

*Карасев М.С., Далингер А.Г., Шацкий С.В.,  
Жерновенков В.А., Синькова Е.А., Щеголев С.А.  
АО «НПП «Исток» им. Шокина»*

## **Многофункциональный приемо-передающий модуль АФАР нового поколения**

*Представлен перспективный многофункциональный приемо-передающий модуль (ППМ) АФАР нового поколения и его технологические особенности. Приведены основные характеристики модуля и его составные части. Проанализированы полученные результаты экспериментальной проверки.*

**Ключевые слова:** Приемо-передающий модуль, Многофункциональный модуль, ППМ АФАР, модуль нового поколения, экспериментальная проверка, AlSiC.

Перспективным направлением в радиолокации в настоящее время являются активные фазированные антенные решетки (АФАР). АФАР позволила применять новые методы обзора пространства, увеличивать разрешающую способность и дальность действия приемо-передающей антенны, что значительно расширило возможности РЛС.

Главными элементами АФАР являются приемо-передающие модули (ППМ)[1,2]. Повышение функциональности этих ППМ, позволяет выполнять различного рода задачи и обеспечить улучшение выходных характеристик АФАР.

В данной работе рассматривается многофункциональный ППМ АФАР, его особенности и полученные экспериментально выходные электрические характеристики.

Разработанный ППМ АФАР изображен на рис. 1.

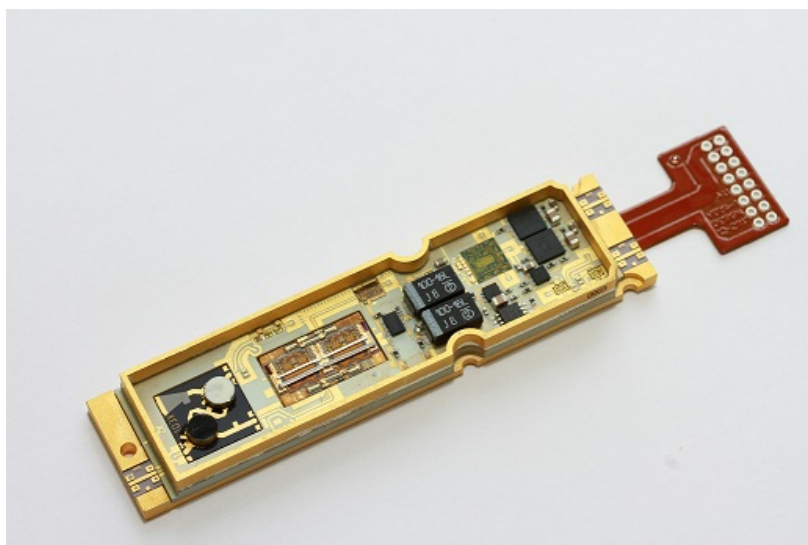


Рис. 1. Многофункциональный ППМ АФАР

Все составные элементы модуля располагаются на LTCC керамике. Управление и питание этих элементов разведено послойно внутри LTCC, что обеспечивает экономию пространства внутри ППМ, а соответственно и уменьшение массогабаритных параметров. Засчет налаженного производства, LTCC керамика обеспечивает низкие потери СВЧ энергии, необходимый коэффициент термического расширения, а также низкую стоимость, поэтому использования ее в составе ППМ АФАР является обязательным выбором.

Первые образцы ППМ АФАР изготавливались на металлическом основании МД50, что обеспечивало необходимую прочность конструкции и теплоотвод от мощного усилителя. В настоящее время в составе ППМ АФАР применяется основание из композиционного материала AlSiC. Композиционные материалы в последние годы имеют большую популярность в сферах ВЧ и СВЧ-электроники. Использование такого композита позволило снизить массу модуля на 12,5 грамм. При этом прочность конструкции и параметры теплоотвода не ухудшили своих значений. Коэффициент термического расширения (КТР) материала AlSiC схож с КТР LTCC керамики, что делает этот композиционный материал приоритетным для использования в составе нынешних и будущих разработок ППМ.

