



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010146644/07, 16.11.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.11.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.11.2010

(45) Опубликовано: 10.04.2012 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1827552 A1 G01J 5/00, 15.07.1993. RU 2094757 C1 G01J 1/16, 27.10.1997. RU 2160479 C2 H01J 31/52, 10.12.2000. US 2009026195 A1 H05B 6/76, 29.01.2009. US 2010243646 A1 H05B 6/76, 30.09.2010. US 2009094832 A1 H05B 6/76, 16.04.2009.

Адрес для переписки:

630090, г.Новосибирск, ул. Пирогова, 2,
Новосибирский государственный
университет, отдел по защите ИС, Н.А.
Беляевой

(72) Автор(ы):

Кузнецов Сергей Александрович (RU),
Федоринин Виктор Николаевич (RU),
Гельфанд Александр Витальевич (RU),
Паулиш Андрей Георгиевич (RU),
Лазорский Павел Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Новосибирский национальный
исследовательский государственный
университет" (Новосибирский национальный
исследовательский государственный
университет, НГУ) (RU)

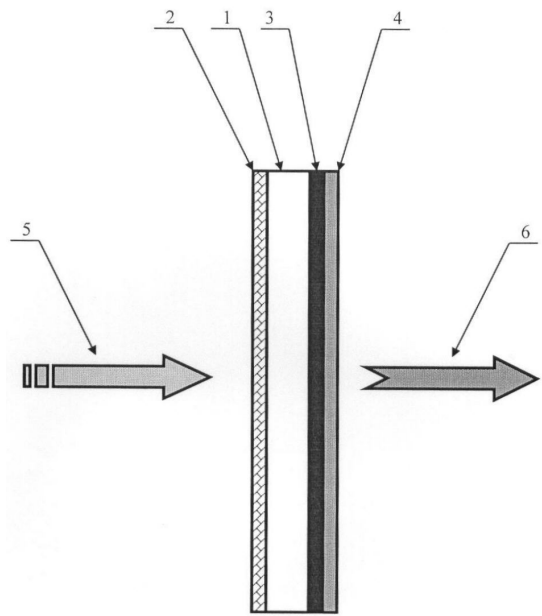
(54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике измерений, в частности к измерению интенсивности электромагнитного излучения с пространственным и поляризационным разрешением. Технический результат заключается в возможности проведения в реальном времени измерений интенсивности электромагнитного излучения в терагерцовой области с пространственным разрешением, а также с поляризационным разрешением. Предложен преобразователь терагерцового излучения в инфракрасное излучение (которое может быть зарегистрировано с помощью имеющихся на сегодняшний день инфракрасных матричных приемников), обладающий высокой чувствительностью к терагерцовому излучению, высоким пространственным разрешением, чувствительностью к поляризации излучения, малым временем отклика. Преобразователь

выполнен в виде ультратонкой (не менее чем в 50 раз меньше длины волны терагерцового излучения) многослойной структуры на основе диэлектрического слоя. Со стороны падения терагерцового излучения на поверхности диэлектрического слоя выполнен металлизированный топологический рисунок, образующий частотно-избирательную поверхность (ЧИП). С обратной стороны диэлектрического слоя нанесен сплошной слой с металлической проводимостью, поверх которого нанесен тонкий слой материала, обладающего высокой излучательной способностью в инфракрасном диапазоне (коэффициент серости, близкий к единице). Вариантом является преобразователь, в котором с обратной стороны диэлектрического слоя резонансного поглотителя терагерцового излучения поверх слоя с металлической проводимостью вместо излучающего слоя наносится второй

диэлектрический слой, на котором формируется металлизированный топологический рисунок, образующий вторую частотно-избирательную поверхность. 2 н. и 5 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1

RU 2 4 4 7 5 7 4 C 1

RU 2 4 4 7 5 7 4 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H03D 7/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010146644/07, 16.11.2010**

(24) Effective date for property rights:
16.11.2010

Priority:

(22) Date of filing: **16.11.2010**

(45) Date of publication: **10.04.2012 Bull. 10**

Mail address:

