

11, ноябрь 2015

УДК 001.891.573

Исследование характеристик балансного смесителя радиосигналов на базе ДБШ и РТД

Наumenko Ж.Н., студент

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

Научный руководитель: Мешков С.А., к.т.н.

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

k_rl6@bmstu.ru

Актуальность исследования

Одной из актуальных задач современной радиоэлектроники является улучшение характеристик приемников радиосигналов. Значительный вклад в характеристики приёмника вносят характеристики смесителя, которые, в свою очередь, зависят от применяемого нелинейного элемента и формы его вольтамперной характеристики. До недавнего времени в качестве основного нелинейного элемента применялись ДБШ с экспоненциальной ВАХ, смесители на которых характеризовались большим количеством паразитных составляющих, побочных каналов приёма и высоким уровнем нелинейных искажений. Перспективным решением является применение РТД с ВАХ, позволяющей уменьшить амплитуды паразитных составляющих и снизить уровень искажений сигналов, что улучшает характеристики смесителя и приёмника сигналов [1], [2].

Ход исследования

В программной среде AWR MWO [3] спроектирован балансный смеситель на ДБШ с параметрами, представленными в таблице 1. В таблице 2 представлены параметры ДБШ, выбранного для моделирования.

Таблица 1

Параметры смесителя

№	Параметр	Значение	Единицы измерения
1	Частота сигнала, f_c	11.13	ГГц
2	Частота гетеродина, f_z	11.4	ГГц
3	Промежуточная частота, $f_{п.ч.}$	0.27	ГГц
4	Диэлектрическая проницаемость подложки, ϵ_r	9.8	-
5	Материал подложки	поликор	-
6	Толщина подложки, Н	0.5	мм
7	Толщина металлизации, Т	0.01	мм
8	Тангенс диэлектрических потерь, $\tan \delta$	0.001	мм

Таблица 2

Параметры ДБШ

№	Параметр	Значение	Единицы измерения
1	Сопротивление, R	5	Ом
2	Ёмкость, C	0.14	пФ
3	Коэффициент идеальности, Nu	1.1	-
4	Ток, I_0	1e-6	мА

На рис. 1 показана принципиальная электрическая схема спроектированного смесителя на ДБШ.

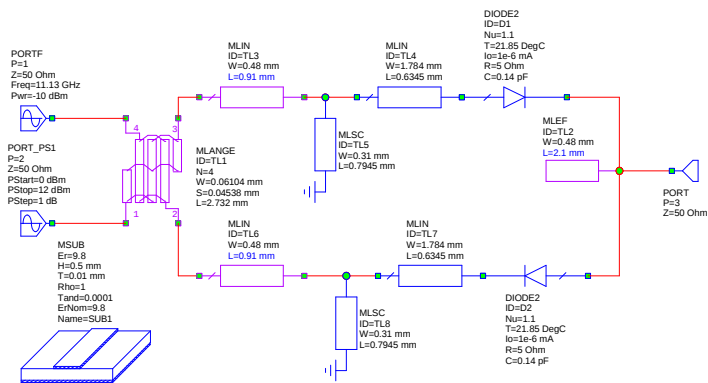


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема балансного смесителя на ДБШ

Также спроектирован балансный смеситель с использованием РТД в качестве нелинейного элемента. На рис. 2 показана ВАХ РТД, полученная экспериментально. Для сравнения представлена ВАХ ДБШ.

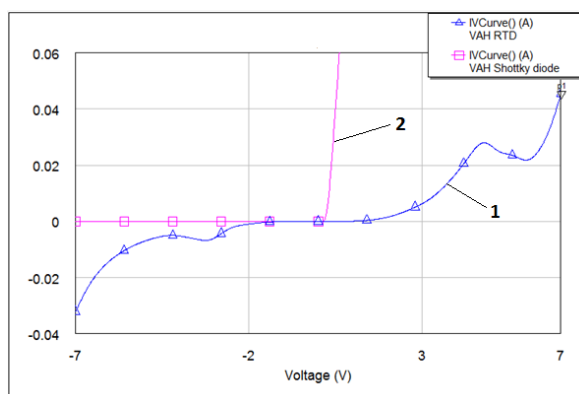


Рис. 2. ВАХ РТД (1) и ДБШ (2)

Моделирование характеристик смесителя на РТД показало, что для корректной работы смесителя необходимо приложение смещающего напряжения на диод. Значение смещающего напряжения выбрано с учётом обеспечения наименьших потерь преобразования смесителя и равно 1.3 В. На рис. 3 представлена принципиальная электрическая схема спроектированного балансного смесителя на РТД.

