

# Отечественные СВЧ-комплектующие на арсениде галлия

Виктор ДМИТРИЕВ  
argall@novgorod.net

Статья посвящена продукции предприятия ЗАО «НПП «Планета-Аргалл». Это одно из немногих отечественных предприятий, которое не только ведет новые разработки комплектующих — СВЧ-транзисторов, усилителей, защитных устройств, но и осуществляет их серийное производство по утвержденным техническим условиям в интересах разработчиков аппаратуры.

В работе [1] по состоянию на начало 2007 года автором был представлен обзор продукции отечественных предприятий, выпускающих транзисторные СВЧ-усилители (малошумящие, узкополосные и широкополосные) с рабочими частотами до 27 ГГц и выходной мощностью до 200 Вт.

Усилители НПП «Планета-Аргалл» в этом обзоре не нашли отражения, так как окончание разработок и начало их производства произошли позднее.

## Транзисторные усилители

В области транзисторных усилителей СВЧ-продукция НПП «Планета-Аргалл» [2] представлена малошумящими твердотельными квазимонолитными СВЧ-модулями [3] на арсениде галлия. В качестве активных усилительных элементов применяются кристаллы FET и *p*-HEMT серийных транзисторов или их модификаций собственного производства. Предприятие выпускает усилители в керамических малогабаритных негерметичных кор-

пусках с микрополосковыми или лепестковыми выводами с внутренними схемами согласования и смещения, обеспечивающими непосредственный монтаж в микрополосковые платы потребителя с последующей герметизацией.

Характеристики усилителей представлены в таблицах 1–5. На рис. 1 изображен модуль М 421301 (АПНТ.434810.058 ТУ). Размеры корпуса — 7,5×7,5×1,9 мм. На рис. 2 показан модуль М 52125 (АПНТ.434810.078 ТУ). Для этих модулей допустимая входная непрерывная мощность — не более 50 мВт. На рис. 3 — модуль М 52127 (АПНТ.434810.094 ТУ): допустимая входная непрерывная мощность — не более 10 мВт. На рис. 4 — модуль М 52126 (АПНТ.434810.093 ТУ): его входная непрерывная мощность — не более 12 мВт. На рис. 5 — модуль М 53214 (АПНТ.434840.022 ТУ): допустимая входная непрерывная мощность — не более 15 мВт. На рис. 6 — модуль М 52102 (СФЕК.434810.002 ТУ ГК): допу-

Таблица 1. Малошумящие усилители дм- и см-диапазонов

Наименование изделия	$\Delta f_p$ , ГГц	$K_{ш}$ , дБ (max)	$K_{ур}$ , дБ (min)	$\Delta K_{ур}$ , дБ (max)	$P_{\text{вх}}-1$ дБ, мВт (min)	$K_{\text{свн}}$ (вх./вых.)	$U_{\text{пит.}}/I_{\text{порр.}}$ , В/мА
М 421301А	1,5–3,5	1,5	18	3	5	2/2,5	6/60
М 421301Б	1,5–3,5	4	18	3	50	2/2,5	9/100
М 421301В	3–8	2,5	16	3	5	2/2,5	6/60
М 421301Г	33–8	4,0	16	3	30	2/2,5	9/100
М 421301Д	3–5	2,5	20	3	5	2/2,5	6/60
М 25125	0,8–3,5	3,5	16	4	50	2,5/2,5	9/150

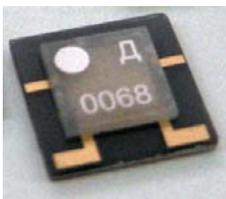


Рис. 1. Внешний вид модуля М 421301

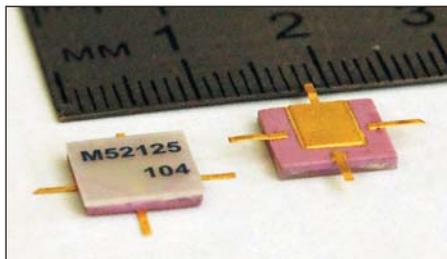


Рис. 2. Внешний вид модуля М 52125

Таблица 2. Малошумящий усилитель миллиметрового диапазона

Наименование изделия	$\Delta f_p$ , ГГц	$K_{ш}$ , дБ (max)	$K_{ур}$ , дБ (min)	$\Delta K_{ур}$ , дБ (max)	$P_{\text{вх}}-1$ дБ, мВт (min)	$K_{\text{свн}}$ (вх./вых.)	$U_{\text{пит.}}/I_{\text{порр.}}$ , В/мА
М 52127	33–37	4	20	3	5	2/2	+5/75 –5/28