**630090, g.Novosibirsk, ul. Pirogova, 2,
Novosibirskij gosudarstvennyj universitet, otdel
po zashchite IS, N.A. Beljaevoj**

(72) Inventor(s):

**Kuznetsov Sergej Aleksandrovich (RU),
Fedorinin Viktor Nikolaevich (RU),
Gel'fand Aleksandr Vital'evich (RU),
Paulish Andrej Georgievich (RU),
Lazorskij Pavel Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Novosibirskij
natsional'nyj issledovatel'skij gosudarstvennyj
universitet" (Novosibirskij natsional'nyj
issledovatel'skij gosudarstvennyj universitet,
NGU) (RU)**

(54) **TERAHERTZ EMISSION CONVERTER (VERSIONS)**

(57) Abstract:

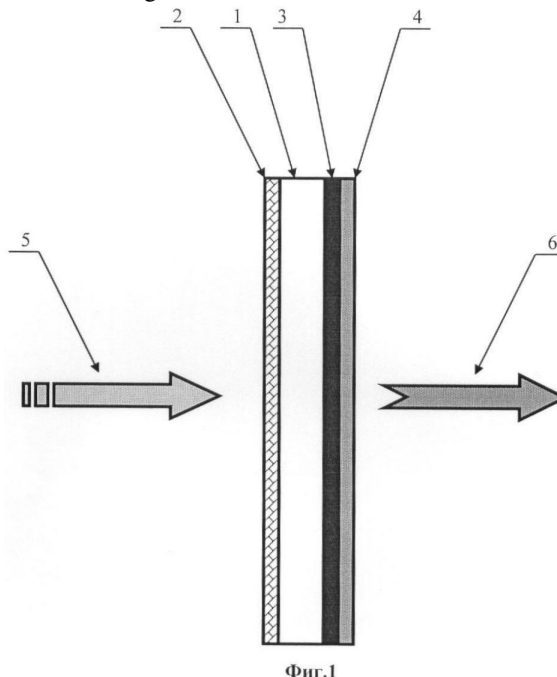
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is related to converter of terahertz radiation into infrared radiation (which can be registered by available infrared receivers) having high sensitivity threshold to terahertz radiation, high spatial resolution, sensitivity to radiation polarisation, small response time. Converter is made as ultrathin (at least 50 times less than wave length of terahertz radiation) multilayer structure based on dielectric layer. Metallised layout forming frequency-selective surface (FSS) is located from side of terahertz radiation. On the other side of dielectric layer there is continuous layer with metal conductivity; on top of it there is a thin layer of material having high radiation efficiency in infrared range (greyiness coefficient is close to one). There is another version for converter when on the other side of dielectric layer for terahertz radiation resonance absorber the second dielectric layer is applied on top of the layer with metal conductivity; metallised layout is formed at the second dielectric layer thus forming the second frequency-selective surface.

EFFECT: possibility of real time measurements

for intensity of electromagnetic radiation in terahertz range with spatial and polarisation resolution.

7 cl, 2 dwg



RU 2 447 574 C1

RU 2 447 574 C1

Область техники.

Изобретение относится к технике измерений, в частности к измерению интенсивности электромагнитного излучения с пространственным и поляризационным разрешением.

Уровень техники.

Электромагнитное излучение терагерцового диапазона частот (0.1-10 ТГц) долгое время интенсивно не исследовалось, так как естественных источников этого излучения на поверхности Земли не существует, а его доля в тепловом излучении ничтожно мала.

Однако в последнее время эта область электромагнитного излучения стала интенсивно осваиваться благодаря развитию технологий генерации терагерцового излучения.

Высокая проникающая способность терагерцового излучения, в сравнении с инфракрасным излучением, и отсутствие ионизирующего воздействия, в отличие от рентгеновских лучей, делает терагерцовые волны перспективным для интроскопии объектов, включая неинвазивную медицинскую диагностику (выявление новообразований и патологий под кожей, стоматология, хирургия и др.) и системы безопасности (обнаружение скрытого под одеждой оружия, взрывчатки и др.). При этом малая величина длины волны терагерцового излучения ($\lambda=30-3000$ мкм) в сравнении с СВЧ-диапазоном позволяет обеспечить значительно более высокое пространственное разрешение интроскопического изображения.

