

# ФИЛЬТР НА ОСНОВЕ КАСКАДИРОВАННЫХ ДВУХЗВЕННЫХ СЕКЦИЙ, ОБРАЗОВАННЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫМИ РЕЗОНАТОРАМИ СО ШЛЕЙФАМИ

Александровский А.А., Беляев Б.А., Лексиков А.А.

Институт Физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Академгородок, Красноярск - 660036, Россия  
тел.: 3912-494591, e-mail: belyaev@iph.krasn.ru

**Аннотация** – исследованы двухзвенные микрополосковые секции на основе резонаторов с режектурирующими шлейфами. Фильтр, полученный каскадным соединением таких секций, имеет повышенную селективность.

## I. Введение

Микрополосковые фильтры (МПФ), значительно превосходя по массо-габаритным параметрам фильтры на других типах резонаторов, уступают последним по своим электрическим характеристикам. Связано это, как хорошо известно, с более низкой собственной добротностью микрополосковых резонаторов по сравнению с другими типами электродинамических резонаторов. Это обстоятельство не позволяет повышать селективность МПФ простым увеличением числа звеньев в нем, так как при этом уровень потерь в полосе пропускания может превысить допустимый. Поэтому актуальным является поиск альтернативных подходов к повышению селективности МПФ.

В настоящей работе описываются двухзвенные микрополосковые секции, состоящие из резонаторов с режектурирующими шлейфами, и фильтр, полученный их каскадным соединением. Как оказалось, крутизна склонов амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) такого фильтра существенно выше, чем у обычного четырехзвенного МПФ.

## II. Основная часть

Топология проводников двухзвенной микрополосковой секции фильтра показана на рис. 1. Она состоит из полуволновых микрополосковых резонаторов (МПР), имеющих форму шпильки, внутри которых в центральной части подключены режектурирующие шлейфы. Соответствующей настройкой частот режекции (т.е. выбором параметров шлейфов), можно существенно увеличить крутизну склона АЧХ, а, следовательно, и селективность фильтра.

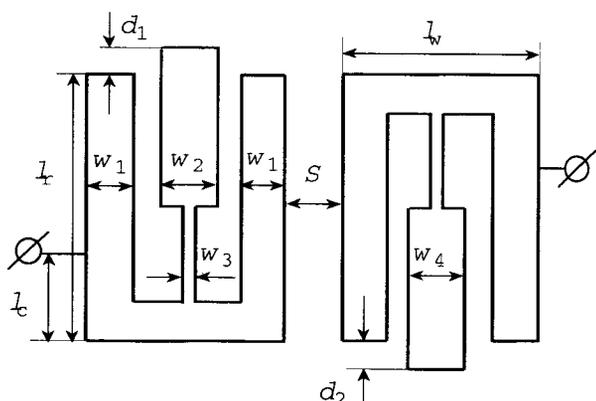


Рис. 1. Топология проводников двухзвенной микрополосковой секции

Fig. 1. Conductors pattern of two-resonator microstrip section.

На рис. 2 приведены АЧХ двухзвенных секций с увеличенной крутизной низкочастотного и высокочастотного склонов соответственно. Точками показаны экспериментальные данные, сплошной линией – рассчитанные на одномерных моделях, состоящих из последовательно соединенных отрезков одиночных и связанных линий, параметры которых рассчитывались в квазистатическом приближении [1]. Обе секции выполнены на подложках из ТБНС ( $\epsilon=80$ ) толщиной 1 мм. Конструктивные параметры в соответствии с обозначениями на рис.1 были следующими. Для первой секции:  $l_1=8.5$  мм,  $l_w=7.5$  мм,  $W_1=2$  мм,  $W_2=2.4$  мм,  $W_3=0.6$  мм,  $W_4=2.35$  мм,  $S=0.64$  мм,  $d_1=1.5$  мм,  $d_2=1.5$  мм,  $l_c=5.75$  мм. Для второй секции:  $l_1=9$  мм,  $l_w=7.1$  мм,  $W_1=2$  мм,  $W_2=2.02$  мм,  $W_3=0.6$  мм,  $W_4=2.02$  мм,  $S=0.71$  мм,  $d_1=0.3$  мм,  $d_2=0$  мм,  $l_c=5.65$  мм. Видно, что имеется хорошее согласие теории и эксперимента, что позволяет интегрировать такие конструкции в системы автоматического проектирования [2].

