

СВЧ ограничитель мощности диапазона 0-12 ГГц на арсениде галлия

Волнянский Н. О., Ли А. И., Толстолицкий С. И., Фролова А. А.

Представлены результаты разработки и экспериментальных исследований быстродействующего широкополосного ограничителя мощности диапазона 0-12 ГГц, реализованного в монолитном исполнении, обеспечивающего малые вносимые потери. Разработанная МИС имеет низкий уровень просачивающейся мощности, что особенно важно при применении малощумящих GaAs HEMT и pHEMT во входных цепях радиолокационных приёмников.

Введение

Современные радиоприёмные устройства содержат высокочувствительные pHEMT-транзисторы в составе малощумящих усилителей (МШУ) и не допускают воздействия сигналов большой мощности. Для защиты входных каскадов от широкополосных помех применяются ограничители мощности (ОМ), при этом наименьшее время срабатывания обеспечивают ограничители мощности с применением в качестве нелинейных элементов диодов с барьером Шоттки на арсениде галлия [1-6]. Поскольку ОМ располагается перед МШУ, для снижения коэффициента шума входного тракта необходимо минимизировать вносимые потери ОМ при отсутствии сигналов помех. При этом большой интерес представляют конструкции ограничителей мощности, изготовленных по технологии монолитных интегральных схем (МИС) СВЧ на арсениде галлия.

Постановка задачи

Целью работы являются разработка и экспериментальное исследование быстродействующего широкополосного ограничителя мощности диапазона 0-12 ГГц, реализованного в монолитном исполнении, обеспечивающего малые вносимые потери не более 0,5 дБ, максимально допустимую входную мощность до 5 Вт и мощность на выходе не более 25 мВт.

Решение задачи/ Результаты расчётов и измерений

Сложность разработки ограничителей мощности на диодах Шоттки обусловлена тем, что для увеличения рабочего диапазона частот необходимо уменьшать ёмкость диода, что приводит к увеличению просачивающейся мощности на выходе и уменьшению максимальной входной мощности вследствие увеличения последовательного сопротивления.

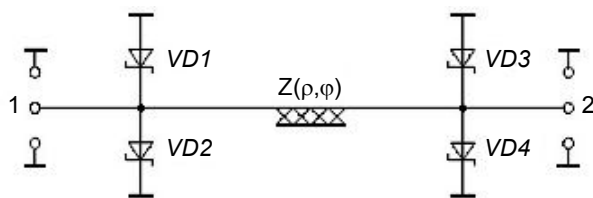


Рис. 1

Принципиальная электрическая схема ограничителя мощности на ДБШ

В качестве базового варианта использована схема двухкаскадного диодного ограничителя мощности отражательного типа (рис. 1). Аналогичная схема на ДБШ использована в работах [1,3]. Диоды VD1...VD4 идентичны. Основными параметрами ДБШ являются ёмкость и последовательное сопротивление. Последовательное сопротивление ДБШ

влияет на максимальную входную мощность и мощность на выходе ОМ. Структуры со скрытым p⁺-слоем в отличие от транзисторных структур (MESFET) при одинаковой площади анодного контакта диода Шоттки обеспечивают минимальное значение последовательного сопротивления диода. Поэтому для изготовления ОМ выбрана структура

со скрытым n^+ -слоем. Особенностью таких структур является необходимость работы по глубокому рельефу, что потребовало корректировки технологических режимов, оптимизированных для планарной технологии. Отработана технология формирования топологических элементов с размером порядка 1 мкм (анод диода Шоттки) при глубине мезы порядка 2 мкм.

Анод и катод диодов формировались методом самосовмещения. Разводка микросхемы осуществлялась с помощью «воздушных» мостов с расположением опор на различных уровнях рельефа, разность между которыми сравнима с высотой самого моста (рис. 2).

