

УДК 621.372.2.052.3.018.78

О.М. Кузнецова-Таджибаева, Л.Н. Жеребцова, В.В. Поспелов, Д.В. Дроздов,  
И.Е. Сомотин, А.М. Заболотский, Т.Р. Газизов, С.В. Пономарев

## Разработка конструкции и технологии изготовления макетов модальных фильтров для сети Fast Ethernet

Показаны особенности конструкции макетов модальных фильтров для сети Fast Ethernet. Описана технология изготовления макетов фильтров и тестовых схем. Представлены макеты готовых фильтров.

**Ключевые слова:** макет, печатная плата, конструкция, технология.

Лабораторией «БЭМС РЭС» при кафедре телевидения и управления ТУСУРа и ООО «Твердь» совместно разработаны модальные фильтры для защиты аппаратуры от опасных коротких импульсов амплитудой до 500 В. Защита основана на новом принципе – эффекте модального разложения в связанных линиях [1]. После первых подходов [2] изготовлены макеты фильтров в ОАО «НППЦ «Полус».

Цель данной работы – показать особенности конструкции макетов модальных фильтров и технологии их изготовления.

Изготовлены модальные фильтры с числом каскадов 1–4 (№1–4, рис. 1) без защитного заземления и TVS-сборок, конструктивно выполненные в виде двусторонних печатных плат.

Линии передачи модальных фильтров с равными длинами около 2,5 м свернуты в мандр, позволяющий сделать фильтр компактным. Длины полувитков определяются в зависимости от длины самого короткого каскада. Сделано это для более удобного расположения резисторов на контактных площадках у торцов витков и экономии места на печатной плате, т.к. участки по краям соединителей остаются свободными. Чтобы ослабить взаимное влияние витков, расстояние между ними выбрано больше ширины печатных проводников в 5 раз – 1,5 мм.

Далее приведены печатные платы семикаскадных модальных фильтров, имеющие контактные площадки под TVS-сборки и защитное заземление, соединяющее экраны соединителей на входе и выходе фильтра, а также тестовые схемы (рис. 2).

