

Смарт антенна для малогабаритных радиосистем миллиметрового диапазона волн

Е.В.Кривенко¹, В.И.Луценко¹, А.В.Соболяк²

¹Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, 61000, Харьков, ул. Ак. Проскуры, 12, e-mail: lutsenko@ire.kharkov.ua

²ГП Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова, Украина, 61001, Харьков, ул.Плехановская,126, E-mail: sobolyak@ukr.net

Рассмотрено построение интеллектуальных антенн для малогабаритных радиосистем миллиметрового диапазона волн на основе открытых излучающих структур, в состав которых входят активные полупроводниковые элементы, обеспечивающие в едином устройстве генерацию, излучение в пространство и прием отраженных от объектов сигналов. Представленные материалы представляют интерес для разработчиков малогабаритных радиолокационных средств миллиметрового диапазона, например радаров для предотвращения столкновений автомобилей, а также систем связи.

The principles of constructing intelligent antennas for small-scale radio systems in the millimeter wave band are considered on the basis of open radiating structures, which include active semiconductor elements that provide generation, emission into space and reception of signals reflected from objects in a single device. The presented materials are of interest for developers of small-scale radar facilities of millimeter range, for example radars for preventing collisions of vehicles, as well as communication systems.

Введение

При создании бортовых систем сверхближней радиолокации миллиметрового диапазона волн возникают проблемы, связанные с необходимостью минимизации габаритов и веса устройств. Это привело, в свое время, к появлению приемо-передающих систем автодинного типа, которые имеют наиболее простую конструкцию [1-3]. Принцип действия этих устройств основан на автодинном эффекте, состоящем в изменениях параметров колебаний генератора под воздействием собственного отражённого от объекта локации излучения или информационного излучения от стороннего источника. Автогенератор в этих устройствах выполняет одновременно функции радиопередающего устройства и приёмника. Простота конструкции автодинов обеспечивает их низкую стоимость, малые габариты и массу приёмопередающих модулей, что и обусловило их широкое применения в неконтактных индикаторах объектов, измерителях скорости и дистанции [1-2], датчиках неразрушающего контроля [3].

Дальнейшим развитием было создание смарт (интеллектуальных) антенн [4-6], которые в едином модуле объединяли устройства генерации и приема, а также обеспечивали излучение в пространство и прием сигналов. Такие устройства получили название активных антенн. В настоящей работе рассмотрено построение интеллектуальных или смарт-антенн для малогабаритных систем сверх ближней радиолокации.

Открытая излучающая система

Такие устройства реализуются в виде открытой излучающей системы. Они предназначены для применения в технике СВЧ, а именно, в приемо-передающих устройствах, основанных на открытых резонансных излучающих системах типа дифракционных решеток с полупроводниковыми диодами, и могут найти применение в

мобильных системах связи, радиолокации, радио видения и др. Она содержит – рис.1а первый рефлектор 1, который выполнен в виде сегмента параболического цилиндра с прямоугольным раскрывом.

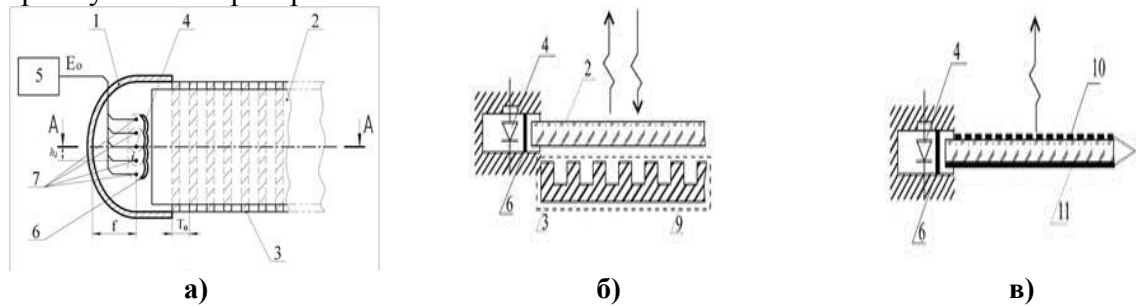


Рис.1. Общий вид смарт антенны: а-вид сверху; б- смарт антенна вид сбоку при периодической системе в виде дифракционной отражательной решетки -9; в- смарт антенна при периодической системе в виде ленточной решетки -10 с металлическим экраном -11; 1- параболический рефлектор, 2- планарный волновод, 3-периодическая структура, 4 – генераторный диод, 5- источник напряжения смещения, 6-второй рефлектор, 7- смесительные диоды.

