

Характеристики малошумящих усилителей на арсениде галлия, подвергнутых воздействию мощных СВЧ импульсов

Представлены результаты воздействия мощных СВЧ импульсов на характеристики малошумящих усилителей на арсениде галлия. Методами атомно-силовой микроскопии установлено разрушение металлизации затвора при критическом воздействии мощных СВЧ импульсов, исследовано образование неоднородностей поверхностей между областями затвора и стока.

Ключевые слова: арсенид галлия, малошумящий усилитель, мощные СВЧ импульсы

При воздействии на малошумящие усилители мощных СВЧ импульсов наиболее уязвимыми к воздействию оказываются входные транзисторы усилительных каскадов. При критическом уровне воздействия СВЧ импульсов происходит деградация параметров усилителей с дальнейшим разрушением структуры транзисторов входных каскадов.

Испытуемые образцы представляют собой малошумящие усилители, изготовленные по квазимонолитной технологии. В качестве активных элементов использованы рНЕМТ транзисторы с шириной затвора 0,25 мкм, которые методами поверхностного монтажа устанавливаются на арсенидгаллиевую подложку с сформированными пассивными компонентами, межэлементными соединениями и контактными площадками [1].

Воздействие СВЧ импульсов на малошумящие усилители осуществлялось на испытательном стенде, позволяющем подводить СВЧ импульсы на вход схемы с постепенным повышением уровня воздействующего СВЧ сигнала частотой 6 ГГц. Время воздействия входной мощности было выбрано равным 1 минуте. После каждой ступени воздействия анализировались изменения характеристик малошумящих усилителей – коэффициент усиления K_u и ток потребления. Во время воздействия СВЧ импульсов проводился контроль тока потребления и выходной мощности усилителя.

На рисунке 1 приведены типовые зависимости изменений характеристик усилителей, происходящих с ростом мощности СВЧ импульсов.

Согласно данным, приведенным на рисунке 1, видно, что характер изменений зависимостей токов потребления от воздействующей мощности до и во время воздействия СВЧ импульсов может служить фактором, определяющим процессы, протекающие в транзисторной структуре.

На начальном участке (до 100 мВт входной мощности) явных изменений в работе усилителей не обнаружено. На втором участке (до 300 мВт входной мощности) существует область обратимых изменений параметров транзисторов. На третьем участке (до 800 мВт входной мощности) — область необратимых изменений параметров транзисторов. Четвертый участок (свыше 800 мВт входной мощности) — область разрушения структуры входных транзисторов.

