

# Реализация кольцевого четырёхканального микрополоскового СВЧ-мультиплексора

А.В. Шавшин, Р.О. Рязанцев

Сибирский федеральный университет

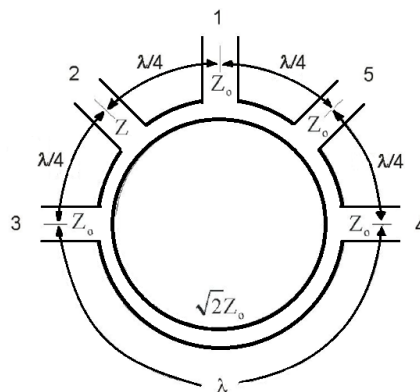
**Аннотация:** многоканальный СВЧ-мультиплексор в рассмотренном случае представляет собой полосно-пропускающие СВЧ-фильтры, связанные между собой делителем, используется в антенно-фидерных трактах при приёме сигналов. Основным критерием в данной области применения является пропускная способность в узких и средних полосах частот. В статье представлена реализация СВЧ-мультиплексора на основе кольцевого микрополоскового делителя. Предложенный метод реализации позволяет упростить сборку подобных устройств, а также существенно уменьшить их массогабаритные характеристики.

**Ключевые слова:** СВЧ-мультиплексор, кольцевой делитель, микрополосковые фильтры

## 1. Введение

Многоканальный СВЧ-мультиплексор в рассмотренном случае представляет собой полосно-пропускающие (ППФ) СВЧ-фильтры, связанные между собой делителем. В статье разобран пример, реализации микрополоскового СВЧ-мультиплексора, с делителем, выполненным в виде кольца. Работа основана на статье [3] и несёт за собой цель улучшить уже существующее устройство.

Схема кольцевого делителя представлена на рисунке 1.

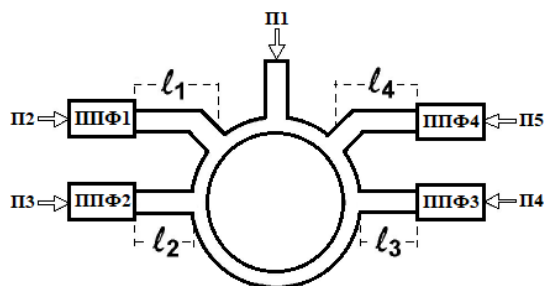


**Рисунок 1.** Структурная схема кольцевого СВЧ мультиплексора

Длина окружности кольца равна  $2\lambda$ , где  $\lambda$  – длина волны центральной частоты мультиплексора.

$N$  портов соединены с кольцом таким образом, что расстояние между соседними портами получается  $\lambda / 4$  на центральной рабочей частоте. Между портами 3 и 4 укладывается целая длина волны. Характеристический импеданс линии передачи должен быть  $\sqrt{2}Z_0$ , в результате расчёта получаем характеристический импеданс  $70,7 \Omega$  для системы  $50 \Omega$ . Данная структура работает при  $N = 4$  каналах.

Полосовые фильтры подключаются в порядке, показанном на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Четырехканальный фильтр, подключенный к кольцевому мультиплексу

Длины линий согласования фильтров и кольца для двух разных расчётов приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1.** Длины линий согласования для подложки Rogers 5880

L1, мм	L2, мм	L3, мм	L4, мм
8.4	7.18	11	7.4

Частотный сигнал, подаваемый на общий порт, перемещается в обоих направлениях по кольцу, складываясь по фазе с соответствующим портом. Сигнал с частотой  $f_{01}$  появляется только на порте 2,  $f_{02}$  на порте 3,  $f_{03}$  на порте 4 и  $f_{04}$  на порте 5.

