

06.2; 09

© 1990

СПОСОБ ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРОВ
С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ АКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В.В. С м о р о д и н

Увеличение конкурентноспособности полупроводниковых генераторов по сравнению с электровакуумными приборами требует развития методов по улучшению их диапазонных характеристик. Основной причиной, ограничивающей перестройку частоты, является трудность в широкополосном согласовании импедансов активных элементов (АЭ) и тех резонаторов, в которые они включаются. В результате, несмотря на то, что такие АЭ как ЛПД и диоды Ганна сохраняют отрицательное дифференциальное сопротивление в диапазоне порядка октавы, реализовать полосу перестройки более 20–40 % при удовлетворительных спектральных характеристиках не удается [1, 2].

В данном сообщении описан способ перестройки частоты полупроводниковых генераторов в практически любом наперед заданном интервале частот [3]. Суть метода заключается в том, что синхронно с перестройкой резонатора по частоте осуществляют последовательный ввод полупроводниковых АЭ в резонатор и вывод из него, в результате его в объеме его одновременно находятся только те из них, которые согласованы с ними по импедансу. Это позволяет сохранять условия возбуждения колебаний любой частоты из диапазона перестройки.

Наиболее благоприятные условия для реализации данного способа существуют в генераторах с открытыми резонаторами (ОР), которые характеризуются высокой добротностью собственных колебаний. Перестройка их частоты осуществляется обычно продольным перемещением одного из зеркал [2–4]. Если предварительно n активных элементов $AЭ_1, AЭ_2, \dots, AЭ_n$ расположить последовательно друг за другом на расстоянии, меньшем диаметра каустики поля ОР и подобрать их электрофизические параметры и элементы согласования так, чтобы средняя частота генерации $f_{ср. k}$ активного элемента $AЭ_k$ отличалась от средней частоты $k-1$ и

$k+1$ активного элемента на $f_{ср. k} - f_{ср. (k+1)} \leq \mp \frac{f_{ср. n} - f_{ср. 1}}{n-1} \leq \Delta f_k$,

где Δf_k – диапазон перестройки $AЭ_k$, а затем синхронно с продольным перемещением одного из зеркал осуществлять перемещение этих АЭ поперек резонатора, то будет реализован предлагаемый способ перестройки частоты.

С общих позиций последовательность АЭ с плавно изменяющимися электрофизическими параметрами можно рассматривать как единый активный элемент (ЕАЭ), обладающий распределенной структурой

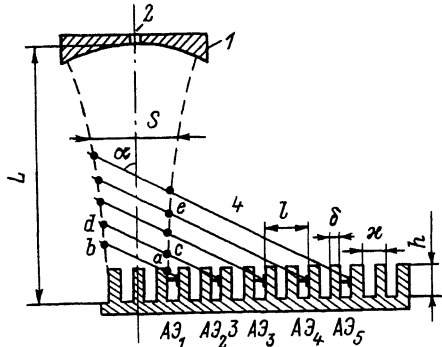


Рис. 1. Конструкция СВЧ генератора. 1 - сферическое зеркало, 2 - окно связи, 3 - отражательная дифракционная решетка, 4 - активные элементы.

и распределенным способом согласования его с резонатором. При этом та часть ЕАЭ, которая не участвует в процессе возбуждения колебаний, находится вне каустики поля ОР и не вносит в него дополнительных потерь. Тем самым сохраняются высокие спектральные характеристики излучения.

Можно предложить разнообразные технические решения конструктивного использования генераторов, построенных на основе применения описанного способа перестройки частоты. На рис. 1 приведена одна из наиболее простых конструкций, позволяющая наглядно проследить особенности работы таких приборов. Квазиоптический колебательный контур генератора содержит: сферическое зеркало 1, в котором выполнено окно связи 2 для вывода СВЧ энергии в выходной волновод и зеркало 3 в виде отражательной дифракционной решетки с параметрами, выбранными из условия внесения минимальных дифракционных потерь: высота брусьев $h \approx \lambda_r/2$, период их расположения $x \approx \lambda_r/2$, толщина брусьев $\delta \approx \lambda_r/4$. Активные элементы 4 крепятся в центре брусьев на расстоянии l друг от друга, меньшим диаметра S каустики поля ОР.

