

Использование субнанометровых спектральных фильтров для мониторинга газообразных выбросов в атмосфере

Введение

В области мониторинга Земли и атмосферы с использованием сенсоров космического базирования весьма актуальна задача детектирования газообразных выбросов в атмосфере, например, выхлопных струй самолетов и ракет, выбросов опасных газов, пожаров, взрывов и т.д.

При решении такой задачи приходится наблюдать все эти явления на фоне Земли, которая зачастую бывает ярче объекта наблюдения. В данной работе предложен метод, основанный на использовании спектральных фильтров субнанометрового разрешения, который позволяет до 20 раз повысить отношение сигнал-фон по сравнению с традиционными подходами.

Описание метода

Для детектирования подобных явлений используются инфракрасные сенсоры (см. [1]). В большинстве случаев наблюдение ведётся в полосе поглощения атмосферы, т.к. в этом случае фон Земли сильно ослаблен. Как правило, используется спектральный диапазон шириной порядка единиц микрометров.

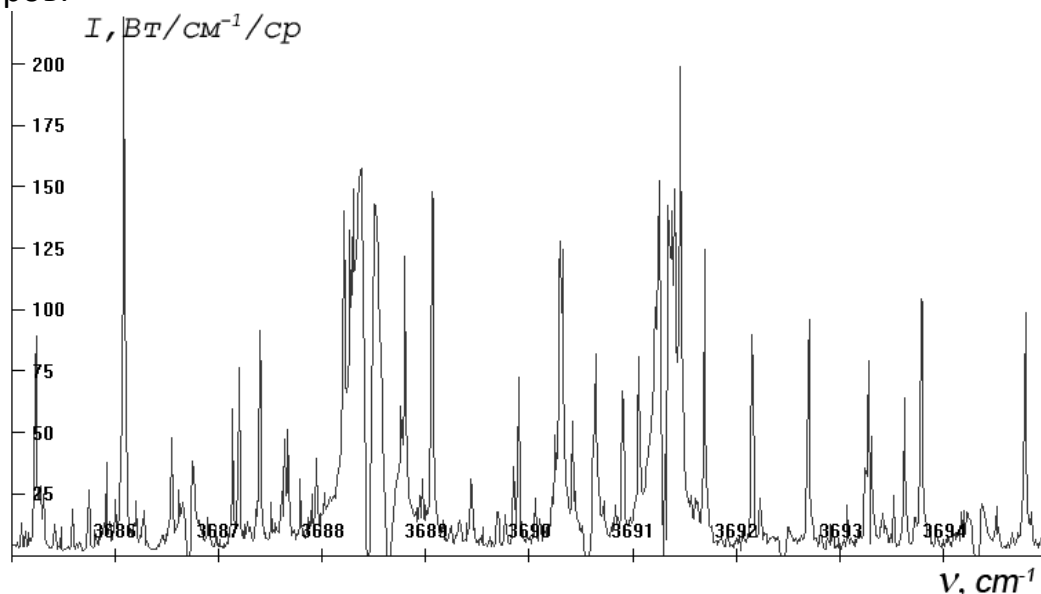


Рис. 1. Типичный спектр излучения выхлопных продуктов газодинамических систем на высотах верхней атмосферы.

Такой подход можно существенно улучшить, используя информацию о тонкой структуре спектров газовых образований и фонов. Следует заметить, что спектр излучения газодинамических систем представляет собой суперпозицию

достаточно тонких линий, а спектр поглощения атмосферы имеет четко выраженные минимумы. Причем ширина этих линий - порядка долей обратных сантиметров. Максимумы излучения газовых образований зачастую совпадают с максимумами поглощения атмосферы – а значит, с минимумами излучения фона. В частности, при моделировании излучения газодинамических систем были получены спектры с разрешением 0.01 см^{-1} [2]. Спектры излучения подстилающей поверхности (земли и облаков) были получены на имитаторе [3]. Оба имитатора построены на основе подробных физических моделей, учитывающих основные эффекты и процессы, влияющие на формирование излучения. Примеры таких расчетов показаны на Рис. 1 и Рис. 2. Было показано, что многим ярким линиям излучения газодинамических систем соответствуют провалы излучения фона.