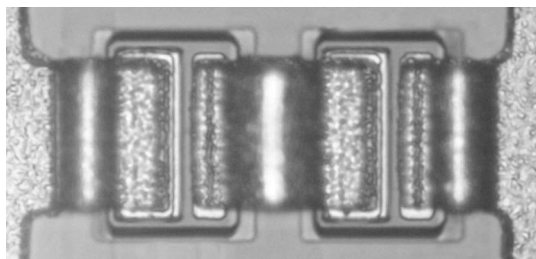


Рис. 2

Микрофотография «воздушных» мостов с опорами на разных уровнях рельефа

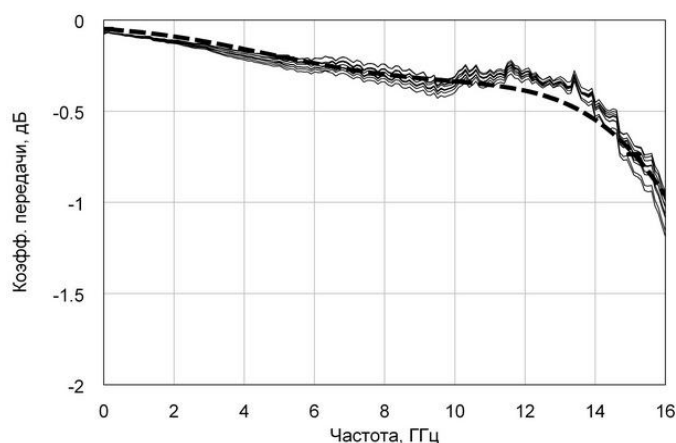


Рис. 3

Зависимость коэффициента передачи ограничителя мощности от частоты

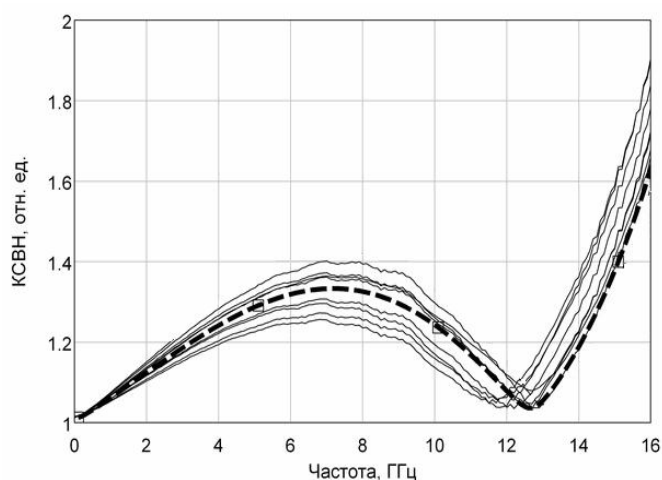


Рис. 4

Зависимость КСВН входа ограничителя мощности от частоты

Топология рассчитанного ограничителя мощности ориентирована на проведение контроля СВЧ параметров на пластине. Размер кристалла – $1,2 \times 0,7 \times 0,1$ мм³. Топология диода Шоттки оптимизировалась для получения минимальных вносимых потерь, максимальной рабочей полосы частот и максимальной входной мощности.

Измерение S-параметров на пластине производилось с помощью векторного анализатора цепей в диапазоне частот от 0,01 до 16 ГГц. Расчётные и экспериментальные зависимости коэффициента передачи и КСВН от частоты представлены на рис. 3 и 4 соответственно. Пунктиром на рисунках обозначены результаты расчётов, а сплошной линией – экспериментальные данные для 8 образцов. Экспериментально полученные вносимые потери составляют 0,3-0,42 дБ в X-диапазоне (рис. 3). КСВН входа для малых уровней мощности сигнала не превышает 1,4 в рабочем диапазоне частот (рис. 4).

Проектирование устройства проводилось с учётом последующего влияния проволочных перемычек, с помощью которых осуществляется установка ограничителя мощности на плату. Результаты расчётов зависимости коэффициента передачи и КСВН входа от частоты с учётом индуктивности проволочных перемычек показывают, что при длине перемычки около 200 мкм ожидается улучшение параметров (рис. 5).

Разработанная технология обеспечивает высокую воспроизводимость параметров при изготовлении МИС ОМ. Анализ результатов статистической обработки 60 образцов устройств показал, что среднее значение потерь составляет 0,3 дБ на частоте 11 ГГц, а лучшие образцы обеспечивают коэффициент передачи порядка 0,28 дБ и КСВН 1,15.

Измерения зависимости выходной мощности от поступающей на вход МИС непрерывной мощности проводились на частоте 2 ГГц. Из графиков, приведённых на рис. 6, видно, что при увеличении входной мощности до 5 Вт (37 дБм) просачивающаяся мощность не превышает 22,4 мВт (13,5 дБм). Расчёты показывают, что на частоте 8 ГГц при входной мощности сигнала 5 Вт выходная мощность не превышает 13,5 мВт (11,3 дБм).

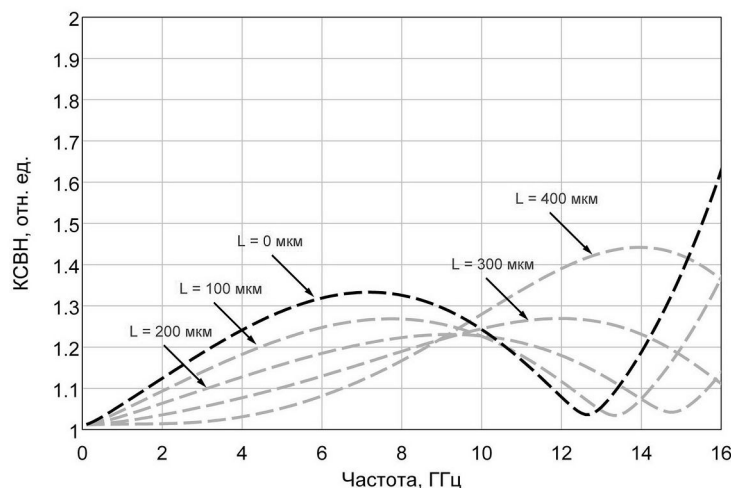


Рис. 5

Зависимость КСВН входа ограничителя мощности от частоты с учётом индуктивности проволочных перемычек

