

СВЧ генератор на полусфере

Е.И. Бочаров, Е.А. Коновалова, Э.Ю. Седышев

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Аннотация: в данной работе исследуется возникновение СВЧ генерации на активном двухполоснике в полусферическом резонаторе. В качестве объёмного резонатора используется полусфера. Для детального исследования данного устройства создан проволочный эквивалент полусферы. Разработаны и описаны компоненты генератора и экспериментальная установка генератора на активном двухполоснике. Доказана работоспособность предложенной модели.

Ключевые слова: СВЧ, сферический резонатор, генератор СВЧ

1. Введение

В СВЧ электронике широкое распространение получили объёмные сферические резонаторы [1]. Данный тип резонаторов обладает наибольшей добротностью вследствие максимального отношения его объёма к площади поверхности.

2. Экспериментальная установка и результаты

Предметом нашей работы является синтез СВЧ генератора на сферическом резонаторе [2]. Микроволновый генератор на полусфере представляет собой металлизированную площадку, которая посредством диафрагмы связана с волноводом. Внутри полусферы установлен активный двухполосник, питание которого осуществляется через внешний источник. Детекторной секцией фиксируется уровень генерации [3]. Структурная схема СВЧ генератора показана на рисунке 1. Реальная модель генератора представлена на рисунке 2.

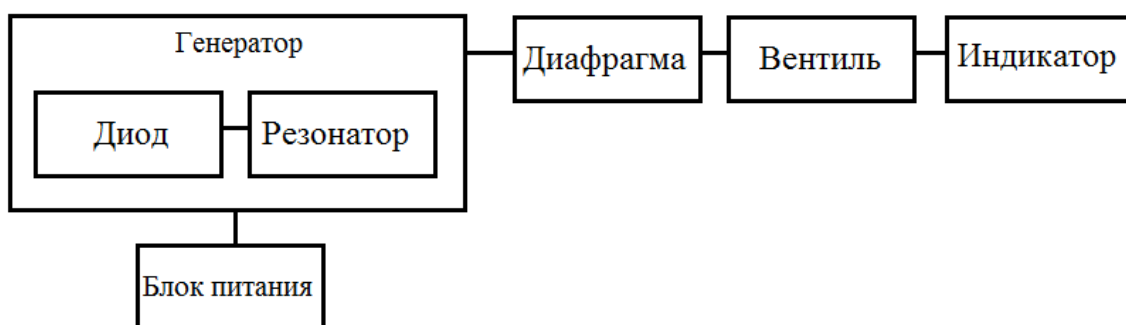


Рисунок 1. Структурная схема СВЧ генератора.

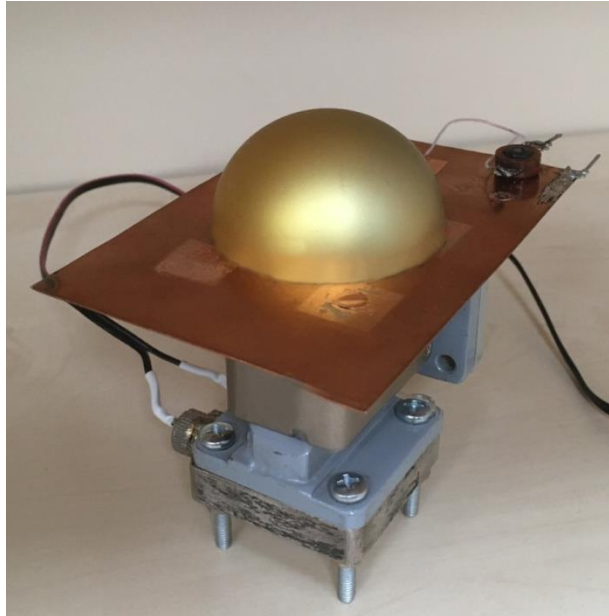


Рисунок 2. Микроволновый генератор на полусфере.

Эквивалентом полусферического резонатора является проволочная модель [4]. На рисунке 3 представлены 3D модели полусферического резонатора и его эквивалента.

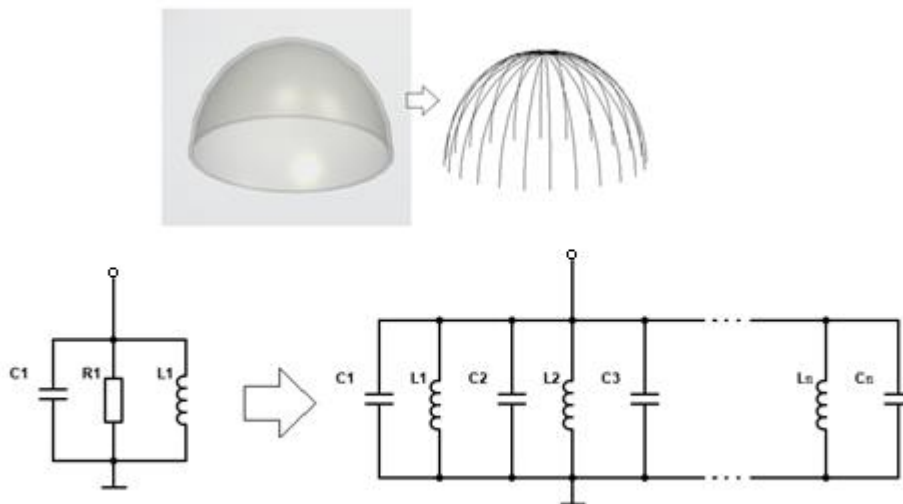


Рисунок 3. Эквивалент полусферического резонатора и его принципиальная схема.

