

*Фирсенков А.И., Дубовой В.А., Чуркин В.И., Федин Д.Н.  
ОАО «Завод Магнетон»*

## **Полосно-пропускающие ЖИГ фильтры для поверхностного монтажа**

*Представлены малогабаритные ЖИГ фильтры на сферических резонаторах для поверхностного монтажа. Приведены параметры экспериментальных образцов полосно-пропускающих фильтров в широком диапазоне рабочих частот.*

**Ключевые слова:** полосно-пропускающий фильтр ЖИГ, поверхностно монтируемые изделия, ферритовые резонаторы, перестройка центральной частоты.

Электронная компонентная база для поверхностного монтажа (сокращенно поверхностно монтируемые изделия (ПМИ) или surface mounting device (SMD)) широко используется в технике СВЧ. ПМИ имеют преимущества перед традиционными СВЧ изделиями по удобству монтажа, габаритам, массе, стоимости и широко используются в аппаратуре гражданского и военного назначения.

Среди ферритовых ПМИ можно выделить аналоги: генератор фирмы «MicroLambda Wireless Inc.», габариты 18x18x14,2 мм [1] и вентиль производства ООО «Аргус-ЕТ», габариты Д22x6 мм, диапазон рабочих частот от 2,4 до 2,5 ГГц [2].

СВЧ фильтры ЖИГ на сферических резонаторах для поверхностного монтажа изготовлены на базе серийно выпускаемых ООО «НПО «Завод Магнетон» трехзвенных микрополосковых фильтров ФПИНЗ-4 и коаксиальных четырехзвенных фильтров ФКИНЗ-10 [3] с использованием доработок и новых технических решений [4-6]. Магнитная система фильтров имеет постоянный магнит и катушку управления. Для обеспечения поверхностного монтажа фильтров разработана двухсторонняя печатная плата СВЧ и узел соединения печатной платы с витковыми элементами связи.

Экспериментальные образцы фильтров для поверхностного монтажа были созданы в диапазоне частот от 0,8 ГГц до 4,0 ГГц с использованием сферических ферритовых резонаторов различной намагниченности насыщения (350 Гс и 650 Гс). В зависимости от диапазона частот в фильтрах были применены постоянные магниты с различной индукцией магнитного поля  $B_r$ : в низкочастотной части диапазона применены постоянные магниты типа КС25 с пониженной индукцией магнитного поля  $B_r \approx 0,45$  Гс; в высокочастотной части диапазона с индукцией  $B_r \approx 0,8$  Гс.

Все эти изменения обеспечили уменьшение габаритов этих фильтров до 20x21x15мм (фото фильтров на рисунке 1), потребляемой мощность до 0,4 Вт, диапазон электрической перестройки до 500 МГц.

Для присоединения фильтра к векторному анализатору цепей «Rohde&Schwarz» разработано контактное устройство и топология печатной платы контактного устройства.

В таблице 1 приведены тип, количество резонаторов (n) и параметры трех- и четырехзвенных фильтров в диапазоне рабочих частот ( $\Delta F_p$ ): минимальные потери в полосе пропускания ( $\alpha_0$ ), полоса пропускания по уровню минус 3 дБ ( $\Delta f_3$ ), неравномерность потерь в полосе пропускания ( $\Delta\alpha$ ), заграждение ( $\beta$ ).

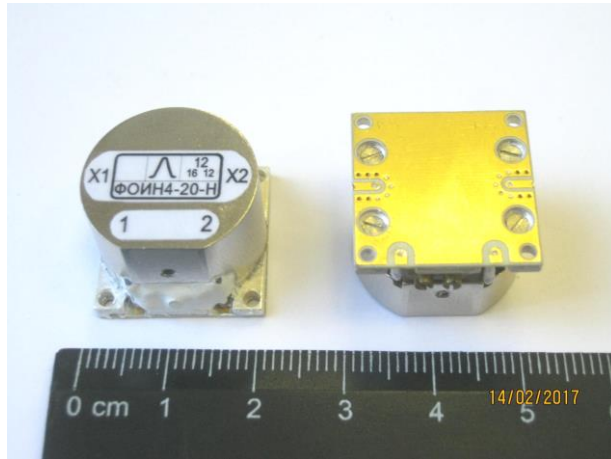


Рис. 1. Фотография фильтров для поверхностного монтажа

Приведенные в таблице 1 результаты показывают, что фильтры имеют параметры аналогичные серийно выпускаемому микрополосковому аналогу ФПИНЗ-4, однако по габаритам они меньше аналога (21 x 20 x 15 мм, вместо 30 x 30 x 12 мм).

