

**Балландович С.В.¹, Смирнова Е.А.¹, Костиков Г.А.¹,
Кочетов А.В.², Сугак М.И.¹**

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»
²ОАО «Радар ммс»

Теоретическое и экспериментальное исследование четырёхлучевой линзовой антенны мм-диапазона

Представлены результаты разработки и экспериментального исследования четырёхлучевой диэлектрической линзовой антенны мм-диапазона. Реализован экспериментальный макет, состоящий из блока облучателей и линзы, имеющий ширину ДН 3 и 6 градусов в Н и Е плоскости соответственно. Проведено компьютерное моделирование, обсуждаются технологические аспекты изготовления подобных антенн до частот 77 ГГц и выше.

Ключевые слова: Линзовая антенна, многолучевая антенна, мм диапазон.

В связи с интенсивным развитием беспилотных систем наземного базирования и систем предотвращения столкновений наблюдается повышенный интерес к многолучевым антеннам с целью построения доплеровских радаров, позволяющих отслеживать угловые скорости объектов и их взаимную ориентацию.

Целью представленной работы является исследование и разработка линзовой антенны мм-диапазона, изготовление экспериментального макета (Рис.1.) и измерения его характеристик.



Рис.1. Фотография макета многослойной четырёхлучевой линзовой антенны.

Учитывая противоречивые требования к характеристикам антенны, наиболее оправданным для поставленных целей является использование многослойной диэлектрической линзы, выполненной с применением технологии лазерной резки. Непрерывный профиль линзы получен на основе аналитических выражений, представленных в [1,2]. Электродинамический анализ и оптимизация геометрии и конструктивного исполнения выполнены численно, на основе метода конечных элементов (пакет «Ansys Electromagnetic»). На рис. 2, а приведена ДН линзы с вынесенным облучателем, изготовленная на основе непрерывного и дискретного профиля, изображенной на рис. 2 б, в, соответственно. Из приведенной зависимости видно, что дискретная реализация профиля линзы приводит к падению КНД на 0,5 дБ и возрастанию УБЛ на 2 дБ. В некоторых случаях это является хорошей платой за возможность реализации дешевого и технологичного устройства.

