

MICROSTRIP FILTERS BASED ON 2-D PHOTONIC CRYSTAL

Belyaev B. A.***, Khodenkov S. A.**, Borisenkov D. V.***, Butikov A. S**.

*Institute of Physics, 50/38, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia
Ph.: (391) 2494591, e-mail: belyaev@iph.krasn.ru

**Siberian State Aerospace University, 31, Krasnoyarskiy Rabochiy Ave., Krasnoyarsk, 660014, Russia

Abstract — The properties of microstrip structure with the regular resonators and based on 2-D photonic crystal with dimension 2×3 are investigated theoretically and experimentally. An opportunity to create filters with high frequency selective characteristics and based on 2-D microwave design is demonstrated.

МИКРОПОЛОСКОВЫЕ ФИЛЬТРЫ НА ОСНОВЕ ДВУХМЕРНОГО ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА

Беляев Б. А.* **, Ходенков С. А.**, Борисенков Д. В.* **, Бутиков А. С.**

*Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Академгородок, 50/38, Красноярск, 660036, Россия
тел.: (391) 2494591, e-mail: belyaev@iph.krasn.ru

**Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева,
проспект им. газеты «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660014, Россия

Аннотация — Теоретически и экспериментально изучены свойства микрополосковой структуры с регулярными резонаторами на основе двухмерного фотонного кристалла размерностью 2×3 . Показаны возможности создания на двухмерных СВЧ конструкциях фильтров с высокими частотно-селективными характеристиками.

I. Введение

Искусственные периодические структуры, так называемые фотонные кристаллы (ФК), размеры неоднородностей в которых сравнимы с длиной электромагнитной волны, привлекают внимания разработчиков СВЧ устройств [1]. Устройства на одномерных [2] и двухмерных (2D) ФК [3] уже известны и являются перспективными [4], поэтому широко изучаются. В работе рассмотрены возможности создания полосно-пропускающего и двухполосного фильтров на основе 2-D фотонного кристалла.

II. Основная часть

Рассмотрим периодические по двум координатам структуры, состоящие из регулярных протяженных микрополосковых резонаторов, расположенных на подложке толщиной $h = 1$ мм с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 80$, размерностью 2×3 (рис. 1,2). Микрополосковая конструкция, представленная на рис. 1 является аналогом 2D фотонного кристалла с шестью ячейками одинаковой длины и различной ширины, при этом ортогональное падение электромагнитных волн на кристалл моделируется подключением 50-Ω тракта СВЧ по центру входного (1) и выходного (6) проводников, электромагнитно связанных по всей длине с внутренними проводниками первого (2, 3) и второго (4, 5) рядов конструкции.

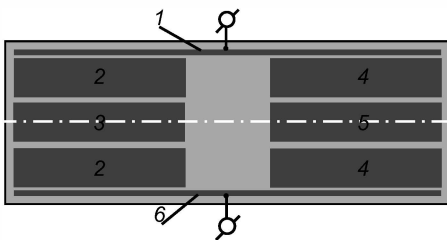


Рис. 1. Топология проводников полосно-пропускающего фильтра на основе 2-D фотонного кристалла.

Fig. 1. Topology of the band-pass filter based on a 2D photonic crystal

При определенных размерах полосковых проводников и зазорах между ними конструкция представляет собой полосно-пропускающий фильтр с высокими частотно-селективными свойствами (рис. 2). В нем в формировании рабочей полосы пропускания с относительной шириной $\Delta f/f_0 = 20\%$ участвуют пять резонансов от внутренних резонаторов. Стоит также отметить, что электромагнитная связь между резонаторами в рядах должна быть значительно сильнее, чем с резонаторами соседнего ряда.

