

Способ изготовления и настройки баночного окна на смешанной моде ($TE_{11} + TM_{11}$) для ввода/вывода СВЧ-энергии

Е.В. Медянцева, Е.А. Богомолова, А.Н. Савин, Н.А. Голованов

АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Аннотация: Предложен оригинальный способ изготовления и настройки баночного окна на смешанной моде ($TE_{11} + TM_{11}$) для ввода/вывода СВЧ-энергии, позволяющий получить устройство с оптимальными параметрами. Приведены результаты исследования влияния технологических отклонений размеров предложенной конструкции баночного окна на электродинамические характеристики.

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

1. Введение

В настоящее время при производстве электровакуумных и волноводных устройств СВЧ диапазона большое внимание уделяется оптимизации технологических процессов, позволяющих увеличить выход годных изделий. Эта задача может быть решена путем разработки новых способов изготовления устройств, в том числе, и с использованием возможности одновременной настройки с помощью согласующих/настроечных элементов конструкции для достижения оптимальных требуемых выходных параметров устройства.

2. Способ изготовления и настройки баночного окна на смешанной моде ($TE_{11} + TM_{11}$) для ввода/вывода СВЧ-энергии

Известно большое количество способов изготовления и настройки окон вывода энергии СВЧ, сущность которых состоит в устранение паразитных резонансов за счет изменения геометрии элементов вывода энергии (например, при креплении диэлектрической пластины в круглом волноводе – меняют толщину пластины). Однако эти способы изготовления и настройки относятся к традиционным баночным выводам СВЧ-энергии, использующим один тип волны TE_{11} или TM_{11} полого круглого волновода.

Предложенная конструкция в [1] (рис.1) имеет возможность настройки устройства в процессе его изготовления.

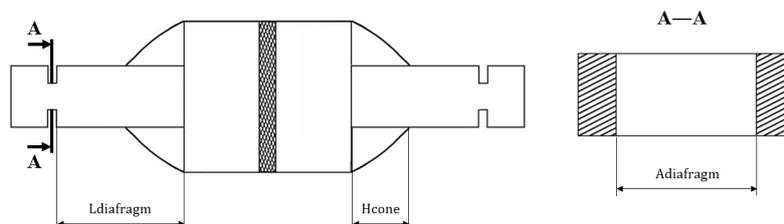


Рисунок 1. Конструкция баночного окна вывода энергии с выходом на волновод

Первоначально геометрию конструкции баночного окна ввода/вывода энергии рассчитывают строгими методами решения задач электродинамики. При

изготовлении баночного окна ввода/вывода энергии СВЧ-прибора цилиндрической конструкции (рис.1), содержащего настроечные согласующие элементы на входе и выходе баночного окна, выполненные в виде усеченных конусов и индуктивных диафрагм, сначала осуществляют изготовление неразъёмной части конструкции баночного окна (отрезок круглого волновода, в поперечной плоскости которого расположен диэлектрический диск), а затем изготавливают разъёмные (настроечные) части конструкции из прямоугольных волноводов и настроечных элементов. Собирают все части в одно целое устройство и подключают собранное устройство к векторному анализатору цепи для снятия S-параметров. Проводят сравнительный анализ результатов численного моделирования с экспериментальными данными; при необходимости производят настройку устройства: изменяют положение индуктивных диафрагм (Ldiafragm), изменяют ширину индуктивных диафрагм (Adiafragm), изменяют высоту усеченных конусов (Hcone). Направления и величины изменения положения и ширины индуктивных диафрагм, а также высоты усеченных конусов определяют с помощью таблицы соответствующих коэффициентов чувствительности. Проводят контроль параметров и окончательную сборку всех частей конструкции.

