



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007140119/28, 29.10.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.10.2007

(45) Опубликовано: 20.05.2009 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ГРОССОРГ Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. - М.: Мир, 1968, с.312. SHITOV S.V., VYSTAVKIN A.N. An integrated array antenna for a TES imaging radiometer: general concept and simulations. // Proc. of 16 th Intern. Symp. on Space Terahertz Technology, 31 April - 4 May, 2005. RU 2106757 C1, 10.03.1998. RU 2213429 C1, 27.09.2003. ФРАДИН А.З. Антенно-фидерные устройства. - М.: Связь, 1971, с.240.

Документ находится в Патентном отделе

ОКБ АСТРОН140081, Московская область, г.Лыткарино,
ул.Парковая, д.1

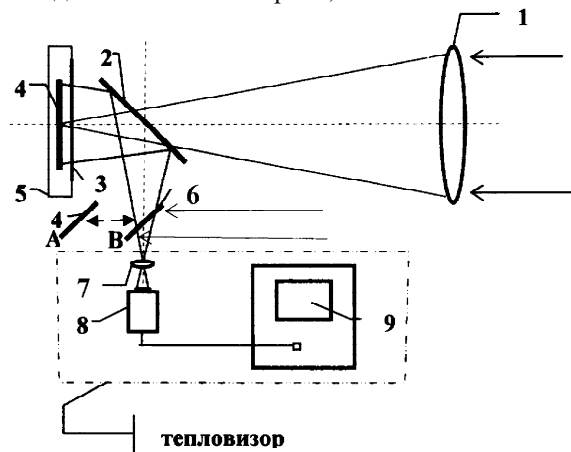
RU 2 356 129 C 1

(54) ВИЗУАЛИЗАТОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области приборостроения и может быть использовано для получения видимых изображений объектов, испускающих или рассеивающих инфракрасное (ИК) и субмиллиметровое (СМ) электромагнитные излучения (ЭМИ). Технический результат - визуализация субмиллиметрового и инфракрасного излучений. Для достижения данного результата в устройство дополнительно введена мишень, преобразующая изображения объектов, излучающих в СМ диапазоне. На основе дополнительно введенных и установленных определенным образом оптических элементов (линзовой антенны и двух зеркал) обеспечена визуализация не только ИК, но и СМ излучений. При этом

обеспечивается возможность совмещения изображений объектов, наблюдаемых в СМ и ИК диапазонах. 3 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1

ПАТЕНТНЫЙ ОТДЕЛ
ОКБ АСТРОН
WWW.ASTROHN.RU

RU 2 356 129 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007140119/28, 29.10.2007**

(24) Effective date for property rights:
29.10.2007

(45) Date of publication: **20.05.2009 Bull. 14**

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

(54) VISUALISER OF ELECTROMAGNET EMISSIONS

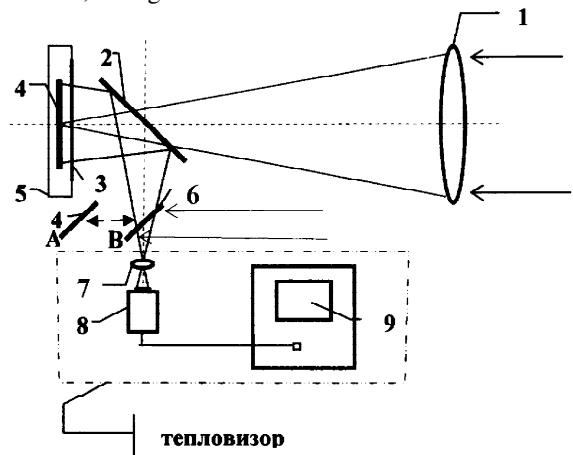
(57) Abstract:

FIELD: physics, optics.

SUBSTANCE: invention is related to the field of instrument making and may be used for production of visible images of objects that emit or scatter infrared (IR) and submillimeter (SM) electromagnet emissions (EME). In order to achieve technical result, target is additionally introduced in device, which transforms images of objects radiating in SM range. Additionally introduced and specially installed optical elements (lens antenna and two mirrors) provide for visualisation of not only IR but also SM radiations. At that possibility is provided for matching of images of objects observed in SM and IR ranges.

