



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010154285/07, 30.12.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.12.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2010

(43) Дата публикации заявки: 10.07.2012 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 27.01.2013 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1106391 A1, 30.05.1985. SU 843048 A1, 30.06.1981. SU 1293775 A1, 28.02.1987. RU 2184410 C1, 27.06.2002. US 3753160 A1, 14.08.1973. US 3938158 A1, 10.02.1976. EP 0325340 A, 26.07.1989.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, Центр защиты
интеллектуальной собственности (для Е.С.
Халатовой)

(72) Автор(ы):

**Комиссарова Елена Владимировна (RU),
Крехтунов Владимир Михайлович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)**

(54) ЭЛЕМЕНТ ФАЗИРОВАННОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике КВЧ диапазона и может быть использовано в радиолокационных системах с электрическим сканированием луча антенны, излучающей и принимающей электромагнитные волны с круговой поляризацией поля. Элемент фазированной отражательной антенной решетки содержит излучатель, волновод излучателя, согласующие шайбы и волноводный ферритовый фазовращатель фарадеевского типа с магнитной памятью. Фазовращатель выполнен на основе цилиндрического ферритового стержня, не содержащего токопроводящего покрытия боковой поверхности, размещенного вместе с обмоткой его продольного намагничивания,

каркасом обмотки и магнитопроводом в виде системы ферритовых башмаков и пластинок, внутри волновода, выполняющего функцию корпуса элемента фазированной отражательной антенной решетки. Ферритовый стержень примыкает одним торцом к отражателю, а другим торцом - к согласующему волноводу, в котором между торцом ферритового стержня и торцом излучателя размещена система согласующих диэлектрических шайб. Технический результат заключается в создании высокотехнического элемента отражательной ФАР миллиметрового диапазона волн с повышенным быстродействием и пониженным энергопотреблением, простого в изготовлении и сборке. 2 з.п. ф-лы, 3 ил.

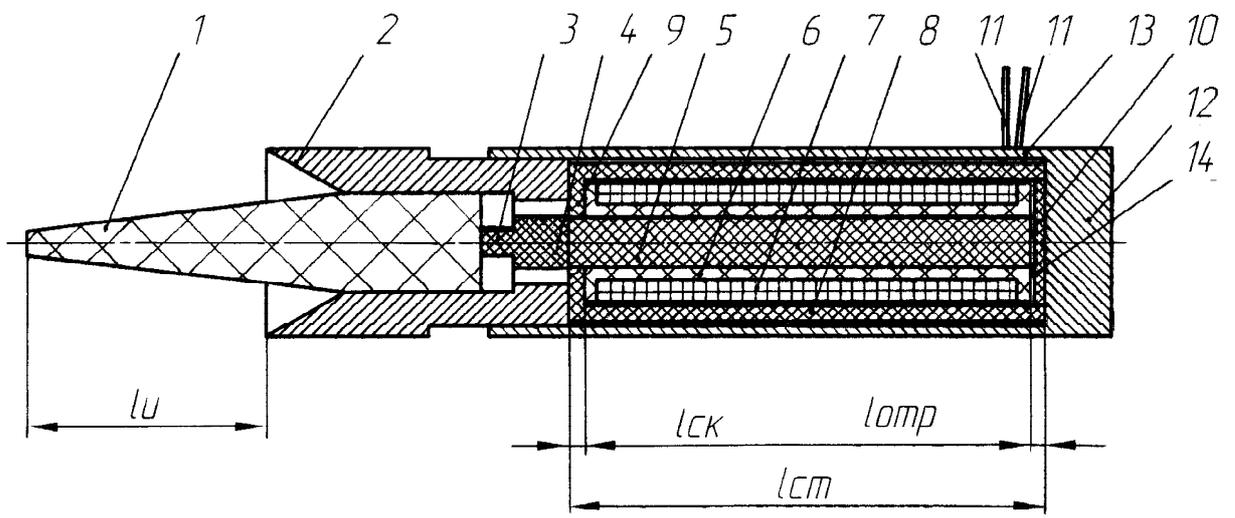


Схема элемента фазированной отражательной антенной решетки

Фиг. 1

RU 2474018 C2

RU 2474018 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010154285/07, 30.12.2010**

