

Приемо-передающий субмодуль X-диапазона частот

М.С. Карасев, А.Г. Далингер, С.В. Шацкий, С.А. Щеголев, А.В. Адиятулин

АО «НПП «Исток» им. А.И. Шокина», г. Фрязино

Аннотация: в данной работе представлен приемо-передающий субмодуль X-диапазона частот его конструктивное исполнение и технологические особенности. Приведены электрические параметры, полученные в результате экспериментальной проверки на измерительном стенде. Проведен анализ представленных данных.

Ключевые слова: приемо-передающий субмодуль, X-диапазон, экспериментальная проверка, анализ электрических параметров.

1. Введение

В радиолокации в настоящее время перспективным направлением является разработка приемо-передающих модулей [1,2], которые входят в состав активных фазированных антенных решеток используемые в радиолокационных станциях. Применение таких изделий позволяет улучшить обзор окружающего пространства с высокой разрешающей способностью и повысить дальность обнаружения объектов при помощи приемо-передающей антенны.

Постоянное увеличение требований, предъявляемых к радиолокационным станциям влечет за собой необходимость повышать технические характеристики входящих в ее состав изделий. Поэтому разработка приемо-передающих модулей [3,4] с высоким уровнем выходной мощности передающего канала, высоким коэффициентом усиления с минимальной неравномерностью в рабочем диапазоне частот и низким значением коэффициента шума актуальная и уникальная задача для каждого вида изделий.

2. Приемо-передающий субмодуль X-диапазона частот

Разработанный на предприятии АО «НПП «Исток» им. Шокина» приемо-передающий субмодуль включающий в свой состав последние разработки в области СВЧ-техники, представлен на рисунке 1.

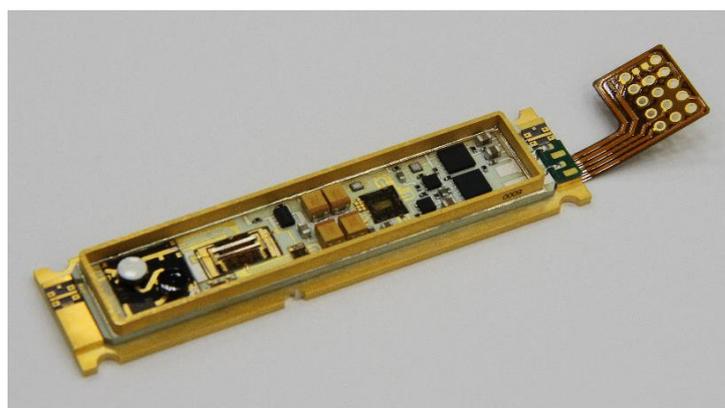


Рисунок 1. Приемо-передающий субмодуль X-диапазона частот

Монолитно-интегральные схемы усилителей, устройств защиты и управления амплитудно-фазовым распределением располагаются на низкотемпературной совместно обжигаемой керамике (LTCC - Low Temperature Co-Fired Ceramic). Использование такой керамики позволяет обеспечить стабильность электрических параметров, за счет повторяемости топологического рисунка проводников СВЧ- и НЧ-трактов, совместимого

коэффициента термического расширения (КТР) с большинством материалов, используемых для теплоотвода от мощных усилителей СВЧ, низких потерь СВЧ-энергии, а также низкой стоимости многослойных керамических плат при серийном производстве.

Металлическое основание, на котором располагается многослойная керамическая плата LTCC, выполнено из материала МД10,5. Данный сплав является разработкой АО «НПП «Исток» им. Шокина» и позволяет эффективно и равномерно распределить тепло отводимое от мощного усилителя передающего канала по всей площади металлического основания. Также одним из главных достоинств сплава МД10,5 является совместимый КТР с многослойной керамической платой LTCC, что обеспечивает надежное соединение этих деталей и исключает брак при серийном производстве.

Рамка и крышка модуля выполнены из сплава 29НК (ковар). Рамка припаивается на многослойную керамическую плату LTCC с помощью припоя золото-олово (Au80Sn20), а герметизирование модуля производится с помощью клея марки ЭЧЭ-С. ЭЧЭ-С - клей для электронных часов с наполнением серебром. Данный клей обеспечивает надежное соединение деталей и высокую электропроводимость, что позволяет выполнить требование по электрогерметичности корпуса модуля в целом.

Подача питания и управления основными узлами производится через гибкую печатную плату (гибкий шлейф), которая имеет минимальную толщину 0,2 мм для такого количества проводников (14 проводников). Гибкая печатная плата произведена на предприятии ООО «Резонит» и поставляется в качестве готовой детали для дальнейшей установки в конструкцию модуля.

Вид модуля с установленной гибкой печатной платой показан на рисунке 2.

