



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2004117224/09**, **07.06.2004**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.06.2004(43) Дата публикации заявки: **20.11.2005**(45) Опубликовано: **20.02.2007** Бюл. № 5(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **IEEE TRANS.**, v.МТТ-33, 1985, п.10, pp.946-951. **RU 2206151 C1**, 10.06.2003. **RU 2014676 C1**, 15.06.1994. **US 5926129 A**, 20.07.1999. **EP 0399739 A**, 28.11.1990. **DE 3319573 A**, 06.12.1984. **DE 3629745 A**, 03.03.1988.

Адрес для переписки:

**603009, г.Нижний Новгород, пр-т Гагарина,
176, ФГУП НИИПИ "Кварц"**

(72) Автор(ы):

Стародубровский Руслан Константинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное унитарное
предприятие "Нижегородский научно-
исследовательский приборостроительный
институт "Кварц" (RU)**

(54) ФИЛЬТР НИЖНИХ ЧАСТОТ

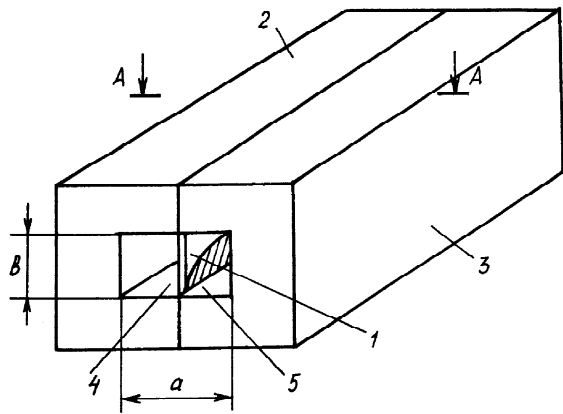
(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники, а именно к области СВЧ и КВЧ техники и применяется в различных радиотехнических устройствах, приборах, блоках для подавления нежелательных гармоник несущего сигнала, а также высших типов волн, проходящих по выбранному высокочастотному каналу. Фильтр нижних частот содержит две половины корпуса, в которых сформирован отрезок волноводного канала и введена диэлектрическая подложка в Е-плоскости волновода с нанесенными на двух ее противоположных поверхностях отрезками несимметричных волноводно-щелевых линий, переходящих в балансную микрополосковую линию. На отрезках этой линии выполнены емкостные и индуктивные элементы фильтрующей структуры, расположенные на двух противоположных сторонах подложки друг относительно друга. Диэлектрическая подложка имеет Н-образную гантелевидную форму, узкая часть которой содержит емкостные и индуктивные элементы фильтрующей структуры, а широкая часть подложки содержит отрезки несимметричной

волноводно-щелевой линии. Узкая часть подложки располагается в узкой выборке половин корпусов, а широкая располагается в выборках для установки диэлектрической подложки. Поперечные размеры узкой выборки половин корпусов и ширина узкой части подложки не должны превышать половины длины волны максимальной частоты полосы заграждения. Индуктивные элементы, расположенные на одной стороне подложки по одной горизонтальной линии, смещены в поперечном направлении относительно индуктивных элементов, расположенных на противоположной стороне подложки, а волновые сопротивления индуктивных элементов увеличены не менее чем в 1,5 раза относительно сопротивлений индуктивных элементов, расположенных друг относительно друга на противоположных сторонах подложки. Индуктивные элементы фильтрующей структуры на каждой из двух поверхностях подложки могут быть выполнены в виде меандра и смещены друг относительно друга на противоположных сторонах подложки. 1 з.п. ф-лы, 7 ил.