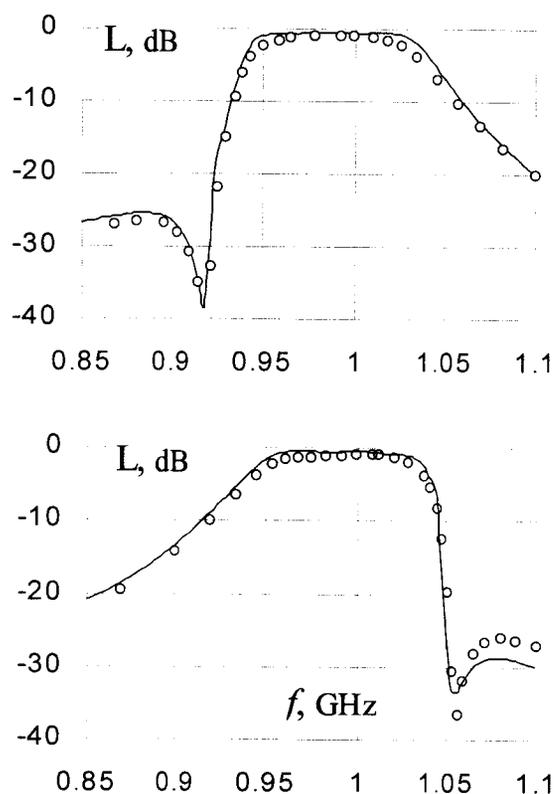


Рис. 2. АЧХ двухзвенных микрополосковых секций с увеличенной крутизной низкочастотного (верхний график) и высокочастотного (нижний график) склонов.

Fig. 2. Frequency response of two-resonator microstrip sections with increased steepness of low-frequency (top) and high-frequency (down) slopes.

# FILTER BASED ON CASCADED TWO-POLE SECTIONS FORMED BY MICROSTRIP RESONATORS WITH STUBS

A.A. Aleksandrovsky, B.A. Belyaev, A.A. Leksikov,  
*Institute of Physics,  
 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia  
 E-mail: belyaev@iph.krasn.ru*

**Abstract** - two-pole micro-strip sections based on resonators with rejecting stubs are investigated. Filter obtained using cascade connection of such sections has an increased selectivity.

## I. Introduction

In the present work we describe two-pole micro-strip sections consisting of resonators with rejecting stubs, and filter obtained using their cascade connection. The slope steepness of the frequency response (FS) in such filter appeared to be much higher, than in usual four-pole MSF.

## II. Main part

The topology of conductors of two-pole micro-strip section is shown in Fig. 1. It consists of half-wave micro-strip resonators (MSR), having the hairpin form, inside which rejecting stubs are connected to a central part. By appropriate set-up of rejection frequencies (i.e. choice of stub parameters), it is possible to increase essentially a steepness of FR slope, and, therefore, selectivity of a filter.

In Fig. 2 FS of two-pole sections with an increased steepness of low frequency and high-frequency slopes accordingly are represented. The points show experimental data, the solid line is calculated using one-dimensional model consisting of sequentially connected segments of single and coupled lines, whose parameters were calculated in quasi-static approximation [1]. Both sections are made on substrates of TBNS ceramics ( $\epsilon = 80$ ) of 1 mm thickness. The design data in correspondence with the designations in Fig.1 were the following. For the first section:  $l_1 = 8.5$  mm,  $l_w = 7.5$  mm,  $W_1 = 2$  mm,  $W_2 = 2.4$  mm,  $W_3 = 0.6$  mm,  $W_4 = 2.35$  mm,  $S = 0.64$  mm,  $d_1 = 1.5$  mm,  $d_2 = 1.5$  mm,  $l_c = 5.75$  mm. For the second section:  $l_1 = 9$  mm,  $l_w = 7.1$  mm,  $W_1 = 2$  mm,  $W_2 = 2.02$  mm,  $W_3 = 0.6$  mm,  $W_4 = 2.02$  mm,  $S = 0.71$  mm,  $d_1 = 0.3$  mm,  $d_2 = 0$  mm,  $l_c = 5.65$  mm. It is obvious that there is a good agreement between the theory and experiment, that allows to integrate such constructions in systems of computer aided design [2].