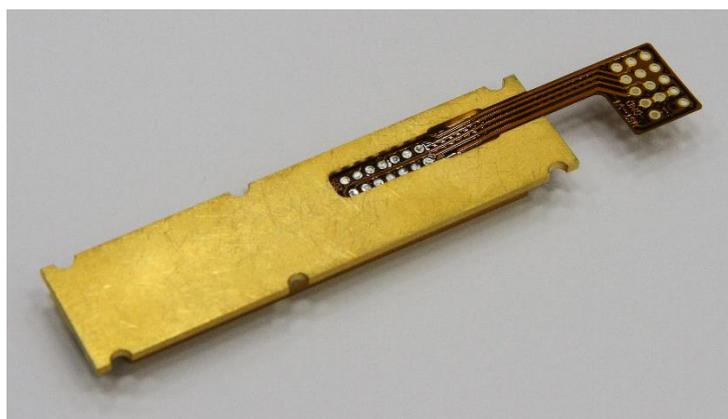


Рисунок 2. Вид модуля с установленной гибкой печатной платой

Использование такого вида контактирования при подаче питания и управления позволяет снизить трудозатраты на этапе изготовления модуля и выполнить требуемую конфигурацию разводки питания и управления в составе аппаратуры заказчика.

Напряжение, подаваемое на предварительный и выходной усилители мощности, подается через низкочастотную плату, установленную за пределами герметичного корпуса (рисунок 1). На плату припаиваются проводники от мощного источника питания установленного в составе аппаратуры заказчика. Данный способ подачи питания позволяет снизить потери, связанные с прохождением электрического тока через проводники до усилителей мощности.

Монолитно-интегральные схемы СВЧ, используемые в составе приемо-передающего модуля, включают в себя новейшие разработки в области твердотельной электроники АО «НПП «Исток» им. Шокина» и позволяют обеспечить максимальную мощность на выходе передающего тракта, минимальное значение коэффициента шума приемного тракта, стабильность характеристики коэффициента усиления, минимальную среднеквадратичную ошибку амплитуды и фазы как передаваемого, так и принимаемого сигнала.

Управление амплитудой и фазой принимаемого и передаваемого сигнала производится

многофункциональной монолитно-интегральной схемой (МФ МИС) [5] производства АО «НПП «Исток» им. Шокина». Такая микросхема включает в свой состав усилители приемного и передающего канала, а также набор аттенуаторов и фазовращателей. Все элементы выполнены на одной GaAs подложке, что позволяет добиться электрических параметров на уровне лучших мировых аналогов.

Отличительной особенностью приема-передающего модуля от аналогов, является ввод в состав приема-передающего модуля схемы блокировки питания, приемного и передающего трактов. Добиться этого удалось за счет ввода в состав схемы бескорпусных логических монолитно-интегральных схем производства компании ОАО «Интеграл». При подаче сигналов управления модуляторами питания основных усилителей, приемный и передающий тракты работают в штатном режиме. При помощи логических элементов, появляется возможность отключить питание усилителей при помощи изменения программного кода в МФ МИС.

Для измерения электрических параметров приема-передающего submodule X-диапазона частот на измерительном стенде применялось оборудование Keysight Technologies. Все измерения проводились в автоматическом режиме с помощью специального программного обеспечения, разработанного АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Полученные экспериментальные значения коэффициента усиления и коэффициента шума приемного канала, а также выходная мощность передающего канала изображены на рисунках 3, 4 и 5.