Таблица 1

Тип фильтра	ФОИН4-8-Н	ФОИН4-20-Н	ФОИН4-30-Н	ФОИН10-10-Н	ФОИН10-21-Н
Параметр	Значение параметра				
n	3	3	3	4	4
$\Delta F_p$ , ГГц	0,8 – 1,75	1,5 – 3,0	2,6 – 4,0	1,0 – 2,0	1,5 – 3,8
$\alpha_0$ , дБ	3,6 – 4,7	3,3 – 3,6	4,1 – 4,9	4,4 – 5,2	5,0 – 5,7
$\Delta f_3$ , МГц	17 - 20	35 - 45	43 - 59	23 - 27	22 - 34
$\Delta\alpha$ , дБ	0 – 1,0	0 – 1,0	0 – 0,4	0 – 1,6	0 – 1,0
$\beta$ , дБ	70	70	70	75	70

На рисунке 2 показаны амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) трехзвенного фильтра.

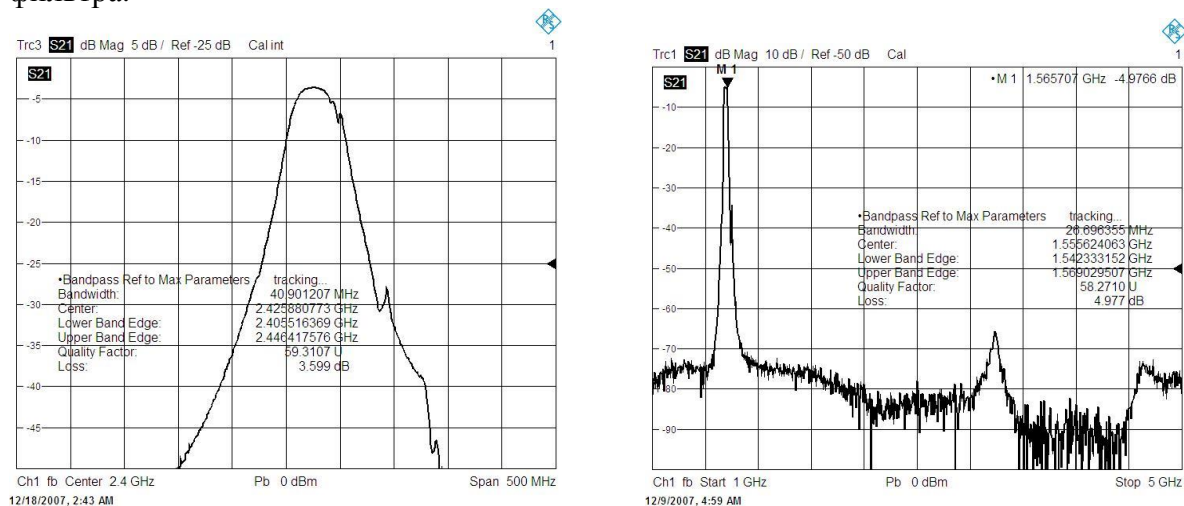


Рис.2. Амплитудно-частотные характеристики 3-х звенного фильтра

Конструкция четырехзвенных фильтров аналогична трехзвенным и имеет одинаковые печатную плату, основание, катушки, магнитопровод. Основное отличие заключается в том, что в четырехзвенном фильтре использован доработанный пластмассовый корпус от коаксиального фильтра ФКИНЗ-10.

На рисунке 3 показаны АЧХ и заграждение четырехзвенного фильтра.

