

мощности в диапазоне температур от +60°C до -50°C не превышал 40%. Максимальная мощность диодов на частоте 80 ГГц равнялась 42 мВт при эффективности порядка 4%. Диоды стабильно запускались при температуре -70°C.

Разработанная технология изготовления корпусов диодов с кварцевыми втулками позволяет получить емкость корпуса 0,04 пФ, обеспечивающую резонансную частоту корпуса диода выше 150 ГГц.

Таким образом, подтверждено, что многослойная система Au-Ge-TiB₂-Au с толщинами 0,18—0,03—0,1—0,2 мкм формирует к арсениду галлия *n*-типа с концентрацией носителей (0,3...1)10¹⁶ см⁻³ контакт с барьером высотой 0,24—0,26 эВ.

Использование групповой технологии изготовления кристаллов мезоструктур и корпусирования в металлокварцевый корпус позволили создать диоды

Ганна с катодным контактом из Au-Ge-TiB₂-Au, работающие в частотном диапазоне 60—80 ГГц на основной гармонике с КПД порядка 4% и выходной мощностью 40 мВт.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Spooner H., Couch N. R. Advances in hot electron injector Gunn // GEC J. Res.— 1989.— Vol. 7, N 1.— P. 34—45.
2. Пат. 8493 України. Напівпровідниковий надвисокочастотний діод Ганна з арсеніду галію / В. М. Иванов, В. М. Ковтонюк, Ю. Є. Ніколаєнко.— 2005.— Бюл. № 8.
3. Миленин В. В., Конакова Р. В., Иванов В. Н. и др. Особенности формирования и термостабильность многослойных невыпрямляющих контактов к *n*-GaAs с антидиффузионным барьером на основе TiB_x и Mo // Журнал технической физики.— 2000.— Т. 70, вып. 11.— С. 80—85.
4. Яцуненко А. Г., Ковтонюк В. М., Иванов В. Н., Николаенко Ю. Е. Слаботочные диоды Ганна на основе арсенида галлия для КВЧ-аппаратов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2005.— № 3.— С. 46—48.

В. В. ТКАЧЕНКО, А. В. МАЙ, В. И. МАЙ, Ю. О. УДОД,
к. ф.-м. н. М. И. УГРИН

Украина, г. Киев, Научно-производственное предприятие "Сатурн"
E-mail: chmil@nbi.com.ua

Дата поступления в редакцию
16.12 2005 г.

Оппонент к. т. н. Н. Н. КОБАК
(НТУУ "КПИ", г. Киев)

МОНОЛИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ 5- И 3-МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Приведены результаты разработки монолитных преобразователей частоты 5- и 3-миллиметрового диапазона как функционально завершенных узлов приемопередающей аппаратуры.

Развитие современных систем телекоммуникационной связи, радиолокации, радиоастрономии диапазона крайне высоких частот (КВЧ) стимулирует совершенствование устройств и блоков приемных систем, малочувствительных к разбросу параметров схемы.

Преобразователи частоты приемных систем должны удовлетворять следующим основным требованиям [1, 2]:

- потери преобразования должны быть не более 8 дБ, а его динамический диапазон — не менее 80 дБ;
- электропотребление, габаритные размеры и масса — минимальные;
- конструкция должна быть технологичной, дешевой и обеспечивать высокую стойкость к воздействию климатических и механических факторов;
- интервал рабочих температур от -50 до +50°C.

Рассматриваемые в настоящей работе разработанные преобразователи частоты состоят из монолитных схем балансного смесителя и умножителя частоты (гетеродин внешний), выполнены в едином корпусе на достаточно малой площади, малочувствительны к разбросу параметров схемы.

Монолитные балансные смесители. Монолитные схемы (МИС) балансных смесителей трехмиллиметрового диапазона (МБС-3) и пятимиллиметрового диапазона (МБС-5) содержат два последовательно включенных диода, которые согласованы по цепи сигнала отрезком волноводно-щелевой линии, а с цепью гетеродина — отрезками подвешенной полосковой и копланарной линий передачи, которые обеспечивают развязку цепей сигнала, гетеродина и промежуточной частоты.

МИС МБС-3 и МБС-5 имеют размеры 1,24×3,8 мм и 1,85×4,5 мм, соответственно.

МИС БС изготавливаются по групповой технологии на пластине GaAs диаметром 40 мм.

Все элементы схемы — диоды, полосковые и копланарные линии, фильтры, цепи промежуточной частоты и смещения — изготавливаются в едином технологическом цикле по технологии монолитных интегральных схем.

Ниже приведены экспериментальные характеристики смесительных диодов, являющихся элементами монолитной схемы.

Характеристики смесительных диодов:

— емкость диода, фФ	24—27
— последовательное сопротивление, Ом	5
— конструктивная емкость, фФ	≤16
— показатель идеальности ВАХ, ед.	≤1,2
— обратное напряжение при токе 1 мкА, В	3

Конструктивная и общая емкость диодов определяется на тестовых модулях, которые изготавливаются в едином технологическом цикле на пластинах GaAs.

