электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

11, ноябрь 2015

УДК 001.891.573

Исследование показателей качества субгармонического смесителя радиосигналов на основе РТД

Шагиев М. А., *студент*
Россия,105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии приборостроения»

Научный руководитель: Мешков С.А., кандидат технических наук, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии приборостроения»
k_rl6@bmstu.ru

Актуальность исследования

В миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн широко используются субгармонические смесители (СГС) на диодах с барьером Шоттки (ДБШ). В качестве нелинейного элемента СГС вместо ДБШ возможно использование резонансно-туннельного диода (РТД) на основе двухбарьерной гетероструктуры, имеющей антисимметричную вольтамперную характеристику (ВАХ) [1]. Одним из достоинств РТД является то, что, изменяя параметры слоев гетероструктуры (толщину, химический состав), можно управлять формой ВАХ и создавать диод с оптимальной для конкретного вида нелинейного преобразования формой ВАХ [2].

Сравнение показателей качества СГС на РТД и ДБШ

С помощью лабораторного стенда измерены вольтамперные характеристики (ВАХ) РТД и ДБШ 3А117А-6. Результаты измерений ВАХ диодов были аппроксимированы полиномом 5-ой степени и перенесены в *AWR MWO* [3] (рис. 1).

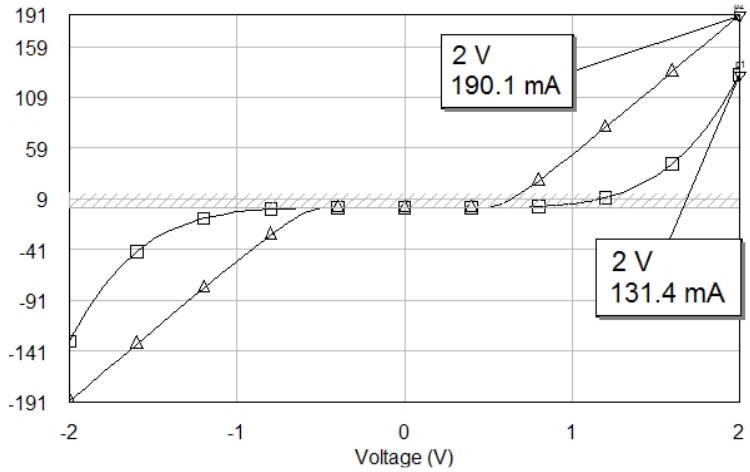


Рис. 1. Начальный участок ВАХ РТД (треугольные маркеры) и ВАХ двух встречно-параллельно включенных ДБШ 3А117А-6 (квадратные маркеры)

На основе полученных моделей нелинейных элементов были рассчитаны показатели качества субгармонического смесителя (СГС), электрическая принципиальная схема которого представлена на рис. 2.

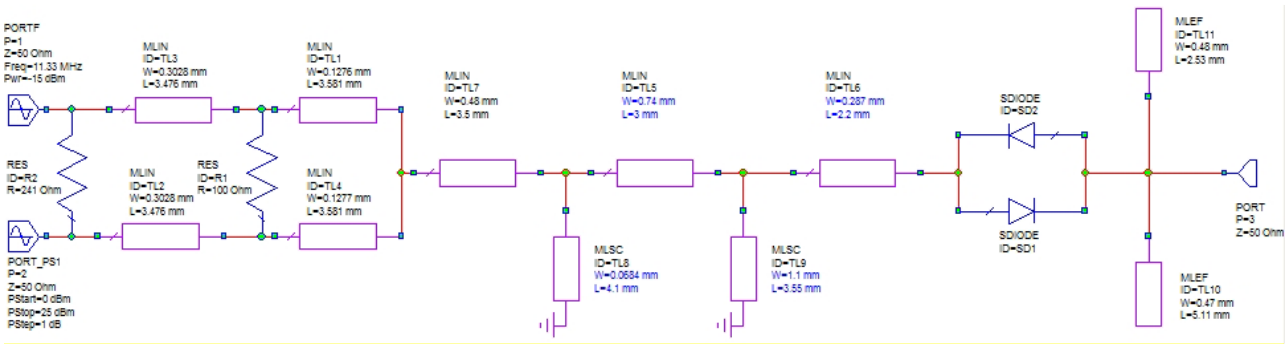


Рис. 2. Принципиальная схема СГС

Исходные данные для проектирования СГС:

- частота сигнала f_C = 11.33ГГц,
- частота гетеродина $f_Г$ = 5.7ГГц,
- промежуточная частота $f_{ПЧ}$ =70МГц,
- материал подложки — поликор,
- толщина подложки, Н — 0,25 мм,
- толщина металлизации, Т — 10 мкм,
- номинальная относительная диэлектрическая постоянная — 9,8.

