

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Кулинича Ивана Владимировича «Микроэлектромеханический переключатель для сверхвысокочастотных широкополосных интегральных схем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

В последнее время тенденциями развития мировой СВЧ радиоэлектронной и телекоммуникационной аппаратуры являются: расширение полосы частот, повышение степени интеграции и надежности, уменьшение трудоемкости изготовления радиоэлектронных изделий в серийном производстве. Одним из решений для достижения указанных целей является создание СВЧ монолитных интегральных схем (МИС) по принципу «система на кристалле» (СнК), то есть объединение на одном кристалле в едином технологическом процессе сразу нескольких функциональных блоков (усилителей, смесителей, переключателей, аттенуаторов, фазовращателей и др.). Особый интерес представляют технологии изготовления СнК, позволяющие создавать усилительные и переключательные СВЧ МИС с повышенными тактико-техническими характеристиками (ТТХ), в частности, для усилительных схем – пониженный коэффициент шума и повышенная выходная мощность; для переключательных устройств – ультранизкие вносимые потери, высокая развязка и высокий уровень коммутируемой мощности.

Несмотря на то, что вопросы реализации подобных устройств достаточно полно освещены в отечественной и зарубежной литературе, постоянно возрастающие требования к их электрическим, массогабаритным и эксплуатационным параметрам ведут к необходимости решения ряда задач, направленных на поиск новых методов и подходов к проектированию подобных устройств. Поэтому, решаемые в диссертационной работе задачи являются актуальными и представляют теоретический и практический интерес.

*Научная новизна полученных автором результатов состоит в:*

- разработке СВЧ МЭМ ключа с металлизацией на основе пленок Си, имеющего электрические параметры на уровне параметров СВЧ МЭМ ключей с традиционной металлизацией на основе пленок Au;
- предложенной конструкции активного элемента СВЧ МЭМ ключа на основе многослойных металлических и диэлектрических пленок;
- предложенном технологическом подходе корпусирования СВЧ МЭМ ключа на уровне пластины, полностью совместимом с GaAs технологией.

*Практическая ценность работы заключается в:*

- разработанной технологии изготовления СВЧ МЭМ ключа, позволившей создать серийно производимые GaAs СВЧ МИС;
- разработке конструкции СВЧ МЭМ ключа позволяющей увеличить частотный диапазон GaAs СВЧ МИС, а также снизить стоимость производства за счет замены Au на Си.

Достоверность полученных автором научных результатов подтверждается корректностью примененных методов исследования, проведенной экспериментальной проверкой и широким обсуждением в публикациях и на конференциях.

*К недостаткам автореферата можно отнести следующее:*

- решаемые задачи не соответствуют поставленной цели, в частности не поставлена задача разработки и создания МИС СВЧ, указанная в цели;
- из описания второй главы не ясно являются ли приведённые методики оригинальными или стандартными;
- в описании третьей главы указываются разные рабочие диапазоны частот МЭМ ключа DC – 40 ГГц и DC – 25 ГГц;
- одним из важнейших параметров ключей, является количество циклов переключения - не менее  $10^8$  для разрабатываемого устройства, однако дальнейшего исследования для подтверждения данного параметра не приведено;
- название фоторезиста для жертвенного слоя по тексту автореферата имеет разное написание;
- в рисунках 15 и 16 отсутствует указание измеряемых параметров.

Указанные недостатки не снижают ценности диссертационной работы. Судя по тексту автореферата, диссертация Кулинича Ивана Владимировича является законченным научным исследованием, обладающим актуальностью и выполненном на высоком научном уровне.

Диссертационная работа «Микроэлектромеханический переключатель для сверхвысокочастотных широкополосных интегральных схем» отвечает требованиям ВАК РФ, а ее автор Кулинич Иван Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и технологии.

К.т.н., ведущий научный сотрудник НТК-7  
АО «ОНИИП»  
644008, г. Омск, ул. Масленникова, д. 231  
8-961-882-00-87, freemaster@inbox.ru

  
06.12.2018

Александр Иванович  
Тюменцев

Подпись Тюменцева А.И. заверяю  
К.ф.-м.н., заместитель генерального директора  
АО «ОНИИП» по научной работе





Сергей Викторович  
Кривальцевич