(24) Effective date for property rights:
30.12.2010

Priority:

(22) Date of filing: **30.12.2010**

(43) Application published: **10.07.2012 Bull. 19**

(45) Date of publication: **27.01.2013 Bull. 3**

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, MGTU im. N.Eh. Baumana, Tsentr zashchity intellektual'noj sobstvennosti (dlja E.S. Khalatovoj)

(72) Inventor(s):

**Komissarova Elena Vladimirovna (RU),
Krekhtunov Vladimir Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni N.Eh. Baumana (MGTU im. N.Eh. Baumana) (RU)

(54) **ELEMENT OF PHASED REFLECTOR ANTENNA ARRAY**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: element of phased reflector antenna array includes radiator, radiator waveguide, matching washers and waveguide ferrite phaser of Faraday type with magnetic memory. Phaser is made on the basis of cylindrical ferrite rod containing no current-conducting coating of side surface, arranged together with winding of its longitudinal magnetisation, frame of winding and magnetic core in the form of system of ferrite shoes and plates, inside the waveguide performing the function of housing of phased reflector antenna array element. One end of ferrite rod adjoins the reflector, and the other end adjoins the matching waveguide, in which a system of matching dielectric washers is arranged

between end of ferrite rod and end of radiator.

EFFECT: creation of high-tech reflector phased array antenna of millimetre wave range with increased quick action and reduced power consumption, which is easy to manufacture and assemble.

3 cl, 3 dwg

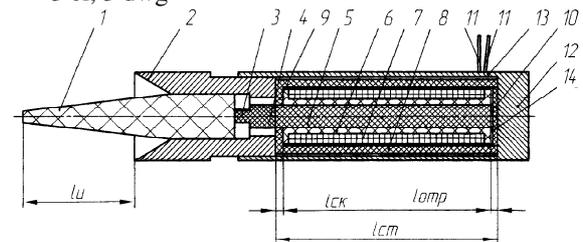


Схема элемента фазированной отражательной антенной решетки
Фиг. 1

RU 2 474 018 C2

RU 2 474 018 C2

Изобретение относится к области радиотехники КВЧ диапазона, в частности к конструкциям элементов фазированных антенных решеток (ФАР), и может быть использовано в радиолокационных системах с широкоугольным электрическим сканированием луча антенны.

Известны отражательные антенные решетки, т.е. антенные решетки с пространственным возбуждением, у которых прием радиоволн от первичного облучателя и их излучение в пространство осуществляют одни и те же излучающие элементы.

В связи с интенсивным освоением миллиметрового диапазона радиоволн актуальны разработки волноводных ферритовых фазовращателей (ФВ) и элементов фазированных отражательных антенных решеток (или, что тоже самое, отражательных ФАР) на их основе с малыми поперечными размерами для антенных систем с широкоугольным электрическим сканированием луча, работающих на электромагнитных волнах, поляризованных по кругу. Особенно актуально создание таких элементов отражательных ФАР (ОФАР) для коротковолновой части миллиметрового диапазона волн, где разработка элементов ФАР с малыми поперечными размерами, высоким быстродействием и низким энергопотреблением встречает определенные технические трудности.

Известны элементы ОФАР, осуществляющие электрическое сканирование луча. Каждый из них может быть выполнен, например, в виде последовательно соединенных волноводно-диэлектрического излучателя и отражательного волноводного ферритового фазовращателя фарадеевского типа с продольным подмагничиванием, с магнитной памятью, работающего на волнах, поляризованных по кругу.

В частности известна многоэлементная ФАР Ка-диапазона [1] (Денисенко В.В. и др. Многоэлементная ФАР Ка-диапазона волн. - Антенны, 2005, №1 (92), с.7-14). Для фазирования излучающих элементов в ФАР используются волноводные ферритовые фазовращатели отражательного типа для волн, поляризованных по кругу. Каждый ФВ выполнен на круглом ферритовом стержне (ФС) с металлизированными боковой поверхностью и одним торцом, имеет обмотки продольного намагничивания ФС и два магнитопровода. Элементам ОФАР [1] присущ ряд недостатков.

