

УДК 621.39

В.И. Карпенко¹, В.Р. Хачатуров², Р.А. Збрицкий¹¹Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков²Государственное предприятие «НИИ РЭТ», Харьков

УСТРОЙСТВО СКАНИРОВАНИЯ КВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН С ПОМОЩЬЮ ЗОННЫХ ПЛАСТИНОК

Для обзора пространства в малогабаритных системах возникает задача управления излучаемого поля в определенной секторе углов. Решение задачи с использованием параболических антенн или фазированных антенных решеток затруднительно, поскольку требует практической реализации устройств обеспечения вращения параболических антенн или установки ряда управляемых излучателей в ограниченном объеме. Развитие радиолокации позволяет использовать радиолокаграммы сформированные на плоской пластинке для обеспечения сканирования излучением в заданном секторе углов. Рассмотрены вопросы расчета радиолокаграммы, использование которой в малогабаритных устройствах дает возможность обеспечить сканирование КВЧ излучения в выбранном секторе углов. Приводится и анализируется структурная схема такого устройства.

Ключевые слова: дифракционные элементы, антенны, квазиоптика.

Введение

Развитие радиоэлектронной элементной базы позволило перейти к практическому применению генераторов электромагнитных колебаний на крайне высоких частотах порядка 100 ГГц. В связи с этим возник вопрос разработки новых систем обзора пространства на новой элементной базе. Практический интерес представляют генераторы с длиной волны 3,2 мм, что обусловлено наличием окна прозрачности для данных электромагнитных волн в земной атмосфере.

В миллиметровом диапазоне для формирования сканирующего луча используются диэлектрические линзы и зеркальные СВЧ антенны [1]. Применение этих фокусирующих элементов не решает полностью задачи, так как для формирования узконаправленного луча необходимы антенны с достаточно большими апертурами. Перспективными аналогами диэлектрических линз и зеркальных антенн в КВЧ-диапазоне являются антенны на основе дифракционных элементов.

Анализ принципов построения малогабаритных плоских антенн на основе дифракционных элементов в сочетании с применением элементов с высокой диэлектрической проницаемостью позволяет сформулировать требования к системам обзора пространства: она должна быть простой, дешевой и эффективной.

Особенности построения дифракционных антенн

Во всех известных работах, посвященных исследованию свойств зонных пластин микроволнового диапазона, в частности, в работах [3 – 5], для расчета границ зон Френеля применялся метод геометрической оптики, и границы зон выбирались в соответствии с классическим выражением для плоской зонной пластины:

$$R_i = \sqrt{L\lambda i + (i\lambda/2)^2}, \quad (1)$$

где L – расстояние от источника излучения до поверхности; i – номер границы зоны Френеля; λ – длина волны. Данная формула позволяет рассчитать радиусы зон Френеля, но не дает распределения значений фазы и амплитуды колебания на поверхности пластинки. Недостатком формулы (1) также есть ограниченность ее применения. Формула дает значения радиусов зон Френеля только для случая когда $L = k\lambda$, $k = 1, 2, 3, \dots$

В тоже время расчет зон Френеля можно осуществлять при помощи волновой теории основанной на принципе суперпозиции двух когерентных волн. В данном случае (рис. 1) при падении на экран плоской волны $U_0 = U_0 \sin(\omega t + \varphi_1)$ и сферической волны $U_S = U_S \sin(\omega t + \varphi_2)$ от точечного источника излучения находящегося в точке O , на экране будет наблюдаться интерференционная картина. Значения амплитуды и фазы суммарного колебания на основании сложения двух колебаний [9], получим

$$U_{\Sigma} = \sqrt{U_0^2 + U_S^2 + 2U_0U_S \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}; \quad (2)$$

$$\varphi_{\Sigma} = \arctg \frac{U_0 \sin \varphi_1 + U_S \sin \varphi_2}{U_0 \cos \varphi_1 + U_S \cos \varphi_2},$$

где U_{Σ} , φ_{Σ} – соответственно амплитуда и фаза суммарного колебания.

Значения размеров первых шести зон Френеля рассчитанных методом геометрической оптики и методом волновой теории для фокусных расстояний 60 и 80 мм приведено в табл. 1.

