



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2010111202/28**, **23.03.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**23.03.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **23.03.2010**(45) Опубликовано: **20.03.2011** Бюл. № 8(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **US 7045784 B1**, **16.05.2006**. **RU 2325729 C1**,  
**27.05.2008**. **RU 2371684 C2**, **27.10.2009**. **RU**  
**2169911 C2**, **27.06.2001**.

Адрес для переписки:

Документ находится в Патентном отделе

**ОКБ АСТРОН**140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

RU 2 4 1 4 6 8 8 C 1

**(54) МАТРИЧНЫЙ ПРИЕМНИК ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

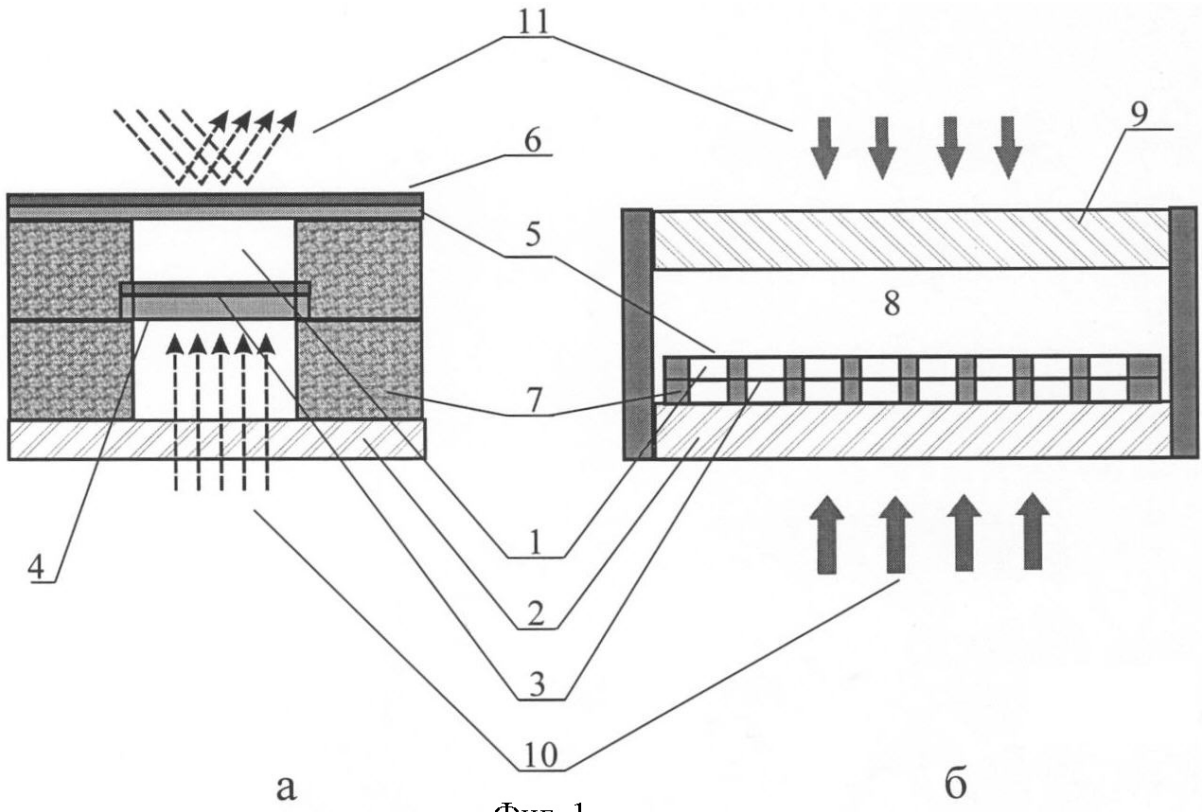
(57) Реферат:

Изобретение относится к технике измерений. Приемник имеет матричную структуру с ячейками Голя, каждая из которых представляет собой заполненную газом камеру, один торец которой является входным окном для электромагнитного излучения, противоположный торец закрыт гибкой мембраной с зеркальным покрытием с внешней стороны, а внутри камеры размещен поглощающий элемент. Поглощающий элемент ячейки Голя выполнен в виде ультратонкого (не менее, чем в 50 раз меньше

длины волны терагерцового излучения) резонансного поглощающего слоя, содержащего высокоимпедансную поверхность, обращенную к входному окну ячейки. Матрица содержит ячейки с заданными оптическими характеристиками поглощающих слоев, обусловленными заданной топологией высокоимпедансных поверхностей.

