

РЕКОМЕНДАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ С ПРИМЕРАМИ

 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 5.

 Приемная: +7 (473) 226-20-35
Отдел маркетинга и сбыта: +7 (473) 280-22-94



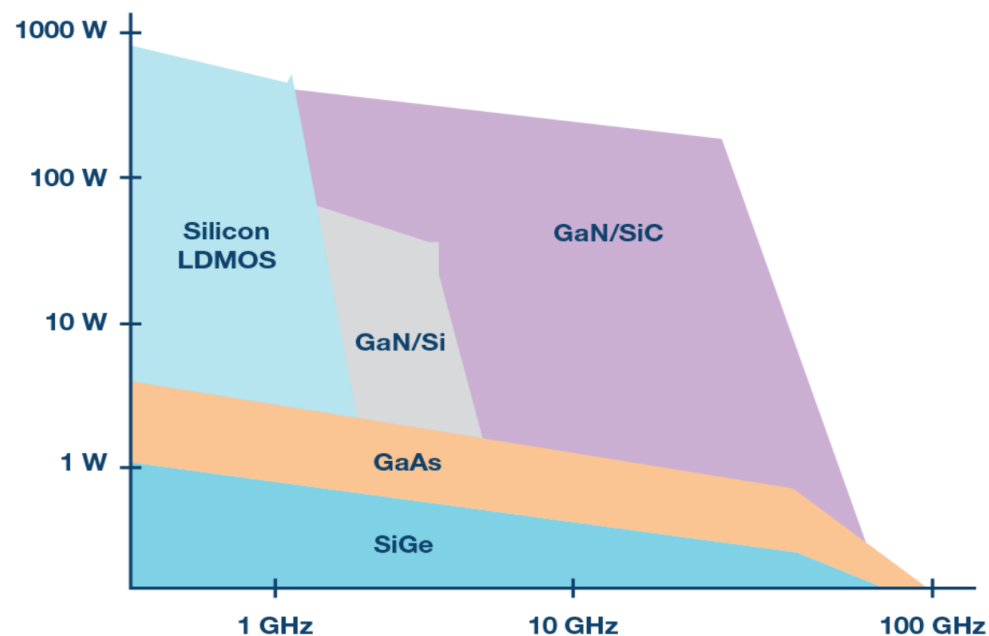
СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

Общая блок-схема этапов разработки СВЧ УМ

- | | |
|---|---|
| 1 | Определение требований и спецификаций |
| 2 | Выбор активного прибора (СВЧ транзистора) |
| 3 | Выбор топологии схемы и анализ стабильности |
| 4 | Синтез входной и выходной согласующих цепей |
| 5 | Моделирование и оптимизация (САПР) |
| 6 | Изготовление и сборка опытного образца |
| 7 | Измерения и тестирование |

СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

*Сравнение различных
полупроводниковых технологий*

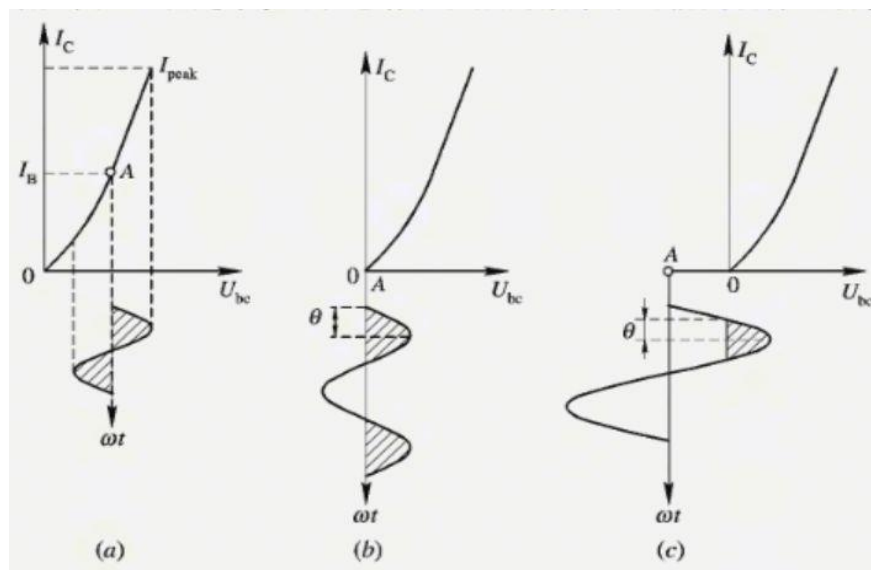


Выбор активного прибора (СВЧ транзистора)