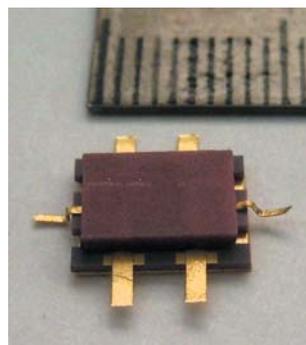


Рис. 3. Внешний вид модуля М 52127

Таблица 3. Усилитель мощности миллиметрового диапазона

Наименование изделия	$\Delta f_p$ , ГГц	$K_{ш}$ , дБ (max)	$K_{ур}$ , дБ (min)	$\Delta K_{ур}$ , дБ (max)	$P_{\text{вх}}-1$ дБ, мВт (min)	$K_{\text{свн}}$ (вх./вых.)	$U_{\text{пит.}}/I_{\text{порр.}}$ , В/мА
М 52126	33–37	–	13	3	150	2/2	+5/340 –5/38

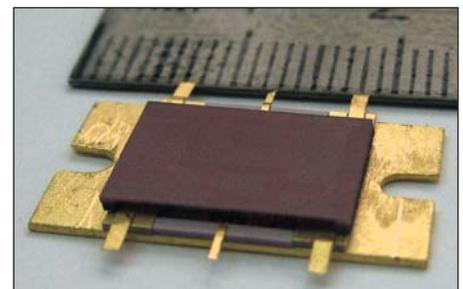


Рис. 4. Внешний вид модуля М 52126

Таблица 4. Преобразователь частоты

Наименование изделия	$\Delta f_{\text{шир}}, \text{МГц}$	$f = 33\text{--}37 \text{ ГГц}$				$K_{\text{СВН}} \text{ вк./К}_{\text{Ст}} \text{ Уг}$	$U_{\text{пит.}}/I_{\text{попр.}}, \text{В/мА}$
		$P_{\text{ГЕТ}}, \text{мВт}$	$K_{\text{ПЕР}}, \text{дБ мин.}$	$\Delta K_{\text{ур}}, \text{дБ (max)}$	$P_{\text{вых.}}, \text{мВт (min)}$		
М 53214А	74–200	10–30	13	3	8	2/2,5	9/95

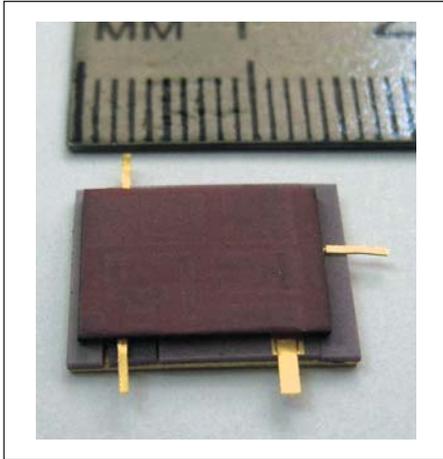


Рис. 5. Внешний вид модуля М 53214

Таблица 5. Малошумящие усилители со встроенной защитой от входной непрерывной СВЧ-мощности до 2 Вт

Наименование изделия	$\Delta f_{\text{р}}, \text{ГГц}$	$K_{\text{ш}}, \text{дБ (max)}$	$K_{\text{ур}}, \text{дБ (min)}$	$\Delta K_{\text{ур}}, \text{дБ (max)}$	$P_{\text{max}} - 1 \text{ дБ, мВт (min)}$	$K_{\text{СВН}} \text{ (вх./вых.)}$	$U_{\text{пит.}}/I_{\text{попр.}}, \text{В/мА}$
М 52102А	1,5–3,5	1,5	17	3	5	2/2,5	6/70
М 52102Б	1,5–3,5	4	17	3	50	2/2,5	9/120
М 52102В	3–8	2,5	15	3	5	2/2,5	6/70
М 52102Г	3–8	4	15	3	30	2/2,5	9/120
М 52102Д	3–5	2,5	19	3	5	2/2,5	6/70

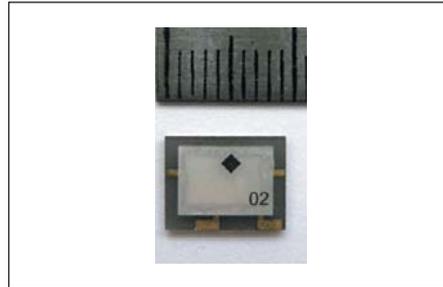


Рис. 6. Внешний вид модуля М 52102

Таблица 6. Защитные устройства

Наименование изделия	$\Delta f_{\text{р}}, \text{ГГц}$	$A_{\text{пр.}}, \text{дБ (max)}$	$P_{\text{вх.}}, \text{Вт}$	$P_{\text{вх.}}, \text{Вт}$	$P_{\text{прот. max}}, \text{мВт}$	$P_{\text{прот. мВт (max)}}$	$t_{\text{лат.}}, \text{нс (max)}$
М 54404	0,1–4	0,7	10	–	50	–	50
	4–6	1,5					
М 54405-1	0,1–6	0,7	1,7	10	–	20	50
М 54405-2	0,1–12,5	1					
М 54405-3	9,4–10,6	0,7					