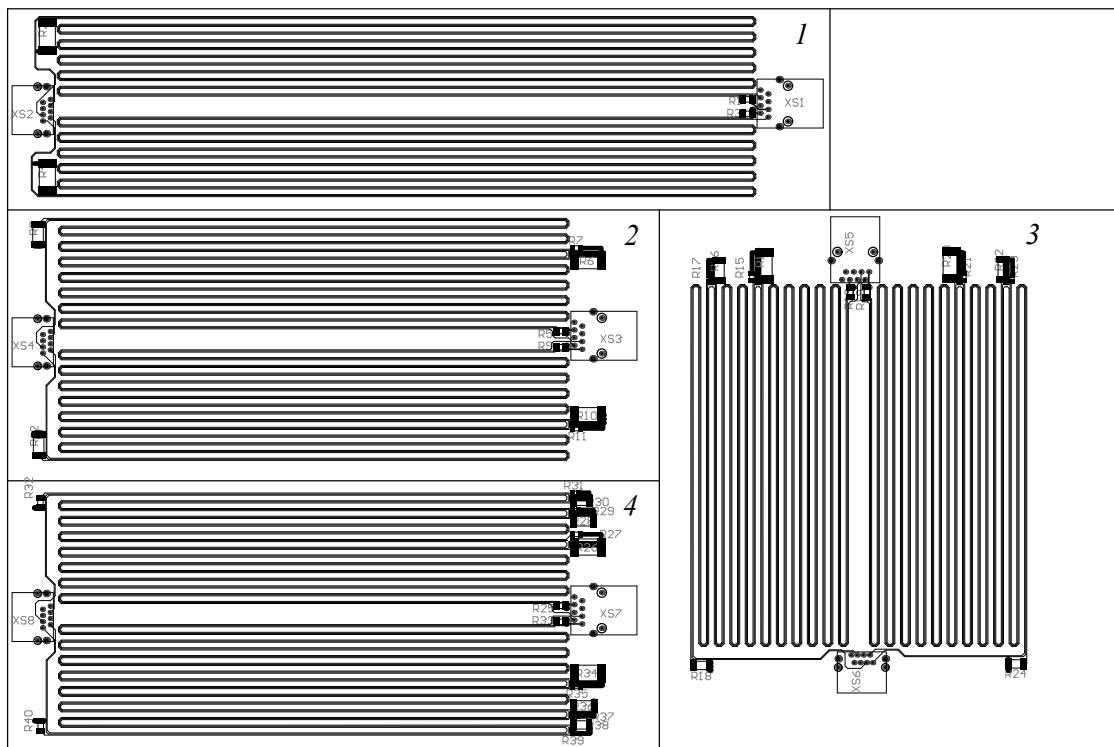


Рис. 1. Общая плата модальных фильтров с числом каскадов 1–4

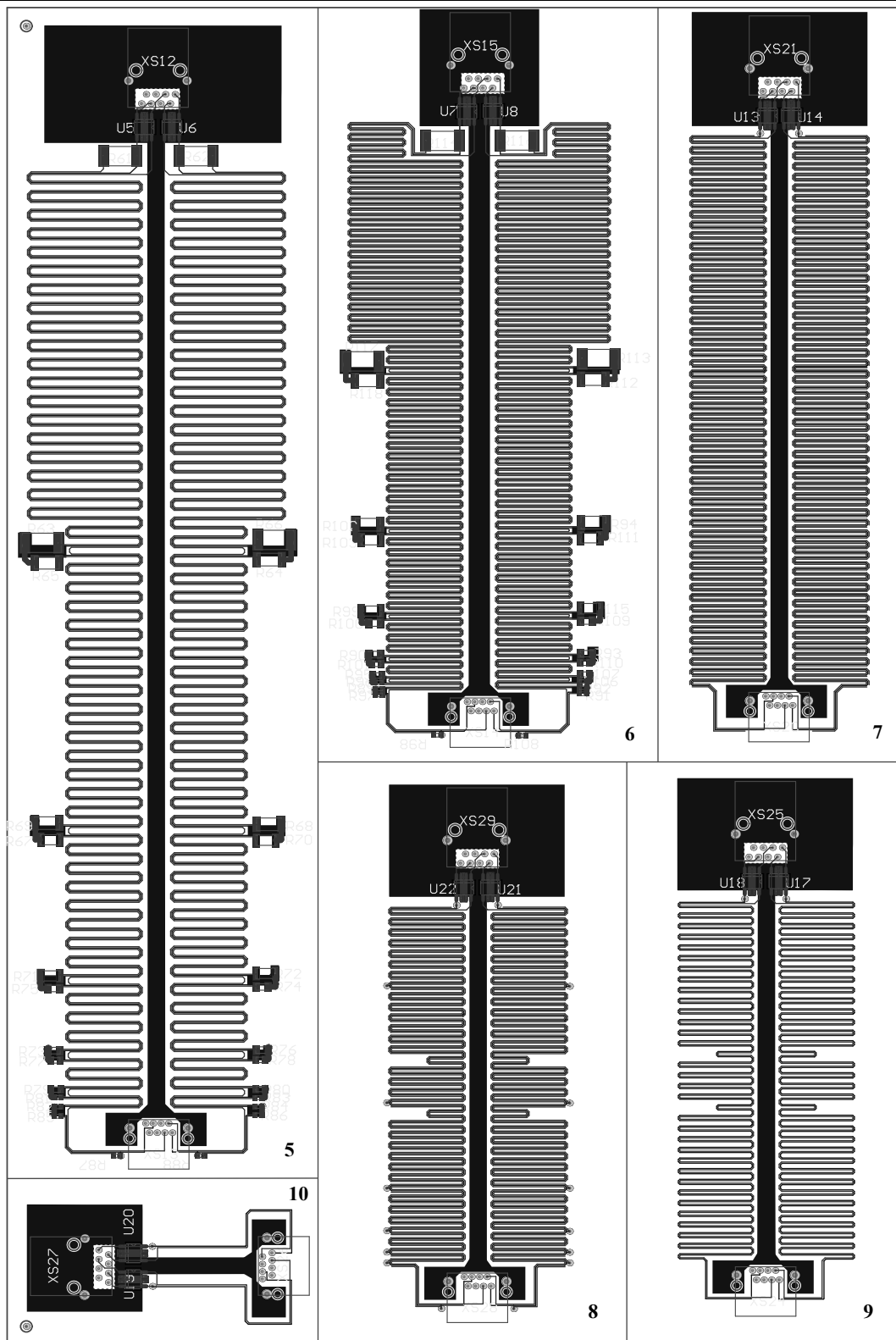


Рис. 2. Общая плата семикаскадных модальных фильтров с площадками под TVS-сборки (5–8) и тестовых схем (9, 10)

В печатных платах для семикаскадного модального фильтра с резисторами на концах пассивного проводника №5 и 6 (рис. 2), как и для фильтров с числом каскадов 1–4 (рис. 1), длины полувитков на выходе фильтра определены длиной самого короткого каскада, длины полувитков в начале фильтра определены рациональной компоновкой. Соответствующие каскады фильтров №5 и 6 имеют одинаковые длины, но отличаются расположением витков – расстояние между витками выбрано для сравнения характеристик

фильтров равным 1,5 и 0,4 мм. Резисторы расположены на контактных площадках у торцов витков.

Безрезистивный фильтр №7 (см. рис. 2), (холостой ход в началах и на концах пассивных проводников) отличается от фильтра №6 укороченной длиной первого каскада, она составляет 0,35 от длины первого каскада фильтра №6. В безрезистивном фильтре №8 (см. рис. 2) (холостой ход в началах и короткое замыкание с опорным проводником на концах пассивных проводников) длина первого каскада составляет 0,7, а второго – 0,35 от длин соответствующих каскадов резистивных фильтров. Плотность витков безрезистивных фильтров №6, 7 и 8 одинакова. Длины некоторых полувитков фильтров №6 и 8 изменены для получения необходимой длины определенных каскадов. Тестовые схемы №9 и 10 (см. рис. 2) выполнены для сравнения с фильтрами.

Рассмотренные печатные платы модальных фильтров изготовлены комбинированным позитивным методом, основанным на использовании субтрактивного метода с дополнительной химико-гальванической металлизацией переходных отверстий. Основным преимуществом комбинированного метода является формирование проводящего рисунка и металлизации отверстий в едином технологическом процессе.

На основе файла печатной платы, выполненного в системе PCAD, изготовлен фотошаблон на фототехнической пленке Agfa Vivaldi VR 7-2 (Бельгия). Это панхроматическая высококонтрастная пленка на толстой полиэтилентерефталатной основе 175 мкм для изготовления прозрачных фотошаблонов с использованием гелий-неонового лазерного (633 нм) или красного лазерного диода (650–670 нм). Пленка разработана на основе галлоидов серебра с использованием последней технологии. Она имеет защитный слой, предохраняющий от повреждения поверхности фотошаблона, что позволяет многократно использовать его при копировании. Следующим шагом в процессе изготовления печатной платы является нарезка заготовок из двустороннего фольгированного стеклотекстолита марки СТФ-2-105-0,5. Технологический процесс травления и осветления печатной платы происходит на линии щелочного травления «WAT610AECCB» (рис. 3).

