

Комплексированная антенная система X и Ku диапазонов

В.В. Кузнецов^{1,3}, А.А. Цитович^{1,3}, А.Д. Кучмий^{2,3}, А.А. Измайлов⁴

¹Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

²Московский авиационный институт

³АО «НПП «Исток» им Шокина»

⁴ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина»

Аннотация: в данной работе продемонстрирован принцип построения и функционирования совмещённой на одном полотне двухдиапазонной антенной системы с отношением частот 1:2, на основе комплексирования с метаструктурой, обладающей свойствами частично отражающей поверхности и являющимися пространственно-частотными полосно-пропускающими фильтрами для одного частотного диапазона и полосно-заграждающими для другого, позволяющие получить высокие значения коэффициентов усиления и реализовать разреженные антенные решетки с подавлением дифракционных лепестков.

Ключевые слова: метаповерхность, антенные решетки, совмещение диапазонов, антенная система.

1. Введение

Неизменной тенденцией развития теории и техники антенных систем (АС) бортовых многофункциональных радиоэлектронных комплексов, с различными функциями, является поиск и внедрение научно обоснованных технических решений, направленных на использование единой системы излучения в интересах нескольких радиотехнических систем. Одним из перспективных направлений в этом смысле является разработка совмещенных антенных систем, способных работать в диапазонах X и Ku. В работе будут рассмотрены принципы и преимущества внедрения метаструктуры для создания многодиапазонной антенной системы, а также возможные области ее применения.

2. Выбор и оптимизация геометрии метаструктуры с частотно-отражающей поверхностью (ЧОП)

У антенных структур на основе метаструктур со свойствами ЧОП можно настраивать свойства с помощью геометрических параметров и материалов, используемых в процессе изготовления. Это позволяет создавать антенны способные отражать или фильтровать определенные диапазоны частот в зависимости от заданных требований, поэтому это дает возможность создания более сложных антенных систем с улучшенными характеристиками.

На рисунке 1 схематично представлен принцип совмещения фазированной антенной решетки двух диапазонов на основе метаструктуры. Для реализации, совмещенной ФАР используется метаструктура расположенные на расстоянии h от металлического экрана, образуя при оптимальном выборе параметров резонансную область для частот Ku – диапазона, и являющейся полностью прозрачной для частот X – диапазона.

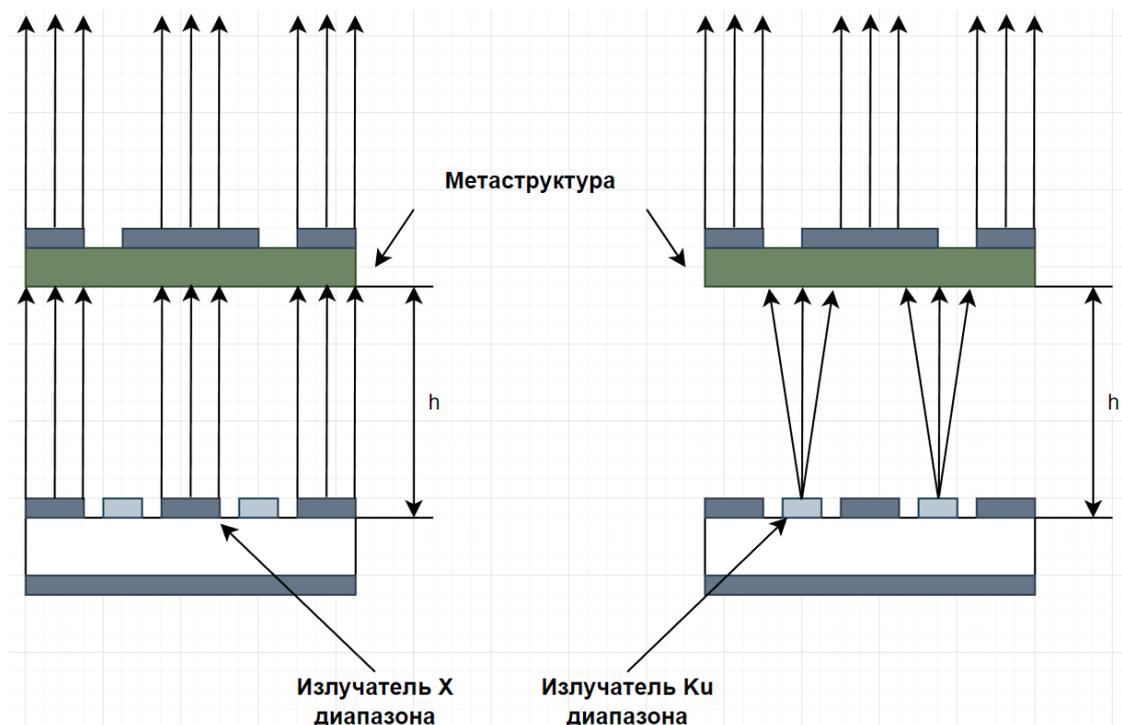
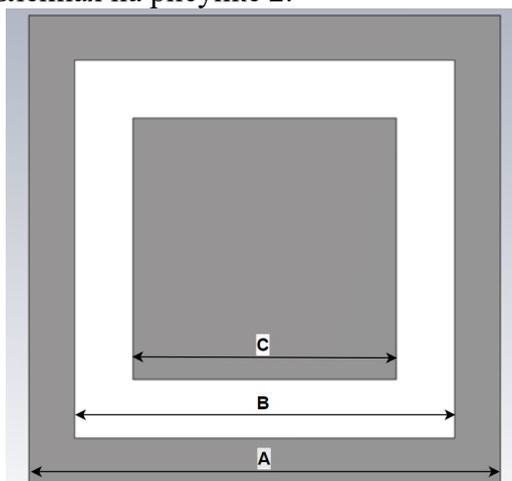