In Fig.3 the dashed line indicates the FR of a filter obtained using cascade connection of above described two-pole sections. The cascade connection of the sections was realized using reactive link made of the plane condenser, 0.7 pF capacity, and wire segment, 5-mm length and 0.3 mm diameter. The condenser was soldered directly to a resonator of the first section by one of its faces, and through the above-mentioned wire it was connected to a resonator of the second section by the second face. A metal shield divided the sections in order to weaken electromagnetic interaction between them. For a comparison the solid line on the same figure indicates the calculated FR for a usual four-pole filter based on hairpin resonators. It is obvious that the steepness of FR slopes, and consequently the selectivity, of the researched filter is much higher. Evaluations have shown that for achieving of similar selectivity in MSF without stubs it is necessary to use not less than eight resonators, but the losses in a pass-band will increase that way as a minimum twice.

Also such two-pole constructions with rejecting stubs in which rejection was on both slopes of FR were investigated. For them the good agreement of the theory and experiment was obtained too. It is necessary to note that similar results were obtained using polycor as a material for substrates.

## III. Conclusion

The micro-strip section formed by two resonators with rejecting stubs, increasing the steepness of FR slopes, was investigated. It is shown that the filter obtained by a cascade connecting of two mentioned sections, has selectivity considerably higher than that for usual micro-strip four-pole filter.

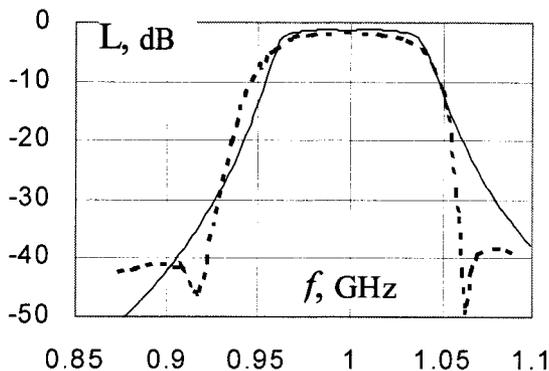


Рис. 3. АЧХ фильтра, полученного каскадным соединением двухзвенных микрополосковых секций, штрихованная линия. Сплошная линия – АЧХ обычного четырехзвенного фильтра.

Fig. 3. Frequency response of filter obtained by cascade connection of two-resonator sections, dashed line. Solid line is frequency response of usual four-resonator filter.

На рис.3 штрихованной линией приведена АЧХ фильтра, полученного каскадным соединением вышеописанных двухзвенных секций. Каскадное соединение секций осуществлялось с помощью реактивной связи, образованной плоским конденсатором, емкостью 0.7 пФ и отрезком проводника длиной 5 мм и диаметром 0.3 мм. Конденсатор одной обкладкой припаивался непосредственно к резонатору одной секции, а второй обкладкой через вышеупомянутый проводник соединялся с резонатором второй секции. При этом секции были разделены металлическим экраном для ослабления электромагнитного взаимодействия между ними. Для сравнения сплошной линией на этом же рисунке приведена расчетная АЧХ обычного четырехзвенного фильтра на шпильковых резонаторах. Хорошо видно, что крутизна склонов АЧХ, а следовательно и селективность, у исследуемого фильтра существенно выше. Как показывают оценки, для того, чтобы достичь подобной селективности у МПФ без шлейфов, необходимо использовать не менее восьми резонаторов, при этом потери в полосе пропускания возрастут минимум в два раза.

Исследовались и такие двухзвенные конструкции на резонаторах со шлейфами, у которых режекция осуществлялась на обоих склонах АЧХ. Для них тоже получено хорошее согласие теории и эксперимента.

Следует отметить, что подобные же результаты получены и с использованием поликора в качестве материала для подложек.

## III. Заключение

Исследована микрополосковая секция, образованная двумя резонаторами с режектирующими шлейфами, повышающими крутизну склонов АЧХ секции. Показано, что фильтр, полученный каскадным соединением двух упомянутых секций, имеет селективность значительно большую, чем обычный микрополосковый четырехзвенный фильтр.

## IV. Список литературы

- [1] В.В. Тюрнев. Квазистатическая теория связанных микрополосковых линий. Препринт №557Ф, Институт физики, Красноярск, 1989, 19 с.
- [2] Б.А. Беляев, М.И. Никитина, В.В. Тюрнев // ЭТ, СВЧ-Техника, вып.1 (473), 1999, с. 45-49.