Модуль загрузки	Основной травильный модуль	Модуль аммиачной промывки	Модуль промывки	Промежуточный модуль	Модуль осветления	Модуль промывки	Модуль сушки	Модуль выгрузки
-----------------	----------------------------	---------------------------	-----------------	----------------------	-------------------	-----------------	--------------	-----------------

Рис. 3. Структурная схема линии щелочного травления «WAT 610AECCB»

В модуль загрузки на конвейер помещаются заготовки печатных плат. В соответствующих модулях они травятся, промываются и осветляются. Режимы травления и осветления подбираются технологом при пуске пробной заготовки путем измерения бокового подтравливания печатного элемента. Подтравливание должно быть не более 0,05 мм на каждую сторону проводника. Если подтравливание меди более 0,05 мм, необходимо уменьшить время травления. Чтобы стравить медную фольгу толщиной 105 мкм, требуется гораздо больше времени, чем для фольги 35 мкм. Поэтому и подтравы больше, и они должны быть не более 0,15 мм на каждую сторону проводника. В связи с этим существует необходимость учета подтрав проводников при проектировании печатной платы. Если на готовой плате необходимо получить проводники шириной 0,3 мм, то на фотошаблоне эти проводники должны иметь ширину не менее 0,5 мм. После травления и промывки платы осветляются при температуре 40–50 °С и сушатся при температуре 45–50 °С, затем платы поступают в модуль выгрузки. Далее с плат снимают ретушь бязевым тампоном, смоченным в растворителе, и помещают в термошкаф (80–90 °С) на 50–60 мин. После этого контролируется внешним осмотром качество травления и осветления. Поверхность проводящего рисунка должна быть равномерной, светло-серой, матовой. Готовые печатные платы поступают на монтажный участок для установки компонентов. В отверстия на входе и выходе модального фильтра устанавливаются с зазором 1,5±0,5 мм от поверхности платы экранированные соединители типа 8P8C, корпусные пластмассовые штыри терморазвальцовываются. Около входного соединителя планарно устанавливаются две TVS-сборки типа LC03-3.3. На контактные площадки платы резистивным слоем вверх паяются резисторы типа P1-12. Все радиоэлементы паяются припоем ПОС61 ГОСТ 21931–76. После пайки платы промываются спиртобензиновой смесью. Готовые макеты фильтров с числом каскадов 1–4 показаны на рис. 4.

