



(51) МПК
H01P 1/203 (2006.01)
H01P 3/08 (2006.01)
H01P 9/00 (2006.01)
H04B 15/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H01P 1/20327 (2022.05); *H01P 3/081* (2022.05); *H01P 9/006* (2022.05); *H03H 7/30* (2022.05); *H04B 15/00* (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2022109601, 12.04.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.04.2022

Дата регистрации:
11.10.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.04.2022

(45) Опубликовано: 11.10.2022 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ФГБОУ В,
 "Томский государственный университет систем
 управления и радиоэлектроники", Аркатова
 Ольга Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Белоусов Антон Олегович (RU),
 Газизов Тальгат Рашитович (RU),
 Гордеева Виктория Олеговна (RU),
 Власова Наталья Олеговна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Томский государственный
 университет систем управления и
 радиоэлектроники" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2750393 C1, 28.06.2021. US
 10535909 B2, 14.01.2020. RU 2767975 C1,
 22.03.2022. RU 2656834 C1, 06.06.2018. RU
 2515461 C2, 10.05.2014. US 2013229314 A1,
 05.09.2013. US 6008534 A, 28.12.1999. US 9698904
 B2, 04.07.2017.

(54) СПОСОБ ИСПОЛНЕНИЯ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С УГОЛКОВЫМ ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ

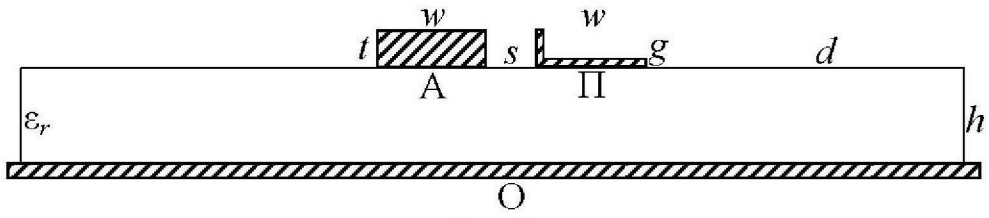
(57) Реферат:

Изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано для защиты радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от сверхкоротких импульсов (СКИ). Техническим результатом изобретения является уменьшенная масса пассивного проводника и увеличенное значение разности погонных задержек мод. Способ трассировки проводников включает трассировку проводников с опорным проводником в виде отдельного слоя, так что первый и второй проводники прокладываются

параллельно друг другу, на одном слое, а второй проводник выполнен уголковым в поперечном сечении. В начале и конце второго проводника подключены резисторы со значениями, равными среднегеометрическому значению волновых сопротивлений четной и нечетной мод. Значение модуля разности погонных задержек мод, умноженное на длину проводников, не меньше суммы длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса, подающегося между первым проводником и опорной плоскостью. 4 ил.

RU 2 781 266 C1

RU 2 781 266 C1



Фиг. 2

RU 2781266 C1

RU 2781266 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01P 1/203 (2006.01)
H01P 3/08 (2006.01)
H01P 9/00 (2006.01)
H04B 15/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H01P 1/20327 (2022.05); *H01P 3/081* (2022.05); *H01P 9/006* (2022.05); *H03H 7/30* (2022.05); *H04B 15/00* (2022.05)

(21)(22) Application: **2022109601, 12.04.2022**

(24) Effective date for property rights:
12.04.2022

Registration date:
11.10.2022

Priority:

(22) Date of filing: **12.04.2022**

(45) Date of publication: **11.10.2022 Bull. № 29**

Mail address:

**634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, FGBOU V,
"Tomskij gosudarstvennyj universitet sistem
upravleniya i radioelektroniki", Arkatova Olga
Evgenevna**

(72) Inventor(s):

**Belousov Anton Olegovich (RU),
Gazizov Talgat Rashitovich (RU),
Gordeeva Viktoriia Olegovna (RU),
Vlasova Natalia Olegovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Tomskii gosudarstvennyi
universitet sistem upravleniia i radioelektroniki»
(RU)**

(54) **METHOD FOR EXECUTION OF MODAL FILTER WITH CORNER PASSIVE CONDUCTOR**

(57) Abstract:

