

диапазоне частот 2...17 ГГц наблюдается увеличение коэффициента передачи до $-6,0$ дБ при коэффициенте отражения $-2,0...-10,0$ дБ ($-4,0...-12,0$ дБ в режиме короткого замыкания).

Полученные результаты позволяют рекомендовать разработанные гибкие экраны электромагнитного излучения с углеродсодержащими покрытиями для экранирования СВЧ-источников, обеспечения экологической защиты пользователей ПК, обслуживающего персонала медицинских и промышленных установок.

СВЧ МОДУЛЬ ПОЛУДУПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

В.В. Муравьев, С.А. Корневский, Н.М. Наумович, А.А. Стануль, П.И. Карпович

Большой диапазон частот миллиметрового диапазона длин волн (ММДВ) и возможность обеспечения малой узкой диаграмм направленности при малых габаритах антенных устройств, позволяют улучшить пространственную и энергетическую скрытность системы связи. Произведена разработка малогабаритного приемо-передающего модуля восьмимиллиметрового диапазона длин волн, работающего в полудуплексном режиме.

Основные параметры канала передачи: диапазон частот – $36-36,8$ ГГц; мощность выходного сигнала передающего устройства, более 2 Вт; значение промежуточной частоты входного сигнала, содержащего передаваемую информацию – 2 ГГц; длительность фронта радиоимпульса – $0,3 \cdot 10^{-6}$ с; уровень побочных излучений, менее -50 дБ; допустимая входная мощность сигнала на входе приемного канала 1 Вт. Основные параметры канала приема: диапазон частот – $36-36,8$ ГГц; коэффициент шума – 4 дБ; время включения и выключения канала приема $0,3 \cdot 10^{-6}$ с.; полоса частот – 20 МГц; подавление зеркального канала, более 50 дБ.

Высокую стабильность частоты и скачки частоты выходного сигнала обеспечивает внешний синтезатор частот. Диапазон частот синтезатора $8,5-8,7$ ГГц. Время переключения частоты выходного сигнала, менее $0,3 \cdot 10^{-6}$ с. Быстрое переключение частот выходного сигнала синтезатора позволяет обеспечить расширение спектра сигнала для обеспечения высокой энергетической скрытности работы системы связи. В разработанном блоке сигнал синтезатора частот усиливается и поступает на умножитель частоты на 4 . На выходе умножителя установлен фильтр с полосой пропускания $34-34,8$ ГГц. В канале передачи квадратурный смеситель сдвига формирует суммарное значение частот выходного сигнала умножителя и входного сигнала промежуточной частоты и формирует выходной сигнал передающего устройства $36-36,8$ ГГц. При скачках частоты синтезатора частот изменение частоты выходного сигнала модуля в 4 раза больше, чем в выходном сигнале синтезатора. Синтезаторы частот канала приема и канала передачи синхронизированы, поэтому квадратурный смеситель канала приема формирует промежуточную частоту 2 ГГц, содержащую принимаемую информацию.

СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ С БЫСТРОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ И МАЛЫМ УРОВНЕМ ФАЗОВЫХ ШУМОВ

В.В. Муравьев, С.А. Корневский, Н.М. Наумович, А.А. Стануль, П.И. Карпович

В настоящее время в системах телекоммуникаций все более широкое применение находят широкополосные сигналы. Они позволяют обеспечить шифрование и скрытность передаваемой информации. Одним из методов расширения спектра является скачкообразная перестройка частоты (FHSS). Реализация таких систем требует создания синтезаторов частот с малым временем переключения частоты выходного сигнала, малым уровнем фазовых шумов, большим диапазоном частот выходного сигнала. Широко используемые в системах телекоммуникаций синтезаторы частот с ФАПЧ не позволяют обеспечить требуемую совокупность параметров, поэтому в разработанном синтезаторе использованы методы прямого аналогового и прямого цифрового синтеза. Методом прямого аналогового синтеза формируются крупная и средняя сетки частот синтезатора, методом прямого цифрового синтеза – мелкая сетка частот. Крупная сетка частот формируется путем умножения частоты кварцевого генератора и выделением требуемых частотных составляющих выходного сигнала умножителя полосовыми фильтрами. Умножители частоты выполнены на диодах с