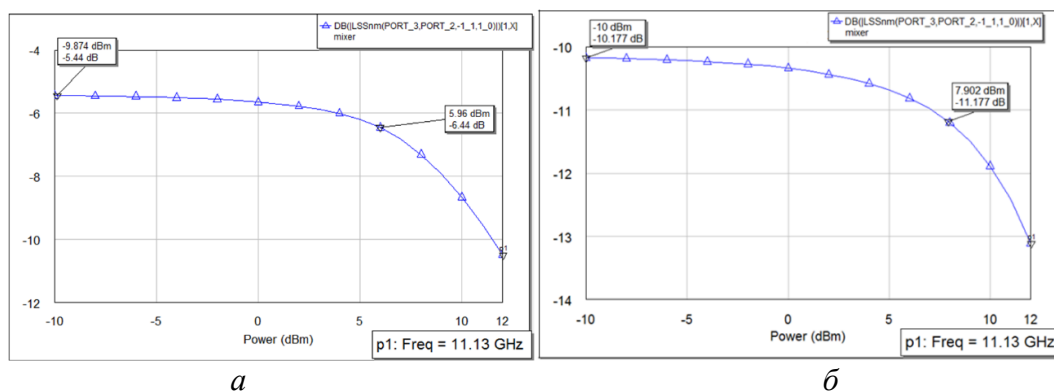


Рис. 5. Зависимость потерь преобразования от мощности сигнала (маркерами указана точка 1дБ компрессии): *а*- смеситель на ДБШ; *б*-смеситель на РТД

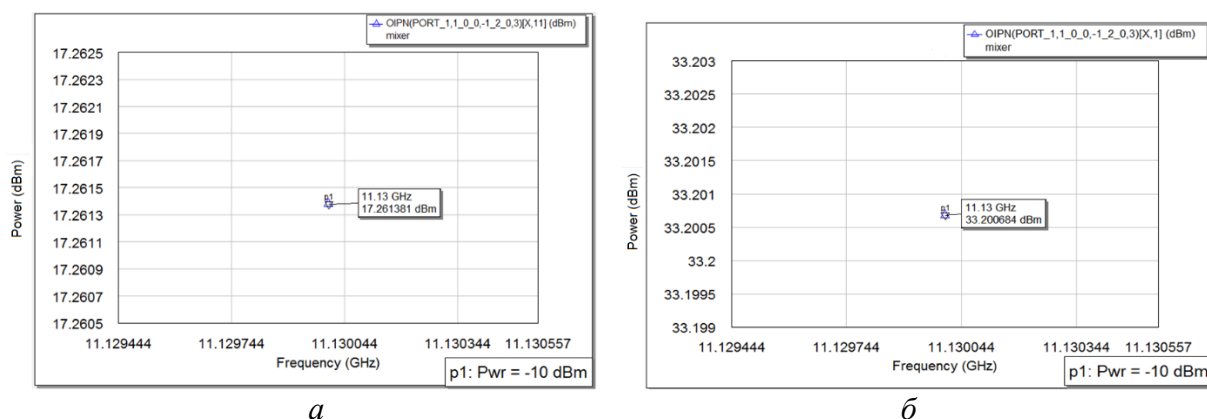


Рис. 6. Положение точки IP3: *а*- смеситель на ДБШ; *б*-смеситель на РТД

В таблице 3 представлены данные, полученные при определении основных электрических характеристик балансного смесителя на ДБШ и РТД, а также дана их сравнительная оценка.

Таблица 3

Сравнение характеристик смесителей на ДБШ и РТД

№	Характеристика	Смеситель на ДБШ	Смеситель на РТД	Лучший по данной характеристике смеситель, выигрыш в %
1	Минимальные потери преобразования от мощности гетеродина, L	-5.38 дБ	-10.16 дБ	ДБШ 47%
3	Точка 1дБ компрессии, $P_{1дБ}$	5.96 дБм	7.90 дБм	РТД 33%
4	Точка IP3, P_{IP3}	17.26 дБм	33.20 дБм	РТД 92%

Таким образом, можно сделать вывод, что замена ДБШ на РТД в конструкции исследованного балансного смесителя будет целесообразна или нецелесообразна в зависимости от того, какая электрическая характеристика является приоритетной в данной ситуации, так как меньшие потери преобразования были получены для смесителя на ДБШ, а лучшие показатели по значению точки 1дБ компрессии и IP3 – для смесителя на РТД.

