

# СВЧ ТРАНЗИСТОРЫ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»

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

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



# СВЧ ТРАНЗИСТОРЫ ПРОИЗВОДСТВА АО «НИИЭТ»



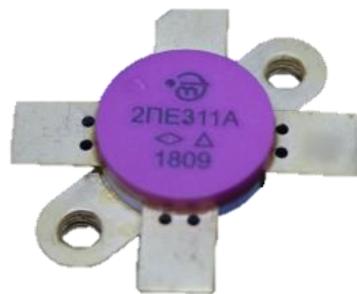
Кремниевые биполярные  
(RF Power BJT)

$P_{\text{вых}}$  до 650 Вт  
 $f$  до 1.55 ГГц  
 $U_{\text{пит}}$  – 7.5, 12.5, 28, 50 В



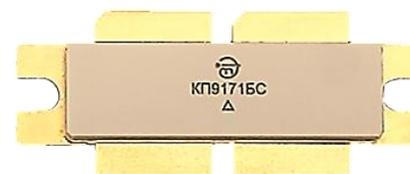
Кремниевые полевые  
(RF Power VDMOS FET)

$P_{\text{вых}}$  до 150 Вт  
 $f$  до 500 МГц  
 $U_{\text{пит}}$  – 12.5, 28, 50 В



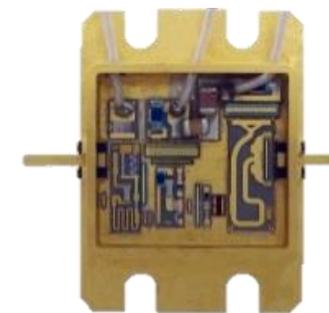
Кремниевые полевые  
(RF Power LDMOS FET)

$P_{\text{вых}}$  до 1 200 Вт  
 $f$  до 1,55 ГГц  
 $U_{\text{пит}}$  – 28, 50 В



Нитрид-галлиевые  
на подложке карбида кремния  
(GaN-on-SiC)

$P_{\text{вых}}$  до 400 Вт  
 $f$  – 1,6-8,5 ГГц  
 $U_{\text{пит}}$  – 28, 50 В



# СВЧ LDMOS-ТРАНЗИСТОРЫ

Поколения мощных СВЧ LDMOS-транзисторов (технологические различия)

Поколение	1	2	3	4	5	6
НИР/ОКР	Локомотив	Основа-Пламя-НИИЭТ	Дискрет-6	Дискрет-19	Планка	LDMOS-DTV
Год появления	2006	2013	2013	2014	2023	2024
Напряжение питания	28 В	28 В	50 В	50 В	50 В	50 В
Мин. топ. размер	1,8 мкм	0,18 мкм	0,18 мкм	0,18 мкм	0,18 мкм	0,18 мкм
Система металлизации	1 слой ( $D = 1 \text{ мкм}$ )	3 слоя ( $D_{\text{макс}} = 1 \text{ мкм}$ )	4 слоя ( $D_{\text{макс}} = 1 \text{ мкм}$ )	5 слоев ( $D_{\text{макс}} = 3 \text{ мкм}$ )	5 слоев ( $D_{\text{макс}} = 3 \text{ мкм}$ )	5 слоев ( $D_{\text{макс}} = 5 \text{ мкм}$ )
Полевой электрод	Нет	Металл Al 1	Металл Al 1	Металл Al 1	Металл Al 1 Слой TiN	3 слоя TiN
LDD-область	равномерная	равномерная	равномерная	равномерная	равномерная	Сложная (4 профиля)
MIM-конденсатор	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да

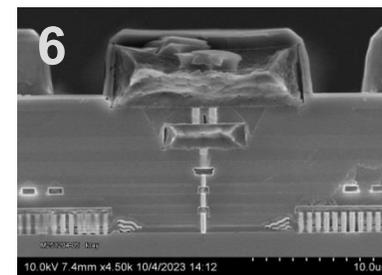
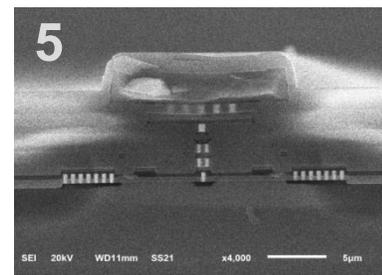
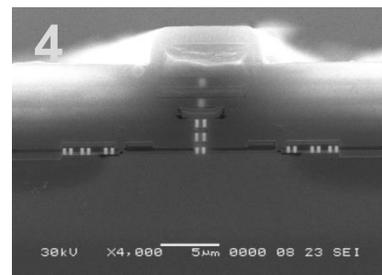
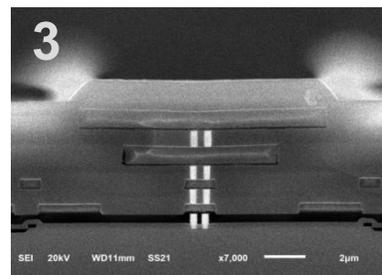
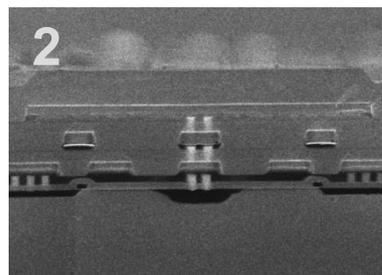
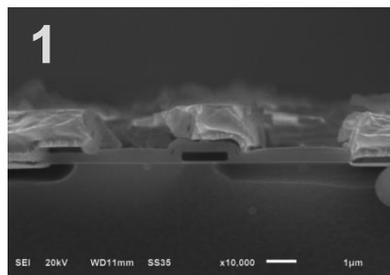
Ориентировочное соответствие поколений LDMOS-транзисторов

Поколение АО «НИИЭТ»	1	2	3	4	5	6	...
Поколение Ampleon / NXP	1	2	3	5	7	9-10	11

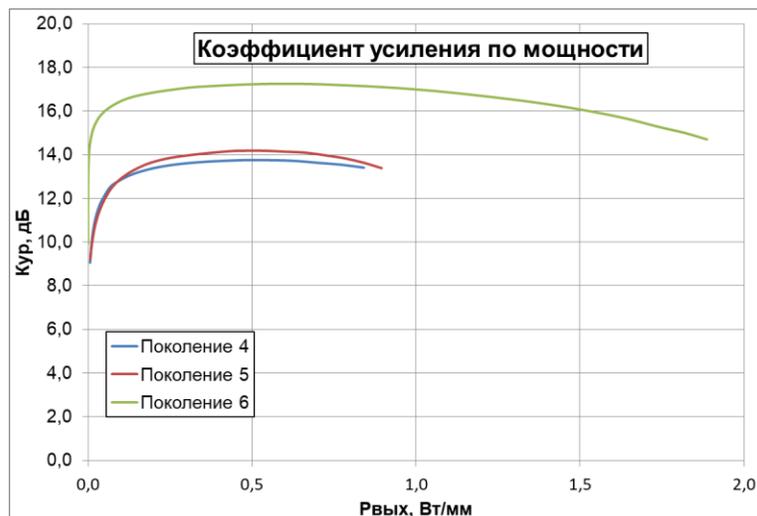
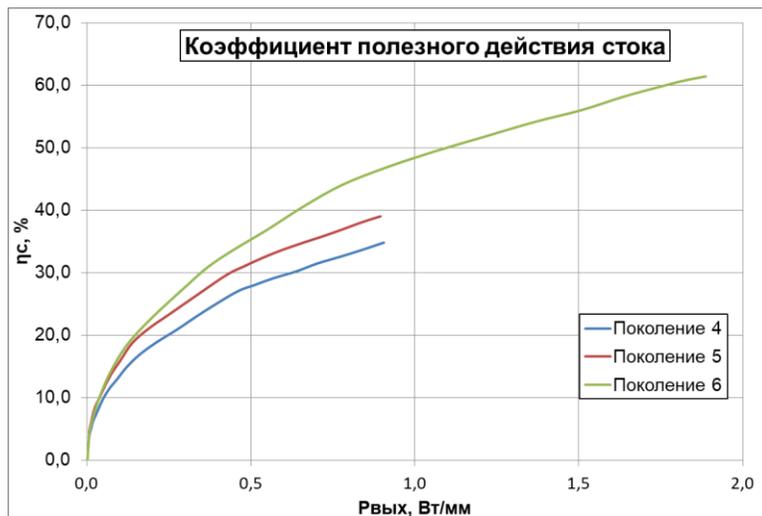
# ПОКОЛЕНИЯ СВЧ LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

