

УДК 621.317.2

Конструкция коллиматора Ка-диапазона волн

05, май 2012

Можаров Э.О.

*Студент пятого курса,
кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»*

*Научный руководитель: Русов Ю.С.,
нач. сект. 2.1 НИИ РЭТ, старший преподаватель кафедры «Радиоэлектронные
системы и устройства»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
EdikMozharov@rambler.ru

Введение. Известны различные методы измерения диаграмм направленности апертурных антенн. Широкое распространение получили методы с использованием поля излучения вспомогательной антенны, расположенной в дальней зоне исследуемой антенны [1, 2]. Главный недостаток этих методов связан с необходимостью располагать вспомогательную и исследуемую антенны на относительно большом расстоянии друг от друга. Часто такие методы оказываются неприменимыми для исследования антенн в условиях небольшого помещения.

Среди способов исследования диаграмм направленности антенн в ближней зоне выделяют два основных метода: амплифазометрический и коллиматорный. Амплифазометрический метод основан на применении сканирующей антенны с последующей обработкой результатов быстрым преобразованием Фурье [1]. Коллиматорный метод основан на формировании участка поля с плоским фазовым фронтом и равномерным амплитудным распределением в ближней зоне исследуемой антенны. Равномерное по амплитуде поле с плоским фазовым фронтом может создаваться зеркальной антенной [2].

Конструкция и основные элементы коллиматора. Разработан коллиматор для исследования малоапертурных антенн Ка-диапазона волн. Коллиматор выполнен по классической схеме зеркальной антенны с вынесенным облучателем, показанной на рис. 1, где цифрами обозначены: 1 – металлическое зеркало, 2 – исследуемая антенна, 3 – облучатель.

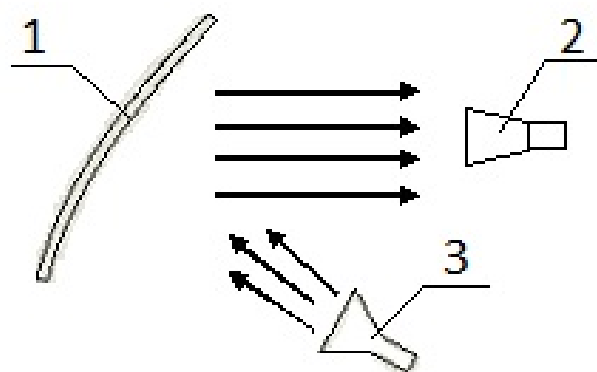


Рис. 1. Структурная схема зеркального коллиматора

Объемная модель предлагаемого коллиматора представлена на рис. 2. Основные конструктивные элементы коллиматора: 1 – диэлектрический облучатель, 2 – металлическое зеркало, 3 – металлический каркас зеркала, 4 – опора коллиматора, 5 – металлическая опора облучателя.

