

## **Диодные защитные устройства СВЧ на связанных микрополосковых резонаторах**

*Цель работы: создание устройств защиты СВЧ-приемника от собственного передатчика и мощного стороннего сигнала. Основные требования: уменьшение начальных потерь и увеличение допустимой непрерывной мощности по сравнению с известными устройствами. Результат: оптимизирована структура защитных устройств с резонатором на связанных микрополосковых линиях, создан ряд конструкций защитных устройств с максимально допустимой непрерывной входной мощностью до 30 Вт при начальных потерях не более 1,3 дБ.*

**Ключевые слова:** защитные устройства, связанные линии

### **Введение**

Известные нам защитные устройства (ЗУ) на диодах при всех своих достоинствах (быстродействие, глубина бланкирования, высокая допустимая импульсная мощность на входе) имеют существенный недостаток – низкий уровень допустимой непрерывной мощности на входе, обычно не превышающий 10 Вт. Разветвление входной мощности на несколько каналов и применение резонаторов на связанных микрополосковых линиях [1] позволяют увеличить непрерывную входную мощность до десятков ватт, но, в свою очередь, такие устройства требуют применения дополнительного каскада ослабления, что приводит к росту начальных потерь. Предлагаемые защитные устройства [2] выполнены по оптимизированной структуре и позволяют увеличить допустимую непрерывную входную мощность при сохранении низких начальных потерь.

### **Основная часть**

В основе приведённых ниже структуры и топологий гибридно-интегральных схем (ГИС) ЗУ лежит каскадное включение групп связанных линий, шунтированных ограничительными или р-і-n диодами. Группы линий соединены с входной и выходной линиями, а также между собой микрополосковыми делителями 1:2, либо сумматорами 2:1. Общий вид такой структуры представлен на рис.1а.

Количество линий в группах 3,4,5 соответствует степеням двойки ( $2^n$ ,  $n=1,2,3$ ), при этом входной сигнал может быть разветвлен на нужное количество каналов с помощью  $2n-1$  микрополосковых делителей 1:2. Разделение мощности на другое количество каналов, отличное от степени двойки, требует значительного усложнения топологии и конструкции ЗУ, что приводит к росту начальных потерь устройства.

Выходная линия 2 может быть дополнительно шунтирована одиночным диодом б для получения необходимого ослабления. Также к выходной линии подключается цепь постоянного тока диодов, которая может быть выполнена в виде высокоомного четвертьволнового отрезка микрополосковой линии или дискретной индуктивности, заземленных с другой стороны или шунтированных конденсатором, если планируется работа ЗУ в управляемом режиме.

