

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ФИЛЬТР

Беляев Б.А., Лексиков А.А., Сержантов А.М.

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

Аннотация - Исследованы конструкции широкополосных микрополосковых фильтров на четвертьволновых нерегулярных резонаторах. Показана возможность реализации миниатюрных устройств с шириной относительной полосы пропускания до 100%, обладающих высокими селективными свойствами.

I. Введение

Основными устройствами в каналах приема и обработки широкополосных сигналов являются полосно-пропускающие фильтры. Традиционно широкополосные фильтры конструируют с использованием фильтров верхних и нижних частот, однако в большинстве случаев такой подход оказывается сложным и дорогостоящим. Решить существующую проблему удастся на оригинальных микрополосковых конструкциях, в которых полоса пропускания формируется резонансами нескольких мод колебаний нерегулярных структур. Такие широкополосные фильтры обладают высокими селективными свойствами, технологичны в производстве, а главное миниатюрны даже на стыке метрового и дециметрового диапазонов длин волн.

II. Основная часть

Как известно, собственными частотами нерегулярных микрополосковых резонаторов (МПР) легко управлять, выбирая соотношение электрических длин и величину скачка волнового сопротивления образующих их регулярных участков [1, 2]. Возможность сближения собственных частот первых двух, трех и даже четырех мод колебаний в полуволновом МПР позволяет на одном резонаторе сконструировать фильтр с относительной шириной полосы пропускания до 100% [2]. Однако уровень затухания СВЧ мощности в полосах заграждения такого фильтра сравнительно низкий и не превышает -15 дБ.

Предлагаемые конструкции фильтров состоят из двух нерегулярных четвертьволновых резонаторов, топология проводников которых показана на рис.1.

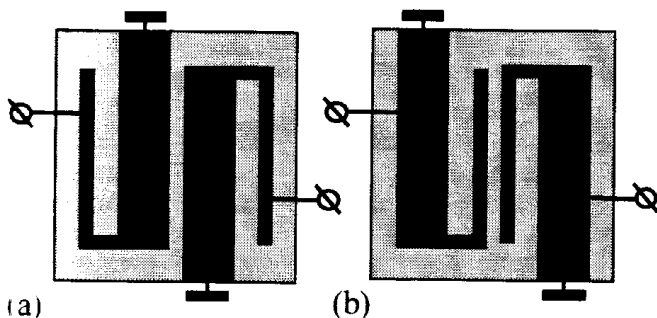


Рис.1. Конструкции широкополосного фильтра.
Fig. 1. Designs of broadband filter.

Здесь также, благодаря скачкам ширины полоскового проводника, удастся сблизить резонансные частоты первых двух мод колебаний [3]. Конструкции отличаются лишь типом связи между МПР в полосе пропускания. В фильтре (а) преимущественно индуктивная связь, а в фильтре (б) – емкостная.

Для расчета характеристик предложенного фильтра использовалась одномерная модель, составленная из последовательно соединенных отрезков одиночных и связанных микрополосковых линий, параметры которых вычислялись в квазистатистическом приближении. Правомочность такого подхода доказывает хорошее совпадение рассчитанной и измеренной амплитудно-частотной характеристики $L(f)$ (рис.2). Данный фильтр был изготовлен на подложке из керамики ТБНС с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=80$, имеющей габариты 24×8 мм² и толщину 2мм. Центральная частота полосы пропускания фильтра $f_0=485$ МГц, а ее относительная ширина, измеренная по уровню -3 дБ, $\Delta f_3/f_0=70\%$. Приведенные АЧХ соответствуют конструкции фильтра рис.1а.

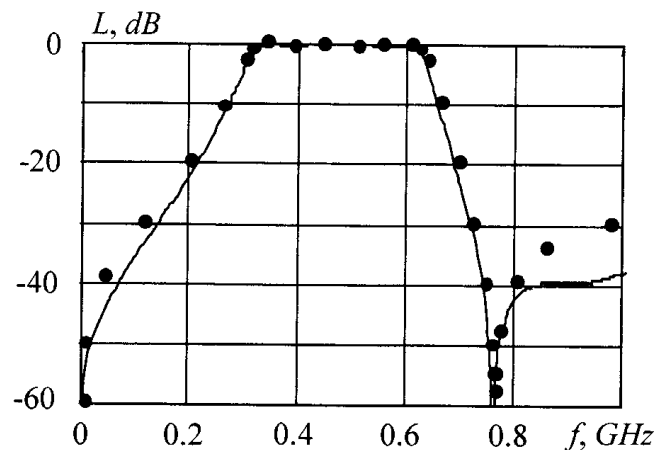


Рис. 2. АЧХ широкополосного фильтра. Сплошная линия – расчет, точки – эксперимент.
Fig. 2. Frequency response of broadband filter. Solid line is calculation, dots are experiment.