3. Исследование влияния положения и размеров настроечных элементов на электродинамические характеристики баночного окна вывода СВЧ-энергии

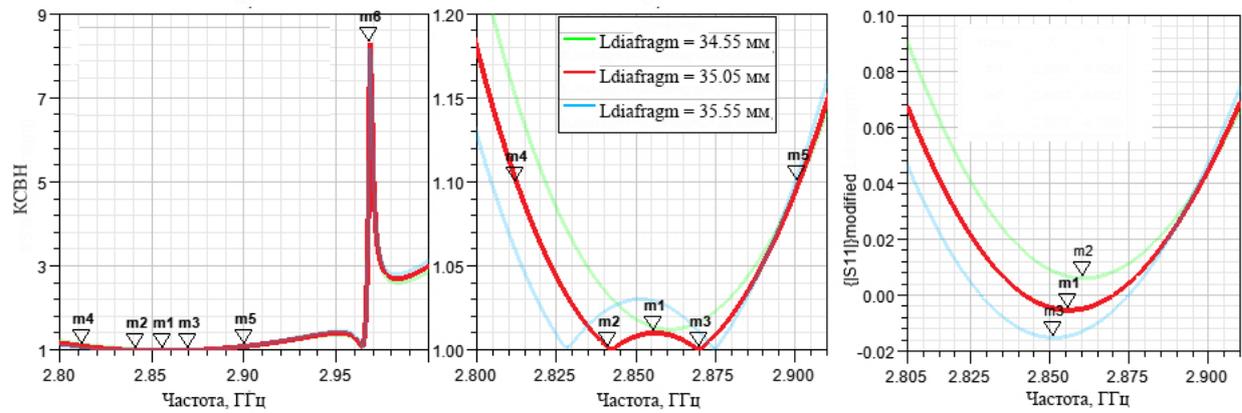
Изменение положения индуктивных диафрагм Ldiafragm значительно влияет на центральную частоту полосы согласования f_{centr} и на модуль коэффициента отражения $\{|\dot{S}_{11}|\}_{modified}$, т.е. на фазовое и амплитудное условия согласования в рабочей полосе частот. При этом значительно изменяется её нижняя граница (по уровню КСВН = 1.1) f_{low} , а верхняя – f_{hi} практически не меняется. Такой характер изменения частотной характеристики в рабочей области объясняется тем, что положение индуктивных диафрагм определяет относительное расположение неоднородностей в баночном окне, от которых возникают отражения, формирующие частотную характеристику. Влияние на резонансную частоту f_{rez} изменение положения индуктивных диафрагм практически не оказывает.

Изменение ширины индуктивных диафрагм Adiafragm значительно влияет на модуль коэффициента отражения $\{|\dot{S}_{11}|\}_{modified}$ (т.е. на амплитудное условие согласования рабочей полосы частот) и практически не меняет центральную частоту полосы согласования f_{centr} . Также значительно изменяются нижняя f_{low} и верхняя f_{hi} границы рабочей полосы частот по уровню КСВН = 1.1. Такой характер изменения частотной характеристики в рабочей области объясняется тем, что ширина индуктивных диафрагм определяет амплитуду отражённых от них волн, участвующих в формировании частотной характеристики баночного окна. Влияние на резонансную частоту f_{rez} изменение ширины индуктивных диафрагм практически не оказывает.

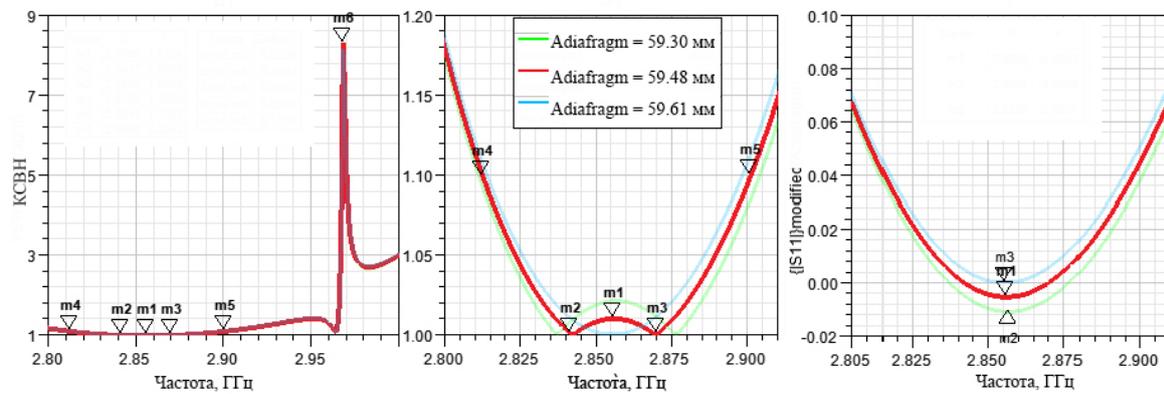
Таким образом, в процессе настройки баночного окна изменение положения индуктивных диафрагм позволяет компенсировать возникшие по каким-либо причинам отклонения центральной частоты полосы согласования f_{centr} . Затем изменением ширины диафрагм подбирается заданный уровень коэффициента отражения входа $\{|\dot{S}_{11}|\}_{modified}$ на частоте f_{centr} и, соответственно, обеспечивается требуемый вид частотной характеристики.