Результаты моделирования СГС на основе ДБШ и РТД занесены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества СГС с различными диодами

	L, дБ	$P_{-1дБ}$, дБм	IP3, дБм	Pг, дБм	S11, дБ
СГС с ДБШ	10.9	-2.48	14.95	5.5	-467
СГС с РТД	11.3	3.5	29.56	9.9	-470

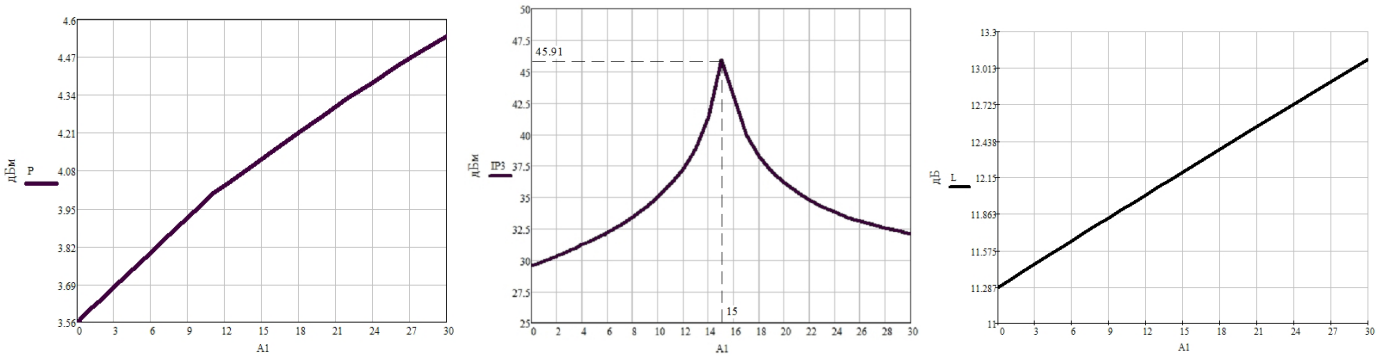
Из таблицы 1 видно, что СГС с РТД в качестве нелинейного элемента превосходит СГС с ДБШ по наиболее важным параметрам: уровень однодецибельной компрессии $P_{-1дБ}$ и уровень интермодуляционных продуктов 3-го порядка IP3, что подтверждает целесообразность замены ДБШ на РТД в конструкции данного типа СГС.

Исследование влияния формы ВАХ на СГС

ВАХ РТД задается полиномом $u(i) = (A1 \cdot i + A3 \cdot i^3 + A5 \cdot i^5) \cdot SC$ (1). Отсутствие четных степеней в полиноме объясняется свойством антисимметричности ВАХ. В начальной ВАХ РТД (см. рис. 1) A1=0.09; A3=0.05; A5=45.52; SC=0.00009

Стоит задача выяснить, как изменение коэффициентов полинома (1) и, следовательно, формы ВАХ влияет на показатели качества СГС.

Для этого производились изменения значений коэффициентов A1, A3 и A5. Полученная ВАХ подставлялась в *AWR MWO*, и в результате моделирования по полученным данным построены зависимости $P_{-1дБ}$ (Рис. 3а, 4а, 5а), IP3 (Рис. 3б, 4б, 5б), потерь преобразования L (Рис. 3в, 4в, 5в) от значений коэффициента полинома.



а) б) в)

Рис. 3. Зависимость показателей качества СГС от A1:

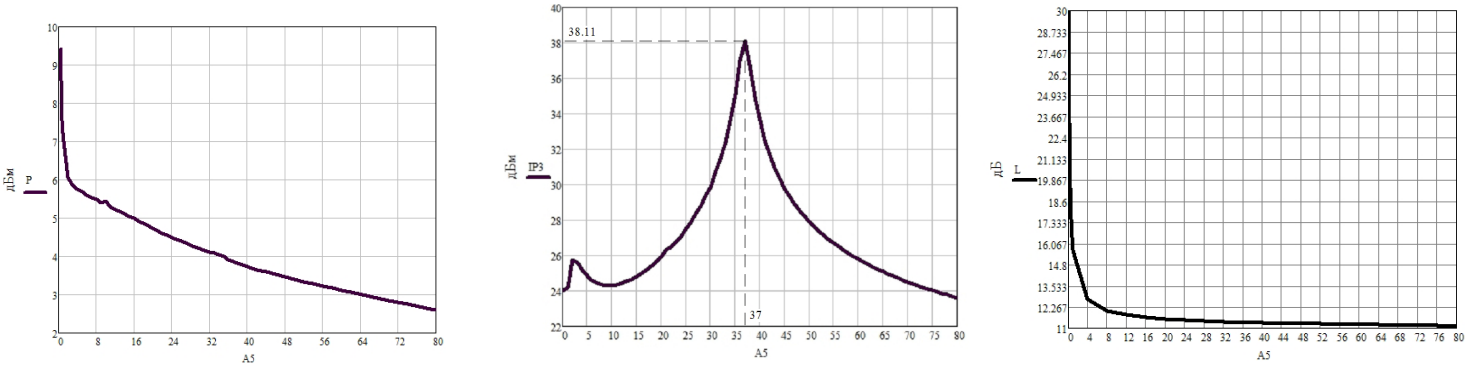
а) $P_{-1дБ}$; б) IP3; в) L



а) б) в)

Рис. 4. Зависимость показателей качества СГС от А3:

а) $P_{-1дБ}$; б) IP3; в) L



а) б) в)

Рис. 5. Зависимость показателей качества СГС от А5:

а) $P_{-1дБ}$; б) IP3; в) L

На рисунках 3а и 5б наблюдается ярко выраженное пиковое значение IP3. Исходя из этого, принято решение оптимизировать форму ВАХ, изменяя коэффициенты полинома (1) по критерию максимума уровня IP3.

