

## **ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД ДИАПАЗОНА 4-12 ГГц С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 550 МВт**

**Балаболин Александр Григорьевич**

начальник отдела, АО "НПП "Алмаз", РФ, г. Саратов

**Титков Алексей Александрович**

начальник лаборатории, АО "НПП "Алмаз", РФ, г. Саратов

**Пенькевич Никита Алексеевич**

аспирант, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., РФ, г. Саратов

### **Transistor amplifier stage range 4-12 GHz with 550 mW output power**

**Alexandr Balabolin**

*Head: Research and Development Division of the Federal State Unitary Company «Almaz», Russia, Saratov*

**Alexey Titkov**

*Head: Research and Development Division laboratory of the Federal State Unitary Company «Almaz», Russia, Saratov*

**Nikita Penkevich**

*Postgraduate Department of Electronic Devices and Equipment Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

**Аннотация.** В статье представлен результат разработки усилительного каскада, выполненного по гибридно-интегральной технологии с применением полевых транзисторов с закороченными истоками. Представлены конструкция и экспериментальные характеристики как самого спроектированного каскада, так и усилителя на его основе.

**Abstract.** The results of the amplifier stage, based on the field-effect transistors with closed-circuited sources, performed by hybrid-integrated technology represented in this paper. Represented the construction and experimental characteristics of the designed stage and the amplifier, based on it

**Ключевые слова:** СВЧ; pHEMT; усилительные каскады; GaAs

**Keywords:** microwave; pHEMT; amplifierstage; GaAs

Использование в многокаскадных широкополосных СВЧ усилителях схемы подключения транзисторов с закороченными истоками позволяет улучшить выходную мощность, коэффициент усиления и его равномерность в диапазоне рабочих частот и максимальную рабочую частоту усилительного каскада [3]. Однако, для обеспечения подачи отрицательного напряжения питания, необходимого для работы такого каскада, требуется наличие второго источника питания или инвертирующей схемы питания.

Спроектированный по гибридно-интегральной [2] технологии выходной усилительный каскад содержит пару двузатворных арсенид-галлиевых полевых транзисторов с затвором длиной 0,8 мкм, подключенных по схеме с общими истоками. На частотах 4-12 ГГц каскад обладает усилением до 550 мВт с коэффициентом усиления ~5 дБ.

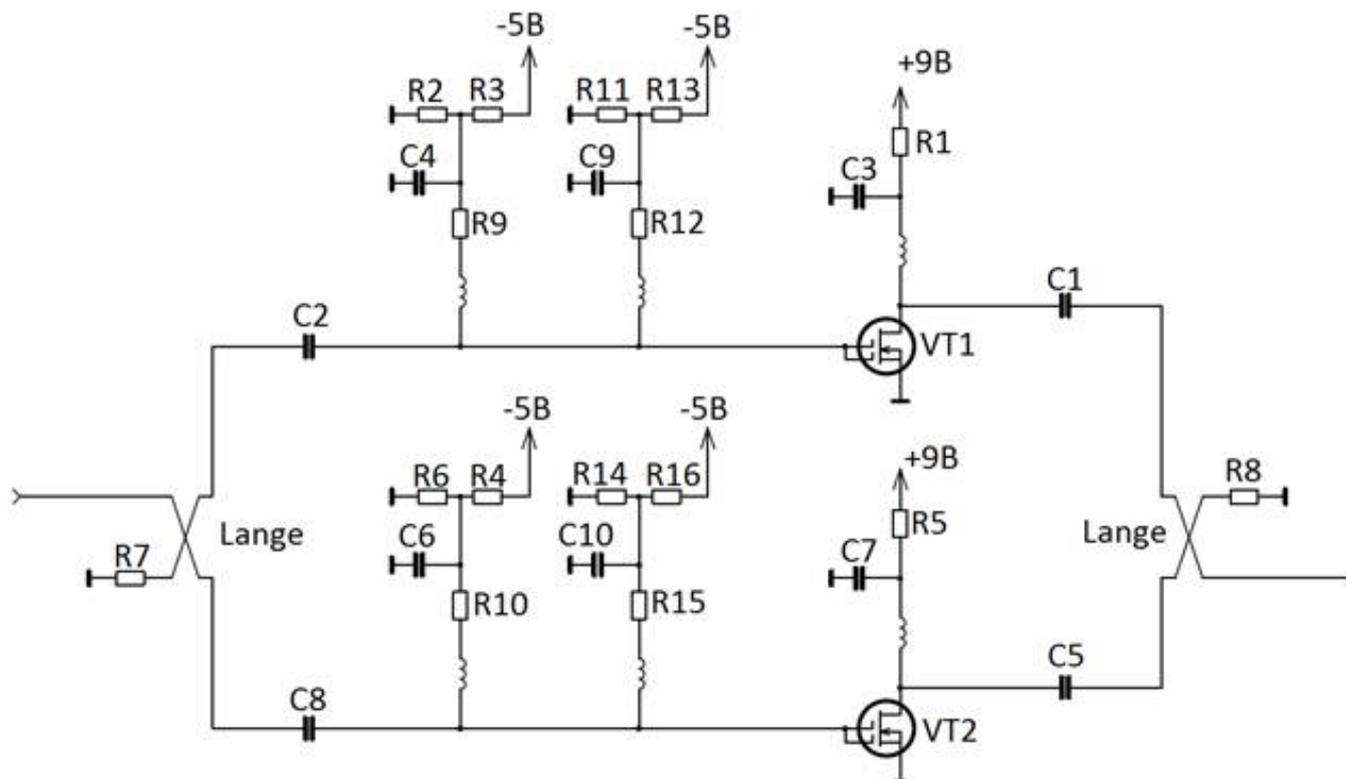
Расчет топологии проводился в системе проектирования Agilent Advances Design System 2015 на основе анализа S-параметров выбранных транзисторов.