В данном модуле подача питания осуществляется специальным шлейфом, который располагается с обратной стороны ППМ. На рисунке 2 показан модуль с шлейфом питания и управления.

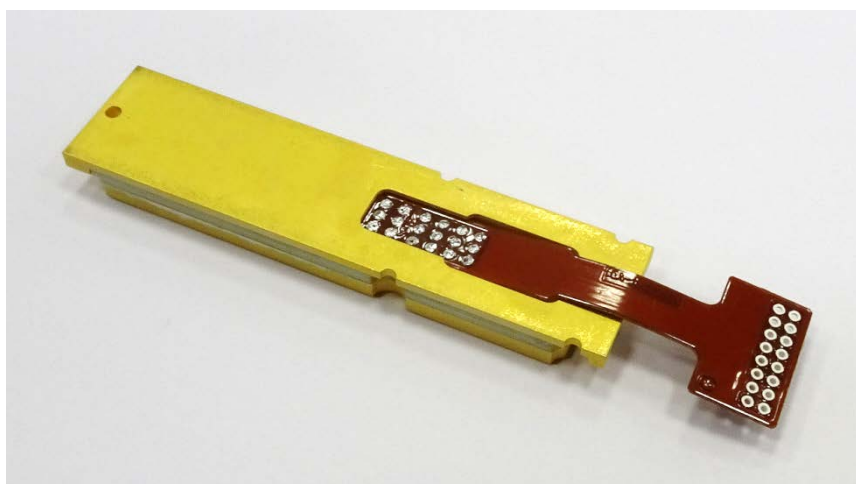


Рис. 2. Обратная сторона ППМ АФАР

Использование такого вида соединения в низкочастотной части питания и управления обеспечивает надежность и простоту при эксплуатации модуля.

ППМ АФАР включает в свой состав новейшие достижения в области твердотельной электроники АО «НПП «Исток» им. Шокина». Использование таких МИС как: многофункциональная монолитная интегральная схема [3], предварительный усилитель мощности (ПУМ) и выходной усилитель мощностью более 15 Вт, позволяют разработанному ППМ АФАР занять свое место среди лучших мировых аналогов в СВЧ-электронике. МИС выполнены по GaAs-технологии.

Схемотехнической особенностью разработанного ППМ является возможность калибровки и проверки канала приема, засчет ввода в схему СВЧ-переключателей и направленных ответвителей. Снимая часть энергии с входа канала ПРД и подавая на вход канала ПРМ, можно обеспечить проверку работоспособности и даже задать амплитудно-фазовое распределение сигнала. Такая проверка может обеспечить более точные результаты экспериментальной проверки ППМ в составе АФАР.

Измерение электрических параметров проводилось на стенде собранном под конкретный модуль. В состав стенда входят новейшие приборы компании Keysight Technologies, программа автоматического измерения и специальная измерительная оправка.

Значения коэффициента усиления канала ПРМ и выходная мощность канала ПРД разработанного ППМ АФАР показаны на рисунках 3 и 4.

