

Широкополосный ввод и/или вывод СВЧ-энергии с окном баночного типа для мощных электровакуумных приборов

Е.В. Медянкина, А.В. Галдецкий, Е.А. Богомолова, А.Н. Савин

АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино

Аннотация: Предложена оригинальная конструкция баночного окна для ввода/вывода СВЧ-энергии, позволяющая получить устройство для передачи высокого уровня СВЧ-энергии в широкой рабочей полосе частот. Приведены результаты исследования влияния волнового резонатора в предложенной конструкции баночного окна на электродинамические характеристики.

Ключевые слова: окно баночного типа, волноводный резонатор, смешанная мода, электродинамические характеристики.

1. Введение

Одним из типов выводов энергии электровакуумных приборов СВЧ являются вакуумноплотные окна баночного типа, представляющие собой отрезки круглого волновода с поперечной диэлектрической перегородкой с соосно подсоединенными к их торцам стандартными прямоугольными волноводами.

Предлагается модифицировать известную конструкцию вывода энергии СВЧ, использующего комбинацию из распространяющегося TE_{11} и затухающего TM_{11} типов волн в полном круглом волноводе, и исследовать влияние включения волнового резонатора на электродинамические характеристики ввода/вывода СВЧ-энергии.

2. Конструкция широкополосного ввода/вывода СВЧ-энергии на смешанной моде ($TE_{11} + TM_{11}$) с волноводным резонатором

Наиболее часто в выводах энергии мощных приборов СВЧ баночного типа используют типы волн TE_{11} , TM_{11} круглого волновода или их комбинацию. Конструкция вывода энергии СВЧ, использующего комбинацию из распространяющейся волны типа TE_{11} и затухающей типа TM_{11} в полном круглом волноводе [1], позволяет обеспечить передачу высокой СВЧ мощности при минимальных диэлектрических потерях в керамическом диске. С целью получения более широкой полосы рабочих частот предлагается хотя бы в одном из отрезков прямоугольных волноводов разместить волноводный резонатор (рис.1).

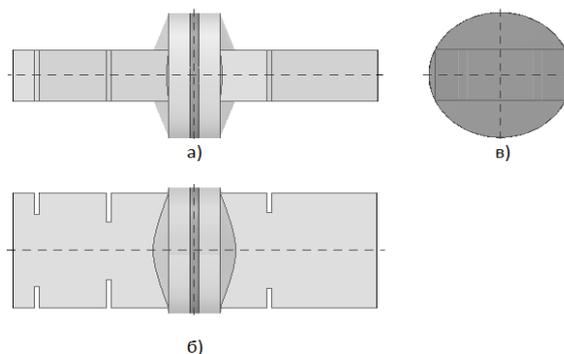


Рисунок 1. Конструкция баночного окна вывода энергии с волноводным резонатором

Отрезки прямоугольного волновода связаны с волноводным резонатором через щели связи, выполненные в форме прямоугольных отверстий в его крышках. Оптимальный размер щелей связи рассчитывается методами численного моделирования для обеспечения минимальных потерь энергии сигнала и подавления внеполосных и побочных колебаний в рабочей полосе частот. Рабочий диапазон устройства формируется длиной секции резонатора, обеспечивающего электромагнитную связь во всей структуре банки.

Входная мощность поступает во входной прямоугольный волновод и распространяется в нём в виде волны типа TE_{10} , возбуждая в индуктивной диафрагме СВЧ-токи, которые в свою очередь возбуждают в волноводе вторичные волны. В результате интерференции первичной и вторичных волн коэффициент передачи баночного окна приобретает частотную зависимость, особенно резко выраженную в области резонансных частот. В области усеченного конуса преобразуется в распространяющийся тип TE_{11} и затухающий тип TM_{11} круглого волновода, которые проходят через диэлектрический диск. Расположенный в выходном прямоугольном волноводе волноводный резонатор, компенсирует отражённые волны от остальных элементов устройства, находящихся перед ним.

