



Модули содержат по одному приемному (ПРМ) и передающему каналу (ПРД). В них используются однофункциональные монокристаллические интегральные схемы. Переключатель 1×2 осуществляет включение передающего или приемного каналов. Далее в составе канала ПРД согласующие усилители и усилители мощности, 6-разрядный фазовращатель и ферритовый циркулятор для развязки выхода канала ПРД и входа канала ПРМ. Используется циркулятор Х-структуры, а не Y, что позволяет отраженную от входа защитного устройства приемника мощность поглощать в согласованной нагрузке. В состав канала ПРМ входят: пассивное защитное устройство, малошумящий и согласующие усилители, 5-ти разрядный аттенюатор, 6-разрядный фазовращатель. Для цифрового управления фазовращателями, аттенюатором и переключателем в составе модуля имеются драйверы. Конструктивно модуль представляет собой ряд герметичных активных СВЧ узлов, ферритовых вентилях и циркулятора, а также вспомогательных поликорковых плат, смонтированных на едином основании (рис.2). В большой многослойной керамической плате, реализующей концепцию объемных электронных СВЧ схем и выполненной по технологии LTCC [2], в верхнем слое смонтированы МИС, выполняющие диаграммообразующую роль, а в нижнем слое - МИС драйверов. В небольшой унифицированной многослойной керамической плате размещены МИС малошумящего усилителя и защитного устройства. Предварительные и выходные каскады передающего канала выполнены в металлокерамических корпусах (рис.3), обеспечивающих хороший теплоотвод. СВЧ сигналы подаются через микрополосковые входы/выходы. Напряжения управления и слаботокового питания подаются на контактные площадки керамической крышки большой многослойной платы. Напряжение питания на выходной усилитель мощности подается через близко расположенный штырь.

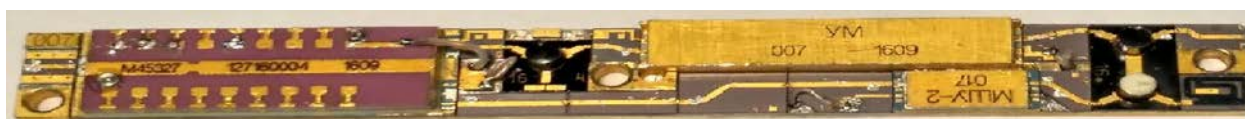


Рис. 2 Внешний вид модулей.

Все использованные СВЧ МИС разработаны и изготовлены в АО «НПП «Исток» им. Шокина». Предварительные и выходные каскады передающего канала выполнены на бескорпусных GaAs транзисторах также производства АО «НПП «Исток» им. Шокина».

Ширина модуля, предназначенного для АФАР, определяется рабочей длиной волны. Для разработанных модулей ширина была выбрана равной порядка 11 мм для литеры 1 и порядка 10 мм для литеры 2. В связи с ограничением по ширине разработанные модули отличаются существенно более плотным расположением компонентов, чем в модулях X диапазона частот. И это первую очередь усложняло задачу обеспечения стабильности параметров модулей.



Рис.3 Металлокерамический корпус транзисторного усилителя мощности.

В технологии изготовления модуля используются типовые технологические процессы. Технология изготовления разработанных модулей во многом повторяет технологию изготовления модулей АФАР X диапазона частот.

Вместе с тем, в связи с увеличением общей длины модулей, были определены технологические операции, к качеству выполнения которых применялись повышенные требования. Это требования к плоскостности общих оснований, качеству их золочения, пайки плат и соблюдению габаритных размеров спаянных оснований, качеству пайки металлокерамических корпусов усилителей мощности на общие основания и соблюдения при этом габаритных размеров, качеству приклеивания многослойных керамических плат. Было увеличено количество циклов технологических испытаний на воздействие смены температур.

Последовательность технологических операций изготовления модуля: пайка плат линий СВЧ и питания на общее основание, пайка ПУМ и ВУМ на общее основание, приклеивание корпусированных узлов, причем большая многослойная плата клеится в открытом состоянии, разварка перемычек, настройка параметров модуля, технологические испытания, герметизация большой многослойной платы.

В таблице 1 представлены основные параметры приемо-передающих модулей АФАР двух частотных литер Ку диапазона частот. На момент окончания разработки отечественные аналоги разработанных модулей неизвестны.

Таблица 1. Основные параметры ППМ АФАР Ку диапазона частот.

Параметры	Литера 1		Литера 2	
	Приемный канал	Передающий канал	Приемный канал	Передающий канал
Кoeffициент шума	3,5 дБ	-	3,5 дБ	-
Кoeffициент усиления	25 дБ	30 дБ	25 дБ	30 дБ
Выходная импульсная мощность	-	5 Вт	-	0.3 Вт
Количество разрядов аттенюатора ПРМ	5	-	5	-
Количество разрядов фазовращателей ПРД/ПРМ	6	6	6	6
Длина	113.3		84	

Дальнейшее совершенствование аналогичных модулей может идти в направлении использования мощных GaN транзисторов и МИС для усилителей мощности (поэтапно, по мере появления), многофункциональных МИС в диаграммообразующих цепях,

прижимных контактов для СВЧ и низкочастотных цепей, развития конструкции и технологии многослойных плат, минимизации габаритов [3,4].

Библиографический список

1. Ю.И. Белый, А.И. Синани, О.С. Алексеев, В.М. Кузьменков, В.Ф. Винярский, С.С. Бушкин, А.Н. Королев, В.М. Малыщик, А.Г. Далингер. Многоканальные приемопередающие модули для АФАР Х-диапазона. Антенны. 2008. Выпуск 9 (136). С. 55-60.
2. Ляпин Л.В., Осипов А.В., Далингер А.Г. Низкотемпературная керамика в технологии изготовления многослойных керамических плат ЛТСС. Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника. 2017. Выпуск 4 (535). С. 28-43.
3. Карасев М.С., В.А. Жерновенков. Конструктивные особенности ППМ «Аббат-И» с применением поверхностного контактного соединителя для передачи СВЧ энергии и НЧ-сигналов управления и электропитания. Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника. 2016. Выпуск 3 (530). С. 71-80.
4. Карасев М.С., Далингер А.Г., Шацкий С.В., Жерновенков В.А. Перспективный многофункциональный приемопередающий модуль АФАР Х-диапазона. Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника. 2017. Выпуск 1 (532). С. 45-48.