

УДК 621.372

ОБЪЁМНЫЙ ПОЛОСКОВО-ЩЕЛЕВОЙ ПЕРЕХОД С НЕОДНОРОДНОЙ ЩЕЛЕВОЙ ЛИНИЕЙ

Дударев Н.В., Дударев С.В., Дударев А.В.

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.

В статье описывается элемент частотно селективное устройство бесконтактной передачи мощности, называемый объёмный полосково-щелевой переход. Представлены результаты моделирования его электродинамических характеристик в виде элементов матрицы рассеивания. Рассматривается модель ОПЩ перехода с неоднородностью ширины щелевой линии. Приводятся результаты моделирования электродинамических характеристик объёмного полосково-щелевого перехода. Описывается влияние изменения ширины щелевой линии на электродинамические характеристики объёмного полосково-щелевого перехода.

Ключевые слова: объёмно-модульная технология, полосково-щелевой переход, коэффициент отражения, коэффициент передачи, ширина полосы.

VOLUME STRIP-SLIT TRANSITION WITH INHOMOGENEOUS SLIT LINE

Dudarev N.V., Dudarev S.V., Dudarev A.V.

The article describes the element of frequency selective contactless power transmission device, called the volume strip-slit transition. The results of modeling its electrodynamic characteristics in the form of scattering matrix elements are presented. Consider the model of the VST transition with the heterogeneity of the width of the slit line. The results of modeling the electrodynamic characteristics of the volume strip-slit transition are presented. Describes the impact of changes in the width of the slit line on the electrodynamic characteristics of a volumetric strip-slit transition.

Keywords: volume-modular technology, strip-slit transition, reflection coefficient, transmission coefficient, bandwidth.

Введение

В связи с бурным развитием радиоэлектроники наблюдается взаимопроникновение её идей, методов и устройств в различные близкие области науки и техники. В тоже время осуществляется освоение всё более коротковолновых диапазонов длин волн. При этом зачастую изучение и техническое освоение их происходят практически одновременно. В настоящий момент радиоэлектронная аппаратура (РЭА), предназначенная для работы (на уровнях умеренной мощности) в диапазонах коротких сантиметровых, миллиметровых и субмиллиметровых волн, постепенно с каждым годом все более интенсивно ориентируется на использование средств и

методов применения СВЧ плат. Подавляющее большинство СВЧ плат выполняется в виде однослойных конструкций, что приводит в ряде случаев к неоправданно большим габаритам РЭА. Это абсолютно недопустимо в связи с жесткими требованиями, предъявляемыми к устройствам РЭА, особенно к тем, которые предназначены для использования в компактных переносных системах или в составе малогабаритных подвижных объектов.

Важнейшим требованием, предъявляемым к современным РЭА является необходимость обеспечения минимальных массогабаритных характеристик. Также в условиях высокой степени рыночной конкуренции определяющими факторами являются невысокая себестоимость и высокий уровень надёжности.

Существенного прогресса в достижении вышеуказанных требований можно добиться применением объёмно-модульной технологии построения РЭА [1-3].

Одним из важнейших элементов объёмно-модульного устройства является объёмный полосково-щелевой переход [4-6].

Описание объёмного полосково-щелевого перехода

Объёмный полосково-щелевой переход (ОПЩ переход) [1,5,6] это устройство, предназначенное для частотно селективной передачи электромагнитной волны между частями СВЧ модулей. Конструктивно ОПЩ состоит из двух или более полосковых линий передачи 4 и 5 (рис.1), размещённые на разных сторонах 1, 2 многослойной диэлектрической конструкции, а также щелевой линии 6, вырезанного в металлической плоскости, расположенной между слоями с полосковыми линиями. Полосковые линии перекрещиваются с щелевой линией и заканчиваются обрывом на расстоянии четверти длины волны ($\lambda/4$) от места перекрещивания (Рис. 1).

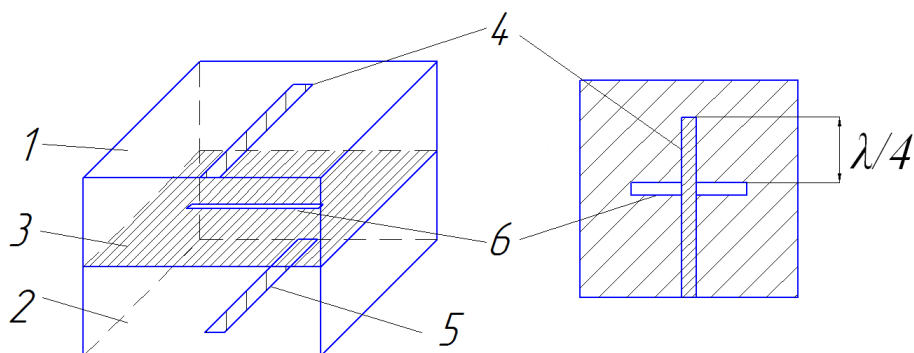


Рисунок 1. Изометрия объёмного полосково-щелевого перехода

Представить основные электродинамические характеристики ОПЩ перехода удобно в виде элементов матрицы рассеивания в зависимости от частоты. Для конкретности рассмотрим результаты моделирования конкретного ОПЩ перехода, размещённого на фольгированном диэлектрическом материале AD450 (Рис.2).

