

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU**<sup>(11)</sup>**2405207**<sup>(13)</sup> **C2**(51) МПК  
**G08B21/12** (2006.01)  
**G01N27/00** (2006.01)

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

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: по данным на 31.10.2011 - действует

Пошлина: учтена за 3 год с 04.12.2010 по 03.12.2011

(21), (22) Заявка: **2008147507/08, 03.12.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**03.12.2008**(43) Дата публикации заявки: **10.06.2010**(45) Опубликовано: **27.11.2010**(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **US 5612676 A, 18.03.1997. RU 2296370 C2,  
20.11.2006. RU 70992 U1, 20.02.2008. RU 22348541 C1,  
20.10.2004. US 65128574 B1, 11.02.2003. US 4206454 A,  
03.06.1980. US 6064064 A, 16.05.2005.**

Адрес для переписки:

**125319, Москва, 4-я ул. 8-го Марта, 3, ОАО "МАК  
"Вымпел", Пат.пов. Н.Д.Кольцовой**

(72) Автор(ы):

**Лагуткин Владимир Николаевич (RU),  
Слынько Юрий Вячеславович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Открытое акционерное общество  
"Межгосударственная акционерная корпорация  
"Вымпел" (RU)****(54) СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ПРОДУКТОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АТМОСФЕРЕ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к системам мониторинга окружающей среды, в частности к системам обнаружения и оповещения об опасных явлениях в атмосфере, и может быть использовано в космических инфракрасных датчиках обнаружения выхлопных продуктов в атмосфере. Технический результат заключается в повышении эффективности обнаружения слабосветящихся выхлопных продуктов газодинамических систем в атмосфере. При наблюдении принимают инфракрасное излучение из наблюдаемой области в одной или двух основных разнесенных по спектру спектральных полосах; разделяют входной поток инфракрасного излучения на квазимонохроматическое и полихроматическое излучение. Каждый поток фокусируют на поверхности многоэлементного охлаждаемого фотоприемника, формируют цифровые изображения наблюдаемой области атмосферы. После пространственно-временной фильтрации фона сравнивают уровни сигналов элементов изображений с пороговым значением. При превышении уровня сигнала порогового значения в одном или нескольких элементах хотя бы одного цифрового изображения принимают решение о наличии выхлопных продуктов в атмосфере в направлениях наблюдения, соответствующих этим элементам изображения. Для определения состава выхлопных продуктов последовательно настраивают интерференционные оптические фильтры на заранее заданные спектральные линии. 2 з.п. ф-лы, 4 ил., 1 табл.

Изобретение относится к системам мониторинга окружающей среды, в частности к системам обнаружения и оповещения об опасных явлениях в атмосфере, и может быть использовано в космических инфракрасных датчиках обнаружения выхлопных продуктов в атмосфере.

Известен способ обнаружения различных объектов, когда инфракрасная система обнаружения на спутнике принимает сигнал от тела в пространстве, например астероида, спутника, который вышел из строя, или находящихся в пространстве обломков [1, стр.164]. Если характеристикой обнаруженного объекта является его температура, то спектральный диапазон разделяют на две отстоящие одна от другой части, каждая из которых регистрируется отдельным многоэлементным приемником со своим спектральным фильтром, причем фильтр и приемник охлаждаются до 2-15K.

К недостаткам этого способа следует отнести необходимость проводить наблюдения на низком фоновом уровне космического пространства, а также необходимость охлаждения приемной оптической системы до достаточно низкой температуры (20-70K).

Известен способ обнаружения из космоса факела выхлопных газов и нагретых частей двигателя самолета, летящего на большой высоте [1, стр.170]. Приемное устройство, работающее в спектральном диапазоне 3-5 мкм, периодически сканирует некоторый район, формируя серию кадров. В дневных условиях рассеянное солнечное излучение от облаков создает фоновые помехи, которые превышают по уровню полезный сигнал и имеют большую пространственно-временную изменчивость. Поэтому для обеспечения хороших характеристик обнаружения (высокой вероятности обнаружения при низкой частоте ложных тревог) применяется специальная обработка серии наблюдений, которая осуществляется компьютером, работающим в реальном времени. Самолет длительное время (порядка часа) находится в поле зрения системы обнаружения, что позволяет провести накопление полезного сигнала по траектории самолета. В случае обнаружения выхлопных продуктов газодинамических систем, такое длительное накопление сигнала осуществить невозможно и их обнаружение в спектральном диапазоне 3-5 мкм становится неэффективным.