Рисунок 1. Принцип построения и функционирования совмещенной антенной системы и метаструктуры

Функционирование ФАР (рис. 1) предъявляет следующие требования к коэффициенту отражения Γ метаструктуры:

$$M_{\text{чоп}} : \begin{cases} |\Gamma| \approx 0 \text{ для } F_X \\ |\Gamma| \approx 0.7 \div 0.8 \text{ для } F_{Ku} \end{cases} \quad (1)$$

На основе требований (1) предъявляемых к метаструктуре, в САПР смоделирована метаструктура, представленная на рисунке 2.



Буква	Размер, мм
А	15,8
В	13
С	8,9

Рисунок 2. Геометрия ячейки метаструктуры

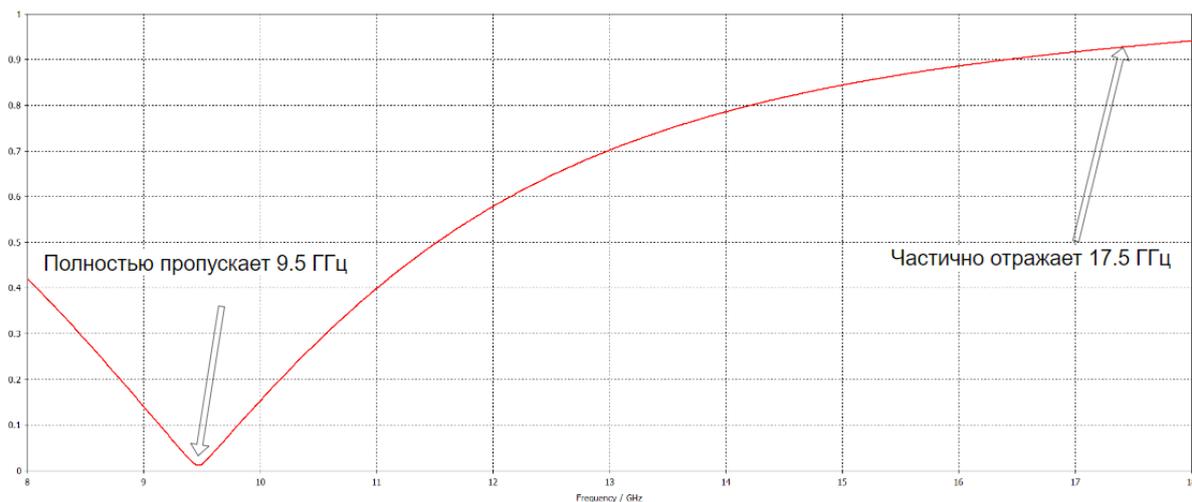


Рисунок 3. График отражения ячейки метаструктуры

Из графика видно, что оптимизированная ячейка метаструктуры со свойствами частичного отражения пропускает полностью X-диапазон и является частично отражающей поверхностью для Ku.