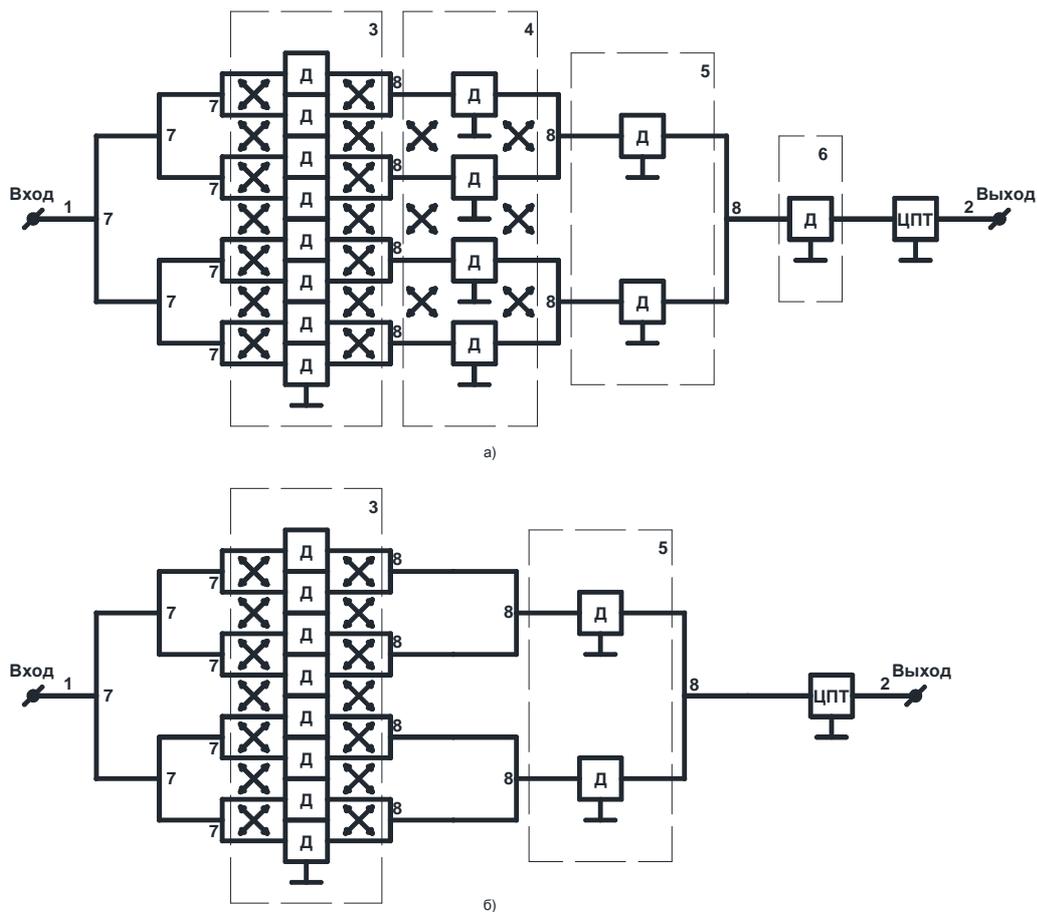


Рисунок 1. а) – общая структура бинарного ЗУ 8-4-2-1, б) – структура бинарного ЗУ 4-2. 1 и 2 – входная и выходная линии тракта; 3 – резонатор из 8 связанных микрополосковых линий, шунтированных диодами; 4 – резонатор из 4 связанных микрополосковых линий, шунтированных диодами; 5 – дополнительный блок ослабления на 2 микрополосковых линиях, шунтированных диодами; 6 – дополнительный диод, шунтирующий линию 2; 7 – микрополосковые делители 1:2; 8 – микрополосковые сумматоры 2:1; Д – диоды, ЦПТ – цепь постоянного тока диодов.

Для получения необходимого ослабления необязательно устанавливать последовательно все группы линий 3,4,5 и дополнительный диод 6. Структура ЗУ по рис.1а может быть записана как 8-4-2-1 (по количеству диодов в каскадах от входа к выходу). На рис.1б приведена структура ЗУ 8-2 из которой исключены группа связанных линий 4 и диод 6. Для устройств с входной мощностью менее 15 Вт может быть применена структура 4-1, при этом исключаются группы линий 3 и 5.

Для получения максимального ослабления в режиме мощного сигнала электрическая длина между диодами различных групп, диодами первой группы и входной линией, диодами последней группы и выходной линией должна быть около  $m$  четвертей длины волны ( $m=1, 3$ ).

На рис.2. показаны топология и внешний вид ЗУ по структуре 4-2.

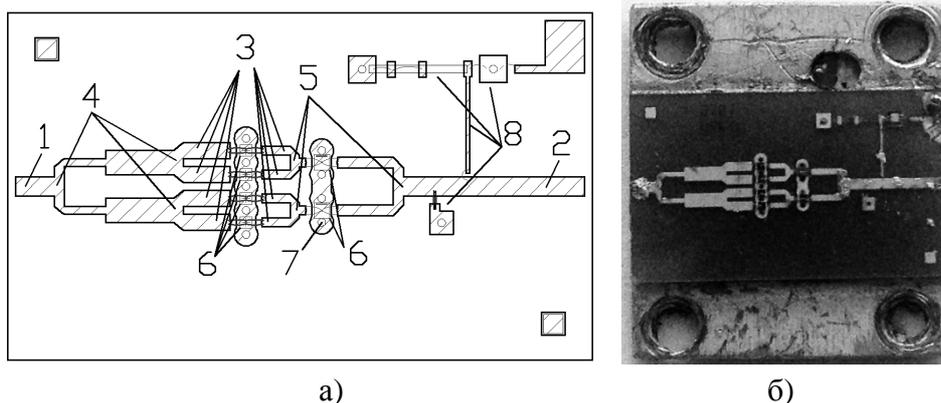


Рисунок 2. ЗУ со структурой 4-2. а) - топология. 1-входная линия; 2-выходная линия; 3-отрезки связанных линий; 4-делители 1:2; 5-сумматоры 2:1; 6-диоды; 7-заземляющие отверстия; 8-цепи постоянного тока диодов. б) –внешний вид ГИС.

В ходе ОКР «СКИ-РЛПМ» было изготовлено и испытано ЗУ с представленной выше топологией. Результаты испытаний приведены на рис.3.