При размещении в точке O опорного источника излучения и освещении полученной зонной пластинки сферической волной, за зонной пластинкой будет распространяться плоская волна параллельно линии оптической оси линзы.

Таблица 1

Метод расчета	Размеры зон Френеля					
	Радиусы зон Френеля, мм					
$\lambda = 3 \text{ мм}, L = 60 \text{ мм}$						
Метод геометрической оптики	13,50	19,21	23,67	27,50	30,92	34,07
Метод волновой теории	13,50	19,21	23,67	27,50	30,92	34,07
$\lambda = 3 \text{ мм}, L = 80 \text{ мм}$						
Метод геометрической оптики	15,56	22,11	27,21	31,56	35,44	39,00
Метод волновой теории	12,69	20,16	25,62	30,18	34,19	37,85

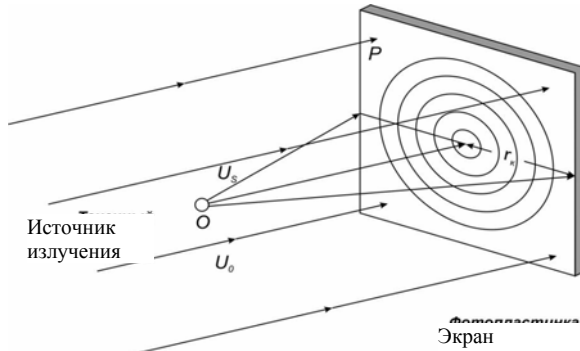


Рис. 1. Расчет амплитуды и фазы по зонам Френеля.

Принцип управления углом наклона сканирующего луча

Управление углом наклона плоской волны к оптической оси линзы можно достичь двумя способами: 1) размещение между источником излучения и линзой диэлектрической преграды; 2) смещение источника излучения из точки фокуса пластинки.

Физический смысл сканирования пространства при размещении между источником излучения и линзой диэлектрической преграды поясняется на рис. 2. В фокусе зонной пластинки 3 размещают источник излучения 1. Между источником излучения и зонной пластинкой размещают диэлектрическую преграду 2. При повороте диэлектрической пластины относительно центра оптической оси изменяется распределение фазы подающей волны на поверхности зонной пластинки, вследствие чего произойдет отклонение плоского фронта волны на угол α .

При использовании второго способа управления углом наклона плоской волны, зонная пластинка освещается источником излучения из точки смещенной относительно фокуса пластинки на величину l. В этом случае также происходит изменение распределения фазы падающей волны по поверхности пластинки, что вызовет наклон плоской волны.

Структурная схема устройства сканирования пространства

Для достижения высоких электродинамических параметров при угле сканирования порядка 30^0 целесообразно использовать оба вышерассмотренных способа управления углом наклона луча.

На рис. 3 приводится структурная схема устройства сканирования пространства.