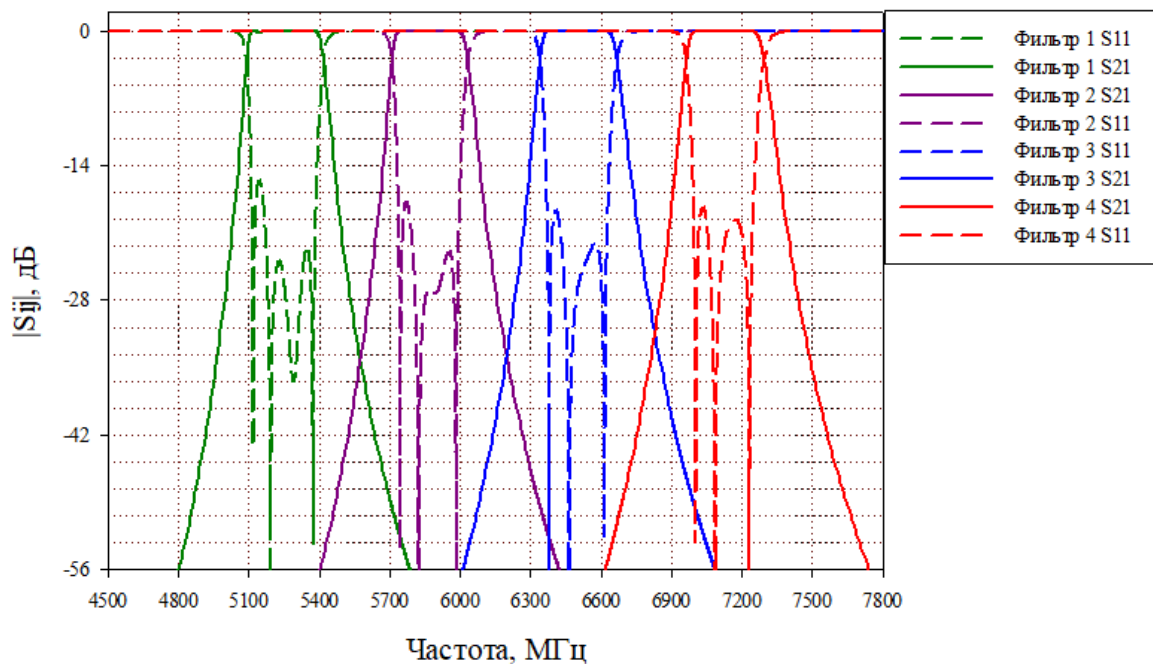
Регулируя длину линий питания (с полным сопротивлением  $Z_0$ )  $l_1, l_2, l_3, l_4$ , можно найти такую критическую длину, что реактивное сопротивление фильтра, закрывает каждый другой выход.

$$\begin{aligned}
 V_{in03f1} + V_{in04f1} + V_{in05f1} &= 0 \quad (@f_{01}) \\
 V_{in02f2} + V_{in04f2} + V_{in05f2} &= 0 \quad (@f_{02}) \\
 V_{in02f3} + V_{in03f3} + V_{in05f3} &= 0 \quad (@f_{03}) \\
 V_{in02f4} + V_{in03f4} + V_{in04f4} &= 0 \quad (@f_{04}),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $V_{in0i}$  - чувствительность каждого фильтра, согласованных с общим портом. В этих условиях частота общего порта совпадает с частотой полосы пропускания. Полосы пропускания всех портов согласованы с  $50 \Omega$ .

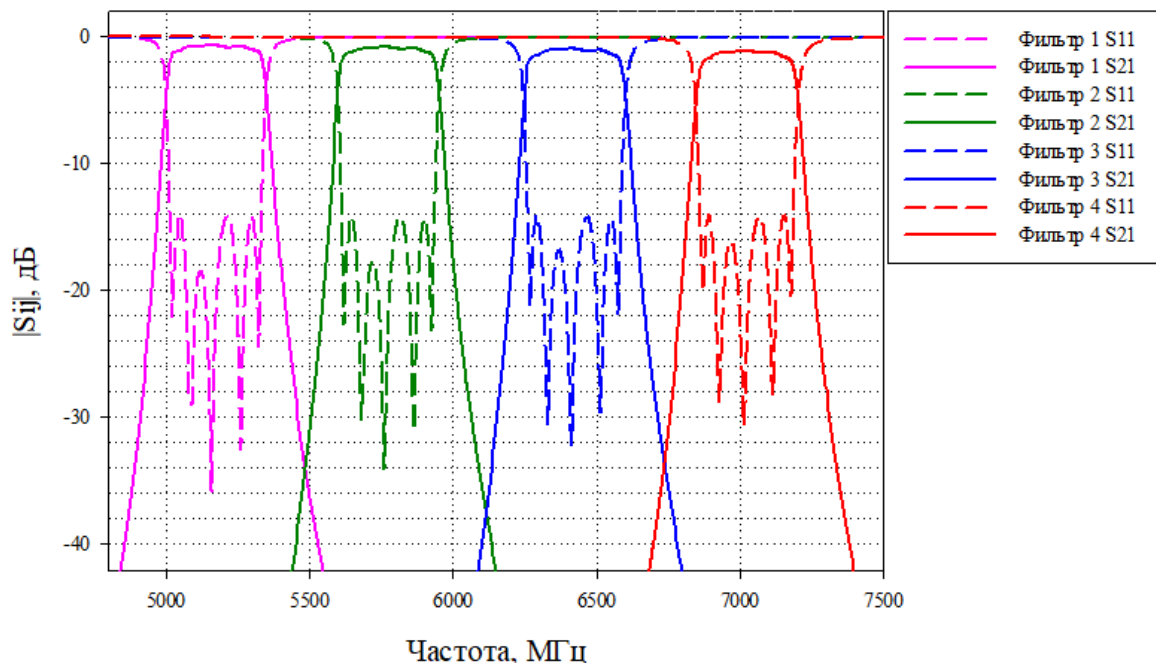
## 2. Результаты расчётов

Первый расчёт проводился для материала Rogers 5880, толщины 0.787 мм, с диэлектрической проницаемостью 2.2. Результаты представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3.** Характеристики мультиплексора с диэлектрической подложкой Rogers 5880