RU 2 294 036 C2

RU 2 294 036 C2



Фиг.1

RU 2294036 C2

RU 2294036 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2004117224/09, 07.06.2004**

(24) Effective date for property rights: **07.06.2004**

(43) Application published: **20.11.2005**

(45) Date of publication: **20.02.2007 Bull. 5**

Mail address:
**603009, g.Nizhnij Novgorod, pr-t Gagarina,
176, FGUP NNPI "Kvarts"**

(72) Inventor(s):
Starodubrovskij Ruslan Konstantinovich (RU)

(73) Proprietor(s):
**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatie "Nizhegorodskij nauchno-
issledovatel'skij priborostroitel'nyj
institut "Kvarts" (RU)**

(54) **LOW-PASS FILTER**

(57) Abstract:

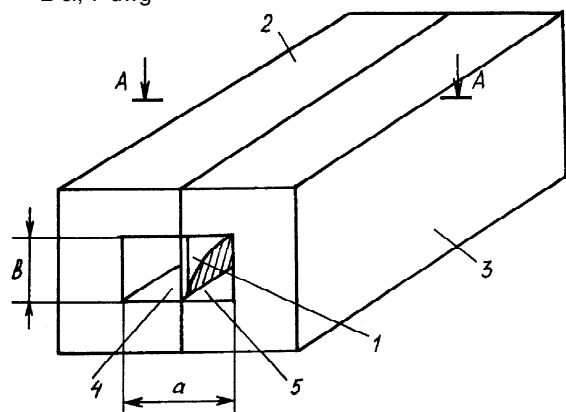
FIELD: radio engineering, in particular, SHF and EHF equipment, applicable in various radio engineering devices, instruments, units for suppression of unwanted harmonics of the carrying signal, as well as of the high-type waves passing through the selected high-frequency channel.

SUBSTANCE: the low-pass filter has two halves of the body, in which the waveguide channel is formed and a dielectric backing is introduced in the E-plane of the waveguide with the sections of asymmetric waveguide-slot lines applied on its two opposite surfaces passing to a balanced microband line. Made in the sections of this line are capacitive and inductive elements of the filter structure, located on the two opposite sides of the backing one relative each other. The dielectric backing has an H-shaped dumbbell shape, whose narrow part contains the capacitive and inductive elements of the filter structure, and the wide part of the backing contains the sections of the asymmetric waveguide-slot line. The narrow part of the backing is positioned in the narrow access of the body halves, and the wide one is positioned in the accesses for installation of the dielectric backing. The cross-sectional dimensions of the narrow access of the body halves and the width of the backing narrow part should not exceed a half of the wave length of the maximum frequency of the attenuation band. The inductive elements

located on one side of the backing in one horizontal line are shifted in the cross direction relative to the inductive elements located on the opposite side of the backing, and the wave impedances of the inductive elements are increased at least by 1.5 times relative to the impedance of the inductive elements located relative to one another on the opposite sides of the backing. The inductive elements of the filter structure on each of the two surfaces of the backing may be made in the form of a meander and shifted relative to each other on the opposite sides of the backing.

EFFECT: improved quality of suppression of the unwanted harmonics of the carrying signal.

2 cl, 7 dwg



Фиг.1

RU 2 2 9 4 0 3 6 C 2

RU 2 2 9 4 0 3 6 C 2

Изобретение относится к области радиотехники, а именно к области СВЧ и КВЧ техники и применяется в различных радиотехнических устройствах, приборах, блоках.

Фильтр нижних частот (ФНЧ) применяют для подавления нежелательных гармоник несущего сигнала, а также высших типов волн, проходящих по выбранному

5 высокочастотному каналу, т.е. в условиях пропускания полезного сигнала в заданной полосе частот и подавления нежелательных сигналов в полосе заграждения.

Традиционно в качестве ФНЧ в диапазонах сантиметровых и части миллиметровых длин волн применяют вафельные фильтры [1]. Они очень сложны в изготовлении, настройке, практически нереализуемы в коротковолновой части миллиметрового диапазона волн.