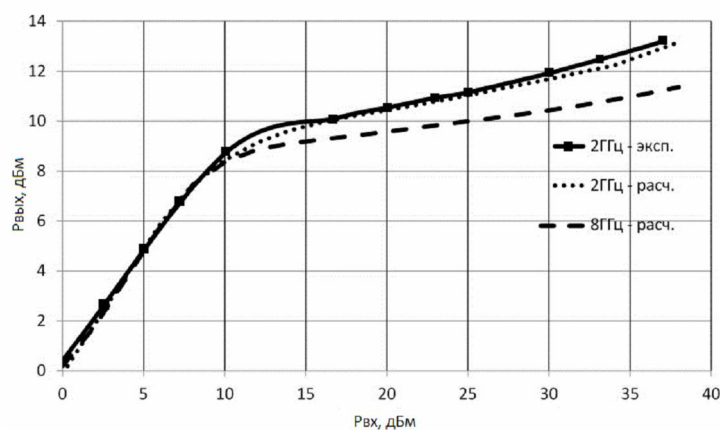


Рис. 6

Зависимость $P_{\text{вых}}$ от $P_{\text{вх}}$

– Севастополь: Вебер. – 2007. – С. 79–80.

2. Усик Д. А., Платонов С. В., Осипов А. М. Защитное устройство L-, S-, C-, X- диапазонов на основе диодов Шоттки // Материалы 20 Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» – Севастополь: Вебер. – 2010. – Т. 1. – С. 149–150.

3. Ли А. И., Толстолицкий С. И., Казачков В. В., Толстолицкая А. В. Монолитные интегральные схемы

Выводы

По результатам расчётов и экспериментальных исследований характеристик разработанного устройства видно, что ограничитель соответствует предъявляемым требованиям и по своим параметрам находится на уровне отечественных и зарубежных разработок. ОМ обладает малыми вносимыми потерями на уровне 0,3–0,42 дБ в X-диапазоне и обеспечивает на выходе мощность не более 23 мВт при непрерывной входной мощности до 5 Вт.

Разработанная технология для изготовления ОМ на структурах со скрытым n^+ -слоем обеспечивает проектирование МИС СВЧ ограничителей мощности в различных частотных диапазонах при жестких требованиях к вносимым потерям и уровням входной и просачивающейся мощностей.

Литература

1. Крутов А. В., Ребров А. С. Монолитная интегральная схема защитного устройства 3-х сантиметрового диапазона. // Материалы 17 Международной Крымской конференции

СВЧ ограничителей мощности на арсениде галлия // Материалы 20 Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» – Севастополь: Вебер. – 2010. – Т. 1. – С. 145-146.

4. Кручинин И. В., Орлов О. С., Шипунова Н. В. Твердотельные устройства для ограничения СВЧ мощности // Материалы 13 Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» – Севастополь: Вебер. – 2003. – С. 193-194.

5. Ющенко А. Ю., Монастырев Е. А., Айзенштат Г. И., Божков В. Г., Акимов А. В. Монолитная интегральная схема защитного устройства на основе р-і-п-диодов // Материалы 20 Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» – Севастополь: Вебер. – 2010. – Т. 1. – С. 153-154.

6. Бирюлева Е. Г., Вьюгинов В. Н., Зыбин А. А. Широкополосное защитное устройство в монолитном интегральном исполнении // Материалы 20 Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» – Севастополь: Вебер. – 2010. – Т. 1. – С. 151-152.

Готовится к публикации

**в вып. 2(229) 2012 г. пятая часть статьи
доктора химических наук, профессора ООО “Сибирские Интегрированные Системы”
(г. Новосибирск)**

В. Ю. Васильева

“Применение методов химического осаждения тонких слоёв из газовой фазы для микросхем с технологическими нормами 0,35-0,18 мкм. Часть 5. Схемы роста и корреляция закономерностей осаждения и свойств тонких слоёв”

В пятой части работы рассмотрены схемы роста тонких слоёв из газовой фазы, развернутая классификация процессов осаждения и корреляция закономерностей осаждения и свойств кремнийсодержащих слоёв, применяемых при изготовлении интегральных микросхем с технологическими нормами 0,35-0,18 мкм. За основу взят отечественный и зарубежный личный практический опыт работы и публикации автора в области химического осаждения тонких слоёв из газовой фазы в наиболее использованных в микроэлектронной промышленности реакторах, а также литературные источники за последние 25 лет.

***Предыдущие 4 части работы
были опубликованы в последних четырёх выпусках журнала.***