Удельные электрические параметры мощных СВЧ LDMOS-транзисторов по поколениям

Наименование параметра	1 поколение	2 поколение	3 поколение	4 поколение	5 поколение	6 поколение	11 поколение ф. Ampleon
Ток стока насыщения, А/мм	0,190	0,190	0,191	0,194	0,205	0,216	0,212
Крутизна, А/(В*мм)	0,014	0,013	0,039	0,039	0,054	0,101	0,086
Сопротивление сток-исток в отк. сост., Ом*мм	52,50	29,90	30,51	30,62	22,77	21,00	20,42
Емкость сток-исток, пФ/мм	1,429	0,739	0,357	0,350	0,329	0,29	0,28
Емкость сток-затвор, фФ/мм	166,67	16,087	3,43	3,38	10,14	2,8	3,0
Емкость затвор-исток, пФ/мм	0,714	0,448	0,594	0,594	0,592	1,13	0,99



# РАДИОЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЧ LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ



\* радиочастотные параметры измерены на частоте 1550 МГц в импульсном режиме:  
τ<sub>и</sub> = 3,5 мс, Q = 10 (настройка на максимальную выходную мощность)

# РАЗНОВИДНОСТИ СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ

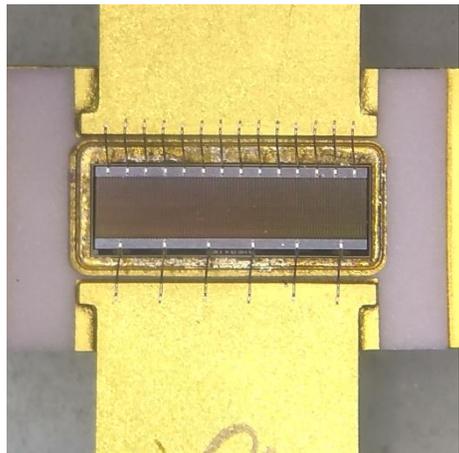


Фото несогласованного  
LDMOS-транзистора

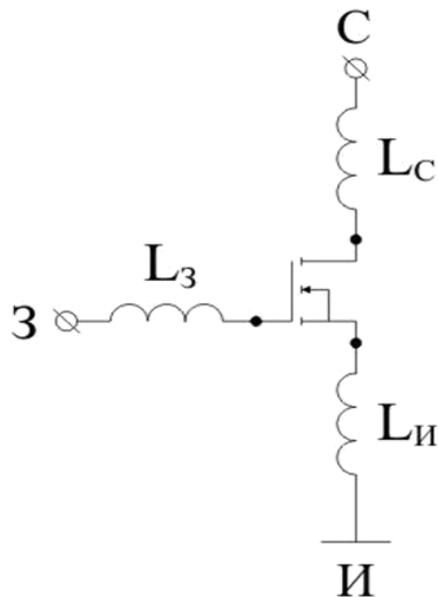


Схема несогласованного  
LDMOS-транзистора

Несогласованные

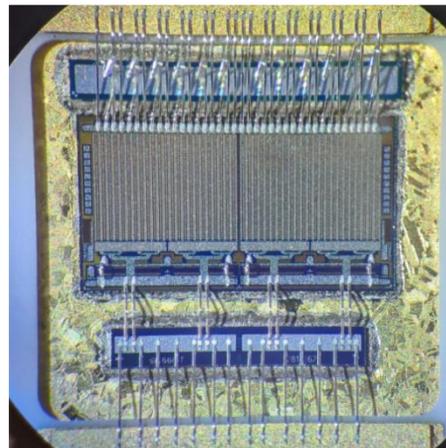


Фото согласованного  
LDMOS-транзистора

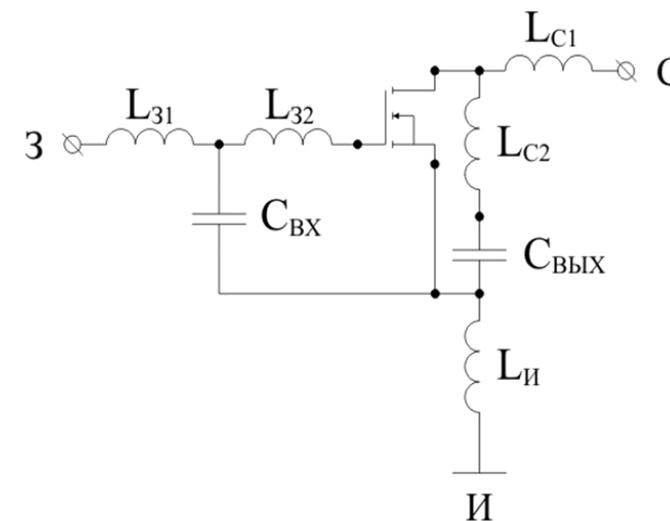
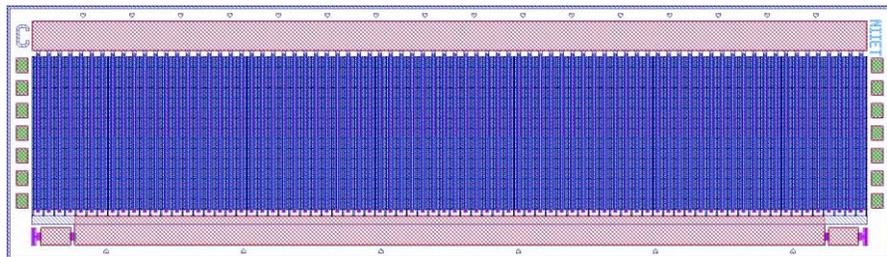


Схема согласованного  
LDMOS-транзистора

Согласованные

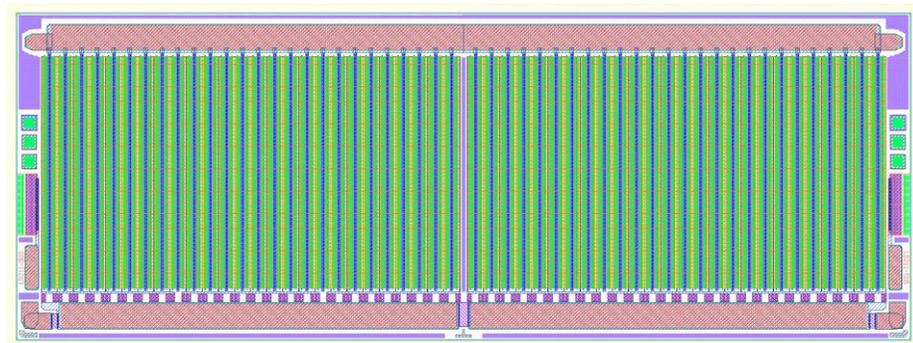
# РАЗНОВИДНОСТИ СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ

Импульсные

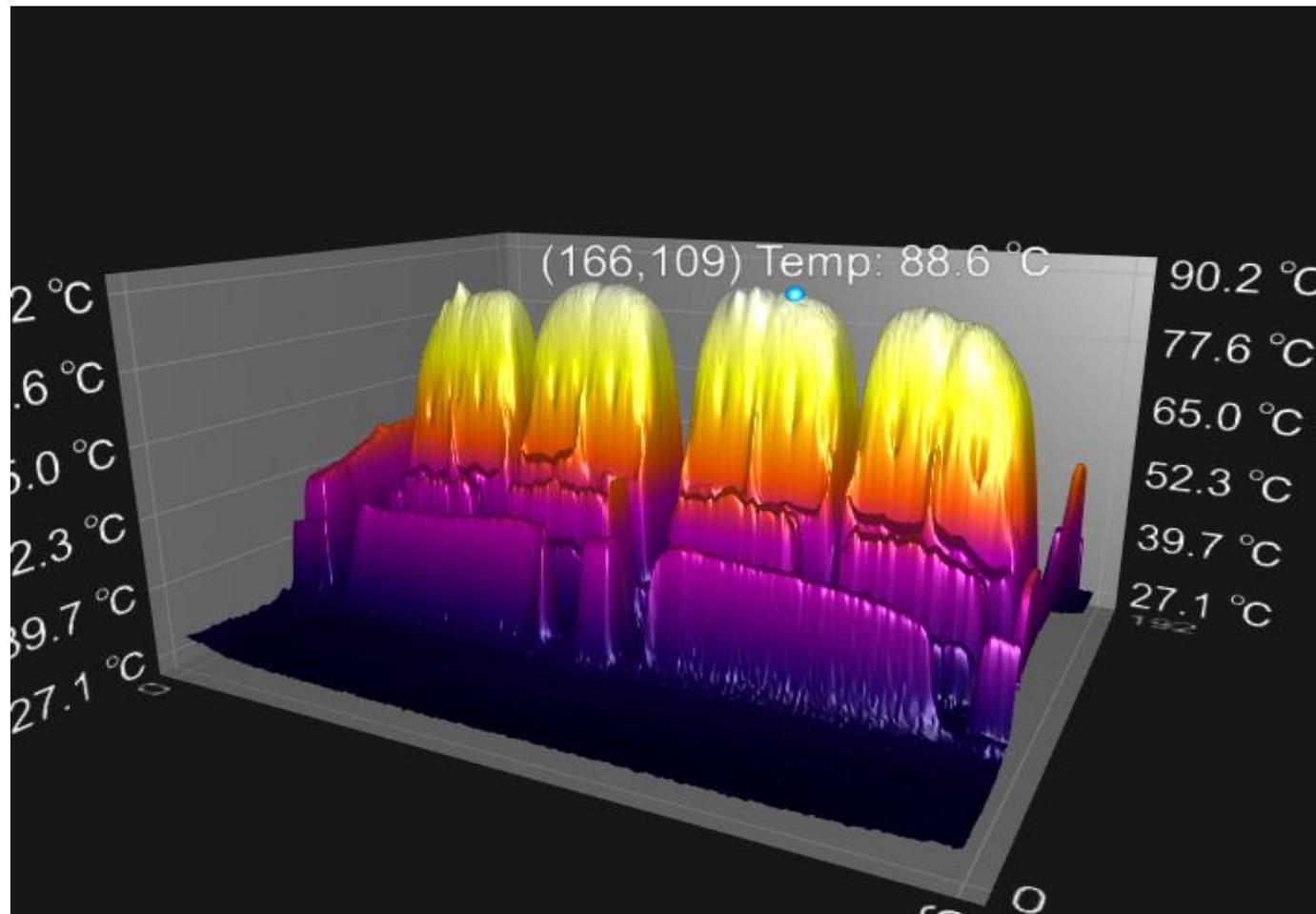


*Топология СВЧ LDMOS-транзисторного  
кристалла для импульсного режима работы*

Неимпульсные  
(для непрерывного режима работы)



*Топология СВЧ LDMOS-транзисторного  
кристалла для непрерывного режима работы*



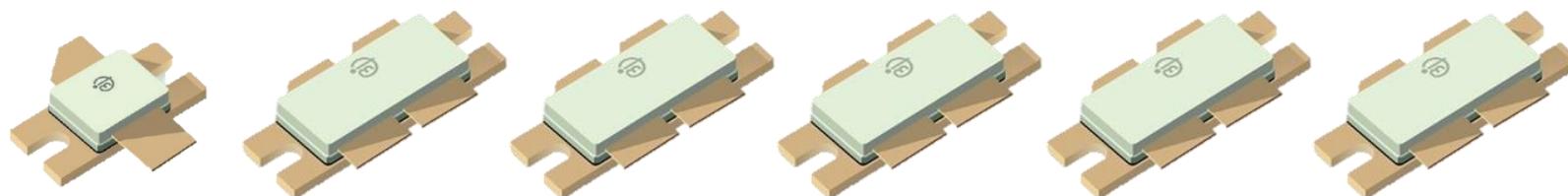
*3D-распределение температуры на поверхности  
СВЧ LDMOS-транзистора*

# СВЧ LDMOS-ТРАНЗИСТОРЫ ДЛЯ ПЕРЕДАТЧИКОВ ЦИФРОВОГО ЭФИРНОГО ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

КП9171А	КП9171БС	КП9171ВС	КП9171ГС	КП9169АС	КП9169БС
$P_{\text{ВЫХ ПО}} = 140 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 860 \text{ МГц}$ $K_{\text{УР}} = 20 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 45 \%$ $M_3 = -30 \text{ дБ}$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ CW	$P_{\text{ВЫХ}} = 180 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 550 \text{ МГц}$ $K_{\text{УР}} = 18,6 \text{ дБ}$ $\text{IMD}_{\text{SHLDR}} = -33 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 50 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ CW	$P_{\text{ВЫХ}} = 135 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 700 \text{ МГц}$ $K_{\text{УР}} = 19 \text{ дБ}$ $\text{IMD}_{\text{SHLDR}} = -25 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 30 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ CW	$P_{\text{ВЫХ И}} = 1200 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 500 \text{ МГц}$ $K_{\text{УР}} = 18 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 50 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 10$ $T_{\text{и}} = 2 \text{ мс}$	$P_{\text{ВЫХ И}} = 250 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 1,2, 1,4 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 12 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 45\%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 5$ $T_{\text{и}} = 4 \text{ мс}$	$P_{\text{ВЫХ И}} = 500 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 1,2, 1,4 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 12 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 45\%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 5$ $T_{\text{и}} = 4 \text{ мс}$
КТ-55С-1	КТ-103А-2	КТ-103А-2	КТ-103А-2	КТ-103А-2	КТ-103А-2

Отличительные особенности:

Транзисторы разработаны под требования для передатчиков сигнала стандартов DVB-T/DVB-T2 с учетом обеспечения высоких значений коэффициента усиления по мощности и коэффициента полезного действия.



АДКБ.432140.603 ТУ – утверждены  
Серийное производство – освоено

# СЛЕДУЮЩЕЕ ПОКОЛЕНИЕ LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

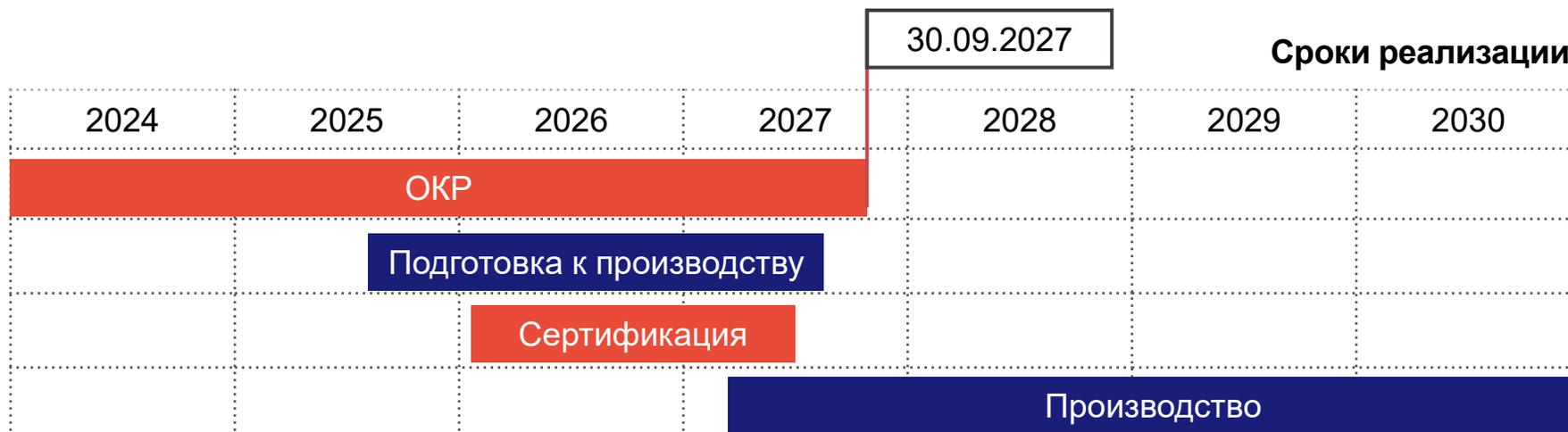
Мощный импульсный LDMOS-транзистор **КП9172АС** - выходная импульсная мощность 1000 Вт при напряжении питания 50 В на частоте 860 МГц