Одна из центральных проблем создания систем терагерцового диапазона является визуализация пучков данного излучения. Как правило, проблема визуализации электромагнитного излучения решается путем использования матричных приемников.

Так как энергия фотона терагерцового излучения мала (0.4-4 мэВ), то матричные фотоприемники, основанные на внутреннем фотоэффекте, требуют охлаждения жидким гелием и специального обслуживания. Такие системы являются очень дорогими единичными устройствами, не предназначенными для получения изображения.

Гетеродинные матричные детекторы на основе терагерцовых диодов Шоттки являются чрезвычайно дорогими, сложными и ненадежными, чтобы их можно было тиражировать хотя бы мелкосерийно. Из-за дороговизны каждого канала их число в существующих детекторах не превышает нескольких десятков.

Принципиально другим типом приемников излучения являются матричные болометрические (или тепловые) приемники, в которых в результате нагрева материала, поглощающего излучение, происходит изменение характеристик этого материала (электрического сопротивления, спонтанной поляризации и др.). Такие приемники могут работать при комнатной температуре. Современные болометрические и пироэлектрические матричные приемники создаются в основном для регистрации ИК-излучения ($\lambda=3-10$ мкм) и обладают весьма низкой чувствительностью в терагерцовой области спектра (Pyroelectric Array Cameras: Pyrocam™ III Series, SPIRICON, Member of the Ophir Group, www.ophiropt.com / www.spiricon.com) [1]. М.А.Дем'яненко, Д.Г.Есаев, В.А.Кныазев, Г.Н.Кулипанов, Н.А.Винокуров. Appl. Phys. Lett., V.92, 131116, 2008 [2]. Малая площадь чувствительного элемента (50×50 мкм) по сравнению с длиной волны терагерцового излучения ($\lambda=30-3000$ мкм) и малый размер матрицы, не превышающий 20 мм (что явно недостаточно для получения качественного изображения излучения с длиной волны порядка 1 мм), делают такие приемники практически не применимыми для терагерцового излучения.

Одним из наиболее эффективных одиночных тепловых детекторов, используемых

для регистрации терагерцового излучения, является оптико-акустический или пневматический приемник (Spectroscopic techniques for far infra-red, submillimetre and millimeter waves. (editor D.H.Martin), North-Holland publishing company, Amsterdam, 1967) [3]. Однако на сегодняшний день не создано матричных приемников такого типа для получения изображения в терагерцовой области излучения.

Прототипом предлагаемому изобретению по функциональному назначению могут служить термофлюоресцентные экраны, выпускаемые американской компанией Macken Instruments (Thermal Image Plates, Macken Instruments Incorporated. / www.macken.com) [4]. Термофлюоресцентный экран, разработанный для визуализации ИК-излучения CO₂ лазера, представляет собой пластину из анодизированного алюминия, на которую нанесен теплоизолирующий слой и слой термочувствительного фосфора. При облучении светом ультрафиолетовой лампы с длиной волны 360 нм фосфор флуоресцирует. Интенсивность флуоресценции уменьшается при увеличении температуры фосфора. Поглощение ИК-излучения фосфором приводит к его нагреву и гашению интенсивности флуоресценции. Таким образом, пространственная неоднородность ИК-излучения приводит к пространственной неоднородности интенсивности флуоресценции.

Однако область применения таких экранов в терагерцовой области излучения резко ограничена ввиду следующих недостатков: а) низкой чувствительности к излучению терагерцового диапазона; б) малого динамического диапазона (<20) и низкого временного разрешения (>1 сек); в) необходимости равномерной подсветки рабочего поля экрана ультрафиолетовым излучением от внешнего источника; г) подсветка экрана ультрафиолетовым излучением должна осуществляться со стороны падения терагерцового излучения, что создает дополнительные трудности при регистрации терагерцового излучения.