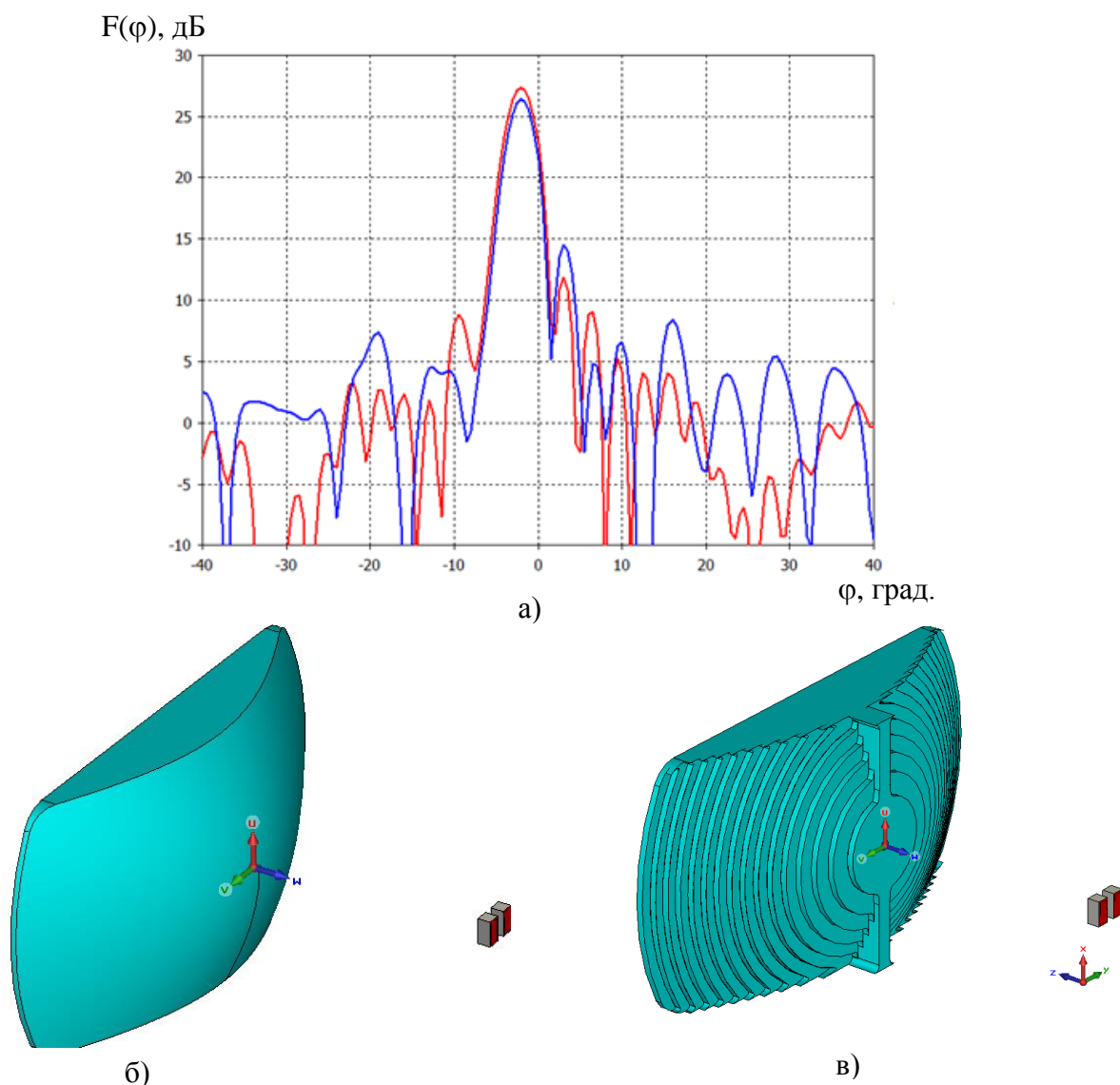


Рис.2 Влияние дискретного характера профиля линзы на форму ДН.

Для увеличения скорости оптимизации и анализа, при электродинамическом моделировании линзовой антенны использовались линейка облучателей в виде четырех

открытых концов волновода, диаграмма направленности в этом случае приводится на рис. 3.

$F(\varphi)$, дБ

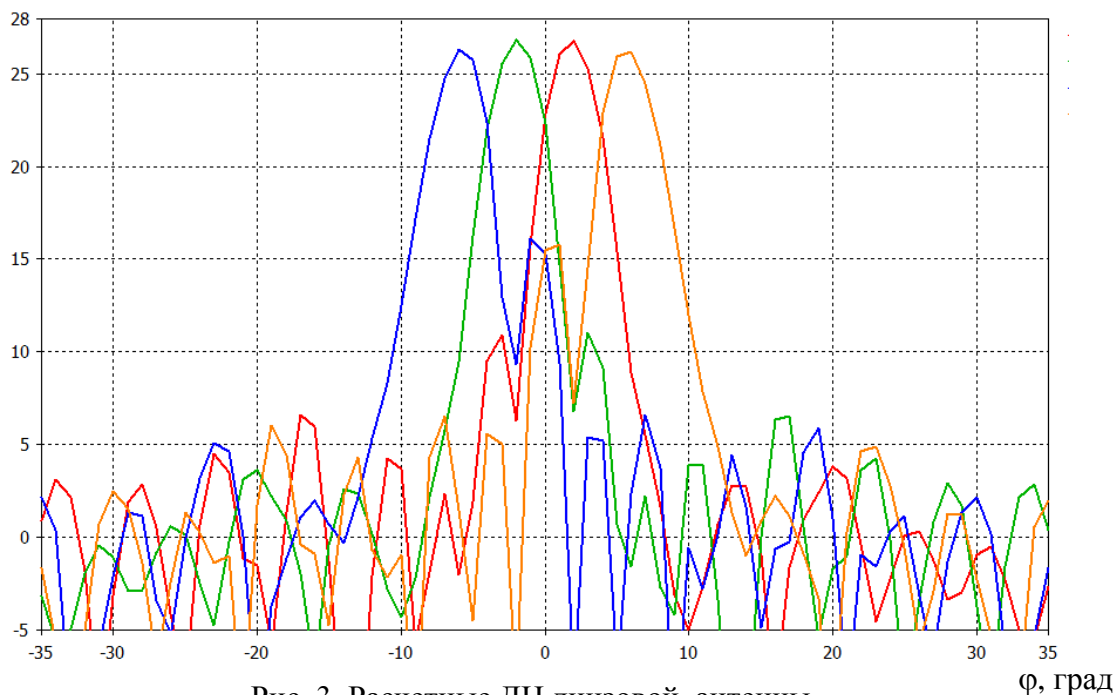


Рис. 3. Расчетные ДН линзовой антенны.