Добротность резонатора можно вычислить по следующей формуле [1,5]:

$$Q = \frac{V}{S \cdot d} , \quad (1)$$

где V – объём резонатора, S – площадь поверхности резонатора и d – толщина скин-слоя. Толщина скин-слоя для меди на частоте порядка 10^9 Гц составляет 2,09 мкм.

Для сферического резонатора:

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,044 \text{ м})^3}{3} = 3,568 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \quad (2)$$

$$S_1 = 4\pi R^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot (0,044 \text{ м})^2 = 0,024 \text{ м}^2 \quad (3)$$

$$Q_1 = \frac{R}{3d} = \frac{0,044 \text{ м}}{3 \cdot 2,09 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 7018 \quad (4)$$

Для полусферического резонатора:

$$V_2 = \frac{2}{3}\pi R^3 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (0,044 \text{ м})^3}{3} = 1,784 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \quad (5)$$

$$S_2 = 3\pi R^2 = 3 \cdot 3,14 \cdot (0,044 \text{ м})^2 = 0,018 \text{ м}^2 \quad (6)$$

$$Q_2 = \frac{2R}{9d} = \frac{2 \cdot 0,044 \text{ м}}{9 \cdot 2,09 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 4678 \quad (7)$$

Таким образом, добротность полусферы составляет 2/3 добротности сферы.

В дальнейшем активный двухполюсник был установлен во внутреннем объёме масштабного макета полусферического резонатора (рисунок 4).

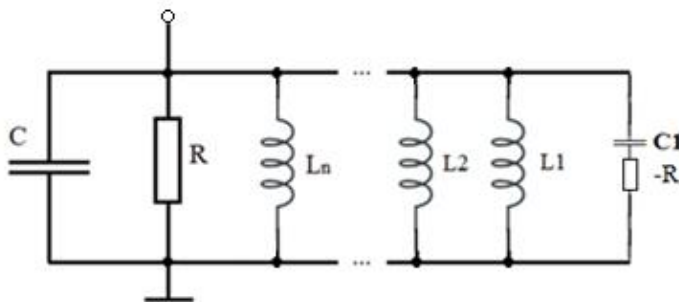


Рисунок 4. Принципиальная схема и макет генератора, выполненный на эквиваленте полусферического резонатора.

Рабочими являются частоты 2,890 ГГц и 3,135 ГГц. Из спектрограммы (рисунок 5) видно, что полусферический эквивалент резонатора является хорошим устройством повышения стабильности частоты колебания. Основное колебание превышает побочные на 40 дБ.

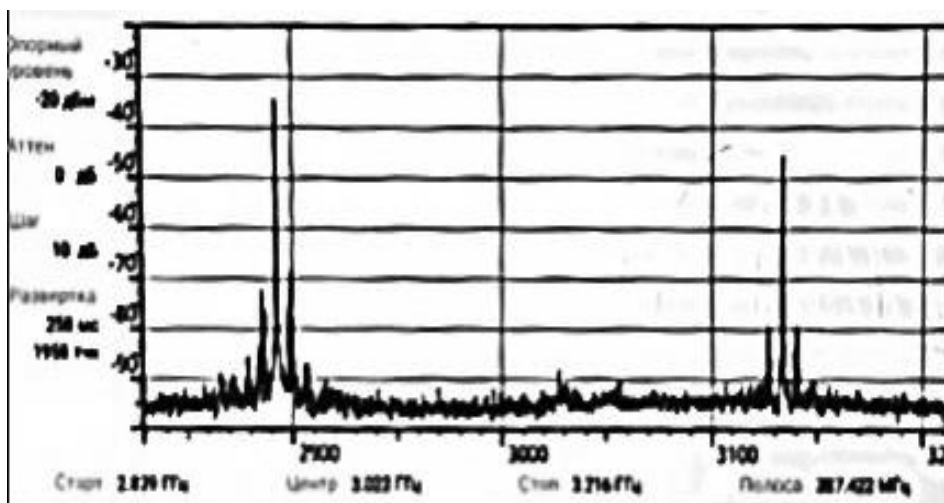


Рисунок 5. Спектральная характеристика генератора.

3. Заключение

Исследования показали, что полусферический резонатор может быть использован при создании высокостабильных генераторов СВЧ диапазона. Не вызывает сомнений, что его эквивалент в виде проволочной модели также способен повышать стабильность частоты колебания в заданном диапазоне. Доказана работоспособность СВЧ генератора на полусфере.

Список литературы

1. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. М.: Связь – 1978. – 431 с.
2. Захаров А. Н. Высокостабильный генератор СВЧ на сфероидальном объёме/ XII Всероссийская научная конференция студентов-радиофизиков: Тез. докл. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та – 2008. – С. 20-22.
3. Бочаров Е. И., Коновалова Е. А., Седышев Э. Ю. Исследование генератора на активном двухполюснике в сферическом резонаторе // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IX Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ – 2020. – С. 401-403.
4. Бочаров Е. И., Коновалова Е. А., Седышев Э. Ю. Исследование проволочной модели полусферы в качестве резонатора СВЧ // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2020). Региональная научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; Сборник лучших докладов конф. / Сост. Н. Н. Иванов. – СПб.: СПбГУТ – 2021. – С. 322-325.
5. Каценеленбаум, Б. З. Высокочастотная электродинамика: Основы математического аппарата. - Москва: Наука – 1966. – 240 с.