Плата усилительного каскада содержит входной и выходной ответвители Ланге, с шириной зазора 22 мкм, шириной и толщиной проводника 47 мкм и 3 мкм соответственно. Расчет моста Ланге выполнялся в приложении EM Simulation по методу Momentum Microwave программы Advanced Design System 2012.

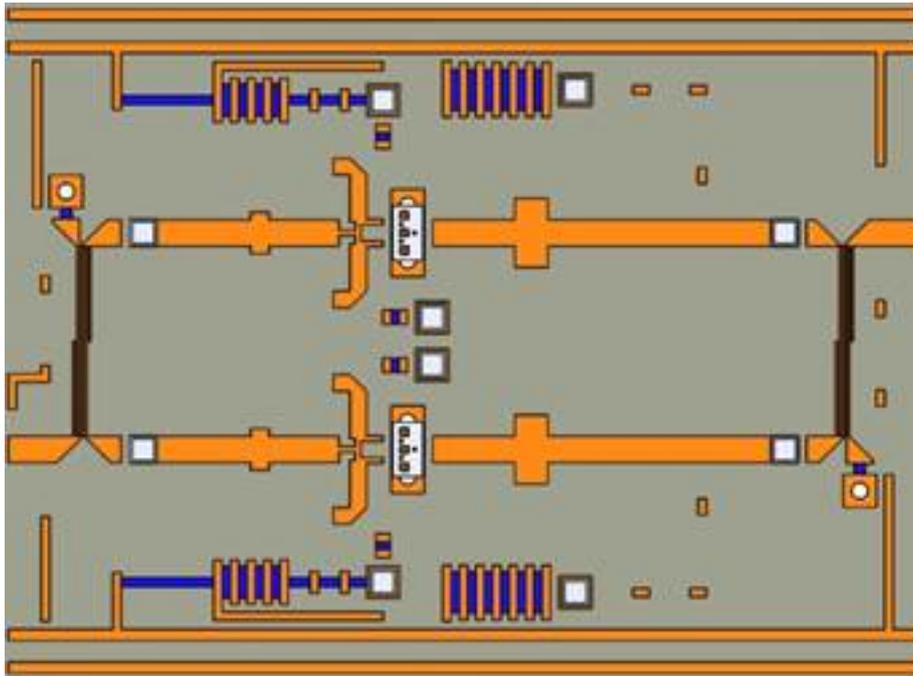
Материал платы - поликор толщиной 0,5 мм, в качестве подложки платы каскада выступает ковар толщиной 1,2 покрытый олово-висмутом. Соединение токопроводящих дорожек и ответвителей Ланге выполняется ультразвуковой сваркой золотой проволокой[4].

Для выбора оптимального режима работы транзистора используются пары подстроечных резисторов R1, R2 ; R3, R4, регулирующих напряжение затвора и напряжение стока транзисторов соответственно.

Электрическая схема и внешний вид разработанного выходного усилительного каскада приведены на рисунках 1 и 2.