Технический результат - возможность измерений в терагерцовой области с пространственным и поляризационным разрешением как в односпектральном, так и в многоспектральном режимах. 4 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 4 1 4 6 8 8 C 1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010111202/28, 23.03.2010**

(24) Effective date for property rights:  
**23.03.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **23.03.2010**

(45) Date of publication: **20.03.2011 Bull. 8**

Mail address:

Документ находится в Патентном отделе  
**ОКБ АСТРОН**  
140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

**(54) TERAHERTZ RADIATION MATRIX RECEIVER**

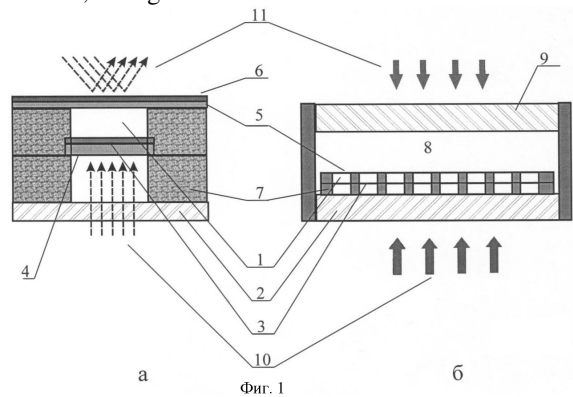
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: receiver has a matrix structure with Golay cells, each of which is a gas-filled chamber, one end of which is the entrance window of electromagnetic radiation and the opposite end is closed by a flexible membrane with reflective coating on the outer side, and there is an absorbing element inside the chamber. The absorbing element of the Golay cell is in form of an ultra-thin (at least 50 times smaller than the wavelength of the terahertz radiation) resonant absorbing layer which has a high-impedance surface which faces the entrance window of the cell. The matrix has cells with given optical characteristics of absorbing layers which are determined by the given topology of the high-impedance surfaces.

EFFECT: possibility of taking measurements in the terahertz region with spatial and polarisation resolution in single-spectrum and multi-spectrum modes.

5 cl, 2 dwg



RU 2 4 1 4 6 8 8 C 1

RU 2 4 1 4 6 8 8 C 1

Область техники

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

Уровень техники

Расположенный на стыке хорошо освоенных инфракрасного и микроволнового диапазонов электромагнитного спектра диапазон терагерцовых частот (0.1-10 ТГц) интенсивно осваивается только сейчас. Это освоение стимулировано как вследствие расширения технологий примыкающих к нему диапазонов, так и благодаря специфическим особенностям терагерцового излучения, делающим его необычайно перспективным для фундаментальных и прикладных исследований.

Высокая проникающая способность терагерцового излучения в сравнении с инфракрасным 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 ( $\lambda=3$  мм - 30 мкм) в сравнении с СВЧ-диапазоном позволяет обеспечить значительно более высокое пространственное разрешение интроскопического изображения.

В настоящий момент в мире сложилась ситуация, когда источники терагерцового излучения в большей степени удовлетворяют практическим потребностям, чем приемники. Созданы мощные перестраиваемые терагерцовые генераторы, такие как лазеры на свободных электронах, гиротроны, лазеры на каскадных квантовых переходах. Эти источники позволяют освещать объекты исследования широкими пучками излучения, что для их регистрации требует использования двумерных матричных приемников.

Высокая потребность в таких приемниках при решении задач терагерцовой радиометрии, интро- и рефлектоскопии на практике зачастую сталкивается с неразрешимыми трудностями, поскольку на настоящий момент отсутствуют терагерцовые матричные приемники, оптимально сочетающие критерии высокой чувствительности, быстродействия, крупноформатности, удобства эксплуатации и сравнительно низкой стоимости.

Известны определенные матричные приемники, которые имеют ряд существенных ограничений и недостатков.

Так, высокочувствительные матрицы фотоприемников на основе внутреннего фотоэффекта, используемые в космической астрономии, являются очень дорогими единичными устройствами, требующими охлаждения жидким гелием и специального обслуживания, что сильно усложняет эксперименты.

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

Фактически единственными мелкосерийными крупноформатными ( $\sim 10 \times 10$  см<sup>2</sup>) матричными приемниками терагерцового излучения в настоящее время являются термофлюоресцентные экраны, выпускаемые американской компанией Macken Instruments.

Однако область применения таких экранов 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 матрицы ультрафиолетовым излучением от внешнего источника.

