

ЧАСТИЧНО ОТРАЖАЮЩИЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗОНАТОРНЫХ АНТЕНН

В.А. Бухарин, А.В. Дударев, С.В. Дударев

Представлены результаты строгого дифракционного моделирования двумерно-периодической планарной структуры. Исследованы частотно-селективные поверхности в виде металлической тонкой плоской поверхности с круглыми отверстиями. Приведены зависимости коэффициента передачи от относительных размеров структуры. Сформулированы закономерности.

Ключевые слова: частично отражающие поверхности; частично прозрачные поверхности; частотно-селективные поверхности; двумерно-периодические структуры; резонаторная антенна; резонаторная ФАР.

Излучающая апертура резонаторных антенн изготавливается в виде частично прозрачной поверхности одной из стенок объёмного резонатора [1–3]. Широкое применение находят двумерно-периодические планарные структуры, которые получили название частотно-селективных поверхностей. Такие поверхности, для минимизации вносимых потерь, выполняются из хороших проводников электрического тока. На рис. 1 показаны типичные примеры частично прозрачных частотно-селективных поверхностей.

Параметры резонаторных антенн, в значительной степени, определяются свойствами частично прозрачной поверхности. Добротность, частотная зависимость коэффициента направленного действия и рабочая полоса частот зависят от коэффициента отражения от частично прозрачной поверхности. На практике широко применяют металлические перфорированные поверхности с круглыми, квадратными и прямоугольными отверстиями, например, в зеркальных антеннах [4, 5]. Коэффициент прохождения по мощности через рефлекторы зеркальных антенн не превышает 1 %. В резонаторных антеннах величина коэффициента прохождения должна быть существенно больше. Такие поверхности логичнее называть полупрозрачными или частично отражающими поверхностями. В литературе практиче-

ски нет сведений по частично прозрачным поверхностям с большим коэффициентом прохождения. Поэтому исследование свойств частично отражающих поверхностей является актуальной и важной задачей, решение которой сложно осуществить вне рамок строгого электродинамического моделирования.

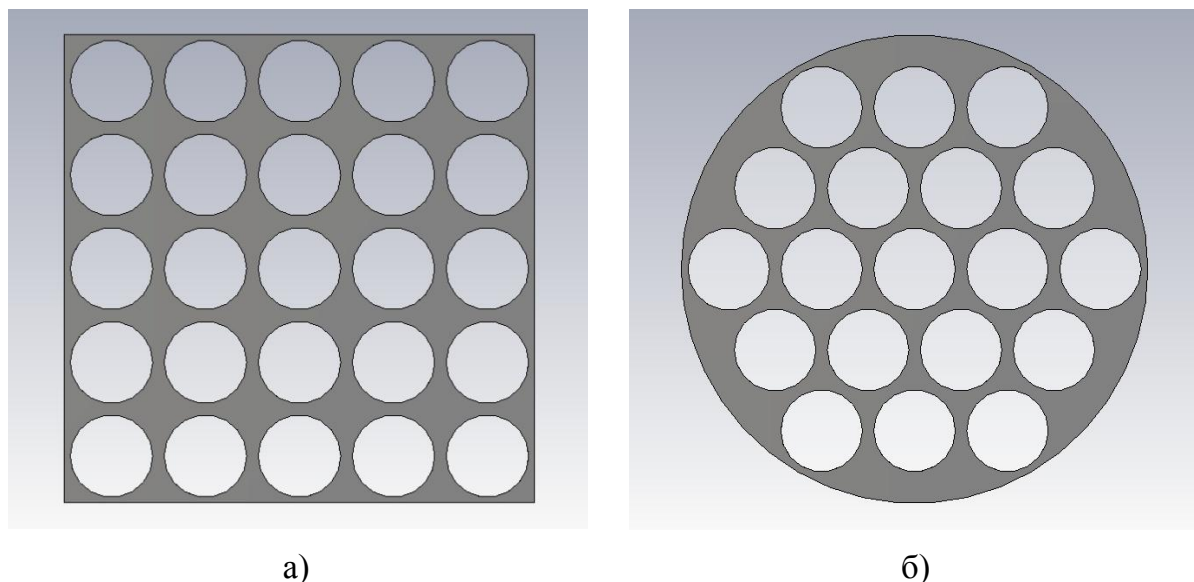


Рис. 1. Частично прозрачные поверхности с квадратной (а) и равносторонней треугольной (б) сетками