- 1 Кремний-германиевые (SiGe) ИС
- 2 Арсенид-галлиевые (GaAs) HEMT-транзисторы
- 3 Кремниевые (Silicon) LDMOS-транзисторы
- 4 Нитрид-галлиевые на кремнии GaN/Si
- 5 Нитрид-галлиевые на карбиде кремния GaN/SiC

СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

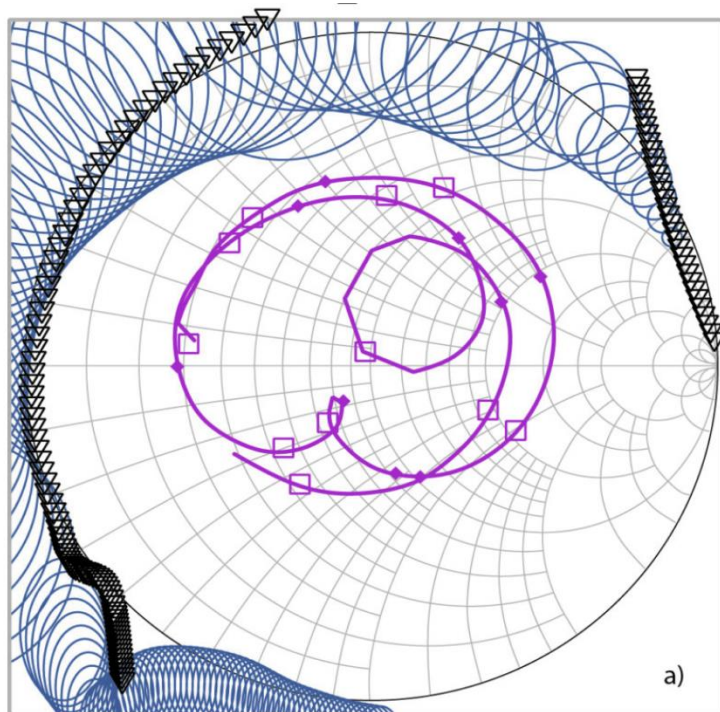
*Определение класса работы
транзистора*



	Выбор класса работы (режима по постоянному току)
Класс А	Высокая линейность, но очень низкий КПД (<50%)
Класс АВ	Компромисс между линейностью и КПД.
Класс В	КПД до 78.5%, но высокая нелинейность
Класс С	Высокий КПД, но очень высокая нелинейность
Классы D, E, F	Теоретический КПД до 100%, но сложны в проектировании в СВЧ диапазоне

СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

Обязательный этап при проектировании!

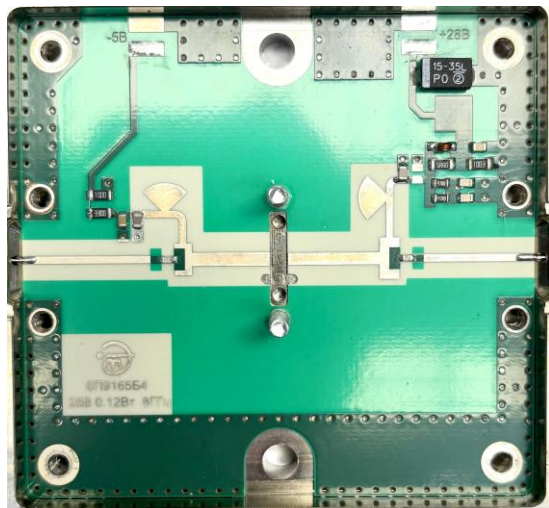
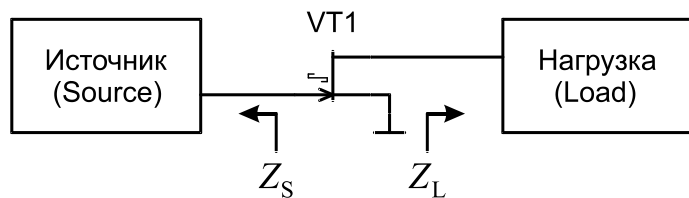


$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{21}S_{12}|^2}$$

	Анализ стабильности усилителя
1	К-фактор для оценки устойчивости одного каскада
2	Круговые диаграммы оценки устойчивости нескольких каскадов
3	Методы стабилизации: добавление резисторов в цепь затвора/истока, использование RLC-цепей.