Мощный импульсный LDMOS-транзистор **КП9172БС** - выходная импульсная мощность 1000 Вт при напряжении питания 50 В в полосе частот 960 – 1215 МГц

Мощный импульсный LDMOS-транзистор **КП9172ВС** - выходная импульсная мощность 800 Вт при напряжении питания 50 В в полосе частот 1200 – 1400 МГц

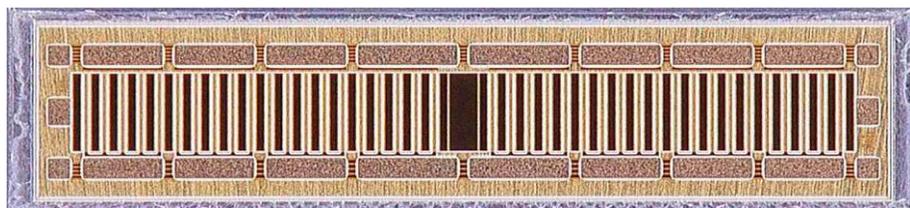
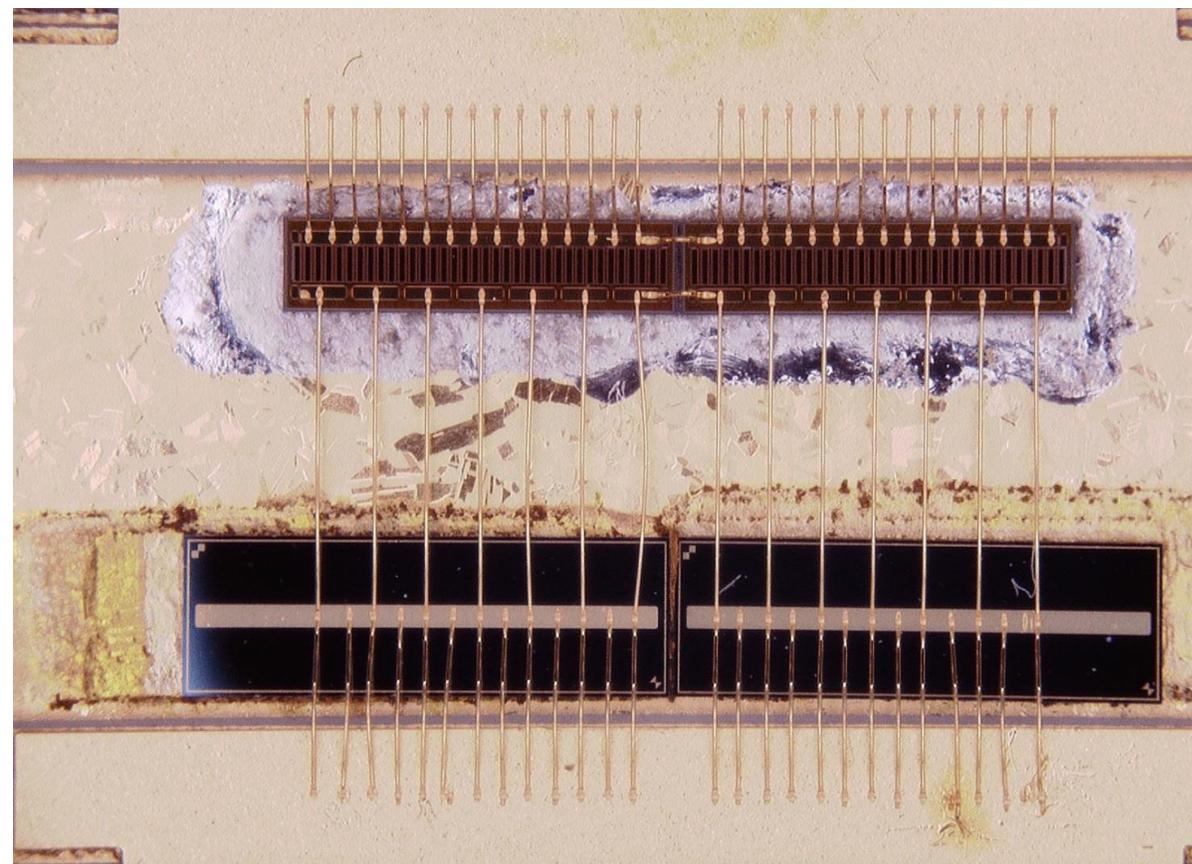
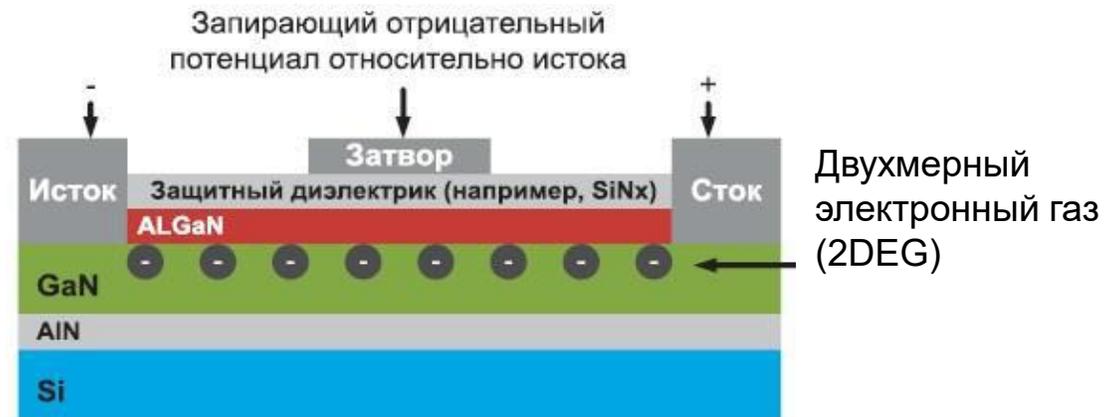
Мощный импульсный LDMOS-транзистор **КП9172ГС** - выходная импульсная мощность 900 Вт при напряжении питания 50 В в полосе частот 1450 – 1550 МГц

Мощный импульсный LDMOS-транзистор **КП9172ДС** - выходная импульсная мощность 350 Вт при напряжении питания 30 В на частоте 2900 МГц



# **GaN-ТРАНЗИСТОРЫ АО «НИИЭТ»**

# СВЧ GaN-ТРАНЗИСТОРЫ



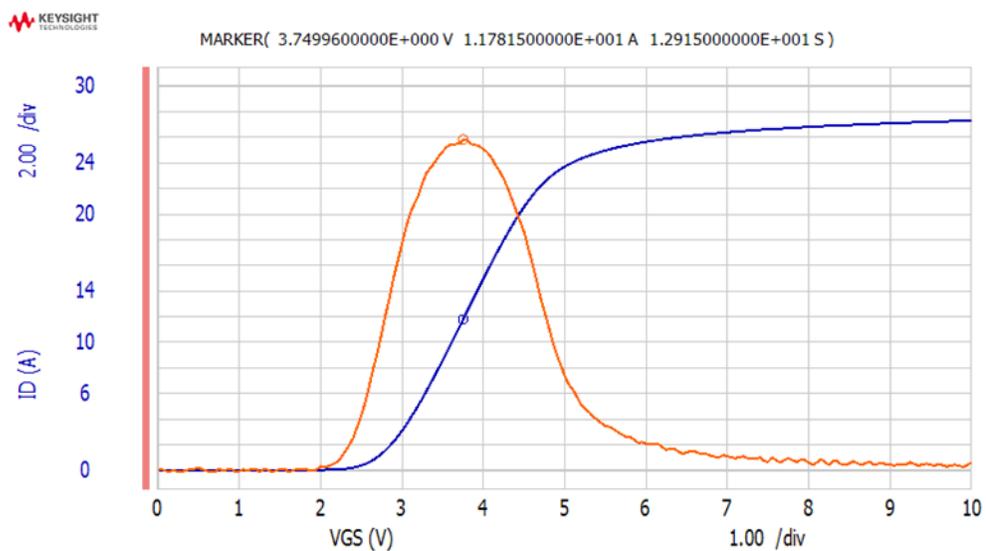
Топология СВЧ GaN-транзисторного кристалла