5 Качественно иной способ регистрации электромагнитного излучения используется в неохлаждаемых приемниках на основе микромеханических преобразователей (ММП). В последних энергия электромагнитной волны преобразуется в механическое перемещение микроструктурной конструкции - кантилевера или упругой мембраны

10 К важной разновидности матричных приемников ММП-типа относятся приемники на основе оптоакустических преобразователей (ОАП).

Оптоакустический преобразователь [1] представляет собой полый цилиндр, заполненный газом, в котором один торец является поглотителем излучения, а противоположный торец представляет собой гибкую мембрану с зеркальным покрытием. Поглощение излучения приводит к нагреву поглотителя, а затем и газа, 15 заполняющего преобразователь, который, расширяясь, деформирует мембрану. Деформация мембраны приводит к отклонению отраженного светового луча видимого диапазона, что регистрируется фотодетектором. ОАП имеет наибольшую 20 чувствительность среди детекторов, работающих при комнатной температуре. На сегодняшний день одиночные ОАП являются фактически единственным доступным широкополосным детектором терагерцового излучения.

Однако одиночный детектор не позволяет получать изображение в реальном времени, так как требует сложных и дорогостоящих систем сканирования, к тому же 25 типичный размер входного окна традиционных ОАП составляет около 1 см, что делает проблематичным их использование для получения изображений с приемлемым разрешением.

Указанные недостатки могут быть устранены созданием матричного приемника с 30 ячейками на базе одиночных ОАП, размеры которых сопоставимы с характерной рабочей длиной волны.

Прототипом предлагаемому изобретению может служить матричный детектор инфракрасного излучения на основе ОАП - ячеек Голея [2], который представляет собой микроканальную пластину (МКП), при этом ячейка Голея представляет собой 35 канал МКП, заполненный поглощающей средой, один торец которого закрыт приваренной пленкой, прозрачной для ИК-излучения, а противоположный закрыт гибкой мембраной.

Указанный матричный детектор предназначен для регистрации инфракрасного 40 излучения и не может регистрировать терагерцовое излучение.

Задача изобретения и технический эффект

Задачей изобретения является создание нового типа селективного матричного приемника терагерцового излучения на основе матрицы оптоакустических преобразователей.

45 Технический эффект: реализация возможности проведения в реальном времени измерений интенсивности электромагнитного излучения в терагерцовой области с пространственным разрешением как в односпектральном, так и в многоспектральном режимах, а также с поляризационным разрешением.

50 Раскрытие изобретения

Поставленная задача решена тем, что в известном матричном приемнике излучения, основанном на матричной структуре из ячеек Голея, каждая из которых представляет собой заполненную газом камеру, один торец которой является входным

окном для электромагнитного излучения, противоположный торец закрыт гибкой мембраной с зеркальным покрытием с внешней стороны, а внутри камеры размещен поглощающий элемент, поглощающий элемент ячейки Голея выполнен в виде ультратонкого (не менее, чем в 50 раз меньше длины волны терагерцового излучения) резонансного поглощающего слоя, содержащего высокоимпедансную поверхность, обращенную к входному окну ячейки, при этом матрица содержит ячейки с заданными оптическими характеристиками поглощающих слоев, обусловленными заданной топологией высокоимпедансных поверхностей.

Выполнение поглощающего элемента ячейки Голея в виде ультратонкого (не менее, чем в 50 раз меньше длины волны терагерцового излучения) резонансного поглощающего слоя, содержащего высокоимпедансную поверхность, обращенную к входному окну ячейки, связано с тем, что для реализации режима измерений в реальном времени с высокой чувствительностью поглощающий элемент должен обладать достаточно малой толщиной (низкой теплоемкостью) и близким к единице коэффициентом поглощения для терагерцового излучения.

Высокоимпедансные поверхности используются для эффективных экранов в СВЧ технике [4]. Использование высокоимпедансных поверхностей в качестве поглощающих элементов для терагерцового диапазона излучения из уровня техники не выявлено.

Для реализации односпектрального поляризационно-независимого режима матрица содержит ячейки с одинаковыми поглощающими слоями с изотропной (не чувствительной к направлению поляризации) топологией высокоимпедансной поверхности, имеющей резонанс для заданной длины волны терагерцового излучения.

Для достижения поляризационной чувствительности на заданной длине волны матричный приемник содержит не менее трех типов ячеек с поляризационно-зависимым коэффициентом поглощения поглощающих слоев.

