

УДК 621.372.543

ДУПЛЕКСЕР НА СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ**А. В. ЗАХАРОВ, С. А. РОЗЕНКО, Л. С. ПИНЧУК**

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»,
Украина, Киев, 03056, пр-т Победы 37*

Аннотация. Приведено построение и осуществлено измерение характеристик малогабаритного дуплексера на симметричной полосковой линии передачи, который содержит гребенчатые фильтры пятого порядка в каналах передачи TX (2300–2370 МГц) и приема RX (2510–2580 МГц). Дуплексер выполнен на диэлектрическом материале Al_2O_3 (alumina, поликор) с высокой теплопроводностью, что позволило использовать рабочую мощность 10 Вт при малых габаритах $57 \times 11,8 \times 4$ мм. Потери в полосах пропускания TX и RX фильтров не превышали 3 дБ при затухании фильтров на частотах соседнего канала не менее 60 дБ. Показано, что выбором ширины металлизированной полоски у основания четвертьволновых резонаторов возможно изменять ширину дуплексера, добываясь требуемой величины. Используемая в конструкции цепь связи резонаторов с нагрузками позволила получить достаточно высокий уровень изоляции друг от друга каналов RX и TX дуплексера, превышающий 60 дБ. При построении дуплексера учтена конечная толщина внутренних проводников полосковой линии, составляющая 16 мкм, что привело к хорошему соответствию результатов моделирования и измерения.

Ключевые слова: дуплексер; гребенчатый фильтр; каналы приема и передачи; уровень развязки; рабочая мощность

ВВЕДЕНИЕ

Дуплексеры на основе керамических материалов являются неотъемлемой частью мобильных систем связи, в том числе и сотовой телефонии. Они осуществляют разделение сигналов в каналах приема и передачи [1, 2], где канал приема обозначают RX , а канал передачи TX . В каналах RX и TX могут использоваться фильтры верхних и нижних частот, известно также сочетание в дуплексере полосно-пропускающего и полосно-заграждающего фильтров. Наиболее часто в дуплексере объединяют два гребенчатых полосно-пропускающих фильтра. Использование гребенчатой структуры RX и TX фильтров, а также керамики с высокой диэлектрической проницаемо-

стью ϵ_r , обеспечивает дуплексерам малые габариты. Дуплексеры выпускаются в больших количествах высокотехнологичными компаниями, такими как Murata (Япония) [3], CTS Corporation (США) [4].

Известно различное конструктивное выполнение дуплексеров. Особое распространение получили дуплексеры на коаксиальных диэлектрических резонаторах [3] и в моноблочном исполнении с рядом резонансных отверстий [4, 5]. Использование микрополосковых полосно-пропускающих фильтров на подложках с высоким значением ϵ_r [6] позволило создать малогабаритные микрополосковые дуплексеры [7], размеры которых соизмеримы с размерами дуплексеров на коаксиальных диэлектрических резонаторах. Последние из из-

DOI: [10.20535/S0021347017110048](https://doi.org/10.20535/S0021347017110048)

© А. В. Захаров, С. А. Розенко, Л. С. Пинчук, 2017

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hunter, I. *Theory and design of microwave filters*. The Institution of Engineering and Technology, London, 2006. 368 p.

2. Makimoto, M.; Yamashita, S. *Microwave Resonators and Filters for Wireless Communication*. Springer Science & Business Media, 2001.

3. <http://www.murata.com>.

4. <http://www.ctscorp.com>.

5. Fukasawa, A. Analysis and composition of a new microwave filter configuration with inhomogeneous dielectric medium. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 30, No. 9, P. 1367–1375, 1982. DOI: [10.1109/TMTT.1982.1131262](https://doi.org/10.1109/TMTT.1982.1131262).

6. Захаров, А. В.; Розенко, С. А.; Захарова, Н. А. Микрополосковые полосно-пропускающие фильтры на подложках с высокой диэлектрической проницаемостью. *Радиотехника и электроника*, Т. 57, № 3, С. 372–382, 2012. URI: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17647462>.