Фото разварки СВЧ GaN-транзистора

# ОТЛИЧИЯ СВЧ GaN- и LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

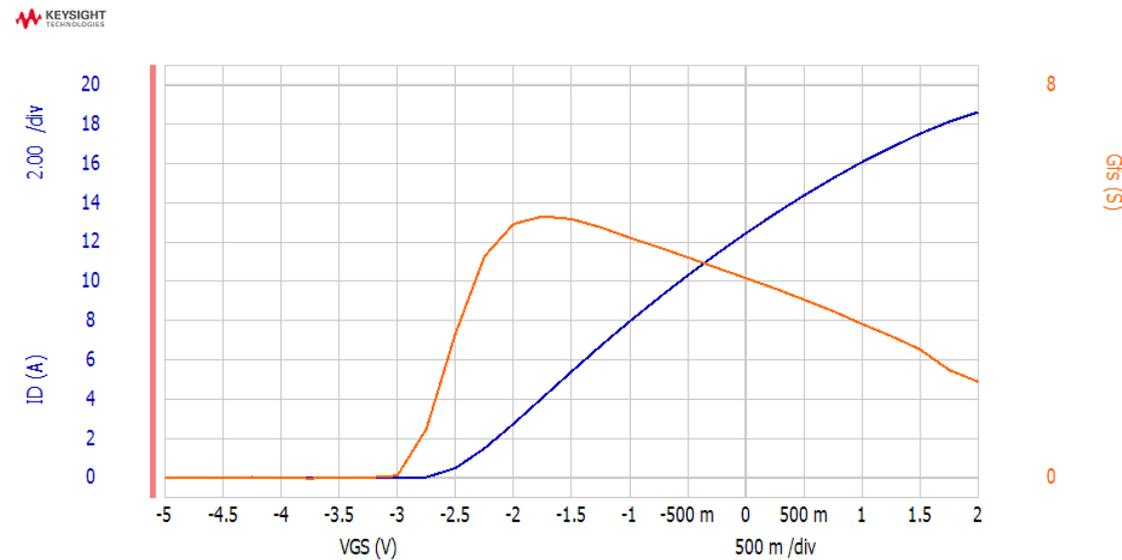
## Особенности эксплуатации

### LDMOS-транзисторы



Переходная ВАХ LDMOS-транзистора

### GaN-транзисторы

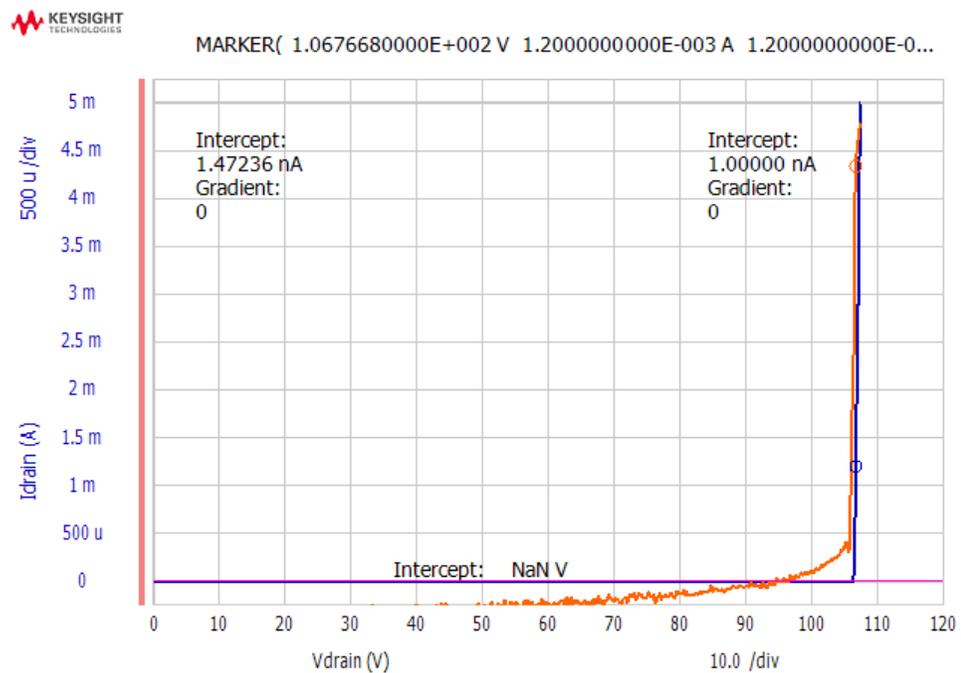


Переходная ВАХ GaN-транзистора

# ОТЛИЧИЯ СВЧ GaN- и LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

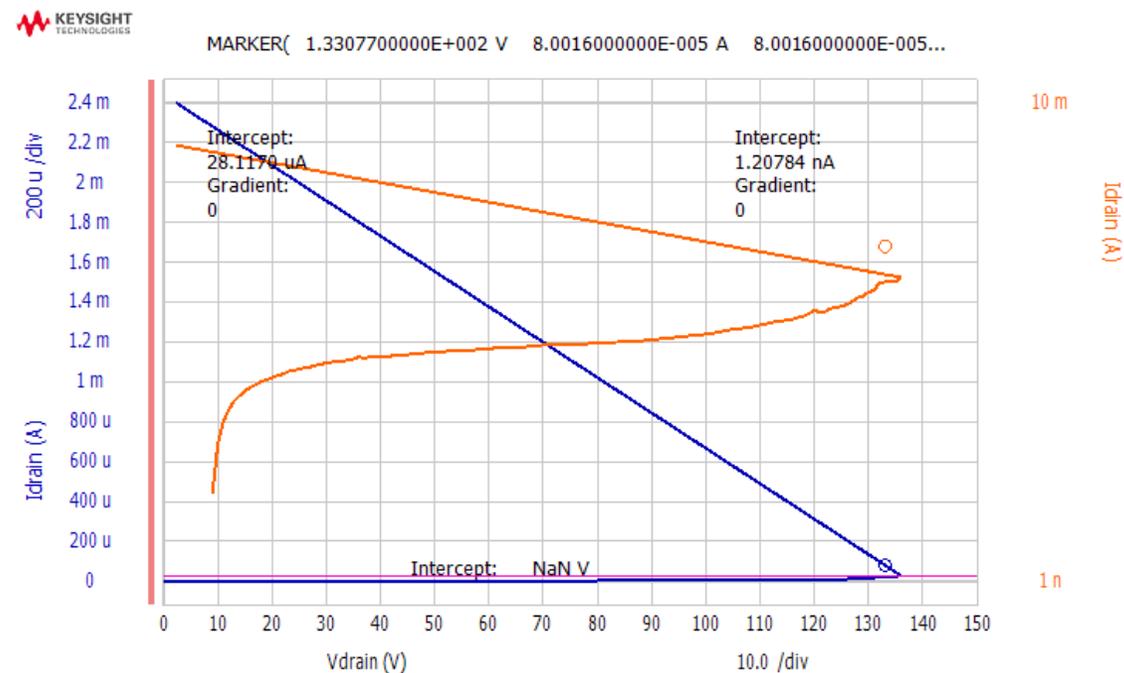
## Особенности эксплуатации

### LDMOS-транзисторы



Пробой LDMOS-транзистора

