

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Ишуткина Сергея Владимировича «Разработка технологии и создание монолитного GaAs СВЧ малошумящего усилителя с металлизацией на основе пленок Al и Cu», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 – «Физическая электроника»

Ишуткин Сергей Владимирович закончил с отличием Томский университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) кафедра физической электроники в 2009 году. Ему присуждена степень магистра техники и технологии по направлению «Электроника и микроэлектроника» (диплом ВМА 0062803).

Диссертационная работа выполнена С. В. Ишуткиным во время обучения в аспирантуре на кафедре физической электроники ТУСУР. Все это время он совмещал работу над диссертацией с основной работой в должности инженера-технолога I категории в Научно-производственном комплексе «Микроэлектроника» АО «Научно-производственная фирма «Микран» (АО «НПФ «Микран»). Кроме этого, соискатель успешно совмещал научную работу с преподавательской деятельностью. В кафедре физической электроники ТУСУР он вел курс «Функциональная электроника».

Диссертационная работа Ишуткина С. В. посвящена исследованию, разработке и созданию конструкции и технологии изготовления GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Al и Cu, а также оценке надежности МИС малошумящих усилителей (МШУ), изготовленных по разработанной технологии.

Данная диссертационная работа представляет собой продолжение работ, осуществляемых в Научно-производственном комплексе «Микроэлектроника» АО «НПФ «Микран» совместно с Научно-образовательным центром «Нанотехнологии» ТУСУР по исследованию проблемы применения бездрагметалльных композиций в технологии сверхвысокочастотных GaAs монолитных интегральных схем (GaAs СВЧ МИС). Высокий интерес к разработке GaAs СВЧ МИС с металлизацией на

основе пленок Al и Cu, а также к созданию промышленной технологии их производства, обусловлен потенциальной возможностью повышения технических характеристик СВЧ МИС за счёт более высокой проводимости, теплопроводности и стойкости меди к электродиффузии, а также снижением себестоимости производства МИС.

До выполнения диссертационной работы Ишуткина С. В. из литературы были известны лишь фрагментарные разработки конструкций активных и пассивных элементов СВЧ GaAs МИС, а также технологические блоки их изготовления, в которых металлизация на основе Au была заменена на металлизацию на основе Cu или Al. И, хотя достигнутые результаты свидетельствовали о возможности улучшения параметров СВЧ МИС при сохранении достаточного уровня надёжности элементов МИС, в мире не было разработано ни одной конструкции СВЧ GaAs МИС, в которой все элементы фронтальной и обратной стороны пластины GaAs были бы выполнены на основе Cu и/или Al металлизации. Так же, не была разработана сквозного технологического маршрута и технологии изготовления бездрагметальной GaAs СВЧ МИС.

Ишуткину С. В. удалось заполнить эти пробелы – в рамках диссертационной работы были разработаны конструкции и технологии изготовления GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Al и Cu, а именно:

- разработаны и оптимизированы конструкции активных и пассивных элементов GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Al и Cu с учетом особенностей их интеграции в состав МИС;
- разработаны и апробированы технологический маршрут изготовления GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Al и Cu;
- исследованы и оптимизированы процессы формирования омических и барьерных контактов металл-полупроводник, межэлементной металлизации и металлизации обратной стороны пластины GaAs, а также защиты фронтальной стороны МИС;
- оценена надежность и определены закономерности деградации активных и пассивных элементов GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Al и Cu;

- исследованы электрические параметры и оценена надежность GaAs СВЧ МИС малошумящего усилителя с металлизацией на основе пленок Al и Cu.

Результаты диссертационной работы Ишуткина С. В. апробированы на тематических конференциях, опубликованы в печати и защищены тремя патентами РФ, что подтверждает их новизну. Результаты, полученные Ишуткиным С. В., создают физико-технологическую основу для организации серийного выпуска МИС на действующих технологических линиях, производящих МИС с металлизацией на основе плёнок Au, без их модернизации. Это существенно снижает стоимость внедрения разработанной бездрагметальной технологии на предприятиях микроэлектронной отрасли.

