

РАЗРАБОТКА УМНОЖИТЕЛЕЙ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Волков В.С., Шелковников Б.Н.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: wolf6101@gmail.com; bshelk@gmail.com

Development of a broadband 60-to-120 GHz multiplier with HEMT technology use

In this paper the 60 GHz to 120 GHz frequency multiplier based on HEMT technology, using a packet of AWR, and results of researches are provided.

Интерес к системам, работающим на частотах выше 100 ГГц непрерывно растет. Применение варьируются от атмосферной радиометрии до автомобильных и телекоммуникационных систем.

Основной задачей для систем, работающих в данном диапазоне частот, является оптимальный выбор источников сигнала с низким энергопотреблением, широкой полосой и возможностью интеграции с остальной системой. Наиболее распространенным способом является использование высокопроизводительного источника сигнала, работающего на низких частотах вместе с умножителями с надлежащим усилением, что позволяет получить сигнал желаемой частоты. Поэтому разработка умножителей для систем, работающих на частотах выше 100 ГГц является актуальной.

Эта статья представляет ММІС удвоитель частоты 60 ГГц - 120 ГГц с встроенным выходным усилителем мощности. Сочетание является оптимальным в том смысле, что выходной фильтр удвоителя также предоставляет требуемое входное сопротивление подходящее для усилителя. Схема выполнена по технологии GaAs mHEMT 0,1 мкм с типичными параметрами $(G_m)_{max} = 1400 \text{ mS/mm}$, $(I_D)_{max} = 900 \text{ mA/mm}$ и f_t и F_{max} 200 ГГц и 300 ГГц соответственно [1].

Умножение частоты достигается за счет нелинейностей элементов. В умножителях, на основе полевых транзисторов, транзистор смещен таким образом, что РЧ-сигнал от тока стока содержит гармоники частоты входного сигнала. Желаемая частотная составляющая фильтруется на выходе, а нежелательные составляющие подавляются. В большинстве случаев, необходимая частотная составляющая имеет недостаточный уровень мощности, поэтому в последствии она должно быть усилена.

Удвоитель частоты использует полевой транзистор, работающий условиях класса АВ в состоянии покоя, т.е. напряжение на затворе находится близко к пороговому значению, так что гармоническая составляющая второго порядка присутствует в выходном сигнале тока транзистора. Напряжение стока установлено в рабочую точку в $V_D = 1\text{В}$. Вход транзистора согласован с основным входным сигналом f_{in} с помощью трехэлементной согласующей цепи, включающей линию ответвления, линию ответвления с заглушкой и последовательных емкостей. Смещение на затворе обеспечивается через РЧ

замкнутую цепь. На выходе транзистора, основной сигнал сокращается за счет открыто-законченной заглушки, которая выступает в качестве $\lambda / 4$ открыто – закороченного контура передачи для основного сигнала, с $\lambda = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot f_{in}}$.

Задача остальных элементов в выходной цепи согласования – гарантировать соответствие сопротивления для целевой гармоники второго порядка и обеспечить напряжение смещения стока. Рис. 1 содержит схему удвоителя частоты, использующего транзистор с шириной затвора $2 \times 2 \mu\text{m}$.

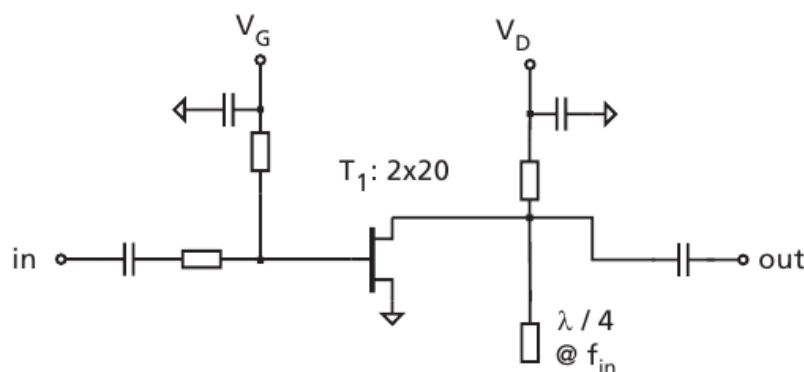


Рис. 1 Принципиальная схема 300 ГГц удвоителя частоты ММІС.
Полевой транзистор работает в условиях класса АВ

ММІС реализуется по технологии НЕМТ с длиной затвора 50 нм. Эта высокоскоростная транзисторная технология имеет средние максимальные примесные частоты среза $f_T = 400\text{GHz}$ и $f_{max} = 420\text{GHz}$, измеренная в транзисторе $2 \times 30 \mu\text{m}$ с общим истоком в компланарной среде и сдвинутым под $V_D = 1\text{В}$. Его составной НЕМТ канал образован из $\text{In}_{0.80}\text{Ga}_{0.20}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ слоев. Для подавления паразитных составляющих в GaAs подложке, а также для полной совместимости с микрополосковой средой, пластины утончены до толщины 50 мкм.