Известны способы и устройства обнаружения пламени и взрыва, использующие измерения инфракрасного излучения пламени и взрыва в двух и более спектральных диапазонах: патенты RU 2296370, US 6064064, US 6518574, US 4206454, US 5612676. Общим для указанных детекторов является то, что в них используются несколько (два и более) фотоприемников с оптическими фильтрами, настроенными на излучение пламени или на излучение фоновых помех.

В инфракрасном многодиапазонном детекторе пламени и взрыва (патент RU 2296370) в выполнение функций оптических каналов измерения и логической схемы сравнения осуществляется единым инфракрасным, полупроводниковым, многодиапазонным, двухпанельным неохлаждаемым матричным преобразователем, составленным из фотоэлектрических элементов на основе твердого раствора селенида свинца и селенида кадмия с установленными перед ними оптическими фильтрами. Две панели элементов образуют каналы пламени и оптических помех, спектральные характеристики чувствительности которых соответствуют характерным спектрам излучения пламени различных типов и помех.

Предложенный в патенте US 6064064 детектор содержит три фотоприемника: один основной фотоприемник, работающий в диапазоне 1.1-3.8 мкм и реагирующий на излучение пламени, и два вспомогательных фотоприемника, регистрирующих излучение от оптических помех в спектральных диапазонах 0.4-0.7 мкм и 0.7-1.1 мкм.

Предложенный в патенте US 6518574 детектор содержит два основных фотоприемника: один фотоприемник регистрирует излучение пламени в широкой полосе 0.7-3.5 мкм, а второй фотоприемник реагирует на излучение пламени в относительно узкой полосе вблизи 4.3 мкм, а также три вспомогательных фотоприемника, регистрирующих излучение от оптических помех в видимом (0.4-0.6 мкм), ближнем ИК (0.7-1.0 мкм) и ультрафиолетовом спектральных диапазонах.

Предложенный в патенте US 4206454 детектор включает два фотоприемника, регистрирующих излучение пламени в узких спектральных полосах, настроенных с помощью узкополосных оптических фильтров на разнесенные по спектру известные полосы максимального излучения углеводородного пламени вблизи 4.3 мкм и 2.7 мкм. Такой детектор позволяет обнаруживать углеводородное пламя при наличии фоновой помехи, связанной с солнечным и тепловым излучением. Сигнал тревоги формируется логической схемой при выполнении условия, что интенсивность зарегистрированного излучения в полосах вблизи 4.3 мкм и 2.7 мкм превышает соответствующие заранее установленные пороговые уровни, а интенсивность зарегистрированного излучения в полосе вблизи 4.3 мкм больше интенсивности зарегистрированного излучения в полосе вблизи 2.7 мкм.

Наиболее близким к предложенному техническому решению являются способ и устройство обнаружения пламени и взрыва по патенту US 5612676. Известное устройство содержит один или два основных ИК фотоприемника, регистрирующих излучение пламени в разнесенных по спектру заранее определенных спектральных полосах вблизи 2.9 мкм (2.6-3.2 мкм) и/или 4.4 мкм (4.1-4.75 мкм), и два или три вспомогательных (фоновых) ИК фотоприемника, регистрирующих излучение от оптических помех в разнесенных по спектру заранее определенных спектральных полосах вблизи 2.2 мкм (2.0-2.3 мкм), 3.7 мкм (3.3-3.9 мкм) и 5.7 мкм (4.8-6.4 мкм). Способ заключается в том, что принимают сигналы от основных и вспомогательных ИК фотоприемников и в результате их совместной обработки выдают сигнал об обнаружении пламени.

Известные способ и устройство имеют недостаточные обнаружительные возможности при наблюдении удаленных

слабосветящихся в выхлопных продуктах газодинамических систем из космоса из-за ограничений, обусловленных большим удалением наблюдателя от объекта, влиянием внешнего фона облачной атмосферы и подстилающей поверхности, а также влиянием внутреннего фона от деталей бортовой аппаратуры.