Для достижения многоспектральности матричный приемник содержит не менее 2 типов ячеек со спектрально-зависимым коэффициентом поглощения поглощающих слоев.

Для достижения многоспектральности и поляризационной чувствительности, матричный приемник содержит не менее 1 типа ячеек со спектрально-зависимым коэффициентом поглощения и не менее 3 типов ячеек с поляризационно-зависимым коэффициентом поглощения поглощающих слоев.

Описание изобретения

Описание изобретения поясняется фиг.1а, б и 2а, б, в.

На фиг.1а показана структура ячейки, где: 1 - камера ячейки, заполненная газом с низкой теплопроводностью. Газ находится при атмосферном давлении; 2 - входное окно, изготовленное из материала, прозрачного для терагерцового излучения (например, полиэтилен, полипропилен); 3 - поглощающий элемент, изготовленный из ультратонкого (не менее, чем в 50 раз меньше длины волны терагерцового излучения) резонансного поглощающего слоя (например, полиэтилен), содержащего высокоимпедансную поверхность 4, которая представляет собой топологический рисунок, выполненный в слое металла, обращенную к входному окну ячейки; 5 - гибкая мембрана, изготовленная из слоя полиимида и покрытая отражающим слоем 6 с внешней стороны ячейки.

Присоединение мембраны к матрице с отверстиями производится в атмосфере газа с низкой теплопроводностью с целью уменьшения теплоотвода от поглощающего элемента через газ.

На фиг.1б показана структура детектора на основе матрицы ячеек.

Матричная конструкция ячеек 7, сформированная на входном окне 2, помещается в герметично замкнутый газовый объем детектора 8, с одной стороны ограниченный входным окном 2 (например, пластина полипропилена), с другой стороны - выходным окном 9, выполненным из стекла К8.

Данная конструкция обеспечивает режим равенства внутреннего давления в ячейке и внутреннего давления в общей камере детектора при изменении давления и температуры окружающей среды. Терагерцовое излучение 8 попадает в приемник со стороны входного окна 2, а тестирующее излучение 9 видимого диапазона оптической системы считывания падает на поверхность мембраны через выходное окно 11.

Приемник работает следующим образом.

Терагерцовое излучение 10 проникает через входное окно 2 в камеру ячейки 1 и поглощается поглощающим элементом 3, что приводит к нагреву поглощающего элемента. Нагрев поглощающего элемента приводит к нагреву газа, заполняющего объем камеры, за счет теплопроводности газа. Нагрев газа приводит к увеличению давления внутри камеры ячейки, что, в свою очередь, приводит к деформации гибкой мембраны ячейки 5. Деформация мембраны приводит к отклонению светового луча 11, отраженного от отражающего слоя 6 мембраны 5. Отклонение светового луча регистрируется оптическим способом (поляризационно-дифференциальным способом).

Изменение интенсивности отраженного луча пропорционально интенсивности поглощенного терагерцового излучения. Таким образом, с помощью данного матричного приемника пространственное распределение интенсивности терагерцового излучения преобразуется в пространственное распределение видимого света, которое регистрируется с помощью кремниевой ПЗС-матрицы.

На фиг.2а, б, в, г показаны фрагменты матриц ячеек для реализации заявляемых режимов работы.

Для реализации односпектрального поляризационно-независимого режима матрица содержит ячейки с одинаковыми поглощающими слоями с изотропной (не чувствительной к направлению поляризации) топологией высокоимпедансной поверхности, имеющей резонанс для заданной длины волны терагерцового излучения (фиг.2а).

Для реализации многоспектрального поляризационно-независимого режима матрица содержит ячейки двух и более типов с поглощающими слоями с изотропной топологией высокоимпедансной поверхности, имеющих резонанс для различных длин волн терагерцового излучения (фиг.2б).

Для реализации односпектрального и поляризационно-чувствительного режима матрица содержит ячейки трех типов с поглощающими слоями с анизотропной (чувствительной к направлению поляризации) топологией высокоимпедансной поверхности, имеющих резонанс для трех направлений вектора поляризации терагерцового излучения с заданной длиной волны, сдвинутых относительно друг друга на 45 градусов (фиг.2в).

Реализация многоспектрального и поляризационно-чувствительного режима осуществляется комбинацией в одной матрице ячеек с изотропной и анизотропной топологиями высокоимпедансной поверхности, имеющими резонанс для разных длин волн и направлений вектора поляризации терагерцового излучения (фиг.2г).