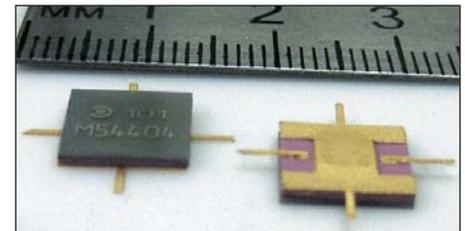


Рис. 7. Внешний вид модуля М 54404

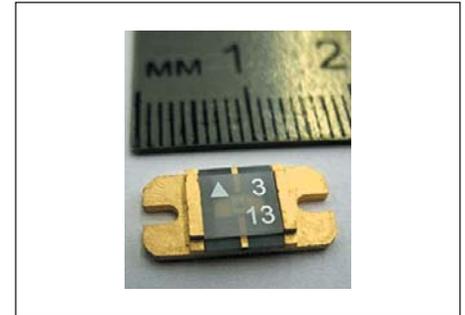


Рис. 8. Внешний вид модуля М 54405

стимая входная непрерывная мощность — не более 2 Вт.

**Защитные устройства**

Кроме транзисторных СВЧ-усилителей, предприятие поставляет потребителям автономные, не требующие питания и внешнего согласования защитные устройства. Эти устройства представляют собой монолитные схемы нескольких каскадов встречно включенных диодов Шоттки на арсениде галлия, что обеспечивает их устойчивость к высокому

уровню входной СВЧ-мощности, быстродействию и малую просачивающуюся мощность.

Защитные устройства могут поставляться в негерметичных керамических корпусах и в виде отдельных кристаллов с контактными площадками для внешних присоединений. Обратная сторона кристалла имеет гальваническое покрытие золотом для монтажа кристаллов в схему потребителя на токопроводящий компаунд.

Характеристики защитных устройств представлены в таблице 6, а внешний вид — на рис. 7, 8.

Модуль М 54404 (АПНТ.434820.010 ТУ) конструктивно выполнен в корпусе для по-

верхностного монтажа и характеризуется диапазоном рабочих частот от 0,1 до 6 ГГц и допустимой входной непрерывной мощностью до 10 Вт.

Модуль М 54405 (АПНТ.434820.009 ТУ) тремя литерами перекрывает диапазон частот от 0,1 до 12,5 ГГц при допустимой входной импульсной мощности до 10 Вт и непрерывной мощности до 1,7 Вт.

**СВЧ-транзисторы**

С 2007 года также расширился перечень выпускаемых малошумящих СВЧ-транзисторов на арсениде галлия. В серийном производстве освоены транзисторы с расширенным динамическим диапазоном — 3П618 и 3П397. Уровень выходной мощности при нормированном значении входной мощности составляет:

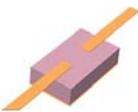
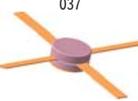
- 500 мВт на частоте  $f = 1,0 \text{ ГГц}$  — 3П618А;
- 250 мВт на частоте  $f = 2,0 \text{ ГГц}$  — 3П618Б;
- 150 мВт на частоте  $f = 4,0 \text{ ГГц}$  — 3П618В;
- 100 мВт на частоте  $f = 8,0 \text{ ГГц}$  — 3П618В;
- 30 мВт на частоте  $f = 6,0 \text{ ГГц}$  — 3П397А.

Также освоены в производстве малошумящие р-НЕМТ-транзисторы 3П398, четырьмя литерами перекрывающие диапазон частот от 4 до 35 ГГц.