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УМ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

Проектирование входной и выходной СЦ

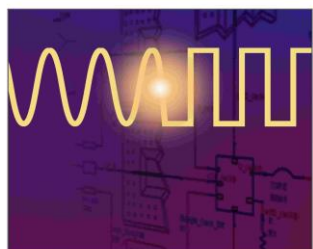


	Синтез входной и выходной согласующих цепей (СЦ)
1	Проектирование выходной СЦ – трансформация нагрузки УМ к оптимальным импедансам транзистора. Главная цель - максимизация мощности и КПД.
2	Согласование импеданса источника с комплексно-сопряженным импедансом входа транзистора для максимальной передачи мощности и усиления
3	Типы согласующих цепей: LC-цепи, микрополосковые линии передачи, ВЧ трансформаторы.

Пример входной и выходной СЦ для транзистора 6П9165Б4 на частоте 8 ГГц

СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

*Лидеры на мировом рынке программных
продуктов, предназначенных для
разработки устройств СВЧ*



Advanced
Design System

cādence®

AWR
RF/MICROWAVE
DESIGN SOFTWARE

 **SIMULIA**

Моделирование и оптимизация в САПР (CAD)

1

Линейное моделирование: На основе S-параметров транзистора. Проверяется усиление, стабильность, КСВН.

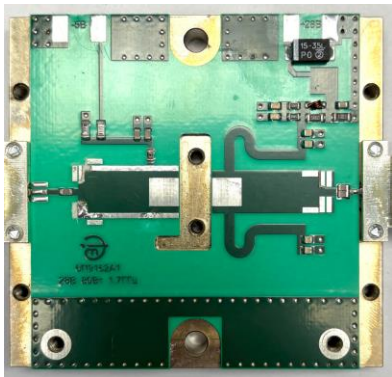
2

Неллинейное моделирование: Анализируется выходная мощность, КПД, точка P1dB, интермодуляционные искажения, спектральный состав сигнала.

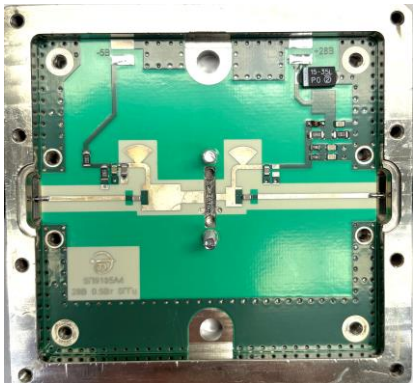
3

Электромагнитное моделирование (ЕМ) и совместное моделирование: Позволяет учесть паразитные эффекты печатной платы (паразитные связи, излучение, потери).

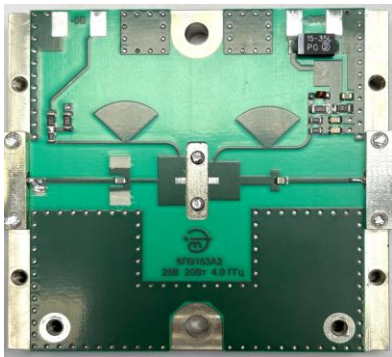
СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»



