

УДК 621.374.4

Параметрический умножитель частоты с низким уровнем вносимого фазового шума

Баринов Д. А., Гурьянов Н. О.

АО «Микроволновые системы»

105122, г. Москва, Щелковское ш., 5, стр. 1

Представлены результаты разработки, изготовления и испытаний макета умножителя частоты на основе варикапа с резким переходом с низким уровнем вносимого фазового шума.

Ключевые слова: умножитель частоты; варикап; SPICE-модель; эксперимент; фазовый шум; спектр; нелинейная емкость.

Для современных радиолокационных систем и высокоскоростных устройств дискретизации радиосигналов требуются высокостабильные генераторы опорной частоты СВЧ-диапазона с низким уровнем фазового шума [1].

В большинстве случаев опорные генераторы строятся по принципу умножения частоты низкочастотных кварцевых генераторов, что приводит к ухудшению фазового шума на $20 \log(N)$, где N — коэффициент умножения частоты. Наиболее низким уровнем вносимого фазового шума обладают пассивные (диодные) умножители частоты. Из-за больших потерь при умножении уровень выходного сигнала таких умножителей мал, что приводит к применению буферного каскада, который вносит дополнительный фазовый шум при больших отстройках от несущей [2].

В типичных умножителях частоты обычно применяются кремниевые диоды Шоттки. Однако такие умножители имеют низкий КПД — отношение выходной мощности умножителя к входной мощности накачки. Умножители частоты на диодах Шоттки имеют следующие типичные значения коэффициентов преобразования для гармоник входной частоты: 2-я гармоника -10 дБ, 3-я гармоника -15 дБ, 4 и 5-я гармоники $-20...-25$ дБ [3].

Результаты моделирования показывают, что схема умножения частоты на варикапе с резким переходом позволяет получить высокий КПД и тем самым избежать необходимость применения буферного каскада, вносящего дополнительный фазовый шум. В умножителях этого типа генерация гармоник частоты накачки происходит за счет нелинейной емкости p - n перехода большой крутизны. В варикапе используется нелинейность барьерной емкости закрытого перехода, которая относительно не велика, и, следовательно, не велики значения накапливаемых зарядов и пропускаемых токов. Соответственно мала преобразуемая варикапом мощность. Поэтому на практике для умножения частоты используют режим диода, в котором он работает с заходом в область прямых смещений, но без открывания p - n перехода. В таком режиме к барьерной емкости перехода добавляется диффузионная емкость, которая на несколько порядков превышает барьерную. В результате существенно возрастает преобразуемая параметрическим умножителем мощность [4].

Используя разработанную SPICE-модель выбранного варикапа с резким переходом, был смоделирован и изготовлен макет умножителя частоты 120 МГц кратностью 5, а также проведено экспериментальное исследование. Разработанная SPICE-модель варикапа, обеспечивает высокую точность совпадения

с результатами измерений макета умножителя. В результате эксперимента был получен низкий уровень спектральной плотности мощности фазового шума выходного сигнала, а коэффициент преобразования умножителя составил $-13,5$ дБ при входной мощности накачки 18 дВт, что на порядок превосходит КПД умножителя на кремниевых диодах Шоттки той же кратности.

Разработанный умножитель на варикапе с резким переходом может быть использован для повышения частоты кварцевого генератора с низким уровнем фазового шума.

Литература

1. Астапенко Д. В., Ложников А. О. Уменьшение фазовых шумов генераторов на основе ПАВ-резонаторов // Волновая электроника и ее применения в информационных и телекоммуникационных системах, 2018. — С. 98–102.
2. Жаботинский М. Е., Свердлов Ю. Л. Основы теории и техники умножения частоты. — М.: Советское радио, 1964. — 327 с.
3. Бруевич А. Н. Умножители частоты. — М.: Советское радио, 1970. — 248 с.
4. Зикий А. Н., Зламан П. Н. Варакторный умножитель частоты 400 МГц // Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2018. — № 3. — С. 98–102.

УДК 621.3.01/.09
ББК 38.843
Р76

Р76 **Российский форум «Микроэлектроника 2024»**
10-я Научная конференция
«ЭКБ и микроэлектронные модули».
Сборник тезисов
Научно-технологический университет «Сириус»,
23-28 сентября 2024 г.
М.: ТЕХНОСФЕРА, 2024. – 1526 с.

В выпуск включены тезисы докладов конференции, освещающие актуальные вопросы разработки, производства и применения электронной компонентной базы и электронных модулей.

УДК 621.3.01/.09
ББК 38.843

© АО «НИИМЭ», 2024
© АО «НИИМА «Прогресс», 2024
© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2024

Качество рисунков соответствует предоставленным авторами материалам.