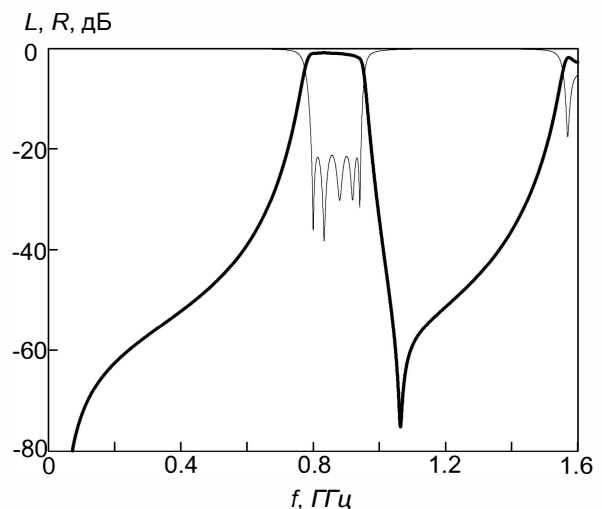


Рис. 2. Теоретическая АЧХ полосно-пропускающего фильтра на основе 2-D фотонного кристалла.

Fig. 2. Theoretical amplitude-frequency characteristic of the band-pass filter based on 2D photonic crystal

Для формирования полосы пропускания шестью резонансами необходимо сместить точку кондуктивного подключения и укоротить длины входных и выходных проводников (1, 6), а для наблюдения на АЧХ двух близких по частотам полос пропускания дополнительно необходимо, чтобы резонаторы в рядах отличались еще и по длине друг от друга (рис. 3).

При этом полосковые проводники первого ряда (2, 3) формируют первую (рис. 4) рабочую низкочастотную полосу пропускания ($\Delta f/f_0=7,0\%$) тремя резонансами, проводники второго ряда (4, 5), аналогично, – вторую рабочую высокочастотную полосу пропускания ($\Delta f/f_0=6,6\%$).

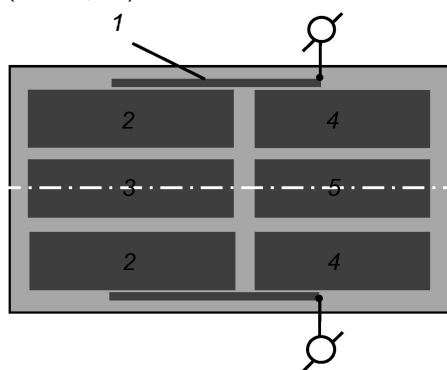


Рис. 3. Топология двухполосного фильтра на основе 2-D фотонного кристалла.

Fig. 3. Topology of the double-band filter based on a 2D photonic crystal

Раздвижка и сближение этих полос пропускания в основном осуществляется увеличением и уменьшением разницы длин проводников рядов, а изменение зазора между ними позволяет регулировать их относительную ширину.

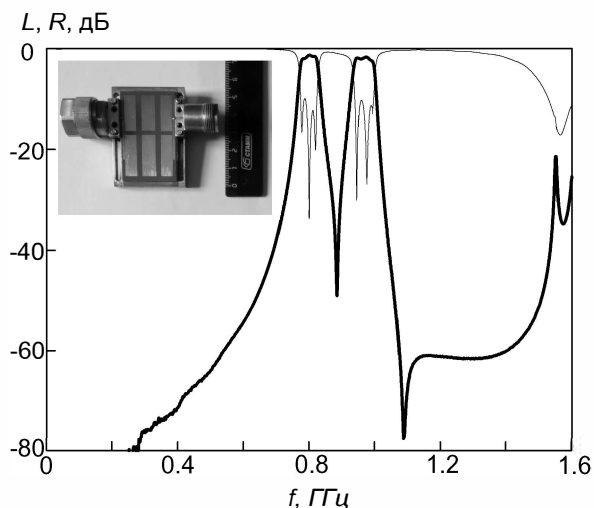


Рис. 4. Экспериментальная АЧХ двухполосного фильтра на основе 2-D фотонного кристалла и его фотография.