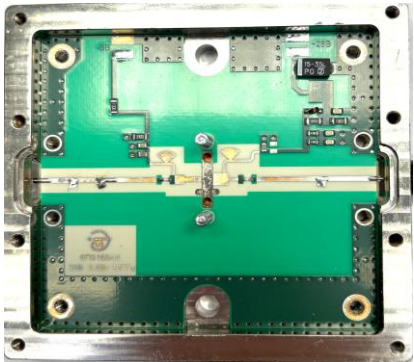
а



б



в



г

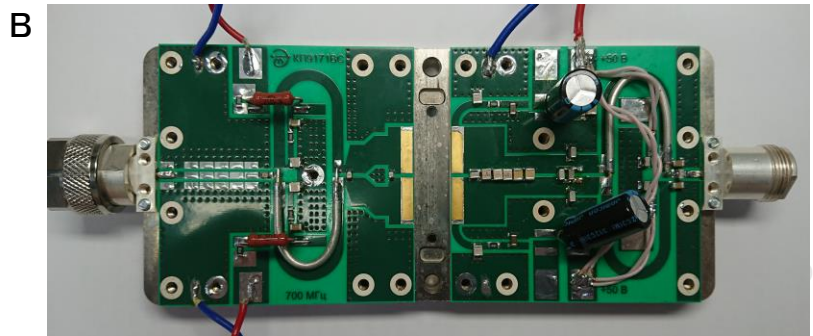
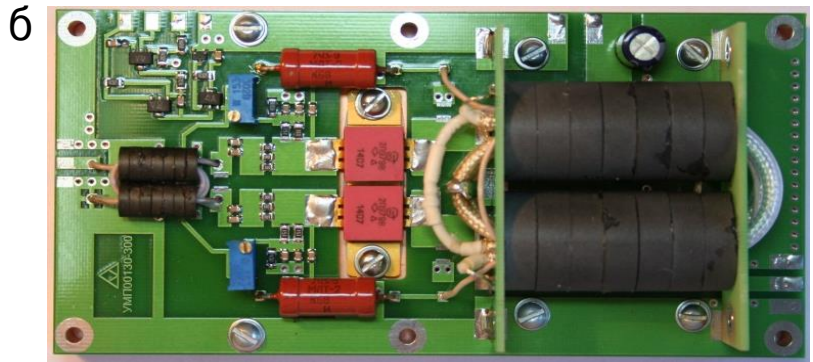
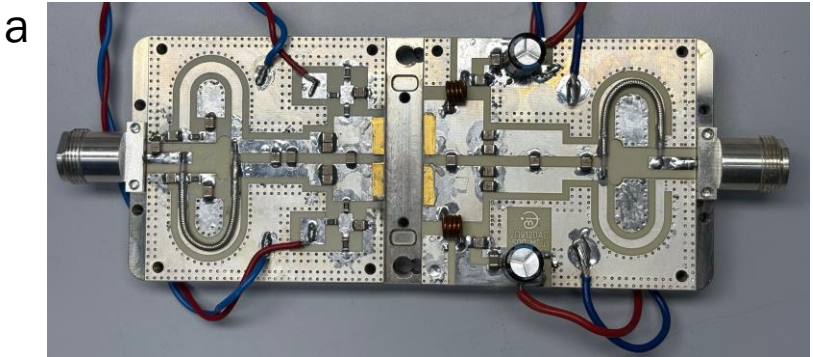
Однотактные УМ СВЧ диапазона

	Тип	Транзистор	Рабочая частота	Выходная мощность	Напряжение питания
а	GaN	ПП9139Б1	1,7 ГГц	100 Вт	28 В
б	GaN	ПП9142А2	4 ГГц	20 Вт	28 В
в	GaN	ПП9144А4	8 ГГц	0,5 Вт	28 В
г	GaN	ПП9144А4	12 ГГц	0,5 Вт	28 В

СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

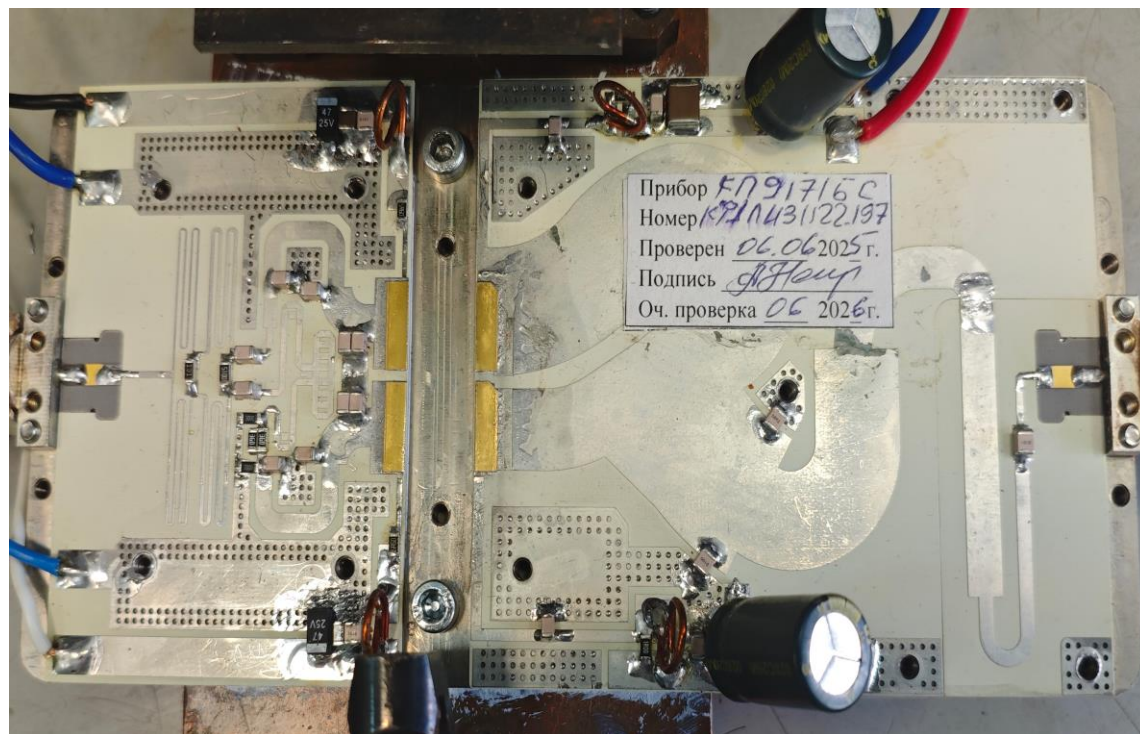
Двухтактные (push-pull) УМ ОВЧ диапазона