Таблица 7. Малошумящие СВЧ-транзисторы двойного применения

Наименование изделия	$\Delta f_{\text{р}}, \text{ГГц}$	$f_{\text{изм}}, \text{ГГц}$	Значения электрических параметров ( $T = 25 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ )				Корпус	
			$K_{\text{ш min}}, \text{дБ (max)}$	$K_{\text{ур опт}}, \text{дБ (min)}$	$S, \text{мА/В (min)}$	$P_{\text{вых.}}, \text{мВт (min)}$		$P \text{ (рассеяния)}, \text{мВт}$
ЗП 398А-2	4–18	8	0,4 (тип.)	$K_{\text{ур max}} 12,9$	60	–	50	023
ЗП 398Б-2	4–18	12	0,45 (тип.)	$K_{\text{ур max}} 12,9$	30	–	50	
ЗП 373А-2	1–8	4	0,4	11,5	30	–	100	
ЗП 373Б-2			0,5	11				
ЗП 373В-2			0,6	10				
ЗП 374А-2	4–18	12	0,85	9	15	–	35	022
ЗП 374Б-2			1	10				
ЗП 374В-2			1,2	8,5				
ЗП 397А-2	0,1–6	0,1–6	0,3	16	30	–	200	010
ЗП 398В-2	12–25	18	0,95 (тип.)	$K_{\text{ур max}} 11,3$	24	30	50	
ЗП 385А-2	12–25	18	0,8	9,5	15	–	35	023
ЗП 385Б-2			1	10				
ЗП 385В-2			1,2	8,5				
ЗП 618А-2	0,5–4	0,5–1	0,3	18	60	500	1000	023
ЗП 618Б-2			2	15				
ЗП 386А-2	18–30	25	1,05	8	10	5	30	010
ЗП 386Б-2			1,25	7,5				
ЗП 386В-2			1,5	7				
ЗП 398Г-2			30	0,8 (тип.)				
ЗП 618В-2	1–10	4	0,7	12	60	150	300	023
			8	1,5				
ЗП 389А-2	25–40	37	2,5	6	5	–	20	023
ЗП 389А-5			2	6,5				

Таблица 8. Малошумящие СВЧ-транзисторы

Наименование изделия	$\Delta f_p$ , ГГц	$f_{max}$ , ГГц	Значения электрических параметров ( $T = 25 \pm 10^\circ\text{C}$ )				Корпус	
			$K_{Ш\text{ мин}}$ , дБ (max)	$K_{УР\text{ опт}}$ , дБ (min)	$S$ , мА/В (min)	$P_{\text{вых}}$ , мВт (min)		$P$ (рассеяния), мВт
АП605А-2	0,3–8	8	3,5	5	30	75	450	
АП605А1-2			2	6	40	100		
АП605А2-2			1,5	7	50	150		
АП331А-2	1–14	10	2,5	8	15	30	250	
АП331А1-2			2	8	30	40		
АП331А2-2			1,5	8	30	30		
АП339А-2	1–18	10	2,4	10	7	25	250	
		18	4	5		15		
АП390А-2 (двухзатворный)	1–12	8	2	13	20	50		
		12	3	11				

В номенклатуру транзисторов входит освоенный в серийном производстве двухзатворный транзистор АП390А с  $K_{Ш} = 2$  дБ на частоте 8 ГГц и  $K_{Ш} = 3$  дБ на частоте 12 ГГц.

Параметры транзисторов представлены в таблицах 7–9.

Транзисторы выпускаются серийно и поставляются в негерметичных металлокерамических корпусах (табл. 7, 8) и в виде разделенных кристаллов (5-я модификация).

Малая длина затвора (0,25–0,3 мкм), широкий спектр типонаименований транзисторов, отличающихся конструкцией корпуса и таким конструктивным параметром кристалла, как ширина затвора, который изменяется

от 40 до 2000 мкм, предоставляет потребителю возможность выбора транзисторов с оптимальными характеристиками для требуемого диапазона рабочих частот.

### Заключение

Вся приведенная в статье продукция освоена в производстве. Вновь разработанные изделия уже используются при разработке современной аппаратуры, а ранее разработанные изделия успешно применяются в серийном приборостроении. Номенклатура выпускаемой продукции, уровень электрических параметров изделий позволяют

Таблица 9. Обозначение технических условий на транзисторы

Тип изделия	Обозначение ТУ
ЗП373А, Б, В	АЕЯР.432150.123 ТУ (Д1)
ЗП374А, Б, В	АЕЯР.432150.124 ТУ (Д1)
ЗП385А, Б, В	АЕЯР.432150.166 ТУ (Д1)
ЗП386А, Б, В	АЕЯР.432150.218 ТУ
ЗП389А	АЕЯР.432150.359 ТУ
ЗП397А	АЕЯР.432140.498 ТУ
ЗП398А, Б, В, Г	АЕЯР.432140.520 ТУ
ЗП618А, Б, В	АЕЯР.432150.301 ТУ
АП331А	аАО.336.696 ТУ
АП339А	АДБК.432140.048 ТУ
АП390А	АДКБ.432140.373 ТУ
АП605А	АДБК.432140.078 ТУ

на основе отечественной ЭКБ создавать СВЧ-радиоэлектронное оборудование с высокими электрическими и надежностными характеристиками в диапазоне частот от 0,1 до 37 ГГц. ■

### Литература

1. Карпов Ю. Отечественные транзисторные СВЧ-усилители // Компоненты и технологии. 2007. № 1.
2. [www.argall.ru](http://www.argall.ru)
3. Мякишев Ю., Гуляев В., Журавлев К. Квази-монокристалльные интегральные СВЧ-схемы: технология и приборы // Электроника: НТБ. 2006. № 6.