**Министерство образования Российской Федерации**

**УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ-УПИ**

**"ПЛОСКАЯ ФАР С ДИСКРЕТНЫМ ФАЗИРОВАНИЕМ"**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**Екатеринбург 2004**

**Содержание**

Введение

1. Исходные данные

2. Параметры ФАР

2.1 Параметры одиночного излучателя

2.2 Параметры антенной решетки

2.3 Схемы питания и фазирования решетки

3. Расчет схемы питания

3.1 Распределение мощности по излучателям

3.2 Расчет делителей мощности

4. Расчет фазовращателей

4.1 Выбор дискрета фазы

4.2 Расчет проходного ФВ

4.3 Расчет шлейфного ФВ

4.4 Коды управления фазой при сканировании

Библиографический список

**Введение**

В настоящее время антенны СВЧ широко применяют в различных областях радиоэлектроники. Широкое распространение получили остронаправленные сканирующие антенны. Сканирование позволяет осуществлять обзор пространства, сопровождение и определение угловых координат движущихся объектов. Применение ФАР для построения сканирующих остронаправленных антенн позволяет реализовать высокую скорость обзора пространства и способствует увеличению объема информации о распределении источников излучения или отражения электромагнитных волн в окружающем пространстве.

К современным антенным системам предъявляются жесткие требования к габаритным размерам, весу. Применение микроэлектронных устройств СВЧ, выполненных на основе полосковых линий передачи, позволяет значительно уменьшить массу и размеры антенны.

# 1. Исходные данные:

1. Частота 1,9 ГГц,

2. Ширина диаграммы направленности (по уровню -3 дб) ,,

3. Уровень боковых лепестков  дб,

4. Максимальный угол отклонения луча ,

5. Мощность передатчика P=600 Вт,

6 Полосковый резонатор - тип излучателя,

7. Плоскость XOZ.

В данной работе необходимо спроектировать плоскую ФАР с дискретным фазированием.

**2. Подбор параметров ФАР**

### 

### 2.1 Параметры одиночного излучателя

В качестве излучателя в данной работе используется прямоугольный полосковый резонатор. Материалом подложки служит ФЛАН-10, имеющий  и .

Длина волны в свободном пространстве определяется как мм. Резонансная длина антенны 24 мм. Размер *а* определяет излучение торца резонатора и входное сопротивление, изменяя его можно добиться требуемого распределения по мощности. Определение размера *а* можно найти в разделе расчета схемы питания. Для упрощения конструкции резонатора смещение от края примем равным 0.



Рис. 1 Полосковый излучатель

### 2.2 Выбор параметров антенной решетки

Поскольку сканирование производится только в одной плоскости XOZ, то шаг решетки вдоль OX и OY будет определяться по-разному.

Максимально допустимый шаг вдоль оси OX равен  мм. Назначим dx=75 мм.

Максимально допустимый шаг вдоль оси OY равен  мм. Назначим dy=105 мм.

Для заданного уровня боковых лепестков -30 дб выберем закон распределения . Данному уровню удовлетворяет величина пьедестала , но учитывая, что при дискретном характере возбуждения УБЛ возрастет по сравнения с непрерывным, возьмем . Ширина диаграммы направленности (по уровню -3 дб) определяет общие геометрические размеры решетки:м,  м.

Количество элементов в решетке можно найти как  и . Округлим до 8, тогда размер *ly* увеличится до 0,84 м. Общее число элементов в решетке равно .

### 2.3 Выбор схемы питания и фазирования решетки

Так как ФАР должна производить сканирование в одной плоскости XOZ, то управление фазой необходимо осуществлять только по столбцам. Количество фазовращателей (ФВ) определяется количеством столбцов, .

Амплитудное распределение поля в плоскости YOZ, т. е. по строкам можно реализовать изменяя входные проводимости излучателей, тем самым меняя распределение тока по ним. Для реализации распределения поля по столбцам выберем параллельную схему питания, т. к. она обеспечивает равенство электрических длин до всех столбцов АР,и поэтому не требуется корректировка по фазе. Количество столбцов-16- кратно целой степени числа 2, поэтому в качестве делителя удобно использовать тройниковый делитель мощности.