3. Совмещенная фазированная антенная решетка X, Ku-диапазонов на основе метаструктуры

Таким образом была построена фазированная антенная решетка с использованием метаструктуры, представленная на рисунке 4.

На рисунке 5 представлена характеристика направленности в Ku-диапазоне совмещенной антенной системы с метаструктурой – *зеленая кривая* и без нее – *красная кривая*. Можно увидеть снижение бокового лепестка с -15,98 до -18,33 Дб. На рисунке 6 представлена характеристика направленности в X-диапазоне, что также не изменяет луч.

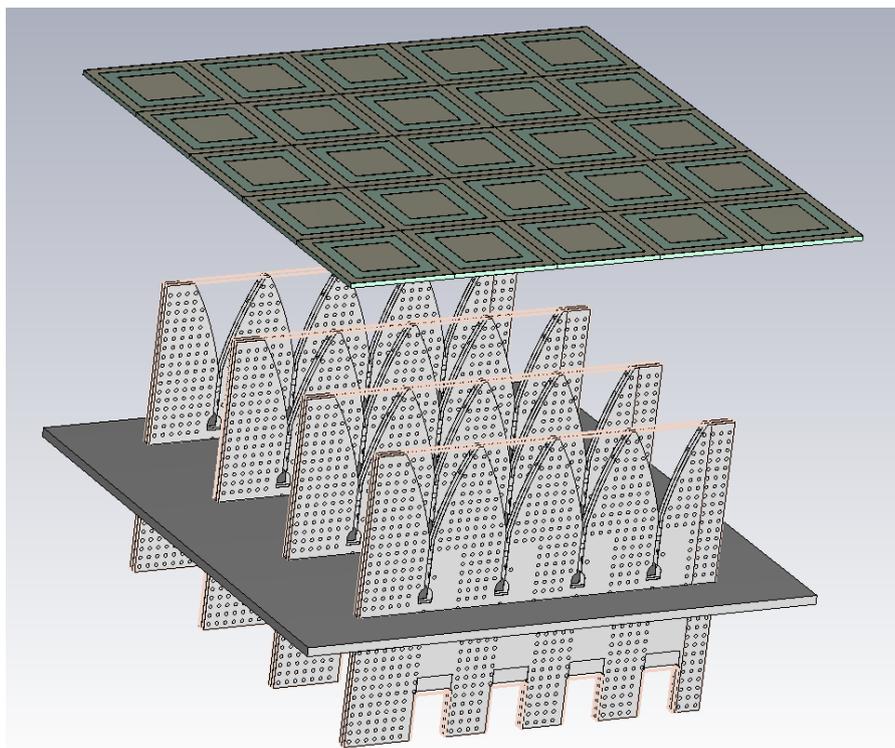
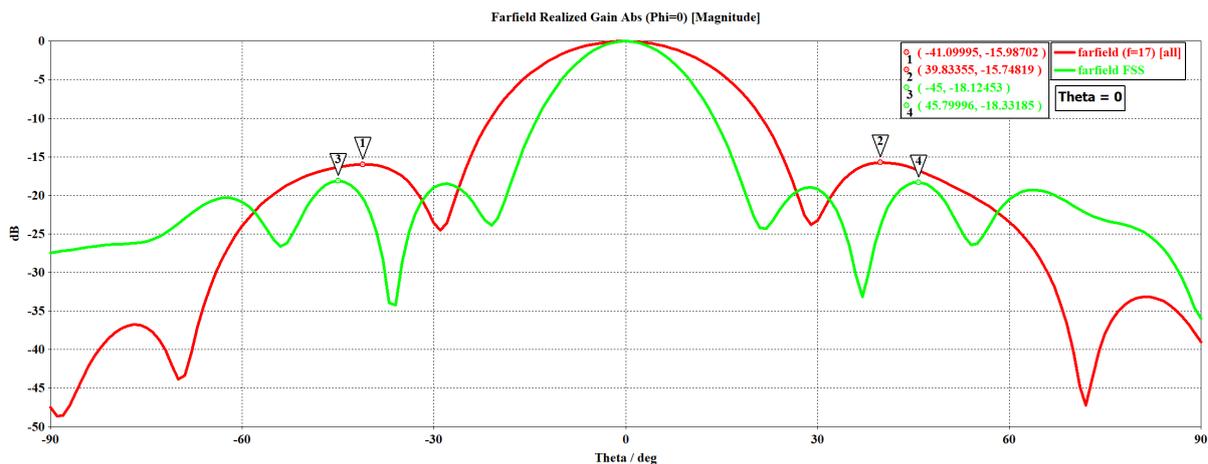
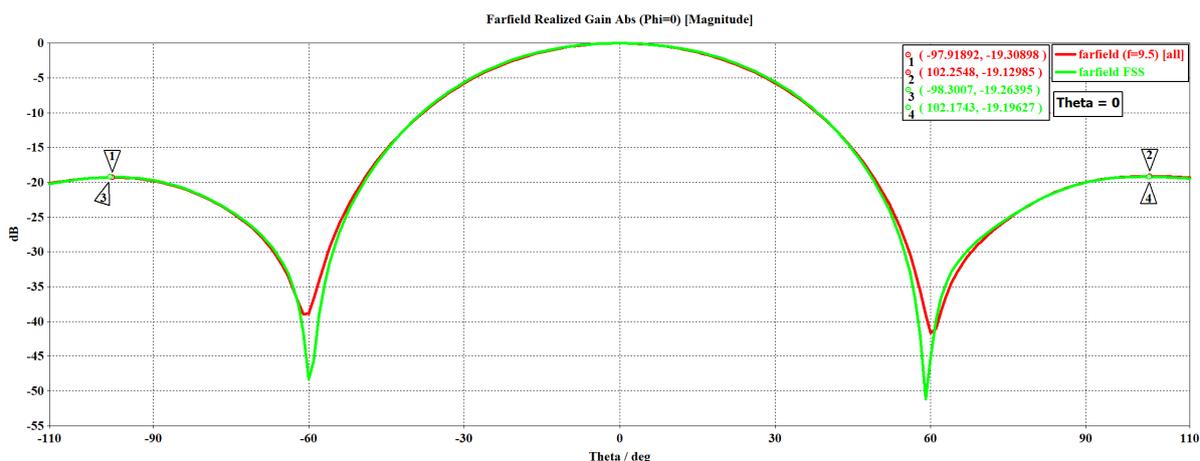