EFFECT: visualisation of submillimeter and

infrared radiations.
4 cl, 2 dwg



Фиг.1

RU 2 3 5 6 1 2 9 C 1

RU 2 3 5 6 1 2 9 C 1

Изобретение относится к области электрооптического (радиооптического) приборостроения и может быть использовано для получения видимых изображений объектов, испускающих или рассеивающих инфракрасное (ИК) и субмиллиметровое (СМ) электромагнитные излучения (ЭМИ).

Из широкого (от рентгеновского до СВЧ-диапазона) спектра электромагнитных излучений, испускаемых природными или искусственными объектами, человеческий глаз способен видеть изображения объектов, только в диапазоне длин волн $0.45 \div 0.75$ мкм.

Для видения за пределами этого диапазона разрабатываются различные визуализаторы электромагнитных излучений (ВЭИ), например, радиометры изображения или отображающие радиометры (imaging radiometers) для ЭМИ СМ диапазонов, электронно-оптические преобразователи (ЭОП^Б) и тепловизоры, соответственно для ближней и средней ИК-областей спектра.

ВЭИ, как правило, содержат:

- линзовую или зеркальную антенну (или объектив), строящую невидимое глазом изображение в плоскости матричной или сплошной мишени;

- мишень, каждый элемент разложения изображения которой преобразует

поглощенное им ЭМИ, в конечном итоге, в электрический сигнал, пропорциональный мощности (энергии) поглощенного ЭМИ;

- устройство для построения (по электрическим сигналам) видимого глазом изображения объектов, испускающих невидимые ЭМИ (монитор у тепловизоров, люминесцентный экран у ЭОП^{ОБ}).

Известен [S.V.Shitov, A.N.Vystavkin. An integrated array antenna for a TES imaging radiometer: general concept and simulations. // Proc. of 16th Intern. Symp. on Space Terahertz Technology, 31 April - 4 May, 2005] визуализатор электромагнитных излучений СМ диапазона - радиометр изображения (imaging radiometer), мишень которого выполнена в виде матрицы сверхпроводящих болометров на основе двухслойных структур «сверхпроводник - нормальный металл». Болометры из слоев «молибден - медь» с нанометровыми толщинами (10-100 нм) имеют предельную чувствительность $4 \cdot 10^{-19} \div 4 \cdot 10^{-21}$ Вт/Гц^{1/2} и работают при температурах $0.4 \div 0.08$ К. Болометры включены в антенную матрицу, каждая ячейка (пиксель) которой образована пересекающимися парами щелевых антенн, длина которых соизмерима с длиной принимаемой волны ЭМИ. Каждая пара антенн соединена микрополосковой линией. В разрыв каждой микрополосковой линии включен болометр. Под действием ЭМИ СМ диапазона в каждой антенне возбуждаются СВЧ-токи, (соответствующие облученности этой ячейки), которые нагревают болометр этой ячейки до температуры, соответствующей ее облученности. В результате изменяется сопротивление каждого болометра и изменяется ток (напряжение) в цепи каждого болометра. Видимое изображение на мониторе строится по электрическим сигналам, вырабатываемым каждым болометром.

Основным недостатком этого ВЭИ является, что он не пригоден для визуализации ЭМИ ИК диапазона, к другим недостаткам этого ВИ можно отнести необходимость сверхглубокого охлаждения болометров, что делает этот прибор уникальным. Кроме того, для визуализации изображения требуется осуществлять вращение СМ-изображения в плоскости матрицы, (т.к. для уменьшения теплопритоков болометры каждой строки включены последовательно), что дополнительно усложняет и удорожает ВЭИ СМ диапазона.

Наиболее близким к изобретению, является ВЭИ, представляющий собой

смотрящий тепловизор [Ж. Гроссорг. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. // М., Мир, 1968, с.312].

Недостатком тепловизоров можно считать то, что они непригодны для визуализации СМ ЭМИ.

Задачами изобретения является следующее

- обеспечение возможности отдельно визуализировать субмиллиметровое или инфракрасное излучение;

- обеспечение возможности одновременно визуализировать субмиллиметровое и инфракрасное излучение на одном дисплее (так называемый комплексированный режим).