10 Развитие техники гибридно-интегральных схем, введение новых типов линий передачи - волноводно-щелевых (ВЩЛ), микрополосковых (МПЛ), компланарных и других открыли новые возможности выполнения ФНЧ миллиметрового диапазона. Наибольшее применение нашли ФНЧ на основе ВЩЛ, в которых элементы фильтра формируются на отрезках ВЩЛ с высоким и низким волновыми сопротивлениями [2]. Эти ФНЧ обладают, 15 несмотря на их технологичность, определенными недостатками. Они связаны, в первую очередь, с тем, что некоторая часть высокочастотной мощности просачивается в объем волновода, обходя ВЩЛ. Эта причина резко ограничивает частотную полосу запираания ФНЧ. В полосе запираания на выходе ФНЧ обнаруживаются нежелательные сигналы с малым ослаблением.

20 Известны также конструкции на основе ВЩЛ, в которых ВЩЛ переходит в МПЛ или балансную МПЛ (БМПЛ) [3, 4]. Более прогрессивной представляется конструкция ФНЧ на основе БМПЛ [4], которая взята в качестве прототипа. В корпусе прототипа [4] выполнен волноводный канал, в Е-плоскости которого встроена диэлектрическая подложка, на которой нанесена несимметричная ВЩЛ. Несимметричная ВЩЛ переходит в БМПЛ, 25 элементы фильтра выполнены на отрезках БМПЛ. Волноводный канал имеет прямоугольное поперечное сечение одинакового размера по всей длине корпуса. Диэлектрическая подложка представляет собой прямоугольную пластину, одинаковых габаритных размеров по всей ее длине и встроена в волноводный канал между двумя половинами корпуса. Несмотря на определенные достоинства конструкции прототипа [4] 30 она имеет серьезные недостатки в отношении полосы заграждения, так как в полосе заграждения через волноводный канал просачиваются нежелательные сигналы, минуя элементы фильтра на БМПЛ как по основной волне волновода, так и по высшим типам волн. Поэтому можно получить ослабление сигнала на уровне 30 дБ в небольшой полосе заграждения ($f_{вз}/f_{ср}$ не более 1,2:1-1,3:1, где $f_{вз}$ - верхняя частота полосы заграждения, $f_{ср}$ - 35 частота среза), а в широкой полосе заграждения (отношение $f_{вз}/f_{ср}$ порядка 2:1 и более) ослабление сигнала практически отсутствует. Это явление усугубляется тем, что подложка вводится в корпус и образуется щель, по которой нежелательные сигналы проникают на выход ФНЧ, в обход элементов фильтра.

Заявляемая конструкция позволяет существенно расширить полосу заграждения, 40 достигая отношения $f_{вз}/f_{ср}$ более чем 2:1 при обеспечении уровня ослабления более 30-35 дБ в полосах заграждения до частот 100-250 ГГц.

Расширение полосы заграждения при обеспечении уровня ослабления более 30-35 дБ в полосах заграждения для частот до 100-250 ГГц достигается тем, что в заявляемом 45 фильтре нижних частот, содержащем две половины корпуса, в которых сформирован отрезок волноводного канала и введена диэлектрическая подложка в Е-плоскости волновода с нанесенными на двух ее противоположных поверхностях отрезками несимметричных волноводно-щелевых линий, переходящих в балансную микрополосковую линию, на отрезках которой выполнены емкостные и индуктивные элементы фильтрующей 50 структуры, расположенные на двух противоположных сторонах подложки друг относительно друга, волноводный канал представляет собой два одинаковых отрезка, соединенных между собой узкой продольной выборкой, поперечные размеры которой не менее чем в 2-3 раза меньше поперечных размеров отрезков волноводного канала и определяются шириной емкостного элемента фильтрующей структуры, диэлектрическая

подложка имеет Н-образную гантелевидную форму, узкая часть которой содержит емкостные и индуктивные элементы фильтрующей структуры, а широкая часть подложки содержит отрезки несимметричной волноводно-щелевой линии, причем узкая часть подложки располагается в узкой выборке половин корпусов, а широкая располагается в

5 выборках для установки диэлектрической подложки, при этом поперечные размеры узкой выборки половин корпусов и ширина узкой части подложки не должны превышать половины длины волны максимальной частоты полосы заграждения.

