



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1755339 A1

(51)5 H 01 L 39/16

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4807314/25
(22) 28.03 90
(46) 15 08 92 Бюл. № 30
(71) Специальное конструкторское бюро при
Полтавском заводе "Знамя"
(72) Вас. В. Онушко и Вал. В. Онушко
(56) Патент США № 2743322, кл. 330-5, 1956.
Патент США № 2760013, кл. 330-5, 1956.
(54) ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ
(57) Изобретение относится к усилителям
СВЧ с применением сверхпроводников и
может быть использовано во входных при-

2

емных радиоэлектронных устройствах в качестве предварительного маломощного усилителя СВЧ. Устройство содержит токонесущий элемент с контактами на концах, установленный в систему замедления, соединенную с входной и выходной передающими линиями. Новым является применение в качестве токонесущего элемента тонкой сверхпроводящей пленки толщиной не более глубины проникновения поля в сверхпроводник, нанесенной на диэлектрическое основание. 2 з.п.ф-лы, 4 ил.

Изобретение относится к усилителям СВЧ с использованием сверхпроводников и может быть использовано во входных приемных радиоэлектронных устройствах в качестве предварительного маломощного усилителя СВЧ.

Известны конструкции твердотельных усилителей, в которых электроны и дырки, дрейфующие в полупроводниковом стержне или пленке под воздействием приложенного внешнего электрического поля, взаимодействуют с синхронно-бегущим по замедляющей системе полем усиливаемого сигнала СВЧ.

Недостатком такого усилителя является небольшой коэффициент усиления и сравнительно большой коэффициент шума ($\sim 7 + 10$ дБ), что неприемлемо для высокочувствительных приемных устройств.

Известен твердотельный усилитель, который представляет собой аналог вакуумной лампы бегущей волны (ЛБВ) и содержит токонесущий полупроводниковый стержень (или пластину) с контактами на концах для создания дрейфа зарядов, расположенный в замедляющей системе, которая электриче-

ски соединена с входной и выходной линиями передачи.

Недостатком известного усилителя является наличие в полупроводниковом стержне донорных (или акцепторных) примесей, на которых происходит рассеяние дрейфующих электронов и дырок, причем чем выше частота соударений V носителей тока с примесями, тем больше носителей тока выходит из синхронизма с бегущей волной, тем меньше становится коэффициент усиления и тем больше коэффициент шума усилителя.

Целью изобретения является повышение коэффициента усиления и получения предельно низкого коэффициента шума усилителя за счет исключения соударений носителей тока с неоднородностями в токопроводящем элементе усилителя.

Указанная цель достигается тем, что в известной конструкции твердотельного усилителя, содержащего токонесущий элемент с контактами на концах, расположенный в замедляющей системе, которая электрически соединена с входной и выходной линиями передачи, токонесущий элемент изготавливается из сверхпроводящей плен-

(19) SU (11) 1755339 A1

Р 77:3

ки толщиной не более глубины проникновения поля в сверхпроводник и изолируется от замедляющей системы слоем диэлектрика.

Предлагаемый твердотельный усилитель отличается тем, что в нем токонесущий элемент выполнен в виде тонкой сверхпроводящей пленки толщиной не более глубины проникновения поля в сверхпроводник, в результате чего во взаимодействии с полем бегущей волны принимают участие куперовские электронные пары, не испытывающие соударений при движении.

На фиг. 1 изображен усилитель, общий вид; на фиг. 2 – вольтамперная характеристика сверхпроводящей пленки усилителя, на фиг. 3 – пример конструктивного исполнения усилителя, на фиг. 4 – разрез А–А на фиг. 3.

Твердотельный усилитель (фиг. 1) содержит тонкую пленку сверхпроводника 1, находящегося в сверхпроводящем состоянии, два контакта 2 на концах сверхпроводника, через которые на пленку 1 подается напряжение от источника Е

Пленка 1 через слой диэлектрика 3 соединена с плоским металлическим экраном 4 и через слой диэлектрика 5 – с зигзагообразным проводником 6. Проводник 6 с диэлектрическими слоями 3 и 5 и металлическим экраном 4 образуют несимметричную полосковую замедляющую систему для снижения фазовой скорости усиленного сигнала СВЧ до скорости движения куперовских электронных пар в пленке 1.

Концы проводника 6 электрически соединены с входной передающей линией 7, по которой на усилитель подается усиливаемый сигнал от источника СВЧ 8, а с другой стороны – с выходной передающей линией 9, по которой усиленный сигнал от усилителя подается в нагрузку 10. В средней части на проводник 6 с диэлектрическим слоем 5 нанесен резистивный слой 11. Все проводящие и изолирующие слои усилителя могут быть изготовлены методом вакуумного напыления, а проводник 6 – методом фотолитографии.