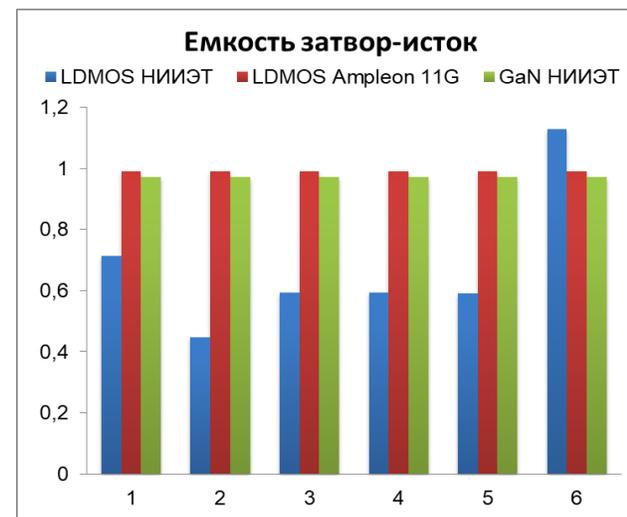
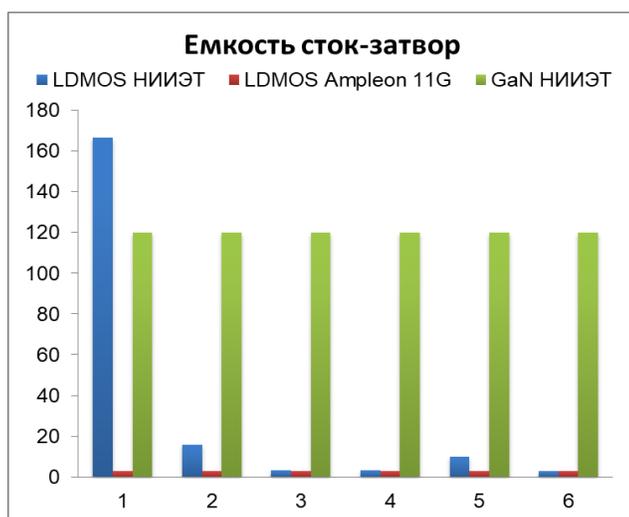
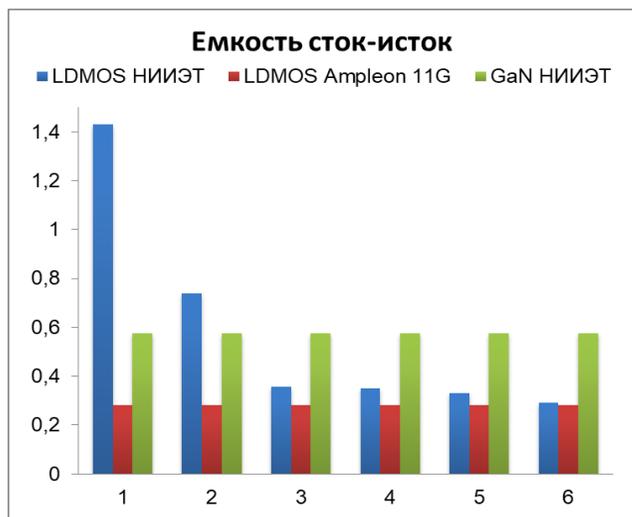
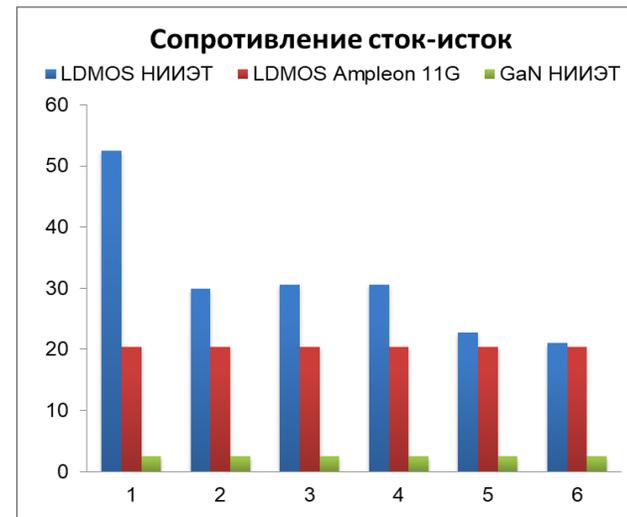
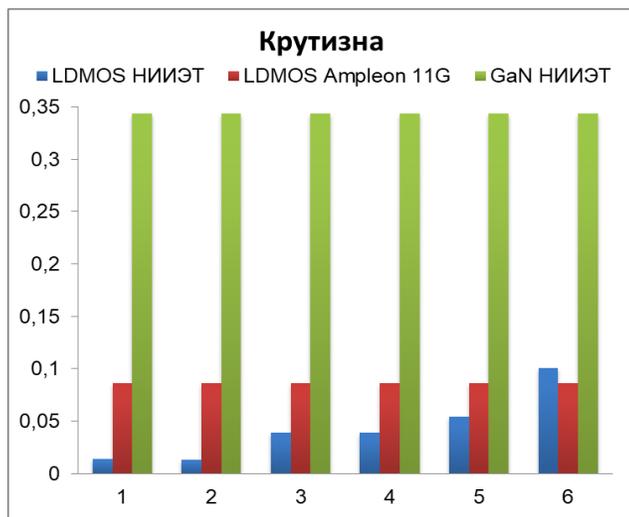
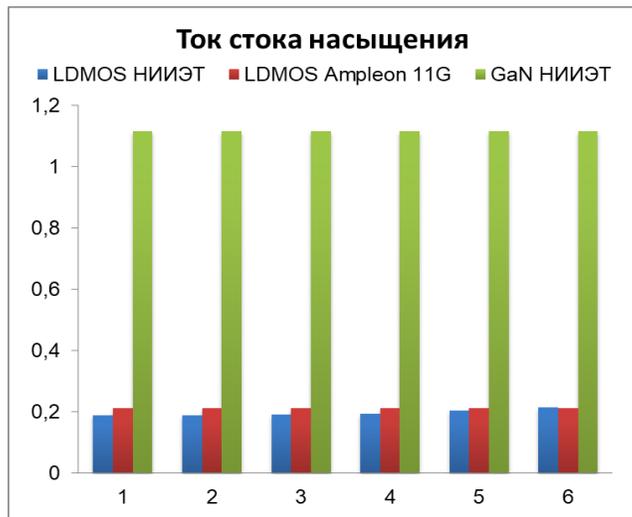
### GaN-транзисторы



Пробой GaN-транзистора

# ОТЛИЧИЯ СВЧ GaN- и LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

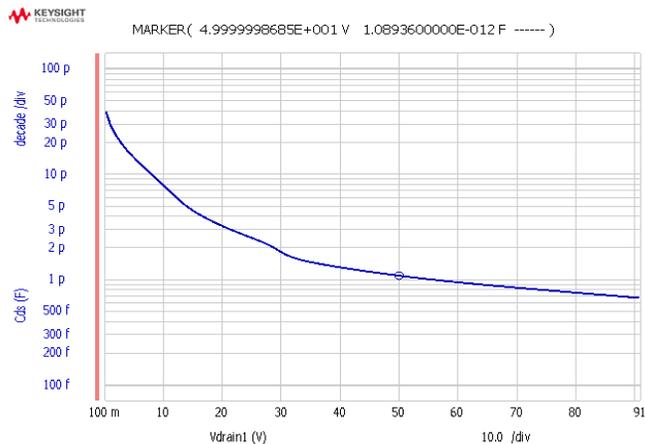
Удельные электрические параметры



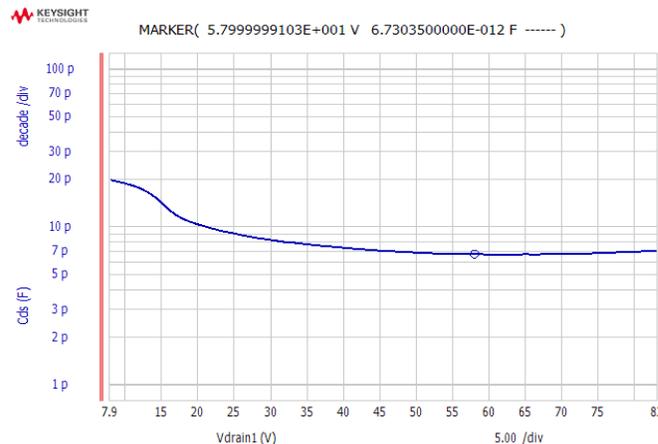
# ОТЛИЧИЯ СВЧ GaN- и LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

