



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«Центральный научно-исследовательский
радиотехнический институт имени академика А.И. Берга»

Новая Басманная ул., д. 20, стр.9, Москва, 107078
Тел. (499) 267-43-93 Факс (499) 267-21-43 Телеграф: ПАЛЬМА E-mail:post@cnirti.ru
ОКПО 11487465, ОГРН 1167746458648, ИНН/КПП 9701039940/770101001

28.05.2020 № 10-21/3386

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор,
Председатель Учёного совета,
доктор технических наук, профессор



Г.И. Андреев

« 05 » 2020 г.

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Темнова А.М. посвящена созданию гибридно-монокристалльных интегральных схем СВЧ сантиметрового диапазона длин волн с параметрами и характеристиками, удовлетворяющими требованиям высоконадежной бортовой радиоэлектронной аппаратуры систем вооружения, средств связи и космической техники. Для создания такой аппаратуры оказались непригодны не только волноводные и коаксиальные конструкции, но и традиционные гибридно-интегральные схемы (ГИС) СВЧ, недостатками которых были: малая интеграция пассивных элементов, большое количество навесных компонентов и проволочных соединений, повышенные массогабаритные характеристики, высокая трудоёмкость изготовления и стоимость.

В начале 80-х годов казалось, что традиционные ГИС СВЧ будут быстро заменены малогабаритными монокристалльными интегральными схемами (МИС) СВЧ с высокой интеграцией активных и пассивных элементов. Однако переход от ГИС к

МИС СВЧ оказался делом не простым – для их изготовления требовалось дорогостоящее технологическое оборудование и сложные технологические процессы, а выход годных МИС СВЧ был низкий.

Сложилась ситуация, в которой недостатки, присущие традиционным ГИС СВЧ, не позволяли создавать СВЧ компоненты для высоконадежной бортовой радиоэлектронной аппаратуры, а МИС СВЧ были не достаточно технологичны. Возникла **актуальная проблема** создания компонентов имеющих высокие СВЧ параметры и надежность, малые массогабаритные характеристики и стоимость. Для решения **проблемы** автором была предложена **концепция** создания интегральных схем СВЧ нового типа, которые базировались на следующих принципах:

- 1) Вся пассивная часть интегральной схемы СВЧ, содержащая (R , L , C) элементы, межсоединения и выводы, выполняется на монолитной диэлектрической плате по групповой планарной технологии и прецизионной литографии.
- 2) Навесными на монолитной диэлектрической плате являются только кристаллы активных компонентов, минимизированные по площади.

Для реализации предложенной концепции необходимо было решить комплекс вопросов теоретического, конструктивного и технологического характера.

Автором в 1978 г впервые в отечественной и зарубежной практике, в соответствии с **концепцией**, были созданы первые интегральные схемы СВЧ нового типа, в которых все пассивные элементы схемы изготавливались на монолитной сапфировой плате, а навесными были кристаллы активных компонентов, минимизированные по площади.

Новый тип интегральных схем СВЧ был назван гибридно-монолитными интегральными схемами (ГМИС) СВЧ. Первые сообщения о создании аналогичных зарубежных ГМИС СВЧ появились в литературе в 1981 г, где их называли QMIS – Quasi monolithic integrated circuit.

В диссертационной работе получены результаты, **научная новизна** которых заключаются в том, что:

1. Предложена и на практике реализована концепция создания ГМИС СВЧ, содержащих все элементы сложных пассивных цепей согласования и питания, выполненные в монолитном исполнении, и навесные кристаллы активных компонентов, позволяющая производить ГМИС СВЧ с параметрами сравнимыми с аналогичными ГИС СВЧ и объёмом соизмеримым с МИС СВЧ.
2. Впервые в отечественной и зарубежной практике предложена и реализована оригинальная конструкция ГМИС СВЧ на основе подвешенной КЛ и монолитной сапфировой платы, содержащей все пассивные (R , L , C) элементы, межсоединения и выводы, обеспечивающая высокие СВЧ параметры и надежность, и улучшающая более чем в 3 раза массогабаритные характеристики по сравнению с аналогичными ГИС СВЧ.

3. 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 с выходом годных более 70 %.
4. Создан полнофункциональный ряд промышленных усилительных, преобразовательных и генераторных ГМИС СВЧ диапазона 0.4...20 ГГц с выходной мощностью до 100 мВт на GaAs полевых транзисторах с барьером Шотки (ПТШ) и МИС СВЧ.
5. Создан ряд усилительных ГМИС СВЧ мозаичной конструкции диапазона 2...20 ГГц с выходной мощностью до 0.6 Вт на GaAs ПТШ и МИС СВЧ, а также ГМИС СВЧ с выходную мощность до 17 Вт на GaN ПТШ.
6. Впервые в отечественной и зарубежной практике созданы мощные усилительные ГМИС СВЧ, в том числе поверхностного монтажа, разработан технологический процесс изготовления пассивной монолитной алмазной платы с металлизированными отверстиями и объемной алмазной крышкой по групповой планарной технологии, оптимизирован процесс плазмохимического травления отверстий.
7. Показана перспектива создания ППМ АФАР с архитектурой 3D на ГМИС СВЧ и перспектива создания МИС СВЧ на алмазе.

Практическая значимость результатов диссертационных исследований, полученных Темновым А.М., заключается в том, что:

- Предложенная концепция, оригинальная конструкция ГМИС СВЧ и технология их изготовления на монолитной сапфировой плате обеспечили сапфировый технологический базис, на котором созданы промышленные ГМИС СВЧ являющиеся неотъемлемой частью отечественной ЭКБ СВЧ;
- Предложенная концепция, оригинальная конструкция мощных ГМИС СВЧ и технология их изготовления на монолитной алмазной плате обеспечили создание усилительных ГМИС СВЧ на алмазе, в том числе поверхностного монтажа;
- Результаты работы использованы в ряде ОКР, проводимых АО «НПП «Исток» им. Шокина» и другими предприятиями отрасли, а созданные ГМИС СВЧ широко внедрены в радиоэлектронную аппаратуру, выпускаемую АО «НПП «Исток» им. Шокина» и другими предприятиями отрасли;
- Создано более 100 типов ГМИС СВЧ различного функционального назначения с общим объемом выпуска порядка 100 000 шт./год.

Достоверность результатов исследований подтверждается публикацией одной монографии, 4 статей в журналах индексируемых в международных базах данных, 16 (3 без соавторов) статей в журналах из списка ВАК для защиты