Рассмотрим планарную перфорированную металлическую поверхность с круглыми отверстиями (см. рис. 1). Отверстия расположены в узлах квадратной и равносторонней треугольной сеток. Толщина поверхности t , диаметр отверстий D , расстояние между отверстиями d . Решим задачу дифракции плоской поперечной электромагнитной волны на бесконечной двумерно периодической структуре, которая относится к числу наиболее интересных задач прикладной электродинамики.

Краевая задача решается численно в строгой постановке методом конечных элементов с учётом периодичности структуры и введением элементарной ячейки в виде канала Флоке. Элементарная ячейка создаётся с использованием связанных границ с периодическими граничными условиями и двух портов Флоке. Результат решения краевой задачи представляется в виде S-матрицы четырёхполюсника, связывающей моды Флоке в соответствующих портах.

Результаты численного моделирования представлены на рис. 2–7 в виде зависимостей коэффициента передачи от относительных размеров двумерно-периодической структуры. D/λ – относительный размер отверстия, где λ – рабочая длина волны; d/λ – относительное расстояние между от-

версиями; t/λ – относительная толщина поверхности. Коэффициент отражения определяется из условия унитарности четырёхполюсника:

$$|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2 = 1.$$

На рис. 2–4 изображены результаты для частотно-селективной поверхности с отверстиями, расположенными в узлах равносторонней треугольной сетки.