В качестве альтернативы выполнения элементов фильтрующей структуры предложено два варианта: первый вариант, когда индуктивные элементы, расположенные на одной

10 стороне подложки по одной горизонтальной линии, смещены в поперечном направлении относительно индуктивных элементов, расположенных на противоположной стороне подложки, а волновые сопротивления индуктивных элементов увеличены не менее чем в 1,5 раза по сравнению с сопротивлением индуктивных элементов, расположенных друг

15 относительно друга на противоположных сторонах подложки, и второй вариант, при котором индуктивные элементы фильтрующей структуры на каждой из двух поверхностях подложки располагаются в виде меандра и смещены друг относительно друга на противоположных сторонах подложки.

На фиг.1 представлен фильтр нижних частот миллиметрового диапазона длин волн, где обозначено:

20 1 - диэлектрическая подложка;

2 - первая половина корпуса фильтра;

3 - вторая половина корпуса фильтра;

4, 5 - две части первого отрезка волноводного канала, выполненные в первой и второй половинах корпуса соответственно;

25 а, b - ширина и высота волноводного канала соответственно.

На фиг.2 представлена диэлектрическая подложка, где обозначено:

1 - диэлектрическая подложка;

6, 8, 7, 9 - отрезки несимметричной ВЦЛ, нанесенные на две противоположные стороны подложки соответственно;

30 10, 11 - отрезки балансной микрополосковой линии (БМПЛ);

12, 13 - емкостные и индуктивные элементы фильтрующей системы соответственно на БМПЛ;

b - высота волноводного канала;

c - толщина подложки 1;

35 d - ширина емкостного элемента 12.

На фиг.3 показана первая половина корпуса фильтра, где обозначено:

2 - первая половина корпуса фильтра;

4 - часть первого отрезка волноводного канала, выполненная в первой половине корпуса;

40 14 - часть второго отрезка волноводного канала, выполненная в первой половине корпуса;

15 - узкая продольная выборка в первой половине корпуса;

16, 17 - выборки для установки диэлектрической подложки в первой половине корпуса.

На фиг.4 показана вторая половина корпуса фильтра, где обозначено:

45 3 - вторая половина корпуса фильтра;

5 - часть первого отрезка волноводного канала, выполненная во второй половине корпуса;

18 - часть второго отрезка волноводного канала, выполненная во второй половине корпуса;

50 19 - узкая продольная выборка во второй половине корпуса.

На фиг.5 представлено поперечное сечение фильтра в сечении А-А, где обозначено:

1 - диэлектрическая подложка;

2 - первая половина корпуса;

3 - вторая половина корпуса;
 12 - емкостной элемент фильтрующей структуры;
 15, 19 - узкие продольные выборки в первой 2 и второй 3 половинах корпусов

соответственно.

5 На фиг.6 представлен первый вариант альтернативного выполнения фильтрующей структуры, где обозначено:

1 - диэлектрическая подложка;
 12 - емкостной элемент на верхней поверхности подложки 1;
 13 - индуктивный элемент на верхней поверхности подложки 1;

10 20 - индуктивный элемент на нижней поверхности подложки 1, смещенный в поперечном направлении относительно элемента 13.

На фиг.7 представлен второй вариант альтернативного выполнения фильтрующей структуры, где обозначено:

1 - диэлектрическая подложка;
 15 12 - емкостной элемент на верхней поверхности подложки 1;
 13 - индуктивный элемент на верхней поверхности подложки 1;

21 - индуктивный элемент на нижней поверхности подложки 1, смещенный в поперечном направлении относительно элемента 13.