Fig. 4. Experimental amplitude-frequency characteristics of the double-band filter based on a 2D photonic crystal and photo

Улучшение таких селективных свойств, как прямоугольность склонов рабочих полос пропускания и увеличение подавления паразитной мощности в низкочастотной и высокочастотной полосах заграждения можно осуществить за счет увеличения числа N оптимально подобранных по размерам резонаторов в каждом ряду, при этом, число резонансов в каждой рабочей полосе пропускания также возрастает до N . Простота настройки фильтра обусловлена тем, что подстройка размеров проводников одного ряда существенно влияет на рабочую полосу пропускания, которую формирует этот ряд и незначительно ока-

зывает влияние на находящуюся рядом рабочую полосу пропускания.

Приведем рассчитанные в квазистатическом приближении конструктивные размеры проводников рассмотренной первой конструкции: площадь проводника (1) – $54,9 \times 0,3$ мм²; резонаторов (2), (4) – $21,9 \times 5,2$ мм²; резонаторов (3), (5) – $21,9 \times 4,7$ мм². Зазоры между проводниками (1 и 2), (1 и 4) – 0,4 мм; между резонаторами (2 и 3), (4 и 5) – 0,9 мм; между (2 и 4), (3 и 5) – 11,1 мм.

Размеры проводников второй, экспериментально изготовленной конструкции двухполосного фильтра: площадь проводника (1) – $22,1 \times 0,9$ мм²; резонатора (2) – $22,3 \times 6,3$ мм²; (3) – $22,4 \times 7,3$ мм²; (4) – $18,7 \times 6,3$ мм²; (5) – $18,4 \times 7,3$ мм². Зазоры между проводниками (1 и 2), (1 и 4) – 0,2 мм; между резонаторами (2 и 3), (4 и 5) – 3,0 мм; между (2 и 4) – 2,1 мм, для резонаторов (3 и 5) – 2,3 мм. Смещение, вдоль оси симметрии, проводника (1) от крайнего верхнего угла резонатора (2) – 9,1 мм.

III. Заключение

1. Показано, что на основе 2-D микрополоскового фотонного кристалла с ортогональным падением электромагнитных волн, можно реализовать полосно-пропускающий фильтр с высокими частотно-селективными свойствами. ФК состоит из двух рядов резонаторов с прямоугольными полосковыми проводниками. При этом электромагнитная связь между резонаторами в рядах должна быть значительно сильнее, чем с резонаторами соседнего ряда.

2. Для реализации двухполосного микрополоскового фильтра на основе 2-D фотонного кристалла необходимо оптимально подобрать размеры полосковых проводников всех резонаторов в пространственных рядах, а также размеры входного и выходного проводников, к которым кондуктивно подключены порты устройства. Кроме того, необходимо подобрать оптимальное смещение крайних проводников микрополосковой структуры вдоль ее оси. Это обеспечивает оптимальные связи между входными и выходными резонаторами, формирующими «низкочастотную» и «высокочастотную» полосы пропускания.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук, МК-5942.2014.8 «Исследование и проектирование современных микрополосковых и полосковых устройств частотной селекции, в том числе с использованием активных сред и на основе фотонных кристаллов»

IV. References

- [1] Shabanov V. F., Vetrov S. Ja., Shabanov A. V. *Optika real'nyh fotonnyh kristallov. Zhidkokristallicheskie defekty, neodnorodnosti*. Novosibirsk, Izd - vo SO RAN, 2005. 240 p.
- [2] Beljaev B. A., Voloshin A. S., Shabanov V. F. *Issledovanie mikropoloskovykh modelej polosno-propuskajushih fil'trov na odnomernykh fotonnykh kristallah. Doklady akademii nauk*, 2005, vol. 400. No 2, pp. 181- 185.
- [3] Basanov B. V., Vetluzhskij A. Ju. *Issledovanie volnovodov na osnove dvumernogo fotonnogo kristalla, obrazovannogo krugovymi metallicheskimii cilindrarni. Izvestija vuzov. Fizika*, 2008, vol. 51, p. 142 - 145.
- [4] Yang F. R. *A Uniplanar Compact Photonic - Bandgap (UC - PBG) Structure and Its Applications for Microwave Circuits. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 1999, vol. 47. No 8, pp. 1509 -1514.