накоплением заряда. Выбор требуемого частотного канала крупной сетки частот обеспечивается коммутатором. Средняя сетка частот формируется путем деления частоты одной из спектральных составляющих крупной сетки частот. Мелкая сетка частот формируется синтезатором DDS. Требуемая частота выходного сигнала формируется путем суммирования одной из спектральных составляющих каждой сетки частот. Разработанный синтезатор частот позволяет обеспечить диапазон рабочих частот более 2 ГГц; время перестройки частоты выходного сигнала $0.3 \cdot 10^{-6}$ секунды; шаг сетки частот менее 1 МГц; уровень побочных излучений, менее -70 дБ; спектральную плотность мощности фазовых шумов выходного сигнала -105 дБс/Гц @ 1кГц. Объем синтезатора частот при отсутствии средств виброзащиты не превышает $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОНОСЛОЯ ГРАФЕНА

В.В. Муравьев, В.Н. Мищенко

Рассмотрены вопросы моделирования основных параметров и характеристик транзисторных структур с использованием монослоя графена. Высокая подвижность носителей заряда (максимальная подвижность электронов среди всех известных материалов) и другие его свойства делают графен перспективным материалом для использования в самых различных приложениях, в частности, широкого применения в интегральных приборах и микросхемах. Разработан алгоритм моделирования, составлена и отлажена программа численного моделирования методом Монте-Карло. Для моделирования использовался многочастичный метод Монте-Карло совместно с решением уравнения Пуассона для трехмерной области приборной структуры. На основе метода статистического моделирования проведены исследования основных механизмов рассеяния при переносе носителей заряда в полупроводниковых приборах на основе графена. Получены зависимости частот рассеивания от энергии поля при рассеивании на полярных оптических фононах, на примесях, при акустическом рассеянии, при электрон-электронном рассеивании, а также суммарная зависимость по всем механизмам рассеивания. Установлено преобладание электрон-электронного рассеивания над другими видами рассеивания в области умеренных величин энергии поля. Исследованы закономерности физического процесса переноса носителей заряда в слое графена, а также в объемной области полупроводниковой структуры, для создания которой используются соединения группы карбида кремния, и в частности, типа 4H-SiC. Исходя из полученных результатов моделирования, выработаны рекомендации по формированию и совершенствованию технологии формирования приборов с улучшенными выходными параметрами в диапазонах СВЧ и КВЧ. Использование исследованных приборных структур со слоями графена позволит создать транзисторы, которые найдут применение в системах обнаружения сигналов и их обработки на крайне высоких частотах.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК TiO_2 И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКРАНОВ ЭМИ НА ИХ ОСНОВЕ

Дэйвис Исаиас Пеньялоса Овальес, М.В. Тумилович

Исследовались образцы экранирующих материалов на основе абразивного зерна электрокорунда, который представляет собой кристаллический оксид алюминия, искусственно получаемый в результате переплавки глинозема и глинозем-содержащего сырья непрерывным способом в дуговых печах с последующей кристаллизацией вещества. Электрокорунды принято подразделять в зависимости от процентного содержания глинозема в составе абразива и технологии производства. Чем больше в электрокорунде содержится окиси алюминия, тем тверже, прочнее и белее по цветовой характеристике получаемое корундовое абразивное зерно.

Для получения наполнителей с проводящими и диэлектрическими свойствами использовались дополнительные компоненты (30 % масс. содержания) в виде добавок диоксида титана (TiO_2), характеризующегося диэлектрическими свойствами и технического углерода, представляющий собой высокодисперсный аморфный наноматериал с поглощающими свойствами. Для реализации поставленной цели были сформированы образцы экранов ЭМИ в виде сухих смесей толщиной 5 мм. Для исследования экранирующих характеристик