными элементами. Модифицированная периодическая структура, представленная на рис. 3, имеет следующие конструктивные параметры: период решетки по координате x – 40 мм; период решетки по координате y – 16 мм; диаметр металлического диска и длина прямоугольного полоска – 14 мм; ширина прямоугольного включения – 3 мм; высота, на которой располагался элемент над экраном – 5 мм.

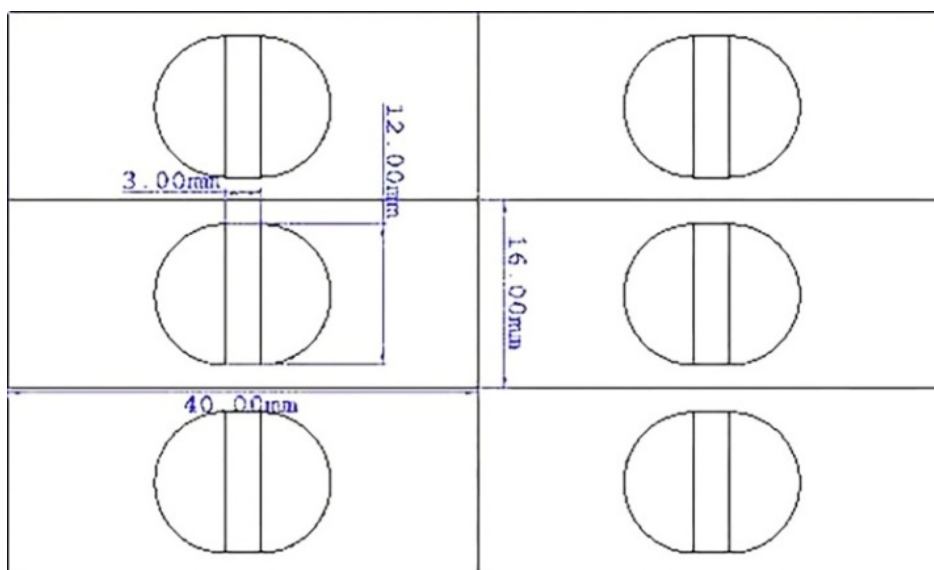


Рис. 3. Геометрия модифицированной структуры

Моделирование производилось в диапазоне от 7 ГГц до 16 ГГц. На рис. 4 представлена частотная зависимость коэффициента отражения для периодической структуры из металлических дисков и модифицированных элементов.

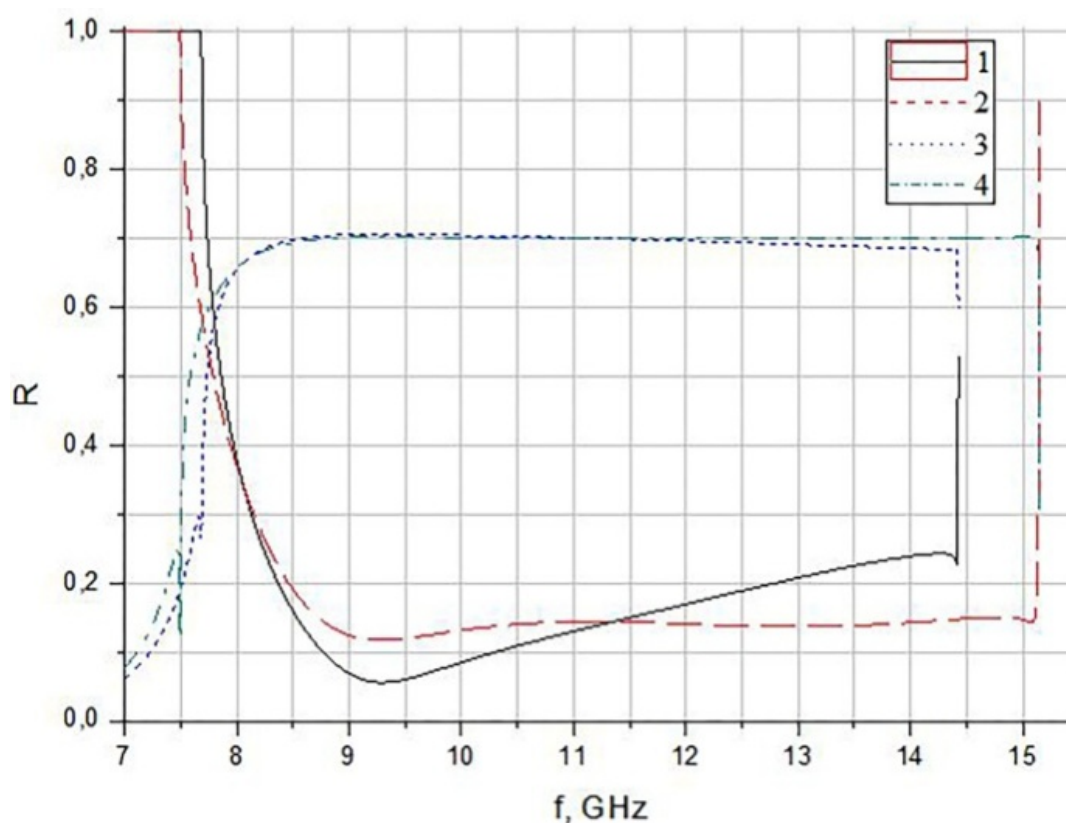


Рис. 4. Коэффициент отражения нулевой гармоники для структуры: 1 – из металлических дисков; 2 – из модифицированных элементов. Коэффициент отражения в ± 1 гармоники для структуры: 3 – из металлических дисков; 4 – из модифицированных элементов

Анализ полученных результатов моделирования показывает, что модифицированное покрытие обладает большей широкополосностью и большей равномерностью подавления зеркальной гармоники рассеянного поля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Численно исследовано радиомаскирующее покрытие непоглощающего типа в виде периодической решетки из полосковых элементов.

Установлено, что периодическая решетка из полосковых элементов в виде круговых или модифицированных дисков обеспечивает в широком частотном диапазоне подавление зеркальной гармоники отраженного поля. Этот эффект реализуется без поглощения электромагнитной энергии за счет перераспределения отраженного поля в ± 1 гармоники. Изменение формы полосковых элементов оказывает влияние на широкополосность и равномерность подавления отраженного в зеркальном направлении электромагнитного поля.

Библиографические ссылки

1. *Цветнов В. В., Демин В. П., Куприянов А. И.* Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита. Москва: МАИ, 1999.
2. *Кильдишев А. В., Шалаев В. М.* Трансформационная оптика и метаматериалы // Успехи физических наук. 2001. Т. 181. № 1. С. 59–70. DOI: 10.3367/UFNr.0181.201101d.0059.
3. *Курушин А. А., Пластиков А. Н.* Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. Москва: МЭИ, 2011.