Пример выполнения усилителя показан на фиг. 3 и 4.

Усилитель содержит тонкую пленку 1 сверхпроводника, два контакта 2 на концах сверхпроводника, через которые на пленку 1 подается напряжение от источника Е. Пленка 1 нанесена на диэлектрический стержень 3 и сверху покрыта слоем диэлектрика 4, на который навита спираль 5. Спираль 5 на входном конце усилителя кондуктивно или электрически соединена с входной линией 6 передачи и источником СВЧ 7. Выходной конец спирали 5 также

кондуктивно или электрически соединен с выходной линией 8 передачи и нагрузкой 9. Средняя часть спирали 5 и диэлектрический слой 4 покрыты резистивным слоем 10.

Усилитель (фиг. 1) работает следующим образом.

Источник Е внешней электрической цепи, электрически соединенный через переменный резистор R с контактами 2 на концах сверхпроводящей пленки 1, находящейся в сверхпроводящем состоянии, создает в последней направленное движение куперовских пар сверхпроводящих электронов, причем движение электронных пар направлено от входа (входной передающей линии 7) усилителя к его выходу

Сверхпроводящие электронные пары в пленке 1 при движении вообще не испытывают соударений с примесями и решеткой пленки 1, причем скорость движения пар определяется следующим соотношением:

$$V_e = \frac{I}{2 \cdot n \cdot e \cdot t \cdot h} = \frac{E}{2 \cdot n \cdot e \cdot t \cdot h \cdot R},$$

где V_e – скорость движения электронных пар;

$$I = \frac{E}{R} \text{ – ток, текущий через пленку 1;}$$

n – концентрация сверхпроводящих электронов в пленке 1;

e – заряд электрона;

t, h – ширина и толщина пленки 1 соответственно;

E – ЭДС источника питания;

R – суммарное сопротивление электрической цепи (источника питания, резистора и подводящих проводов).

Электромагнитная волна, подлежащая усилению, подается от источника 8 через входную передающую линию 7 на вход усилителя и, распространяясь по проводнику 6, создает между ним и металлическим экраном 4 электромагнитное поле, пронизывающее тонкую сверхпроводящую пленку 1. Сверхпроводящие электронные пары, двигаясь вдоль пленки 1, под воздействием СВЧ-поля бегущей вдоль проводника 6 электромагнитной волны группируются в сгустки, точно так же, как это происходит с электронным пучком в вакуумной ЛБВ.

Далее так же, как и в ЛБВ, сгруппированные в сгустки электронные пары в пленке 1 начинают тормозиться в поле бегущей волны и отдают ей часть своей кинетической энергии, вызывая экспоненциальное нарастание распространяющейся по проводнику 6 электромагнитной волны. При этом аналогично ЛБВ условием усиления является равенство скорости электронных пар V_e и фазовой скорости распространения волны по проводнику 6 V_ϕ , т.е. $V_e \approx V_\phi$.

Усиленная электромагнитная волна через выходную передающую линию усилителя 9 направляется в нагрузку 10. Пленочный поглотитель СВЧ-энергии 11 предотвращает самовозбуждение усилителя.

Изменяя ток I , текущий через сверхпроводящую пленку 1 в пределах от 0 до критического значения I_c (участок ОА вольтамперной характеристики пленки 1 на фиг. 2) с помощью переменного резистора R, можно изменять в широких пределах скорость дрейфа электронных пар V_e в пленке 1 и тем самым выбирать оптимальный режим работы усилителя. При увеличении тока I пленки 1 больше критического значения I_c , вольтамперная характеристика пленки терпит разрыв (участок АВ на фиг. 2) и пленка 1 скачкообразно переходит в нормальное резистивное состояние (участок ВС на фиг. 2).

Оптимальная толщина сверхпроводящей пленки h усилителя не должна превышать глубины проникновения электромагнитного поля в сверхпроводник λ , так как в противном случае до электронных пар, находящихся глубже, поле электромагнитной волны, распространяющейся по проводнику 6, не проникает и они дрейфуют в пленке 1 с постоянной скоростью, не участвуя в группировке пар и усилении, приводя к ненужным потерям мощности источника на резисторе R.

Усилитель, изображенный на фиг. 3 и 4, работает следующим образом.

Источник E, электрически связанный со сверхпроводящей пленкой 1 через переменный резистор R и контакты 2, создает в ней движение сверхпроводящих электронных пар, направленное от входной передающей линии 6 к выходной линии 8.

Сигнал СВЧ, подлежащий усилению, подается от источника 7 через входную передающую линию 6 на вход спирали 5. Электромагнитное поле сигнала СВЧ проникает через диэлектрик 4 в пленку 1 и, двигаясь синхронно с электронными парами к выходу

усилителя, вызывает их группировку. Сгруппированные сгустки электронных пар, тормозясь в электромагнитном поле бегущей волны по спирали 5, усиливает ее. Усиленная электромагнитная волна с выхода спирали 5 через выходную передающую линию 8 направляется в нагрузку 9.