Монолитные умножители частоты. Монолитно-интегральная схема умножителя частоты функционально реализована на основе волноводно-щелевой и копланарной линий передачи.

Для преобразователя частоты (ПРЧ) диапазона 60—68 ГГц разработана МИС удвоителя частоты, которая характеризуется следующими параметрами: $f_{вх} = 32 \pm 2,0$ ГГц, $f_{вых} = 60 \dots 68$ ГГц, КПД $\eta \geq 25\%$.

Для предотвращения излучения второй гармоники МИС удвоителя частоты формируется на волноводно-щелевом резонаторе фильтра нижних частот. Подавление ближайших нечетных гармоник составляет не менее 25 дБ.

Для ПРЧ диапазона 90—100 ГГц разработана МИС утроителя частоты ($f_{вх} = 32 \pm 2,0$ ГГц, $f_{вых} = 90 \dots 104$ ГГц, $\eta \geq 15\%$), подавление второй и четвертой гармоник составляет не менее 20 дБ.

Диодная умножительная структура характеризуется следующими параметрами:

- нелинейная емкость $C_j = 50 \dots 60$ фФ;
- коэффициент модуляции $C_{общ} / C_0 = 3,5 \dots 4,0$;
- активное сопротивление потерь 4—5 Ом;
- обратное напряжение при токе 1 мкА — 12—15 В.

Функционально МИС утроителя частоты реализована комбинацией подвешенной полосковой и копланарной линий передачи.

На рис. 1, 2 приведены зависимости потерь преобразования $L_{пр}$ от частоты f экспериментальных образцов преобразователей частоты 5- и 3-миллиметрового диапазонов, соответственно.

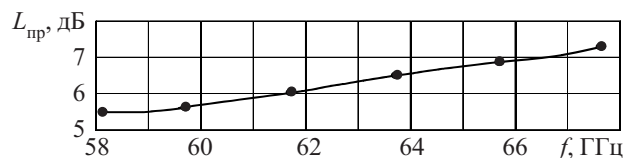


Рис. 1

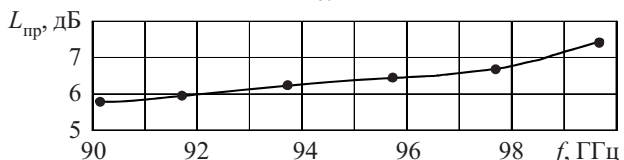


Рис. 2

Характеристики преобразователей частоты:

- диапазон рабочих частот, ГГц 60—68; 90—100
- потери преобразования (для обоих диапазонов), дБ 8
- полоса промежуточных частот, ГГц 0,5—4,0
- динамический диапазон, дБ 80
- КСВН входа, ед. $\leq 2,0$
- интервал рабочих температур, °С -50...+50

Разработанные конструкторско-технологические решения преобразователей частоты 5- и 3-миллиметрового диапазонов ориентированы на применение в качестве функционально завершенных узлов приемопередающей аппаратуры диапазона крайне высоких частот, построенной по модульному принципу.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Асеева Е. Н., Май В. И., Май А. В. и др. Монолитный балансный смеситель диапазона частот 80—100 ГГц // Технологии и конструирование в электронной аппаратуре.— 2003.— № 3.— С. 39—40.
2. Porterfield W., Crowe T. W., Bradley R. F., Erick N. R. A high-power fixed-tuned millimeter-wave balanced frequency doubler // IEEE Trans.— 1999.— Vol. 47, N 4.— P. 419—425.

НОВЫЕ КНИГИ

Богатырев Е. А., Ларин В. Ю., Лякин А. Е. Большие интегральные схемы: Энциклопедия электронных компонентов.— Том 1 / Под ред. А. Н. Еркина.— М.: Издание журнала «Chip News», 2006.— 224 с.

Книга начинает серию энциклопедических справочников по современной элементной базе электронной техники. Отличительной особенностью справочника является широкое использование ссылок на электронные базы компонентов фирм-производителей: в книге приводятся все необходимые сведения, позволяющие понять принципы работы, систему классификации, терминологию, типовые параметры и схемы включения, а вся фактическая информация о конкретных микросхемах содержится в виде ссылок на сайты производителей. Такой подход позволил в книге небольшого формата разместить данные о 10 видах современных БИС: ЦАП, АЦП, синтезаторах частот, ИМС памяти, микропроцессорах, микроконтроллерах, программируемых логических матрицах, схемах с квадратурной обработкой и кодеках. Книгу нельзя рассматривать как конспект учебника или справочник инженера, это именно энциклопедия, в которой приведены необходимые теоретические понятия об основных принципах построения и структурные схемы БИС и имеется много справочной информации: типовые схемы включения, обозначения контактов, перечень ведущих фирм-производителей.

Книга может быть использована как учебное пособие по курсу ЭК, в качестве руководства по выбору элементной базы для менеджера, занимающегося поставками ЭК, а также может быть полезна как краткий справочник для разработчиков РЭА.