Техническим результатом предложенных способа и устройства является повышение эффективности обнаружения слабосветящихся в выхлопных продуктах газодинамических систем в атмосфере.

Указанный технический результат достигается тем, что способ обнаружения выхлопных продуктов газодинамических систем в атмосфере заключается в проведении наблюдения из космоса на фоне Земли заданной области атмосферы. При наблюдении принимают инфракрасное излучение из наблюдаемой области в одной или двух основных разнесенных по спектру заранее определенных спектральных полосах вблизи 2.9 мкм (2.6-3.2 мкм) и/или 4.4 мкм (4.1-4.75 мкм). В каждом канале разделяют входной поток инфракрасного излучения на квазимонохроматическое и полихроматическое излучение с помощью интерференционного оптического фильтра с субнанометровой полосой пропускания (ширина полосы 0.1-0.5 нм). При этом квазимонохроматическое излучение соответствует заданной спектральной линии или группе линий газообразных выхлопных продуктов. Каждый поток фокусируют на принимающей поверхности соответствующего многоэлементного охлаждаемого фотоприемника, с помощью которого формируют цифровые изображения наблюдаемой области атмосферы. После пространственно-временной фильтрации фона сравнивают уровни сигналов элементов изображений с пороговым значением и при превышении уровня сигнала порогового значения в одном или нескольких элементах хотя бы одного цифрового изображения принимают решение о наличии выхлопных продуктов в атмосфере в направлениях наблюдения, соответствующих этим элементам изображения.

Можно осуществить дополнительную спектральную фильтрацию сфокусированных потоков излучения.

Для определения состава выхлопных продуктов последовательно настраивают интерференционные оптические фильтры на заранее заданные спектральные линии.

Технический результат достигается также тем, что устройство для обнаружения выхлопных продуктов газодинамических систем в атмосфере содержит расположенные на одной оптической оси телескоп, коллиматор, интерференционный оптический фильтр, расположенный под углом к оптической оси, полоса пропускания которого соответствует заданной спектральной линии или группе линий газообразных выхлопных продуктов, оптически связанные с ним фокусирующие линзы с соответствующими охлаждаемыми многоэлементными фотоприемниками, выходами соединенные с вычислительным устройством.

Между фокусирующими линзами и фотоприемниками могут быть установлены дополнительные интерференционные оптические фильтры.

При этом интерференционный оптический фильтр и дополнительный интерференционный оптический фильтр для квазимонохроматического потока могут быть выполнены с перестраиваемой полосой пропускания.

Изобретение позволяет увеличить возможности обнаружения слабосветящихся в выхлопных продуктах газодинамических систем в верхней атмосфере на высотах 30 км и более.

Заявленные способ и устройство обнаружения выхлопных продуктов газодинамических систем при наблюдении из космоса поясняются чертежами.

На фиг.1 приведена схема бортовой оптико-электронной аппаратуры (показан один спектральный канал).

На фиг.2 приведены графики расчетных спектральных функций отражения и пропускания интерференционного оптического фильтра.

На фиг.3 приведены графики расчетной спектральной плотности излучения в выхлопных продуктах твердотопливной газодинамической системы на высотах верхней атмосферы.

На фиг.4 приведены графики расчетной спектральной плотности фона облаков.

Бортовая оптико-электронная аппаратура для одного спектрального канала (фиг.1) состоит из зеркально-линзового телескопа (например, Шмидта-Кассегрена) (элементы 1,2), коллиматора 3, интерференционного оптического фильтра (ИОФ) 4, установленного под углом к оптической оси прибора, фокусирующих линз 5 и 9, охлаждаемых многоэлементных фотоприемников 7, 11 с устройствами охлаждения 8, 12 и вычислительного устройства 13. В состав устройства может быть включен охлаждаемый интерференционный оптический фильтр 6 и охлаждаемый интерференционный оптический фильтр 10. Телескоп состоит из вогнутого фокусирующего зеркала 1 с центральным отверстием и входного элемента 2. Интерференционный оптический фильтр 4 настроен на длину волны заранее заданной спектральной линии или группы линий.