В него введен планарный диэлектрический волновод 2. Вблизи его широкой грани размещена периодическая структура 3. Полупроводниковый генераторный диод (Ганна) 4 расположен на фокальной оси параболического цилиндра и соединен с источником напряжения питания. Он выполняет функции генерирования непрерывного квазигармонической электромагнитной волны, которая распространяясь по планарному волноводу запитывает периодическую структуру в виде дифракционной или ленточной решеток, при помощи которой и излучается в пространство. Т.е. периодическая структура выполняет функцию преобразования поверхностной волны в планарном волноводе в пространственную, которая и излучается в пространство. Кроме того, она обеспечивает трансформацию принимаемой пространственной волны в поверхностную, которая по планарному волноводу поступает на смесительные диоды -7. Они расположены в фокальной плоскости на определенных расстояниях от генераторного диода. Каждый из них соединен с соответствующим выходом источника напряжения смещения и входом усилителя доплеровской частоты. Смещение смесительных диодов относительно фокальной оси параболического цилиндра приводит к тому, что на них фокусируется пучок, который отклонен относительно оси замедляющей системы на угол $\psi_i \approx \frac{h_i}{F_0}$, который определяется геометрическим смещением i диода

относительно фокальной оси h_i и величиной фокусного расстояния F_0 . При этом проекция периода T_0 дифракционной решетки на направление распространения волны в i диоде $T_i = T_0 / \cos(\psi_i)$ будет определять угол отклонения луча дифракционной решеткой относительно ее нормали.

Угол отклонения луча для определится:

$$\theta_{im} = \arccos \left(n' - \frac{\lambda}{T_0} \cos \left(\frac{h_i}{F_0} \right) \right), \quad (1)$$

где n' - коэффициент преломления материала планарного волновода.

Второй рефлектор - 6 относительно диодов расположен со стороны, противоположной первому. При этом диоды расположены на фокальных осях второго рефлектора. Он может быть выполнен в виде сегментов эллиптических цилиндров - рис.1а, или сегментов эллиптических цилиндров, каждый из которых состоит из

металлических стержней 6 – рис.1б, в (глубина погружения которых может меняться). Это обеспечивает возможность регулировки связи между генераторным и смесительным диодами, т.е. необходимый уровень опорного гетеродинного сигнала. Первые фокальные оси каждого из сегментов второго рефлектора при этом совпадают с местоположением генераторного первого диода, а вторая фокальная ось каждого из сегментов совпадает с местом расположения соответствующего смесительного диода. Периодическая структура может быть выполнена в виде отражательной дифракционной решетки 9 – рис.1 б, или в виде ленточной решетки 10 – рис. 1в, расположенной на широкой грани планарного диэлектрического волновода, противоположная грань которого лежит на металлической подложке -11.

Выбором закона изменения глубины щелей отражательной решетки или изменением расстояния между нею и планарным волноводом можно управлять распределением поля на излучающей апертуре. Для ленточных решеток распределение поля на излучающей апертуре регулируется путем изменения ширины излучающих щелей.

Заключение

Предлагаемая смарт антенна позволяет формировать многолепестковые диаграммы направленности при излучении и приеме сигналов за счет использования резонансных свойств дифракционных решеток, нагруженных на активные полупроводниковые элементы (генераторные диоды Ганна и смесительные диоды с барьером Шоттки). Это позволяет в одной структуре реализовать генерацию, излучение в пространство и прием отраженных вторичных полей, что существенно снижает габариты, вес и стоимость устройства и позволяет применять его в бортовых радиотехнических системах ближнего действия.

Литература

1. Юрченко А.В., Юрченко В.И., Воторопин С.Д. Автодинные датчики в измерительной технике. Томск: ТПУ, 2009. 128 с.
2. Варавин А. В. Автодинный приемо-передающий модуль на диоде Ганна с внутренним детектированием сигнала для радиолокационного датчика с линейной модуляцией частоты / А. В. Варавин, А. С. Васильев, Г. П. Ермак, И. В. Попов // Радиопизика и электроника, том 13, № 3, 2008, с. 546-551
3. Радиотехнические системы радиовидения с использованием фокусирующих линз Люнеберга А.В. К, В.И. Юрченко, С. Э. Шипилов, В. П. Якубов // Труды XIII Международной Научно- Технической конференции Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП – 2016, в 12 томах, Том 12 Новосибирск 2016. – С. 75-78.
4. Патент РФ N2109398, М.Кл.6Н03d 7/14, Гоц В.Я., Корнеенков В.К., Луценко В.И., Мирошниченко В.С. Открытая излучающая система// Дата выдачи патента: 27 окт. 1995 г., дата опублик. 20.04.98, Бюл.№11
5. Патент РФ№ 2120163 RU, М.кл. H01Q23/00Активная антенна / Гоц В. Я., Корнеенков В.К., Луценко В.И., Мирошниченко В. С. // Дата подачи заявки 24.12.1996, Дата публикации: 10.10.1998.
6. Пат. Украины №111262 Открытая излучающая система / Кривенко Е. В., Луценко В. И., Соболяк А.В. // Заявитель и собственник Институт радиопизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины.- № а 2014 08410, заявл. 27.04.2014, опублик. данные заявки 21.05.2016, Бюл.№2, опублик. данные о патенте 11.04.2016, Бюл.№7.