Поставленные задачи решаются тем, что в визуализатор дополнительно введена линзовая антенна, в фокальной плоскости которой установлена плоская мишень, каждый элемент разложения которой под действием поглощенного излучения субмиллиметрового диапазона нагревается до температуры, однозначно зависящей от его облученности, при этом b - поперечный размер мишени и f - фокусное расстояние линзовой антенны выбираются таким образом, чтобы выполнялось следующее соотношение: $\alpha = 2 \cdot \arctg(b/2 \cdot f)$, где α - угол поля зрения тепловизора, причем мишень расположена внутри термоизолирующего вакуумируемого корпуса, в котором со стороны, обращенной к антенне, имеется окно, прозрачное для излучений субмиллиметрового и инфракрасного диапазонов длин волн, между окном и линзовой антенной введено первое плоское зеркало, угол между плоскостью мишени и плоскостью зеркала составляет 45 градусов, подложка зеркала прозрачна для субмиллиметрового излучения, сторона подложки, обращенная к мишени, имеет покрытие, отражающее инфракрасное излучение, причем максимальное отражение обеспечивается в спектральной полосе $8 \div 14$ мкм при угле падения лучей 45 градусов, оптическая ось объектива тепловизора, пересекающаяся с оптической осью линзовой антенны в геометрическом центре отражающего слоя зеркала, образует угол 45 градусов с нормалью к отражающей поверхности зеркала, L - сумма расстояний от этой точки пересечения оптических осей до мишени и объектива равна $L = b/2 \cdot \tg(\alpha/2)$, между объективом тепловизора и первым зеркалом установлено второе плоское зеркало, отражающее излучение в спектральной полосе $8 \div 14$ мкм при угле падения лучей 45 градусов, так чтобы оно могло быть введено в поле зрения тепловизора и выведено из него, при этом, когда зеркало введено в поле зрения тепловизора, его отражающая поверхность образует угол 90 градусов с плоскостью подложки первого зеркала и обращена в сторону объектива тепловизора.

С целью обеспечения возможности отдельно визуализировать инфракрасное излучение с максимальной чувствительностью второе плоское зеркало визуализатора изготовлено с максимальным коэффициентом отражения в спектральной полосе $8 \div 14$ мкм при угле падения лучей 45 градусов.

С целью обеспечения возможности одновременно визуализировать субмиллиметровое и инфракрасное излучение на одном дисплее, второе плоское зеркало визуализатора сделано частично прозрачным в спектральной полосе $8 \div 14$ мкм при угле падения лучей 45 градусов.

С целью повышения спектральной селективности и чувствительности, мишень визуализатора выполнена в виде матрицы антенн, расположенных в одной плоскости, имеющих размеры, соизмеримые с длиной волны субмиллиметрового диапазона, причем электрической нагрузкой каждой антенны является пленка, изготовленная из резистивного материала, расположенная в плоскости матрицы.

Поясним принцип работы визуализатора излучений.

Плоская мишень, помещенная в термоизолирующую камеру, может быть выполнена в виде сплошной или разделенной узкими канавками резистивной пленки, нанесенной на тонкую (толщиной доли, мм) диэлектрическую подложку, сделанную, например, из кварца, или представлять собой антенную матрицу, в которой электрическими нагрузками каждой из антенн являются резистивные пленки.

Линзовая антенна строит изображение (в СМ диапазоне длин волн) наблюдаемого объекта в плоскости мишени. Каждый элемент разложения изображения в плоскости мишени (размеры которого соизмеримы с длиной волны излучения субмиллиметрового диапазона) под действием поглощенного излучения субмиллиметрового диапазона нагревается до температуры, однозначно зависящей от его облученности. Часть инфракрасного излучения каждого элемента разложения мишени с помощью первого зеркала (при этом второе зеркало выведено из поля зрения тепловизора) направляется в объектив тепловизора, который преобразует температурное поле мишени в видимое изображение, воспроизводимое монитором. (Поскольку температуры элементов разложения мишени, нагреваемых СМ излучением, мало отличаются от температуры окружающей среды, для визуализации температурного поля мишени целесообразно использовать тепловизор, работающий в полосе 8-14 мкм). Для того чтобы получить изображение наблюдаемого объекта, излучающего в ИК диапазоне, в поле зрения тепловизора вводится второе зеркало, которое направляет часть ИК - излучения наблюдаемого объекта в объектив тепловизора.