Задача изобретения и технический результат.

Задачей изобретения является создание преобразователя терагерцового излучения в инфракрасное излучение (которое может быть зарегистрировано с помощью имеющихся на сегодняшний день инфракрасных матричных приемников), обладающего высокой чувствительностью к терагерцовому излучению, высоким пространственным разрешением, чувствительностью к поляризации излучения, малым временем отклика.

Технический результат: реализация возможности проведения в реальном времени измерений интенсивности электромагнитного излучения в терагерцовой области с пространственным разрешением, а также с поляризационным разрешением.

Раскрытие изобретения.

Поставленная задача решена тем, что преобразователь выполнен в виде ультратонкой (не менее чем в 50 раз меньше длины волны терагерцового излучения) многослойной структуры на основе диэлектрического слоя. Со стороны падения терагерцового излучения на поверхности диэлектрического слоя выполнен металлизированный топологический рисунок, образующий частотно-избирательную поверхность (ЧИП) (В.А.Munk. "Frequency Selective Surfaces: Theory and Design", John Wiley&Sons Inc, 2000) [5]. С обратной стороны диэлектрического слоя нанесен сплошной слой с металлической проводимостью. Диэлектрический слой с ЧИП с одной стороны и металлическим слоем с другой стороны образуют резонансный поглотитель с коэффициентом поглощения в максимуме, близким к единице (более 0.9). Топология ЧИП и толщина диэлектрического слоя выбираются такими, чтобы обеспечить заданное положение максимума поглощения и заданную ширину

линии поглощения терагерцового излучения, при этом суммарная толщина резонансного поглотителя много меньше длины волны терагерцового излучения.

5 Выполнение резонансного поглотителя в виде ультратонкой (не менее чем в 50 раз меньше длины волны терагерцового излучения) структуры, содержащей ЧИП, связано с тем, что для реализации режима измерений в реальном времени с высокой чувствительностью поглощающий слой должен обладать достаточно малой толщиной (низкой теплоемкостью) и близким к единице коэффициентом поглощения для терагерцового излучения.

10 С обратной стороны диэлектрического слоя поверх слоя с металлической проводимостью нанесен тонкий слой материала, обладающего высокой излучательной способностью в инфракрасном диапазоне (коэффициент серости, близкий к единице). При работе преобразователя при комнатной температуре ($T=300$ К) излучающий слой должен иметь максимум излучения в районе $\lambda=10$ мкм. Примером 15 излучающего слоя может быть слой углеродсодержащего материала (графит, сажа, медная или золотая чернь), обладающие коэффициентом серости, близким к единице.

Известно, что ЧИП используются в качестве эффективных фильтрующих элементов в СВЧ-технике [5]. Использование ЧИП для создания преобразователя 20 терагерцового излучения из уровня техники не выявлено.

Для реализации поляризационно-независимого режима ЧИП содержит изотропную (не чувствительную к направлению поляризации) топологию, имеющую резонанс для заданной длины волны терагерцового излучения.

25 Для реализации поляризационной чувствительности на заданной длине волны ЧИП содержит анизотропную топологию, обеспечивающую поляризационно-зависимый коэффициент поглощения резонансного поглощающего слоя.

Для повышения эффективности преобразователя, другими словами - повышения коэффициента преобразования терагерцового излучения в инфракрасное, излучающий 30 слой может быть выполнен в виде резонансного поглотителя с максимумом поглощения на длине волны 10 мкм. Для этого с обратной стороны диэлектрического слоя резонансного поглотителя терагерцового излучения поверх слоя с металлической проводимостью вместо излучающего слоя наносится второй диэлектрический слой, на котором формируется металлизированный топологический рисунок, образующий 35 вторую частотно-избирательную поверхность. Толщина второго диэлектрического слоя и топологический рисунок второй ЧИП выбираются такими, чтобы обеспечить резонансное поглощение на длине волны 10 мкм. При этом максимум излучения согласно закону Кирхгофа так же будет приходиться на 10 мкм. Выбор максимума 40 излучения на длине волны 10 мкм связан с тем, что данная длина волны соответствует максимуму теплового излучения при комнатной температуре ($T=300$ К) и большинство современных матричных болометрических приемников имеют максимальную чувствительность на этой длине волны. При необходимости, топология второй ЧИП и толщина второго диэлектрического слоя могут быть 45 подобраны под другую длину волны инфракрасного излучения.