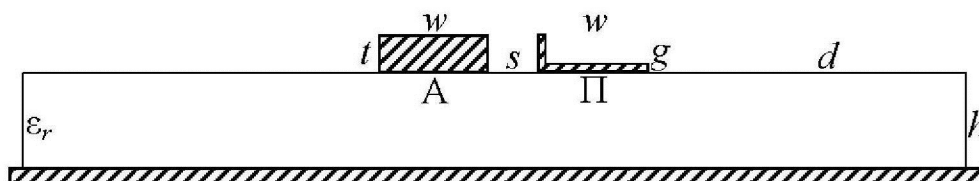
FIELD: radio electronics.

SUBSTANCE: invention relates to radio electronics and can be used to protect radio electronic equipment (REE) from ultrashort pulses (USP). The method for tracing conductors includes tracing conductors with a reference conductor in the form of a separate layer, so that the first and second conductors are laid parallel to each other, on one layer, and the second conductor is made angular in cross section. At the beginning and end of the second conductor, resistors with values equal to the geometric mean value of the wave resistances of

even and odd modes are connected. The value of the modulus of the difference in linear mode delays multiplied by the length of the conductors is not less than the sum of the durations of the front, the flat top and the decay of the pulse fed between the first conductor and the reference plane.

EFFECT: reduced mass of the passive conductor and increased value of the difference in linear mode delays.

1 cl, 4 dwg



Фиг. 2

Изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано для защиты радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от сверхкоротких импульсов (СКИ).

Проблема обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) растет с каждым годом ввиду непрерывного совершенствования и развития перспективной РЭА. Защита РЭА от кондуктивных помех является одной из основных задач ЭМС. Кондуктивный способ распространения помеховых сигналов подразумевает их проникновение в РЭА непосредственно по проводникам. Особо опасны СКИ, которые представляют собой мощные импульсные сигналы малой длительности (нано- и субнаносекундный диапазон) с широким спектром, воздействие которых может привести к ряду негативных последствий в работе РЭА. Традиционные средства защиты от импульсных помех обладают рядом недостатков (уязвимость к радиации, малый срок службы, отказ в работе при высоких напряжениях, недостаточное быстродействие и т.д.), затрудняющих защиту от мощных СКИ. Однако известны устройства, функционирующие по принципу модальной фильтрации: модальные фильтры (МФ) и меандровые линии задержки (или защитные меандры). Из-за сильной связи между активным и пассивным(-и) проводниками, в таких устройствах существует возможность разложения воздействующего СКИ на последовательность импульсов меньшей амплитуды. Между тем, наряду с высокими характеристиками, практика требует простоты реализации, малой массы и дешевизны устройств защиты, поэтому актуально их дальнейшее совершенствование.

Наиболее близким по техническому решению является способ трассировки проводников модального фильтра [Патент РФ на изобретение № 2750393. Белоусов А.О., Газизов Т.Р. Способ трассировки проводников модального фильтра. Заявка № 2020130253. Приоритет изобретения 15.09.2020. Опубликовано: 28.06.2021. Бюл. №19.], выбранный за прототип, когда выполняется трассировка проводников с опорным проводником в виде отдельного слоя, так что первый и второй проводники прокладываются параллельно друг другу, на одном слое, а второй проводник выполнен полым.

Недостатком способа, взятого за прототип, является увеличенная масса пассивного проводника и малое значение разности погонных задержек мод линии.

Предлагается способ трассировки проводников, включающий трассировку проводников с опорным проводником в виде отдельного слоя, так что первый и второй проводники прокладываются параллельно друг другу, на одном слое, при этом в начале и конце второго проводника подключены резисторы со значениями, равными среднегеометрическому значению волновых сопротивлений четной и нечетной мод, а значение модуля разности погонных задержек мод, умноженное на длину проводников, не меньше суммы длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса, подающегося между первым проводником и опорной плоскостью, отличающийся тем, что второй проводник выполнен уголковым в поперечном сечении.