**3. Выбор и расчет схемы питания**

### 3.1 Выбор параметров линии передачи

Линия передачи является микрополосковой, т. к. диэлектрическая проницаемость материала подложки . Выберем высоту подложки h=3 мм и толщину полоска t=20 мкм, волновое сопротивление линии ρ=25 Ом, при этом ширина полоска составит w=9,2 мм. Эти параметры обеспечивают реализуемость конструкции делителей мощности и ФВ.

### 

### 3.2 Распределение мощности по излучателям

Амплитудное распределение поля в раскрыве антенны определяется следующим образом:

f(x,y)=f(x)f(y), где

- амплитудное распределение поля в плоскости XOZ,

- амплитудное распределение поля в плоскости YOZ.

Излучатели в столбцах можно представить в виде параллельного включения их входных проводимостей, тогда распределение поля вдоль строк можно реализовать как распределение тока на излучателях в соответствии с их входной проводимостью.

Проводимость излучателей определяется следующим образом

, где j- номер элемента в столбце.

, .

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Излучатели | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Gвх,мСм | 0,22 | 1,77 | 6,5 | 12 | 12 | 6,5 | 1,77 | 0,22 |
| a, мм | 2,1 | 17 | 61 | 109 | 109 | 61 | 17 | 2,1 |

Конструкцию излучателей в столбце ФАР можно найти в приложении 4.

Далее проведем найдем распределения мощности по излучателям, которое потребуется для расчета делителей мощности. Обозначим мощность, которая должна поступать в излучатель как , где i=1..16, j=1..8. Будем предполагать, что потерь в схеме питания не существует и вся подводимая мощность Po распределяется между излучателями. Тогда определяется как

, где ,- координаты i,j- излучателя

Так как амплитудное распределение симметрично в обеих плоскостях, то и распределение мощности по излучателям является симметричным, т. е. достаточно найти мощности для излучателе, находящихся с 1 по 8 столбец и с 1 по 4 строку. В табл. 1 приводятся результаты расчета (Po=600 Вт)

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ,Вт | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 0,006 | 0,016 | 0,047 | 0,111 | 0,211 | 0,332 | 0,443 | 0,509 |
| 2 | 0,048 | 0,127 | 0,369 | 0,877 | 1,669 | 2,627 | 3,505 | 4,033 |
| 3 | 0,177 | 0,464 | 1,35 | 3,204 | 6,101 | 9,599 | 12,81 | 14,74 |
| 4 | 0,317 | 0,829 | 2,414 | 5,73 | 10,909 | 17,164 | 22,905 | 26,357 |

### 3.3 Расчет делителей мощности

В качестве делителя, как отмечалось выше, был выбран тройниковый делитель.

Все делители-15 шт., можно условно разбить на несколько групп:

m1- делители, имеющий в одном плече 1 столбец (8 шт.)

m2 - делители, объединяющие m1 (4 шт.)

m3- делители, объединяющие m2 (2 шт.)

m4 - делители, объединяющие m3 (1 шт.)

Делитель m4 имеет коэффициент деления по мощности, равный 1. Для остальных делителей этот коэффициент определяется как

, где

- мощность во втором плече делителя,

- мощность в третьем плече делителя,

Тогда волновые сопротивления λ/4 трансформаторов определяются как , , ρ=25 Ом -волновое сопротивление линии. У всех трансформаторов длина составляет λл/4=14,5 мм

Таблица 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Делители |  | ,Ом / w,мм | ,Ом/ w,мм |
| m11 | 2,62 | 29,4 /7,2 | 47,5/ 3,1 |
| m12 | 2,37 | 29,8 /7,1 | 46 /3,4 |
| m13 | 1,57 | 32 /6,3 | 40,1 /4,3 |
| m14 | 1,15 | 34,2/ 5,7 | 36,6 /5,1 |
| m21 | 7,1 | 26,7 /8,3 | 71,2 /1,2 |
| m22 | 1,75 | 31,3 /6,5 | 41,5/ 4,1 |
| m3 | 8,32 | 26,4 /8,5 | 76,34/ 1 |
| m4 | 1 | 35,35 /5,4 | 35,35/ 5,4 |

## 4. Расчет фазовращателей

### 

### 4.1 Выбор и расчет дискрета фазы

Дискретное фазирование приводит к росту УБЛ, поэтому дискрет фазы выбирается из учета максимального допустимого роста боковых лепестков и минимальной дискретности перемещения луча при сканировании.