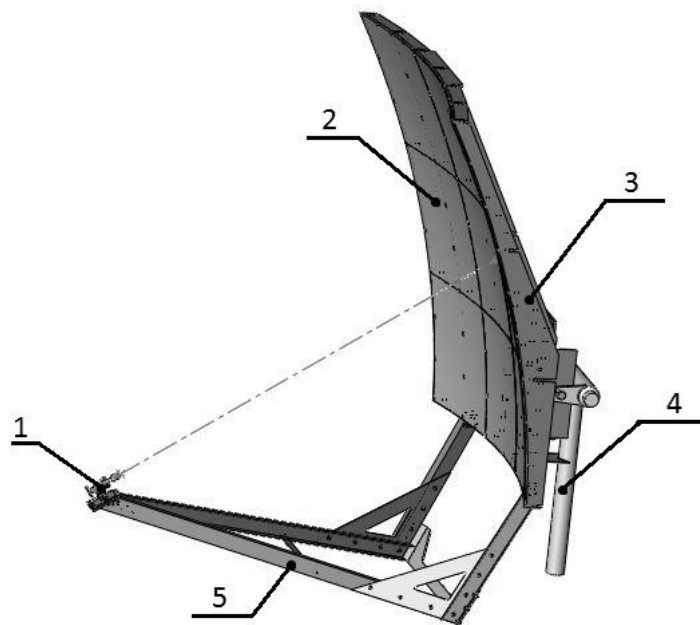


Рис. 2. Модель коллиматора Ка-диапазона волн

Металлическое зеркало коллиматора является вырезкой из поверхности параболоида вращения с фокусным расстоянием 1 м. Размер раскрытия зеркала составляет $1008 \times 1000 \text{ мм}^2$. Положение поверхности зеркала относительно вершины параболоида выбирается таким образом, чтобы минимизировать влияние металлических элементов крепления облучателя на электромагнитное поле коллиматора. При этом с целью сохранения жесткости конструкции вырезка параболоида выполнена вблизи его вершины (рис. 3).

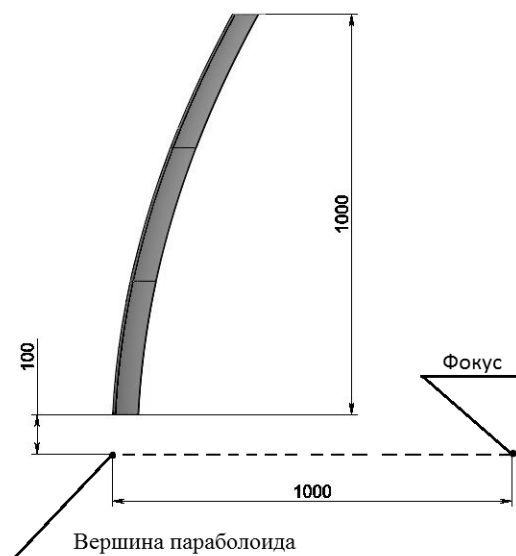


Рис. 3. Расположение вырезки параболоида

Металлическое зеркало состоит из девяти пластин прямоугольной формы. Пластины зеркала могут быть изготовлены из деформируемых алюминиевых сплавов, например, АМг5, А5М, АД1М или аналогичных. Заготовками для получения пластин являются круглые металлические листы. С помощью процесса выдавливания листам придается сферическая форма. Необходимый диаметр сферы для каждой пластины рассчитывается таким образом, чтобы пластины аппроксимировали поверхность параболоида с максимальным приближением к требуемой форме. После выдавливания из полученных заготовок вырезают прямоугольные листы. Перед установкой пластин на каркас, состоящий из семи ферм и четырех шпангоутов, металлическим шаблоном доводятся посадочные места (рис. 4). Шаблон имеет форму параболы с фокусным расстоянием 1000 мм. После закрепления металлических листов на каркасе с помощью этого же шаблона контролируется профиль раскрыва зеркала и проводится его доводка до требуемой точности.

