

Д. Н. Миронова, М. Н. Попков

ОПТИМИЗАЦИЯ МАССО-ГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЧ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Проанализированы функциональные элементы конструкций существующих СВЧ изделий 8-мм диапазона и предложены варианты исполнения этих элементов с уменьшенной массой.

E-mail: niiret-sec71@ya.ru

Ключевые слова: СВЧ элемент, конструкция, масса, оптимизация, волноводный канал, фланец.

Рассмотрим конструкцию различных СВЧ устройств 8-мм диапазона. Особенностью этих изделий является то, что они состоят из двух частей, которые получены путем механической обработки. Проанализируем конструкцию и сформулируем общие рекомендации по конструированию, применение которых позволит снизить массу изделий.

Для анализа конструкции были выбраны следующие изделия с рабочим диапазоном частоты 30...40 ГГц:

- делитель на 4 (рис. 1);
- направленный ответвитель на 5 дБ (рис. 2);
- изгиб E90 (рис. 3).



Рис. 1. Общий вид делителя на 4

Если анализировать конструкцию изделий по функциональным частям, то можно выделить следующие элементы: присоединительные фланцы, оболочка волноводного канала, крепежные фланцы, крепежные изделия. Рассмотрим каждый из этих элементов в отдельности и дадим рекомендации по оптимизации конструкции.

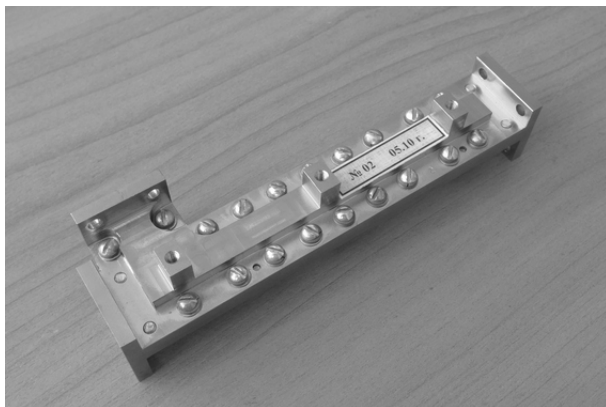


Рис. 2. Направленный ответвитель на 5 дБ

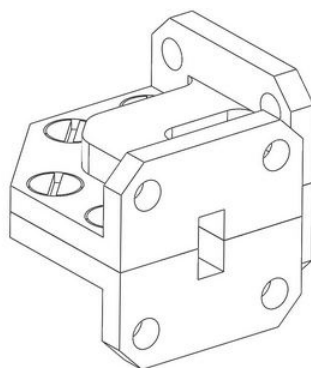


Рис. 3. Конструкция изгиба Е90

Соединительные фланцы. Эти элементы стандартизованы и регламентируются ОСТ 4ГО.206.200 [1]. В предложенных конструкциях отсутствуют полукруглые вырезы. Вероятно это обусловлено сложностью их изготовления и необязательностью для корректной работы устройства. Авторы предлагаемой статьи рекомендуют эти вырезы оформлять, так как они создают дополнительное удобство при сборке и уменьшают массу изделия. Вид присоединительного фланца с полукруглыми вырезами представлен на рис. 4.

Оболочка канала. Под оболочкой канала подразумевают материал, который формирует канал. Зачастую в конструкциях закладывается избыток материала (рис. 5). Исходя из практического опыта конструирования стенки толщиной 2 мм вполне достаточно для формирования канала. В действительности возможно большее уменьшение толщины оболочки канала. Например, толщина скин-слоя для волны с частотой

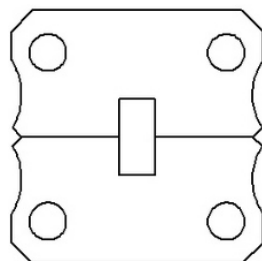


Рис. 4. Соединительный фланец по ОСТ 4ГО.206.200

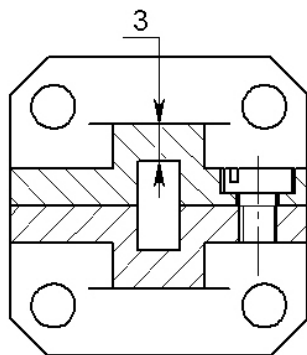


Рис. 5. Разрез изгиба E90

34 ГГц, бегущей в изгибе E90 (см. рис. 3), составляет 0,36 мкм [2]. Однако канал с такой стенкой имеет очень низкие прочностные показатели и кроме того его изготовление довольно проблематично. Следует отметить, что изготовление толщины стенки менее 2 мм — вопрос дополнительных исследований и экспериментов.