, где

-дискрет фазы.

Исходя из требований ТЗ =-30 дб, определяем =2π/32. При этом . M=32=, т. е. ФВ является 5- разрядным.

### 4.2 Расчет проходного ФВ

ФВ на π и π/2 реализуются на основе проходного ФВ. По заданному сдвигу фазы определяется разность длин отрезков.



Для =π =29 мм, для =π/2 =14 мм.

Конструкцию проходного ФВ на 90° представлена на рис. 5. В качестве p-i-n диодов используется 2А507А. Для управления ФВ требуется двухзначный код: 10-0°, 01-90° (аналогично и для ФВ на 180°).

**4.3 Расчет шлейфного ФВ**

ФВ на π/4,π/8 и π/16 реализуются на основе шлейфного ФВ. Для расчета потребуются параметры p-i-n диода 2А507А: 1,5 Ом, 2 Ом, С=1,2 пФ.

1. Определяем волновое сопротивление отрезка линии, к которому подключен p-i-n диод: 
2. Определяем длину отрезка линии из условия оптимизации по фазе: ,
3. Вычисляем реактивность на входе основной линии исходя из требуемого фазового сдвига: 
4. Определяем сопротивление шлейфа, которое с сопротивлением основной линии обеспечивает нормированную проводимость : 
5. Рассчитываем параметры λ/4 трансформатора для согласования и : 

Сопротивление между ООФ определяется как , =14,5 мм

В табл. 3 представлены результаты расчета шлейфных ФВ.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ФВ | ,Ом/ w1,мм | L1, мм | /w2 | ,Ом/w,мм |
| 45° | 60,4 /1,8 | 20 | 60,4 /1,8 | 23,1 /10,3 |
| 22,5° | 60,4 /1,8 | 20 | 87,1 /0,6 | 24,5 /9,4 |
| 11,25° | 60,4 /1,8 | 20 | 123,8 /0,1 | 24,9 /9,2 |

Общее число диодов, применяемых в ФАР, составляет N=16(4\*2+2\*3)=224.

Для управления ФВ необходимо использовать Uпр=+12 В, что соответствует логической *1,* и Uобр=-12 В, что соответствует логическому *0*. Тогда максимально потребляемая всеми диодами мощность составит , Вт.



Рис. 5 Конструкции проходного и шлейфного ФВ на 90° и 45° соответственно

### 4.4 Коды управления фазой при сканировании

Фаза для каждого ФВ, имеющего структуру как на рис. 4, рассчитывается следующим образом

, ,

где E(x) -выделение целой части числа х

Определив, определяем коды управления фазовращателями. В приложении приводится таблица значений кодов управления ФВ в положительной области сканирования. При сканировании в отрицательном секторе углов () фазировку каналов необходимо проводить в обратном порядке, т. е. код фазы 1-го канала при положительном угле сканирования будет являться кодом фазы 16 канала при отрицательном угле сканирования, код фазы 2-го канала - кодом фазы 15 и т.д.

**Список используемой литературы**

1. Проектирование интегральных устройств СВЧ: Справочник/ Ю.Г. Ефремов, В.В. Конин, Б.Д. Солганик и др. - К: Тэхника, 1990.-159 с.
2. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток. Под ред. Д.И. Воскресенского. - М.: Радио и связь, 1994- 592 с.
3. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1988.- 432 с.
4. Хижа Г.С., Вендик И.Б., Серебрякова Е.А. СВЧ фазовращатели и переключатели: Особенности создания на p-i-n -диодах в интегральном исполнении. М.: Радио и связь, 1984 - 184 с.