Тип	Транзистор	Рабочая частота	Выходная мощность	Напряжение питания	Параметры импульса
а	2П9120АС	500 МГц	500 Вт	50 В	ти= 25 мс Q = 10
б	2П979В	1,5 – 30 МГц	300 Вт	50 В	Непрерывный
в	КП9171ГС	700 МГц	1200 Вт	50 В	ти= 2 мс Q = 10



СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

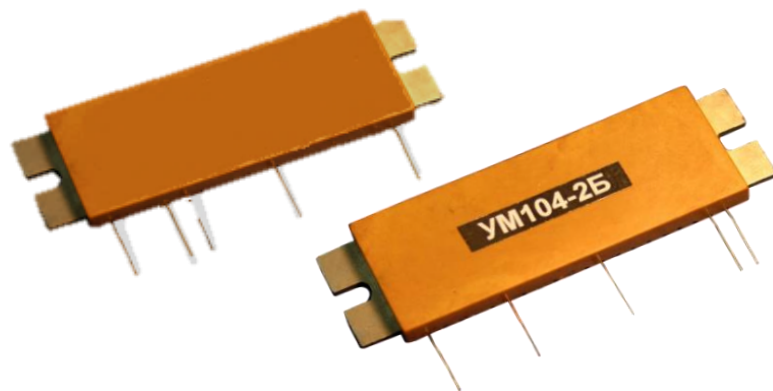
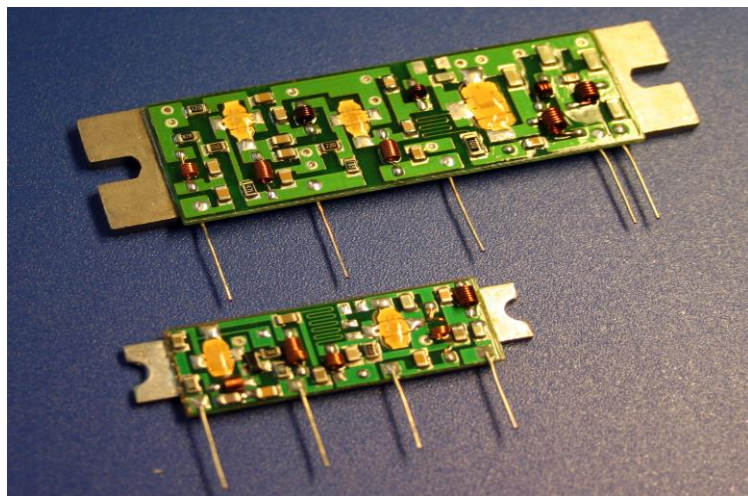
Усилитель мощности Догерти СВЧ диапазона



Параметр	Значение
Технология	LDMOS
Транзистор	КП9171БС
Рабочая частота	860 МГц
Средняя выходная мощность	180 Вт PAR= 8 dB
Коэффициент усиления	20 дБ
Напряжение питания	50 В