Предлагаемая конструкция фильтра, несмотря на свою простоту, отличается высокими частотно-селективными свойствами. Во-первых, значительным затуханием мощности в полосах заграждения, которое обусловлено замыканием проводников резонаторов на экран. А во-вторых, сравнительно большой крутизной склонов АЧХ, так как в ее формировании участвуют четыре резонанса – по два от каждого МПР.

Габариты подложки многозвенного фильтра с аналогичными характеристиками, изготовленного на регулярных четвертьволновых резонаторах с кондуктивными связями [4], по крайней мере, в 4 раза больше. Следует также отметить, что использование двухмодовых резонаторов в предложенной конструкции фильтра существенно уменьшает уровень минимальных потерь СВЧ мощности в его полосе пропускания. В частности для исследованного устройства этот уровень составляет величину всего лишь -0.2 дБ.

Известно, что широкополосные фильтры сигналов должны иметь минимальную неравномерность группового времени запаздывания (ГВЗ) в полосе пропускания. На рис.3 приведены рассчитанные АЧХ

конструкций (рис.1.а и б) с центральной частотой полосы пропускания 500 МГц и относительной шириной полосы пропускания 80%, а также соответствующие им частотные зависимости ГВЗ. Отличительной особенностью фильтров является разное поведение ГВЗ в полосе пропускания, что позволяет использовать их в некоторых случаях в качестве корректоров ГВЗ. Кроме того, при каскадном соединении двух конструкций можно существенно уменьшить общую неравномерность ГВЗ.

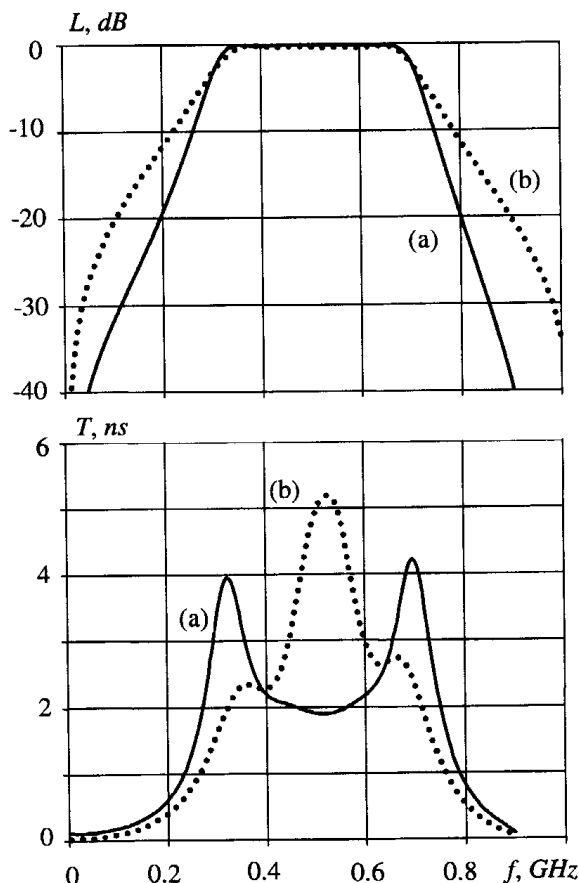


Рис. 3. АЧХ и ГВЗ широкополосных фильтров, соответствующим конструкциям на рис. 1 а и б.

Fig. 3. FR and GDT of broadband filter corresponding to the designs from Fig. 1 a and b.

III. Заключение

Представленные конструкции микрополосковых фильтров на двухмодовых резонаторах позволяют получать относительные полосы пропускания устройств до 100%, при этом отличаются миниатюрностью и высокими электрическими характеристиками. Учитывая, что разработанные устройства имеют достаточно малые потери в полосе пропускания, они с успехом могут использоваться не только как фильтры промежуточной частоты в схемах обработки сигналов, но и в качестве антенных фильтров.