Выполнение соотношений: $\alpha = 2 \cdot \arctg(b/2 \cdot f)$ и $L = b/2 \cdot \tg(\alpha/2)$, (где L - сумма расстояний от точки пересечения оптических осей линзовой антенны и объектива тепловизора до мишени и объектива; b - поперечный размер мишени; α - угол поля зрения тепловизора) обеспечивает равенство углов полей зрения субмиллиметрового и инфракрасного каналов ВЭИ.

Для повышения спектральной селективности и чувствительности ВЭИ к излучению с заданной длиной волны и, следовательно, повышения помехозащищенности в визуализаторе излучений по п.2 мишень может быть выполнена в виде матрицы антенн, расположенных в одной плоскости и имеющих размеры, соизмеримые с длиной волны субмиллиметрового диапазона. Таким образом, каждая антенна определяет геометрические размеры элемента разложения изображения наблюдаемого объекта в плоскости мишени в субмиллиметровом диапазоне длин волн. Антенны могут быть изготовлены из металлической пленки, причем электрической нагрузкой каждой антенны является пленка, изготовленная из резистивного материала, расположенная в плоскости матрицы.

Под действием ЭМИ СМ диапазона в каждой антенне возбуждаются резонансные СВЧ-токи, (соответствующие облученности этого элемента разложения), которые нагревают изготовленную из резистивного материала пленку, являющуюся электрической нагрузкой антенны до температуры, соответствующей облученности антенны. Часть инфракрасного излучения каждой пленки с помощью первого зеркала (при этом второе зеркало выведено из поля зрения тепловизора) направляется в объектив тепловизора, который преобразует температурное поле мишени в видимое изображение, воспроизводимое монитором. Причем в процессе преобразования яркость каждого элемента разложения видимого изображения на экране монитора определяется температурой резистивной пленки, оптически сопряженной с этим элементом.

Излучения СМ диапазона с длинами волн, отличающимися от заданных геометрическими размерами антенны, практически не возбуждают СВЧ-токи в антеннах и, следовательно, не приводят к нагреву резистивных пленок и не фиксируются тепловизором. В результате повышается помехозащищенность ВЭИ.

5 Следует отметить, что антенны, нагруженные на резистивную пленку, принимают СМ излучение более эффективно, чем сама резистивная пленка, что повышает чувствительность ВЭИ.

В ряде случаев для лучшей идентификации объекта желательно иметь возможность 10 совмещения его изображений в СМ и ИК диапазонах, т.е. визуализировать субмиллиметровое излучение одновременно с инфракрасным излучением. Для реализации этой задачи необходимо, чтобы в ВЭИ по п.1 второе плоское зеркало было частично прозрачным в спектральной полосе 8-14 мкм при угле падения лучей 45 градусов и было введено в поле зрения тепловизора.

15 Действительно, выполнение соотношений: $\alpha=2\cdot\arctg(b/2\cdot f)$ и $L=b/2\cdot\tg(\alpha/2)$ обеспечивает равенство углов полей зрения субмиллиметрового и инфракрасного каналов ВИ и позволяет с помощью введения второго зеркала в поле зрения тепловизора совмещать на мониторе тепловизора изображения объекта, 20 наблюдаемого в СМ и ИК диапазонах.

Таким образом, с помощью описанных выше дополнительно введенных и установленных определенным образом элементов, ВЭИ на основе тепловизора оказывается пригодным для визуализации не только инфракрасного, но и субмиллиметрового излучений. При этом обеспечивается возможность совмещения 25 изображений объектов, наблюдаемых в СМ и ИК диапазонах, т.е. обеспечивается возможность для лучшей идентификации объекта визуализировать субмиллиметровое излучение одновременно с инфракрасным излучением.

