



02.05.2023 № ТС-21/4146

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор,

председатель Ученого совета,

доктор технических наук, профессор

Г.И. Андреев

2023 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лукашина Владимира Михайловича на тему «Гетероструктурные СВЧ полевые транзисторы с селективным донорно-акцепторным легированием», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

Разработка и производство мощных СВЧ транзисторов с улучшенными характеристиками и микросхем усилителей мощности на их основе является одним из важнейших направлений развития современной электронной компонентной базы СВЧ электроники и обеспечивает ее актуальность.

В диссертации Лукашина В.М. разработан новый класс перспективных вариантов мощных СВЧ полевых транзисторов с InGaAs каналом, получивший международное признание и вошедший в обзор достижений микроэлектроники за 2019 г. (DA-DpHEMT и DA-pHEMT транзисторы). Разработка транзисторов проведена на основе предложенных Лукашиным В.М. новых гетероструктур с усиленной локализацией электронов в слое канала. Образцы разработанных транзисторов в см - диапазоне длин волн на частоте 10 ГГц на практике показали почти двукратное увеличение коэффициента усиления и удельной выходной мощности по отношению к величине, 1 – 1.2 Вт/мм, характерной для DpHEMT

транзисторов лучших зарубежных аналогов. При этом транзисторы с InGaAs каналом в мм- диапазоне длин волн на частоте 67 ГГц показали максимальный малосигнальный коэффициент усиления более 14 дБ.

На основе теоретических и экспериментальных работ Лукашиным В.М. получен ряд новых научных результатов, имеющих как теоретическое так и практическое значение. Теоретически показано, что введение в гетероструктуры DA-DpHEMT транзисторов локализирующих барьеров до 1,5 раз увеличивает стационарную дрейфовую скорость и всплеск дрейфовой скорости электронов. Предложенные алмазоподобные теплоотводы на боковых стенках заземляющих отверстий теоретически позволяют до двух раз уменьшить перегрев DA-DpHEMT транзистора относительно корпуса при толщине подложки 100 мкм и ширине секций затворов 150 мкм.

Практически показано, что DA-DpHEMT транзисторы для мм - диапазона обеспечивают малосигнальный коэффициент усиления более 15 дБ в диапазоне частот 25 – 55 ГГц и более 10 дБ при частоте 67 ГГц. DA-DpHEMT транзисторы даже при большом содержании индия в слое канала (22%), позволяют без падения коэффициента усиления получать пробивное напряжение «затвор – сток» более 30 В при расстоянии затвор - сток 0,9 мкм, что способствует увеличению выходной мощности.

Разработанная конструкция и технология DA-pHEMT и DA-DpHEMT транзисторов обеспечивает монолитную интеграцию транзисторов в состав микросхем усилителей мощности и хорошую воспроизводимость толщин слоев в структуре транзистора - на уровне возможностей молекулярно-пучковой эпитаксии.

К недостаткам представленного автореферата можно отнести следующие:

- в автореферат не включено описание обращенных DA-pHEMT структур, что вынуждает обращаться к содержанию диссертации,

- несмотря на детальный анализ всплеска дрейфовой скорости электронов, отсутствует описание изменения средней по подзатворному участку канала дрейфовой скорости электронов, вызванное введением в транзисторную гетероструктуру локализирующих барьеров,

- не описана возможность увеличения напряжения в рабочей точке, вызванная уменьшением до 2 раз максимального перегрева транзистора как результата введения в отверстия с заземляющей металлизацией алмазоподобного покрытия.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации. Автореферат достаточно полно отражает сущность проведенных автором исследований и научных положений, выносимых на защиту, результаты теоретического моделирования и измерений параметров образцов подтверждает обоснованность полученных результатов.

В целом, диссертация на тему «Гетероструктурные СВЧ полевые транзисторы с селективным донорно- акцепторным легированием» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, самостоятельно выполненную автором, в которой содержится решение ряда важных прикладных и теоретических задач, которые могут иметь большое значение для развития микроэлектроники.

Работа соответствует предъявляемым к докторским диссертациям требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Лукашин В.М., достоин присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств.

Советник генерального конструктора
по космическим и авиационным системам –
заместителя генерального директора,
доктор технических наук, доцент



Борис Васильевич Хлопов

Место работы:

АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга».

Адрес: ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9, г. Москва, 107078

Телефон: (499) 267-43-93, E-mail: post@cnirti.ru

Подпись советника генерального конструктора по космическим и авиационным системам – заместителя генерального директора, доктора технических наук, доцента Бориса Васильевича Хлопова заверяю.

Ученый секретарь
кандидат технических наук




Виктор Викторович Карев