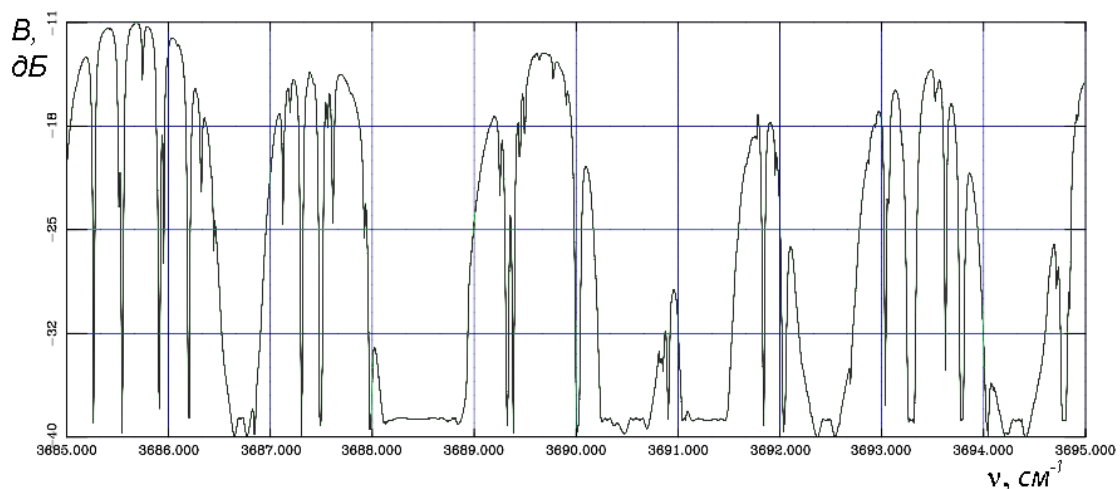


Рис. 2. Спектр излучения облачного слоя с высотой верхней границы 10км.

Этот факт можно использовать для создания детекторов на основе перестраиваемых интерферометрических фильтров. Для решения рассматриваемой задачи они должны иметь разрешение по длине волны $\sim 10^{-10}\text{ м}$ и меньше. Помимо разрешающей способности интерферометрические фильтры должны обладать следующими важными качествами. Они должны быть перестраиваемыми, что позволит динамически менять длину волны линии наблюдения, а значит и газ, по которому ведется детектирование. Интерферометры должны обладать большим полем зрения, что позволит выводить изображение на матрицу фотоприемника. Более того, излучение, не прошедшее через фильтр может быть направлено на другую матрицу, что даёт возможность одновременно с квазимонохроматическим изображением получать и полихроматическое.

На Рис. 3 показана принципиальная схема предлагаемого устройства, состоящего из телескопа, широкополосного и узкополосных фильтров, двух фотоприёмных матриц и устройства управления [4].

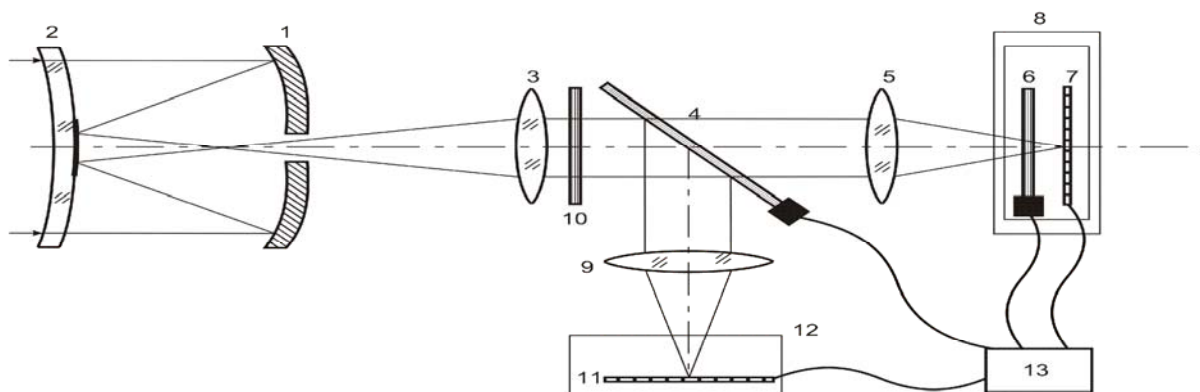


Рис. 3. Схема устройства мониторинга. 1,2 - зеркально-линзовый телескоп; 3 – коллиматор; 10 - входной охлаждаемый интерференционный оптический фильтр; 4, 6 – узкополосные интерференционные оптические фильтры; 5, 9 - фокусирующие линзы; 7,11 - охлаждаемые многоэлементные фотоприемники с устройствами охлаждения 8, 12; 13 - вычислительное устройство.

Заключение

Использование фильтров с субнанометровым разрешением позволяет до 20 раз улучшить отношение сигнал-шум в системах мониторинга газодинамических систем в атмосфере при адекватном выборе длины волны наблюдения. Динамическая подстройка параметров фильтра позволяет использовать такую систему для детектирования и идентификации газообразных объектов различного состава.

Список литературы

- [1] Справочник по инфракрасной технике / под ред. Вольф У. и Цисис Г., т.4, М.: Мир, 1999. 472 с.
- [2] Ф.А. Козин, В.Н. Лагуткин, А.П. Лукьянов, А.В. Пругло, С.С. Равдин, Ю.В.Слынько Моделирование спектроэнергетических характеристик светимости газодинамических факелов с использованием банков данных молекулярной спектроскопии // Космические Информационно-Управляющие Системы, В. 3, С. 60-67 Москва 2009.
- [3] В.Н.Лагуткин, А.П. Лукьянов, Е.Н. Подкорытов, Ю.В. Слынько, А.М Старостенко Результаты моделирования пространственно-временных полей яркости ИК-фонов облачной атмосферы и поверхности Земли // Космические Информационно-Управляющие Системы, В. 3, С. 67-74 Москва 2009.
- [4] Лагуткин В.Н., Слынько Ю.В. Устройство для обнаружения выхлопных продуктов газодинамических систем в атмосфере. Патент на полезную модель RU 82539 U1.