

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Темнова Александра Михайловича
на тему: «Гибридно-монокристалльные интегральные схемы СВЧ»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.27.01 –Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Создание конкурентоспособных радиоэлектронных систем с высокими тактико-техническими характеристиками является в настоящее время одним из важнейших трендов развития наукоемких отраслей промышленности Российской Федерации.

Диссертационная работа А.М. Темнова посвящена актуальной проблеме создания СВЧ компонентов сантиметрового диапазона длин волн (усилителей, преобразователей, генераторов и др.), имеющих высокие СВЧ параметры и надежность, малые массогабаритные характеристики и стоимость на основе арсенид-галлиевых полевых транзисторов с барьером Шоттки (GaAs ПТШ) в интересах обеспечения конкурентоспособных систем радиоэлектронного вооружения мирового уровня с высокими тактико-техническими характеристиками.

Целью диссертации является решение проблемы создания гибридно-монокристалльных интегральных схем СВЧ (ГМИС СВЧ) сантиметрового диапазона длин волн с параметрами и характеристиками, удовлетворяющими требованиям высоконадежной бортовой радиоэлектронной аппаратуры.

Новизна научных результатов работы заключается в следующем:

- Предложена и на практике реализована концепция создания ГМИС СВЧ, содержащих все элементы сложных пассивных цепей согласования и питания, выполненные в монокристалльном исполнении, и навесные кристаллы активных компонентов, позволяющая производить ГМИС СВЧ с параметрами сравнимыми с аналогичными ГИС СВЧ, и объемом соизмеримым с МИС СВЧ.

- Предложена и реализована оригинальная конструкция ГМИС СВЧ на основе подвешенной КЛ и монокристалльной сапфировой платы, содержащей все пассивные (R, L, C) элементы, межсоединения и выводы, обеспечивающая

высокие СВЧ параметры и надежность, и улучшение более 3 раз массогабаритных характеристик по сравнению с аналогичными ГИС СВЧ.

- Оптимизированы процессы нанесения металлических и диэлектрических слоев SiO_2 и Ta_2O_5 для формирования МДМ-конденсаторов и стабильных резисторов, разработан технологический процесс изготовления пассивной монолитной сапфировой платы ГМИС СВЧ по групповой планарной технологии и прецизионной литографии, создан сапфировый технологический базис для промышленного производства ГМИС СВЧ.

- Создан полнофункциональный ряд промышленных усилительных, преобразовательных и генераторных ГМИС СВЧ диапазона 0,4_20 ГГц с выходной мощностью до 100 мВт на GaAs ПТШ и МИС СВЧ.

- Создан ряд усилительных ГМИС СВЧ мозаичной конструкции диапазона 2 _20 ГГц с выходной мощностью до 600 мВт на GaAs ПТШ и МИС СВЧ, а также ГМИС СВЧ с выходной мощностью до 17 Вт на GaN ПТШ.

- Созданы мощные усилительные ГМИС СВЧ, в том числе поверхностного монтажа, разработан технологический процесс изготовления пассивной монолитной алмазной платы с металлизированными отверстиями и объемной алмазной крышки по групповой планарной технологии, оптимизирован процесс плазмохимического травления отверстий.

- Показана перспектива создания ППМ АФАР с архитектурой 3D на ГМИС СВЧ и перспектива создания МИС СВЧ на алмазе.

Теоретическое значение работы определяется разработкой оригинального научно-методического подхода к созданию ГМИС СВЧ. Предложенная автором концепция решения актуальной проблемы обеспечила создание нового типа интегральных схем СВЧ – гибридно-монолитных интегральных схем (ГМИС) СВЧ, в которых все пассивные элементы схемы изготавливаются на монолитной диэлектрической плате, а навесными остаются только кристаллы активных элементов.

Практическая значимость работы заключается в разработке технологического базиса для создания промышленных узкополосных и

широкополосных усилительных, преобразовательных и генераторных ГМИС СВЧ в диапазоне до 20 ГГц на GaAs ПТШ, в том числе усилительных ГМИС СВЧ мозаичной конструкции и ГМИС СВЧ на алмазе, что подтверждается общим объемом выпуска ГМИС СВЧ АО «НПП «Исток им. Шокина» до 100 000 шт./год для важнейших систем вооружения РЛС, РЭБ, высокоточного оружия космического, воздушного, морского и наземного базирования: С-500, Т-50, Панцирь, Хибины-М, И-50, Тор, СУ-34, 5П20К, 48Я6-К1, Обра-М, 646Л, 646М и др.

Обоснованность результатов исследований, представленных в автореферате диссертации, базируется на корректном применении методов оценки показателей безотказности ГМИС СВЧ, выполненных по последовательной схеме, оценки МПЛ и КЛЭ с точки зрения радиотехнических, массогабаритных и тепловых характеристик

Достоверность результатов исследований подтверждается:

- полнотой анализа современного состояния исследований в области технических решений интегральных схем на активных СВЧ компонентах, проведения классификации, оценки надежности ИС СВЧ;

- замкнутыми технологическими процессами создания основных компонентов (R, C, L, сумматоры/делители и т.д.) ГМИС СВЧ, обеспечивающими требуемые радиотехнические, массогабаритные и надежность параметры;

- публикацией основных результатов исследований в научной печати, их положительной апробацией на научных конференциях и семинарах, результатами практической апробации основных положений в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, испытаниями и серийным выпуском ГМИС СВЧ.

В качестве недостатков автореферата следует отметить:

- во-первых, практически полное отсутствие конкретных результатов математического моделирования и отсутствие сравнения с практическими и технологическими реализациями;

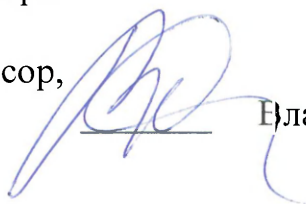
во-вторых, отсутствие режимов оптимизированных процессов нанесения металлических и диэлектрических слоев SiO_2 и Ta_2O_5 .

Вместе с тем, указанные замечания не снижают значимости научных и прикладных результатов диссертационной работы А.М. Темнова.

Анализ всех аспектов диссертационного исследования А.М. Темнова позволяет сделать вывод, что о том, что представленная диссертационная работа на тему «Гибридно-монокристаллические интегральные схемы СВЧ» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной проблемы, имеющей важное значение для обеспечения обороноспособности страны. Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Темнов Александр Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Отзыв составили:

Заместитель генерального директора
АО «НПП «Пульсар»,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ



Владимир Федорович Синкевич

«18» мая 2020 г.

Тел: +7 (499)3690333 E-mail: sinkevich@pulsarnpp.ru

Адрес: 105187, Москва, Окружной проезд, д. 27, АО «НПП «Пульсар».

Заместитель генерального директора
АО «НПП «Пульсар»,
кандидат технических наук



Вадим Минхатович Миннебаев

«18» мая 2020 г.

Тел: +7 (499)3690333 E-mail: minnebaev_vm@pulsarnpp.ru

Адрес: 105187, Москва, Окружной проезд, д. 27, АО «НПП «Пульсар».

Подписи В.Ф. Синкевича и В.М. Миннебаева удостоверяю.

Начальник отдела по работе с персоналом
АО «НПП «Пульсар»



Олег Васильевич Вознюк