Крепежные фланцы. Данный элемент конструкции предназначен для соединения двух половинок канала между собой. В одном из фланцев оформляется гладкое отверстие, в другом — резьбовое. Пары отверстий располагаются по периметру волноводного канала с шагом порядка 10 мм. Через отверстия фланцы стягиваются крепежными элементами. При этом должен быть обеспечен плотный контакт двух половинок канала. Крепежные фланцы, как правило, имеют равную толщину, ширину и оформлены на всем протяжении канала.

Рассмотрим возможности уменьшения массы фланцев. Первая, очевидная рекомендация — сократить ширину фланца так, чтобы головка крепежного винта почти касалась оболочки канала (рис. 6). Вторая рекомендация — сократить толщину фланцев. Для фланца, в котором оформлены гладкие отверстия достаточно толщины 2 мм, для фланца с резьбовыми отверстиями — 3 мм. Третьей рекомендацией, позволяющей сократить массу фланцев, является их профилирование по элементам крепления. Данная рекомендация в настоящий момент не отработана на практике, но при разумном выборе размеров профилированный фланец будет обеспечивать такое же прижатие, как и непрофилированный. Пример профилированных фланцев представлен на рис. 7. Четвертая рекомендация по оптимизации соединительных фланцев — исключить их из конструкции. Этот вариант описан далее.

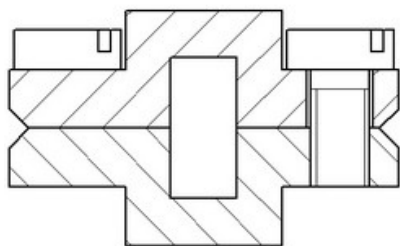


Рис. 6. Сечение СВЧ устройства

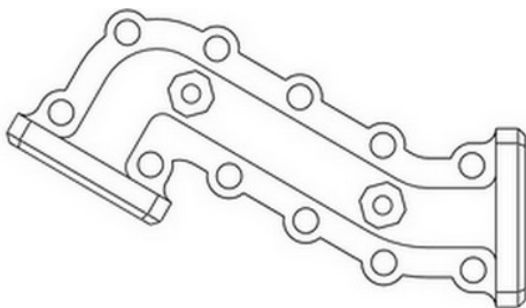


Рис. 7. Пример устройства с профилированными фланцами

Элементы крепления. В готовом изделии, представленном на рис. 2, под винты подложены две шайбы. Пружинная шайба предназначена для стопорения винта, плоская — для защиты поверхности изделия от первой. У данного способа стопорения имеются некоторые недостатки: 1) при малых диаметрах пружинные шайбы практически своей функции не выполняют; 2) плоская шайба имеет диаметр больше, чем у головки винта и для ее размещения необходимо увеличивать фланец, что влечет за собой увеличение массы. Авторы данной статьи предлагают применить для стопорения винтов анаэробный герметик [3]. При данном способе не нужны дополнительные детали и стопорение улучшается на порядок.

Паяное соединение. В рамках эксперимента было предложено разработать конструкцию СВЧ изделия, в которой две половинки соединяются пайкой. Главной проблемой реализации такой технологии является обеспечение защиты канала от затекания в него припоя. Была предложена и реализована конструкция, в которой область пайки напрямую не сообщается с полостью канала (рис. 8).

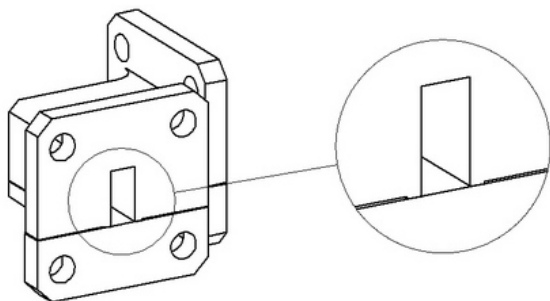


Рис. 8. Конструкция паяного волновода

Из четырех изготовленных изделий одно соответствовало требуемым характеристикам, что говорит о применимости данного способа соединения двух половинок, но для отработки технологии пайки требуются дополнительные исследования и эксперименты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 4Г0.206.200. Устройства СВЧ. Волноводы прямоугольные из алюминиевых сплавов. Соединения фланцевые контактные. Основные параметры. Конструкция и размеры. Элементы конструкции.
2. Семенов Н. А. Техническая электродинамика. – М.: Связь, 1973. – 408 с.
3. ОСТ 107.460091.014–2004. Соединения резьбовые. Способы и виды предохранения от самоотвинчивания. Технические требования.

Статья поступила в редакцию 17.09.2012