7. Захаров, А. В.; Розенко, С. А. Дуплексер на основе микрополосковых фильтров, использующих подложки с высокой диэлектрической проницаемостью. *Радиотехника и электроника*, Т. 57, № 6, С. 713–720, 2012. URI: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17726257>.

8. Nwajana, A. O.; Yeo, K. S. K. Microwave diplexer purely based on direct synchronous and asynchronous coupling. *Radioengineering*, Vol. 25, No. 2, P. 247–252, 2016. DOI: [10.13164/re.2016.0247](https://doi.org/10.13164/re.2016.0247).

9. Ndujiuba, Charles U.; John, Samuel N.; Bello, Taofeek O. Design of duplexers for microwave communication systems using open-loop square microstrip resonators. *Int. J. Electromagnetics Applications*, No. 6(1), P. 7–12, 2016. DOI: [10.5923/j.ijea.20160601.02](https://doi.org/10.5923/j.ijea.20160601.02).

10. Lee, J.-H.; Kidera, N.; DeJean, G.; Pinel, S.; Laskar, J.; Tentzeris, M. M. A V-band front-end with 3-D integrated cavity filters/duplexers and antenna in LTCC technologies. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 54, No. 7, P. 2925–2936, 2006. DOI: [10.1109/TMTT.2006.877440](https://doi.org/10.1109/TMTT.2006.877440).

11. Захаров, А. В.; Ильченко, М. Е. Тонкие полосно-пропускающие фильтры, содержащие отрезки симметричных полосковых линий передачи. *Радиотехника и электроника*, Т. 58, № 7, С. 716–725, 2013. DOI: [10.7868/S0033849413060156](https://doi.org/10.7868/S0033849413060156).

12. Захаров, А. В. Полосковые гребенчатые фильтры на керамических материалах с высокой ди-

электрической проницаемостью. *Радиотехника и электроника*, Т. 58, № 3, С. 300–308, 2013. DOI: [10.7868/S0033849413030145](https://doi.org/10.7868/S0033849413030145).

13. Bolljahn, J. T.; Matthaei, G. L. A study of the phase and filter properties of arrays of parallel conductors between ground planes. *Proc. IRE*, Vol. 50, No. 3, P. 299–311, 1962. DOI: [10.1109/JRPROC.1962.288322](https://doi.org/10.1109/JRPROC.1962.288322).

14. Маттей, Г. Л.; Янг, Л.; Джонс, Е. М. Т. *Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи*. М.: Связь, 1971.

15. Dworsky, L. N. Stripline filters - An overview. *Proc. of 37th Annual Symp. of Frequency Control*, 1–3 June 1983, Philadelphia, Pennsylvania, USA. IEEE, 1983, pp. 387–393. DOI: [10.1109/FREQ.1983.200697](https://doi.org/10.1109/FREQ.1983.200697).

16. Hong, J.-S. *Microstrip Filters for RF/Microwave Application*, 2nd ed. N.Y.: Wiley, 2011.

17. Захаров, А. В.; Ильченко, М. Е.; Пинчук, Л. С. Зависимость коэффициента связи между четвертьволновыми резонаторами от параметров гребенчатых полосковых фильтров. *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 58, № 6, С. 52–60, 2015. URI: <http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347015060060>.

18. Захаров, А. В.; Ильченко, М. Е. Полосно-пропускающие фильтры решетчатого типа на основе полуволновых резонаторов из отрезков симметричных полосковых линий передачи. *Радиотехника и электроника*, Т. 60, № 7, С. 759–765, 2015. DOI: [10.7868/S0033849415060182](https://doi.org/10.7868/S0033849415060182).

19. Захаров, А. В.; Ильченко, М. Е.; Карнаух, В. Я.; Пинчук, Л. С. Полосковые полосно-пропускающие фильтры со ступенчатыми резонаторами. *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 54, № 3, С. 56–63, 2011. URI: <http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347011030071>.

20. *Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств*. Под ред. В. И. Вольмана. М.: Радио и связь, 1982.

21. *Справочник по элементам полосковой техники*. Под ред. А. Л. Фельдштейна. М.: Связь, 1979.

22. <http://www.ceramics.sp.ru>.

Поступила в редакцию 29.05.2017

После переработки 25.09.2017