3. Исследование влияния волнового резонатора на электродинамические характеристики ввода и/или вывода СВЧ-энергии

Волноводный резонатор определяет форму АЧХ в полосе пропускания и на ширину полосы пропускания устройства, исключая внеполосную передачу побочных гармоник между входным и выходным прямоугольными волноводами

Частотные зависимости КСВН входа баночного окна вывода энергии СВЧ приведены на рис. 2, рабочая полоса частот определена по уровню $КСВН \leq 1.1$.

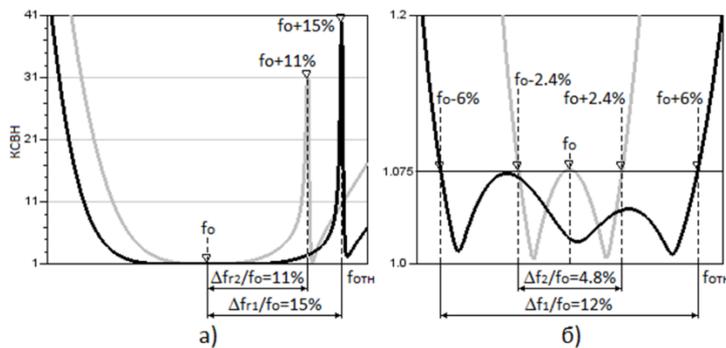


Рисунок 2. Зависимость КСВН входа ввода и/или вывода энергии СВЧ в широкой (а) и рабочей (б) полосах частот (сплошная серая линия – без волноводного резонатора, сплошная черная линия – с одним волноводным резонатором)

Пик КСВН на рис. 2а (черная линия) соответствует паразитной резонансной частоте волны типа TM_{11} круглого волновода с диэлектрическим диском. Анализ графика (фиг.2б, черная линия) КСВН ввода и/или вывода СВЧ-энергии позволяет увидеть увеличение рабочей полосы частот с 4.8% до 12% при введении в конструкцию волноводного резонатора.

4. Заключение

Предложена оригинальная конструкция ввода и/или вывода СВЧ-энергии с волноводным резонатором (заявка на изобретение № 2024131564, приоритет 21.10.2024).

Проведено исследование влияния волноводного резонатора в рассматриваемой

конструкции на электродинамические характеристики ввода и/или вывода СВЧ-энергии.

Введение хотя бы одного волноводного резонатора позволяет уменьшить коэффициент отражения от имеющихся неоднородностей устройства, распределяя величины коэффициента отражения по длине волновода, обеспечивая их взаимную компенсацию в рабочей полосе частот.

Список литературы

1. Медянкова Е. В., Богомолова Е.А., Савин А.Н., Голованов Н. А. Способ изготовления и настройки баночного окна на смешанной моде (TE₁₁ + TM₁₁) для ввода/вывода СВЧ-энергии// XIII Всероссийская научно-техническая конференция "Электроника и микроэлектроника СВЧ". Сборник докладов. Санкт-Петербург. 27 мая - 31 июня 2024 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 632 с. – с. 405-408
2. Медянкова Е. В., Богомолова Е.А., Савин А.Н. Электродинамические характеристики и тепловой режим баночного окна вывода энергии (TE₁₁+TM₁₁)// XII Всероссийская научно-техническая конференция "Электроника и микроэлектроника СВЧ". Сборник докладов. Санкт-Петербург. 29 мая - 2 июня 2023 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 646 с. – с. 523-527
3. ANSYS HFSS 3D Electromagnetic Field Simulator for RF and Wireless Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.ansys.com/products/electronics/ansys-hfss> (20.05.2018).
4. Курилов Г.В., Сазонов В.П., Антохина Н.В. О резонансных частотах видов колебаний в окнах выводов энергии «баночного» типа // Электронная техника. – Сер.1, Электроника СВЧ. – М: Изд-во ЦНИИ “Электроника”, 1970. – Вып. 9 – с. 36 – 44.