Обработка изображений для разных длин волн и изображений распределения поляризации осуществляется программным обеспечением оптической системы считывания.

## Источники информации

1. M.J.E. Golay, Rev. Sci. Instrum. 1947, v.18, 357-362).

2. Патент US №7045784 от 18.12.2003.

3. Патент RU №2379800 от 25.07.2007.

5 4. К.Р.Симовский, А.А.Сочава, И.В.Мельчакова «Поверхность с высоким импедансом и стабильным низкочастотным резонансом». Радиотехника и электроника. 2008. Том 53. №5, с.527-536.

## 10 Формула изобретения

1. Матричный приемник терагерцового излучения, основанный на матричной структуре из ячеек Голея, каждая из которых представляет собой заполненную газом камеру, один торец которой является входным окном для электромагнитного излучения, противоположный торец закрыт гибкой мембраной с зеркальным  
15 покрытием с внешней стороны, а внутри полости размещен поглощающий элемент, отличающийся тем, что поглощающий элемент ячейки Голея выполнен в виде ультратонкого (не менее чем в 50 раз меньше длины волны терагерцового излучения) резонансного поглощающего слоя, содержащего высокоимпедансную поверхность, обращенную к входному окну ячейки, при этом матрица содержит ячейки с  
20 заданными оптическими характеристиками поглощающих слоев, обусловленными различием топологий высокоимпедансных поверхностей.

2. Матричный приемник по п.1, отличающийся тем, что для реализации односпектрального поляризационно-независимого режима матрица содержит ячейки с  
25 одинаковыми поглощающими слоями с изотропной топологией высокоимпедансной поверхности, имеющей резонанс для заданной длины волны терагерцового излучения.

3. Матричный приемник по п.1, отличающийся тем, что для достижения поляризационной чувствительности на заданной длине волны он содержит не менее  
30 трех типов ячеек с поляризационно-зависимым коэффициентом поглощения поглощающих слоев.

4. Матричный приемник по п.1, отличающийся тем, что, для достижения многоспектральности, он содержит не менее 2 типов ячеек со спектрально-зависимым коэффициентом поглощения поглощающих слоев.

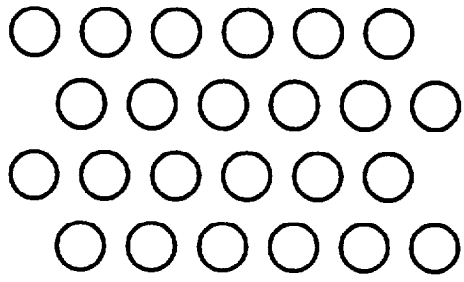
35 5. Матричный приемник по п.1, отличающийся тем, что, для достижения многоспектральности и поляризационной чувствительности, он содержит не менее 1 типа ячеек со спектрально-зависимым коэффициентом поглощения и не менее 3 типов ячеек с поляризационно-зависимым коэффициентом поглощения поглощающих слоев.

40

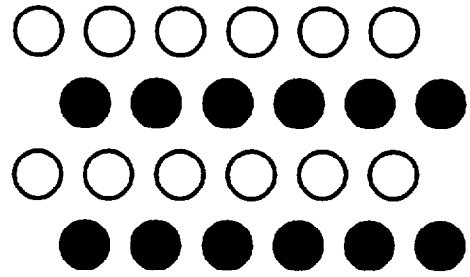
45

50

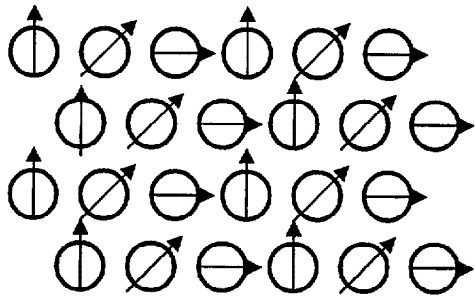




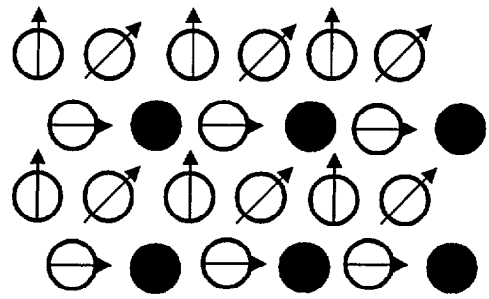
а



б



в



г

Фиг. 2