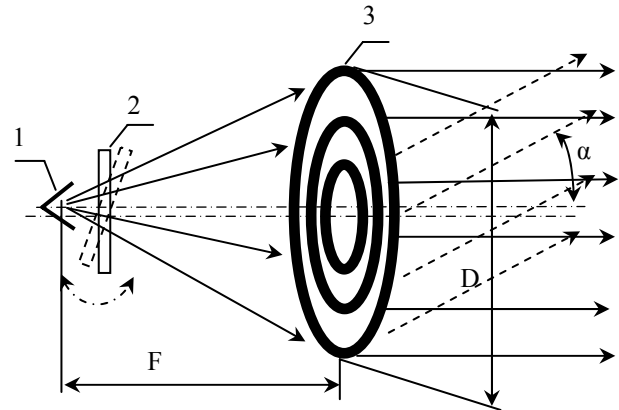


Рис. 2. Принцип управления сканирования пространства

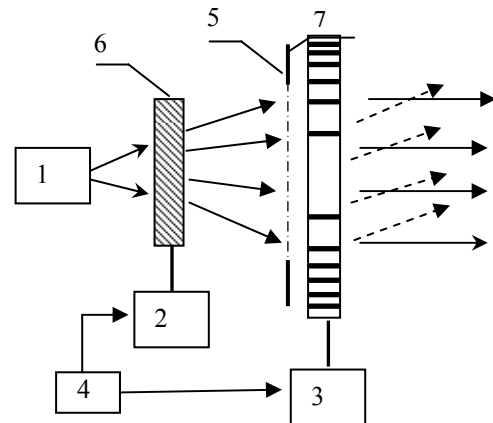


Рис. 3. Схема управления сканирования пространства

Устройство работает следующим образом. Источник излучения 1 через диэлектрическую преграду 6 облучает зонную пластинку 7. Размер апертуры пластинки определяется диафрагмой 5. Задающее устройство 4 выдает команды на отклонение диэлектрической преграды и смещение зонной пластинки. Исполнительное устройство 2 обеспечивает поворот диэлектрической пластины относительно оптической оси системы. Исполнительного устройства 3 обеспечивается линейное смещение линзы.

Заключение

В работе проанализированы возможности применения зонных дифракционных элементов в качестве антенного устройства систем обзора пространства. Показано, что применение зонных дифракционных элементов в сочетании с диэлектрическими элементами позволяет осуществить сканирование простран-

ства в заданном секторе углов. Приводится структурная схема устройства сканирования пространства.

Расширение области применения таких устройств может быть значительно расширена при рассмотрении возможности реализации суммарно разностной обработки принимаемых полей предложенной системой, что позволит существенно повысить точность пеленгации наблюдаемых объектов.

Список литературы

1. Зелкин Е.Т., Петрова Р.А. Линзовые антенны. – М.: Сов. радио, 1974. – 280 с.
2. Сивухин Д.В. Общій курс физики. Т.4. Оптика. – М.: Наука, 1985. – 768 с.
3. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. – М.: Наука, 2004. – 654 с.

4. Минин И.В., Минин О.В. Дифракционная квазиоптика. – М.: ИнформТЭи, 1992. – 180 с.
5. Жук М.С., Молочков Ю.Б. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
6. Бутиков Е.И. Оптика. – М.: Высшая школа, 1986. – 336 с.
7. Матвеев А.Н. Оптика. – М.: Высшая школа, 1985. – 354 с.
8. Крауфорд Ф. Волны. – М.: Наука, 1984. – 538 с.
9. Яворский Б.М. Справочное руководство по физике. – М.: Наука, 1989. – 452 с.

Поступила в редколлегию 3.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Д.В. Голкин, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ПРИСТРІЙ СКАНУВАННЯ КВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДОВЖИН ХВИЛЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗОННИХ ПЛАСТИНОК

Карпенко В.І., Хачатуров В.Р., Збрицький Р.О.

Для огляду простору в малогабаритних системах постає задача керування випромінюваного поля у заданому секторі кутів. При вирішенні цієї задачі з використанням параболічних антен або фазованих антенних решіток виникають труднощі пов'язані з практичною реалізацією пристроїв забезпечення обертання параболічних антен або установки ряду керованих випромінювачів в обмеженому об'ємі. Розвиток радіоголографії дозволяє використовувати радіоголограми сформовані на плоскій пластинці для забезпечення сканування випромінюванням в заданому секторі кутів. Розглянуті питання розрахунку радіоголограми, використання якої в малогабаритних пристроях дає можливість забезпечити сканування КВЧ випромінювання у вибраному секторі кутів. Приводиться і аналізується структурна схема такого пристрою.

Ключові слова: дифракційні елементи, антени, квазіоптика.

DEVICE OF SCAN-OUT EHF RADIATIONS OF MILLIMETRIC OF RANGE OF WAVE-CHANGING BY ZONEPLATES

Karpenko V.,I. Hachaturov V.P., Zbritskiy R.A.

For the review of space in the small systems there is a task of management of the radiated field in the certain sector of corners. Decision of task with the use of parabolic aerials or phase antenna grates difficultly, as requires practical realization of devices of providing of rotation of parabolic aerials or setting of row of the guided emitters in the limited volume. Development of radioholography allows to use radioholograms formed on a flat plate for providing of scan-out a radiation in the set sector of corners. The questions of calculation of radiohologram the use of which in small devices enables to provide the scan-out of EHF of radiation in the chosen sector of corners are considered. Led and analysed flow diagram of such device.

Keywords: diffraction components, antennas, quasioptics.