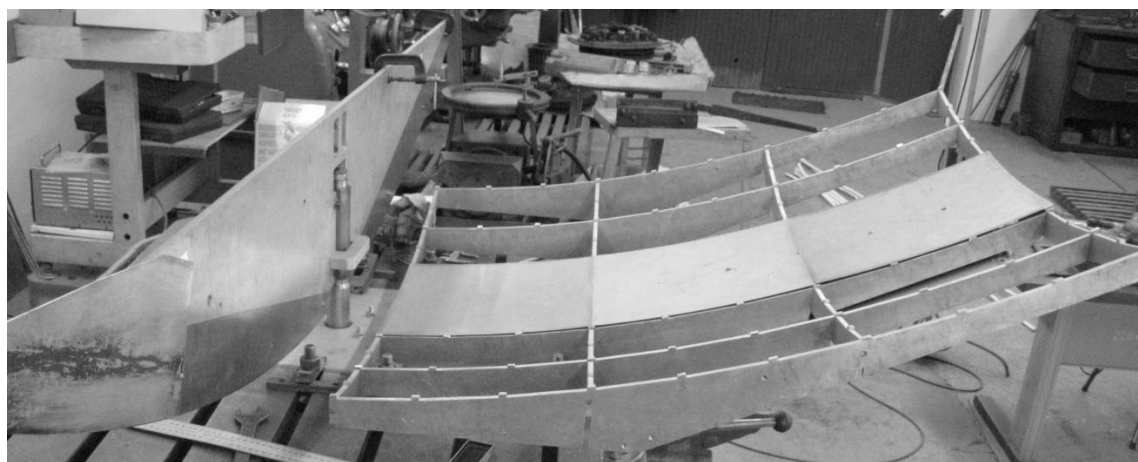


Рис. 4. Установка для сборки зеркала: шаблон для контроля профиля зеркала (слева); металлический каркас с пластинами (справа)

С целью создания наиболее равномерного амплитудного распределения токов в раскрыве зеркала используется диэлектрический облучатель со специальной диаграммой направленности. На рис. 5 представлен изготовленный облучатель, содержащий круглый волновод диаметром 7,2 мм, а также диэлектрический стержень и диэлектрическую втулку, выполненные из фторопласта.

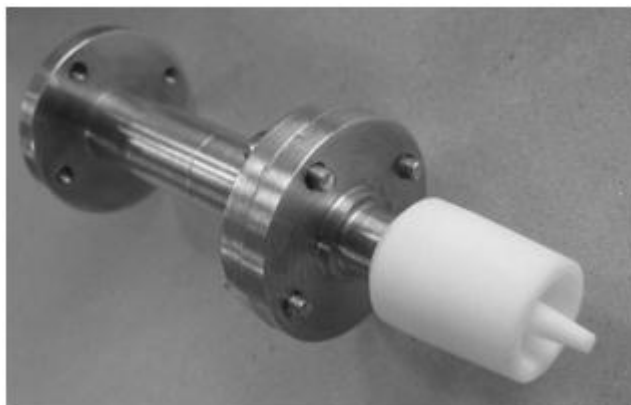


Рис. 5. Диэлектрический облучатель

Как видно из рис. 6,а, диэлектрический облучатель расположен на подвижной площадке, которая позволяет изменять его положение в процессе юстировки. Площадка крепится на металлической опоре (рис. 6,б), выполненной из швеллеров, изготовленных, как и каркас зеркала, из сплава Д16Т.