20 Фильтр нижних частот имеет корпус, состоящий из двух половин 2 и 3, в которых выполнены части первого и второго отрезков волноводного канала 4, 14 и 5, 18 соответственно, в которые вставляется диэлектрическая подложка 1 Н-образной, гантелевидной формы, расположенная в Е-плоскости волноводного канала. На широких концах подложки 1 с двух противоположных сторон нанесены отрезки несимметричной ВЩЛ 6, 7 и 8, 9 с плавно изменяющимся профилем, которые переходят в отрезки балансной микрополосковой линии (БМПЛ) 10, 11. В узкой части подложки 1 на двух ее

25 противоположных сторонах расположены емкостные 12 и индуктивные 13 элементы фильтрующей структуры на основе БМПЛ.

В первой половине корпуса фильтра 2 отрезки волноводного канала 4, 14 соединены узкой продольной выборкой 15. Во второй половине корпуса 3 отрезки волноводного

30 канала 5, 18 соединены узкой продольной выборкой 19.

В первой половине корпуса 2 выполнены также выборки 16, 17 для установки диэлектрической подложки 1 в корпусе. Подложка 1 гантелевидной формы широкими частями укладывается в выборки 16 и 17 первой половины корпуса 2, а узкая часть подложки 1 с элементами фильтрующей структуры располагается в узкой продольной

35 выборке 15. При сборе половин корпуса 2 и 3 узкая часть подложки 1 помещается в узкой камере, образованной выборками 15 и 19.

Максимальная частота заграждения определяется поперечными размерами выборок 15, 19. Они не должны превышать половины длины волны заданной максимальной частоты полосы заграждения.

40 Принцип действия ФНЧ следующий. Поступающий на вход фильтра СВЧ или КВЧ сигнал проходит в волноводный канал, образованный частями 4 и 5 собранных вместе половин корпуса 2 и 3, и возбуждает ВЩЛ 6, 7 на подложке 1, встроенной в Е-плоскости отрезка волноводной линии 4, 5. По мере продвижения СВЧ волны вдоль ВЩЛ практически вся высокочастотная мощность концентрируется между ребрами ВЩЛ. Одновременно с

45 изменением профиля ВЩЛ вдоль отрезка 6, 7 происходит трансформация волнового сопротивления от входа волноводного канала порядка 400-500 Ом к более низкому сопротивлению 50-70 Ом. На выходе ВЩЛ осуществляется переход к отрезку балансной микрополосковой линии (БМПЛ) 10, представляющему собой проводники с

50 противоположными по знаку потенциалами, расположенные симметрично на обеих поверхностях подложки 1. На основе БМПЛ в узкой части Н-образной подложки 1 формируют емкостные 12 и индуктивные 13 квазисосредоточенные элементы фильтрующей структуры. Поперечные размеры узкой продольной выборки 15, 19 в несколько раз (в 2-3 раза) меньше поперечных размеров отрезков волноводного канала

фильтра 4, 5 и 14, 18. Поэтому в выборку 15, 19 не может попасть основная волна H_{10} в волноводе и первые высшие типы волн. Это имеет решающее значение для работы фильтра в полосе заграждения. В выборке 15, 19 возможно распространение только поперечной волны (Т-волны), проходящей по элементам 12, 13 фильтрующей структуры с помощью БМПЛ. Соответствующим выбором ширины емкостного элемента 12 можно обеспечить широкую полосу заграждения.

Максимальная частота заграждения определяется поперечными размерами выборки 15, 19. Они не должны превышать половины длины волны заданной максимальной частоты полосы заграждения. С учетом данного требования подбирается толщина подложки 1 "с" и ширина "d" емкостного элемента 12. После прохождения элементов 12, 13 фильтрующей структуры СВЧ волна после участка 11 БМПЛ снова преобразуется в волну, распространяющуюся в отрезках несимметричной ВЩЛ 8, 9 и затем появляется на выходе отрезка волноводного канала, образованного частями 14, 18. Таким образом, на выходе ФНЧ появляется только сигнал, прошедший через узкую выборку 15, 19, где были созданы условия для прохождения только поперечной Т-волны. Поэтому на выходе фильтра в полосе заграждения не появится даже малая часть мощности, связанная прямо с волной H_{10} и первыми высшими модами и уровень ослабления сигнала более 30-35 дБ в полосе заграждения до частот 100-250 будет обеспечен.