На фиг.1 показана схема визуализатора электромагнитных излучений по п.1 формулы изобретения.

30 Визуализатор имеет следующие основные элементы: линзовую антенну 1, в фокальной плоскости которой находится плоская мишень 4, зеркало 2, прозрачное для СМ излучения и отражающее ИК излучение в полосе 8÷14 мкм, вакуумированный термоизолирующий корпус 5, с окном 3, прозрачным для СМ и ИК излучений, 35 зеркало 6, изготовленное с возможностью перемещения в положение А или В, смотрящий тепловизор, содержащий объектив 7, матричный приемник с электронным блоком обработки 8, монитор 9.

40 Сущность визуализатора электромагнитных излучений по п.2 формулы изобретения поясняется фиг.1. Для обеспечения возможности отдельно визуализировать инфракрасное излучение с максимальной чувствительностью, в визуализаторе изображений по п.1 второе плоское зеркало изготовлено с максимальным коэффициентом отражения в спектральной полосе 8÷14 мкм при угле падения лучей 45 градусов и установлено в положение А.

45 Сущность визуализатора электромагнитных излучений по п.3 формулы изобретения поясняется фиг.1.

50 Для обеспечения возможности одновременного наблюдения объекта в двух спектральных диапазонах зеркало 6 изготавливается полупрозрачным в полосе 8÷14 мкм и устанавливается в положение В.

Сущность выполнения мишени визуализатора по п.4 формулы изобретения поясняется фиг.2, где: 1 и 2 - горизонтальный и вертикальный провода дипольных антенн [А.З.Фрадин. Антенно-фидерные устройства. // М., «Связь», 1977];

3-резистивная пленка, электрически соединенная с проводами дипольных антенн. На фиг.2 показана мишень, содержащая матрицы, образованные взаимно перпендикулярными дипольными антеннами, между проводами которых находятся квадратные пленки из резистивного материала. Подобное расположение антенн обеспечивает прием излучения с любой поляризацией. Каждая пара горизонтальных и вертикальных проводов, нагруженных на резистивный квадрат, представляет собой элемент разложения (разрешения) мишени.

Следует отметить, что антенная матрица мишени может быть образована не только с помощью дипольных антенн, но и с помощью антенн других видов, например, щелевых [А.З. Фрадин. Антенно-фидерные устройства. // М., «Связь», 1977].

Визуализатор по п.1 формулы изобретения работает следующим образом.

Линзовая антенна 1 принимает СМ излучение от наблюдаемого объекта. Это излучение проходит через зеркало 2 и окно 3 вакуумируемого термоизолирующего корпуса 5, фокусируется в виде точек изображения этого объекта на поверхности мишени 4, каждый элемент разложения которой преобразует падающую на него энергию СМ излучения, в конечном итоге, в тепло, в результате чего его температура повышается в соответствии с величиной поглощенной энергии СМ излучения. Часть инфракрасного излучения от каждого элемента разложения мишени падает на зеркало 2 и после отражения от него попадает в объектив 7 тепловизора (при этом зеркало 6 выведено из поля зрения тепловизора и находится в положении А), который строит ИК изображение температурного поля мишени 4 на поверхности матричного приемника тепловизора, каждый пиксель которого преобразует энергию ИК излучения в электрический сигнал. Электрические сигналы от каждого пикселя матричного приемника после обработки поступают из блока 8, содержащего матричный приемник с блоком обработки информации, на монитор 9, который создает видимое изображение объекта, излучающего в СМ области спектра.

Визуализатор по п.2 формулы изобретения работает следующим образом.

Для наблюдения объекта, излучающего в ИК области спектра, зеркало 6 вводится в поле зрения тепловизора (устанавливается в положение В). В этом случае инфракрасное излучение объекта (в спектральной полосе 8-14 мкм) после отражения от зеркала 6 попадает в объектив тепловизора и воспроизводится в видимой области спектра на мониторе тепловизора.

Визуализатор по п.3 формулы изобретения работает следующим образом. Для обеспечения возможности одновременного наблюдения объекта в двух спектральных диапазонах зеркало 6, изготавливается полупрозрачным в полосе 8-14 мкм и устанавливается в положение В.