Результаты оптимизации ВАХ по выбранным параметрам приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты оптимизации формы ВАХ

	A1	A3	A5	$P_{-1дБ}$, дБм	IP3, дБм	L, дБ
Начальные значения	0,09	0,045	45,5	3,5	29,56	11,3
Оптимальные значения	15	0,045	45	4.2	46	12,2

Начальная ВАХ РТД и оптимальная ВАХ показаны на рис. 6.

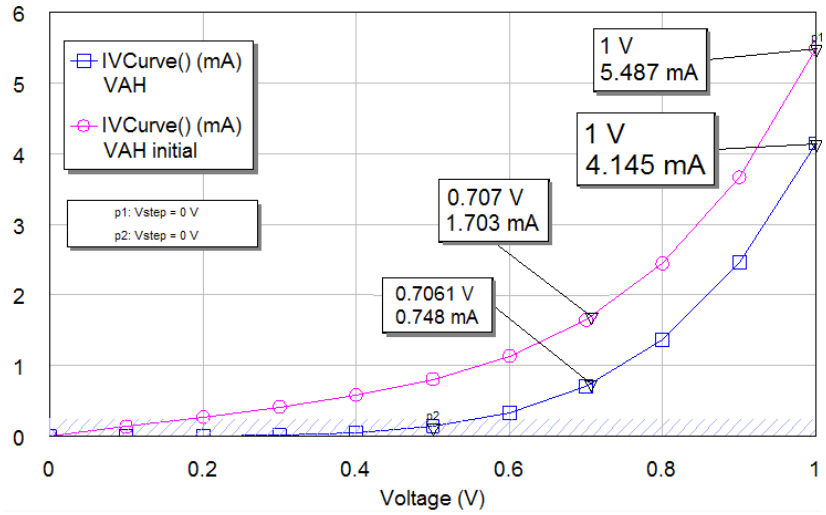


Рис. 6. Оптимальная ВАХ (круглые маркеры) и ВАХ РТД (квадратные маркеры). Обе ВАХ антисимметричны

Используя метод Цу-Есаки для расчета плотности тока резонансно-туннельной структуры (РТС), подобраны следующие параметры симметричной двухбарьерной гетероструктуры: ширина барьеров – 19 нм, ширина ямы – 11 нм, площадь мезы – 0,047 мкм^2. При данных значениях параметров РТС ее ВАХ максимально приближена к оптимальной.

Показатели качества СГС на основе нелинейных элементов (НЭ) с различными ВАХ занесены в таблицу 3.

Таблица 3

Показатели качества СГС с НЭ, обладающими различной формой ВАХ

	СГС с ДБШ	СГС с РТД	СГС с оптимальной ВАХ	СГС с ВАХ РТС
L, дБ	10.9	11.3	12.2	15
$P_{-1дБ}$, дБм	-2.48	3.5	4.2	3
IP3, дБм	14.95	29.56	46	35

Как видно из таблицы 3, при моделировании СГС с ВАХ РТС не удалось достигнуть показателей качества СГС с оптимальной ВАХ, но динамический диапазон, по сравнению с СГС с ДБШ, удалось увеличить, что, также, подтверждает целесообразность замены ДБШ на РТД в конструкции СГС данного типа.

Заключение

С помощью замены ДБШ на РТД в конструкции СГС данного типа удалось увеличить динамический диапазон по уровню однодецибельной компрессии на 5,48 дБм и по уровню интермодуляционных продуктов 3-го порядка на 5,44 дБм, что подтверждает целесообразность замены ДБШ на РТД в данном смесителе радиосигналов.

Список литературы

1. Алкеев Н.В. Анализ шумовых и динамических свойств субгармонического смесителя на резонансно-туннельном диоде // Радиотехника и электроника. 2004. № 4. С. 12–13.
2. Ветрова Н.А., Иванов Ю.А., Мешков С.А., Назаров В.В., Синякин В.Ю., Федоренко И.А., Федоркова Н.В., Шашурин В.Д. Перспективы разработки нелинейных преобразователей радиосигналов на базе резонансно-туннельных нанодиодов // Радиоэлектроника. 2012. № 5. С. 2–3.
3. Дмитриев Е. Е. Основы моделирования в Microwave Office 2009. М.: Наука и техника, 2008. 112 с.