Для коротковолновой части диапазона миллиметровых волн электрические длины элементов фильтрующей структуры увеличиваются и перестают быть квазисосредоточенными элементами, что приводит принципиально к ограничению полосы заграждения сверху. Для работы на частотах порядка 150 ГГц и выше в заявляемой конструкции предлагается смещение индуктивных отрезков друг относительно друга на обеих сторонах подложки. При этом волновое сопротивление индуктивных элементов возрастает в 1,5 раза, что позволяет уменьшить длину индуктивных элементов и считать их квазисосредоточенными на более высоких частотах, что обеспечивает дополнительное расширение полосы заграждения.

Проведенные экспериментальные исследования волноводных фильтров на основе заявляемой конструкции для различных волноводных каналов (сечения волноводов $11 \times 5,5$; $7,2 \times 3,4$; $5,2 \times 2,6$; $2,4 \times 1,2$ мм с рабочими диапазонами частот 17,4-25,8; 25,86-37,5; 37,5-53,5; 78,3-118,1 ГГц соответственно) показали, что обеспечивается уровень ослабления сигнала не менее 35-40 дБ в полосах заграждения с отношением $f_{вз}/f_{ср}$ от 2:1 до 3:1.

Библиографические данные

1. Д.Л.Маттей, Л.Янг, Е.М.Т.Джонс. "Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи", Изд. "Связь", М., 1971, с.323-345.
2. R.Vahdieck. Quasi-planar filters for millimeter-wave applications, IEEE Trans., v.MTT-37, n.2, 1989, pp.324-334.
3. D.A.Williams. Millimeter-wave components and subsystems built using microstrip technology, IEEE Trans., v.MTT-39, n.5, 1991.
4. H.Mizuno, C.J.Verner, R.J.Douville, M.G.Stubbs. Propagation in broadside-coupled suspended-substrate stripline in E-plane, IEEE Trans., v.MTT-33, n.10, 1985, pp.946-951.

Формула изобретения

1. Фильтр нижних частот, содержащий две половины корпуса, в которых сформирован отрезок волноводного канала и введена диэлектрическая подложка в Е-плоскости волновода, располагающаяся в выборках корпуса, с нанесенными на двух ее противоположных поверхностях отрезками несимметричных волноводно-щелевых линий, переходящих в балансную микрополосковую линию, на отрезках которой выполнены емкостные и индуктивные элементы фильтрующей структуры, расположенные на двух противоположных сторонах подложки друг относительно друга, отличающийся тем, что диэлектрическая подложка имеет Н-образную гантелевидную форму, фильтрующая структура выполнена таким образом, что индуктивные элементы, расположенные на одной

стороне подложки по одной горизонтальной линии, смещены в поперечном направлении относительно индуктивных элементов, расположенных на противоположной стороне подложки, причем поперечные размеры узкой части подложки определяются шириной емкостного элемента фильтрующей структуры.

- 5 2. Фильтр нижних частот по п.1, отличающийся тем, что индуктивные элементы фильтрующей структуры на каждой из двух поверхностях подложки располагаются в виде меандра и смещены друг относительно друга на противоположных сторонах подложки.