Причем вследствие того, что углы поля зрения субмиллиметрового и инфракрасного каналов визуализатора равны между собой, на мишени тепловизора совмещаются два инфракрасных (в полосе 8-14 мкм) изображения, геометрически сопряженных с наблюдаемым объектом: изображение температурного поля мишени 4, обусловленное СМ излучением наблюдаемого объекта, и изображение наблюдаемого объекта, образованное его ИК излучением. Суперпозиция этих изображений (комплексированное изображение) воспроизводится в видимой области спектра на мониторе 9.

Для более детального пояснения сущности изобретения сделаем оценку возможных конструктивных размеров ВЭИ. Пусть требуется разработать ВЭИ со следующими характеристиками.

Визуализируемые излучения:

СМ диапазон $\lambda_{\text{СМ}} \approx 100$ мк

ИК диапазон $\lambda_{\text{ИК}} = 8 \dots 14$ мкм.

Пространственное разрешение 100×100 точек.

5 Пример реализации подобного ВЭИ по п.1 формулы изобретения.

Поперечный размер мишени $b \approx k \cdot \lambda_{\text{СМ}} \cdot 100$, где $k \approx 1.5-4$ - коэффициент, учитывающий размеры абберационного пятна в фокальной плоскости линзовой антенны. При $k \approx 2$, получим $b \approx 200$ мм.

10 Пусть $\alpha \approx 30^\circ$, тогда $f \approx 1.86 \cdot b \approx 372$ мм.

$L = 373$ мм, $f_{\text{T}} \approx 28$ мм, $b_{\text{T}} \approx 15$ мм, где f_{T} и b_{T} , соответственно, фокусное расстояние и поперечный размер матричного приемника тепловизора.

Пример реализации ВЭИ по п.2 формулы изобретения

15 Пусть мишень представляет собой антенную матрицу с топологией, показанной на фиг.2. Тогда при поперечных размерах мишени $b \approx 200$ мм и пространственном разрешении 100×100 точек, размеры каждого элемента разложения изображения мишени, образованного двумя взаимно перпендикулярными дипольными антеннами, электрической нагрузкой которых является резистивная пленка, могут быть равны 200 мм/100=2 мм, при длине провода каждого диполя 0.75 мм и стороне квадрата резистивной пленки, равной 0.5 мм.

Формула изобретения

1. Визуализатор электромагнитных излучений, содержащий смотрящий тепловизор, отличающийся тем, что в визуализатор дополнительно введена линзовая антенна, в фокальной плоскости которой установлена плоская мишень, каждый элемент разложения которой под действием поглощенного излучения субмиллиметрового диапазона нагревается до температуры, однозначно зависящей от его облученности, при этом b - поперечный размер мишени и f - фокусное расстояние линзовой антенны выбираются таким образом, чтобы выполнялось следующее соотношение: $\alpha = 2 \cdot \arctg(b/2 \cdot f)$, где α - угол поля зрения тепловизора, причем мишень расположена внутри термоизолирующего вакуумируемого корпуса, в котором со стороны, обращенной к антенне, имеется окно, прозрачное для излучений субмиллиметрового и инфракрасного диапазонов длин волн, между окном и линзовой антенной введено первое плоское зеркало, угол между плоскостью мишени и плоскостью зеркала составляет 45° , подложка зеркала прозрачна для субмиллиметрового излучения, сторона подложки, обращенная к мишени, имеет покрытие, отражающее инфракрасное излучение, причем максимальное отражение обеспечивается в спектральной полосе $8 \div 14$ мкм при угле падения лучей 45° , оптическая ось объектива тепловизора, пересекающаяся с оптической осью линзовой антенны в геометрическом центре отражающего слоя зеркала, образует угол 45° с нормалью к отражающей поверхности зеркала, L - сумма расстояний от этой точки пересечения оптических осей до мишени и объектива равна $L = b/2 \cdot \tg(\alpha/2)$, между объективом тепловизора и первым зеркалом установлено второе плоское зеркало, отражающее излучение в спектральной полосе $8 \div 4$ мкм при угле падения лучей 45° , так, чтобы оно могло быть введено в поле зрения тепловизора и выведено из него, при этом, когда зеркало введено в поле зрения тепловизора, его отражающая поверхность образует угол 90° с плоскостью подложки первого зеркала и обращена в сторону объектива тепловизора.

