

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУБГАРМОНИЧЕСКОГО СМЕСИТЕЛЯ РАДИОСИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ РЕЗОНАНСНО-ТУННЕЛЬНОГО ДИОДА

Иванов Ю. А., Мешков С. А., Федоренко И. А., Федоркова Н. В., Шашурин В. Д.
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
ул. 2-я Бауманская, 5, г. Москва, 105005, Россия
тел.: 499-263-6217, e-mail: meschkow@bmstu.ru

Аннотация — Исследуются спектральные характеристики субгармонического смесителя радиосигналов на основе резонансно-туннельного диода. При одинаковом режиме работы и величине потерь преобразования мощность высших гармоник и комбинационных составляющих в спектре выходного сигнала смесителя на базе резонансно-туннельного диода (РТД) на 20...80 дБ меньше, чем у такого же смесителя на диоде Шоттки (ДБШ). Показано, что применение РТД позволяет снизить преобразованные шумы и шумы самого диода по сравнению с традиционными ДБШ. Применение РТД в субгармоническом смесителе позволяет расширить динамический диапазон смесителя.

I. Введение

Одним из путей улучшения качества РЭС является применение новой элементной базы. Перспективным является использование полупроводниковых приборов, функционирующих на основе квантово-размерных эффектов. Среди них привлекает внимание резонансно-туннельный диод (РТД) на базе многослойных наноразмерных полупроводниковых гетероструктур A_3B_5 с поперечным токопереносом. Изменяя параметры слоёв гетероструктуры (толщину, химический состав), можно управлять формой вольтамперной характеристики и создавать диод с оптимальной для конкретного вида нелинейного преобразования формой ВАХ [1,2,3]. Набор возможных нелинейных преобразований с применением РТД очень широк: генерация радиосигналов, частотная модуляция, смешение радиосигналов, амплитудное детектирование, выпрямление, генерация сетки частотных меток и др. С практической точки зрения важны два обстоятельства:

— РТД функционирует в нужном для технических приложений диапазоне температур и других внешних воздействий,

— технология и оборудование для производства РТД давно существуют в рамках технологий микроэлектроники.

В докладе рассмотрены результаты исследований, направленных на улучшение показателей качества РЭС за счёт применения РТД в смесителе радиосигналов. Характеристики смесителя в супергетеродинных приемниках вносят основной вклад в чувствительность, помехоустойчивость и искажения обрабатываемых РЭС сигналов.

II. Результаты эксперимента

Преимущества применения РТД в смесителях радиосигналов целесообразно исследовать путём сопоставления характеристик смесителей на базе РТД и традиционных ДБШ.

С увеличением частоты выше 1 ГГц начинают проявляться паразитные конструктивные параметры диодов (ёмкость корпуса, индуктивность выводов). Для наиболее полного исследования частотного спектра сигнала на выходе преобразователя, необходимо, чтобы эти параметры не оказывали значи-

тельного влияния на частотах, соответствующих 8...12 гармоникам входных сигналов. Поэтому в целях объективной оценки смесительных свойств РТД нами применена методика сопоставления характеристик субгармонических смесителей (СГС) на базе РТД и ДБШ на частотах до 1 ГГц.

Исследования проводились на стенде, состоящем из генераторов Agilent E8257D, источника питания Agilent E3615A, анализатора спектра Agilent 8565ES, векторного анализатора цепей Agilent 8720ES, цифрового осциллографа Agilent DSO6034A, компьютера и вспомогательных устройств.

На рис. 1 и 2 показаны типичные виды спектров в диапазоне до 1 ГГц выходного сигнала СГС на базе РТД и ДБШ при одинаковой мощности гетеродина 10 мВт и мощности сигнала 100 мкВт.

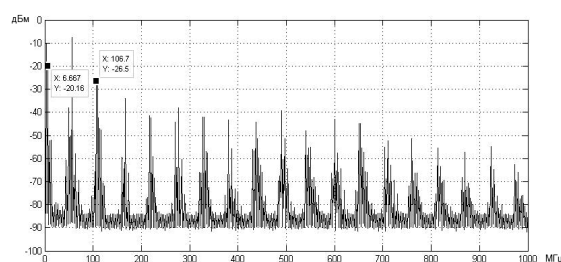


Рис. 1. Спектр в диапазоне до 1 ГГц выходного сигнала СГС на ДБШ.

Fig. 1. Spectrum in a range before 1 GHz of SHM output signal on DSH

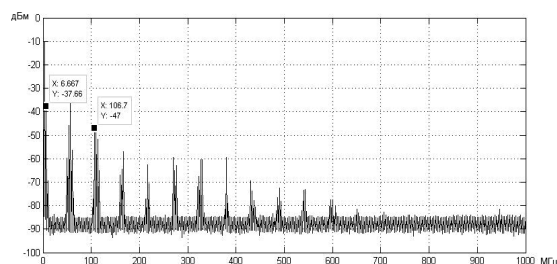


Рис. 2. Спектр в диапазоне до 1 ГГц выходного сигнала СГС на РТД.