10

15

20

25

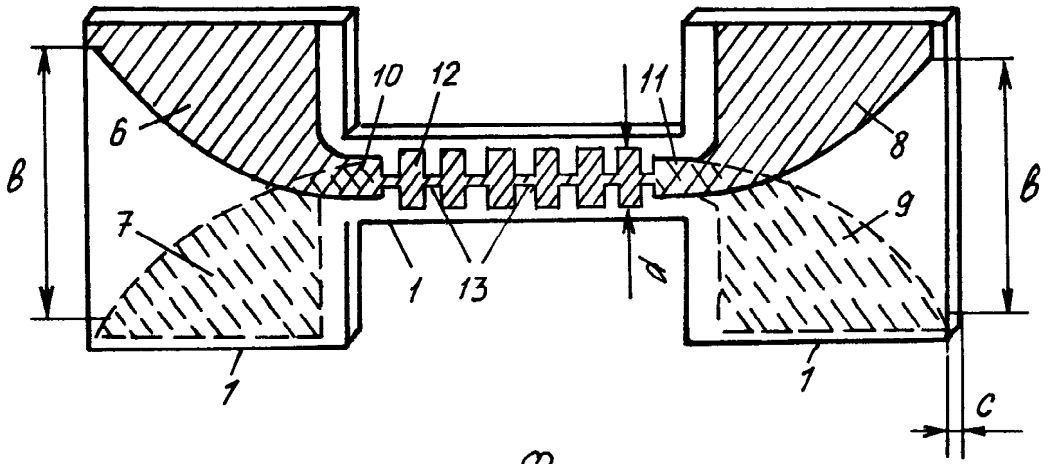
30

35

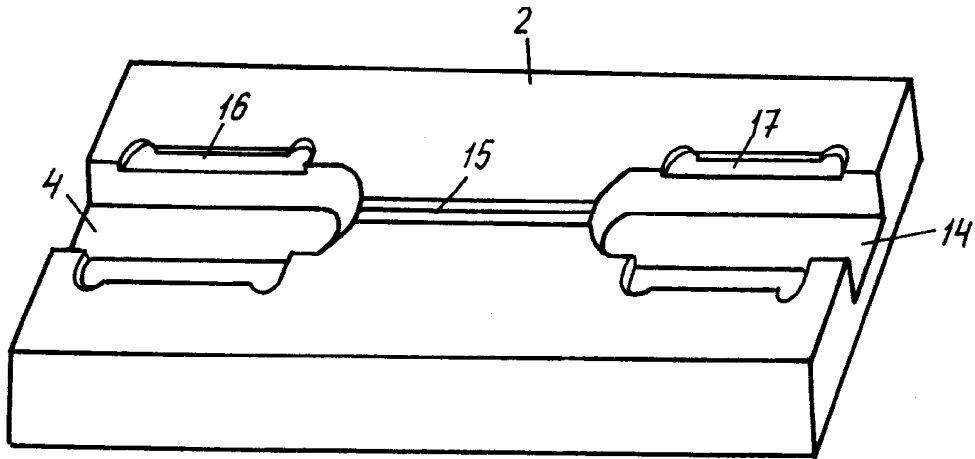
40

45

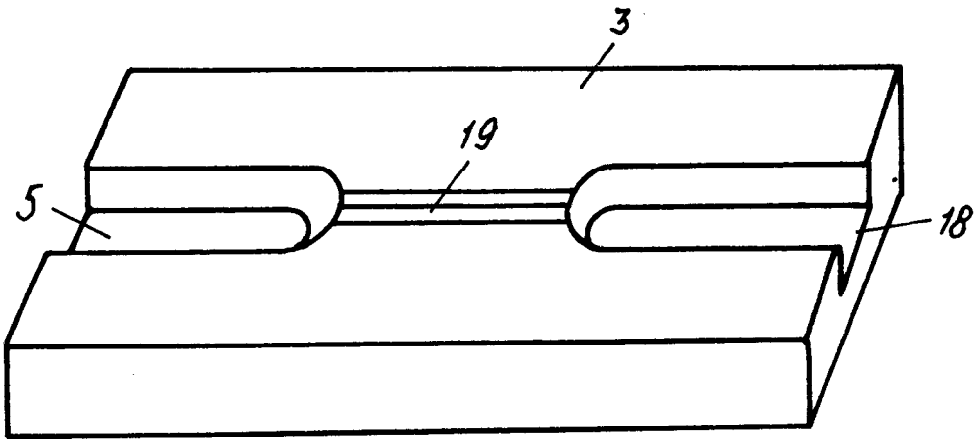
50



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

A-A