Между фокусирующими линзами 5 и 9 и соответствующими им фотоприемниками могут быть установлены интерференционные оптические фильтры 6 и 10. Интерференционный оптический фильтр 6, установленный в канале квазимонохроматического излучения, обеспечивает дополнительную спектральную фильтрацию внешнего и внутреннего фонов, при этом он настроен на

ту же длину волны, что и фильтр 4. Фильтр 10, установленный в основном спектральном канале, обеспечивает спектральную фильтрацию внешнего и внутреннего фона за пределами своей полосы пропускания (2.6-3.2 или 4.1-4.75 мкм).

Устройство работает следующим образом.

На космический аппарат устанавливают бортовую оптико-электронную аппаратуру, принимающую инфракрасное излучение в одной или двух спектральных полосах вблизи 2.9 мкм и/или 4.4 мкм, чувствительных к излучению выхлопных продуктов газодинамических систем в атмосфере, и проводят наблюдения из космоса заданной области атмосферы на фоне Земли.

Инфракрасное излучение из наблюдаемой области атмосферы принимается телескопом бортовой аппаратуры. Пройдя через коллиматор, излучение попадает на интерференционный оптический фильтр 4, который разделяет входной поток излучения на два потока: квазимонохроматическое излучение, которое проходит через фильтр, и полихроматическое (широкополосное) излучение, которое отражается от плоскости фильтра. Интерференционный оптический фильтр 4 настроен на длину волны заранее заданной интенсивной спектральной линии или группы линий газообразных выхлопных продуктов в полосе 2.6-3.2 мкм (линии паров воды и углекислого газа) или 4.1-4.75 мкм (линии углекислого и угарного газов). Спектр фона облаков и подстилающей поверхности в этих полосах при наблюдении из космоса имеет обратную линейчатую структуру с глубокими и узкими провалами на длинах волн линий поглощения присутствующих в атмосфере водяного пара и углекислого газа. Длина волны настройки интерференционного оптического фильтра 4 задается таким образом, чтобы отношение интенсивности излучения выхлопных продуктов к интенсивности фона на выходе фильтра было максимальным.

Отраженное полихроматическое излучение фокусируется линзой 9 на приемную площадку многоэлементного фотоприемника 11.

Аналогично прошедшее через фильтр 4 квазимонохроматическое излучение фокусируется линзой 5 на приемную площадку многоэлементного фотоприемника 7.

Установленные между фокусирующими линзами 5 и 9 и соответствующими им фотоприемниками дополнительные интерференционные оптические фильтры 10 и 6 служат для устранения внешнего и внутреннего фона за пределами своих полос пропускания. ИОФ 6 настраивают так же как ИОФ 4.

Многоэлементные фотоприемники 7 и 11 преобразуют оптические потоки в массивы электрических сигналов и формируют цифровые изображения наблюдаемой области атмосферы. Получаемые фотоприемниками 7 и 11 цифровые изображения наблюдаемой области атмосферы передаются в вычислительное устройство 13. Вычислительное устройство производит пространственно-временную фильтрацию полученных цифровых изображений с целью устранения мешающих фонов, осуществляет пороговую обработку, определяет те элементы изображений, в которых уровень сигналов превышает порог обнаружения. Если в одном или нескольких элементах хотя бы одного изображения уровень сигнала превышает порог срабатывания, то вычислительное устройство выдает сигнал, что в направлениях наблюдения, соответствующих этим элементам изображений, обнаружены выхлопные продукты газодинамических систем.

Интерференционные оптические фильтры 4 и 6 выполнены с перестраиваемой полосой пропускания. Для определения состава выхлопных продуктов вычислительное устройство выдает команды на согласованную перестройку по программе полос пропускания системы интерференционных оптических фильтров 4 и 6, которые последовательно настраиваются на заранее известные длины волн интенсивных спектральных линий, соответствующих различным газовым компонентам, выхлопных продуктов. Получаемые фотоприемником 7 цифровые изображения обрабатываются вычислительным устройством так же, как при обнаружении выхлопных продуктов. По соотношению интенсивностей излучений выхлопных продуктов в спектральных линиях, соответствующих различным газовым компонентам определяют состав выхлопных продуктов. После этого вычислительное устройство выдает команду об отмене режима последовательной перестройки полос пропускания системы интерференционных фильтров и о постоянной настройке ее на длину волны заранее заданной интенсивной спектральной линии или группы линий.