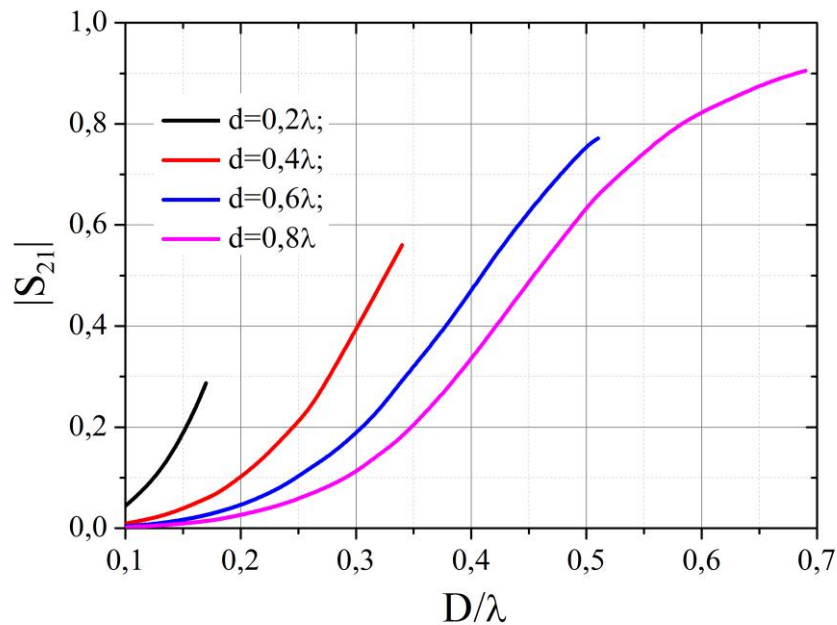


Рис. 2. Коэффициент передачи для поверхности толщиной $t/\lambda=0,0033$

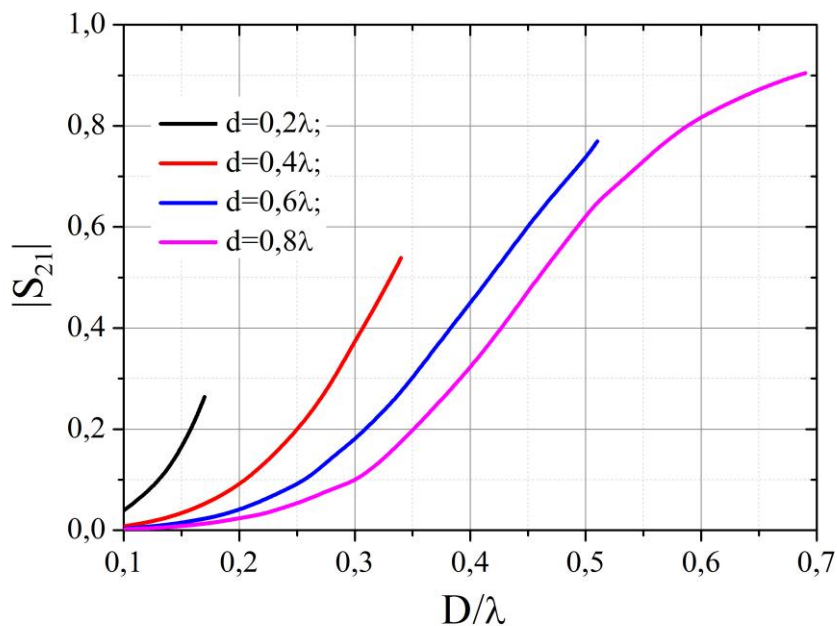


Рис. 3. Коэффициент передачи для поверхности толщиной $t/\lambda=0,0066$

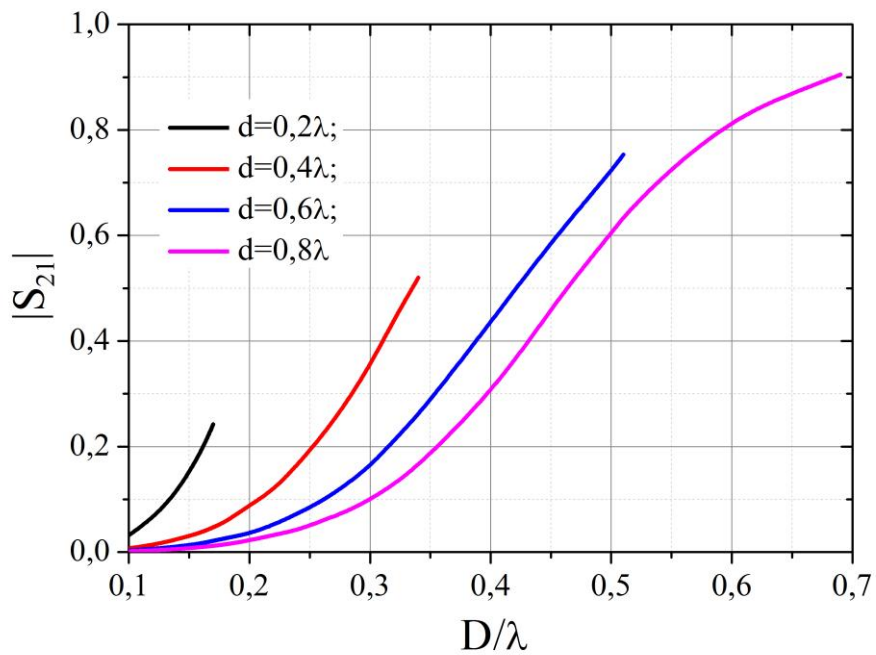


Рис. 4. Коэффициент передачи для поверхности толщиной $t/\lambda=0,0099$

На рис. 5–7 изображены результаты для частотно-селективной поверхности с отверстиями, расположенными в узлах прямоугольной сетки.

