



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005135611/09, 16.11.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
16.11.2005

(45) Опубликовано: 27.04.2007 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 1030889 A1, 23.07.1983. SU 444286  
A, 25.09.1974. SU 1238177 A2, 15.06.1986. SU  
1518837 A1, 30.10.1989. JP 7226601 A,  
22.08.1995. JP 60223304 A, 07.11.1985.

Адрес для переписки:  
660036, г.Красноярск, Академгородок,  
патентный отдел, Ин-т физики

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Лексиков Александр Александрович (RU),  
Лексиков Андрей Александрович (RU)

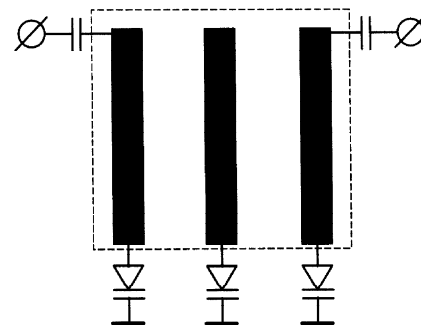
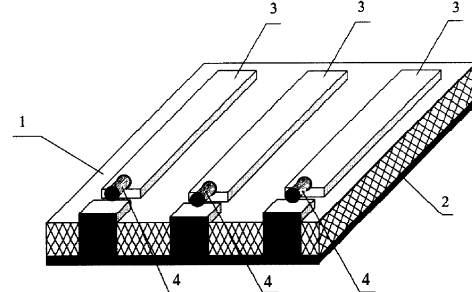
(73) Патентообладатель(и):

Институт физики им. Л.В. Киренского  
Сибирского отделения РАН (RU)

## (54) УПРАВЛЯЕМЫЙ ФАЗОВРАЩАТЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике высоких и сверхвысоких частот и может использоваться для управления фазой сигналов в антенных решетках и системах передачи информации. Техническим результатом изобретения является миниатюризация устройства. Управляемый фазовращатель содержит диэлектрическую подложку, на одной поверхности которой нанесены металлические полосковые проводники, а на другой поверхности нанесен экранирующий проводник линии передачи. Экранирующий проводник линии передачи выполнен сплошным. Одним концом полосковые проводники соединены через варакторы с экранирующим проводником и электромагнитно связаны друг с другом. Вход и выход устройства подключены к крайним полосковым проводникам. Фаза сигнала регулируется изменением емкости варакторов. При этом управляемый фазовый сдвиг тем больше, чем выше нагруженная добротность резонаторов и больше сдвиг полосы пропускания. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2005135611/09, 16.11.2005**

(24) Effective date for property rights: **16.11.2005**

(45) Date of publication: **27.04.2007 Bull. 12**

Mail address:

**660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok,  
patentnyj otdel, In-t fiziki**

(72) Inventor(s):

**Beljaev Boris Afanas'evich (RU),  
Leksikov Aleksandr Aleksandrovich (RU),  
Leksikov Andrej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Institut fiziki im. L.V. Kirenskogo  
Sibirskogo otdelenija RAN (RU)**

(54) **CONTROLLED PHASE SHIFTER**

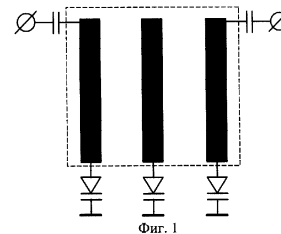
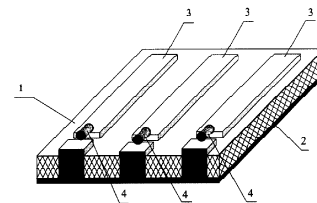
(57) Abstract:

FIELD: high-frequency and microwave engineering; signal phase control in antenna arrays and data transfer systems.

SUBSTANCE: proposed controlled phase shifter has insulating substrate carrying metal strip conductors on one surface and solid transfer-line shielding conductor, on other surface. Strip conductors are connected on one end through varactors to shielding conductor and are electromagnetically intercoupled. Device input and output are connected to extreme strip conductors. Signal phase is adjusted by varying varactor capacitance. Controlled phase shift is higher the higher the loaded Q-factor and the greater the passband width.

EFFECT: minimized size and mass of device.

1 cl, 3 dwg



RU 2 2 9 8 2 6 6 C 1

RU 2 2 9 8 2 6 6 C 1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для управления фазой СВЧ-сигналов.

