

ФИЛЬТР НА МИКРОПОЛОСКОВЫХ РЕЗОНАТОРАХ С МЕЖКОНЦЕВОЙ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ЕМКОСТЬЮ

Владимиров В. М., Винк А. В., Шепов В. Н.
 НПФ «Электрон»
 Академгородок-50, Красноярск, 660036, Россия
 тел.: (3912) 494494, e-mail: kulinich@ksc.krasn.ru

Аннотация – Исследовано влияние сосредоточенной емкости, подключенной между противоположными концами микрополоскового резонатора (МПР) на частоту полюса затухания (ПЗ), ближайшего к резонансной частоте основной моды колебаний МПР. Показано, что на амплитудно-частотной характеристике двухзвенных микрополосковых фильтров (МПФ), состоящих из таких резонаторов, возможно управлять частотой ближайшего к полюсу пропускания МПФ высокочастотного ПЗ при неизменной центральной частоте и ширине полосы пропускания МПФ.

I. Введение

Применение сосредоточенных емкостей в конструкциях микрополосковых резонаторов позволяет значительно понизить резонансную частоту МПР без увеличения длины полоскового проводника резонатора и диэлектрической проницаемости подложки. В случае полуволновых МПР сосредоточенная емкость (C_x) подключается, как правило, между противоположными концами полоскового проводника, который выполняется в виде шпильки. Величина C_x выбирается исходя из соотношений электрической и геометрической длин МПР, и диктуется требованиями к габаритным размерам фильтра. При этом частоты ближайших полюсов затухания часто удалены от полосы пропускания МПФ и практически не влияют на прямоугольность его амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Однако, как показали предварительные исследования таких резонаторов применительно к измерению диэлектрической проницаемости [1], при определенных значениях C_x к резонансной частоте основной моды колебаний (ОМК) МПР возможно приблизить частоты ПЗ. Исследование поведения частот ПЗ, ближайших к ОКМ важно, так как при разработке гибридных фильтров, содержащих МПР с сосредоточенными емкостями, появляется возможность регулировать крутизну склонов АЧХ МПФ за счет изменения C_x .

В настоящей работе исследуется влияние подключения к противоположным концам МПР сосредоточенной емкости на резонансную частоту ОКМ и частоту ближайшего к ОКМ высокочастотного ПЗ. Рассматривается влияние изменения C_x на частоту ПЗ на примере двухзвенного МПФ.

II. Основная часть

На рис. 1. приведена конструкция полуволнового МПР. В качестве диэлектрической подложки использована керамика поликор ($\epsilon = 9.6$) толщиной (h) = 1mm (1). Нижняя сторона подложки металлизирована и является экраном. На верхней стороне подложки расположены полосковые проводники, которые рассчитывались как отрезки связанной (2) и одиночной (5) микрополосковой линии передачи. Сосредоточенная емкость C_x (3) подключалась к противоположным концам полоскового проводника. Связь МПР с внешними линиями передачи регулировалась величиной емкости связи (C_c) (4).

Нерегулярность обеспечивалась изменением ширины полоскового проводника в средней его части и

составляла одну треть от общей его длины. Влияние скачка ширины полоскового проводника на резонансные частоты такого МПР в отсутствие C_x исследовано в [2, 3]. Данные же о поведении ПЗ отсутствуют.

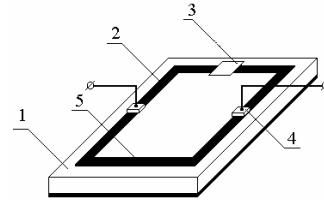


Рис. 1. Конструкция МПР

Fig. 1. MSR structure

На рис. 2а приведена зависимость $(F_P - F_0)/F_0$, а на рис. 2б зависимости F_0 и F_P (светлая и темная поверхности соответственно) от l/L и от относительной ширины среднего участка полоскового проводника МПР (w_1/w) в отсутствие C_x , где L – длина всего полоскового проводника резонатора, l – расстояние от края полоскового проводника до точки подключения внешних линий передачи с волновым сопротивлением 50 Ом, F_0 – резонансная частота ОКМ МПР, F_P – частота ПЗ, ближайшего к ОКМ, w_1 – ширина среднего участка полоскового проводника МПР, а w – ширина его крайних участков.

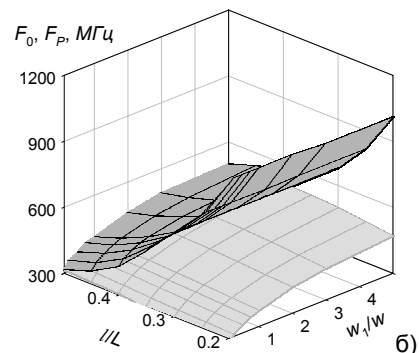
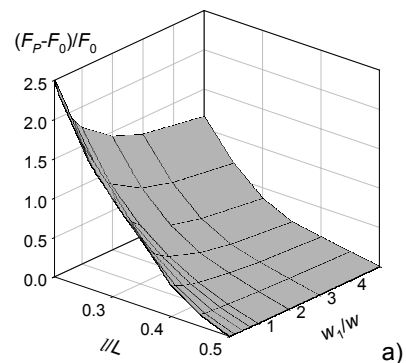


Рис. 2.

Fig. 2.