Описание изобретения.

Описание изобретения поясняется фигурами 1 и 2.

50 На фигуре 1 показана структура преобразователя с однородным излучающим слоем, где 1 - диэлектрический слой, 2 - частотно-избирательная поверхность, которая представляет собой топологический рисунок, выполненный в слое металла, обеспечивающий резонансное поглощение на заданной длине волны терагерцового излучения, 3 - слой с металлической проводимостью, 4 - слой, излучающий

инфракрасное излучение, 5 - терагерцовое излучение, 6 - инфракрасное излучение.

На фигуре 2 показана структура преобразователя с излучающим слоем в виде резонансного поглотителя инфракрасного излучения, где 1 - диэлектрический слой, 2 - частотно-избирательная поверхность, которая представляет собой топологический рисунок, выполненный в слое металла, обеспечивающий резонансное поглощение на заданной длине волны терагерцового излучения, 3 - слой с металлической проводимостью, 7 - второй диэлектрический слой, 8 - вторая частотно-избирательная поверхность, которая представляет собой топологический рисунок, выполненный в слое металла, обеспечивающий резонансное поглощение (излучение) инфракрасного излучения, 5 - терагерцовое излучение, 6 - инфракрасное излучение.

Преобразователь работает следующим образом.

Терагерцовое излучение 5 поглощается резонансным поглотителем (слои 1+2+3), что приводит к нагреву преобразователя. Нагрев преобразователя приводит к увеличению интенсивности теплового инфракрасного излучения со стороны слоя 4 или слоев 3+7+8. Таким образом, изменение энергии терагерцового излучения приводит к изменению энергии инфракрасного излучения. Другими словами, терагерцовое излучение преобразуется в инфракрасное.

Формула изобретения

1. Преобразователь терагерцового излучения, выполненный в виде многослойной структуры, на основе диэлектрического слоя, отличающийся тем, что на поверхности диэлектрического слоя со стороны падения терагерцового излучения выполнен металлизированный топологический рисунок, образующий частотно избирательную поверхность, на противоположную сторону диэлектрического слоя нанесен сплошной слой с металлической проводимостью, поверх которого нанесен эмиссионный слой материала, обладающего высокой излучательной способностью в инфракрасном диапазоне, причем топология частотно избирательной поверхности и толщина диэлектрического слоя выбираются такими, чтобы обеспечить заданное положение максимума поглощения и заданную ширину линии поглощения терагерцового излучения, при этом суммарная толщина слоя с топологическим рисунком и диэлектрического слоя должна быть много меньше длины волны терагерцового излучения.

2. Преобразователь по п.1, отличающийся тем, что для реализации односпектральной поляризационно-независимой чувствительности топология частотно-избирательной поверхности выполнена изотропной, имеющей резонанс для заданной длины волны терагерцового излучения.

3. Преобразователь по п.1, отличающийся тем, что для достижения поляризационной чувствительности на заданной длине волны топология частотно-избирательной поверхности выполнена анизотропной, имеющей поляризационно-зависимый коэффициент поглощения.

4. Преобразователь по п.1, отличающийся тем, что эмиссионный слой выполнен в виде слоя углеродсодержащего материала (графит, сажа, медная или золотая чернь) толщиной много меньше длины волны терагерцового излучения.