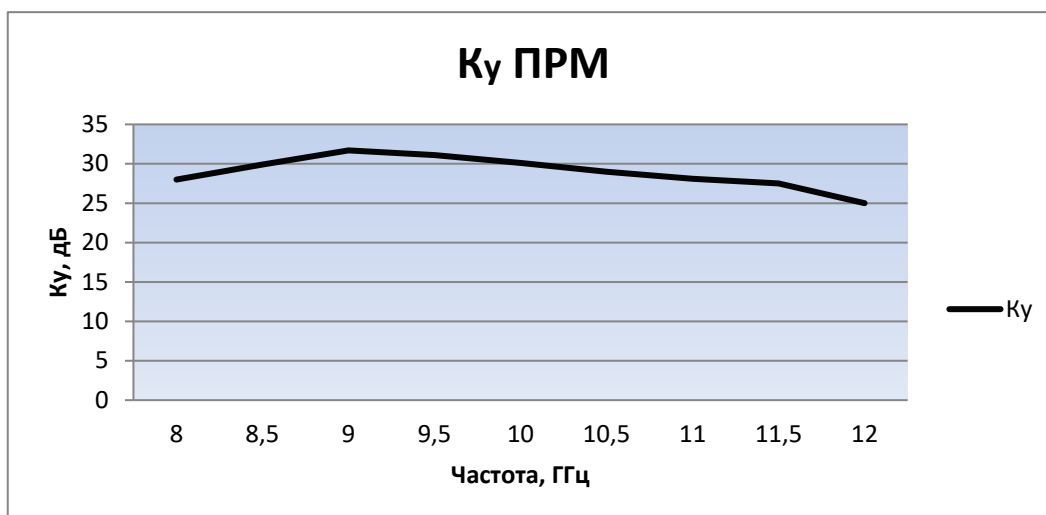


Рис. 3. Коэффициент усиления ПРМ в зависимости от частоты

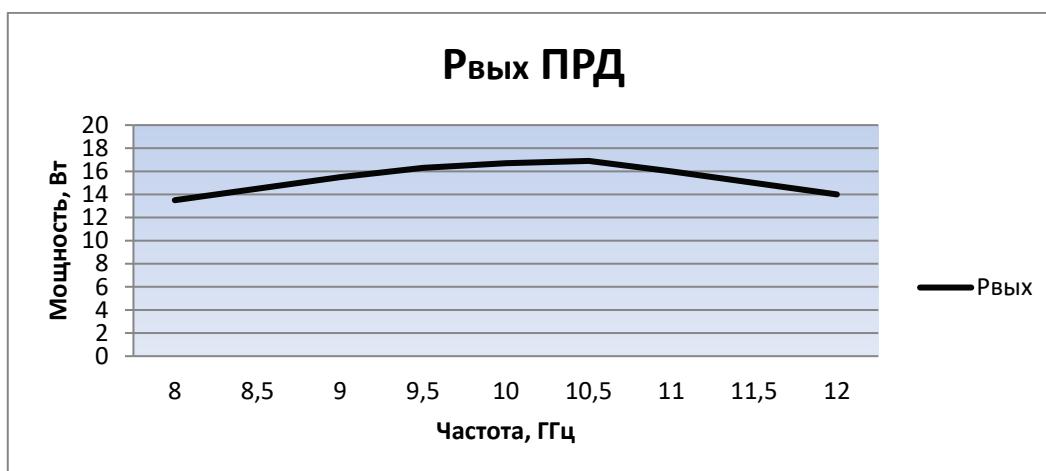


Рис. 4. Выходная мощность ПРД в зависимости от частоты

Параметры на рисунках 3 и 4, указаны с учетом потерь в измерительной оправке.

Стабильно - повторяющиеся электрические параметры при измерениях разработанных опытных образцов ППМ АФАР, указывают на правильность выбранных решений при разработке.

#### Библиографический список

1. Карасев М.С., Жерновенков В.А. Конструктивные особенности ППМ «Аббат-И» с применением поверхностного контактного соединителя для передачи СВЧ энергии и НЧ сигналов управления и электропитания // Научно-технический сборник «Электронная техника» Серия 1 «СВЧ-техника», Выпуск 3(530) – 2016г., стр. 71-80

2. Карасев М.С. Методика измерений параметров перспективных ППМ АФАР с применением поверхностного контактного соединителя // Научно-технический сборник «Электронная техника» Серия 1 «СВЧ-техника», Выпуск 4(531) – 2016г.

3. Щербаков Ф.Е., Богданов Ю.М., Дудинов К.В., Земляков В.Е., Красник В.А., Лапин В.Г., Петров К.И. Многофункциональная МИС с малым энергопотреблением на основе 2-х уровневых рНЕМТ для перспективных модулей АФАР // Всероссийская конференция «Микроэлектроника СВЧ» Санкт-Петербург СПбГЭТУ 4-7 июня 2012 г.