Поведение межэлектродных емкостей

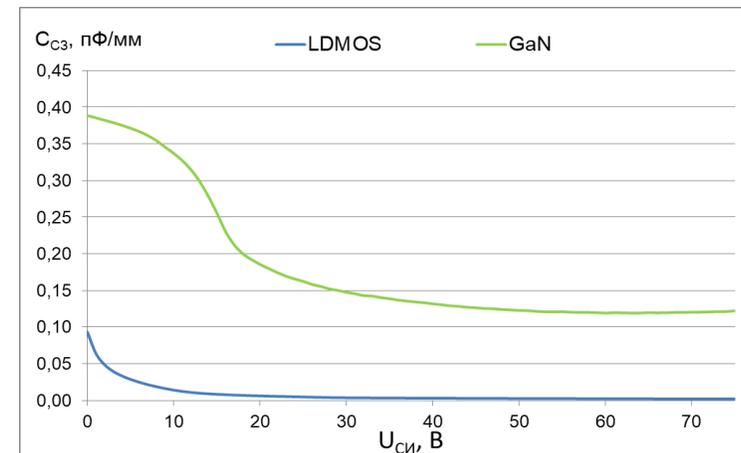
## LDMOS-транзисторы



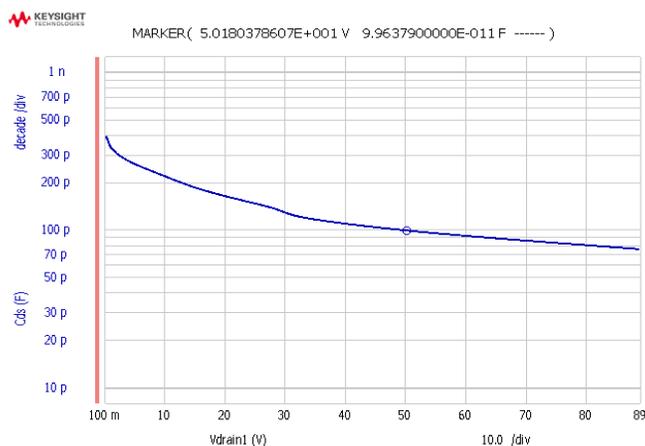
## GaN-транзисторы



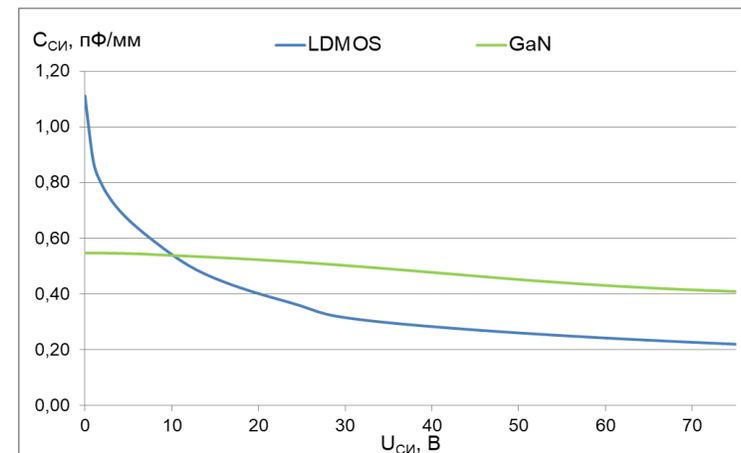
## Удельные LDMOS vs GaN



*Зависимость емкости сток-затвор от напряжения сток-исток*



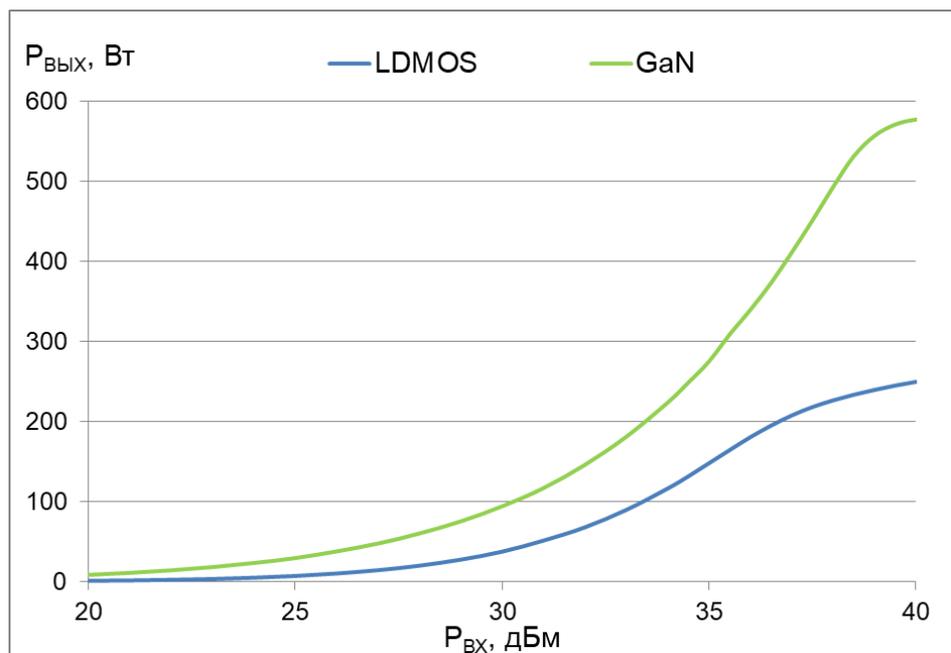
*Зависимость емкости сток-исток от напряжения сток-исток*



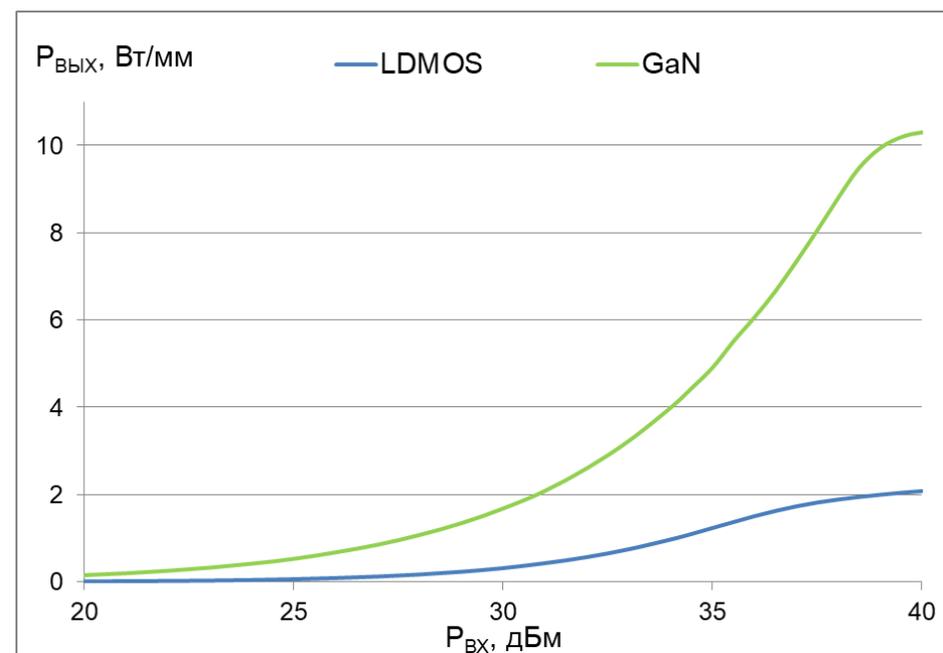
# ОТЛИЧИЯ СВЧ GaN- и LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