Техническим результатом является уменьшенная масса пассивного проводника и увеличенное значение разности погонных задержек мод. Технический результат достигается за счет использования уголкового пассивного проводника. Такая конфигурация открывает возможность разложения помехового импульса малой длительности на последовательность импульсов меньшей амплитуды, при увеличенном значении разности погонных задержек мод и уменьшенной массе конфигурации. Приведенные выше качественные оценки достижимости технического результата подтверждаются количественными оценками, приведенными ниже, полученными с помощью моделирования.

Достижимость технического результата продемонстрирована на примере распространения импульсной помехи с ЭДС 1 В и длительностями фронта, спада и плоской вершины по 100 пс в структуре связанных линий длиной 1 м (прототип на фиг. 1 Поперечное сечение структуры с полым пассивным проводником и предлагаемое изобретение на фиг. 2 Поперечное сечение структуры с уголковым пассивным проводником), где w - ширина проводников, s - расстояние между проводниками, t - толщина проводников, h - толщина диэлектрика, d - расстояние от края до проводника, g - толщина стенки полого проводника, ϵ_r - относительная диэлектрическая проницаемость подложки. Активный (А) и пассивный (П) проводники прокладываются параллельно друг другу, на одном слое, а опорный (О) проводник выполнен в виде отдельного слоя, при этом пассивный проводник - уголкового в поперечном сечении.

На фиг. 3 приведена эквивалентная схема структур (прототипа и предлагаемого изобретения). Она состоит из двух (не считая опорного) проводников длиной l , равной 1 м, на одной стороне диэлектрического слоя. Первый проводник соединен на одном конце с источником импульсных сигналов, представленным на схеме идеальным источником ЭДС E с внутренним сопротивлением $R_{Г}$, а на другом конце - с защищаемой цепью, представленной на схеме эквивалентным сопротивлением $R_{Н}$. Резисторы R подсоединены в начале и конце пассивного проводника. Значения резисторов $R_{Г}$, $R_{Н}$ и R приняты равными среднегеометрическому значению волновых сопротивлений четной (26,1 Ом) и нечетной (54,7 Ом) мод, равному 37,76 Ом.

На фиг. 4 показаны формы ЭДС, напряжения на входе и выходе структур с полым (прототип) и уголкового (предлагаемое изобретение) пассивными проводниками. Видно, что при прохождении по линии, СКИ раскладывается на 2 импульса. Максимальное напряжение на выходе составляет 0,242 В (для полого пассивного проводника) и 0,249 В (для уголкового пассивного проводника) и не превышает 50% от половины ЭДС.

Параметры поперечного сечения и длина линии обеспечивают условие

$ \Delta t \geq t_f + t_d + t_r$	(1)
-----------------------------------	-----

где Δt - разность погонных задержек мод линии, а t_r , t_d , t_f длительности фронта, плоской вершины и спада импульса соответственно.

Выполнение условия (1) обеспечивает разложение исходного сигнала на импульсы мод, погонные задержки которых равны 5,47 и 6,64 нс/м (вычисленные как корень квадратный из собственных значений произведения матриц погонных коэффициентов электромагнитной (L) и электростатической (C) индукции). Значение разности погонных задержек мод равно 1,17 нс/м, следовательно, полное разложение СКИ длительностью t_{Σ} в отрезке линии передачи длиной l возможно при условии

$t_{\Sigma} / l < 1,17 \text{ нс/м.}$	(2)
---------------------------------------	-----

Учитывая условия (1) и (2), при указанных значениях параметров линии максимальная длительность входного сигнала t_{Σ} при длине линии 1 м равна 1,17 нс (1,11 нс для структуры с полым пассивным проводником).

При $w=0,1$ см, $t=0,0105$ см, $g=0,002$ см, $l=1$ м и плотности меди $\rho=8,96 \text{ г/см}^3$ рассчитывается объем сплошного проводника с помощью выражения

$V = lwt.$	(3)
------------	-----

Объем сплошного проводника составляет $0,105 \text{ см}^3$. Масса сплошного проводника

вычисляется как

$m = V\rho.$	(4)
--------------	-----

5 Масса сплошного проводника составляет 0,941 г. Объем полости проводника вычисляется с помощью выражения

$V_{\text{вн}} = (l - 2g)(w - 2g)(t - 2g).$	(5)
---	-----

10 Объем полости проводника составляет 0,062 см³. Тогда масса полого проводника вычисляется как