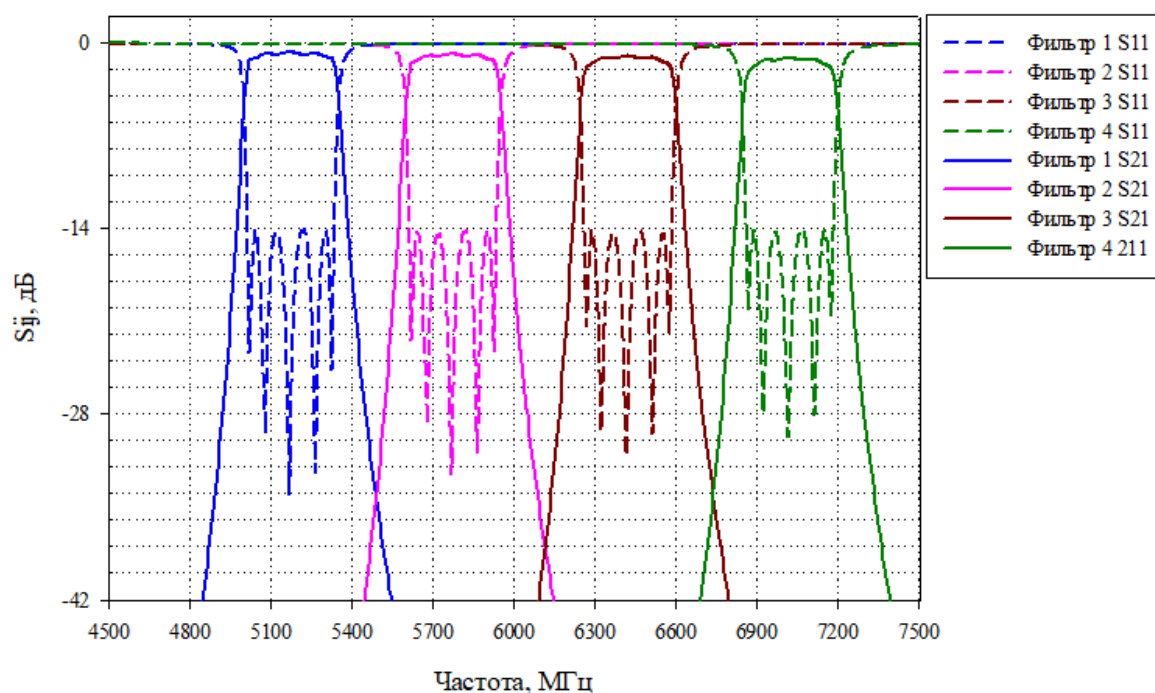
Следующим этапом для физической реализации мультиплексора, был выполнен перерасчёт параметров под вариант диэлектрической подложки, из материала RO4003C с диэлектрической проницаемостью 3.55 и толщиной 1.6 мм. Результаты расчёта представлены на рисунке 4.



**Рисунок 4.** Характеристики мультиплексора с диэлектрической подложкой RO4003C толщиной 1.6 мм

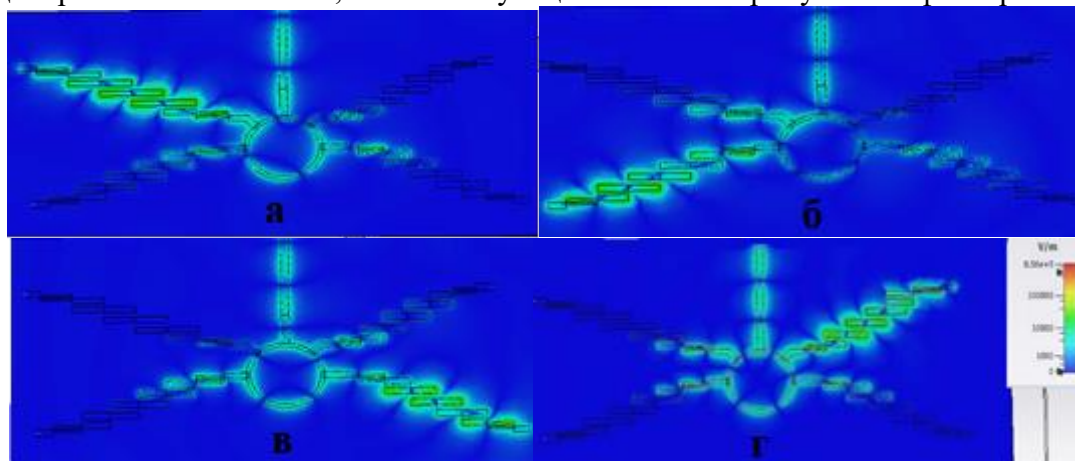
Следующим этапом для физической реализации мультиплексора, был выполнен перерасчёт параметров фильтров под вариант диэлектрической подложки, из материала RO4003C с диэлектрической проницаемостью 3.55 и толщиной 0.5 мм.

