

Изобретение относится к радиотехнике и предназначено для использования в технике СВЧ в различных волноводных полупроводниковых СВЧ устройствах, в том числе в аттенуаторах, модуляторах, смесителях, детекторах.

Известны полупроводниковые СВЧ устройства [1], содержащие отрезок прямоугольного волновода, в Е-плоскости которого по его продольной оси установлена металлодиэлектрическая вставка со щелевой линией, в которой установлены полупроводниковые элементы на расстоянии друг от друга менее четверти длины волны. Такие устройства обладают рядом известных технологических достоинств и обеспечивают хорошее согласование полупроводниковых элементов в широкой полосе рабочих частот.

Известны также полупроводниковые СВЧ управляющие устройства в волноводном исполнении, например, аттенуаторы [2], в которых для увеличения развязки применены металлические вставки, уменьшающие ширину волновода на участке со щелевой линией.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному устройству является выбранное в качестве прототипа управляющее устройство [3], в котором использованы металлические гребни на широких стенках волновода, имеющие клинообразную форму в поперечном сечении и между которыми установлена щелевая линия с полупроводниковыми элементами, размещенными в ее щели. Такие гребни позволяют уменьшить потери в СВЧ устройстве за счет улучшения распределения вектора напряженности электрического поля в волноводе со щелевой линией.

Недостатком прототипа является значительное влияние коэффициента отражения нагрузки на коэффициент передачи СВЧ устройства, а также на основные параметры, в том числе начальные потери, развязку. Это, в свою очередь, определяет такие недостатки как:

- взаимное влияние СВЧ устройств, ухудшающее начальные потери и развязку при их каскадном включении;
- паразитную амплитудную модуляцию СВЧ устройства при фазомодулированном СВЧ сигнале.

Задачей изобретения является создание полупроводникового СВЧ устройства, в котором за счет устранения возможности преобразования основного типа волн в высшие происходит уменьшение зависимости коэффициента передачи от амплитуды и фазы коэффициента отражения нагрузки, что уменьшает взаимное влияние СВЧ устройств при их каскадном включении.

Задача решается тем, что в полупроводниковом СВЧ устройстве, содержащем отрезок прямоугольного волновода с первыми металлическими клинообразными гребнями на его широких стенках и установленной между ними, в Е-плоскости отрезка прямоугольного волновода на его оси симметрии, щелевой линией с полупроводниковыми элементами, которые включены в ней на расстоянии  $\lambda/4$  один от другого, где  $\lambda$  - длина волны в волноводе, и согласующие переходы, согласно изобретению

на узких стенках отрезка волновода размещены вторые введенные металлические усеченные клинообразные гребни, боковые стороны которых параллельны близлежащим сторонам первых гребней, зазор между усеченными вершинами вторых гребней выбран не более  $\lambda/4$ , а расстояние между боковыми близлежащими сторонами первых и вторых гребней не менее  $\lambda/20$ ;

согласующие переходы выполнены в виде одного-двух четвертьволновых отрезков, волноводов, включающих усеченные клинообразные металлические гребни на их широких стенках и образующих ступеньки по высоте гребней и ширине отрезка прямоугольного волновода, при этом плоскости боковых сторон вторых гребней в согласующих переходах совпадают с соответствующими сторонами первых гребней.

Эти существенные признаки позволяют достичь следующий технический результат - уменьшить зависимость коэффициента передачи полупроводникового СВЧ устройства от амплитуды и фазы коэффициента отражения нагрузки.

Введение дополнительных гребней и размещение их на узких стенках отрезка волновода препятствует преобразованию волн основного типа  $H_{10}$  в высшие типы, т.к. дополнительные гребни заполняют (экранируют) области волновода, в которых эти типы волн могут возникнуть. При этом форма дополнительных гребней, а именно параллельность их сторон близлежащим сторонам гребней и щелевой линии, позволяет создать благоприятные условия для распространения волн  $H_{10}$ , обеспечивая минимальные потери при подавлении волн высших типов.

Поскольку преобразования волн основного типа  $H_{10}$  в высшие типы связаны с резкими резонансными изменениями коэффициента передачи, резонансная частота и амплитуда которых зависит от амплитуды и фазы коэффициента отражения нагрузки, то устранение возможности этих преобразований, соответственно, уменьшает зависимость коэффициента передачи СВЧ устройства от коэффициента отражения нагрузки.

Равенство длины дополнительных металлических гребней с основными гребнями обеспечивает за счет краевых эффектов дополнительную компенсацию реактивности крайних полупроводниковых элементов и краев щелей линии, при этом достигается улучшение согласования этих полупроводниковых элементов и, следовательно, уменьшается также зависимость коэффициента передачи СВЧ устройства от коэффициента отражения нагрузки.