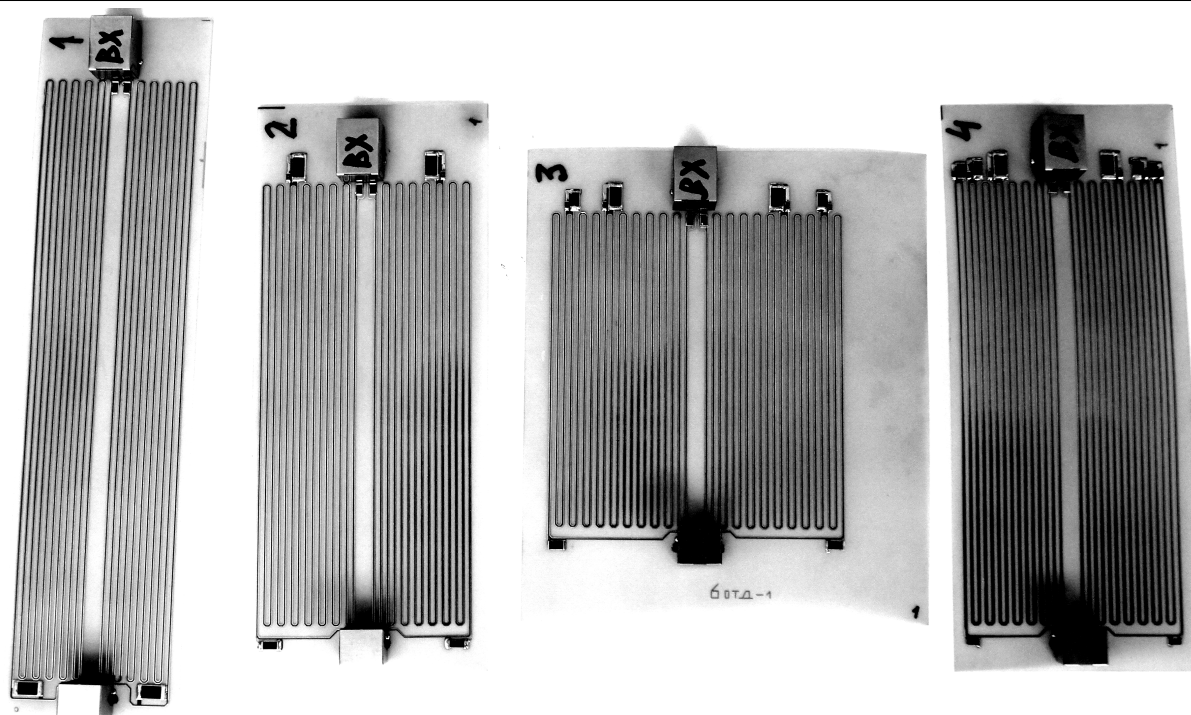


Рис. 4. Макеты модальных фильтров

Модальные фильтры обладают рядом достоинств: дешевизна, простота изготовления, малая масса, радиационная стойкость, надежность. Это делает перспективным их применение в космической и атомной отраслях.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в соответствии с договором № 2148 от 05.07.2010 г. в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ.

#### Литература

1. Газизов Т.Р. Модальное разложение импульса в отрезках связанных линий как новый принцип защиты от коротких импульсов / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Технологии ЭМС (Москва). – 2006. – №4 (19). – С. 40–44.

2. Кузнецова-Таджибаева О.М. Варианты конструктивной реализации печатного модального фильтра / О.М. Кузнецова-Таджибаева, И.Е. Сомотин // Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск, 4–7 мая 2010 г. – Томск: ТУСУР, 2010. – С. 153–155.

---

#### Кузнецова-Таджибаева Ольга Михайловна

Ведущий инженер-конструктор ОАО «НПЦ «Полюс», г. Томск

Тел.: (382-2) 55-46-94

Эл. почта: ktom@sibmail.com

#### Жеребцова Людмила Николаевна

Инженер-конструктор ОАО «НПЦ «Полюс»

Тел.: (382-2) 55-46-94

Эл. почта: zln@sibmail.com

#### Поспелов Василий Васильевич

Начальник отдела ОАО «НПЦ «Полюс»

Тел.: (382-2) 55-46-94

Эл. почта: polus@online.tomsk.net

#### Дроздов Дмитрий Владимирович

Зам. начальника цеха печатных плат ОАО «НПЦ «Полюс»

Тел.: (382-2) 55-46-94

Эл. почта: polus@online.tomsk.net

**Самотин Иван Евгеньевич**

Аспирант каф. телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа  
Тел.: (382-2) 41-34-39  
Эл. почта: iesam\_84@mail.ru

**Заболоцкий Александр Михайлович**

Науч. сотрудник каф. ТУ ТУСУРа  
Тел.: (382-2) 41-34-39  
Эл. почта: zabolotsky\_am@mail.ru

**Газизов Тальгат Рашитович**

Канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник каф. ТУ ТУСУРа  
Тел.: (382-2) 41-34-39  
Эл. почта: talgat@tu.tusur.ru

**Пономарев Сергей Васильевич**

Канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. НИИ ПММ НИТГУ  
Тел.: (382-2) 52-95-81  
Эл. почта: psv@niipmm.tsu.ru

Kuznetsova-Tadjibaeva O.M., Jerebtsova L.N., Pospelov V.V., Drozdov D.V., Samotin I.E.,  
Zabolotsky A.M., Gazizov T.R., Ponomarev S.V.

**Design of structure and manufacturing technology of modal filters for Fast Ethernet network**

The features of the prototype designs of modal filters intended for Fast Ethernet are shown. The manufacturing technology of the modal filters and test circuits is described. The ready to use prototypes of the filters are presented.

**Keywords:** prototype, printed circuit board, structure, manufacturing technology.

---