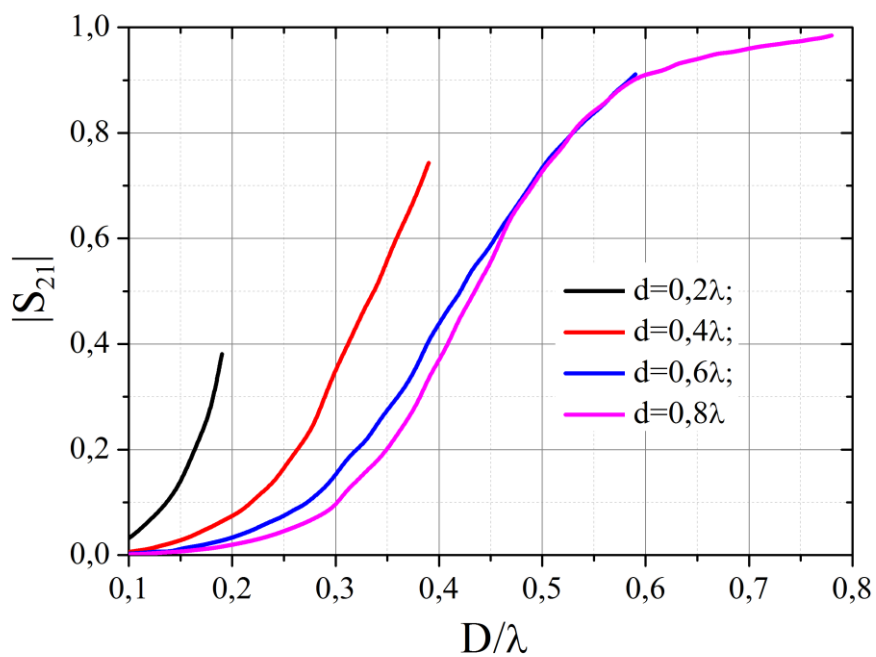


Рис. 5. Коэффициент передачи для поверхности толщиной $t/\lambda=0,0033$

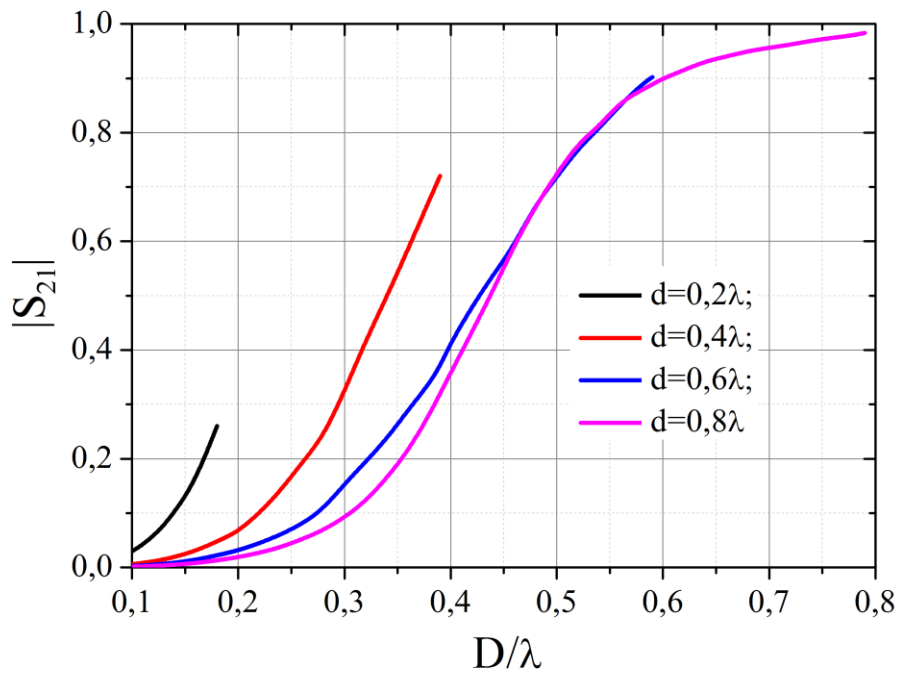


Рис. 6. Коэффициент передачи для поверхности толщиной $t/\lambda=0,0066$

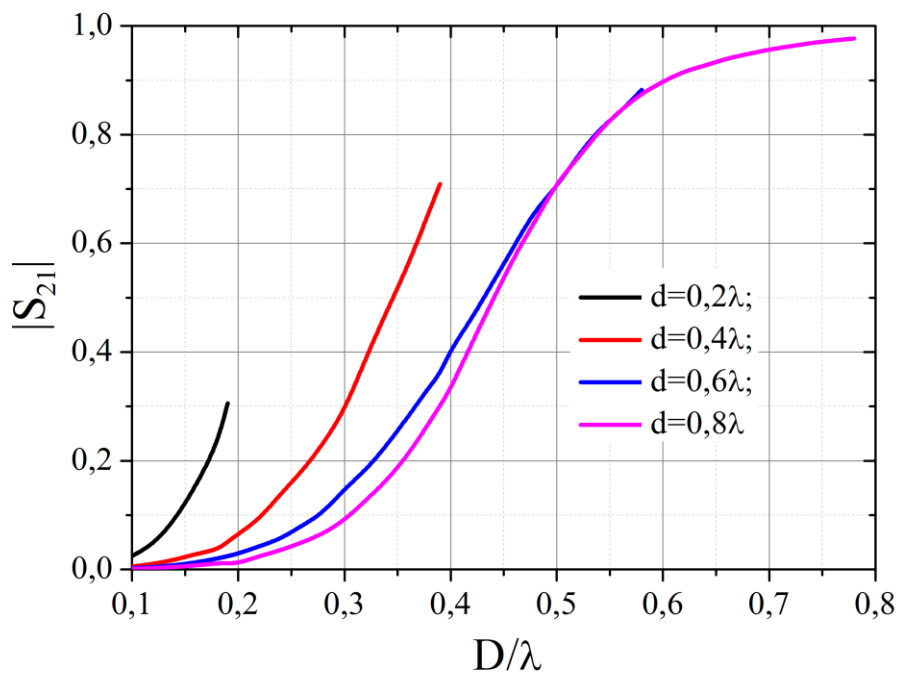


Рис. 7. Коэффициент передачи для поверхности толщиной $t/\lambda=0,0099$

Из анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы. Коэффициент прохождения через двумерно-периодическую структуру в виде плоской тонкой поверхности растёт с увеличением диаметра отверстий и понижается с увеличением толщины поверхности и расстояний между отверстиями. Семейство зависимостей коэффициента прохождения «уплотняются» с ростом расстояний между отверстиями. Для поверхности с квадратной сеткой существует область значений диаметров отверстий, примерно, равных половине длины волны, при которых коэффициент прохождения практически не зависит от расстояний между отверстиями.

Заключение. В строгой электродинамической постановке численно решена задача дифракции плоской поперечной электромагнитной волны на бесконечной двумерно-периодической планарной структуре. Исследованы частотно-селективные поверхности в виде металлической плоской поверхности с круглыми отверстиями, расположенными в узлах квадратной и равносторонней треугольной сеток. Получены зависимости коэффициента передачи от относительных размеров структуры частично отражающей поверхности. Результаты исследований могут быть полезны разработчикам резонаторных антенн и частотно-селективных устройств в квазиоптической области рабочих частот. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение многослойных частотно-селективных структур.

Библиографический список

1. Бухарин, В.А. Плоская резонаторная антенна / В.А. Бухарин, Н.И. Войтович, Н.Н. Репин // Сборник трудов Второй Всероссийской научно-технической конференции «РАДИОВЫСОТОМЕТРИЯ-2007». – Екатеринбург: ИД «Третья столица», 2007. – С. 160–164.
2. Бухарин, В.А. Влияние нагрева на параметры резонаторной антенны / В.А. Бухарин, Н.И. Войтович // Доклады V Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь». – М.: Издание JRE-ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 2011. – С. 105–108.
3. Бухарин, В.А. Пространственно-временной метод расчёта резонаторных антенн / В.А. Бухарин, Н.И. Войтович // Научные труды международной научно-практической конференции «СВЯЗЬ-ПРОМ 2011» в рамках VIII Евро-Азиатского форума «СВЯЗЬ-ПРОМЭКСПО 2011». – Екатеринбург: ООО «Компания Реал-Медиа», 2011. – С. 371–373.
4. Айзенберг, Г.З. Антенны УКВ. В 2 ч. Ч. 2. / Г.З. Айзенберг, В.Г. Ямпольский, О.Н. Терёшин; под ред. Г.З. Айзенберга. – М.: Связь, 1977. – 384 с.
5. Чернышов, В.П. Антенно-фидерные устройства радиосвязи и радиовещания / В.П. Чернышов. – М.: Связь, 1978. – 288 с.

[К содержанию](#)