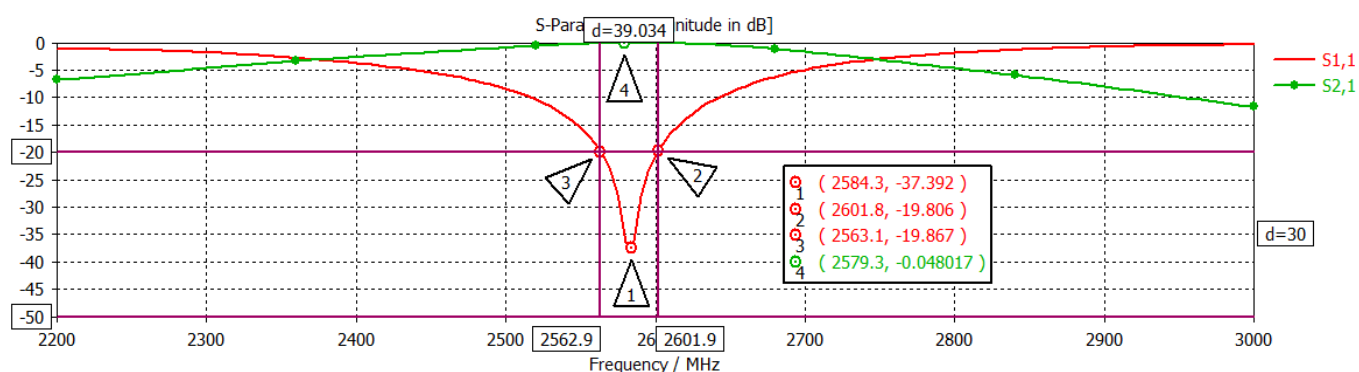


Рисунок 2. Коэффициент передачи (S_{12}) и коэффициент отражения (S_{11}) ОПЩ перехода

Результаты моделирования (Рис. 2) свидетельствуют о том, что на центральной частоте величина коэффициента связи S_{12} составляет минус 0,04 дБ. Это означает, что 99,1 % мощности на входе будет передано через ОПЩ перехода. В тоже время коэффициент отражения S_{11} на центральной частоте составляет величину минус 37 дБ. Другой особенностью моделирования является тот факт, что ОПЩ переход имеет резонансную природу с эффективной полосой пропускания около 39 МГц по уровню коэффициента отражения минус 20 дБ (Ширина полосы 15% от центральной частоты).

Для обеспечения решение задачи в более широком диапазоне частот (25% от рабочей частоты) необходимо добиться расширения полосы пропускания ОПЩ перехода. Рассмотренный выше ОПЩ переход содержит однородную щелевую линию, закороченную на концах. Закороченный отрезок щелевой линии с помощью модели Олинера описывается через индуктивную и ёмкостную проводимость соответственно:

$$Y_L = 0,156 \lambda / b, Y_C = 0,285 Y_0 \lambda / b, \quad (1)$$

где b – размер широкой стенки эквивалентного волновода, λ – длина волны.

При расширении щелевой линии к её концам вводится дополнительная ёмкостная составляющая:

$$Y_C = Y_0 (2\lambda / b) \ln(2,718\lambda / 3,562b). \quad (2)$$

Расширение щелевой линии реализовано в виде сегмента окружности, расширяющегося к её концам (Рис. 3 а). В зависимости от величины угла сегмента обеспечивается разная ширина полосы пропускания ОПЩ перехода (Табл. 1). Результаты численного моделирования показывают, что увеличение угла сегмента на её концах приводит к значительному расширению полосы пропускания (Табл. 1), (Рис. 3).

Таблица 1 – Электрические характеристики ОПЩ перехода при разном размере расширения щелевой линии

Угол сегмента, град.	0	8	15	20
Центральная частота, МГц	2480	2480	2480	2480
Коэффициент отражения по центру полосы пропускания, дБ	- 40	- 20	- 27	- 25
Коэффициент связи, дБ	- 0,01	- 0,9	-1,0	-1,0
Ширина полосы по уровню коэффициента отражения минус 20 дБ, МГц	39	50	65	80