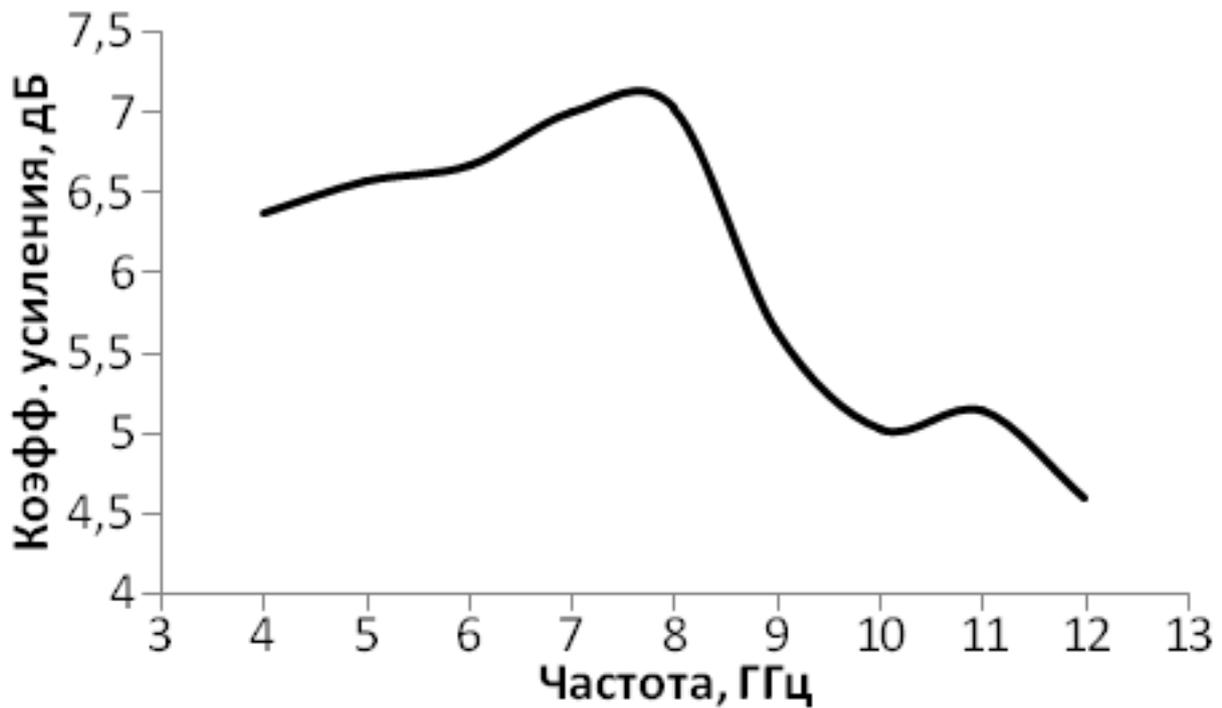


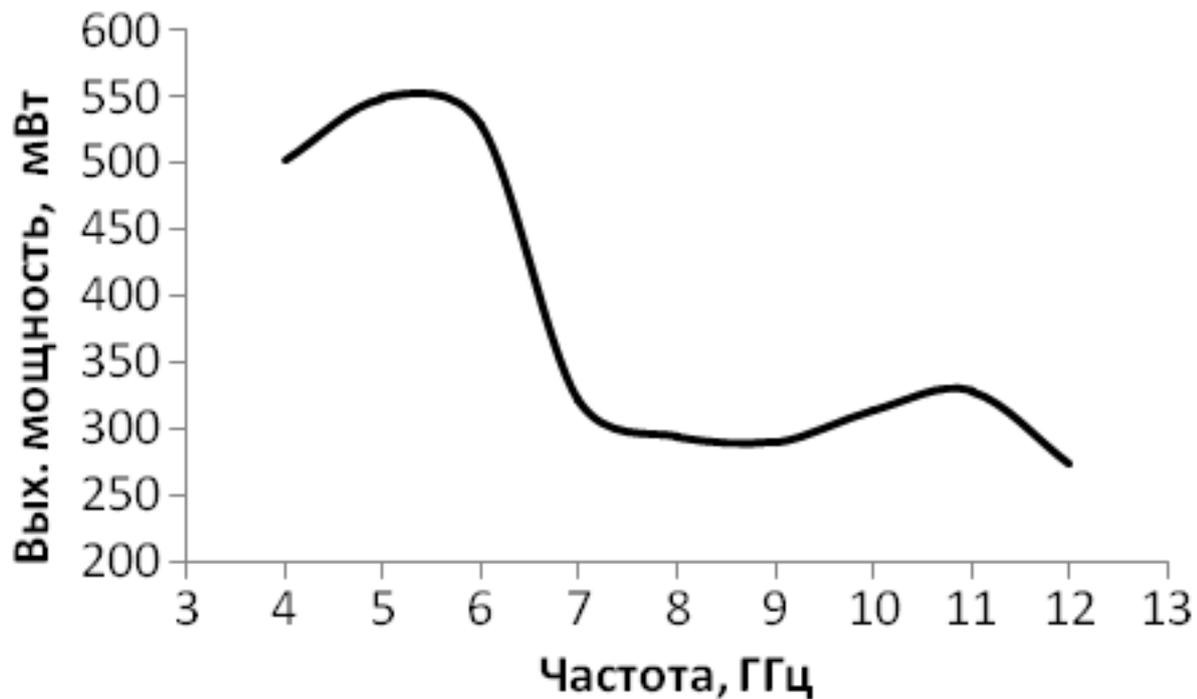
*Рисунок 1. Электрическая схема выходного усилительного каскада диапазона 4-12 ГГц*