Известен СВЧ-фазовращатель [А.с. СССР №1177869, кл. Н01Р 1/185, Бюл. №33 от 07.09.85], содержащий центральный проводник линии передачи и экранирующий проводник  
5 линии передачи, нанесенный на сегнетоэлектрическую пленку, причем в экранирующем проводнике выполнены параллельные и равные щели, которые размещены поперек продольной оси и центрального проводника линии передачи. Фактически фазовращатель представляет собой управляемую полосковую линию передачи, электрическая длина  
10 которой, численно равная набегу фазы на рабочей частоте, меняется под действием управляющего напряжения благодаря изменению эффективной диэлектрической проницаемости подложки. Вследствие этого, при прочих равных условиях, увеличение управляемого сдвига фазы достигается за счет увеличения размеров устройства.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков аналогом является сверхвысокочастотный фазовращатель [А.С.№1030889, кл. Н01Р 1/185, Бюл. №27, от 23.07.83, (прототип)], содержащий диэлектрическую подложку с сегнетоэлектрической  
15 пленкой, на поверхности которой нанесены три параллельные металлические полосы, причем на сторонах металлических полосок, обращенных друг к другу, выполнены выемки, образующие периодическую структуру. Это устройство фактически представляет собой управляемую неоднородную копланарную линию передачи, принцип его действия  
20 аналогичен первому аналогу, поэтому ему присущи те же недостатки.

Техническим результатом изобретения является миниатюризация устройства.

Указанный технический результат при осуществлении изобретения достигается тем, что в управляемом фазовращателе, содержащем диэлектрическую подложку, на одной  
25 поверхности которой нанесены металлические полосковые проводники, а на другой поверхности нанесен экранирующий проводник линии передачи, новым является то, что экранирующий проводник линии передачи выполнен сплошным, при этом одним концом полосковые проводники соединены через варакторы с экранирующим проводником линии передачи и электромагнитно связаны друг с другом, а вход и выход устройства  
30 подключены к крайним полосковым проводникам.

Отличия заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключаются в том, что одна сторона подложки полностью металлизирована и является экраном, т.е.  
35 экранирующий проводник линии передачи выполнен сплошным, одним концом металлические полосы, нанесенные на другую сторону подложки, соединены с экранирующим проводником линии передачи через варакторы, вход устройства подключен к одной крайней полоске, а выход к другой крайней полоске.

Изобретение поясняется чертежами, на которых изображена конструкция и схема заявляемого фазовращателя (Фиг.1), амплитудно- и фазочастотные характеристики  
40 устройства, поясняющие принцип его работы (Фиг.2), АЧХ и частотные зависимости сдвига фазы заявляемого устройства для нескольких фазовых состояний (Фиг.3).

Заявляемый фазовращатель содержит диэлектрическую подложку 1 (Фиг.1), нижняя  
45 сторона которой полностью металлизирована и выполняет функцию экранирующего проводника (заземляемое основание) 2. На другой стороне подложки выполнены полосковые проводники 3, соединенные через варакторы 4 с экранирующим проводником. Управляющее напряжение прикладывается между полосковыми проводниками 3 и экранирующим проводником 2 (управляющие цепи не показаны). Вход и выход  
50 подключаются к крайним полоскам через емкости.

Управляемый фазовращатель работает следующим образом.

Фактически заявляемое устройство представляет собой перестраиваемый полосно-пропускающий фильтр, состоящий из электромагнитно связанных микрополосковых  
55 резонаторов с варакторной перестройкой частоты [А.с.№1721674, кл. Н01Р 7/08, Бюл. №11 от 23.03.92], при подаче управляющего напряжения на варакторы полоса пропускания устройства сдвигается на некоторую величину, при этом фаза сигнала, попадающего по частоте в область перекрытия исходной и конечной полос, претерпевает сдвиг. Поскольку

в полосе пропускания фильтра его АЧХ равномерна, то паразитная модуляция сигнала при сдвиге полосы пропускания будет незначительной. На Фиг.2 для иллюстрации этого факта приведены амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики подобного фильтра для двух положений его полосы пропускания.