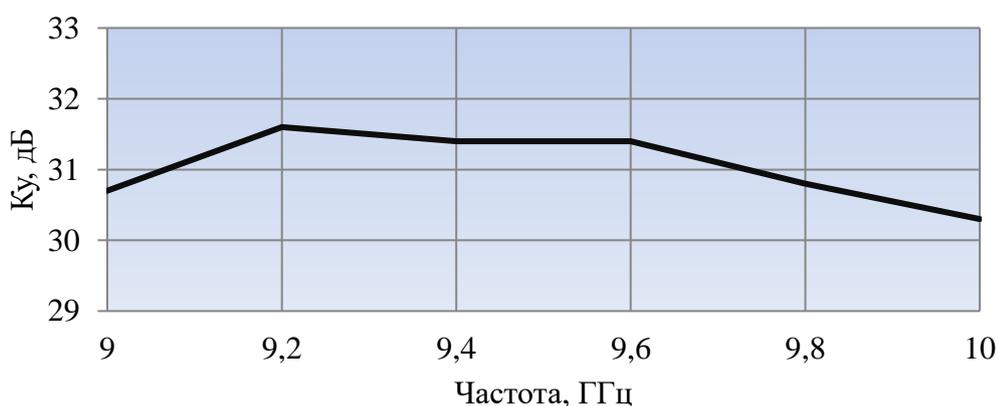


Рисунок 3. Коэффициент усиления приемного канала в зависимости от частоты

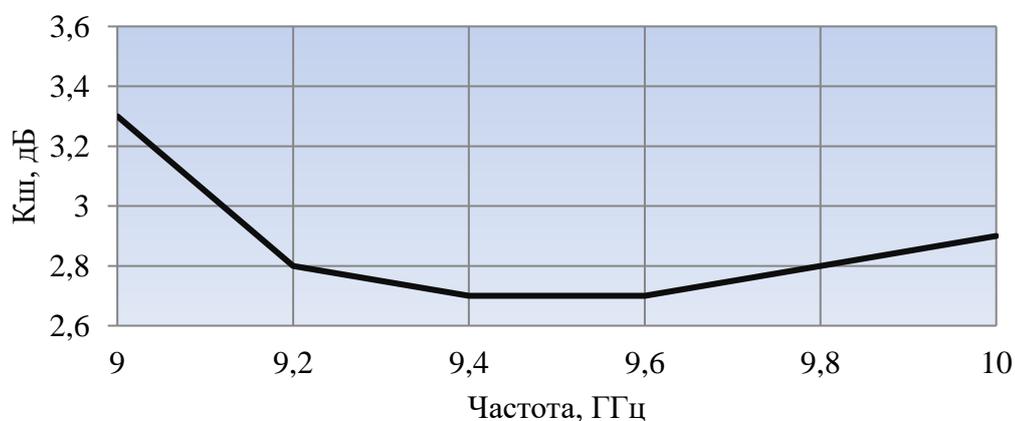


Рисунок 4. Коэффициент шума приемного канала в зависимости от частоты

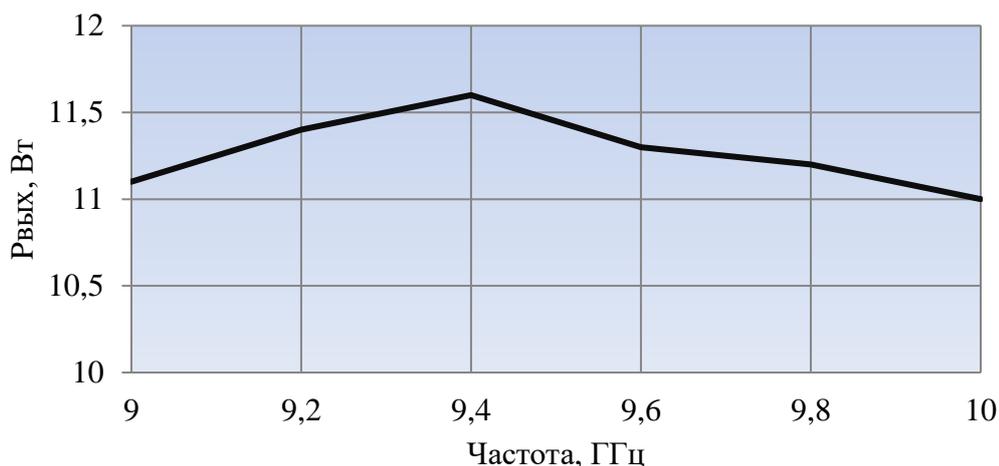


Рисунок 5. Выходная мощность передающего канала в зависимости от частоты

Электрические параметры, представленные на рисунках 3, 4 и 5 указаны с учетом потерь в измерительной аппаратуре на измерительном стенде.

3. Заключение

Полученные результаты экспериментальной проверки разработанного приемопередающего субмодуля X-диапазона частот, указывают на правильность выбранных решений при разработке.

Список литературы

1. Карасев М. С. Многофункциональный приемопередающий модуль X-диапазона частот //Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. – 2019. – №. 3. – С. 51-54.
2. Карасев М. С. Методика измерения параметров перспективных ППМ АФАР с применением поверхностного контактного соединителя //Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. – 2016. – №. 4. – С. 37-44.
3. Карасев М. С. и др. Перспективный многофункциональный приемопередающий модуль АФАР X-диапазона //Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника. – 2017. – №. 1. – С. 45.
4. Карасев М. С. и др. Многофункциональный приемопередающий модуль АФАР нового поколения //Электроника и микроэлектроника СВЧ. – 2018. – Т. 1. – С. 239-242.
5. Щербаков Ф. Е. и др. Многофункциональная МИС с малым энергопотреблением на основе 2-уровневых рНЕМТ для перспективных модулей АФАР //Микроэлектроника СВЧ: Сборник трудов конференции. Санкт-Петербург. – 2012. – С. 4-7.