Использование в усилителе куперовских сверхпроводящих электронных пар в качестве носителей зарядов, которые вообще при дрейфе не испытывают соударений с решеткой и ее примесями, позволяет достичь максимального коэффициента усиления усилителя и снизить температуру шума усилителя до криогенных температур.

Расчет показал, что коэффициент усиления предлагаемого усилителя больше коэффициента усилителя-прототипа на 16 дБ при прочих равных условиях и имеет температуру шума ≈ 15 К.

Формула изобретения

1. Твердотельный усилитель, содержащий токонесящий элемент с двумя контактами на концах и замедляющую систему, которая электрически соединена с входной и выходной линиями передачи и отделена диэлектрическим слоем от токонесящего элемента, отличающийся тем, что, с целью повышения коэффициента усиления и снижения коэффициента шума, токонесящий элемент выполнен в виде тонкой сверхпроводящей пленки, нанесенной на диэлектрическое основание и толщиной не более глубины проникновения поля в сверхпроводник.

2. Усилитель по п. 1, отличающийся тем, что диэлектрическое основание выполнено в виде цилиндра, при этом система замедления навита на него в виде спирали.

3. Усилитель по п. 1, отличающийся тем, что диэлектрическое основание выполнено в виде пластины, при этом замедляющая система нанесена на него в виде зигзагообразного проводника.

