

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 535.39

DOI: 10.17223/00213411/68/9/8

Коэффициенты связи дисковых диэлектрических резонаторов и полосно-пропускающий фильтр С-диапазона на их основе*

Б.А. Беляев^{1,2}, А.М. Сержантов^{1,2}, Я.Ф. Бальва³, Ан.А. Лексиков³,
И.В. Говорун^{1,3}, Д.Р. Савин², Т.Ю. Шумилов³

¹ Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск, Россия,

² Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия,

³ Институт физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

Исследованы коэффициенты связи дисковых диэлектрических резонаторов, взаимодействующих через двухпроводниковый полосковый резонатор, расположенный в прямоугольной диафрагме металлического корпуса. Показано, что емкостное взаимодействие резонаторов меняется на индуктивное при собственной частоте полоскового резонатора ниже частот диэлектрических резонаторов. Обнаруженная особенность позволяет создавать миниатюрные многорезонаторные полосно-пропускающие фильтры с дополнительными емкостными и индуктивными связями, которые обладают не только высокой избирательностью, но и малой неравномерностью группового времени запаздывания в полосе пропускания. С использованием электродинамического анализа 3D-модели синтезирован миниатюрный фильтр 12 порядка с центральной частотой полосы пропускания $f_0 = 3.925$ ГГц и ее шириной 45 МГц по уровню 1 дБ от уровня минимальных потерь. В разработанном фильтре двухпроводниковый полосковый резонатор использован не только для реализации разных по знаку дополнительных связей между дисковыми резонаторами, но и для связи питающих линий на входе и выходе, что улучшает технологичность изготовления и повышает механическую прочность устройства. Характеристики фильтра подтверждают перспективность предложенной конструкции в создании миниатюрных частотно-селективных устройств систем космической связи.

Ключевые слова: диэлектрический резонатор, коэффициенты связи, полосно-пропускающий фильтр, дополнительная индуктивная и емкостная связь.

Введение

Уменьшение размеров и массы радиоаппаратуры, как известно, является особенно важной задачей при создании спутниковых систем связи. Значительную часть в общем объеме и массе радиоэлектронных устройств космических аппаратов занимают частотно-селективные устройства. Среди таких устройств выделяются многоканальные входные и выходные мультиплексоры, осуществляющие функцию частотного разделения (при приеме) и суммирования (при передаче) нескольких частотных каналов. В основе многоканальных мультиплексоров лежат высокоизбирательные фильтры с узкими полосами пропускания и высокой крутизной склонов амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) [1, 2]. В Ку-диапазоне для построения таких фильтров используют резонаторы на отрезках полых волноводов прямоугольного [3] или круглого сечения [4], которые на частотах выше 10 ГГц имеют сравнительно небольшие габариты при собственной добротности, достигающей величины $Q_0 = 7 \cdot 10^3$ для моды H_{10} [5] и $Q_0 = 2 \cdot 10^4$ для моды H_{11} [6]. Однако в С-диапазоне (3.4–8.0 ГГц) такие резонаторы имеют слишком большие размеры, поэтому не подходят для создания бортовых частотно-селективных устройств с удовлетворительными массогабаритными характеристиками. Для решения данной проблемы можно использовать резонаторы на основе отрезков коаксиальной линии передачи [1], однако они имеют сравнительно невысокие собственные добротности, поэтому часто не обеспечивают выполнение требований к крутизне склонов АЧХ в случае узких полос пропускания фильтров. Недостатком упомянутых выше волноводных конструкций фильтров, в связи с высокими требованиями к температурной стабильности их электрических характеристик, является необходимость изготовления полых металлических резонаторов из материала с малым температурным коэффициентом линейного расширения, напри-

* Работа выполнена в рамках целевого финансирования (гранта) № 308 от 18.12.24 г. между ФИЦ КНЦ СО РАН, Краевым фондом науки и АО «РЕШЕТНЁВ».