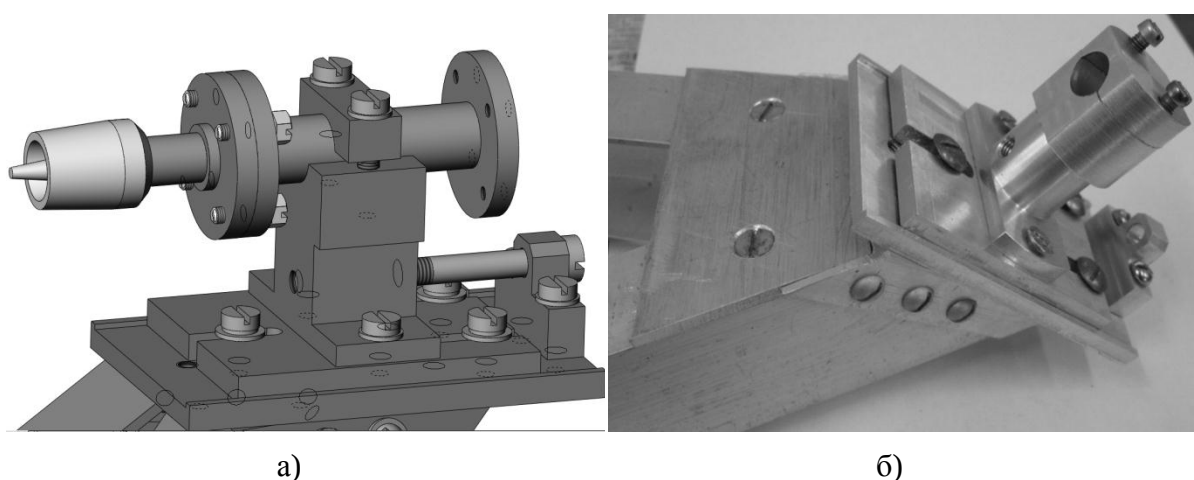


Рис. 6. Подвижная площадка и облучатель: модель площадки и облучателя (а); изготовленная подвижная площадка (б)

Структура ближнего поля коллиматора. Расчет ближнего поля проводится методом физической оптики. На рис. 7 представлена трехмерная модель исследуемого коллиматора.

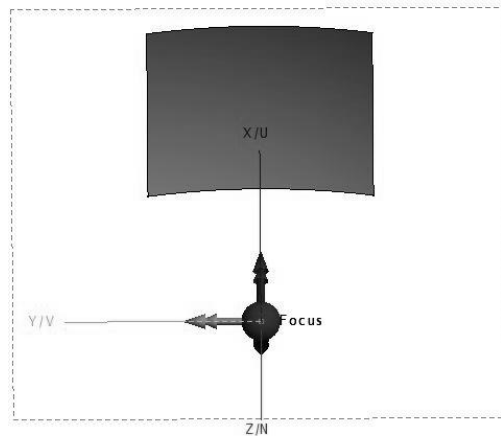


Рис. 7 – Трехмерная модель исследуемого коллиматора с диэлектрическим облучателем в фокусе

Начало координат размещается в фокусе параболоида, там же находится диэлектрический облучатель. В ходе моделирования получено распределение напряженности электрического поля коллиматора на расстоянии четырех метров от отражающего зеркала с шагом 20 см.

Для разработанного коллиматора определена рабочая зона, которая находится как область пространства, где неравномерность амплитудного распределения поля не превышает ± 1 дБ. Для нахождения границ рабочей зоны рассчитано распределение электромагнитного поля в ближней зоне зеркала. На рис. 8 приведено распределение напряженности электрического поля на расстоянии 1 м от фокуса зеркала вдоль оси Z, а на рис. 9 показаны его сечения при различных значениях координаты x.

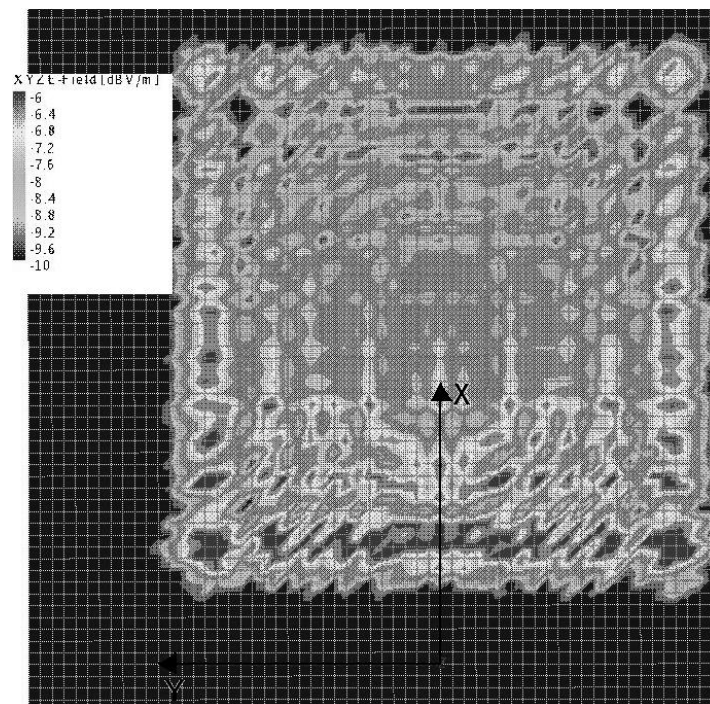


Рис. 8 – Структура электрического поля на расстоянии 1 м от фокуса зеркала вдоль оси Z