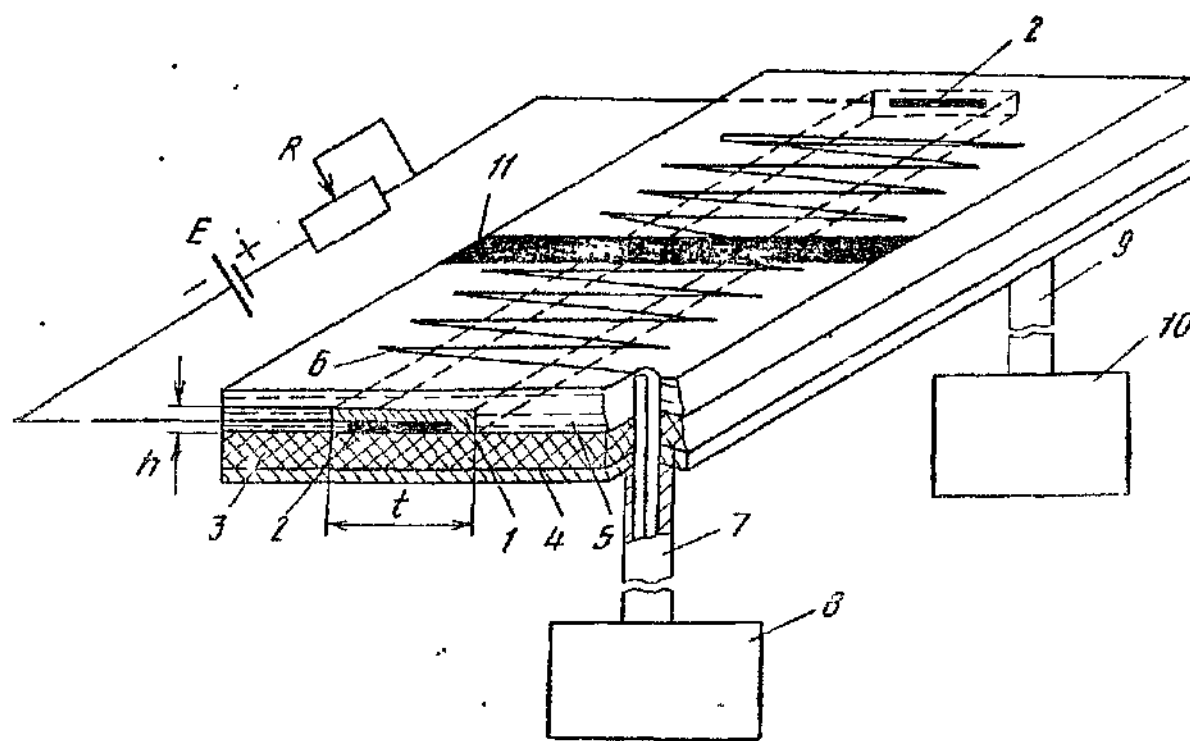


Fig. 1

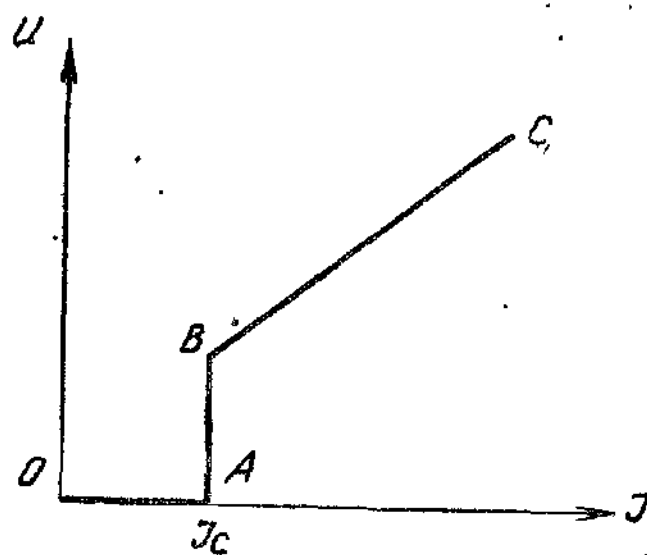
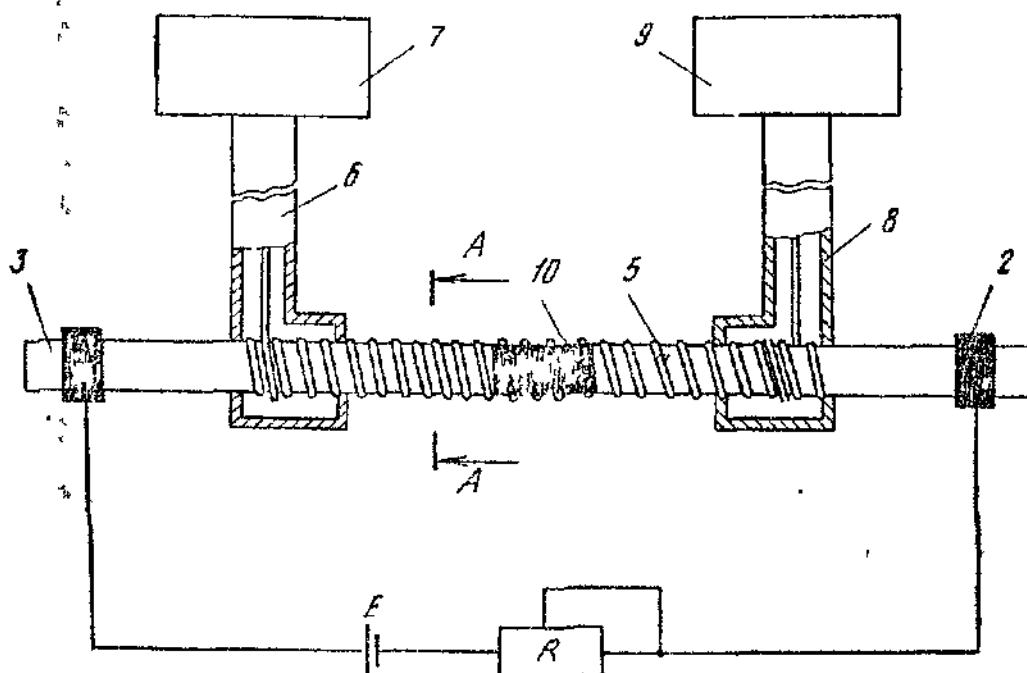
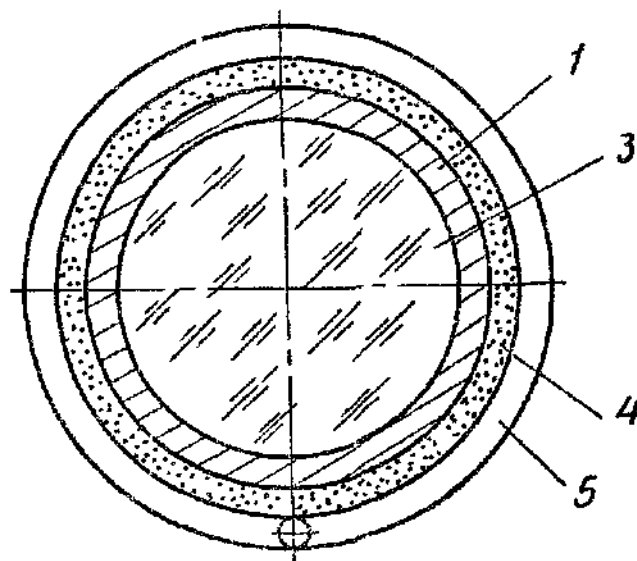


Fig. 2



фиг. 3

A-A



фиг. 4

Редактор Е Копча

Составитель В Онушко
Техред М Моргентал

Корректор И. Шулла

Заказ 2897

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