5 Вышесказанное можно также юстрировать следующим образом. Частотная зависимость фазы в резонансе определяется формулой [Горелик Г.С. Колебания и волны. М.: Государственное Издательство физико-математической литературы, 1959, с.102]:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{1}{Q} \cdot \frac{(\omega / \omega_0)}{(\omega / \omega_0)^2}, \quad (1)$$

10 где Q - добротность резонанса,  $\omega_0$  - резонансная частота. Найдем сдвиг фазы  $\Delta\varphi$  сигнала, проходящего резонансную цепь на частоте  $\omega$ , при изменении резонансной частоты последней от  $\omega_{01}=\omega-\Delta\omega$  до  $\omega_{02}=\omega+\Delta\omega$ , где  $\Delta\omega \ll \omega$ . Введем обозначение  $\Delta\omega/\omega=\delta$ , тогда

$$15 \Delta\varphi = \operatorname{arctg} \frac{1}{Q} \frac{(1+\delta)}{\delta(\delta+2)} - \operatorname{arctg} \frac{1}{Q} \frac{(1-\delta)}{\delta(\delta-2)}, \quad (2)$$

Преобразовав разность арктангенсов, получим:

$$20 \Delta\varphi = \operatorname{arctg} \frac{Q \delta (2\delta^2 - 4)}{1 - \delta^2 + \delta^2 Q^2 (\delta^2 - 4)} \quad (3)$$

Так как  $\delta \ll 1$ , то с высокой степенью точности

$$\Delta\varphi = \operatorname{arctg}(-4Q \delta) \quad (4)$$

25 Таким образом, управляемый сдвиг фазы в резонансном устройстве тем больше, чем больше добротность резонанса и чем больше сдвиг полосы пропускания, при этом, однако, следует иметь в виду, что в реальном устройстве Q - это нагруженная добротность, а чем больше сдвиг полосы пропускания, тем уже рабочая полоса частот фазовращателя. Очевидно, что управляемый сдвиг фазы пропорционален числу резонаторов в устройстве, т.е. для устройства, состоящего из резонаторов:

$$30 \Delta\varphi = N \operatorname{arctg}(-4Q \delta) \quad (5)$$

Используя формулу (5), можно оценить величину сдвига фазы. Например, для фазовращателя с относительной шириной рабочей полосы частот 10% и относительной шириной полосы пропускания образующего его фильтра 20% максимальный допустимый сдвиг полосы составит тоже 10%, что соответствует  $\delta=0.05$ . Для фильтра с такой 35 величиной относительной ширины полосы пропускания  $Q \approx 5$ , и из формулы (5) несложно увидеть, что  $\Delta\omega=45^\circ$  на один резонанс ( $N=1$ ), а для получения фазового сдвига в  $180^\circ$  требуется 4 резонатора.

40 На Фиг.3 показаны амплитудно-частотные характеристики и частотные зависимости сдвига фазы для нескольких фазовых состояний четырехрезонаторного устройства, соответствующие изменению смещающего напряжения на варакторах от 0 до 2 В. Размеры подложки из керамики ТБНС  $5.5 \times 12 \times 0.5$  мм, максимальная длина полосковых проводников 11.3 мм, их ширина 0.5 мм, варакторы типа 3А637Г-6. Относительная ширина полосы пропускания устройства, как фильтра, 20%. Смещающее напряжение на варакторах в 2 В 45 смещает полосу на половину ее ширины, что соответствует  $\delta=0.05$ . При этом происходит сдвиг фазы более  $160^\circ$ , что вполне соответствует вышеприведенной оценке.

Размеры устройства и управляющие напряжения можно еще уменьшить, используя скачки волнового сопротивления резонаторов, т.е. скачки ширины полосковых проводников.

50 **Формула изобретения**

Управляемый фазовращатель, содержащий диэлектрическую подложку, на одной поверхности которой нанесены металлические полосковые проводники, а на второй - экранирующий проводник линии передачи, отличающийся тем, что экранирующий

проводник линии передачи выполнен сплошным, полосковые проводники соединены с ним через варакторы и электромагнитно связаны друг с другом, а вход и выход устройства подключены к крайним полосковым проводникам.