Из рис. 2а видно, что при $C_x = 0$ при увеличении отношения l/L на АЧХ МПР частотный интервал между резонансной частотой ОМК и частотой ближайшего ПЗ сокращается. При этом, как видно из рис.2б, отношение l/L влияет главным образом на частоту ПЗ, которая всегда выше резонансной частоты ОМК. Влияние же l/L на частоту ОМК выражено слабее. Это обусловлено тем, что при увеличении l/L на резонансную частоту ОМК влияет лишь уменьшение связи МПР с внешними линиями передачи. Частота же ближайшего к ОМК ПЗ, обусловленная проявлением моды колебаний четвертьволнового отрезка МПР (от конца полоскового проводника до точки подключения к МПР внешних линий передачи) понижается гораздо сильнее из-за увеличения длины резонирующего отрезка МПР.

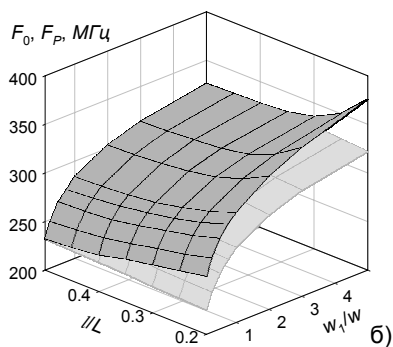
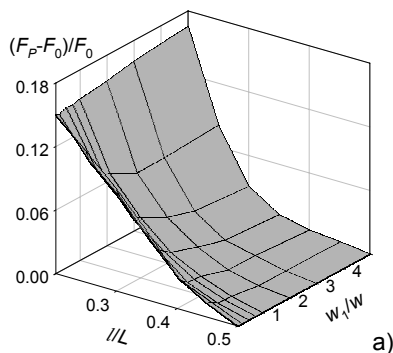


Рис. 3.

Fig. 3.

На рис. 3а и 3б приведены те же зависимости, что и на рис.2а и 2б соответственно, но при $C_x = 10$ пФ. Видно, что характер зависимости $(F_p - F_0)/F_0$ от l/L в сравнении с рис. 2а сохранился. Однако в отличие от рис. 2а (при $C_x = 0$) в данном случае разность частот между резонансной частотой ОМК и частотой ПЗ значительно сократилась при одних и тех же отношениях l/L и стала менее существенной в зависимости от w_1/w . Этот факт позволяет предположить, что в микрополосковых фильтрах при подключении к МПР межконцевой емкости C_x поведение ближайшего к полосе пропускания МПФ высокочастотного ПЗ будет значительно зависеть от C_x .

На рис. 4 приведены АЧХ двухзвенного МПФ на противоположно направленных (показано на вставке к рис. 4) шпильковых резонаторах с $C_x = 5$ пФ – (1), $C_x = 10$ пФ – (2) и $C_x = 15$ пФ – (3). На вставке показаны прямые и обратные потери в полосе пропускания. Максимальный уровень обратных потерь (-14дБ) одинаков для всех трех фильтров. Относительная ширина полосы пропускания по уровню 3дБ (3%) при неизменном зазоре между МПР практически не зависит от C_x в указанном диапазоне изменений C_x .

Из рис. 4 видно, что частота высокочастотного ПЗ (в отличие от низкочастотного) действительно сильно зависит от C_x . Варьируя C_x возможно изменить частоту ПЗ при неизменной центральной частоте и ширине полосы пропускания МПФ. Увеличение C_x приводит к отодвиганию частоты высокочастотного ПЗ от полосы пропускания МПФ.

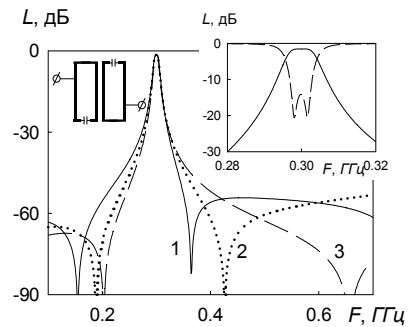


Рис. 4. АЧХ МПФ.

Fig. 4. MSF frequency responses

III. Заключение

Таким образом, в настоящей работе проведены исследования влияния подключения к противоположным концам нерегулярного полоскового проводника МПР сосредоточенной емкости на резонансную частоту ОМК и частоту ПЗ, ближайшего к ОМК. Показано, что при проектировании гибридных фильтров, содержащих полуволновые МПР, к противоположным концам которых подключены сосредоточенные емкости, возможно формировать полюса затухания на необходимых частотах при неизменной центральной частоте и ширине полосы пропускания фильтра. Это позволяет обеспечивать на нужных частотах повышенное затухание, а также регулировать крутизну склонов АЧХ МПФ.

IV. Список литературы

- [1] Шепов В. Н., Лобырин П. В. Применение микрополосковых резонаторов для измерения малых значений диэлектрической проницаемости в дециметровом диапазоне длин волн - В кн. 14-я Международная Крымская конференция "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии". Севастополь: Вебер, 2004, с. 675-677. ISBN 966-7968-69-3. IEEE Catalog Number: 04EX843.
- [2] Makimoto M., Yamashita S. // IEEE Trans. 1980. V. MTT-28. № 12. P. 1413.
- [3] Закин В. А., Режинский В. А. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1984. Вып. 9 (369). С. 14-17.

FILTER BASED ON MICROSTRIP RESONATORS WITH LUMPED CAPACITANCE BETWEEN ENDS

Vladimirov V. M., Vink A. V., Shepov V. N.
Krasnoyarsk scientific center of RAS Siberian Branch
Krasnoyarsk, 660036, Russia
e-mail: kulinich@ksc.krasn.ru

Abstract – The influence of lumped capacitance connected between opposite ends of microstrip resonator strip conductor on frequency of transmission zero near to resonator natural frequency is investigated. It is shown that the design of hybrid filter based on such resonator allows to form transmission zeroes at required frequencies. The filter central frequency and fractional bandwidth is invariable. It allows to provide highest dumping at fixed frequencies and control slopes steepness of filter frequency response.