

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Александра Сергеевича на тему:
«Интеграция кристаллов полупроводниковых СВЧ приборов с применением
метода перевернутого монтажа на основе тонкоплёночной системы металлов
Au-Sn», представленной на соискание учёной степени кандидата технических
наук по специальности 2.2.2 – «Электронная компонентная база
микро- и наноэлектроники, квантовых устройств»

Электронная компонентная база СВЧ развивается в части повышения
уровней мощности, рабочих частот, расширения рабочей полосы частот,
степени функциональности и миниатюризации. Электрическое соединение
отдельных кристаллов в единый модуль является важным переходом
от параметров отдельных кристаллов к параметрам функциональной системы.
В то время как монолитные интегральные схемы СВЧ имеют заметное
продвижение вверх по частотному диапазону, их электрический контакт друг
с другом остается ограничивающим фактором применения широкополосной
ЭКБ СВЧ миллиметрового диапазона частот. Снижение массогабаритных
характеристик СВЧ модулей, а также переход от однофункциональных схем
к многофункциональным, ведёт к необходимости интеграции отдельных
монолитных интегральных схем СВЧ с минимальным влиянием
межсоединений на электрические и эксплуатационные параметры модуля.

В диссертации Ефимова А.С. целью работы является разработка
конструктивно-технологических способов интеграции кристаллов СВЧ
методом перевернутого монтажа с применением системы металлов Au-Sn.
Основываясь на содержании автореферата, можно отметить, что наибольшую
научную значимость представляют предложенные автором:

- метод формирования соединяющего слоя на основе тонкоплёночной
системы Au-Sn для монтажа методом взаимной переходной диффузии для
применения в микроэлектронике СВЧ с минимальным топологическим
размером до 10 мкм. Экспериментально исследованы морфологические,

фазовые и прочностные характеристики соединения на основе тонкоплёночной системы Au-Sn;

- оригинальная конструкция, где кристаллы МИС СВЧ лицевой стороной интегрируются на диэлектрическую подложку посредством соединяющего слоя из тонкоплёночной системы Au-Sn, обеспечивающего монтаж методом взаимной переходной диффузии;

- оригинальная конструкция гибридно-монолитной интегральной схемы СВЧ для поверхностного монтажа.

Практически доказано, что тестовые конструкции ГМИС СВЧ на основе интеграции кристаллов СВЧ методом перевернутого монтажа с применением системы металлов Au-Sn обеспечивают повышенные частотные характеристики.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, поскольку определяются комплексным использованием современных методов анализа, совпадении теоретических и экспериментальных данных.

Практическая значимость полученных результатов подтверждается актом об использовании при выполнении ОКР, выполняемых в АО «НПП «Исток» им. Шокина». Предложенные и реализованные конструктивно-технологические решения интеграции кристаллов СВЧ методом перевернутого монтажа открывают перспективы создания отечественных ГМИС СВЧ миллиметрового диапазона длин волн. Результаты работы могут быть использованы при создании как однофункциональных, так и многофункциональных модулей СВЧ.

К недостаткам представленного автореферата можно отнести следующие:

- из автореферата не ясна эквивалентная схема межсоединений, значения её параметров, хотя и приводятся сравнительные данные по разным типам межсоединений.

Однако, указанный недостаток не снижает общей научной и практической значимости научно-квалификационной работы.

Считаю, что диссертация Ефимова А.С. является самостоятельным завершённым научным исследованием и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям положением «О порядке присуждения учёных степеней», а её автор безусловно заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.2 – «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств»

Зав. кафедры Физической электроники
Томского государственного
университета систем управления и
радиоэлектроники, к.т.н.

Кулинич Иван Владимирович

27 августа 2024 г.

Почтовый адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

e-mail: kulinich@tusur.ru

Подпись И.В. Кулинича удостоверяю:

