

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ГЕНЕРАТОР 3-СМ ДИАПАЗОНА

*Р.И.Белоус, Ю.Г.Макеев, А.П.Моторненко  
(ИРЭ НАН Украины)*

Предложена конструкция твердотельного СВЧ-генератора, выполненного на основе волноводно-диэлектрического резонатора с КЗ-поршнем. Приведены результаты экспериментальных измерений вольт-частотных, вольт-ваттных и других характеристик этого генератора.

На основе волноводно-диэлектрических резонаторов (ВДР) с запердельными волноводами, как показано в [1,2], могут быть построены полупроводниковые генераторы СВЧ-диапазона. В этих работах представлены конструкции таких генераторов в 3-сантиметровом и 8-миллиметровом диапазонах длин волн и описаны некоторые их характеристики. Важными особенностями ВДР на запердельных волноводах по сравнению с резонатором на регулярных волноводах являются малые габариты и вес, разреженный спектр электромагнитных колебаний и достаточно высокая добротность.

Описанный макет полупроводникового генератора на ВДР представлял отрезок круглого волновода, запердельный для рабочего диапазона частот, в котором размещались диэлектрический элемент и диод Ганна. С одной стороны, волновод заканчивался выходным фланцем, стандартным для исследуемого диапазона частот, а с противоположной - КЗ-поршнем с возможностью продольного перемещения. В описанных конструкциях диод крепился на КЗ-поршне, что не позволяло максимально близко подводить его к диэлектрику.

Теоретические и экспериментальные исследования ВДР с короткозамкнутым КЗ-поршнем показали, однако, что максимальная перестройка его резонансной частоты достигается при перемещении КЗ-поршня вблизи плоскости диэлектрика.

Настоящая работа посвящена исследованию полупроводникового генератора на ВДР, в частности, выяснению возможности расширения диапазона плавной механической перестройки частоты. Для этого в отличие от [1,2] диод крепился не на КЗ-поршне, а в волноводе соосно его диаметру в поперечном сечении вблизи диэлектрического элемента, а с противоположной стороны диэлектрика располагался КЗ-поршень, который мог перемещаться вплоть до плоскости диэлектрика.

Макет полупроводникового генератора, как и в [2], был выполнен в 3-сантиметровом диапазоне для основного типа колебаний  $H_{111}$ , для чего в круглый волновод внутренним диаметром 15 мм помещался диэлектрический элемент в виде диска из фторопласта ( $\epsilon = 2,08$ ) диаметром 15 мм и толщиной 5 или 10 мм. В качестве активного элемента использовался промышленный диод Ганна типа АА703А [2].

Расчетный диапазон изменения резонансной частоты ВДР для двух диэлектрических элементов с помощью КЗ-поршня (при отсутствии полупроводникового диода) составил 9,5 - 11,5 ГГц.

На рис.1 представлены вольт-ваттные вольт-частотные (кривые 1'- 6') характеристики генератора. Кривые 1-3, 1'-3' были получены с

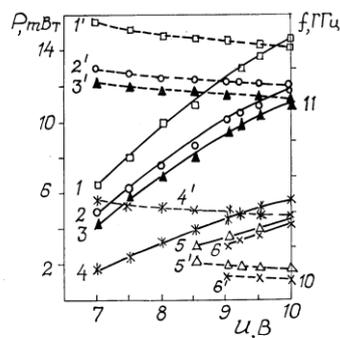


Рисунок 1

генератора; какие-либо перескоки генерируемой частоты не наблюдались. Обращают на себя внимание малые значения величины перестройки частоты генератора при изменении напряжения питания, составляющие 15 - 50 МГц/В, что косвенно свидетельствует о его высокой стабильности.

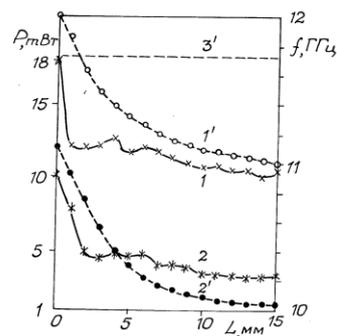


Рисунок 2

исследуемого диэлектрическим элементом толщиной  $h = 5$  мм при разных фиксированных расстояниях  $L$  от КЗ-поршня до плоскости диэлектрика (соответственно  $L = 4$  мм, 10 мм и 15 мм). Кривые 4-6, 4'-6' относятся к генератору с диэлектриком толщиной 10 мм, также при положениях КЗ-поршня  $L = 4$  мм, 10 мм и 15 мм. Во всех исследованных условиях наблюдалась устойчивая работа

(кривые 1-6) и исследуемого диэлектрическим элементом толщиной  $h = 5$  мм при разных фиксированных расстояниях  $L$  от КЗ-поршня до плоскости диэлектрика

генератора; какие-либо перескоки генерируемой частоты не наблюдались. Обращают на себя внимание малые значения величины перестройки частоты генератора при изменении напряжения питания, составляющие 15 - 50 МГц/В, что косвенно свидетельствует о его высокой стабильности.