Во-первых, элементы этой ОФАР не являются функционально завершенными элементами. Их излучающие элементы расположены в общей для ФАР несущей плите, а ФВ объединены в подрешетки разных размеров. Отсутствие надежного контакта излучателей и фазовращателей может приводить к рассогласованию ФАР и росту КВЧ-потерь.

Во-вторых, ФВ имеют большие поперечные размеры, при этом шаг антенной решетки превышает длину волны, что ограничивает сектор электрического сканирования луча.

В-третьих, следствиями металлизации поверхностей ФС являются низкое быстродействие ФВ и высокая энергия его управления.

Из известных элементов отражательных фазированных антенных решеток наиболее близким к заявляемому устройству по технической сущности и совокупности существенных признаков является элемент отражательной фазированной антенной решетки, описанный в авторском свидетельстве СССР №1106391 [2] (А.С. СССР №1106391. МПК H01Q 21/00 от 24.11.1982), принятый за прототип.

Этот элемент ОФАР содержит излучатель, выполненный в виде ферритового стержня, проводящий экран, concentрически охватывающий ферритовый стержень,

5 выполненный в виде нескольких равномерно расположенных по цилиндрической поверхности неперекрывающихся продольных полосок, вокруг каждой из которых намотан соленоид, причем продольные полоски соединены с одного конца с торцом ферритового стержня проводящей пластиной, а с другого - с боковой поверхностью ферритового стержня перемычками, причем продольные полоски, проводящая пластина и перемычки выполнены из магнитного материала. Элемент ОФАР принимает и излучает электромагнитные волны, поляризованные по кругу, имеет более широкий диапазон рабочих частот по сравнению с элементом ОФАР, в котором ФВ выполнен на основе ферритового стержня (ФС) с металлизированной боковой поверхностью.

10 Элементу ОФАР, принятому за прототип, также присущ ряд недостатков, среди них: низкое быстродействие, низкий КПД, большие поля рассеяния системы продольного намагничивания цилиндрического ферритового стержня, взаимное влияние по полям подмагничивания и по полям КВЧ между соседними элементами антенной решетки, составленной из элементов ОФАР, аналогичных заявленному элементу ОФАР.

15 Технической задачей предлагаемого изобретения является увеличение быстродействия, уменьшение энергии управления и уменьшение вносимых потерь, увеличение коэффициента усиления.

20 Для реализации поставленной технической задачи в элементе фазированной отражательной антенной решетки, содержащем излучатель, цилиндрический ферритовый стержень, обмотку его продольного намагничивания, внешний магнитопровод в виде нескольких равномерно расположенных по цилиндрической поверхности, соосной ФС, неперекрывающихся продольных полосок магнитопровода, соединенных с одного конца пластиной с торцом ферритового стержня, а с другого конца - с боковой поверхностью ФС - башмаками, выполненными, как и продольные полоски, и пластина, из магнитного материала (из феррита), все элементы расположены в едином волноводе, выполняющем функцию корпуса, дополнительно введен волновод излучателя, отражатель в виде тонкой пленки токопроводящего покрытия на поверхности пластины, примыкающей к первому торцу ФС, согласующий волновод с диэлектрическими шайбами, к фланцу которого вторым торцом примыкает ферритовый стержень, с размещенным на нем каркасом катушки с обмоткой намагничивания, а каждая полоска с башмаком выполнена в виде единого Г-образного магнитопровода, изготовленного, как и пластина, из ферритового материала, причем толщина башмаков должна удовлетворять условию $l_{ск} = 0,3 \dots 0,4 t_{сТ}$, где $t_{сТ}$ - размер поперечного сечения стержня, а излучатель выполнен из материала с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_{и} = 2,5 \dots 4$, причем волновод излучателя частично входит в корпус с возможностью фиксирования его во внутренней поверхности корпуса.

