

Миниатюризация СВЧ устройств бортовой аппаратуры космического применения

Алыбин В.Г., Алыбин А.В.

АО «Российские космические системы»
г. Москва, 111250, Российская федерация
otdelenie17@spacecorp.ru

Аннотация: Проводится обзор современного состояния миниатюризации сверхвысокочастотных бортовых устройств для космического применения. Приводятся: актуальность проблемы, объекты СВЧ устройств, специфические требования к ним, стадии развития средств миниатюризации. Рассмотрены особенности схемного построения и конструкции перспективных пассивных устройств перекрестного резервирования и сложения мощностей в усилителях мощности монолитных и гибридно-монолитных интегральных схем СВЧ, а также технологические возможности их реализации.

1. Введение

Актуальность темы заключается в необходимости резкого уменьшения габаритов космических аппаратов при возрастании их функциональных возможностей, особенно при создании как больших и средних КА, так и получающих всё большее распространение малых микро- и нано- спутников, а также антенных активных фазированных решеток для КА. Доклад посвящен СВЧ устройствам, поддающимся миниатюризации труднее, чем цифровые устройства. К ним относятся в первую очередь приёмопередающие тракты КА, включающие различные классы устройств – маломощные и мощные усилители, преобразователи частот, генераторы, устройства перекрёстного резервирования.

Представлена эволюция развития миниатюризации СВЧ устройств для космической техники от гибридных интегральных схем прошлого века до современных систем в корпусе и систем на кристалле. Отмечено, что в современных КА и в настоящее время применяются устройства СВЧ, характерные для всех фаз отмеченного развития миниатюризации.

2. Принципы миниатюризации бортовых СВЧ устройств

Рассмотрены общие требования к бортовой аппаратуре космического применения:

- высокая механическая прочность в течение времени вывода космического аппарата на орбиту;
- устойчивость и стойкость к внешним воздействующим факторам космического пространства;
- большая вероятность безотказной работы в течение различных сроков активного существования (от месяцев до 15 лет);
- большие ограничения по величине плотности теплового потока, излучаемого активными электрорадиоизделиями (ЭРИ).

Для устройств СВЧ диапазона отмечены специфические требования:

- сведение к минимуму паразитных связей по электромагнитным полям соседних элементов микросхем, ЭРИ, отрезков линий передачи, элементов монтажа;
- высокая добротность согласующих цепей как на распределенных, так и на сосредоточенных элементах, резонаторов и фильтров, устройств перекрёстного резервирования;
- малые искажения фазовых характеристик СВЧ элементов (неравномерности группового времени запаздывания) в рабочем диапазоне частот.

Рассмотрены особенности построения СВЧ устройств, обеспечивающие выполнение этих требований.

3. Примеры конструкций СВЧ устройств для бортовой аппаратуры космического применения и перспективы их развития

Представлены многочисленные примеры схемных решений и конструкций миниатюрных устройств СВЧ, применяемы в современных КА, даны их основные характеристики. Рассмотрены пассивные устройства перекрестного резервирования для аппаратуры, имеющей дублирование, троирование и четырёхкратное изменение конфигурации [1]. Рассмотрены технологические и конструктивные особенности устройств СВЧ на основе гибридно-монолитных схем на микрополосковых и копланарных линиях передачи [2]. Показаны особенности построения монолитных интегральных

схем СВЧ, включающих как однофункциональные устройства (усилители мощности) [3, 4], так и многофункциональные элементы приёмных и передающих трактов.

Отмечены перспективы дальнейшего развития миниатюрных устройств СВЧ диапазона для космической техники.

4. Заключение

Проведенный обзор современного состояния процесса миниатюризации СВЧ устройств для бортовой аппаратуры космического применения продемонстрировал существенное развитие космической техники как при создании больших и средних, так и малых и сверхмалых космических аппаратов.

Перспективными возможностями дальнейшего развития миниатюризации СВЧ-устройств бортовой аппаратуры следует считать модернизацию СВЧ-устройств в виде создания современных микроэлектронных модулей – систем в корпусе с использованием монолитных интегральных схем, а также систем на кристалле в виде многофункциональных кристаллов. Наиболее перспективным является создание кристаллов, в которых реализуются как элементы аналоговой, так и цифровой техники.

Список литературы

1. Алыбин В.Г., Зарапин С.А., Яхутин С.А. Микрополосковый делитель мощности с тремя входами и тремя выходами // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы 2020, Т 7, вып. 1, С. 23-29.
2. Темнов А.М. Гибридно-монолитные интегральные схемы СВЧ: дис... д-ра техн. наук: 05.27.01, 2020. 303 с.
3. Сечи Ф., Буджати М. Мощные твердотельные СВЧ-усилители. Москва: Техносфера, 2015. 416 с.
4. Кищинский А.А., Радченко А.В., Радченко В.В. Широкополосные квадратурные делители/сумматоры для применения в усилителях СВЧ мощностей // 23-я Межднар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» - КрыМиКо'2013 (Севастополь, сент. 2013 г.). 2013. С. 6 – 10.