5

10

15

20

25

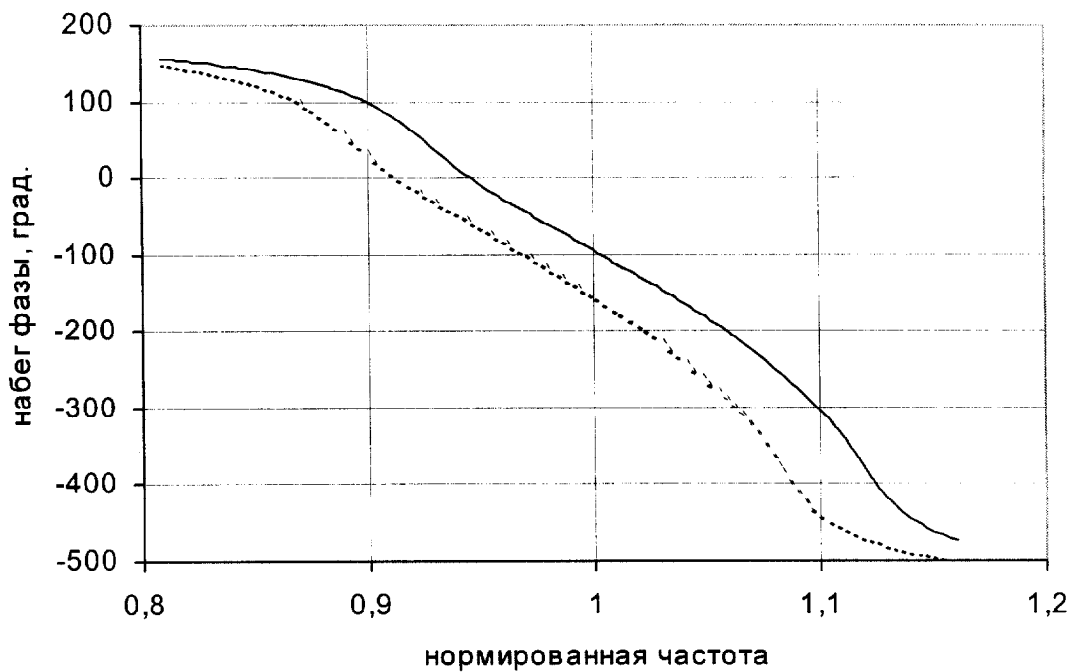
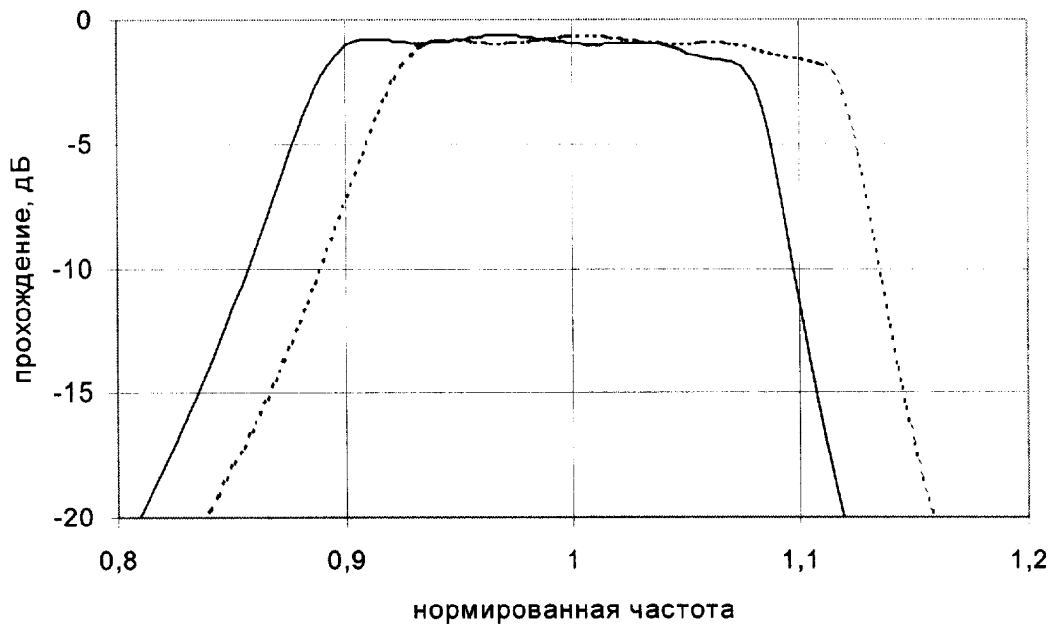
30