На рис. 2 приведены графики модуля коэффициента отражения $\{|\dot{S}_{11}|\}_{modified}$ и КСВН баночного окна в рабочей области частот при различных положениях индуктивных диафрагм Ldiafragm (а) и их ширине Adiafragm (б), а также высотах усеченных конусов Hcone (в), где маркер m1 указывает на центральную частоту полосы согласования f_{centr} , маркеры m2 и m3 определяют 1% полосу частот

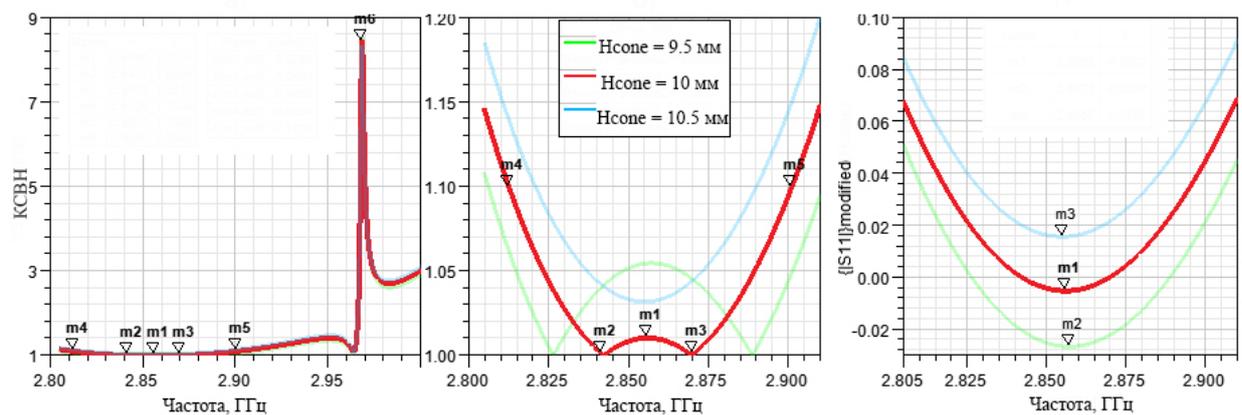
симметрично относительно рабочей частоты, маркеры m4 и m5 определяют полосу частот по уровню КСВН ≤ 1.1 , а маркер m6 указывает на резонансную частоту f_{rez} круглого волновода с керамическим диском на типе TM_{11} .



а)



б)



в)

Рисунок 2. Графики модуля коэффициента отражения $\{\{S_{11}\}_{modified}\}$ и КСВН при настройке

4. Заключение

Проведено исследование влияния размеров элементов рассматриваемой конструкции на электродинамические характеристики баночного окна. Размеры конструктивных и настроечных элементов устройства, обеспечивающие оптимальные энергетические характеристики, подбираются на этапе проектирования. Предложен

способ изготовления баночного окна, при котором происходит одновременно и его настройка, путем изменения положения и геометрических размеров настроечных элементов (заявка на изобретение № 2023130833, приоритет 27.11.2023).

Список литературы

1. 1. Медянкова Е. В., Богомолова Е.А., Савин А.Н. Электродинамические характеристики и тепловой режим баночного окна вывода энергии (TE11+TM1)// 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
2. 2. 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).
3. 3. 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.