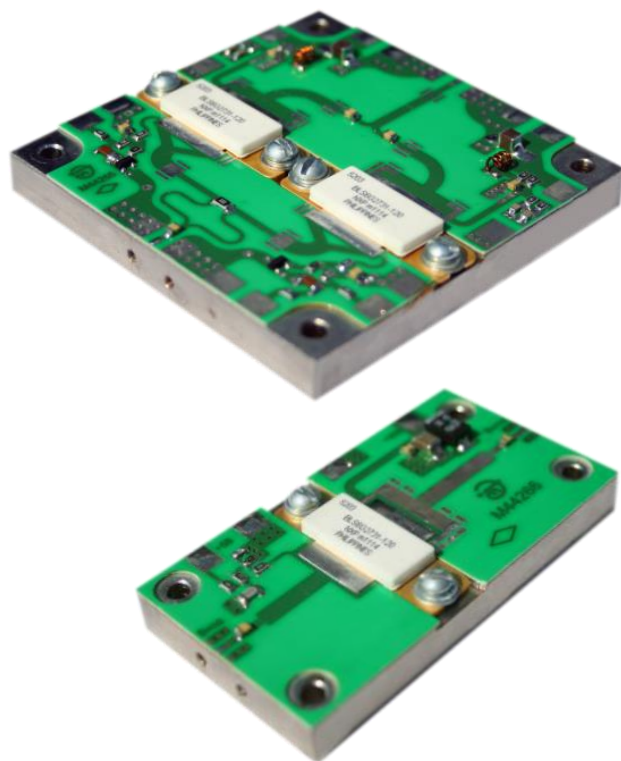
СОБСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ ВЧ/ СВЧ УМ АО «НИИЭТ»

*Усилители мощности в миниатюрном корпусе
(гибридные модули)*



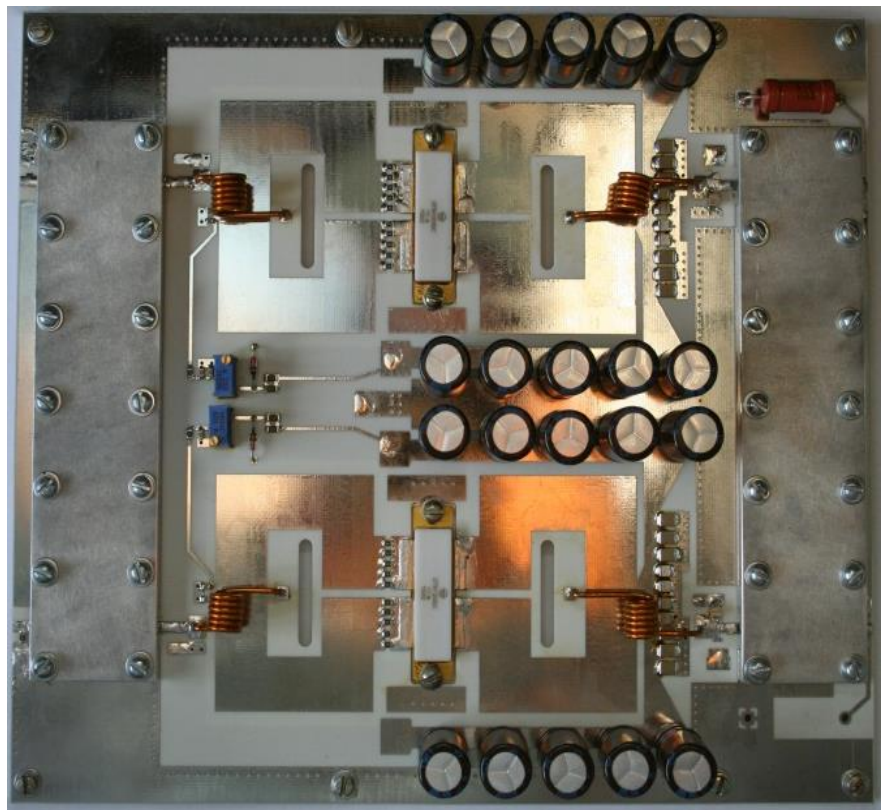
Характеристика	УМ131-1	УМ133-5	УМ140-12
Технология	LDMOS	LDMOS	GaN
Диапазон частот	1,5 – 30 МГц	1,5 – 520 МГц	960 – 1215 МГц
Выходная мощность	20 Вт	5 Вт	100 Вт ти=10мкс, Q=10
Входная мощность	20 мВт	20 мВт	100 мВт
Напряжение питания	28 В	28 В	50 В
Корпус	К-2 20×67×9 мм	К-2 20×67×9 мм	К-2В 20×67×9 мм