Fig. 2. Spectrum in a range before 1 GHz of SHM output signal on RTD

При одинаковом режиме работы и величине потерь преобразования мощность высших гармоник и комбинационных составляющих в спектре выходного сигнала СГС на базе РТД на 20...80 дБ меньше, чем у такого же СГС на ДБШ.

III. Интерпретация результатов эксперимента

Сравнительный анализ спектров выходного сигнала смесителей на РТД и ДБШ свидетельствует, что при оптимальном режиме работы по мощности

гетеродина амплитуды спектральных составляющих высших порядков смесителя на РТД уменьшаются с увеличением номера гармоники значительно быстрее, чем для ДБШ. На этом основании с учётом известных свойств операции смешивания радиосигналов можно сделать вывод об уменьшении влияния побочных каналов смесителя на базе РТД на характеристики приемника. Экспериментальные результаты подтверждают это предположение. Спектральная плотность шума в полосе ПЧ смесителя на РТД составляет -130 дБм/Гц, на ДБШ — -124 дБм/Гц. Это обусловлено уменьшением шумов, преобразованных из побочных каналов приема на гармониках гетеродина и преобразованных шумов гетеродина. К тому же, как отмечено в [4], в РТД по сравнению с ДБШ наблюдается депрессия дробового шума.

Как показано в [5,6], применение РТД позволяет увеличить значение IP3 на (10...12) дБ по сравнению с ДБШ при одинаковой мощности гетеродина за счет изменения конструктивно-технологических параметров РТД и, соответственно, формы ВАХ. При этом наибольшее преимущество имеют РТД с повышенной мощностью гетеродина. Это открывает перспективу для разработки смесителей на РТД с высоким уровнем IP3 без применения сложных схем с большим количеством диодов.

Таким образом, применение РТД в субгармоническом смесителе позволяет расширить динамический диапазон смесителя.

IV. Заключение

В результате проведенных экспериментов показано, что важным преимуществом смесителей на базе РТД по сравнению с ДБШ является расширение динамического диапазона. Это достигается благодаря повышению параметров P_1 и IP3 и снижению как шумов преобразования, так и собственных шумов диода. Применение смесителя на основе РТД позволяет повысить чувствительность и помехоустойчивость приемника.

Использование РТД в качестве нелинейного элемента смесителя радиосигналов целесообразно в первую очередь в составе субгармонического смесителя.

Результаты получены в ходе поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

V. Список литературы

- [1] *Гармониковый смеситель СВЧ диапазона на РТД* / Ю. А. Иванов и др. // 8-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'1998): материалы конф. Севастополь: Вебер, 1998. С. 590—591.
- [2] *Нанодиод для смесителя* / Ю. А. Иванов и др. // 12-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2002): материалы конф. Севастополь: Вебер, 2002. С. 462—463.
- [3] *Нанoeлектроника на базе многослойных гетероструктур* / Ю. А. Иванов и др. // Известия. ВУЗов. Машиностроение. 2003. № 5. С. 73—78.
- [4] *Резонансно-туннельный диод на основе гетеросистемы GaAs/AlAs для субгармонического смесителя* / Н. В. Алкеев и др. // Микроэлектроника. 2010. Т.39. № 5. С. 356—365.
- [5] *Интермодуляционные параметры субгармонического смесителя на базе резонансно-туннельного диода* / Ю. А. Иванов и др. // 19-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2009): материалы конф. Севастополь: Вебер, 2009. С. 567—568.
- [6] *Субгармонический смеситель с улучшенными интермодуляционными характеристиками на базе резонансно-туннельного диода* / Ю. А. Иванов и др. // Радиотехника и электроника. Август 2010. Т. 55. № 8. С. 982—988.

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE SUBHARMONIC MIXER (SHM) OF RADIO SIGNALS ON THE BASIS OF THE RESONANT-TUNNELLING DIODE

Ivanov U. A., Meshkov S. A., Fedorenko I. A., Fedorkova N. V., Shashurin V. D.

Moscow State Technical University n. a. Bauman 5, the 2nd Baumanskaya Str., Moscow, 105005, Russia

Ph.: 499-263-6217, e-mail: meschkow@bmstu.ru

Abstract — The results of the researches directed on improvement of quality's indicators of RED at the expense of using RTD in the mixer of radio signals are considered in the report. At an identical operating mode and size of conversion losses, power of the higher harmonics and combinational components in a spectrum of an output signal of the mixer on the basis of the resonant-tunneling diode (RTD) is lesser, than at the same mixer on Schottky diode.