Каждый из АЭ посредством подбора его параметров и с помощью элементов согласования настраивается так, что его зона генерации частично перекрывается с зонами соседних АЭ, т. е. выполняются условия $f_{k,н} < f_{k-1,в}$, $f_{k,в} > f_{k+1,н}$, где $k > k > 1$, $f_{k,н}$, $f_{k,в}$ - нижняя и верхняя частоты диапазона перестройки k -го АЭ, $f_{k-1,в}$, $f_{k+1,н}$ - верхняя частота $(k-1)$ и нижняя частота $(k+1)$ АЭ соответственно. Гребенчатая структура 3 с АЭ установлена с возможностью перемещения относительно оси зеркала 1 под углом α , определяемого условием $\alpha = \text{arccotg} \left[\frac{qc}{2} \left(\frac{1}{f_{1,н}} - \frac{1}{f_{1,в}} \right) / \sin \right]$, где q - продольный индекс колебаний, c - скорость

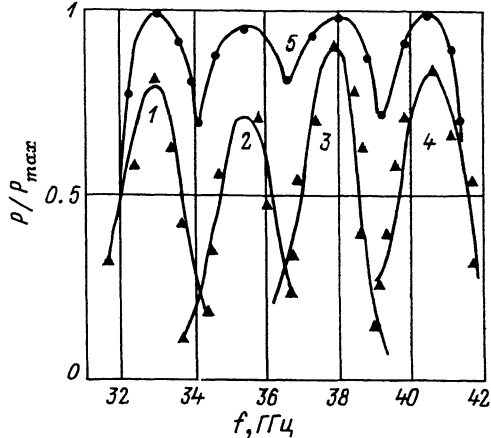


Рис. 2. Ватт-частотная характеристика генератора. 1-4 - напряжение смещения подано только на один из активных элементов, 5 - напряжение смещения приложено ко всем активным элементам.

света, $f_{1.н}$, $f_{n.в}$ - нижняя частота первого и верхняя частота n -го АЭ соответственно. Это позволяет свести две взаимосвязанные операции по перемещению отражающей поверхности зеркала 3 и ЕАЭ в двух взаимоперпендикулярных направлениях к одной.

В каустику поля ОР вводится сначала АЭ₁ в точке a , где реализуются условия возбуждения колебаний этим диодам на частоте $f_{1.н}$. Дальнейшее передвижение зеркала 3 приводит к перестройке частоты генерации за счет изменения расстояния между зеркалами L , АЭ₁ при этом перемещается в точку b , а частота генерации возрастает до $f_{1.в}$. В момент, когда мощность колебаний развиваемых АЭ₁ достаточно велика, в каустику поля в точке вводится второй АЭ₂, который вначале работает в режиме усиления на частоте генерации, определяемой АЭ₁, а затем по мере продвижения в область более высоких амплитуд СВЧ поля переходит в режим синхронизации. В последующие моменты АЭ₁ и АЭ₂ меняются ролями. АЭ₂ вблизи центра каустики работает в режиме генерации, синхронизируя работу АЭ₁, который затем переходит в режим усиления. При дальнейшей перестройке АЭ₂ перемещается в точку d , а в каустику поля вводится АЭ₃ в точке e , и рассматриваемый процесс повторяется вновь в следующем частотном интервале.

Ватт-частотные характеристики $P(f)$ генератора при перемещении зеркала 3 под углом к оси резонатора $\alpha = 82^\circ$ показаны на рис. 2. В качестве активных элементов применялись диоды ганна 2А727. Кривые 1-4 соответствуют зонам $P(f)$, если только один из диодов работает в режиме генерации. Напряжение смещения на остальных диодах отсутствует. В случае подачи напряжения смеще-

ния на все диоды зоны генерации отдельных диодов сливаются и образуют единую широкую зону с перепадами уровня мощности менее 3 дБ (кривая 5). Характер изменения частоты контролируется ОР, в котором поддерживается единственный тип колебаний. Нагруженная добротность ОР достигает $(1 \dots 2) \cdot 10^3$, что обеспечивает низкий уровень собственных шумов и высокую стабильность частоты излучения $\frac{\Delta f}{f} \sim 10^{-7}$.

Таким образом, проведенные исследования наглядно демонстрируют возможность создания генераторов с диапазоном перестройки частоты в заданных достаточно широких пределах при высокой стабильности колебаний. Они могут найти применение в различных областях науки и техники.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Д а в ы д о в а Н.С., Д а ш ю ш е в с к и й Ю.З. Диодные генераторы и усилители СВЧ. М.: Радио и связь. 1986. 184 с.
- [2] Б о р о д к и н А.И., Б у л г а к о в Б.М., С м о р о д и н В.В. // Письма в ЖТФ. 1980. Т. 6. С. 1189-1191.
- [3] Б о р о д к и н А.И., Б у л г а к о в Б.М., М а т в е е в а В.А. // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. С. 285-288.
- [4] В а й н ш т е й н Л.А. Открытые резонаторы и открытые волноводы. М.: Сов. радио. 1966. 432 с.

Поступило в Редакцию
4 января 1990 г.