5. Преобразователь терагерцового излучения, выполненный в виде многослойной структуры на основе диэлектрического слоя, отличающийся тем, что на поверхности диэлектрического слоя со стороны падения терагерцового излучения выполнен металлизированный топологический рисунок, образующий частотно избирательную поверхность, на противоположную сторону диэлектрического слоя нанесен сплошной

слой с металлической проводимостью, поверх которого нанесен второй диэлектрический слой, на котором сформирован металлизированный топологический рисунок, образующий вторую частотно избирательную поверхность, причем толщина второго диэлектрического слоя и топологический рисунок выбираются такими, чтобы

5

обеспечить резонансное поглощение на длине волны 10 мкм.

6. Преобразователь по п.5, отличающийся тем, что для реализации односпектральной поляризационно-независимой чувствительности топология частотно-избирательной поверхности выполнена изотропной, имеющей резонанс для

10

заданной длины волны терагерцового излучения.

7. Преобразователь по п.5, отличающийся тем, что для достижения поляризационной чувствительности на заданной длине волны топология частотно-избирательной поверхности выполнена анизотропной, имеющей поляризационно-зависимый коэффициент поглощения.

15

20

25

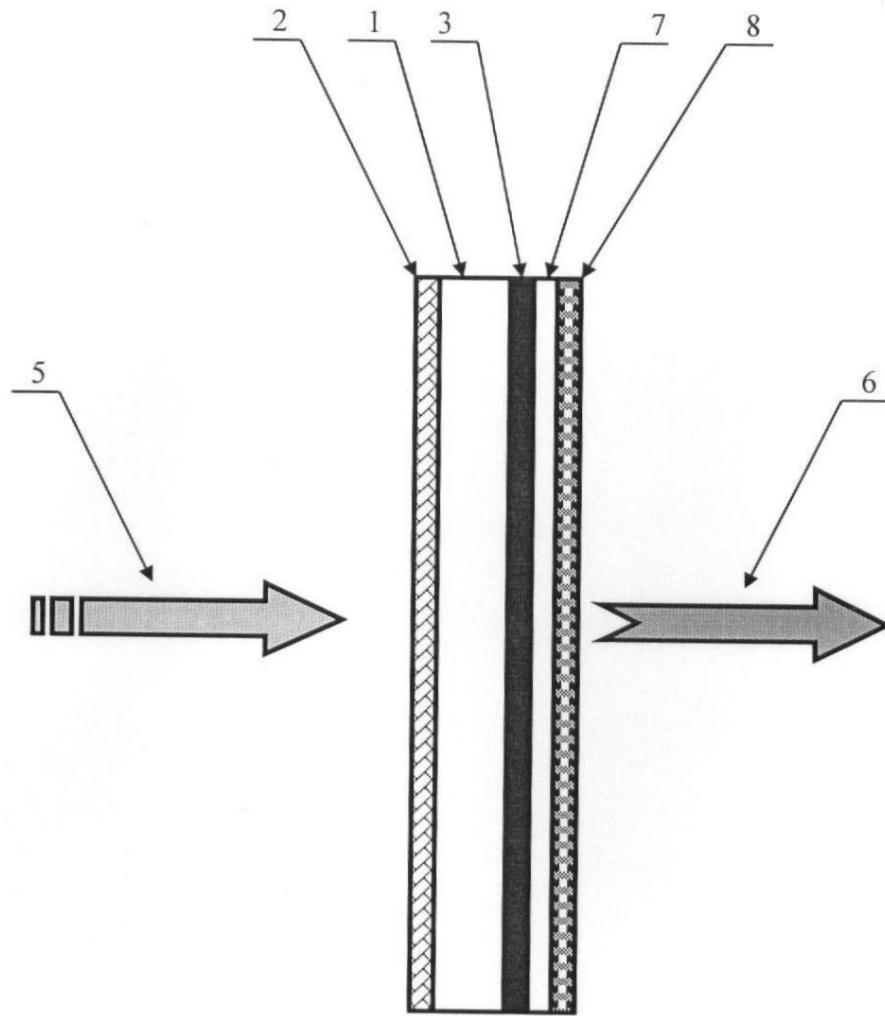
30

35

40

45

50



Фиг.2