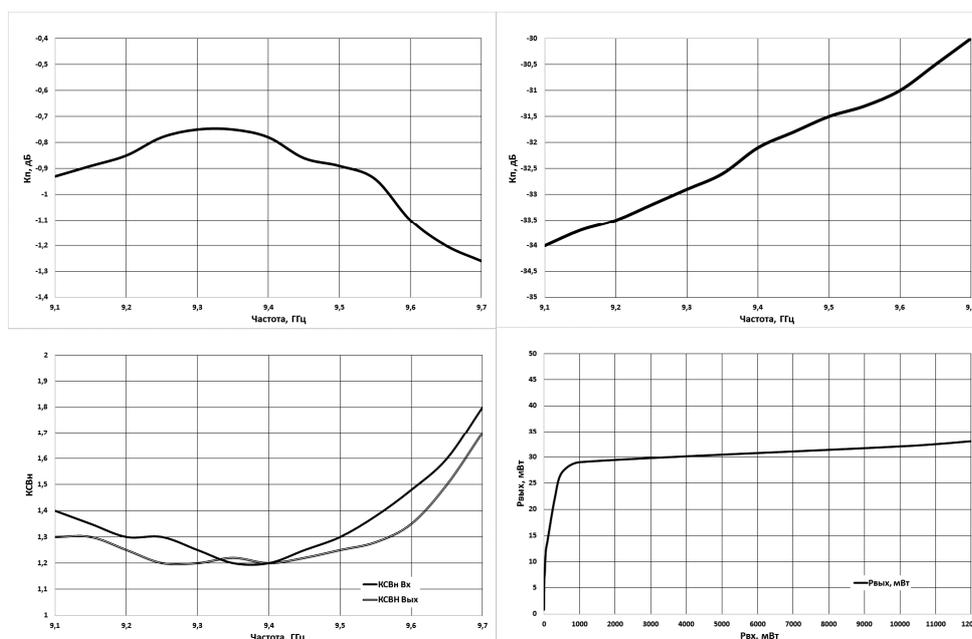


Рисунок 3

ГИС ЗУ выполнена на поликоровой подложке 15x9x0,5мм и обеспечивает защиту последующих каскадов при входной мощности до 12 Вт, при этом потери в режиме малого сигнала не превышают 1,1 дБ, вносимые потери при подаче управляющего сигнала не менее 31 дБ, КСВн входа/выхода не более 1,5, просачивающаяся мощность в режиме пассивного ограничения мощности не более 33 мВт.

В ходе экспериментальных работ была разработана, изготовлена и испытана ГИС ЗУ X-диапазона со структурой 8-2, рис.4. Рабочая полоса ЗУ составляет 15%.

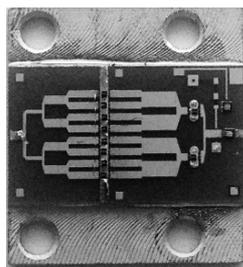


Рисунок 4

ГИС ЗУ выполнена на поликоровой подложке толщиной 0,5мм. Диоды первой группы связанных линий установлены непосредственно на основание из ковара для лучшего теплоотвода. ЗУ было испытано на воздействие непрерывной мощности до 30 Вт в течение минуты.

В полосе до 15% начальные потери ЗУ не превышают 1,3 дБ, мощность на выходе ЗУ при подаче непрерывного сигнала до 30 Вт не превышает 44 мВт. Время срабатывания ЗУ при подаче на вход повышенной мощности не превышает 10 нс, время восстановления ЗУ не более 50 нс.

### Заключение

Оптимизирована структура диодных защитных устройств с резонатором на связанных микрополосковых линиях. Созданы конструкции защитных устройств, сочетающие быстродействие, высокую допустимую непрерывную мощность и низкие начальные потери. Защитные устройства могут работать как в управляемом, так и в пассивном режимах ограничения входной мощности, что позволяет повысить помехозащищенность СВЧ-приемника.

Начальные потери диодного защитного устройства на связанных микрополосковых резонаторах [2] со структурой 4-2 не превышают 1,1 дБ при входной допустимой непрерывной мощности до 12 Вт и мощности на выходе не более 35 мВт.

Начальные потери диодного защитного устройства со структурой 8-2 не превышают 1,3 дБ при входной допустимой непрерывной мощности до 30 Вт и мощности на выходе не более 45 мВт.

В устройствах защиты использованы диоды «Параграф-Д» производства ОАО «НПП «Исток» им.Шокина».

Результаты работы реализованы в ходе ОКР.

### Библиографический список

1. Ильичёв Н.В., Калина В.Г., Шаповалова В.В. - Диодные защитные устройства с резонатором на связанных микрополосковых линиях. Журнал «Электронная техника», сер. СВЧ-техника, вып. 1(483), 204
2. Заявка №201255676. Диодный ограничитель мощности СВЧ сигнала. Приоритет от 20.12.2012. НПК:Н01Р1/00.