*Рисунок 2. Внешний вид выходного усилительного каскада диапазона 4-12 ГГц*

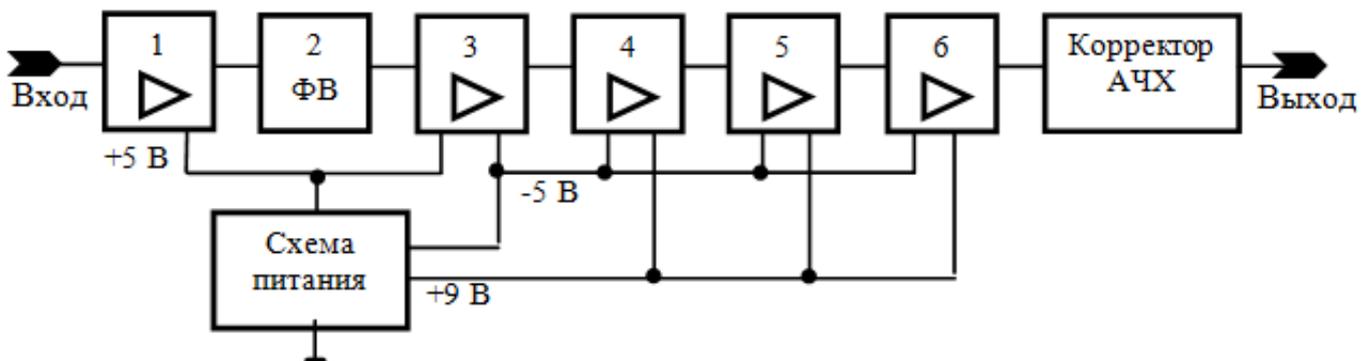
Экспериментальные АЧХ выходной мощности и коэффициента передачи каскада представлены на рис.3. В рабочем диапазоне 4-12 ГГц каскад обладает коэффициентом усиления не менее 4,5 дБ и мощностью в диапазоне 275-550 мВт.





*Рисунок 3. Коэффициент усиления и выходная мощность в рабочем диапазоне частот 4-12 ГГц,*

На основе данного выходного каскада был разработан твердотельный полупроводниковый усилитель, с рабочим диапазоном частот 4-12 ГГц. На рис. 4 представлена принципиальная структурная схема прибора, где 1,3 - малошумящие усилительные каскады, 2 - корректор фазы, 4 и 5 - предусилительные каскады, 6 - описанный выше усилительный каскад.



*Рисунок 4. Структурная схема усилителя*

Такое построение обеспечивает на рабочем диапазоне частот коэффициент усиления СВЧ сигнала ~25 дБ и выходную мощность ~400 мВт, при токе потребления не превышающем 700 мА. Номинальная фазовая неидентичность  $\pm 30^\circ$ , достижимая фазовая неидентичность  $\pm 15^\circ$ [1]. коэффициент шума в данной схеме составляет не более 8 дБ.

## **Список литературы:**

1. Беяева, Ю.А. Вопросы получения фазоидентичных широкополосных СВЧ - усилителей / Ю.А. Беяева, А. Б. Данилов, А.Д. Рафалович // Электронные приборы и устройства СВЧ: материалы науч.-техн. конф., посвященной 50-летию ФГУП "НПП"Алмаз", 28-30 августа 2007 г. Саратов 2007. С. 60-65
2. Меркулов, А.И. Основы конструирования интегральных микросхем / А.И. Меркулов, В.А. Меркулов// Самара: СГАУ, 2013.
3. Bahl, J. Fundamentals of RF and Microwave Transistor Amplifiers / J. Bahl // New Jersey: John Wiley&Sons Inc., 2009. P. 68-70.
4. Harman, G. Wire Bonding In Microelectronics 3 ed./ G. Harman // N.Y.: McGraw-Hill, 2010.