

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Романовского Станислава Михайловича  
«Усилительный каскад на мощном многокристальном широкополосном LDMOS  
транзисторе S-диапазона частот», представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные  
компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах

Одним из важных направлений развития отечественной твердотельной СВЧ электроники является разработка и серийное производство на отечественном предприятии усилительных каскадов (СВЧУ) диапазонов L-, S-, X- и выше, необходимых для применения в составе приемо-передающих модулей с выходной импульсной мощностью 100 Вт и более. Реализация подобных СВЧУ в большинстве своем осуществляется с применением отечественных технологических процессов на основе нитрида галлия (GaN), которые, между тем, не обеспечивают требуемых показателей выхода годных и отличаются существенно более высокой стоимостью по сравнению с технологиями на основе кремния. Одним из современных подходов является реализация СВЧУ на основе СВЧ МОП-транзисторов с латеральной структурой и повышенными пробивными напряжениями (LDMOS), изготавливаемых в рамках объемной КМОП-технологии, с граничными частотами усиления более 5 ГГц. В этой связи диссертационная работа Романовского С.М., посвященная разработке усилительных каскадов на мощном многокристальном широкополосном LDMOS транзисторе S-диапазона частот, является актуальной.

Новизна проведенных исследований определяется в первую очередь следующими результатами:

- предложен и реализован оригинальный маршрут изготовления кристалла СВЧ LDMOS транзистора, предполагающий шунтирование продольных затворных зубцов элементарных ячеек металлическими затворными шинами через металлические ответвленные контактные. СВЧ LDMOS транзисторы, изготовленные по данному маршруту обладают на 2...3 дБ большим  $K_{ур}$  и на 3...5 % большим КПД, чем транзисторы с ответвленными контактными площадками из поликремния и силицида тугоплавкого металла;

- разработана оригинальная аппаратно-программная система анализа работы усилительного каскада на основе САПР Matlab и Microwave Office, позволяющая оценить влияние взаимных индуктивностей и потерь во внутренних цепях на его эксплуатационные характеристики.

Практическая значимость определяется в первую очередь следующим:

-результаты работы использованы при создании кристаллов мощных СВЧ LDMOS транзисторов с выходной импульсной мощностью до 200 Вт ( $K_{ур}$  в

диапазоне частот 2,7-3,1 ГГц составляет не менее 10 дБ, КПД составляет не менее 40%);

-предложенные рекомендации в части конфигурации и количества соединительных проводников в корпусе СВЧ LDMOS транзистора, направленные на устранения паразитного возбуждения и повышения равномерности АЧХ СВЧУ, выполненного на его основе, использованы при создании ряда серийных приборов (например, 2ПЕ201А, 2ПЕ301А, 2ПЕ201Б, 2ПЕ301Б1 и 2ПЕ301В2).

К недостаткам автореферата можно отнести отсутствие сравнительного анализа основных разработанных СВЧ LDMOS транзисторов с ближайшими отечественными и зарубежными аналогами по совокупности достигнутых электрических параметров ( $F_t$ ,  $F_{max}$ ,  $U_{СИмакс}$ , удельной выходной мощности), а также с применением интегральных показателей качества. Не представлены результаты оценки предполагаемых показателей радиационной стойкости разработанных СВЧ LDMOS транзисторов, что является актуальным для применения в составе аппаратуры доверенного назначения.

Указанные недостатки не снижают ценности полученных в диссертационной работе результатов.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы, которая выполнена на высоком научно-техническом уровне, имеет практическую значимость, является целенаправленным и завершенным исследованием, удовлетворяющим требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Кандидат технических наук,  
и.о. начальника НТК-1  
Акционерное общество «Экспериментальное  
научно-производственное объединение  
«Специализированные электронные системы»  
115409, г. Москва, Каширское ш., 31,  
тел. +7 (495) 984-67-44 доб.3073;  
e-mail: nausach@spels.ru

Усачев Николай Александрович

Подпись Усачева Н.А. заверяю:  
кандидат технических наук,  
технический директор  
Акционерное общество «Экспериментальное  
научно-производственное объединение  
«Специализированные электронные системы»  
115409, г. Москва, Каширское ш., 31,  
тел. +7 (495) 984-67-44 доб.5012;  
e-mail: ayuan@spels.ru  
м.п.

Яненко Андрей Викторович