Рисунок 4. Совмещенная линейная антенная решетка с метаструктурой



№ маркера	Значение, Дб
1	-15,98
2	-15,74
3	-18,12
4	-18,33

Рисунок 5. Диаграммы направленности Ку-диапазона без метаструктуры – кривая красного цвета, с метаструктурой – кривая зеленого цвета луч стоит по нормали



№ маркера	Значение, Дб
1	-19,3
2	-19,1
3	-19,26
4	-19,19

Рисунок 6. Диаграммы направленности X-диапазона без метаструктуры – кривая красного цвета, с метаструктурой – кривая зеленого цвета луч стоит по нормали

4. Заключение

Результаты моделирования антенной системы с метаструктурой позволяет улучшить полевые характеристики в Ку-диапазоне по нормали, без изменения характеристик в X-диапазоне. Таким образом данная антенная система может быть перспективна для использования в радиолокационных комплексах с полностью механическим или частично механическим сканированием.

Список литературы

1. Разработка излучающего полотна АФАР X – диапазона на основе печатного вибраторного излучателя Батаев В.Я., Демшевский В.В., Цитович А.А., Левашов М.С., Гринев А.Ю., Багно Д.В., Зайкин А.Е., Ильин Е.В. Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. 2019. № 3 (542). С. 76-87.
2. Антенна вивальди на основе интегрированного в подложку волновода для сверхширокополосных автомобильных локаторов к-диапазона частот Демшевский В.В., Цитович А.А., Папёнышев М.В. Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2019. Т. 1. С. 151-155.
3. Теоретическое и экспериментальное исследование делителя мощности на симметричной полосковой линии Демшевский В.В., Цитович А.А., Левашов М.С., Багно Д.В., Зайкин А.Е., Ильин Е.В. Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2019. Т. 1. С. 249-253.
4. Разработка и электродинамический анализ свч-плат на основе волновода, интегрированного в подложку Демшевский В.В., Цитович А.А., Левашов М.С. Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. 2018. № 3 (538). С. 25-30.
5. Низкопрофильная антенна вытекающей волны с широкой диаграммой направленности на основе волновода, интегрированного в подложку Демшевский В.В., Цитович А.А. Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. 2018. № 3 (538). С. 31-35.