

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ишуткина Сергея Владимировича по теме «Разработка технологии и создание монолитного GaAs СВЧ малошумящего усилителя с металлизацией на основе пленок Al и Cu», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 – Физическая электроника

Актуальность темы диссертационной работы определяется быстрым развитием телекоммуникационных систем и, как следствие, растущими требованиями к электронной компонентной базе СВЧ устройств. Одним из перспективных направлений развития микроэлектроники является гетероинтеграция устройств, в том числе на основе плупроводниковых материалов GaAs и Si. Наиболее вероятно, технология гетероинтеграции приведет к изучению возможности создания межэлементной металлизации на основе единых и сравнительно дешевых материалов, каковыми в кремниевой технологии являются медь и алюминий. В GaAs СВЧ монолитных интегральных схемах (МИС) металлизация традиционно формируется на основе пленок Au, вопрос же использования металлизации на основе Cu и Al недостаточно проработан. Поэтому тема диссертационной работы Ишуткина С.В. является актуальной.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Объем работы составляет 207 страниц машинописного текста, включая 118 рисунков, 2 таблицы и списка литературы из 103 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи, представлены научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы научные положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации работы и личном вкладе автора, дано краткое содержание диссертации.

В первой главе представлен литературный обзор по тематике диссертационной работы. Описано текущее состояние в технологии GaAs СВЧ МИС и технологии межэлементной металлизации интегральных схемах на основе Si. Представлен обзор работ по технологии металлизации с использованием Al и Cu в приборах на основе GaAs и GaN. В конце главы сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе представлены данные по оборудованию и методам исследований.

Третья глава содержит описание разработанных конструкций отдельных элементов GaAs СВЧ МИС и их технологических вариантов: СВЧ-транзистора, пассивных

элементов, металлизации обратной стороны пластин на основе пленок Al и Cu. Даны экспериментальные оценки надежности разработанных конструкций.

Четвертая глава содержит описание разработки технологии изготовления GaAs СВЧ МИС малошумящего усилителя с металлизацией на основе Al и Cu.

В пятой главе приводится сравнительный анализ параметров GaAs СВЧ МИС малошумящих усилителей с металлизацией на основе Al и Cu, изготовленных по разработанной технологии, и серийно производимых, с металлизацией на основе Au. Приведены результаты ускоренных испытаний на долговечность интегральных схем малошумящего усилителя изготовленных по разработанной технологии.

В заключении сформулированы выводы по основным результатам диссертационной работы.

Научная новизна основных результатов диссертации заключается в следующем. Разработаны конструкции транзистора с высокой подвижностью электронов и пассивных элементов GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Al и Cu. Создана технология, позволившая изготовить монолитные GaAs СВЧ малошумящие усилители с металлизацией на основе пленок Al и Cu, которые по электрическим параметрам и долговечности, исследованной при высокой температуре, не уступают МИС с традиционной металлизацией на основе пленок Au.

Разработана оригинальная методика формирования резистивной маски для формирования затворов транзисторов, которая позволяет улучшить планарность затворных шин и упростить процедуру совмещения в методе электронно-лучевой литографии.

Предложены новые конструкции и технологии формирования диффузионных барьеров и металлизации обратной стороны GaAs пластины на основе пленки Cu, обладающих повышенной термостойкостью и термостабильностью параметров.

Практическая значимость полученных результатов заключается в создании технологии изготовления GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Al и Cu, которые, в рамках проведенных сравнительных испытаний, не уступают традиционным GaAs СВЧ МИС с металлизацией на основе пленок Au. Важным аспектом является ориентация на использование уже существующих технологических линий по производству GaAs СВЧ МИС.

Обоснованность и достоверность представленных результатов не вызывает сомнений. Результаты работы подкреплены достаточным объемом корректно выполненных экспериментов. Материалы диссертации в достаточной мере апробированы на всероссийских и международных научно-технических конференциях и опубликованы в

ведущих рецензируемых изданиях, результаты защищены патентами РФ. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Замечания.

1. Надёжностные испытания СВЧ МИС малошумящих усилителей с металлизацией на основе пленок Al и Cu ограничены испытаниями на долговечность в условиях повышенных стационарных температур, что не позволяет в полной мере охарактеризовать надежность МИС для нормальных условий эксплуатации.

2. В п.3.2.2 показано, что при изучении термостойкости транзисторов с омическими контактами на основе пленок Ge/Cu/Mo обнаружено возникновение локальных диффузионных каналов, но не рассмотрены возможные механизмы их образования.

3. В п.3.2.9 для транзистора с металлизацией на основе пленок Al и Cu приведены только параметры по постоянному току, но отсутствуют данные по СВЧ характеристикам.

Данные замечания не снижают ценность диссертационной работы Ишуткина С.В., которая отличается высоким научно-техническим уровнем и создает задел для передовых технологий в производстве GaAs СВЧ МИС. Отдельно следует отметить грамотную, четкую, логически выстроенную форму представления результатов работы. Научные положения, выносимые на защиту, подкреплены достаточным объемом экспериментального материала, сформулированная в работе научная новизна не вызывает сомнений. Диссертационная работа Ишуткина С.В. соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по специальности 01.04.04 – физическая электроника, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент, старший научный сотрудник
ИСЭ СО РАН, кандидат физико-математических наук

Нефёдцев Евгений Валерьевич

Подпись Нефёдцева Е. В. удостоверяю:
ученый секретарь ИСЭ СО РАН, доктор физико-
математических наук

Пегель Игорь Валериевич



12.12.16

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, 634055, Россия, г. Томск, просп. Академический, 2/3, <http://www.hcei.tsc.ru>, (3822) 491-544, contact@hcei.tsc.ru