35

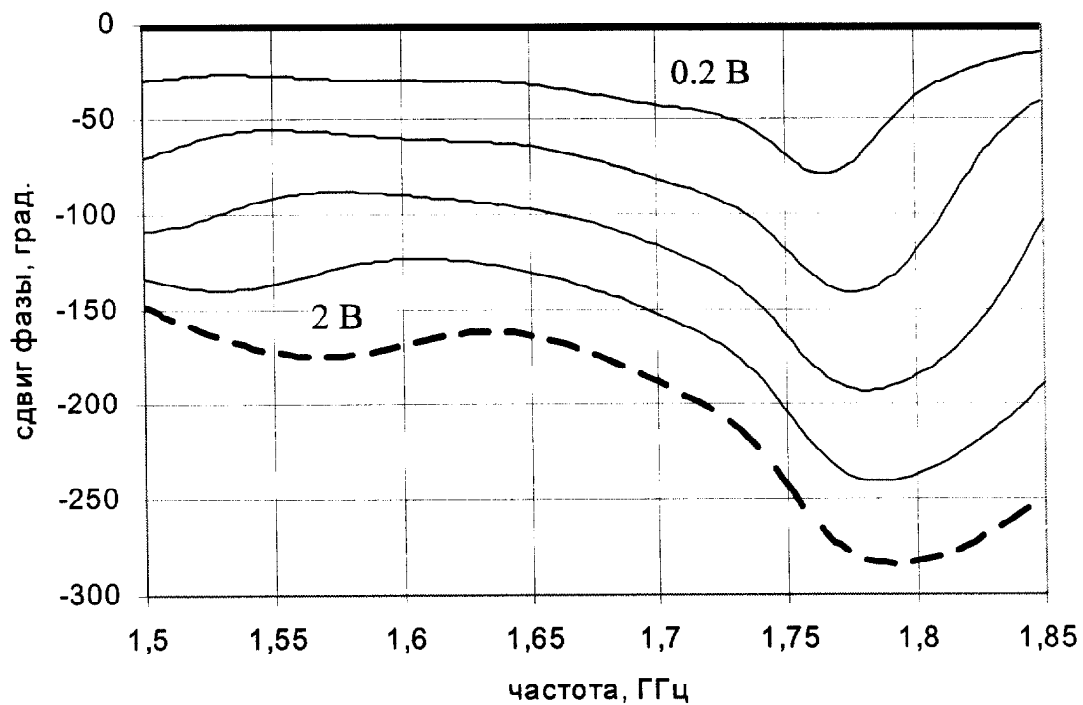
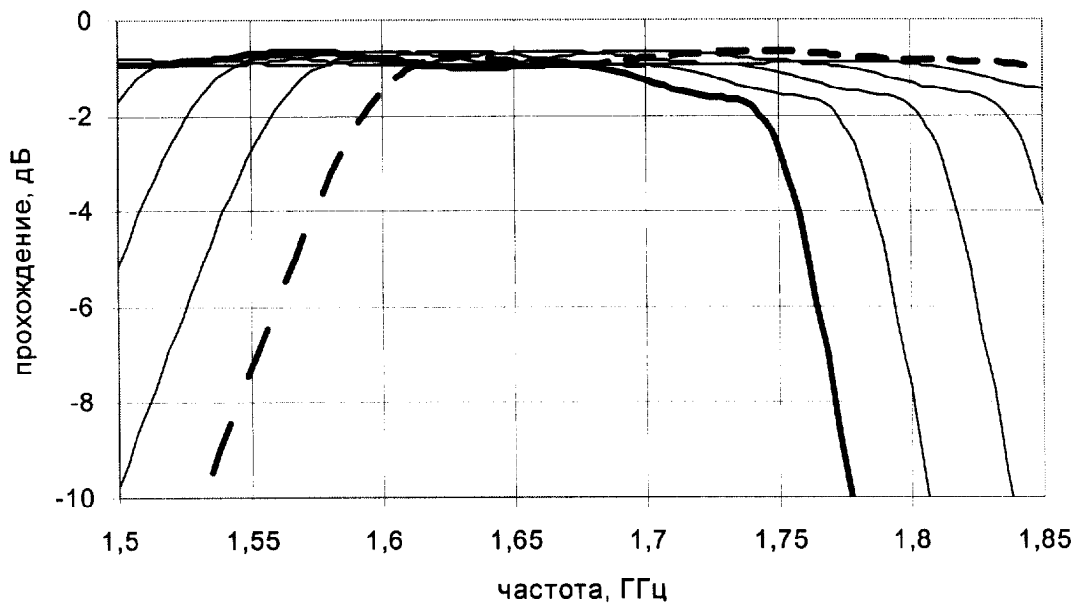
40

45

50



Фиг. 2



Фиг. 3