Результаты расчёта представлены на рисунке 5.



**Рисунок 5.** Характеристики мультиплексора с диэлектрической подложкой RO4003C толщиной 0.5 мм

На рисунке 6 представлено распределение полей, полученное в ходе моделирования на частотах, соответствующих частотам пропускания фильтров.



**Рисунок 5.** Работа фильтров мультиплексора (а – первый фильтр, б – второй фильтр, в – третий фильтр, г – четвёртый фильтр)

Таблицы размеров элементов фильтра (Таблицы 2-4).

**Таблица 2.** Размеры для четырёхканального фильтра на подложке Rogers 5880

Размеры для подложки Rogers 5880								
Частота, ГГц	L <sub>0</sub> , мм	L <sub>i</sub> , мм	W <sub>0</sub> , мм	W <sub>i</sub> , мм	S <sub>0</sub> , мм	S <sub>1</sub> , мм	S <sub>2</sub> , мм	
f01	5.150	10.3	10.2	1	2.4	0.5	1.14	1.7
f02	5.750	9.18	9.1	1	2.4	0.5	1.23	1.87
f03	6.350	8.25	8.19	1	2.4	0.5	1.29	1.99
f04	6.950	7.48	7.45	1	2.4	0.5	1.35	2.12

**Таблица 3.** Размеры для четырёхканального фильтра на подложке RO4003C толщиной 1.6 мм

Размеры для подложки Rogers 5880								
Частота, ГГц	L <sub>0</sub> , мм	L <sub>i</sub> , мм	W <sub>0</sub> , мм	W <sub>i</sub> , мм	S <sub>0</sub> , мм	S <sub>1</sub> , мм	S <sub>2</sub> , мм	
f01	5.150	8.466	8.157	1.39	3.644	0.075	0.324	0.63
f02	5.750	7.56	7.29	1.39	3.644	0.091	0.388	0.707
f03	6.350	6.771	6.536	1.39	3.644	0.11	0.46	0.787
f04	6.950	6.171	5.963	1.39	3.644	0.129	0.527	0.856

**Таблица 4.** Размеры для четырёхканального фильтра на подложке RO4003C толщиной 0.5 мм

Размеры для подложки Rogers 5880								
Частота, ГГц	L <sub>0</sub> , мм	L <sub>i</sub> , мм	W <sub>0</sub> , мм	W <sub>i</sub> , мм	S <sub>0</sub> , мм	S <sub>1</sub> , мм	S <sub>2</sub> , мм	
f01	5.150	8.625	8.475	0.4154	1.1	0.431	0.729	1
f02	5.750	7.689	7.568	0.4154	1.1	0.459	0.802	1.08
f03	6.350	6.873	6.778	0.4154	1.1	0.488	0.875	1.16
f04	6.950	6.255	6.178	0.4154	1.1	0.518	0.944	1.235

### 3. Заключение

В работе разобрано 3 варианта реализации четырёхканального микрополоскового кольцевого СВЧ-мультиплексора. Этот мультиплексор прост в сборке и обеспечивает хорошую пропускную способность для узкой и средней полосы частот.

Были улучшены характеристики фильтров в сравнении с известными аналогами, за счёт более точной настройки размеров микрополосковых линий и расстояний между ними.

Предложенный мультиплексор может быть применён в антенно-фидерном тракте для приёма сигналов в достаточно широком диапазоне. Также актуален при настройке устройства одновременно на несколько спутников.

#### Список литературы

1. I. C. Hunter « Design of Ring-Manifold Microwave Multiplexers». 2006.
2. Банков С.Е, Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств и антенн. 2009. 388 с.
3. СВЧ-фильтры и мультиплексоры для систем космической связи / Н.А Бушуев, В.П Мещанов // Радиотехника 2017г