$m_{\text{пол}} = (V - V_{\text{вн}})\rho.$	(6)
---	-----

15 Масса полого проводника составляет 0,382 г, что почти в 2,5 раза меньше массы сплошного проводника. Масса уголкового проводника (как видно из фиг. 1, 2) вычисляется как

$m_{\text{уг}} = m_{\text{пол}} / 2.$	(7)
---------------------------------------	-----

20 Масса уголкового проводника составляет 0,191 г., что в 2 раза меньше массы полого проводника.
Таким образом, показан технический результат - уменьшенная масса пассивного проводника и увеличенное значение разности погонных задержек мод.

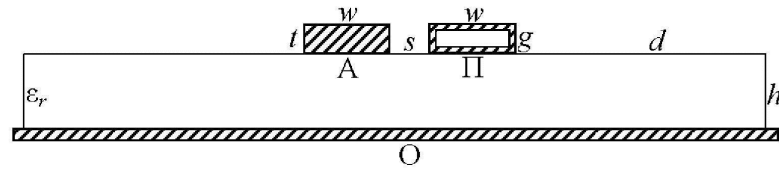
(57) Формула изобретения

25 Способ трассировки проводников, включающий трассировку проводников с опорным проводником в виде отдельного слоя, так что первый и второй проводники прокладываются параллельно друг другу, на одном слое, при этом в начале и конце второго проводника подключены резисторы со значениями, равными среднегеометрическому значению волновых сопротивлений четной и нечетной мод, а значение модуля разности погонных задержек мод, умноженное на длину проводников, не меньше суммы длительностей фронта, плоской вершины и спада импульса,
30 подающегося между первым проводником и опорной плоскостью, отличающийся тем, что второй проводник выполнен уголковым в поперечном сечении.

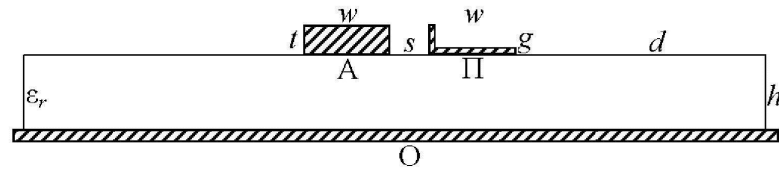
35

40

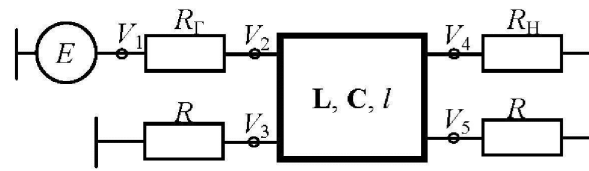
45



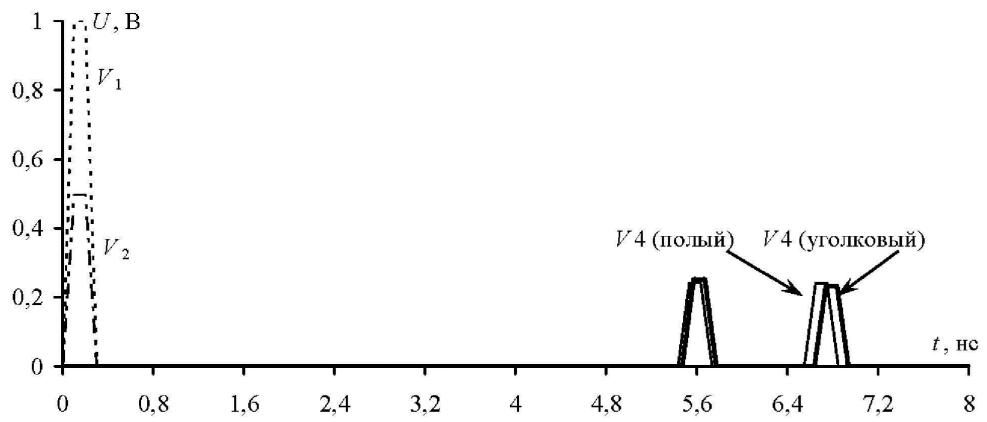
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4