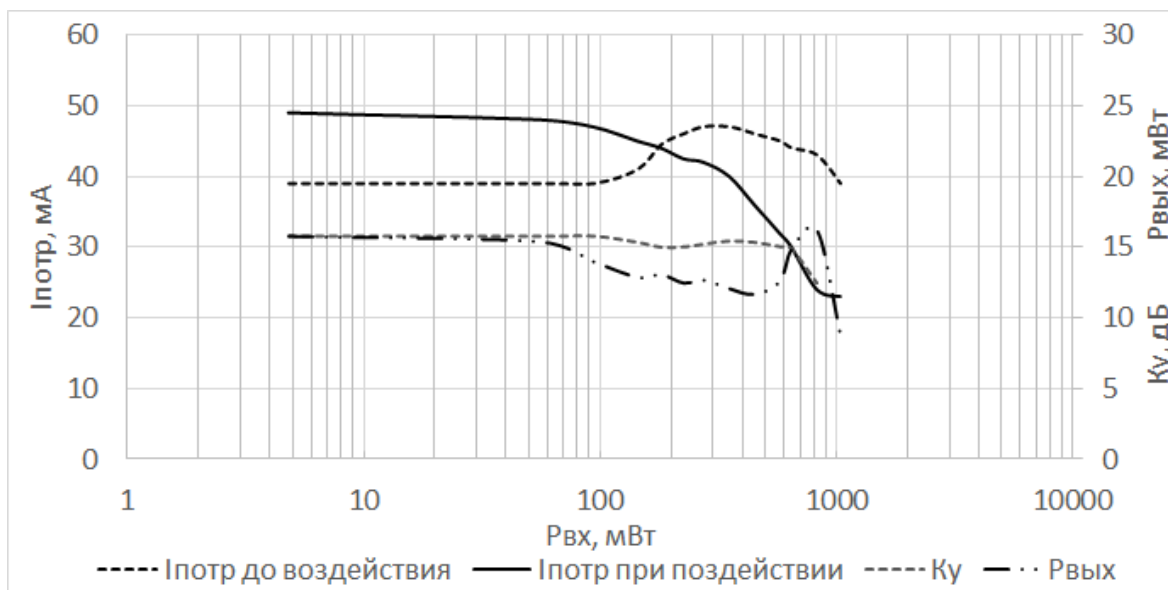


Рисунок 1

Визуальный осмотр усилительных модулей, полученных после воздействия СВЧ мощности свыше 800 мВт (4 участка), показал, что отказ связан с выгоранием (расплавлением металлизации) затвора входного транзистора усилителя. Измерение вольт-амперных характеристик также подтверждает разрушение барьера Шоттки входного транзистора.

Методами атомно-силовой микроскопии в активной области входных транзисторов обнаружены разрывы и укрупненные металлические области округленной формы, представлены на рисунке 2.

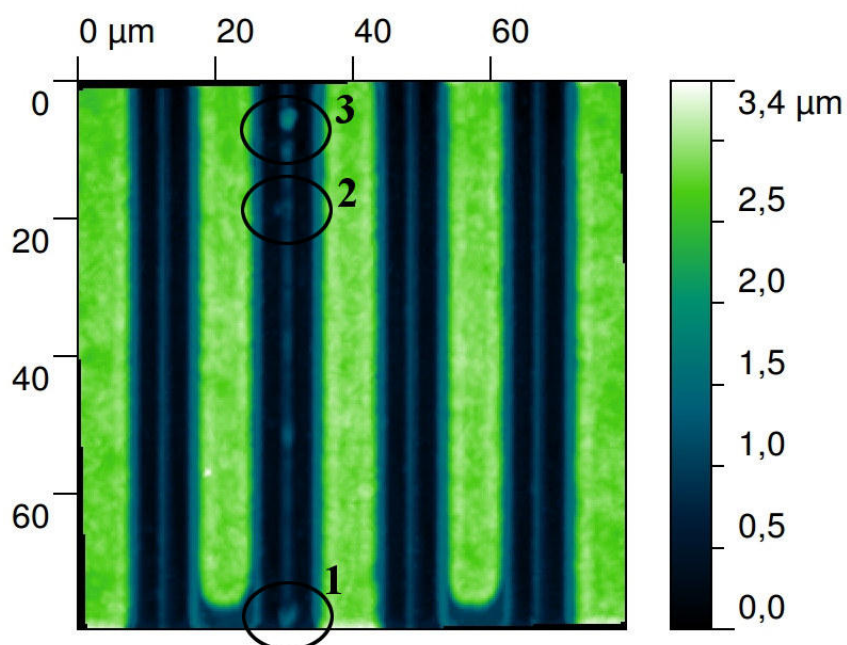


Рисунок 2

На рисунках 3-5 представлены увеличенные фрагменты участков 1-3 рисунка 2.