На рис.2 представлены кривые, характеризующие изменения мощности генерируемых колебаний (кривые 1 и 2) и частоты (кривые 1' и 2') в зависимости от положения КЗ-поршня относительно диэлектрика. Кривые 1-1' получены с диэлектриком толщиной  $h = 5$  мм, а 2-2' - с диэлектриком с  $h = 10$  мм. Как следует из рисунка 2, общий диапазон изменения частоты составил 2 ГГц, причем плавная перестройка частоты перемещением КЗ-поршня обеспечивалась в пределах 1 ГГц, что превышает полученные значения в [2]. На рис.2 пунктирной линией 3' показано значение граничной частоты, равное 11,73 ГГц, выше которого волновод становился регулярным. Интересно отметить, что для генератора с диэлектриком толщиной  $h=5$  мм (кривая 1') существуют рабочие частоты, значения которых лежат выше критической частоты пустого волновода.

Были проведены исследования по возможности подстройки частоты генератора изменением положения диода в ВДР. Они показали, что, например, при угловом или продольном смещении диода относительно радиуса волновода значения частоты генерируемых колебаний изменялись на 100 - 200 МГц, а мощность при этом возрастала на 2 - 5 мВт.

Как показали эксперименты, мощность генерируемых колебаний в случае диэлектрика с  $h = 10$  мм (рис.2, кривая 2) может быть достаточно легко повышена путем увеличения для этого случая коэффициента связи генератора с нагрузкой. Это достигалось помещением диэлектрического элемента между генераторным диодом и нагрузкой. Так, при выполнении диэлектрического элемента в виде диска из фторопласта диаметром 15 мм и толщиной 1,5 мм выходная мощность генератора возрастала примерно в 2 раза. При использовании диска из того же материала, но толщиной 3 мм, выходная мощность возрастала до величины мощности, полученной при работе генератора с диэлектрическим элементом толщиной 5 мм (рис.2, кривая 1). Частота генерируемых колебаний при этом практически не изменялась и соответствовала кривой 2' того же рисунка.

В исследуемой макете генератора была предусмотрена также возможность введения подстроечного штыря из фторопласта или лейкосапфира ( $\epsilon = 9$ ) диаметром 1,8 мм, длиной 15 мм в непосредственной близости от диэлектрика. Измерения показали, что изменением положения штыря из фторопласта в поперечном сечении круглого волновода можно плавно уменьшать частоту генерируемых колебаний в пределах 0-60 МГц, а штыря из лейкосапфира - 0-300 МГц.

Сопоставление экспериментальных кривых 1' и 2' с расчетными данными значений резонансной частоты ВДР от положения КЗ-поршня без полупроводникового диода показало, что экспериментальные значения превышают расчетные на 400 - 500 МГц, что необходимо учитывать при выборе данной конструкции генератора на заданный диапазон частот.

Проведенные измерения нестабильности частоты генератора в лабораторных условиях показали, что на одной из фиксированных частот за интервал времени 5 минут она не превысила  $5 \times 10^{-7}$ .

## SUMMARY

*A design of solid state microwave oscillator based on waveguide dielectric resonator with short-circuited plunger is proposed. Results of experimental measurements of voltage-current and voltage-power and other characteristics are cited.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 А.А.Зоркин, У.Г.Макеев, А.П.Моторненко. Millimeter Range Generator on Base of Waveguide-Dielectric Resonator. Internat. Symposium "Physics and engineering of Millimeter and Submillimeter Waves" June 7-10, Kharcov, Ukraine, Conference Proceedings.- vol.II.- 1994.- p.405.
- 2 А.А.Зоркин, Ю.Г.Макеев, А.П.Моторненко. Полупроводниковый СВЧ-генератор//Сб.науч.трудов ИРЭ НАН Украины "Применение радиоволн мм и субмм диапазонов", 1994.-С.95-99.