Важным аспектом деятельности Ишуткина С. В. является его активная внедренческая работа, осуществляемая им в АО «НПФ «Микран». Так, например, в маршрут производства СВЧ GaAs монокристаллических интегральных схем с T-образным затвором длиной 0.25 мкм, а, именно, малошумящих усилителей, буферных усилителей и усилителей мощности был внедрён технологический блок формирования трехслойной резистивной маски T-образных затворов и затворных шин СВЧ транзисторов с высокой подвижностью электронов с использованием методов электронно-лучевой и UV-литографий, позволяющий сократить время формирования резистивной маски, улучшить планарность затворных шин, а также упростить совмещение рисунка затворов с рисунком стоков/истоков транзистора при низкой контрастности знаков совмещения. Кроме этого, Ишуткиным С.В. был внедрён улучшенный технологический блок формирования методами обратной литографии и магнетронного распыления тонкоплёночных резисторов, позволяющий формировать топологические элементы с ровными краями, без «вуалей». Данные технологические блоки в настоящее время используются в АО «НПФ «Микран» при мелкосерийном производстве GaAs СВЧ МИС. Внедрение данного комплекса операций позволило поднять процент выхода годных и улучшить технические характеристики СВЧ МИС, выпускаемых на предприятии.

В течение 2010 – 2012 годов соискатель принимал активное участие в выполнении комплексного проекта «Разработка и внедрение

технологических основ системного проектирования и производства аналогово-цифровой СВЧ аппаратуры для телекоммуникаций, радиолокации и приборостроения на основе собственной GaAs элементной базы» (договор № 13 G25 31 0011) по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения. В рамках этого проекта в качестве ответственного исполнителя, им была выполнена научно-исследовательская работа «Создание и оптимизация технологических процессов, формирования металлизации первого уровня на основе меди с использованием слоев диффузионных барьеров, формирования медных воздушных мостов, предназначенных для использования при изготовлении гетероструктурных транзисторов на основе медной металлизации». Ишуткин С. В. был исполнителем гранта от компании Carl Zeiss на реализацию проекта «Разработка технологии формирования гетероструктурных GaAs СВЧ транзисторов с длиной затвора 70 нм и металлизацией на основе Cu».

В 2010 г. Ишуткин С.В. прошел профессиональную переподготовку на факультете повышения квалификации ТУСУР по программе «Промышленное производство наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем СВЧ» (диплом: ПП-I №797865). В рамках переподготовки он прошёл дополнительное обучение в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московском государственном институте электронной техники» по курсам «Нанoeлектроника» и «Наногетероструктурные монокристаллические интегральные схемы СВЧ диапазона и дискретные полупроводниковые приборы».

Ишуткин С.В. является лауреатом конкурса Томской области в сфере образования, науки, здравоохранения и культуры. Награждение произведено за высокие достижения в сфере образования и науки, способствующие укреплению престижа Томского научно-образовательного комплекса в стране и во всем мире.

Ишуткин С. В. в процессе работы над диссертацией проявил умение самостоятельно ставить и решать сложные научно-технические проблемы, продемонстрировал трудолюбие и способность к постановке грамотного научного эксперимента, анализу экспериментальных результатов, а также системное мышление при разработке конструкции СВЧ МИС и

технологического маршрута их изготовления. Результаты, полученные в процессе выполнения работы, свидетельствует о его высокой научной квалификации.

Считаю, что диссертация Ишуткина С. В. является цельной и завершённой работой, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации на соискание степени кандидата технических наук, а диссертант заслуживает присвоения ему искомой учёной степени.

Научный руководитель

В.А. Кагадей

доктор физико-математических наук, профессор,
первый заместитель генерального директора
АО «НПФ «Микран»

Секретарь НТС

Е. Е. Мананко

кандидат технических наук,
заместитель генерального директора
АО «НПФ «Микран» по НИОКР