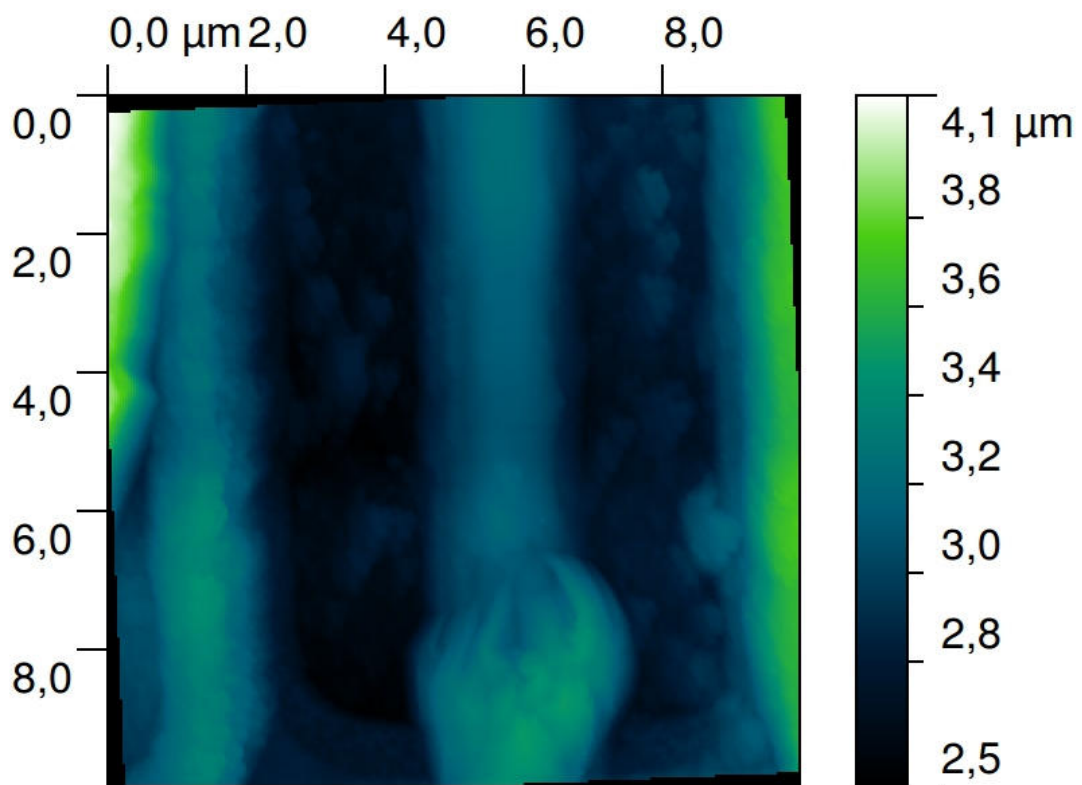


Рисунок 3

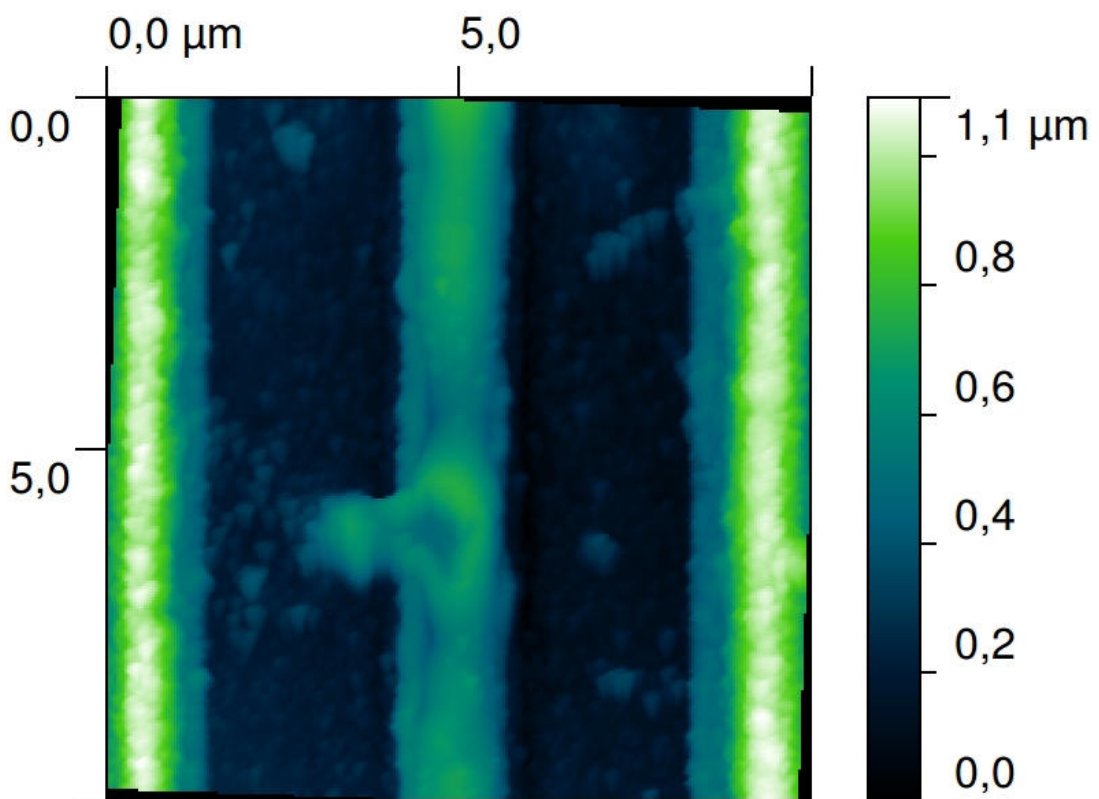


Рисунок 4

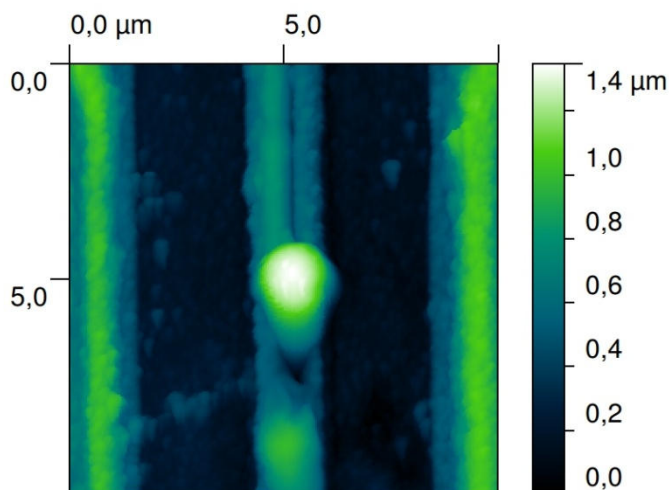


Рисунок 5

На рисунках 3, 4 представлены области, предшествующие разрыву металлизации затвора, на рисунке 5 — область разрыва металлизации затвора.

Анализ начального участка активной области транзисторной структуры (рисунок 3) методом атомно-силовой микроскопии до и после воздействия мощных СВЧ импульсов показывает значительное изменение шероховатости поверхности активной области транзисторной структуры между затвором и стоком: на 48% для среднеарифметического показателя шероховатости и 28% для среднеквадратичного показателя шероховатости. Для активной области между затвором и истоком изменения шероховатости составляют 2% и 3,5% соответственно.

На рисунке 4 представлен процесс развития самосборки металлизации затвора под воздействием деформационных сил в условиях стимулированного воздействия электромагнитной энергии [2]. Отчетливо видны участки сужения области затвора и укрупнения металлизации затвора. Между областью уширения металлизации затвора и областью стока происходит рост количества неоднородностей поверхности по сравнению с соседними областями. Изменения шероховатости поверхности в этом случае составляет 64% для среднеарифметического показателя и 70% для среднестатистического показателя.

На рисунке 5 видна область разрыва и перераспределения металлизации затвора. Между затвором и стоком также обнаружено образование неоднородностей поверхности. В центральной части наблюдается значительный рост высоты затвора (на 100%) по сравнению с неповрежденными участками затвора.

Библиографический список

1. Осипов А.М., Платонов С.В., Селезнев Б.И. Защита СВЧ малошумящего усилителя от статического электричества и входной СВЧ мощности // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. Выпуск 1, 2, 2012. С. 153-156.
2. Платонов С.В., Пермяков Н.В., Селезнев Б.И., Мошников В.А., Козловский Э.Ю., Осипов А.М. Малошумящие арсенид-галлиевые усилители при воздействии электромагнитных помех повышенной интенсивности // Вестник Новгородского государственного университета, Серия Технические науки, №67, 2012, С. 29-32.