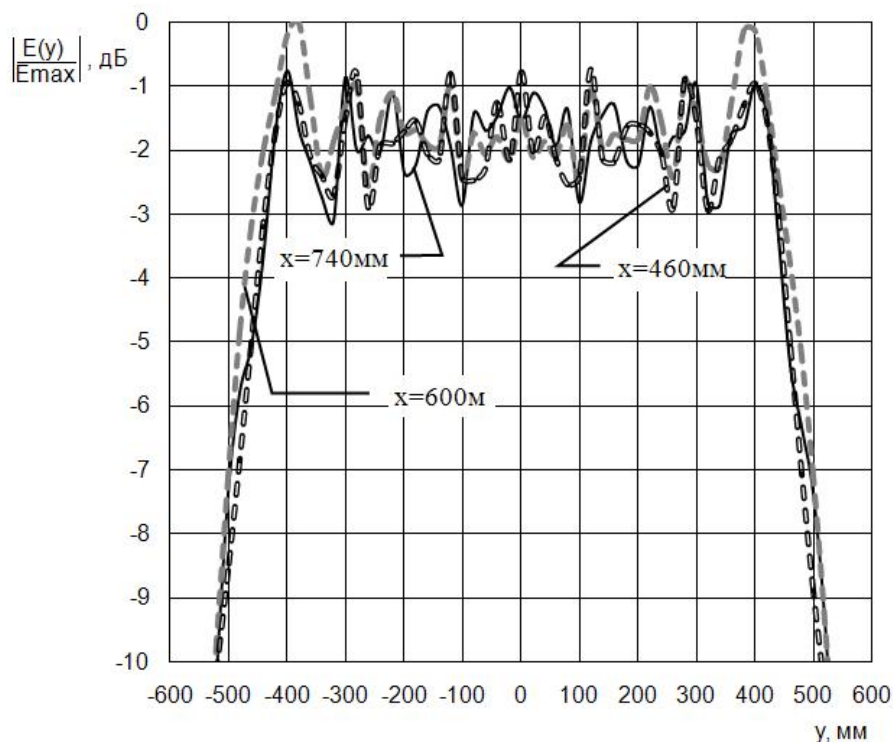


Рис. 9 – Графики распределения напряженности электрического поля на расстоянии 1 м от фокуса зеркала вдоль оси Z

Определенная рабочая зона коллиматора представляет собой прямоугольник с размерами 400x280 мм². Середина рабочей зоны расположена напротив центра зеркала.

В результате проведенных работ спроектирован и реализуется коллиматор Ка-диапазона волн, предназначенный для размещения в небольшой безэховой камере. Полностью разработана конструкция его элементов, а также изготовлен диэлектрический облучатель с диаграммой направленности специальной формы, позволяющий расширить рабочую зону коллиматора. Определена рабочая область пространства, в которой осцилляции напряженности электрического поля находятся в пределах ± 1 дБ.

Литература

1. Методы измерения характеристик антенн СВЧ / под ред. Н.М. Цейтлина. М.: Радио и связь, 1985. 368 с.
2. Фрадин А.З., Рыжков Е.В. Измерения параметров антенно-фидерных устройств. Изд. 2-е, доп. М.: Связь, 1972. 352 с..
3. Сазонов Д.М., Гридин А.Н., Мишустин Б.А. Устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1981. 295 с.
4. Балабуха Н.П., Зубов А.С., Солосин В.С. Компактный полигон для измерения рассеивающих свойств объектов и параметров антенн (общее описание) // Антенны. 2008. №6 (133). С. 59-65.