Для реализации на практике более предпочтительным является изготовление облучателей по печатной технологии. В связи с этим блок облучателей изготовлен (рис.4.) на подложке из материала RO4003 толщиной 305мкм и состоит из 4-х сдвоенных элементов дисковой формы, что позволило обеспечить пересечение соседних лучей по уровню -3дБ. Расчетный КУ линзы в нормальном направлении составил 28 дБ.



Рис.4. Фотография блока облучателя.

Результат оптимизации уровня согласования одного сдвоенного элемента приводится на рис.5., здесь же представлена частотная зависимость развязки между соседними излучателями, которая находится на уровне минус 20 дБ в рабочем диапазоне частот.

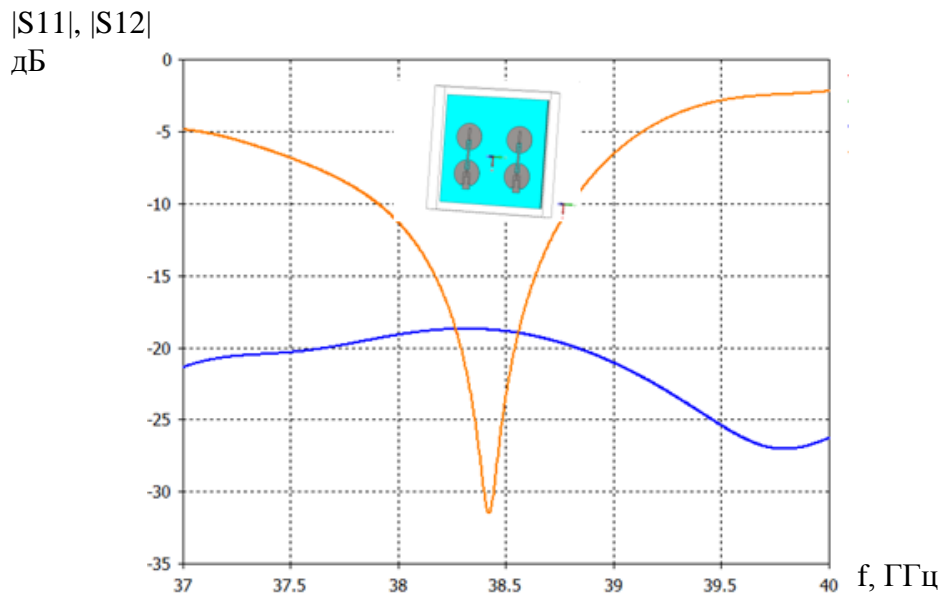


Рис.5. Модуль коэффициента передачи и отражения облучателей.

Рабочий образец антенны был изготовлен из 20-ти слоев акрилового стекла толщиной 2 мм. Анализ показал, что при толщине слоя равного 2 мм потери в КУ, обусловленные фазовой ошибкой составили 0,5 дБ, при этом удалось существенно снизить стоимость изготовления. Габариты линзы 150x75мм, фокусное расстояние - 100 мм. Пропорции линзы были выбраны исходя из требований реализации различной ширины главного лепестка ДН в Е и Н плоскости равной 6 и 3 градусов, соответственно.

Материалы доклада содержат результаты экспериментального исследования макета, а также результаты проектирования и оценку электрических характеристик подобных антенн в диапазоне до 100 ГГц.

Библиографический список

1. Р. Кюн. Микроволновые антенны. СПб. Изд-во Судостроение, 1967, 517 с.
2. С.В. Балландович, Ю. Г. Антонов, Г.А. Костиков, А.В. Кочетов, М.И. Сугак Многослойная четырехлучевая линзовая антенна мм-диапазона. Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», труды 72-й научно-технической конференции посвященной дню радио, Санкт-Петербург, апрель 2017 г.