30 Кроме того, функция отражателя в виде тонкой пленки токопроводящего покрытия на поверхности пластины может быть перенесена на закороченный на конце отрезок волновода, диаметр которого выбирается из соотношения $d > 0,65 \cdot \lambda$, где λ - длина волны в свободном пространстве, либо отрезок закороченного на конце волновода, диаметр которого выбирается из соотношения $d < 0,55 \cdot \lambda$. При этом упрощается конструкция элемента ОФАР и технология его изготовления.

45 Изобретение поясняется чертежами, где на фиг.1 показана схема элемента фазированной отражательной антенной решетки, на фиг.2 - схема описываемого элемента в случае замещения отражателя закороченным отрезком волновода, на

фиг.3 - схема описываемого элемента в случае замещения пластины закороченным отрезком волновода.

Элемент ОФАР содержит излучатель 1 (фиг.1), установленный в волновод 2 излучателя, к которому последовательно примыкают согласующие диэлектрические шайбы 3, 4, которые заключены в отрезок волновода. На ферритовый стержень 5 установлен каркас катушки 6, на который намотана обмотка 7 намагничивания. Полоска 8 магнитопровода и башмак 9 установлены на боковую поверхность ферритового стержня 5, к другому торцу которого примыкает пластина 10, выполненная из феррита. Все перечисленные детали установлены вместе с выводами 11 питающих проводов в корпус 12. Волновод 13 изготавливается с корпусом 12 в виде единой детали. Отражатель в виде тонкой пленки токопроводящего покрытия 14, нанесенной на одну из сторон пластины 10.

Все указанные детали жестко соединены между собой, например, с помощью клея. Длина излучателя $l_{и}$ зависит от требований, предъявляемых к конкретной отражательной ФАР. Его свободный конец имеет конусообразную форму. ФС выполнен из феррита КВЧ диапазона с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=13-15$. Согласующие диэлектрические шайбы выполнены из материала с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=5-10$. Конструктивно цилиндрический ферритовый стержень 5, обмотка 7 намагничивания, полоски 8 магнитопровода, башмаки 9 и пластина 10 образуют управляемый фазовращатель, при этом обмотка 7 намагничивания подключается к устройству управления элементом ФАР посредством выводов 11 питающих проводов.

Элемент ОФАР работает следующим образом. При падении на антенную решетку электромагнитной волны, поляризованной по кругу, от облучателя ФАР или из свободного пространства на излучатель 1, выполненный из материала с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_{и}=2,5...4$, на входе волновода излучателя 2, например, круглого, возбуждается низшая несимметричная поверхностная волна типа HE_{11} , которая, распространяясь в согласующих ступенчатых переходах, преобразуется в ферритовом стержне в волну основного типа $k-HE_1$.

Возбужденная в ФС 5 поверхностная волна распространяется вдоль него, достигает торца ФС, отражается от пластины 10, распространяется в обратном направлении, последовательно проходит ферритовый стержень 5, согласующие шайбы 4, 3, волновод излучателя 2 и излучается в свободное пространство излучателем 1.

Отражение распространяющейся волны может быть достигнуто установкой в корпус 12 волновода 15 (фиг.2).

Фаза переизлученной элементом ОФАР электромагнитной волны, поляризованной по кругу, зависит от длины волны λ в свободном пространстве, формы поперечного сечения и размеров излучателя 1, волновода 2 и диэлектрических шайб 3, 4, ферритового стержня 5, каркаса обмотки 6, обмотки 7 намагничивания, башмаков 9 и полосок 8 магнитопровода, пластины 10, а также параметров материалов, из которых они изготовлены. Продольное поле намагничивания создается в ФС 5 обмоткой 7 намагничивания, на которую от системы управления лучом ФАР или источника питания (на фиг.1 не показано) подается питание через выводы питающих проводов 11.

При выполнении полоски 8 с башмаком 9 в виде единого Г-образного магнитопровода, изготовленного, как и пластина, из ферритового материала, причем толщина башмаков должна удовлетворять условию $l_{ск}=0,3...0,4t_{сТ}$, где $t_{сТ}$ - размер поперечного сечения стержня (см. фиг.1), функцию отражателя выполняет

пластина 10, имеющая на одной из сторон тонкую пленку токопроводящего покрытия 14.