На фиг.2 приведены графики расчетных спектральных функций отражения R (сплошная линия) и пропускания T (пунктир) квазимонохроматического

$$\frac{\nu_0}{d\nu} = 10^4$$

интерференционного оптического фильтра с разрешающей способностью , где  $\nu_0$  - волновое число ( $\nu_0 \approx$

$3688\text{см}^{-1}$ ), на которое настроен фильтр ( $\nu = 1/\lambda$ ,  $\lambda$  - длина волны),  $d\nu$  - эффективная полоса пропускания фильтра  $\nu_0 = 3688\text{ см}^{-1}$ .

В настоящее время на практике достигнуты уровни разрешающей способности интерференционных фильтров  $4 \cdot 10^5 - 7 \cdot 10^7$  [1]. Интерференционные фильтры высокого разрешения в силу очень узкой полосы пропускания практически не изменяют спектральную плотность и интегральную интенсивность широкополосного излучения при отражении. Вместе с тем пропущенное

излучение имеет очень узкую полосу  $\Delta\nu \approx 0,1-0,5 \text{ см}^{-1}$ , что обеспечивает выделение из спектра падающего потока квазимонохроматического излучения одной из ярких линий (или группы линий) газообразных выхлопных продуктов.

На фиг.3 приведены графики расчетной спектральной плотности излучения  $I$  (в  $\text{Вт/см}^{-1}/\text{стер}$ ) выхлопных продуктов твердотопливной газодинамической системы на высотах 40 км (фиг.3а) и 50 км (фиг.3б) в спектральной полосе волновых чисел 3680-3710  $\text{см}^{-1}$ . Расчет проведен на модели [2]. Спектр излучения выхлопных продуктов на высотах 30 км и более является преимущественно линейчатым, причем положение наиболее ярких спектральных линий не изменяется.

На фиг.4 приведены графики расчетной спектральной плотности фона облаков  $B$  (в  $\text{дБ к Вт/м}^2/\text{мкм/ср}$ ) с высотой верхней границы облаков 5 км (фиг.4а) и 10 км (фиг.4б) в спектральной полосе волновых чисел 3680-3710  $\text{см}^{-1}$ . Расчет проведен на модели [3] с модернизированным модулем пропускания атмосферы [4]. Спектр фона имеет обратную линейчатую структуру, в которой узкие и глубокие минимумы (15-30 дБ) обусловлены линиями поглощения молекулярных атмосферных составляющих, главным образом, водяного пара и углекислого газа.

При сравнении фиг.3 и фиг.4 видно, что линии спектра излучения выхлопных продуктов газодинамической системы находятся в областях минимальных значений спектра фона.

Система интерференционных оптических фильтров настраивается на одну из ярких спектральных линий или группу линий газообразных выхлопных продуктов, например линию вблизи волнового числа  $\nu = 3688 \text{ см}^{-1}$  или линию вблизи  $\nu = 3702 \text{ см}^{-1}$  (см. фиг.3). Из фиг.4 видно, что эти спектральные линии находятся в областях минимальных значений спектра фона облаков, что обеспечивает получение максимальных значений отношений сигнал-шум в квазимонохроматическом спектральном канале.

Эффективность способа подтверждается представленными в таблице 1 расчетами отношений сигнал-шум на выходах многоэлементных фотоприемников полихроматического и квазимонохроматического спектральных каналов при условии, что многоэлементный фотоприемник МФП 11 полихроматического спектрального канала работает в полосе волновых чисел 3500-3700  $\text{см}^{-1}$ , а многоэлементный фотоприемник МФП 7 квазимонохроматического спектрального канала - в узкой полосе шириной  $\Delta\nu = 0,3 \text{ см}^{-1}$  вблизи волнового числа  $\nu = 3688 \text{ см}^{-1}$ . Расчет проведен для твердотопливной газодинамической системы на высоте 50 км и высоты верхней границы облачности 10 км по методике [5], дополненной учетом фактора нестационарности внешнего фона. При расчетах принимается, что глубокое охлаждение фотоприемника МФП 7 квазимонохроматического спектрального канала обеспечивает незначительность собственных (темновых) шумов фотоприемника, так что основными источниками шума являются внешний фон облаков, внутренний фон окружающих фотоприемник деталей космического аппарата, имеющих температуру примерно 300К, и выходные узлы считывания. Согласно [4] шум узлов считывания не зависит от спектральной полосы и его среднеквадратичное отклонение (СКО) не превышает 100 электронов (в современных многоэлементных фотоприемниках с зарядовой связью это СКО составляет 10-20 электронов).