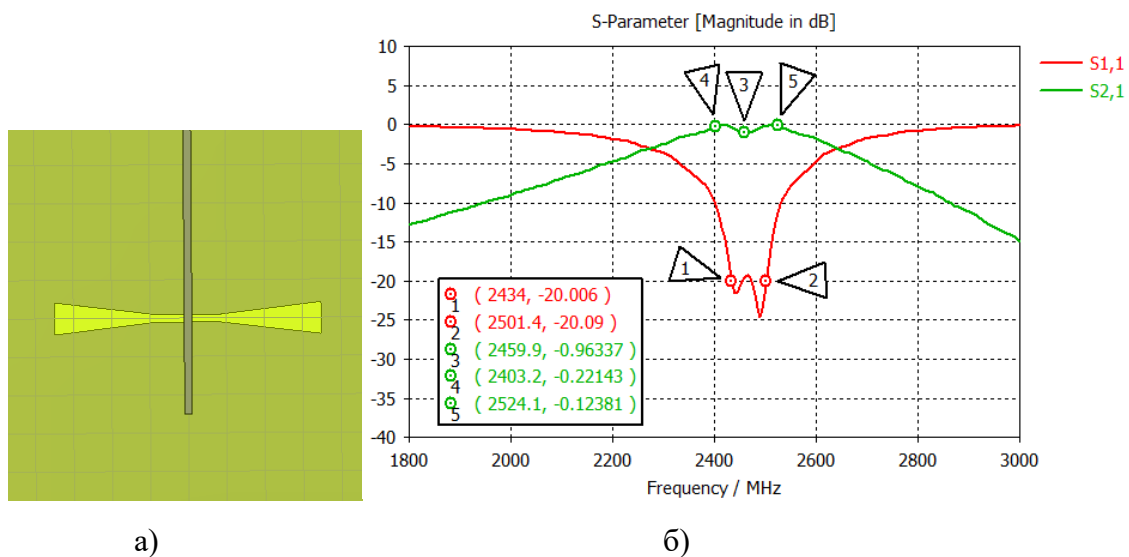


Рисунок 3. ОПЩ переход с расширяющейся к краям щелевой линией (угол сегмента 15°): а) топология щелевой линии; б) электродинамические характеристики ОПЩ перехода

Введение в модель щелевой линии сегментов, расширяющихся к короткозамкнутым концам, позволяет за счет уменьшения добротности ОПЩ перехода двукратно расширить его полосу пропускания (ширина полосы пропускания изменяется от 15% до 30 % от значения центральной частоты). Тем не менее, при этом нарушается его согласование с полосковыми линиями передачи, что проявляется в ухудшении значения коэффициента отражения в полосе пропускания на 20 дБ (Табл. 2). Ухудшение коэффициента отражения обусловлено влиянием сегмента на добротность полосково-щелевого перехода, которая описывается с помощью формулы [2]:

$$Q_n^{-1} = \frac{\alpha \lambda_{щ}}{\pi} + \frac{8Z_{щ}}{5\pi Z_{п}} \exp^{-\frac{2\pi d}{l_p}} \quad (3)$$

Где Q_n – нагруженная добротность ОПЩ перехода, $\lambda_{щ}$ – длина волны щелевой линии, $Z_{щ}$ и $Z_{п}$ – волновое сопротивление щелевой и полосковой линии соответственно.

Выводы

Таким образом, введение в модель щелевой линии сегментов, расширяющихся к короткозамкнутым концам, позволяет расширить ширину полосы ОПЩ перехода. Применение выше представленного ОПЩ перехода в реальных изделиях возможно, но при этом будет иметь место ухудшение электродинамических характеристик ДОУ.

Список литературы

1. Дударев Н.В. Принципы построения объёмно-модульных СВЧ устройств диаграмма-образующей схемы и проблемы их реализации/ Н.В. Дударев, С.Н. Даровских// журнал «Антенны». – 2018. – №3 – С.172 -177.
 2. Гвоздев В.И. Объёмные-интегральные схемы СВЧ – элементная база аналоговой и цифровой радиоэлектроники / В.И. Гвоздев, Е.И. Нефёдов. – М.: Наука, 1987. –112 с.
 3. Гвоздев В.И. Физические основы моделирования объёмных интегральных схемы СВЧ и КВЧ/ В.И. Гвоздев, Г.А. Кузаев. – М.: Наука, 1987. –112 с.
 4. Нефёдов Е.И. Полосковые линии передачи/Е.И. Нефёдов, А.Т. Фиалковский. – М.: Наука, 1980. – 312 с.
 5. Dudarev N.V. The influence of Design Features on the Electrical Characteristics of the Microwave Volumetric Strip-Slot Line Transition/ N.V. Dudarev, S.N. Darovskikh, N.V. Vdovina// Proceedings of the 2018 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2018 8525041. – 2018. – С.428 – 431.
 6. Dudarev N.V. Volumetric-modular technology for building high-frequency diagramming devices/ N.V. Dudarev, S.N. Darovskikh// Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2018 – Proceeding. – 2018. – С. 1 – 4.
-