При использовании в качестве отражателя отрезка волновода 15, закороченного на конце, его размеры могут быть выбраны либо из условия распространения волны основного типа, например H_{11} круглого волновода диаметром $d > 0,65 \cdot \lambda$, и длиной $l = 0,25 \cdot \lambda$, где λ - длина волны в свободном пространстве, либо используется волновод 15, закороченный на конце и имеющий диаметр, выбранный из условия нераспространения волны основного типа, т.е. его диаметр не может превышать размер $d < 0,55 \cdot \lambda$, как показано на фиг.2.

Таким образом, техническим результатом является то, что, благодаря выполнению ферритового стержня и магнитопроводов из одного и того же материала, изготовлению диэлектрических шайб из материала со значением диэлектрической проницаемости, близким к диэлектрической проницаемости феррита, улучшается согласование фазовращателя с излучателем, а следовательно, элемента ОФАР с пространством, что снижает потери энергии. Использование внутриволноводной системы продольного намагничивания и пластины из ферритового материала приводит к существенному сокращению энергии и времени переключения элемента ОФАР. Эффективность полученного решения проверена экспериментально, при этом результаты для полосы частот W-диапазона (волновод сечением $1,2 \times 2,4 \text{ мм}^2$) позволяют утверждать, что элемент ОФАР имеет КВЧ-потери не более 2 дБ, регулируемый фазовый сдвиг от 0° до 400° , при времени переключения не более 10 нс. Диаметр элемента ОФАР не превышает 1,1 длины волны, что позволяет использовать его для построения плоской ОФАР с двумерным электрическим сканированием луча в секторе не менее $\pm 15^\circ$.

Формула изобретения

1. Элемент фазированной отражательной антенной решетки, содержащий излучатель, цилиндрический ферритовый стержень, обмотку его продольного намагничивания, внешний магнитопровод в виде нескольких равномерно расположенных по цилиндрической поверхности, соосной ферритовому стержню, неперекрывающихся продольных полосок, соединенных с одного конца отражателем с торцем ферритового стержня, а с другого конца с боковой поверхностью ферритового стержня - башмаками, выполненными как и продольные полоски, и отражатель из магнитного материала, отличающийся тем, что все элементы расположены в едином волноводе, выполняющем функцию корпуса, в элемент фазированной отражательной антенной решетки дополнительно введен волновод излучателя, отражатель в виде тонкой пленки токопроводящего покрытия на поверхности пластины, примыкающей к первому торцу ферритового стержня, согласующий волновод с диэлектрическими шайбами, к торцу которого вторым торцем примыкает ферритовый стержень, с размещенным на нем каркасом катушки с обмоткой намагничивания, а каждая полоска с башмаком выполнена в виде единого Г-образного магнитопровода, изготовленного, как и пластина, из ферритового материала, причем толщина башмаков должна удовлетворять условию $l_{CK} = 0,3 \dots 0,4 t_{CT}$, где t_{CT} - размер поперечного сечения стержня, а излучатель выполнен из материала с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_n = 2,5 \dots 4$, причем волновод излучателя частично входит в корпус с возможностью фиксации его во внутренней поверхности корпуса.

2. Элемент фазированной отражательной антенной решетки по п.1, отличающийся

тем, что отражатель выполнен в виде закороченного на конце отрезка волновода, диаметр которого удовлетворяет соотношению $d > 0,65 \cdot \lambda$, а длина равна $l = 0,25 \cdot \lambda$, где λ - длина волны в свободном пространстве.