М44265, М44266 - ИМПУЛЬСНЫЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ (ПАМЕТ) S-ДИАПАЗОНА



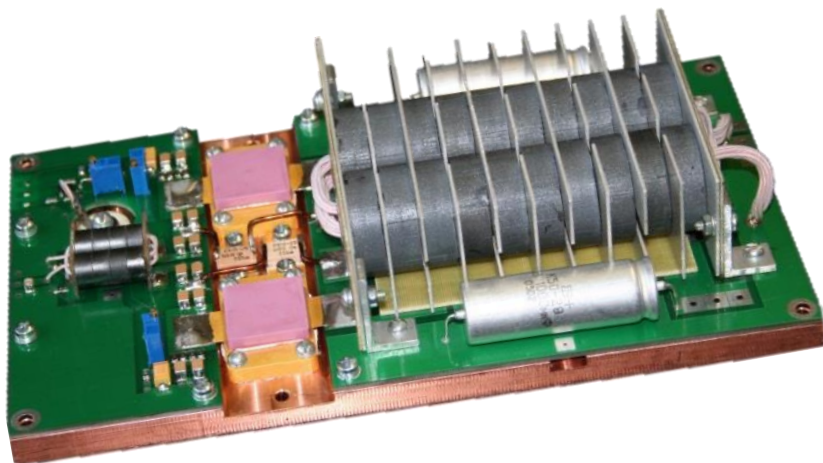
Полоса частот	2,7 – 3,1 ГГц
Выходная мощность	300; 80 Вт
Коэффициент усиления	8;10 дБ
Напряжение питания	35 В
Коэффициент полезного действия	30 %
Режим работы	Импульсный, $\tau_{\text{и}} = 500$ мкс, $Q = 10$

УМП148-2к – ИМПУЛЬСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ (ПАММЕТ) ОВЧ-ДИАПАЗОНА



Рабочая частота	148,5 МГц
Выходная мощность	2000 Вт
Коэффициент усиления	20 дБ
Напряжение питания	50 В
Коэффициент полезного действия	40 %
Режим работы	Импульсный, $\tau_n = 120 \text{ мкс}$, $Q = 500$

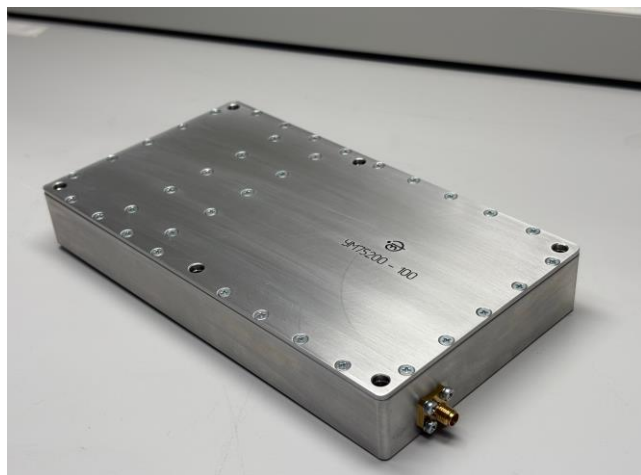
М421354 - УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ (ПАМЛЕТ) НЕПРЕРЫВНОГО РЕЖИМА ВЧ-ДИАПАЗОНА



Joint Stock Company Scientific Research Institute of Electronic

Полоса частот	1,5 – 30 МГц
Выходная мощность	1000 Вт
Коэффициент усиления	20 дБ
Напряжение питания	50 В
Коэффициент полезного действия	50 %
Уровень комбинационных составляющих	$\leq - 25$ дБ
Режим работы	непрерывный

УСИЛИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ СВЧ В ЭКРАНИРОВАННОМ КОРПУСЕ НА GaN-ТРАНЗИСТОРАХ



Характеристика	УМ0945-100	УМ3580-100	УМ75200-100	УМ200360-100
Технология / транзисторы	GaN ПП9139Б1 ПП9136А	GaN ПП9139Б1 ПП9136А	GaN ПП9138Б ПП9137А	GaN ПП9138Б ПП9137А
Диапазон частот	90 – 450 МГц	350 – 800 МГц	750 – 2000 МГц	2000 – 3600 МГц
Выходная мощность, не менее	100 Вт	100 Вт	100 Вт	100 Вт
Входная мощность	1 мВт	1 мВт	1 мВт	1 мВт
КПД, не менее	60%	55%	45%	45%
Напряжение питания	28 В	28 В	28 В	28 В
Корпус	120x70x30 мм	120x70x30 мм	200x110x30 мм	200x110x30 мм

ИМПУЛЬСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

УМ-15К

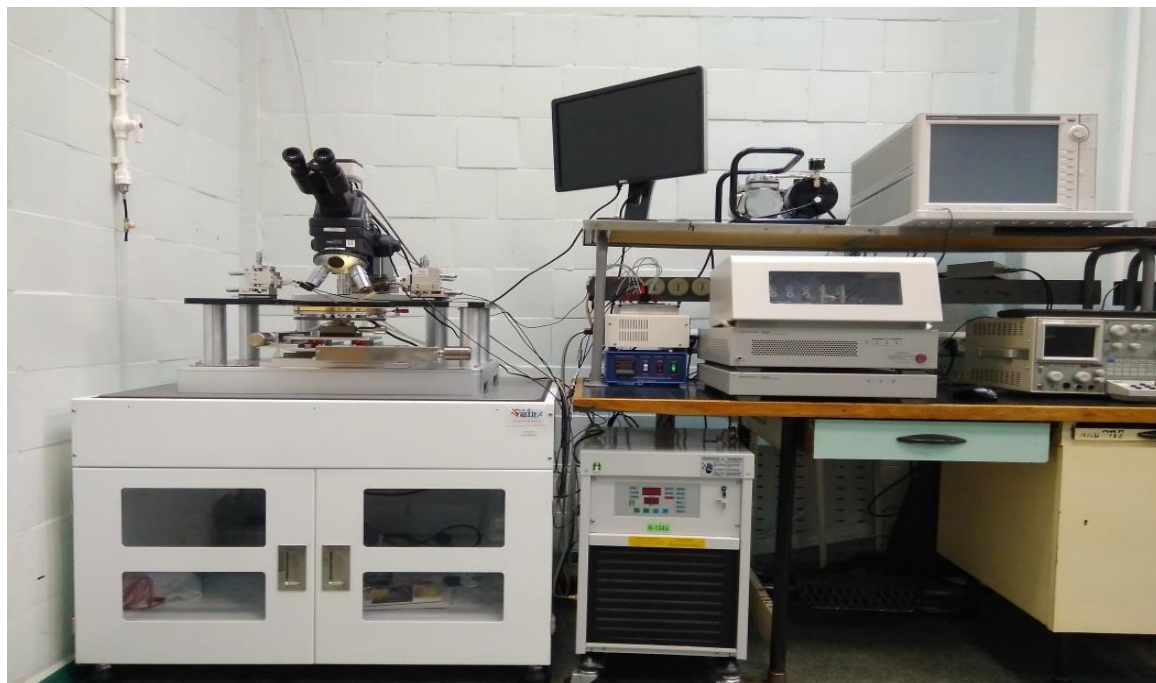


Рабочая частота	148,5 МГц
Выходная мощность	15 кВт
Коэффициент усиления	17 дБ
Напряжение питания	220 В -50Гц
Габариты	500 x 550 x 450 мм
Режим работы	Импульсный, $\tau_{\text{и}} = 120 \text{ мкс}$, $Q = 500$

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Рабочее место

измерения малосигнальных, статических и СВЧ-параметров большого сигнала



- Диапазон напряжений: от 0,5 мкВ до 3 кВ
- Диапазон токов: от 10 фА до 1500 А
- Максимальная импульсная мощность: до 22,5 кВт
- Прецизионное измерение электрической емкости на частотах от 1 кГц до 5 МГц с точностью 0,2 %: от 0,01 пФ до 1 мкФ



- Диапазон частот: 0,6 – 18 ГГц
- Максимальная непрерывная СВЧ-мощность: ≤ 400 Вт
- КСВН не менее 1:20

БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ!

 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 5.

 Приемная: +7 (473) 226-20-35
Отдел маркетинга и сбыта: +7 (473) 280-22-94