Моделирование деградации характеристик балансного смесителя на РТД под действием температурного фактора произведено на основе экспериментальных ВАХ, полученных после 0, 1, 3, 8 и 27 часов температурных испытаний при 300 °С и представленных на рис. 7.

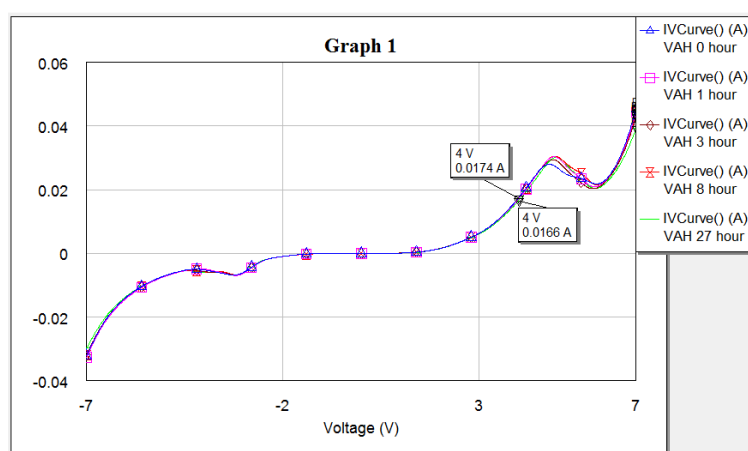


Рис. 7. ВАХ РТД после 0, 1, 2, 8 и 27 часов температурных испытаний
(маркерами показано изменение значения тока при напряжении 4 В)

Из графиков, представленных на рис. 8 видно, что характеристики смесителя на РТД ухудшаются, но параметрического отказа смесителя не будет.

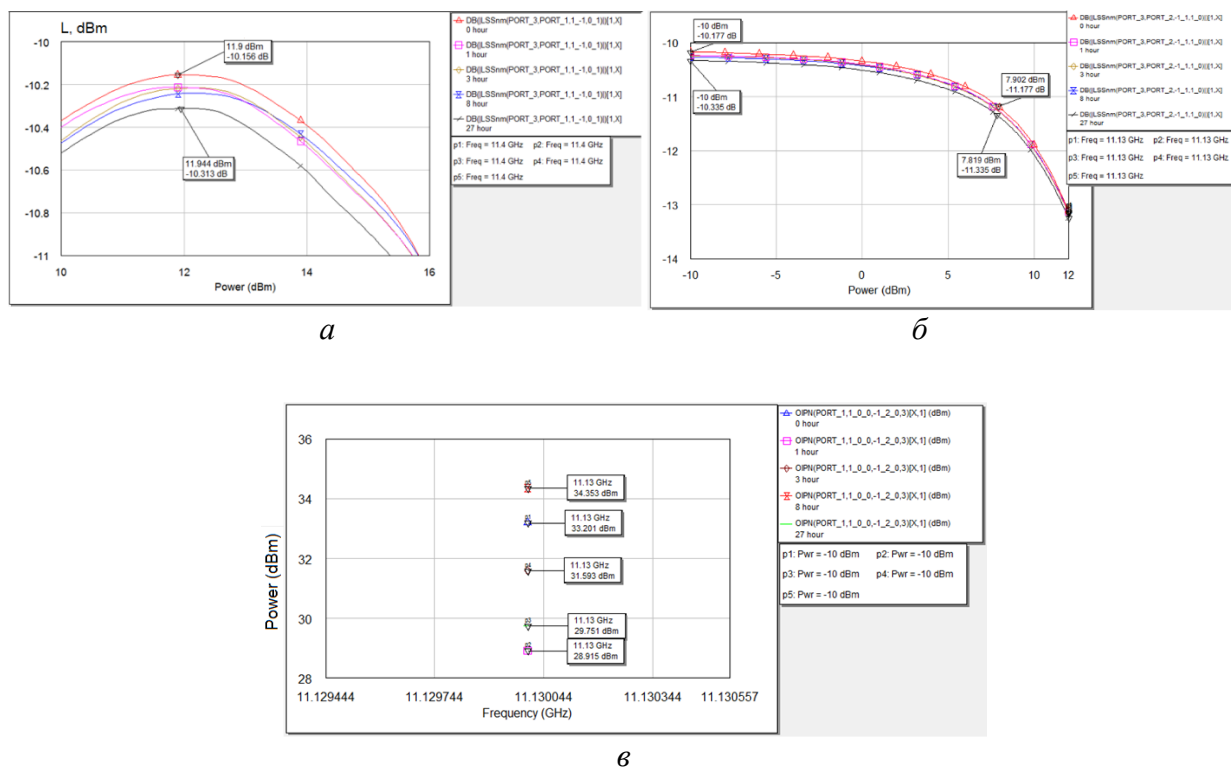


Рис. 8. Деградации электрических характеристик балансного смесителя на РТД после 0, 1, 3, 8 и 27 часов при температурном воздействии 300 °С: а- зависимость потерь преобразования от мощности гетеродина; б- зависимость потерь преобразования от мощности сигнала; в- положение точки IP3