Радиочастотные параметры

Зависимость выходной мощности  
от входной мощности



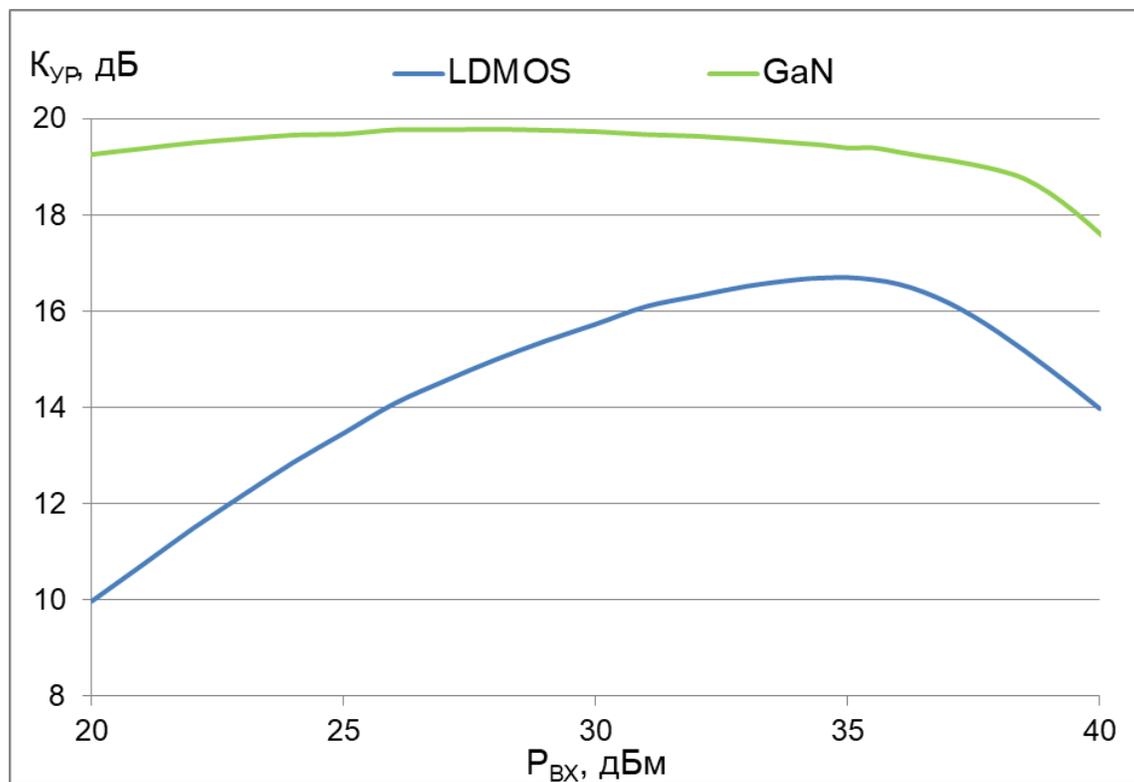
Зависимость удельной выходной мощности  
от входной мощности



# ОТЛИЧИЯ СВЧ GaN- и LDMOS-ТРАНЗИСТОРОВ

Радиочастотные параметры

Зависимость коэффициента усиления по мощности  
от входной мощности



# СЕРИЙНЫЕ СВЧ GaN-ТРАНЗИСТОРЫ АО «НИИЭТ»

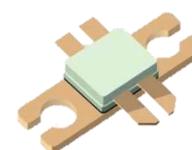
№ п/п	Обозначение	$\Delta f$ , ГГц	$U_{ПИТ}$ , В	$P_{ВЫХ}$ , Вт	$K_{УР}$ , дБ	$\eta_c$ , %	Корпус
1	6П9140А	0,5 – 1,6	50	(400)	$\geq 12$	$\geq 60$	КТ-81А-2
2	6П9141А1	0,03 – 1,8	28	80	$\geq 17$	$\geq 65$	КТ-55С-3
3	6П9141Б1	0,03 – 3,1	28	60	$\geq 15$	$\geq 65$	КТ-55С-3
4	6П9142А2	0,03 – 4,2	28	20	$\geq 13$	$\geq 45$	КТ-81С-2
5	6П9142Б2	0,03 – 4,2	28	2	$\geq 13,5$	$\geq 45$	КТ-81С-2
6	6П9143А3	7,7 – 8,5	28	30	$\geq 12$	$\geq 35$	КТ-127-1
7	6П9143Б2	7,7 – 8,5	28	5	$\geq 13$	$\geq 30$	КТ-81С-2
8	6П9144А4	0,03 – 12	28	0,5	$\geq 6$	$\geq 20$	КТ-52А-1
9	6П9144Б4	0,03 – 12	28	0,12	$\geq 7$	$\geq 20$	КТ-52А-1
10	6П9145А2	0,03 – 4	28	5	$\geq 13$	$\geq 45$	КТ-81С-2
11	6П9145Б2	0,03 – 4	28	10	$\geq 10$	$\geq 45$	КТ-81С-2
12	6П9145В2	0,03 – 4	28	15	$\geq 10$	$\geq 45$	КТ-81С-2
13	6П9145Г2	0,03 – 4	28	25	$\geq 9$	$\geq 45$	КТ-81С-2
14	6П9146А1	0,03 – 1,5	28	100	$\geq 13$	$\geq 45$	КТ-55С-3
15	ПП9136А	0,03 – 4	28	5	$\geq 16$	$\geq 50$	КТ-81С
16	ПП9137А	0,03 – 4	28	10	$\geq 12$	$\geq 50$	КТ-81С
17	ПП9138А	0,03 – 4	28	15	$\geq 11$	$\geq 50$	КТ-81С
18	ПП9138Б	0,03 – 4	28	25	$\geq 9$	$\geq 50$	КТ-81С
19	ПП9139А1	0,03 – 2,9	28	50	$\geq 10$	$\geq 50$	КТ-55С-1
20	ПП9139Б1	0,03 – 2,9	28	100	$\geq 9$	$\geq 50$	КТ-55С-1

# НОВЫЕ СВЧ GaN-ТРАНЗИСТОРЫ АО «НИИЭТ»

ПП9170А	ПП9170Б	ПП9170В	ПП9170Г	ПП9170Д	ПП9170Е
$P_{\text{ВЫХ И}} = 200 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 2 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 13 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 50 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 10$ $T_{\text{и}} = 300 \text{ мкс}$	$P_{\text{ВЫХ И}} = 100 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 3,1 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 11 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 50 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 10$ $T_{\text{и}} = 300 \text{ мкс}$	$P_{\text{ВЫХ И}} = 150 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 3,1 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 12 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 55 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 10$ $T_{\text{и}} = 300 \text{ мкс}$	$P_{\text{ВЫХ И}} = 50 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 4 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 12 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 50 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 10$ $T_{\text{и}} = 300 \text{ мкс}$	$P_{\text{ВЫХ И}} = 100 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 4 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 13 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 50 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 50 \text{ В}$ $Q = 10$ $T_{\text{и}} = 300 \text{ мкс}$	$P_{\text{ВЫХ И}} = 50 \text{ Вт}$ $f_{\text{ТЕСТ}} = 6 \text{ ГГц}$ $K_{\text{УР}} = 12 \text{ дБ}$ $\eta_{\text{С}} = 45 \%$ $U_{\text{ПИТ}} = 45 \text{ В}$ $Q = 10$ $T_{\text{и}} = 300 \text{ мкс}$
КТ-55С-1	КТ-55С-1	КТ-55С-1	КТ-81	КТ-55С-1	КТ-81

## Сферы применения:

- Связь
- Медицинская техника
- Радиосвязь и телекоммуникации
- Радиолокация и навигация
- Авиация



**АДКБ.432140.603 ТУ – утверждены**  
**Серийное производство – освоено**

**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