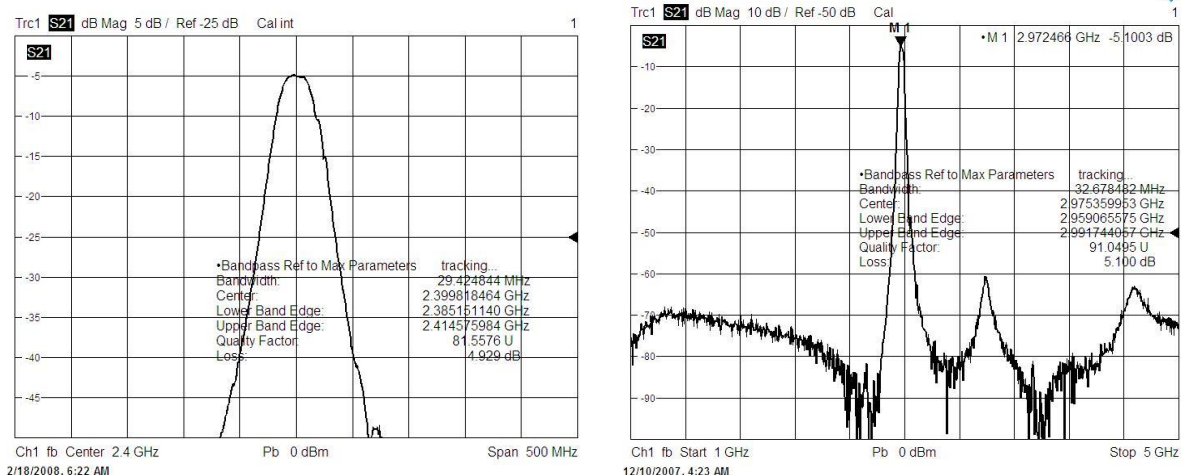


Рис.3. Амплитудно-частотные характеристики 4-х звенного фильтра

Из анализа АЧХ фильтров следует, что по заграждению четырехзвенный фильтр не имеет преимуществ перед трехзвенным, однако АЧХ у четырехзвенного фильтра более прямоугольная. Коэффициент прямоугольности  $K_{\Pi}$  у четырехзвенного фильтра  $K_{\Pi} = 3,3$ , а у трехзвенного  $K_{\Pi} = 3,7$ .

Температурные испытания показали высокую стойкость параметров и формы АЧХ фильтров к воздействию температур от минус 40 °С до +70 °С.

В заключении отметим, что на основе конструкции 3-х и 4-х звенных фильтров могут быть созданы опытные образцы ЖИГ фильтров на сферических резонаторах для поверхностного монтажа на меньший диапазон перестройки, но имеющие меньшие габариты по высоте, более высокие электрические параметры (потери, неравномерность потерь, температурный дрейф центральной частоты).

#### Библиографический список

1. Электронный ресурс [http://www.microlambdawireless.com/pdfs/MLSMO\\_Series\\_5\\_Data\\_Sheet.pdf](http://www.microlambdawireless.com/pdfs/MLSMO_Series_5_Data_Sheet.pdf)
2. Электронный ресурс <http://www.arguset.com/rus/page.php?pageId=4&menuItemTreeCode=030127>
3. Электронный ресурс URL: <http://www.magneton.ru/cat.php?id=104> Перестраиваемые полосно-пропускающие фильтры // ОАО "Завод Магнетон": официальный сайт. СПб. (24.03.2016).
4. Дубовой В.А., Чуркин В.И. Перестраиваемые ферритовые фильтры на ЖИГ резонаторах с постоянными магнитами. Сборник трудов третьей всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ», 2-5 июня 2014 г., Санкт-Петербург, Россия, с. 369-371.
5. Дубовой В.А., Чуркин В.И., Федин Д.Н. Исследование и изготовление опытных образцов перестраиваемых фильтров на ферритовых резонаторах с микрополосковыми выводами диапазона частот 400-4000 МГц. Сборник статей IV всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ», т. 2, 1-4 июня 2015г, Санкт-Петербург, Россия, с.96-100.
6. Патент на полезную модель № 150427, Сверхвысокочастотный ферритовый фильтр, класс МПК: Н01Р1/20 (2006.01), авторы: Чуркин В.И., Фирсенков А.И., Дубовой В.А., патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение «Завод Магнетон», подача заявки: 07.07.2014 г., публикация патента: 16.01.2015 г.