В таблице 4 представлены данные об изменении электрических характеристик балансного смесителя при температурном воздействии 300 °С в течении 27 часов.

Таблица 4

Изменения электрических характеристик смесителя на РТД после 27 часов температурных воздействий

№	Характеристика	До термических воздействий	После 27 часов термических воздействий	Ухудшение в процентах
1	Минимальные потери преобразования от мощности гетеродина, L	-10.156 дБ	-10.313 дБ	1.54%
2	Точка 1Дб компрессии, $P_{1дБ}$	7.902 дБм	7.819 дБм	1.05%
3	Точка IP3Б, P_{IP3}	33.20 дБм	29.75 дБм	10.4%

Исследование разброса основных характеристик смесителя на РТД произведено в зависимости от четырёх различных источников погрешности: технологического разброса

ВАХ восьми РТД из одной партии, погрешности диэлектрической проницаемости подложки, погрешности толщины подложки, погрешности длины и ширины микрополосковых линий. Моделирование погрешностей производилось на основании паспортных данных о технологических допусках параметров РТД с использованием инструмента Yield Analysis, пакета MWO (количество итераций 60).

Результаты расчёта, а именно, абсолютное значение разброса характеристик смесителя при том или ином виде погрешности и процентное значение этого разброса относительно общего разброса характеристик, рассчитанного при совместном воздействии четырёх источников погрешностей, представлены в таблице 5. Как видно из таблицы, наибольший вклад в погрешность характеристик балансного смесителя вносит погрешность толщины подложки.

Таблица 5

Сравнительная таблица влияния различных источников погрешностей на характеристики смесителя

№	Характеристика	Общий разброс	Погрешность ВАХ РТД	Погрешность относительной диэлектрической проницаемости подложки	Погрешность толщины подложки	Погрешность длины и ширины микрополосковых линий
1	Разброс значений потерь преобразования от мощности гетеродина при $P_r=11.9$ дБм, ΔL	4.29 дБ	0.34 дБ (7.9%)	0.249 дБ (5.8%)	3.98 дБ (93%)	0.306 дБ (7.1%)
2	Разброс точки 1дБ компрессии, $\Delta P_{1дБ}$	2.98 дБм	0.556 дБм (18.7%)	0.34 дБм (11.4%)	1.559 дБм (53.7%)	0.645 дБм (21.6%)
3	Разброс значений точки IP3, ΔP_{IP3}	24.17 дБм	9 дБм (37.2%)	13.18 дБм (57.5%)	17.09 дБм (70.7%)	7.61 дБм (31.5%)

Заключение

Сравнительный анализ характеристик смесителей на ДБШ и РТД показал, что замена ДБШ на РТД в данном смесителе будет целесообразна или нецелесообразна в зависимости от того, какая электрическая характеристика является приоритетной в данной ситуации, так как меньшие потери преобразования получены для смесителя на ДБШ, а лучшие показатели по значению точки 1дБ компрессии и IP3 – для смесителя на РТД.

Исследование деградации балансного смесителя на РТД после 0, 1, 3, 8 и 27 часов при температурном воздействии 300 °С показало, что характеристики смесителя на РТД ухудшаются, но параметрического отказа смесителя не наступает.

В результате исследования разброса основных характеристик смесителя в зависимости от различных источников погрешности обнаружено, что наибольший вклад в погрешность характеристик балансного смесителя на РТД вносит погрешность толщины подложки.

Список литературы

1. 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 // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2012. № 4 (89). С. 100–113.
2. Иванов Ю.А., Мешков С.А., Шашурин В.Д., Федоркова Н.В. Улучшение параметров смесителей радиосигналов за счет применения резонансно-туннельных диодов // Техника и приборы СВЧ. 2011. № 2. С. 18–25.
3. Федоренко И.А., Федоркова Н.В., Применение пакета программ Microwave Office 2009 для проектирования микрополосковых устройств СВЧ: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 55 с.