5 3. Элемент фазированной отражательной антенной решетки по п.1, отличающийся тем, что отражатель выполнен в виде отрезка закороченного на конце волновода, диаметр которого выбирается из соотношения $d < 0,55 \cdot \lambda$.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

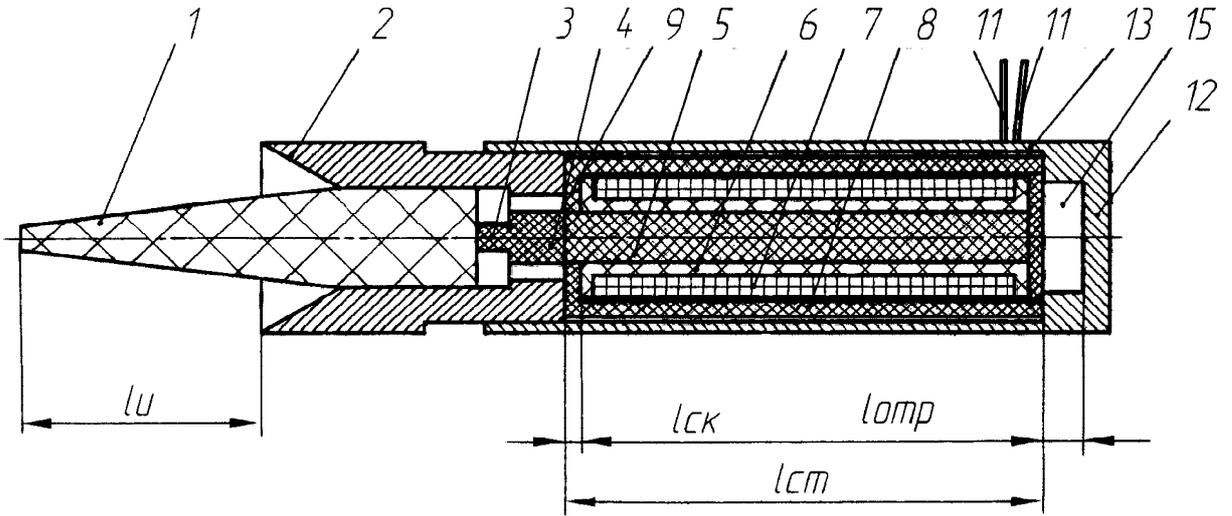


Схема описываемого элемента ФАР в случае замещения отражателя закороченным отрезком волновода

Фиг. 2

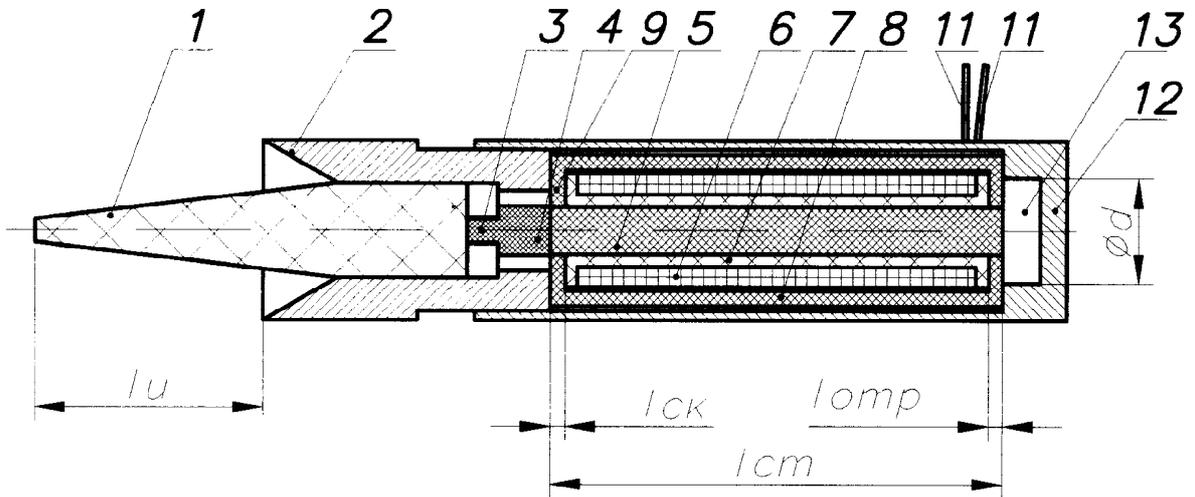


Схема описываемого элемента в случае замещения пластины закороченным отрезком

волновода

Фиг. 3