Выполнение зазора между усеченными вершинами дополнительных гребней не более  $\lambda/4$ , а расстояния между боковыми близлежащими сторонами основных и дополнительных гребней не менее  $\lambda/20$  обеспечивает более равномерное распределение волн  $H_{10}$  по сечению волновода за счет частичного перераспределения, с помощью дополнительных гребней, напряженности поля волн  $H_{10}$  на периферийные области волновода и одновременно ухудшает условия распространения волн высших порядков в этих областях.

Выполнение согласующих переходов из одного-двух четвертьволновых отрезков волноводов, содержащих усеченные клинообразные металлические гребни на их широких стенках и образующих ступеньки на высоте основных гребней и ширине волновода, позволяет сконцентрировать за счет краевых эффектов значительную часть электромагнитного поля на ступеньках и, таким образом, достичь эффект перераспределения вектора напряженности электромагнитного поля вдоль волновода. При этом напряженность поля на полупроводниковых элементах уменьшается и, соответственно, уменьшается влияние коэффициента передачи СВЧ устройства от коэффициента отражения нагрузки.

Наличие в согласующих переходах двух четвертьволновых отрезков волноводов позволяет получить полосу пропускания СВЧ устройства, соответствующую полному диапазону частот волновода, выполнение согласующих переходов на одном четвертьволновом отрезке волновода приводит к получению более узкополосного

устройства. При этом следует отметить, что увеличение количества четвертьволноводных отрезков в согласующих переходах приводит к ослаблению заявляемого положительного эффекта.

Размеры ступенек по высоте гребней и ширине волновода в согласующих переходах выбирают из условия обеспечения заданной функции изменения волнового сопротивления и одноволновости в каждом из четвертьволновых отрезков согласующих переходов.

Совпадение плоскостей боковых сторон гребней в согласующих переходах с соответствующими сторонами основных гребней позволяет улучшить согласование отрезка волновода со щелевой линией со стандартным волноводом за счет большей однородности волн в этих отрезках волноводов и согласующих переходах.

При этом достижение большей однородности волн на стыках обеспечивает меньшие преобразования волн в высшие типы и, следовательно, меньшую зависимость коэффициента передачи СВЧ устройства от коэффициента отражения нагрузки.

Таким образом, все отличительные признаки в совокупности обеспечивают получение заявляемого технического результата.

Изобретение поясняется чертежом, где схематически изображена конструкция заявляемого полупроводникового СВЧ устройства в прямоугольных проекциях.

Возможность осуществления изобретения подтверждается примером конкретного выполнения, которым является широкополосный быстродействующий СВЧ аттенюатор, содержащий отрезок прямоугольного волновода 1 с основными металлическими гребнями 2, 3 клинообразной формы в поперечном сечении и расположенными на его широких стенках, установленную между ними в Е-плоскости отрезка прямоугольного волновода 1 на его оси симметрии щелевую линию 4, размещенную на диэлектрической подложке, например, из полиамидной пленки и продольная ось которой совпадает с продольной осью отрезка прямоугольного волновода. В щелевую линию включены рпн-диоды 5, размещенные на расстоянии  $\lambda/4$  друг от друга. На входе и выходе устройства выполнены согласующие переходы 6. На узких стенках волновода 1 размещены дополнительные металлические усеченные клинообразные гребни 7, 8, ширина которых у узких стенок равна их ширине и боковые стороны которых параллельны близлежащим сторонам основных гребней 2, 3.

Длина дополнительных металлических гребней 7, 8 равна длине основных гребней 2, 3.

Зазор между усеченными вершинами дополнительных гребней 7, 8 приблизительно составляет  $\lambda/4$ , а расстояние между боковыми противоположными сторонами основных гребней составляет приблизительно  $\lambda/20$ .

Согласующие переходы 6 включают в себя два четвертьволновых отрезка 9, 10 волновода, содержащих усеченные клинообразные металлические гребни на их широких стенках и образующих ступеньки 11, 12 по высоте гребней и ступеньки 13, 14 по ширине волновода. При этом боковые стороны гребней в согласующих переходах совпадают с соответствующими сторонами основных гребней, а размеры ступенек 11, 12 по высоте гребней и ступеньки 13, 14 по ширине волновода в согласующих переходах выбраны так, чтобы выполнялась Чебышевская функция изменения волновых сопротивлений стандартного волновода и волноводно-щелевой линии.

Изолированный от корпуса ввод питания 15 обеспечивает подачу питания на полупроводниковые элементы 5. В качестве управляющих полупроводниковых элементов, например, использованы р-л-п диоды с балочными выводами.

Аттенюатор работает следующим образом: в режиме пропускания СВЧ сигнала при отсутствии тока через р-л-п диоды 5 СВЧ сигнал проходит по щелевой линии 4 с минимальными потерями. В режиме запирающего аттенюатора при подаче напряжения прямого смещения на ввод питания 15 через р-л-п диоды протекает прямой ток, обеспечивающий их низкоомное состояние и соответствующее за闭ание СВЧ сигнала.

A-A