Результаты моделирования. На Рис. 2 показаны результаты измерений выходной мощности удвоителя частоты ММІС в диапазоне приложенной входной мощности на $f_{in} = 150\text{GHz}$. На 1 дБм входной мощности, измеренная выходная мощность -6,4 дБм, что соответствует эффективности преобразования в 18%. Такая входная мощность недостаточна, чтобы ввести удвоитель в режим насыщения. При более высоких входных мощностях можем ожидать более высокую выходную мощность, например от среднего усилителя мощности.

Рис. 3 показывает диапазон входной частоты при постоянном уровне входного сигнала в 0 дБм. В диапазоне выходной частоты от 250 до 310 ГГц, что соответствует пропускной способности в 3 дБ, удвоитель обеспечивает среднюю выходную мощность в -10 дБм. Его средний показатель эффективности преобразования составляет 10%. Наблюдается пульсация в частотной характеристике, что скорее всего, из-за небольших дефектов сопротивлений.

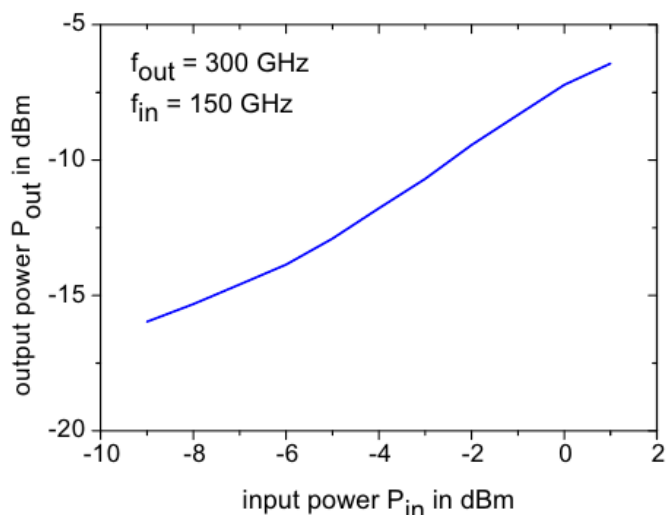


Рис. 2 График зависимости выходной мощности удвоителя частоты ММІС от входной мощности. Достигается ненасыщенная выходная мощность в -6,4 дБм

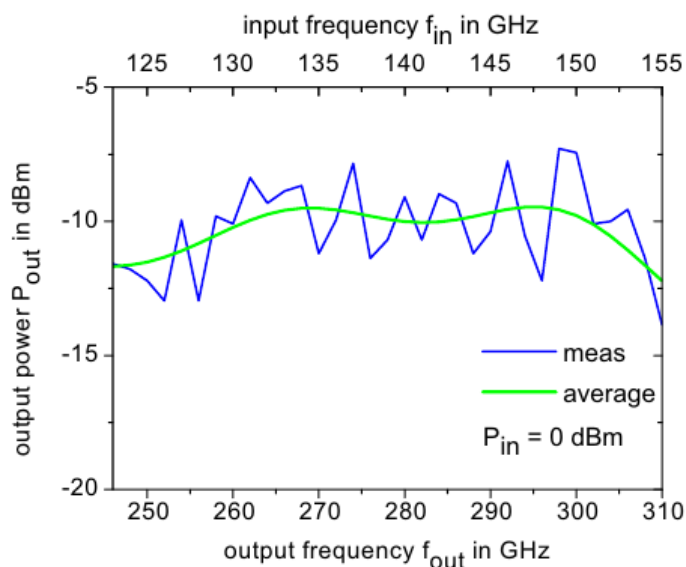


Рис. 3 Измерение выходной мощности по сравнению с выходной частотой удвоителя частоты, при постоянном уровне входной мощности $P_{in} = 0$ дБм

Выводы. Представленный удвоитель частоты успешно продемонстрировал широкополосность частотного преобразования на основе элементов работающих на частотах выше 300 GHz. Вместе с усилителем они полностью покрывают весь частотный спектр миллиметровых волн, и открывают путь для использования компактных и высокопроизводительных решений.

Литература

1. “<http://www.iaf.fraunhofer.de>.”
2. Maas Stephen A. Nonlinear Microwave and RF Circuits. Boston: Artech House, 2003. 604 p.
3. Hirata Akihiko, Kosugi Toshihiko, Takahashi Hiroyuki 120-GHz-Band Millimeter-Wave Photonic Wireless Link for 10Gb/s Data Transmission // IEEE Transactions on microwave theory and techniques. May 2006. Vol. 54. No. 5.