2. Визуализатор электромагнитных излучений по п.1, отличающийся тем, что второе плоское зеркало выполнено с максимальным коэффициентом отражения в

спектральной полосе $8\div 14$ мкм при угле падения лучей 45° .

3. Визуализатор электромагнитных излучений по п.1, отличающийся тем, что второе плоское зеркало выполнено частично прозрачным в спектральной полосе $8\div 14$ мкм при угле падения лучей 45° .

5

4. Визуализатор электромагнитных излучений по одному из пп.1-3, отличающийся тем, что мишень выполнена в виде матрицы антенн, расположенных в одной плоскости, имеющих размеры, соизмеримые с длиной волны субмиллиметрового диапазона, причем электрической нагрузкой каждой антенны является пленка, изготовленная из резистивного материала, расположенная в плоскости матрицы.

10

15

20

25

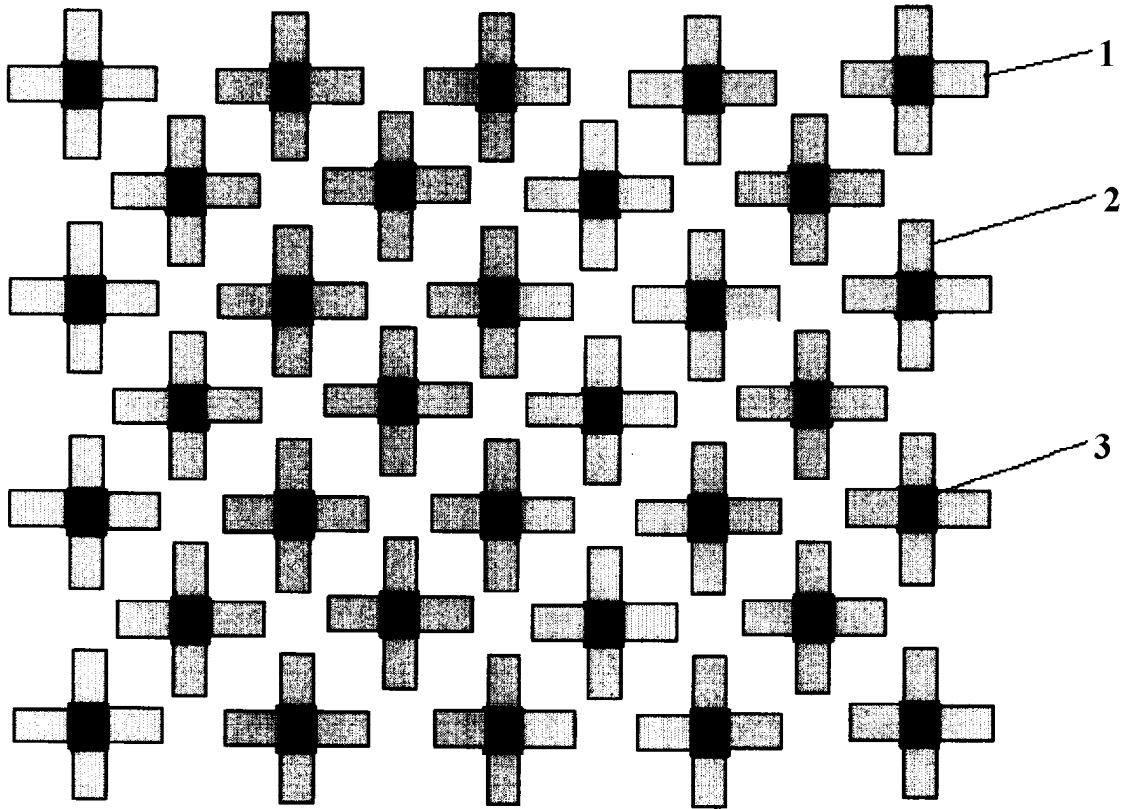
30

35

40

45

50



Фиг. 2