Спектральный канал	Среднее значение сигнала (в электронах) на дальности 10000 км	СКО шума внешнего фона (в электронах)	СКО шума внутреннего фона (в электронах)	Отношение сигнал-шум на выходе МФП
Полихроматический (МФП 11)	$1,2 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^5$	$6,8 \cdot 10^3$	1,9
Квазимонохроматический (МФП 7)	$1,4 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^2$	$3,4 \cdot 10^2$	37,4

Как видно из таблицы, при ширине полосы  $\Delta\nu = 0,3 \text{ см}^{-1}$  отношение сигнал-шум в квазимонохроматическом спектральном канале составляет 37,4, что вполне достаточно для надежного обнаружения выхлопных продуктов газодинамических систем на высотах 30 км и более. В то же время отношение сигнал-шум в полихроматическом спектральном канале по расчетам для тех же условий составляет менее 2, что недостаточно для обнаружения.

Источники информации, принятые во внимание

1. Справочник по инфракрасной технике, под ред. Вольф У. и Цисис Г., т.4, М., изд. «Мир», 1999 г.
2. Лагуткин В.Н., Слынько Ю.В. Метод расчета спектральных яркостей потока смеси газа и частиц // Труды XLX научной конференции МФТИ "Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук", Ч.1. М.: МФТИ, 2007, С.119-121.
3. Лагуткин В.Н., Лукьянов А.П., Подкорытов Е.Н., Репин В.Г. Трехмерная динамическая модель полей яркости фона, использующая расчетные индикатрисы многократного рассеяния излучения в облаках и изображения, полученные метеорологическими спутниками. Вопросы радиоэлектроники, серия Радиолокационная техника, 2004 г., выпуск 1, стр.101-117.

4. Слынько Ю.В. Модель расчета переноса излучения на основе открытой базы данных HITRAN // Вопросы радиоэлектроники, сер. РТЛ, 2007, вып. 4. С.5-11. М.: ЦНИИ Электроника.

5. Арутюнов В.А., Иванов В.Г., Каменев А.А., Прокофьев А.Е. Методика оценки потенциальных характеристик обнаружения малоразмерных аэрокосмических целей многоспектральной аппаратурой на матричных фотоприемниках. Вопросы радиоэлектроники, серия Техника телевидения, 2006 г., выпуск 2, стр.47-69.

### Формула изобретения

1. Способ обнаружения выхлопных продуктов газодинамических систем в атмосфере, заключающийся в том, что проводят наблюдения из космоса на фоне Земли заданной области атмосферы, принимают инфракрасное излучение из наблюдаемой области, разделяют входной поток инфракрасного излучения на квазимонохроматическое и полихроматическое излучение с помощью интерференционного оптического фильтра, при этом квазимонохроматическое излучение соответствует заданной спектральной линии или группе линий газообразных выхлопных продуктов, каждый поток фокусируют на принимающей поверхности соответствующего многоэлементного охлаждаемого фотоприемника, с помощью которого формируют цифровые изображения наблюдаемой области атмосферы, после пространственно-временной фильтрации фона сравнивают уровни сигналов в элементах цифровых изображений с пороговым значением и при превышении уровня сигнала порогового значения в одном или нескольких элементах хотя бы одного цифрового изображения принимают решение о наличии выхлопных продуктов в атмосфере в направлениях наблюдения, соответствующих этим элементам изображения.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что осуществляют дополнительную спектральную фильтрацию сфокусированных потоков излучения.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что последовательно настраивают систему интерференционных оптических фильтров на заранее заданные спектральные линии.

### РИСУНКИ