IV. Список литературы

- [1] Беляев Б.А., Тюрнев В.В., Шихов Ю.Г. // ЭТ, СВЧ-Техника, вып. 2 (470), 1997, с. 20-24.
- [2] Беляев Б.А., Шихов Ю.Г., Сергиенко П.Н. "Спектр собственных колебаний нерегулярного микрополоскового резонатора". – Труды 4 международной конференции "Актуальные проблемы электронного приборостроения", Новосибирск, 1998, Т. 2, с.105-106.
- [3] Беляев Б.А., Рачко Л.Т., Сержантов А.М., Патент РФ по заявке № 98119132.
- [4] Беляев Б.А., Лексиков А.А., Шепов В.Н., Шихов Ю.Г. Патент России № 2148286, БИ № 12, 2000 г.

BROADBAND MICROSTRIP FILTER

B.A. Belyaev, A.A. Leksikov, A.M. Serzhantov,
Kirensky Institute of Physics,
Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia
E-mail: belyaev@post.krascience.rssi.ru

Abstract - The broadband microstrip filters based on quarter wave irregular resonators were investigated. The possibility of realization of miniature devices with fractional bandwidth up to 100 % and with high selective properties was shown.

I. Introduction

The main devices in channels of receiving and processing broadband signals are band-pass filters. Traditionally broadband filters are designed with use of low-pass and high-pass filters, but in many cases such approach is complicate and expensive. It is possible to overcome an existing problem by means of the original microstrip designs are used, where the pass-band is formed by resonances of several oscillation modes in irregular structures. Such broadband filters have high selective properties, are easy in production and, above all, are miniature even at the joint of meter and decimeter ranges of wavelengths.

II. Main part

The offered designs of filters consist of two irregular quarter-wave resonators, whose conductor pattern is shown in Fig.1. Due to jumps of strip conductor width it is possible to bring together resonance frequencies of two lowest oscillation modes [3]. The designs differ only by coupling type between microstrip resonators in pass-bands. In the filter (a) it is mainly inductive coupling, and in the filter (b) it is capacitive one.

For calculation frequency responses of the offered filter the one-dimensional model composed of consecutively connected single and coupled microstrip lines was used, whose parameters were calculated in the quasi-static approximation. The legitimacy of such approach is proved by good agreement of the calculated and the measured frequency responses (FR) $L(f)$ (Fig.2). The given filter was made on the substrate of ceramics with dielectric constant $\epsilon = 80$, dimensions $24 \times 8 \text{ mm}^2$ and thickness 2mm. The center frequency of the filter pass-band is $f_0 = 485 \text{ MHz}$, and its fractional bandwidth measured at the level -3 dB is $\Delta f_3/f_0 = 70\%$. The represented frequency responses correspond to design of the filter in Fig.1a. The offered filter design, in spite of the simplicity, distinguished by its high frequency-selective properties. First of all, by significant attenuation in stop-bands, which is caused by shorting the resonators to the shield. And secondly, by a rather large steepness of filter skirt, since it is formed by four resonances, two of them from each microstrip resonator. It is necessary to note that the use of two-mode resonators in the offered filter design essentially reduces level of minimum losses in a pass-band. In particular for the investigated construction this level is only -0.2 dB.

It is known that broadband filters should have minimum of group delay time irregularity in a pass-band. In Fig.3 the frequency responses calculated for designs of Fig.1a and b are represented, which have central frequency of pass-band 500 MHz and fractional bandwidth 80%, and also there are plotted the group delay time (GDT) frequency responses corresponded to them. A distinctive feature of the filters is various behaviour of GDT in the pass-band that allows using them in some cases as the GDT corrector. Besides, in the case of cascade connection of the two designs it is possible essentially reduce total GDT irregularity.

III. Conclusion

Represented designs of microstrip filters based on two-mode resonators allow to obtain fractional bandwidth of devices up to 100 %, besides they distinguish by diminutiveness and high electrical performances. Taking into account that the developed devices have rather small losses in a pass-band, they can be used not only as filters of intermediate frequencies in circuits of signals processing, but also as antenna filters.